

OBJETIVO

ITA
Química

9



Actíndios Sólidos

Outros met. 13

Não-Meta. III

Gases nob. 5

7 8

VIIE

25 Mn Manganés 54.938045	26 Fe Ferro 55.845	27 Co Cobalto 58.933200	28 Ni Níquel 58.6934	29 Cu Cobre 63.546	30 Zn Zinco 65.38	31 Ga Gálio 69.723	32 Ge Germano 72.64	33 As Arsênio 74.9216	34 Se Selênio 78.96	35 Br Bromo 79.904	36 Kr Criptônio 83.80
43 Tc Técnetio (98)	44 Ru Ródio 101.07	45 Rh Ródio 102.90550	46 Pd Paládio 106.42	47 Ag Prata 107.8682	48 Cd Cádmio 112.411	49 In Índio 114.818	50 Sn Estanho 118.710	51 Sb Antimônio 121.757	52 Te Telúrio 127.60	53 I Iodo 126.905	54 Xe Xenônio 131.29
75 Re Rênio 186.207	76 Os Ósmio 190.23	77 Ir Írídio 192.222	78 Pt Platina 195.084	79 Au Ouro 196.967	80 Hg Mercúrio 200.59	81 Tl Tálio 204.3833	82 Pb Chumbo 207.2	83 Bi Bismuto 208.9804	84 Po Polônio 209	85 At Astato 210	86 Rn Radônio 222

THE UNITED STATES OF AMERICA

MÓDULO 33

Terموquímica I

1. (ITA-SP) – Sabe-se que a 25°C as entalpias de combustão (em kJ mol^{-1}) de grafita, gás hidrogênio e gás metano são, respectivamente: $-393,5$; $-285,9$ e $-890,5$. Assinale a alternativa que apresenta o valor correto da entalpia da seguinte reação:



- a) $-211,1 \text{ kJ mol}^{-1}$ b) $-74,8 \text{ kJ mol}^{-1}$
c) $74,8 \text{ kJ mol}^{-1}$ d) $136,3 \text{ kJ mol}^{-1}$
e) $211,1 \text{ kJ mol}^{-1}$

2. (ITA-SP) – Assinale a opção **errada** que apresenta (em kJ/mol) a entalpia padrão de formação (ΔH_f) da substância a 25 °C.

- a) $\Delta H_f(\text{H}_2(\text{g})) = 0$ b) $\Delta H_f(\text{F}_2(\text{g})) = 0$
c) $\Delta H_f(\text{N}_2(\text{g})) = 0$ d) $\Delta H_f(\text{Br}_2(\text{g})) = 0$
e) $\Delta H_f(\text{Cl}_2(\text{g})) = 0$

3. (ITA-SP) – Assinale a opção que indica a variação correta de entalpia, em kJ/mol , da reação química a 298,15K e 1 bar, representada pela seguinte equação:



Dados eventualmente necessários:

$$\Delta H_f^0(\text{C}_4\text{H}_8(\text{g})) = -11,4; \quad \Delta H_f^0(\text{CO}_2(\text{g})) = -393,5;$$

$\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = -285,8$ e $\Delta H_c^0(\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})) = -2.877,6$, em que ΔH_f^0 e ΔH_c^0 , em kJ/mol , representam as variações de entalpia de formação e de combustão a 298,15 K e 1 bar, respectivamente.

- a) $-3.568,3$ b) $-2.186,9$ c) $+2.186,9$
d) $+125,4$ e) $+114,0$

MÓDULO 34

Termoquímica II

1. (ITA-SP) – A 25°C e pressão de 1 atm, a queima completa de um mol de hexano produz dióxido de carbono e água no **estado gasoso** e libera 3883kJ, enquanto a queima completa da mesma quantidade de heptano produz as mesmas substâncias no **estado gasoso** e libera 4498kJ.

