

# TERMOQUÍMICA



Este capítulo se propõe ao estudo das transferências de energia que estão

associadas às transformações químicas e às mudanças de estado físico. Exceto pela energia nuclear, praticamente todas as outras formas de energia que conhecemos dependem, direta ou indiretamente, da energia luminosa que recebemos do Sol.

A fotossíntese, por exemplo, é o processo fundamental pelo qual as plantas geram fontes de energia, na forma de alimentos ou de combustíveis, usando a luz solar.

## 1- Energia



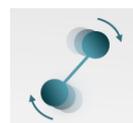
As transformações químicas normalmente são acompanhadas de variações de energia. As trocas de energia nos informam acerca da natureza das substâncias que reagem e sobre as reações que nos fornecem energia.

A energia, geralmente, é definida como a capacidade de realizar trabalho. Essa energia pode-se apresentar de duas maneiras: energia cinética e energia potencial.

### 1.1 - Energia Cinética

A energia cinética está associada com o movimento, ou seja, é o grau de agitação das partículas. As partículas podem apresentar movimentos rotacionais, translacionais e vibracionais.

Os movimentos rotacionais consideram os deslocamentos em torno dos próprios eixos da molécula.



Rotação molecular

Figura 1. Movimento rotacional

Os movimentos translacionais consideram os deslocamentos das moléculas no espaço.



Translação molecular

Figura 2. Movimento translacional

Finalmente, os movimentos vibracionais são aqueles relacionados aos movimentos dos átomos em torno de uma ligação interatômica.

### Deformações Axiais



### Deformações Angulares

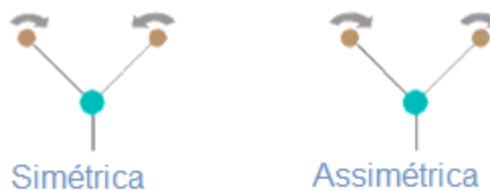


Figura 3. Esquema representativo dos movimentos vibracionais: deformação axial e deformação angular

A magnitude da energia cinética,  $E_c$ , depende da massa,  $m$ , e da velocidade,  $v$ :

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

## 1.2- Energia Potencial

A energia potencial surge quando há uma força atrativa ou repulsiva sendo exercida sobre o material. Uma das mais importantes formas de energia potencial para os propósitos da química é a energia eletrostática, que surge das interações entre partículas carregadas ou em polos moleculares. Essa energia é proporcional às cargas elétricas de dois objetos que interagem entre si e inversamente proporcionais a distância que os separa. Para duas cargas, a energia potencial eletrostática é dada por:

$$E = k \frac{Q_1 Q_2}{d}$$

Nessa equação, o valor de K é  $8,99 \times 10^9$  Jm/C<sup>2</sup>. Quando as duas cargas têm o mesmo sinal, elas se repelem e a Energia potencial eletrostática é positiva. Quando os sinais das duas cargas são contrários, elas se atraem, e a energia é negativa. Dessa forma, quanto mais intensas forem as forças atrativas, mais estáveis são os sistemas e conseqüentemente, menor e mais negativo é a energia potencial.

## 1.3- Unidades de energia

A unidade SI para energia é o joule, J. Um joule não é uma quantidade grande de energia, assim o quilojoule (kJ) é mais utilizado.

Tradicionalmente, as variações de energia que acompanham as reações químicas têm sido expressas em calorias, mesmo não pertencendo aos padrões da SI. Uma caloria (cal) foi originalmente definida como a quantidade de energia necessária

para aumentar a temperatura em 1°C de 1g de água. É possível definir caloria em função de joule, da seguinte maneira:

$$1\text{cal} = 4,184 \text{ J}$$

## 2-Temperatura e Calor

Em todos os sistemas, as partículas constituintes não possuem a mesma energia cinética, ou seja, há uma distribuição não uniforme de energia das partículas que compõem esse sistema. Essa diferença se deve pelas colisões elásticas entre as partículas. Essas colisões são responsáveis pela transferência de energia entre elas, fazendo com que as partículas de um mesmo sistema tenham energias cinéticas diferentes. Dessa forma, a temperatura é dada pela energia cinética média de um sistema.

O gráfico a seguir ilustra essa situação.

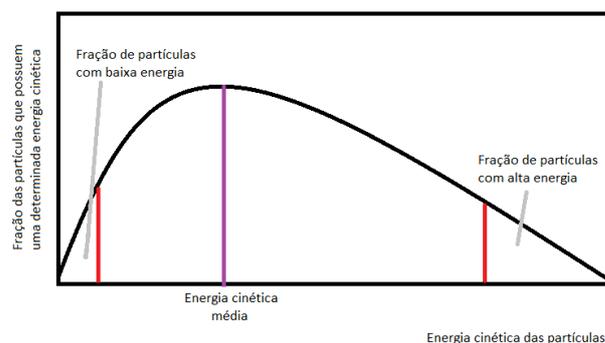


Gráfico 1- Distribuição de energia das partículas constituintes de um sistema.

A energia cinética média é proporcional à temperatura absoluta.

Calor é o processo de transferência de energia de um sistema, a uma temperatura mais alta, para outro, a uma temperatura mais baixa. A quantidade de calor transferida é dada pela seguinte fórmula matemática:

$$Q = mc\Delta t$$

# TERMOQUÍMICA

Pela análise da fórmula, é possível concluir que a quantidade de calor transferida é proporcional à diferença de temperatura e não à temperatura. Isso implica que a transferência de calor pode ser maior entre sistemas a baixas temperaturas do que entre sistemas a temperaturas mais altas, desde que a diferença de temperatura entre os sistemas a baixas temperaturas for maior do que a diferença de temperaturas entre sistemas a altas temperaturas.

A quantidade de calor transferida depende, também, da massa e do calor específico. O calor específico é a energia necessária para elevar a temperatura de 1 grama de material em 1°C. Assim, quanto maior o calor específico de um material, mais energia é necessária para aquecer o corpo. O mesmo se pode dizer em relação à massa do corpo. Quanto maior a massa, mais energia é necessária para aquecer o corpo. Logo, 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.

### 3-Processos Endotérmicos e Exotérmicos

Os processos químicos e físicos envolvem transferências de energia da vizinhança para o sistema ou do sistema para a vizinhança. Os processos em que os sistemas absorvem energia da vizinhança são denominados ENDOTÉRMICOS.



Fig. 1- Exemplo de processo endotérmico: Fusão do gelo

Enquanto que os processos em os sistemas liberam energia para a vizinhança são os EXOTÉRMICOS



Fig.2 - Exemplo de processo exotérmico: Queima do etanol

### 4-Energia interna (E)

A energia interna de um sistema pode ser definida como a soma das energias cinética e potencial de todas as partículas do sistema.