- Escreva as equações químicas, balanceadas, para as reações de combustão em questão.
- Utilizando as informações fornecidas no enunciado desta questão, faça uma estimativa do valor de combustão do decano. Deixe claro o raciocínio utilizado na estimativa realizada.
- Caso a água formada na reação de combustão do hexano estivesse no **estado líquido**, a quantidade de calor liberado seria MAIOR, MENOR ou IGUAL a 3883kJ? Por quê?

2. (ITA-SP) – Na temperatura e pressão ambientes, a quantidade de calor liberada na combustão completa de 1,00g de etanol (C_2H_5OH) é igual a 30J. A combustão completa de igual massa de glicose ($C_6H_{12}O_6$) libera 15J. Com base nestas informações, é correto afirmar que

- a quantidade de calor liberada na queima de 1,00 mol de etanol é igual a 2 vezes a quantidade de calor liberada na queima de 1,00 mol de glicose.
- a quantidade de oxigênio (em mols) necessária para queimar completamente 1,00 mol de etanol é igual a 2 vezes a quantidade (em mols) necessária para queimar 1,00 mol de glicose.
- a relação (em mols) combustível/comburente para a queima completa de 1,00 mol de etanol é igual à metade da mesma relação para a queima completa de 1,00 mol de glicose.
- a quantidade de calor liberada na queima de etanol será igual àquela liberada na queima de glicose quando a relação massa de etanol/massa de glicose queimada for igual a 1/2.
- a quantidade de calor liberada na queima de etanol será igual àquela liberada na queima de glicose quando a relação mols de etanol/mols de glicose for igual a 1/2.

Dados: Massas molares em g/mol: $C_2H_5OH = 46$;
 $C_6H_{12}O_6 = 180$

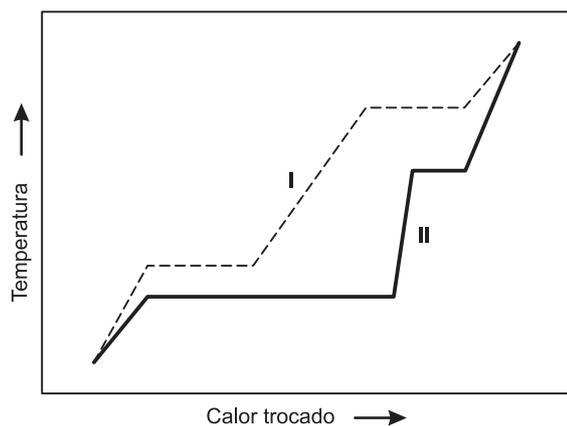
3. (IME) – Nas combustões completas de x gramas de acetileno e de y gramas de benzeno são liberadas, respectivamente, Q_1 kcal e Q_2 kcal. Determine o calor liberado, em kcal, na formação de z gramas de benzeno a partir do acetileno.

Dados: massas molares em g/mol: C 12, H 1

MÓDULO 35

Terموquímica III

1. (ITA-SP) – Amostras de massas iguais de duas substâncias, I e II, foram submetidas independentemente a um processo de aquecimento em atmosfera inerte e a pressão constante. O gráfico abaixo mostra a variação da temperatura em função do calor trocado entre cada uma das amostras e a vizinhança.

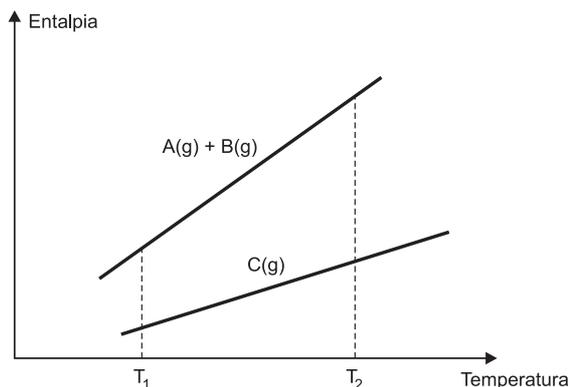


Dados: ΔH_f e ΔH_v representam as variações de entalpia de fusão e de vaporização, respectivamente, e c_p é o calor específico.