A energia interna de um sistema pode sofrer variações em função da transferência de calor (Q), de trabalho (W)<sup>1</sup> ou de ambos.

$$\Delta E = Q + W$$

\*1 Trabalho (W): energia utilizada para fazer um objeto se mover contra uma força, definido como;  $W = -P\Delta V$

## 5- Entalpia (H)

A entalpia é uma função termodinâmica definida pela seguinte equação matemática:

$$H = E + PV$$

em que E é energia interna, P e V pressão e volume do sistema, respectivamente. Como E e PV têm unidades de energia, a entalpia também tem unidade de energia. Além disso, E, P e V são funções de estado, ou seja, suas variações só dependem dos estados inicial e final. Conseqüentemente, H é uma função de estado.

## 6-Variação de entalpia ( $\Delta H$ )

A maioria dos processos significativos na química é realizada sob pressão constante. Assim, a variação da entalpia seria dada por:

$$\Delta H = \Delta E + P\Delta V$$

Substituindo  $\Delta E$  e  $P\Delta V$ , temos;

$$\Delta H = Q + W - W$$

Logo,

$$\Delta H = Q$$

A variação de entalpia, portanto, é definida como a energia trocada, na forma de calor, entre o sistema e a vizinhança, sob pressão constante.

A variação de entalpia é expressa por um número, que indica sua magnitude, um sinal, que indica a direção do fluxo de energia e a unidade.

Como a variação de entalpia é uma função de estado, podemos trabalhar a variação de entalpia de uma reação como entalpia dos produtos menos a entalpia dos reagentes. Essa variação de entalpia é denominada entalpia de reação.

$$\Delta H = H(\text{produtos}) - H(\text{reagentes})$$

Quando a entalpia dos produtos é menor que a dos reagentes, o sinal do  $\Delta H$  é negativo, o que significa que o sistema

liberou calor para a vizinhança, sendo, portanto, um processo exotérmico. O diagrama a seguir representa a combustão do etanol. Essa seria a forma geral dos diagramas de variação de entalpia para os processos exotérmicos.

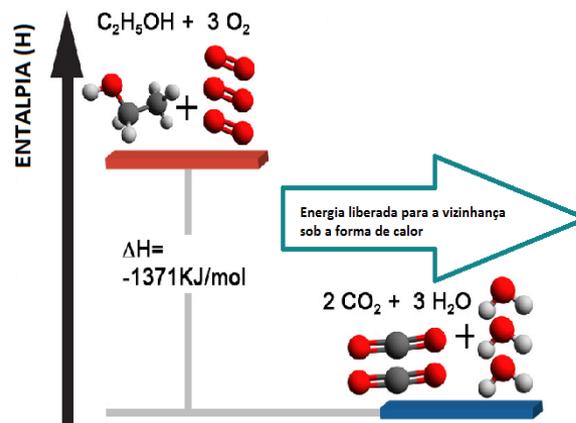


Fig. 3 - Diagrama que representa um processo exotérmico: Combustão do etanol

Para os processos em que a entalpia dos produtos é maior que a dos reagentes, o  $\Delta H$  será positivo, o que indica que o sistema absorveu calor da vizinhança, sendo, portanto um processo endotérmico. O diagrama abaixo representa a decomposição da água. Todos os processos endotérmicos têm essa mesma forma geral para o diagrama de variação da entalpia.

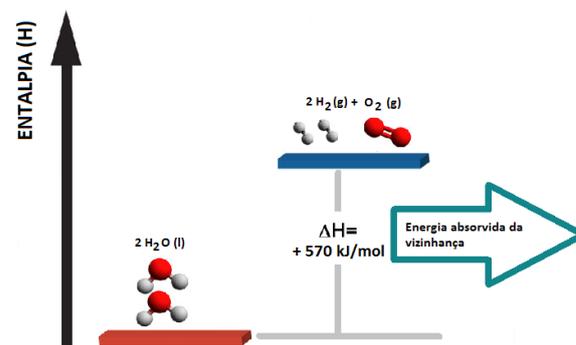


Fig.4 - Diagrama de representa um processo endotérmico: Decomposição da água

# TERMOQUÍMICA

## 6- Energias cinética e potencial durante uma transformação termoquímica

### 6.1 – Processo Endotérmico

Durante um processo endotérmico parte da energia cinética das partículas é convertida em energia potencial. Dessa forma, a energia cinética média diminui, diminuindo a temperatura do sistema, tornando-a menor que a da vizinhança. Assim, a energia, sob forma de calor, é transferida da vizinhança para o sistema até que ambos tenham a mesma temperatura, em um valor menor que o original.

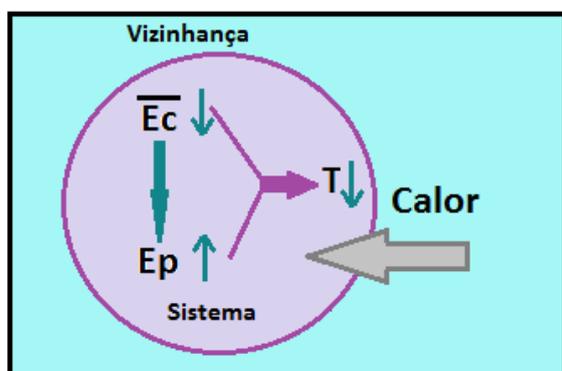


Fig. 5 – Representação das variações de energia em um processo endotérmico

**Importante:** Processos endotérmicos acontecem com a diminuição das temperaturas do sistema e da vizinhança.

### 6.2 – Processos exotérmicos

Nesses processos parte da energia potencial é convertida em energia cinética, o que acarreta um aumento da energia cinética média. Dessa forma, a temperatura do sistema aumenta, tornando-a maior que a da vizinhança. Assim, a energia é transferida, sob forma de calor, do sistema para a vizinhança até que ambos tenham a mesma temperatura, em um valor maior que o original.

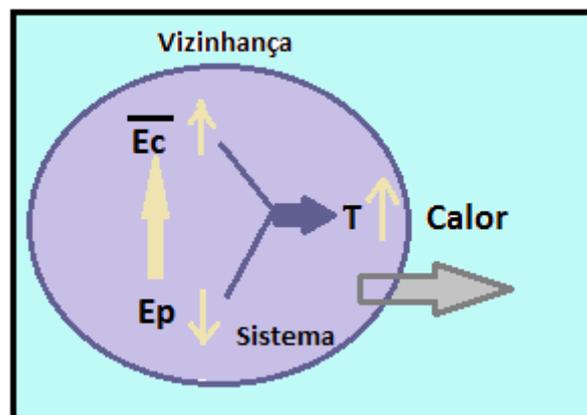


Fig. 6 – Representação das variações de energia em um processo exotérmico

**Importante:** Processos exotérmicos acontecem com o aumento das temperaturas do sistema e da vizinhança.

## 7- Equações termoquímicas

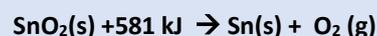
A combinação de uma equação química balanceada e o correspondente valor de  $\Delta H$  para a reação é chamada de equação termoquímica.



ou



ou



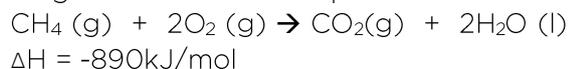
## 8- Fatores que afetam o valor de $\Delta H$

Vários fatores afetam os valores de  $\Delta H$ , dentre eles podemos destacar:

### 8.1- Quantidade de reagentes

O  $\Delta H$  é uma propriedade extensiva, ou seja, depende massa. Assim, essa

grandeza é proporcional à quantidade de reagente consumida no processo.



Como a combustão de 1 mol de metano libera 890kJ, a combustão de 2 mols libera duas vezes mais energia, 1780kJ.

## 8.2- Sentido da reação

A variação da entalpia para uma reação é igual em valores absolutos, mas oposta em sinais para o  $\Delta H$  da reação inversa.

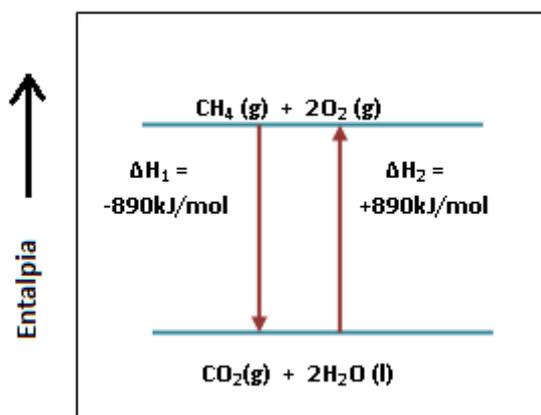
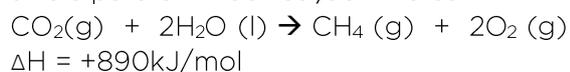
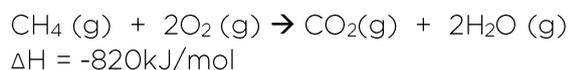


Fig.7 - Diagrama comparativo entre reações diretas e inversas

## 8.3- Estado físico dos reagentes e produtos

Como a entalpia do estado sólido é menor que a do líquido e essa menor que o gasoso, substâncias em estados físicos diferentes acarretam em  $\Delta H$  diferentes.



A combustão do metano produzindo  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  libera 820 kJ, enquanto que essa combustão produzindo  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  libera 890 kJ.

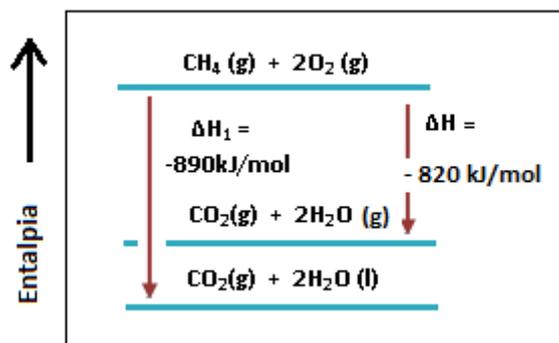


Fig.8- Diagrama comparativo de valores de  $\Delta H$  quando as substâncias se encontram em estados físicos diferentes

## 9- Entalpia - Padrão de Formação e de Reação

A variação de entalpia de uma reação pode ser determinada por meio da medida de calor absorvida ou liberada, a pressão constante. Mas é impossível obter valores absolutos de entalpia de uma substância, apenas valores relativos à uma referência arbitrária podem ser determinados.

O ponto de referência para expressões de entalpia é denominado entalpia-padrão de formação ( $\Delta H_f^\circ$ ). O estado padrão de uma substância é a sua forma pura à pressão de 1 atm e, normalmente, 25°C. Por convenção, a entalpia-padrão de formação para qualquer substância simples na sua forma alotrópica mais estável é zero.



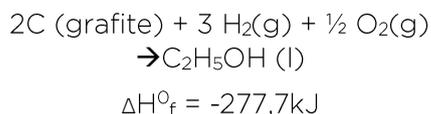
As substâncias  $\text{O}_2$  e  $\text{O}_3$  são simples, porém a substância  $\text{O}_2$  é a forma alotrópica mais estável do elemento oxigênio, portanto, é a que apresenta entalpia-padrão de formação igual a zero.

A entalpia-padrão de formação ( $\Delta H_f^\circ$ ) de um composto é a variação de entalpia para a reação que forma 1 mol do composto a partir de seus elementos, na

# TERMOQUÍMICA

forma das substâncias simples mais estável, no estado padrão.

Por exemplo, é possível estimar a entalpia-padrão de formação para etanol realizando a seguinte reação:



Por convenção, as entalpias padrão de formação para as substâncias C(grafite), H<sub>2</sub>(g) e O<sub>2</sub>(g) são zero. Assim, ao utilizarmos a fórmula  $\Delta H = H_p - H_r$ , temos que a entalpia padrão de formação para o etanol é igual à variação de entalpia da reação de sua formação, que é -277,7kJ/mol.

A importância das entalpias-padrão de formação é que, uma vez conhecidos os seus valores, podemos determinar a variação de entalpia de uma reação à pressão de 1 atm, através da aplicação da seguinte fórmula:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ (\text{produtos}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{reagentes})$$

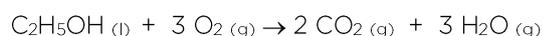
## EXEMPLO 1:



No Brasil, o álcool etílico (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) vem sendo muito utilizado como uma opção de biocombustível, uma vez que sua origem é vegetal, portanto

renovável. Além disso, o álcool etílico contribui menos para intensificação do efeito estufa, já que participa do ciclo atual do carbono.

A reação de combustão do álcool etílico é:



Sabendo que as entalpias padrão de formação para álcool etílico, gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O) são, respectivamente, -278 kJ/mol, -394 kJ/mol e -286 kJ/mol, o calor de combustão do álcool etílico é

A variação de entalpia de uma reação é a diferença entre o somatório das entalpias dos produtos e o somatório das entalpias dos reagentes. A entalpia de cada espécie (reagente ou produto) é dada pelo produto do coeficiente estequiométrico pela entalpia-padrão de formação da espécie.