Assinale a opção **errada** em relação à comparação das grandezas termodinâmicas.

- a) $\Delta H_f(I) < \Delta H_f(II)$ b) $\Delta H_v(I) < \Delta H_v(II)$
c) $c_{p,I}(s) < c_{p,II}(s)$ d) $c_{p,II}(g) < c_{p,I}(g)$
e) $c_{p,II}(l) < c_{p,I}(l)$

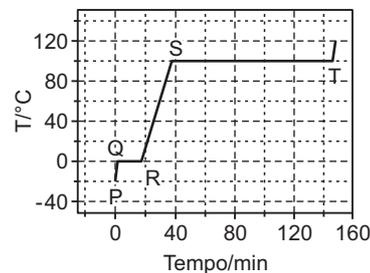
2. (ITA-SP) – A figura abaixo mostra como a entalpia dos reagentes e dos produtos de uma reação química do tipo $A(g) + B(g) \rightarrow C(g)$ varia com a temperatura.



Levando em consideração as informações fornecidas nesta figura, e sabendo que a variação de entalpia (ΔH) é igual ao calor trocado pelo sistema à pressão constante, é **errado** afirmar que

- na temperatura T_1 a reação ocorre com liberação de calor.
- na temperatura T_1 , a capacidade calorífica dos reagentes é maior que a dos produtos.
- no intervalo de temperatura compreendido entre T_1 e T_2 , a reação ocorre com absorção de calor ($\Delta H > \text{zero}$).
- o ΔH , em módulo, da reação aumenta com o aumento de temperatura.
- no intervalo de temperatura compreendido entre T_1 e T_2 , $\Delta H < 0$.

3. (ITA-SP) – A figura abaixo apresenta a curva de aquecimento de 100 g de uma substância pura genérica no estado sólido. Sabe-se que calor é fornecido a uma velocidade constante de 500 cal min^{-1} . Admite-se que não há perda de calor para o meio ambiente, que a pressão é de 1 atm durante toda a transformação e que a substância sólida apresenta apenas uma fase cristalina.



Considere que sejam feitas as seguintes afirmações em relação aos estágios de aquecimento descritos na figura:

- No segmento PQ ocorre aumento da energia cinética das moléculas.
- No segmento QR ocorre aumento da energia potencial.
- O segmento QR é menor que o segmento ST porque o calor de fusão da substância é menor que o seu calor de vaporização.
- O segmento RS tem inclinação menor que o segmento PQ porque o calor específico do sólido é maior que o calor específico do líquido.

Das afirmações acima, está(ão) **errada(s)**:

- apenas I.
- apenas I, II e III.
- apenas II e IV.
- apenas III.
- apenas IV.

MÓDULO 36

Termoquímica IV

1. (ITA-SP) – 300 gramas de gelo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram adicionados a 400 gramas de água a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Assinale a opção correta para a temperatura final do sistema em condição adiabática.

Dados: calor de fusão do gelo = 80 cal g^{-1} ; calor específico do gelo = $0,50\text{ cal g}^{-1}\text{ K}^{-1}$; calor específico da água líquida = $1\text{ cal g}^{-1}\text{ K}^{-1}$.

- a) $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ b) $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ c) $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
d) $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$ e) $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$

2. (ITA-SP) – Uma substância A apresenta as seguintes propriedades:

Temperatura de fusão a 1 atm = $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura de ebulição a 1 atm = $85\text{ }^{\circ}\text{C}$

Varição de entalpia de fusão = 180 J g^{-1}

Varição de entalpia de vaporização = 500 J g^{-1}

Calor específico de A(s) = $1,0\text{ J g}^{-1}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

Calor específico de A(l) = $2,5\text{ J g}^{-1}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

Calor específico de A(g) = $0,5\text{ J g}^{-1}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

À pressão de 1 atm, uma amostra de 25g de substância A é aquecida de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ até $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, a uma velocidade constante de 450 J min^{-1} . Considere que todo calor fornecido é absorvido pela amostra. Construa o gráfico de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) versus tempo (min) para todo o processo de aquecimento considerado, indicando claramente as coordenadas dos pontos iniciais e finais de cada etapa do processo. Mostre os cálculos necessários.