Utilizando a seguinte equação e substituindo os valores de entalpias padrão de formação presentes no enunciado, temos;

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ (\text{produtos}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{reagentes})$$

$$\Delta H^\circ = [ 2 \Delta H^\circ(\text{CO}_2) + 3 \Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O}) ] - [ \Delta H^\circ(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) + 3\Delta H^\circ(\text{O}_2) ]$$

$$\Delta H^\circ = 2(-394) + 3(-286) - [(-278) - 0]$$

$$\Delta H^\circ = -1368 \text{ kJ/mol}$$

## 10- Leis de Hess

A lei de Hess estabelece que se uma reação for executada em uma série de etapas, o  $\Delta H$  para a reação será igual à soma das variações de entalpia para as etapas individuais.

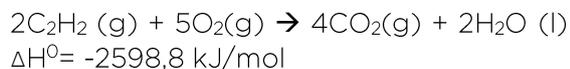
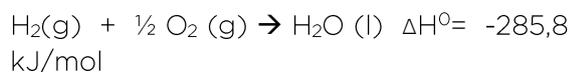
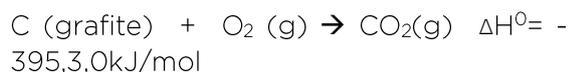
## EXEMPLO 2:

Determine a entalpia-padrão de formação do acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) a partir dos seus elementos:

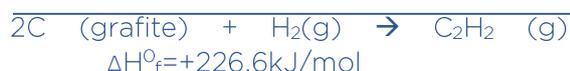
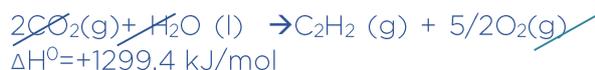
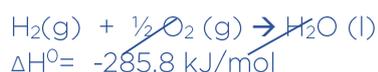


As equações para cada etapa e as correspondentes variações de entalpia são:

# TERMOQUÍMICA



Como a reação de formação do acetileno ocorre em várias etapas, determina-se o  $\Delta H^\circ_f$  através da lei de Hess. Assim, a primeira equação deve ser multiplicada por dois, pois na reação principal são consumidos 2 mols de carbono. Já a terceira equação, temos 2 mols de  $\text{C}_2\text{H}_2$  no reagente, logo esta reação deve ser invertida e dividida por dois.

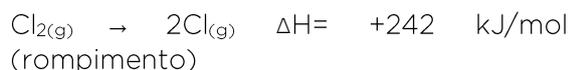


Portanto, o  $\Delta H^\circ_f$  do acetileno é +226,6 kJ/mol, o que caracteriza um processo endotérmico.

## 11- Energia de ligação

É a energia que deve ser absorvida para quebrar 1 mol de ligação ou a energia liberada para formar 1 mol de ligação, estando a espécie no estado gasoso. Dessa forma, a quebra de ligações é sempre endotérmica e a formação de ligações é sempre exotérmica.

Assim, se  $\Delta H_L$  de  $\text{Cl}_{2(\text{g})}$  é igual a 242 kJ/mol, podemos concluir que:



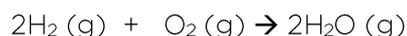
Quanto maior for o valor numérico da energia de ligação, mais forte ela é.

### EXEMPLO 3:

(Cefet/RJ) “A BMW testa veículos movidos a hidrogênio e antecipa uma novidade que chegará ao mercado no futuro. A indústria [...] aposta no hidrogênio como um dos mais promissores substitutos da gasolina. Ele não depende de reservas estratégicas e é facilmente obtido com a quebra da molécula da água. [...] Em vez de dióxido de carbono, o escapamento expelirá água. O hidrogênio pode zera a emissão de poluentes por veículos no futuro...”

Com base nos dados da tabela abaixo, DETERMINE o  $\Delta H$  para a reação

Ligação	Energia média de ligação (kJ/mol)
H-H	437
H-O	463
O=O	494



As ligações dos reagentes são quebradas durante a reação, enquanto as ligações dos produtos são formadas. Assim, acrescenta-se o sinal (+) nas energias de ligação dos reagentes e o sinal (-) nas energias de ligação dos produtos.

$$\Delta H = 2 (+ 437) + (+494) + 4(-463) = -484 \text{ kJ/mol}$$



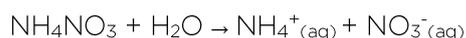
## Exercícios

01- Uma tecnologia desenvolvida na Inglaterra pode ajudar a salvar vidas nos acidentes de moto. Quem tem cabeça sabe que não se trata de um mero acessório. No lazer, no trabalho ou nos esportes de velocidade, o capacete é um indispensável item de segurança. Ajuda a evitar maiores danos em caso de acidente. Agora esse importante equipamento ganha mais um reforço: um sistema para manter a cabeça resfriada depois de uma forte pancada.



Por fora é um capacete como qualquer outro. O segredo está dentro dele, embaixo da forração. Uma embalagem que contém água e outra com nitrato de amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). Na hora do acidente, por conta do impacto, o saquinho arrebenta, a água entra em contato com o nitrato de amônio, que instantaneamente faz baixar a temperatura interna. Fica ao redor de zero grau.

O processo pode ser descrito pela seguinte equação:



Esse sal ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), já é usado por atletas de elite que precisam de compressas frias para resolver problemas musculares. Sabe-se que a adição de 30 g desse sal em 100 mL de água, faz com que a temperatura diminua de  $20^\circ\text{C}$  para  $0^\circ\text{C}$ . O centro de inovações da Universidade de Brighton, no sul da Inglaterra, analisou o que acontece com o cérebro depois de levar uma pancada. A temperatura da cabeça aumenta. Quando passa de  $42^\circ\text{C}$ , pode ser fatal. O objetivo da refrigeração instantânea é manter a temperatura normal do cérebro, pouco acima de  $37^\circ\text{C}$ .

- a) IDENTIFIQUE o tipo de processo – endotérmico ou exotérmico – responsável pelo resfriamento do capacete.  
b) DESCREVA, através das energias cinética e potencial, como se dá a troca de calor responsável pela diminuição da temperatura do capacete.

02- (UFMG) A evaporação da água líquida é um processo que pode ocorrer como consequência de diversas ações. Dentre elas, podem ser citadas o contato com um outro sistema de temperatura mais alta, a incidência de radiação eletromagnética e o arraste por fluxo de gás.

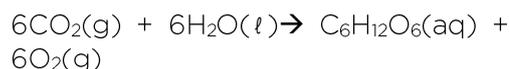
Considere três situações em que ocorre a evaporação da água líquida:

- I- na chama de um fogão a gás
- II- em um forno de microondas em funcionamento
- III- pela ação do vento

Sobre essas situações, pode-se afirmar que a evaporação ocorre devido a um fluxo de calor em

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

03-(FCMMG) A produção de carboidratos na natureza ocorre nas plantas verdes, por um processo chamado fotossíntese. As plantas contêm o pigmento verde clorofila, que catalisa a conversão de dióxido de carbono e água em açúcares. A reação simplificada pode ser representada pela seguinte equação:



Considere as entalpias de formação das seguintes substâncias, todas a  $25^\circ\text{C}$  e 1 atm de pressão:

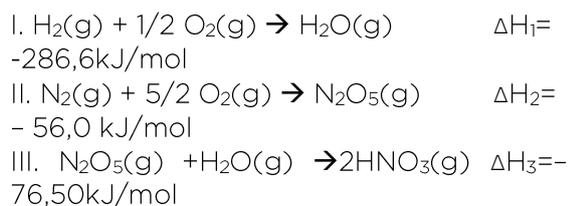
# TERMOQUÍMICA

$\text{CO}_2(\text{g})$ : - 393 kJ/mol  
 $\text{H}_2\text{O}(\ell)$ : - 286 kJ/mol  
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{aq})$ : - 1263 kJ/mol

A variação de entalpia ( $\Delta H$ ) da equação acima, é, em kJ, igual a

- a) + 5.337      C) - 2.811  
b) + 2.811      D) - 5.337

04- (PUC) O ácido nítrico é uma das substâncias químicas mais utilizadas nas indústrias. O maior consumo de ácido nítrico se dá na fabricação de explosivos como a nitroglicerina, dinamite etc. Considere as seguintes transformações ocorridas na produção de ácido nítrico nas indústrias:



A entalpia de formação para o ácido nítrico gasoso, em kJ, é igual a:

- a) - 209,55      C) - 352,85  
b) + 209,55      D) + 352,85

05- (FCMMG) Considere a reação em que 1,0 mol de propeno gasoso é transformado em átomos gasosos:



e as entalpias médias de ligação no quadro:

Ligação	$\Delta H / \text{kJ mol}^{-1}$
C-C	347
C=C	612
C-H	413

A variação de entalpia para a reação acima é igual a:

- a) 3172 kJ mol<sup>-1</sup>.  
b) 3437 kJ mol<sup>-1</sup>.  
c) - 3172 kJ mol<sup>-1</sup>.  
d) - 3437 kJ mol<sup>-1</sup>.

06- (ENEM) Nas últimas décadas, o efeito estufa tem-se intensificado de maneira preocupante, sendo esse efeito muitas vezes atribuído à intensa liberação de  $\text{CO}_2$  durante a queima de combustíveis fósseis para geração de energia. O quadro traz as entalpias-padrão de combustão a 25 °C ( $\Delta H$ ) do metano, do butano e do octano.

Composto	Fórmula molecular	Massa Molar (g/mol)	$\Delta H^\circ$ (kJ/mol)
Metano	$\text{CH}_4$	16	-890
Butano	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	58	-2878
Octano	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	114	-5471

À medida que aumenta a consciência sobre os impactos ambientais relacionados ao uso da energia, cresce a importância de se criar políticas de incentivo ao uso de combustíveis mais eficientes. Nesse sentido considerando-se que o metano, o butano e o octano sejam representativos do gás natural, do gás liquefeito de petróleo (GLP) e da gasolina, respectivamente, então, a partir dos dados fornecidos, é possível concluir que, do ponto de vista da quantidade de calor obtido por mol de  $\text{CO}_2$  gerado, a ordem crescente 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.

07- (ENEM) Um dos problemas dos combustíveis que contêm carbono é que sua queima produz dióxido de carbono. Portanto, uma característica importante, ao se escolher um combustível, é analisar

# TERMOQUÍMICA

seu calor de combustão ( $\Delta H_c^\circ$ ), definido como a energia liberada na queima completa de um mol de combustível no estado padrão. O quadro seguinte relaciona algumas substâncias que contêm carbono e seu  $\Delta H_c^\circ$ .

Substância	Fórmula	$\Delta H_c^\circ$ (kJ/mol)
benzeno	$C_6H_6$ (l)	-3 268
etanol	$C_2H_5OH$ (l)	-1 368
glicose	$C_6H_{12}O_6$ (s)	-2 808
metano	$CH_4$ (g)	-890
octano	$C_8H_{18}$ (l)	-5 471

ATKINS, P. *Princípios de Química*. Bookman, 2007 (adaptado).

Neste contexto, qual dos combustíveis, quando queimado completamente, libera mais dióxido de carbono no ambiente pela mesma quantidade de energia produzida?

- Benzeno
- Metano
- Glicose
- Octano
- Etanol

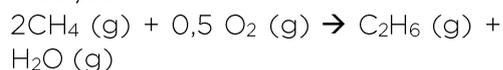
08- (UFMG) Um exemplo de uma reação para conversão do metano, principal constituinte do gás natural, em outros hidrocarbonetos, é a transformação desse composto em etano, que pode, em princípio, ser representada pela equação

Reação I:



Na prática, essa é uma transformação catalítica, em que o metano reage com oxigênio, o que pode ser representado pela equação

Reação II:



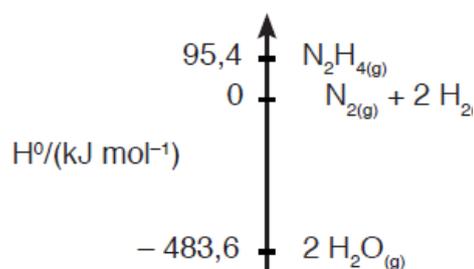
Considere o seguinte quadro de entalpias padrão de formação ( $\Delta H_f^\circ$ ), a 25° C, das substâncias indicadas

Substância	$\Delta H_f^\circ$ / (kJ mol <sup>-1</sup> )
$CH_4$ (g)	-75
$C_2H_6$ (g)	-85
$H_2O$ (g)	-242

a) CALCULE a variação de entalpia padrão a 25° C das reações I e II acima. Deixe indicadas todas as etapas dos cálculos, incluindo as unidades.

b) Suponha que os recipientes em que ocorrem as reações I e II sejam envolvidos por serpentinas em que circule água, inicialmente a 25° C. INDIQUE o que ocorre com a temperatura da água em cada uma das reações I e II e JUSTIFIQUE a sua resposta.