3. (IME) – O consumo de água quente de uma casa é de $0,489\text{m}^3$ por dia. A água está disponível a $10,0^\circ\text{C}$ e deve ser aquecida até 60°C pela queima de gás propano. Admitindo que não haja perda de calor para o ambiente e que a combustão seja completa, calcule o volume (em m^3) necessário deste gás, medidos a $25,0^\circ\text{C}$ e $1,00\text{ atm}$, para atender à demanda diária.

Dados: Constante dos gases: $R = 82,0 \cdot 10^{-6}\text{m}^3 \cdot \text{atm} / \text{K}\cdot\text{mol}$

Massa específica da água: $1,00 \cdot 10^3\text{kg}/\text{m}^3$

Calor específico da água: $1,00\text{ kcal} / \text{kg}^\circ\text{C}$

Calores de formação a 298K a partir de seus elementos:

$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) = -25,0\text{kcal}/\text{mol}$

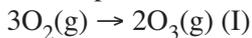
$\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = -58,0\text{ kcal}/\text{mol}$

$\text{CO}_2(\text{g}) = -94,0\text{kcal}/\text{mol}$

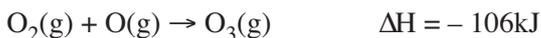
exercícios-tarefa

Termoquímica

1. O processo de transformação de gás oxigênio em gás ozônio pode ser assim equacionado:



Algumas reações importantes envolvidas na produção de ozônio em ar poluído são:



O tipo de reação e o valor de ΔH para a formação de 1 mol de ozônio de acordo com a equação global (I) são, respectivamente,

- exotérmica e $-142,5\text{kJ}$
- exotérmica e -285kJ
- exotérmica e $+86\text{kJ}$
- endotérmica e $+142,5\text{kJ}$
- endotérmica e $+285\text{kJ}$

2. O 2-metilbutano pode ser obtido pela hidrogenação catalítica, em fase gasosa, de qualquer dos seguintes alcenos isoméricos:



$$\Delta H_1 = -113\text{kJ/mol}$$

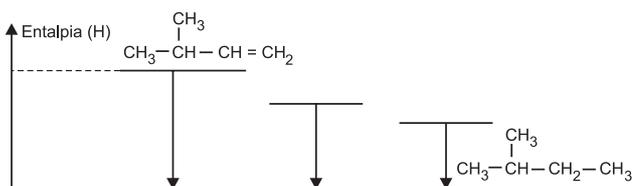


$$\Delta H_2 = -119\text{kJ/mol}$$

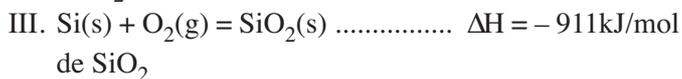
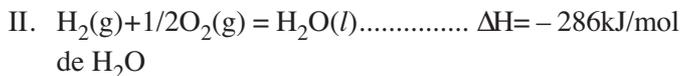
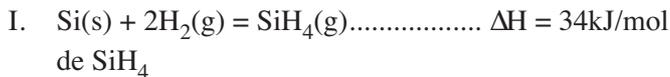


$$\Delta H_3 = -127\text{kJ/mol}$$

- Complete o esquema da figura com a fórmula estrutural de cada um dos alcenos que faltam. Além disso, ao lado de cada seta, coloque o respectivo ΔH de hidrogenação.
- Represente, em uma única equação e usando fórmulas moleculares, as reações de combustão completa dos três alcenos isoméricos.
- A combustão total de cada um desses alcenos também leva a uma variação negativa de entalpia. Essa variação é igual para esses três alcenos? Explique.