09- (FCMMG) Considere o diagrama de entalpia, bem como a informação de que a combustão completa da hidrazina gasosa,  $N_2H_4(g)$ , produz  $N_2(g)$  e  $H_2O(g)$ .

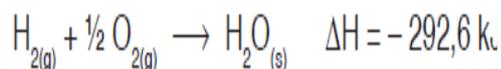
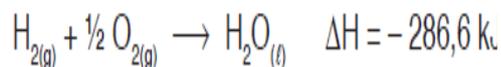
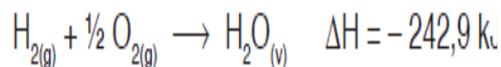


Tendo em vista esses dados, a afirmativa ERRADA é:

- A entalpia padrão de formação de  $N_2H_4(g)$  é igual a 95,4 kJ mol<sup>-1</sup>.
- A entalpia padrão de formação de  $H_2O(g)$  é igual a - 483,6 kJ mol<sup>-1</sup>.
- A entalpia padrão de combustão de  $H_2(g)$  é igual a - 241,8 kJ mol<sup>-1</sup>.
- A entalpia padrão de combustão de  $N_2H_4(g)$  é igual a - 579,0 kJ mol<sup>-1</sup>.

# TERMOQUÍMICA

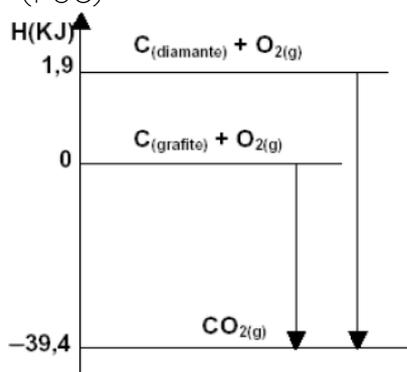
10- (PUC) Observe as equações que representam a formação da água:



De acordo com essas transformações, assinale a afirmativa INCORRETA.

- Todas essas transformações são exotérmicas.
- Um mol de vapor de água contém mais energia que um mol de água líquida.
- A transformação  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{s})$  absorve 6 kJ/mol.
- A formação de água a partir do hidrogênio libera calor.

11- (PUC)



Considere a reação de combustão das variedades alotrópicas do carbono, representadas no gráfico: Assinale a afirmativa INCORRETA.

- As duas reações de combustão são exotérmicas.
- A variação de energia ( $\Delta H$ ) para a reação de combustão da grafite é igual a  $-39,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
- A transformação de grafite em diamante é um processo endotérmico.

d) A variação de energia ( $\Delta H$ ) para a reação de combustão do diamante é igual a  $-37,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

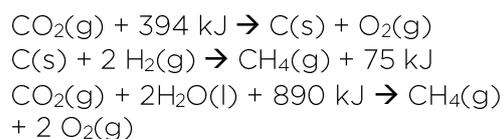
12- (PUC) Considere as seguintes transformações:

- Congelamento da água.
- Vaporização da água.
- Fusão do gelo.
- Condensação do vapor de água.

São transformações que ocorrem com absorção de calor:

- I e II
- I e III
- II e III
- III e IV

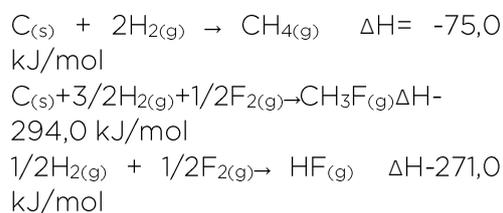
13- (PUC) Considere as reações:



É CORRETO afirmar que o valor da entalpia, em kJ, da reação:  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  é:

- 285,5
- 285,5
- 571
- 571

14- (PUC) Considere as reações:



O  $\Delta H^\circ$  em kJ da reação

# TERMOQUÍMICA

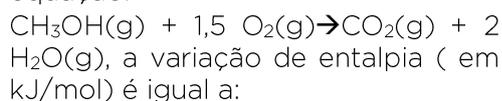


- a) -640      c) -98  
b) -490      d) -52

15- (FCMMG) Considere as entalpias de ligação no quadro:

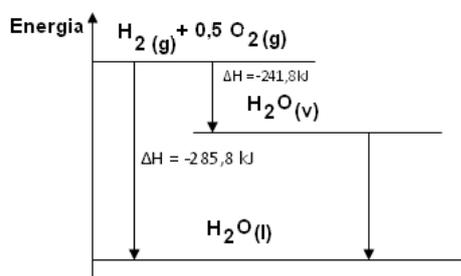
Ligação	Entalpia/kJ mol <sup>-1</sup>
C-H	413
C-O	336
C=O	805
O=O	498
O-H	464

Com base nesses valores, é CORRETO afirmar que, para a combustão completa de 1 mol de metanol gasoso, representada pela equação:



- a) 248      b) - 248  
c) 680      d) - 680

16- Numa sauna a vapor, o calor envolvido na condensação do vapor de água é, em parte, responsável pelo aquecimento da superfície da pele das pessoas que estão em seu interior, de acordo com o diagrama a seguir:



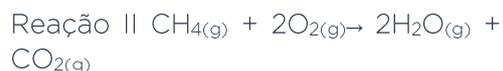
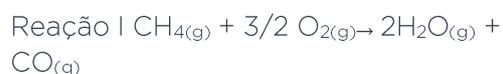
De acordo com o diagrama, DETERMINE a variação de entalpia para a condensação da água.

17- (UFMG) A queima de metano na presença de oxigênio pode produzir duas substâncias distintas que contêm carbono:

- monóxido de carbono, produzido pela combustão incompleta do metano; e

- dióxido de carbono.

As equações químicas dessas reações são:



Considerando-se essas reações, é CORRETO afirmar que

a) ambas são exotérmicas e a quantidade de calor liberado em I é menor que em II.

b) ambas são endotérmicas e a quantidade de calor absorvido em I é menor que em II.

c) ambas são endotérmicas e a quantidade de calor absorvido em II é menor que em I .

d) ambas são exotérmicas e a quantidade de calor liberado em II é menor que em I .

18-(UFMG) Ao se sair molhado em local aberto, mesmo em dias quentes, sente-se uma sensação de frio. Esse fenômeno está relacionado com a evaporação da água que, no caso, está em contato com o corpo humano. Essa sensação de frio explica-se CORRETAMENTE pelo fato de que a evaporação da água

# TERMOQUÍMICA

a) é um processo endotérmico e cede calor ao corpo.

b) é um processo endotérmico e retira calor do corpo.

c) é um processo exotérmico e cede calor ao corpo.

d) é um processo exotérmico e retira calor do corpo.