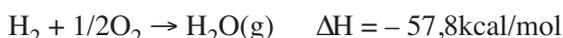
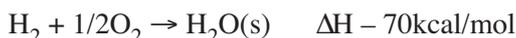
3. Considere as seguintes equações termoquímicas, no estado padrão:



Examinando-se essas equações e seu completo significado, é correto afirmar que:

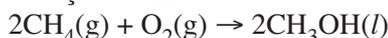
- Na equação I, a entalpia de formação do hidrogênio é, por convenção, igual a zero.
- Na equação II, a entalpia de formação do hidrogênio é diferente da entalpia de formação do oxigênio.
- Pode-se conhecer a variação de entalpia da reação representada por $\text{SiH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{SiO}_2(\text{s})$ e é igual a -1517kJ
- Pode-se, pela Lei de Hess, conhecer a entalpia de vaporização da água, ou seja o ΔH do equilíbrio $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2\text{O}(\text{v})$.
- Para decompor 1 mol de água líquida em seus constituintes gasosos, são necessários cerca de 290kJ .

4. Observe as equações que representam a formação da água a partir dos seus elementos. Assinale a alternativa **falsa**:



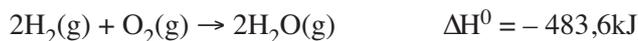
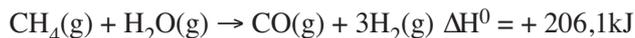
- Sinal negativo indica que as reações são exotérmicas.
- A transformação $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ libera $10,5\text{kcal/mol}$.
- Um mol de vapor de água contém mais energia que um mol de água líquida, na mesma temperatura.
- A formação de água a partir do hidrogênio libera calor.
- O calor de solidificação da água vale $-12,2\text{kcal/mol}$.

5. O metanol é um líquido combustível que pode ser considerado como um substituto da gasolina. Ele pode ser sintetizado a partir do gás natural metano, de acordo com a reação abaixo.



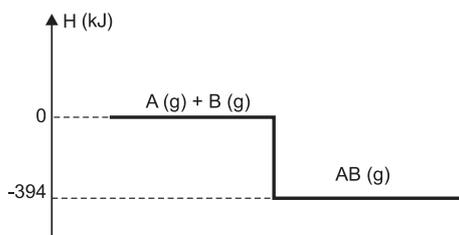
Considerando as equações a seguir e as afirmações acima, assinale o que for correto.

Dados: H = 1; C = 12; O = 16



- 01) Entalpia de combustão de uma substância é o calor liberado na reação de combustão completa de 1 mol dessa substância, a 25°C e 1 atm.
- 02) Uma reação exotérmica possui variação de entalpia padrão negativa.
- 04) Fusão e vaporização são exemplos de processos endotérmicos, enquanto solidificação e liquefação são exemplos de processos exotérmicos.
- 08) O calor de formação de 2 mols de metanol a partir do metano e do oxigênio a 25°C e 1 atm é igual a -328kJ.

6. Observe o caminho da reação esquematizada. Analise as afirmativas abaixo e marque a **soma dos itens corretos** e a **soma dos itens errados**.



- 01) A variação da entalpia é negativa.
- 02) ΔH vale 394kJ em valor absoluto, tanto na síntese como na decomposição.
- 04) A reação processa-se absorvendo calor.
- 08) A entalpia dos reagentes é menor que a dos produtos.
- 16) O processo inverso apresenta $\Delta H = +394\text{kJ}$.

7. A entalpia de neutralização é, aproximadamente, constante quando o

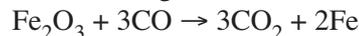
- a) ácido é fraco e a base é forte.
- b) ácido e a base são fracos.
- c) ácido é forte e a base é fraca.
- d) ácido e a base são fortes.
- e) ácido e a base são concentrados.