19- (ENEM) Ainda hoje, é muito comum as pessoas utilizarem vasilhames de barro (moringas ou potes de cerâmica não esmaltada) para conservar água a uma temperatura menor do que a do ambiente. Isso ocorre porque:

a) o barro isola a água do ambiente, mantendo-a sempre a uma temperatura menor que a dele, como se fosse isopor.

b) o barro tem poder de “gelar” a água pela sua composição química. Na reação, a água perde calor.

c) o barro é poroso, permitindo que a água passe através dele. Parte dessa água evapora, tomando calor da moringa e do restante da água, que são assim resfriadas.

d) o barro é poroso, permitindo que a água se deposite na parte de fora da moringa. A água de fora sempre está a uma temperatura maior que a de dentro.

e) a moringa é uma espécie de geladeira natural, liberando substâncias higroscópicas que diminuem naturalmente a temperatura da água.

20- (UFMG) Uma certa quantidade de água é colocada em um congelador, cuja temperatura é de  $-20^{\circ}\text{C}$ . Após estar formado e em equilíbrio térmico com o congelador, o gelo é transferido para outro

congelador, cuja temperatura é de  $-5^{\circ}\text{C}$

Considerando-se essa situação, é **CORRETO** afirmar que, do momento em que é transferido para o segundo congelador até atingir o equilíbrio térmico no novo ambiente, o gelo

a) se funde.

b) transfere calor para o congelador.

c) se aquece.

d) permanece na mesma temperatura inicial.

21- (ENEM) No Brasil, o sistema de transporte depende do uso de combustíveis fósseis e de biomassa, cuja energia é convertida em movimento de veículos. Para esses combustíveis, a transformação de energia química em energia mecânica acontece

(A) na combustão, que gera gases quentes para mover os pistões no motor.

(B) nos eixos, que transferem torque às rodas e impulsionam o veículo.

(C) na ignição, quando a energia elétrica é convertida em trabalho.

(D) na exaustão, quando gases quentes são expelidos para trás.

(E) na carburação, com a difusão do combustível no ar.

22- “da feia fumaça que sobe apagando as estrelas”...

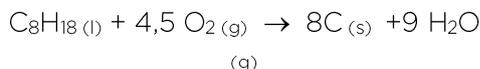
O trecho acima, extraído da letra da música Sampa de Caetano Veloso, faz referência à poluição atmosférica, um problema cada vez mais presente nas grandes cidades.

Uma das principais formas de emissão de fumaça e gases tóxicos nos grandes centros é a queima de combustíveis em veículos automotores.

A equação abaixo representa um tipo de combustão incompleta do octano

# TERMOQUÍMICA

(componente da gasolina). Essa reação ocorre com formação de fuligem (carbono sólido).



Em relação à combustão completa de um mol de octano, a combustão incompleta da mesma quantidade de octano

- (A) absorve calor e não polui.
- (B) emite a mesma quantidade de calor.
- (C) libera mais calor e, ainda, polui com gases tóxicos.
- (D) libera menos calor e polui da mesma forma.
- (E) libera menos calor e polui com material particulado.

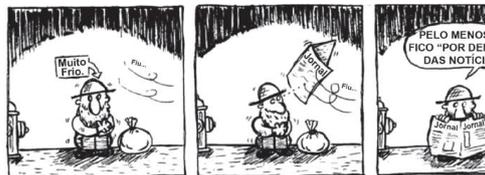
23- (ENEM) Em dias de baixas temperaturas, as pessoas utilizam casacos ou blusas de lã com o intuito de minimizar a sensação de frio. Fisicamente, esta sensação ocorre pelo fato de o corpo humano liberar calor, que é a energia transferida de um corpo para outro em virtude da diferença de temperatura entre eles.

A utilização de vestimenta de lã diminui a sensação de frio, porque

- (A) diminui a taxa de transferência de calor do corpo humano para o meio externo.
- (B) é constituída de material denso, o que não permite a entrada de ar frio.
- (C) está em contato direto com o corpo humano, facilitando a transferência de calor.
- (D) possui a propriedade de gerar calor.

(E) tem como principal característica a absorção de calor.

24-(ENEM)



Disponível em: <http://engundocurso.wordpress.com>

A tirinha faz referência a uma propriedade de uma grandeza Física, em que a função do jornal utilizado pelo homem é a de

- A) absorver a umidade que dissipa calor.
- B) impedir que o frio do ambiente penetre.
- C) manter o calor do homem concentrado.
- D) restringir a perda de calor para o ambiente.
- E) bloquear o vento que sopra trazendo frio.

25-(ENEM) Considera-se combustível aquele material que, quando em combustão, consegue gerar energia. No caso dos biocombustíveis, suas principais vantagens de uso são a de serem oriundos de fontes renováveis e a de serem menos poluentes que os derivados de combustíveis fósseis. Por isso, no Brasil, tem-se estimulado o plantio e a industrialização de sementes oleaginosas para produção de biocombustíveis.

No quadro, estão os valores referentes à energia produzida pela combustão de alguns biocombustíveis:

Biocombustível	Kcal/kg
Biodiesel (mamona)	8913
Biodiesel(babaçu)	9049
Biodiesel (dendê)	8946
Biodiesel (soja)	9421
Etanol (cana-de-açúcar)	5596

# TERMOQUÍMICA

Entre os diversos tipos de biocombustíveis apresentados no quadro, aquele que apresenta melhor rendimento energético em massa é proveniente

- A) da soja.
- B) do dendê.
- C) do babaçu.
- D) da mamona.
- E) da cana-de-açúcar

26- (ENEM) Uma opção não usual, para o cozimento do feijão, é o uso de uma garrafa térmica. Em uma panela, coloca-se uma parte de feijão e três partes de água e deixa-se ferver o conjunto por cerca de 5 minutos, logo após transfere-se todo o material para uma garrafa térmica. Aproximadamente 8 horas depois, o feijão estará cozido.

O cozimento do feijão ocorre dentro da garrafa térmica, pois

- A) a água reage com o feijão, e essa reação é exotérmica.
- B) o feijão continua absorvendo calor da água que o envolve, por ser um processo endotérmico.
- C) o sistema considerado é praticamente isolado, não permitindo que o feijão ganhe ou perca energia.
- D) a garrafa térmica fornece energia suficiente para o cozimento do feijão, uma vez iniciada a reação.
- E) a energia envolvida na reação aquece a água, que mantém constante a temperatura, por ser um processo exotérmico.