8. (CEFET-PR) – Uma indústria descobriu que um de seus rejeitos industriais poderia, mediante uma reação química adequada, produzir energia térmica, que, posteriormente, seria convertida em energia elétrica. Para alcançar esse resultado, que característica termodinâmica esta reação química deve apresentar?

- a) A reação deve ser exotérmica.
- b) A reação deve ser redox, pois assim se obterá energia elétrica.
- c) A reação deve ser endotérmica.

- d) A reação deve ocorrer de forma a absorver calor do meio ambiente.
- e) A entalpia dos produtos será maior que a dos reagentes.

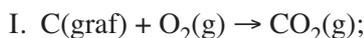
9. (GV-SP) – Da hematita obtém-se ferro. Uma das reações do processo é a seguinte:



Nessa reação, cada mol de hematita libera $30 \cdot 10^3\text{J}$ na forma de calor. O ferro formado absorve 80% desse valor, aquecendo-se. São necessários 25J por mol de ferro resultante, para elevar sua temperatura de 1°C. Supondo-se que a reação teve início à temperatura de 30°C e que a massa de ferro resultante não apresentou sinais de fusão, a temperatura final do ferro é igual a:

- a) 630°C
- b) 510°C
- c) aproximadamente 30,5°C
- d) 990°C
- e) 960°C

10. (ITA-SP) – Considere os valores das seguintes variações de entalpia (ΔH) para as reações químicas representadas pelas equações I e II, em que (graf) significa grafite.



$$\Delta H(298\text{ K}; 1\text{ atm}) = -393\text{kJ}$$



$$\Delta H(298\text{ K}; 1\text{ atm}) = -283\text{ kJ}$$

Com base nestas informações e considerando que todos ΔH se referem à temperatura e pressão citadas acima, assinale a opção correta:

- a) $\text{C}(\text{graf}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g}); \Delta H = +110\text{ kJ}$
- b) $2\text{C}(\text{graf}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}(\text{g}); \Delta H = -110\text{ kJ}$
- c) $2\text{C}(\text{graf}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{graf}) + \text{CO}(\text{g}); \Delta H = +110\text{ kJ}$
- d) $2\text{C}(\text{graf}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}); \Delta H = +220\text{ kJ}$
- e) $\text{C}(\text{graf}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}); \Delta H = -110\text{ kJ}$

resolução dos exercícios-tarefa

■ TERMOQUÍMICA



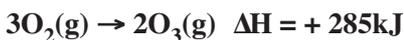
$$\Delta H = -113\text{kJ}$$



$$\Delta H = +610\text{kJ}$$



$$\Delta H = -212\text{kJ}$$

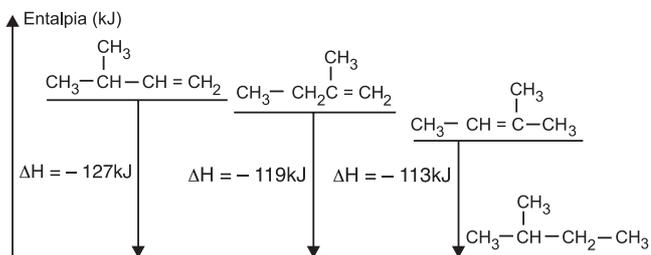


Na formação de 1 mol de O_3 :

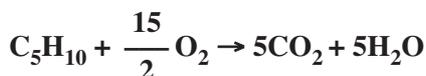
$$\Delta H = +142,5\text{kJ}$$

Resposta: D

- 2) a) Nas três reações, o produto final é o mesmo e, portanto, a entalpia dos produtos é a mesma. A reação que libera maior quantidade de energia indica o reagente de maior entalpia (já representada no gráfico dado). Completa-se o esquema da seguinte maneira:



- b) Os alcenos citados no texto apresentam fórmula molecular C_5H_{10} , portanto, a equação de reação de combustão completa é:



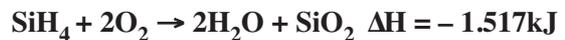
- c) Pelo gráfico, verifica-se que o conteúdo energético (calor de formação) de cada isômero é diferente. Como os produtos da combustão dos três isômeros são os mesmos, o ΔH de combustão dos três isômeros será diferente.