27- (ENEM) A explosão de uma plataforma de petróleo em frente à costa americana e o vazamento de cerca de mil barris de petróleo por dia no mar provocaram um desastre ambiental. Uma das estratégias utilizadas pela Guarda Costeira para dissipar a mancha negra foi um recurso simples: fogo. A

queima da mancha de petróleo para proteger a costa provocará seus próprios problemas ambientais, criando enormes nuvens de fumaça tóxica e deixando resíduos no mar e no ar.

HIRST, M. **Depois de vazamento, situação de petroleira britânica se complica**. BBC. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk>. Acesso em: 1 maio 2010 (adaptado).

Além da poluição das águas provocada pelo derramamento de óleo no mar, a queima do petróleo provoca a poluição atmosférica formando uma nuvem negra denominada fuligem, que é proveniente da combustão

- A) completa de hidrocarbonetos.
- B) incompleta de hidrocarbonetos.
- C) completa de compostos sulfurados.
- D) incompleta de compostos sulfurados.
- E) completa de compostos nitrogenados.

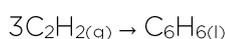
28- (ENEM) É comum nos referirmos a dias quentes como dias “de calor”. Muitas vezes ouvimos expressões como “hoje está calor” ou “hoje o calor está muito forte” quando a temperatura ambiente está alta. No contexto científico, é correto o significado de “calor” usado nessas expressões?

- A) Sim, pois o calor de um corpo depende de sua temperatura.
- B) Sim, pois calor é sinônimo de alta temperatura.
- C) Não, pois calor é energia térmica em trânsito.
- D) Não, pois calor é a quantidade de energia térmica contida em um corpo.
- E) Não, pois o calor é diretamente proporcional à

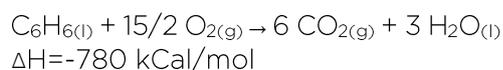
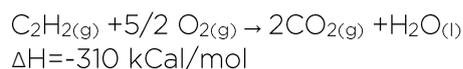
# TERMOQUÍMICA

temperatura, mas são conceitos diferentes.

29- (ENEM) O benzeno, um importante solvente para a indústria química, é obtido industrialmente pela destilação do petróleo. Contudo, também pode ser sintetizado pela trimerização do acetileno catalisada por ferro metálico sob altas temperaturas, conforme a equação química:



A energia envolvida nesse processo pode ser calculada indiretamente pela variação da entalpia das reações de combustão das substâncias participantes, nas mesmas condições experimentais:

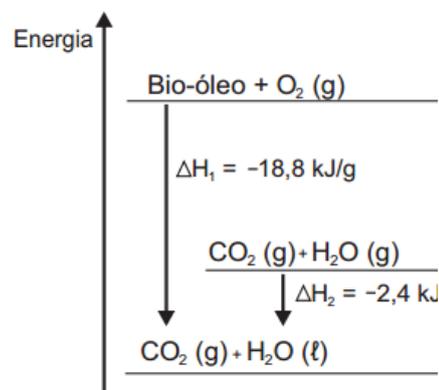


A variação de entalpia do processo de trimerização, em kCal, para a formação de um mol de benzeno é mais próxima

- A) -1090.
- B) -150.
- C) -50.
- D) +157.
- E) +410

30- (ENEM) O aproveitamento de resíduos florestais vem se tornando cada dia mais atrativo, pois eles são uma fonte renovável de energia. A figura representa a queima de um bio-óleo extraído do resíduo de madeira sendo  $\Delta H_1$  a variação de entalpia devido à queima de 1 g desse bio-óleo, resultando em gás carbônico e água líquida, e  $\Delta H_2$  a variação de entalpia envolvida na

conversão de 1 g de água no estado gasoso para o estado líquido.



A variação de entalpia, em kJ, para a queima de 5 g desse bio-óleo resultando em  $\text{CO}_2$  (gasoso) e  $\text{H}_2\text{O}$  (gasoso) é:

- (A) -106.
- (B) -94,0.
- (C) -82,0.
- (D) -21,2.
- (E) -16,4.

31-(ENEM) O carro flex é uma realidade no Brasil. Estes veículos estão equipados com um motor que tem a capacidade de funcionar com mais de um tipo de combustível. No entanto, as pessoas que têm esse tipo de veículo, na hora do abastecimento, têm sempre a dúvida: álcool ou gasolina? Para avaliar o consumo desses combustíveis, realizou-se um percurso com um veículo flex, consumindo 40 litros de gasolina e no percurso de volta utilizou-se etanol. Foi considerado o mesmo consumo de energia tanto no percurso de ida quanto no de volta. O quadro resume alguns dados

# TERMOQUÍMICA

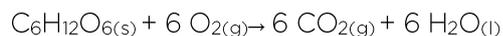
aproximados sobre esses combustíveis.

Combustível	Densidade (g.mL <sup>-1</sup> )	Calor de Combustão (Kcal.g <sup>-1</sup> )
Etanol	0,8	-6
Gasolina	0,7	-10

O volume de etanol combustível, em litro, consumido no percurso de volta é mais próximo de

- A) 27
- B) 32
- C) 37
- D) 58
- E) 67

32- (ENEM) Por meio de reações químicas que envolvem carboidratos, lipídeos e proteínas, nossas células obtêm energia e produzem gás carbônico e água. A oxidação da glicose no organismo humano libera energia, conforme ilustra a equação química, sendo que aproximadamente 40% dela é disponibilizada para atividade muscular.



$$\Delta_c H = -2800 \text{ kJ}$$

Considere as massas molares (em g.mol<sup>-1</sup>): H = 1, O = 16.

Na oxidação de 1,0 grama de glicose, a energia obtida para atividade muscular, em quilojoule, é mais próxima

- A) 6,2
- B) 15,6
- C) 70,0
- D) 622,2
- E) 1120,0

## Gabarito

- 1- A) Endotérmica.  
B) Diminui a energia cinética e aumenta a energia potencial.
- 2- B
- 3- B
- 4- A
- 5- B
- 6- A
- 7- C
- 8-
  - a) Reação I: +65,0 kJ/mol  
Reação II: -177,0 kJ/mol
  - b) Reação I: A temperatura da água diminui, pois a reação é endotérmica absorvendo calor da água.  
Reação II: A temperatura da água aumenta, pois a reação é exotérmica liberando calor para água.
- 9-B
- 10- C
- 11- D
- 12- C
- 13- B
- 14- B
- 15- D
- 16- (-44kJ/mol)
- 17- A
- 18- B
- 19- C
- 20-C
- 21-A
- 22-E
- 23-A
- 24-D
- 25-A
- 26-B
- 27-B
- 28-C
- 29-B
- 30-C
- 31-D
- 32-A