- 3) 0 – Correto.

Por convenção entalpia de formação de substâncias simples na forma alotrópica mais comum em condições padrões é igual a zero.

1 – Errado.

- 2 – Correto.



- 3 – Correto.

- 4 – Correto.



- 4) a) Correta. ΔH^\ominus reação exotérmica
 b) Correta. $\Delta H = +57,8\text{kcal} - 68,3\text{kcal} = -10,5\text{kcal}$
 c) Correta. $H_{\text{H}_2\text{O}(\text{v})} > H_{\text{H}_2\text{O}(\text{l})}$
 d) Correta. ΔH^\ominus
 e) Falsa. $\Delta H_{\text{sol}} = +68,3\text{kcal} - 70,0\text{kcal} = -1,7\text{kcal}$

Resposta: E

- 5) 01) Verdadeira.

- 02) Verdadeira.

- 04) Verdadeira.

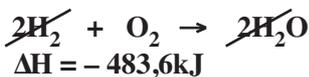
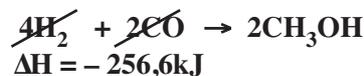
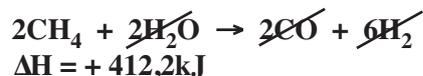
Fusão: S \longrightarrow L absorve calor

Vaporização: L \longrightarrow V absorve calor

Solidificação: L \longrightarrow S libera calor

Liquefação: V \longrightarrow L libera calor

- 08) Verdadeira. Cálculo do calor de formação de 2 mol de metanol a partir do CH_4 e do O_2 :



- 6) 01) Correto.

- 02) Correto.

- 04) Errado.

- 08) Errado.

- 16) Correto.

Corretos: 01 + 02 + 16 = 19

Errados: 04 + 08 = 12

- 7) A única reação que ocorre é
 $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
Resposta: D

- 8) Para produzir energia \rightarrow $\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{EXOTÉRMICA}}$ liberar "Q"

Resposta: A

- 9) Calor absorvido pelo ferro na reação de 1 mol de hematita:

$$\begin{aligned} 30 \cdot 10^3 \text{J} & \text{ ————— } 100\% \\ x & \text{ ————— } 80\% \\ x & = 24 \cdot 10^3 \text{J} \end{aligned}$$

Na reação, são produzidos 2 mols de ferro.
Calor absorvido por 1 mol de ferro na reação:
2 mols de Fe ————— 24 · 10³J
1 mol de Fe ————— y
y = 12 · 10³J

Aumento da temperatura do ferro no processo:

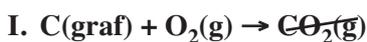
$$\begin{aligned} 25 \text{J} & \text{ ————— } 1^\circ\text{C} \\ 12 \cdot 10^3 \text{J} & \text{ ————— } z \\ z & = 480^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Temperatura final do ferro:

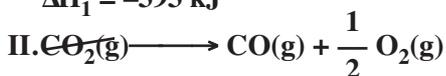
$$\begin{aligned} T_f & = T_i + 480^\circ\text{C} \\ T_f & = 30^\circ\text{C} + 480^\circ\text{C} = 510^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Resposta: B

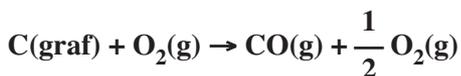
- 10) Aplicando-se a lei de Hess, mantém-se a equação I e inverte-se a equação II:



$$\Delta H_1 = -393 \text{ kJ}$$



$$\Delta H_2 = +283 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = -393 + 283 \Rightarrow \boxed{\Delta H = -110 \text{ kJ}}$$

Resposta: E

