# Entalpia

#### **Gabriel Braun**

Colégio e Curso Pensi, Coordenação de Química

2A05

2A06

## Nível I

#### PROBLEMA 1.1

2A01

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do valor absoluto do trabalho realizado por um gás que se expande em 500 mL contra uma pressão de 1,20 atm.

- **A** 54 J
- **B** 60 J
- **c** 66 J

- **D** 72 J
- **E** 70 J

#### **PROBLEMA 1.2**

2A02

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do valor absoluto do trabalho realizado no congelamento de  $100\,\mathrm{g}$  de água a  $0\,^\circ\mathrm{C}$  e  $1070\,\mathrm{atm}$ .

- A 720 J
- **B** 790 J
- **c** 860 J
- **D** 880 J
- **E** 910 J

**A** −4 °C

final do sistema.

**PROBLEMA 1.6** 

**PROBLEMA 1.5** 

lorífica do metal.

 $0,100\,\mathrm{J\,K^{-1}\,g^{-1}}$ 

 $0,300\,\mathrm{J\,K^{-1}\,g^{-1}}$ 

 $0,500\,\mathrm{J\,K^{-1}\,g^{-1}}$ 

a 0 °C e 400 g de água a 55 °C.

**B** −3 °C

Em um calorímetro foram adicionados  $20 \, \mathrm{g}$  de um metal a  $100 \, ^{\circ}\mathrm{C}$  e  $50 \, \mathrm{g}$  de água a  $22 \, ^{\circ}\mathrm{C}$ . A temperatura final registrada foi  $25 \, ^{\circ}\mathrm{C}$ .

Assinale a alternativa que mais se aproxima da capacidade ca-

Em um calorímetro adiabático foram adicionados 300 g de gelo

Assinale a alternativa que mais se aproxima da temperatura

**B**  $0,200\,\mathrm{J\,K^{-1}\,g^{-1}}$ 

**D**  $0,400\,\mathrm{J\,K^{-1}\,g^{-1}}$ 

**c** 0 ° C

**D** 3 ° C

E 4°C

#### **PROBLEMA 1.3**

2A03

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do valor absoluto do trabalho realizado quando 50 g de ferro reagem com ácido clorídrico formando gás hidrogênio e cloreto de ferro (II) a 25 °C.

- **A** 2,20 kJ
- **B** 4,40 kJ
- **c** 6,60 kJ
- **D** 8,80 kJ
- **E** 5,30 kJ

# Dados

- $C_P(H_2O, 1) = 75,3 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $C_P(H_2O, s) = 37.8 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(H_2O, s) = -292 \, \text{kJ mol}^{-1}$

#### PROBLEMA 1.4

2A04

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do valor absoluto do trabalho realizado na eletrólise de 50 g de água formando gás hidrogênio e oxigênio a 25 °C.

**A** 10 kJ

B 12 kJ

**c** 18 kJ

**D** 15 kJ

**E** 20 kJ

# PROBLEMA 1.7

2A11

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da variação de entalpia quando um mol de um gás pressurizado em 1 MPa e 300 K se expande adiabaticamente contra pressão de 0,100 MPa até atingir o equilíbrio.

A 15 kJ

B 17 kJ

**c** 20 kJ

**D** 22 kJ

E 25 kJ

PROBLEMA 1.10 2A12

A expansão de um gás ideal em um recipiente de  $1\,\mathrm{L}$  a  $10\,\mathrm{atm}$  é realizada de duas maneiras diferentes em temperatura constante.

1. Expansão contra pressão constante de 1 atm, levando o volume final do recipiente a 10 L.

2. Expansão contra pressão constante de 5 atm até atingir um volume de 2 L, seguida de expansão contra pressão constante de 1 atm atingindo o volume final de 10 L.

**Assinale** a alternativa *correta*.

- A O trabalho realizado pelo gás é igual nos dois processos de expansão.
- **B** O trabalho realizado no primeiro processo é metade do trabalho realizado no segundo processo.
- A variação de energia interna do gás é igual em ambos os processos.
- **D** A variação de energia interna do gás no primeiro processo é metade da do segundo processo.
- E O calor trocado pelo gás é igual em ambos os processos.

**PROBLEMA 1.9** 2A09

São descritos abaixo dois experimentos em que há sublimação completa de uma mesma quantidade de dióxido de carbono no estado sólido a 25 °C:

- 1. O processo é realizado em um recipiente hermeticamente fechado, de paredes rígidas e indeformáveis.
- **2.** O processo é realizado em cilindro provido de um pistão, cuja massa e desprezível e se desloca sem atrito.

Assinale a alternativa incorreta.

- A O primeiro processo ocorre com absorção de calor.
- B O valor absoluto do trabalho realizado é maior no primeiro.
- A variação de energia interna é maior no primeiro processo.
- D Há realização de trabalho no segundo processo.
- A variação de energia interna é igual ao calor no segundo processo.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da variação de entalpia quando 500 J de energia são transferidos em volume constante a uma amostra contendo 0,900 mol de oxigênio.

- $-700 \, \text{J}$
- **B**  $-500 \, \text{J}$

- **c** 300 J
- **D** 500 J
- **E** 700 J

#### Dados

2A07

 $\bullet \ C_P(O_2, g) = 29,4 \ J \ K^{-1} \ mol^{-1}$ 

#### **PROBLEMA 1.11**

2A08

Considere os processos químicos realizados em temperatura constante.

- 1. Dissolução do nitrato de potássio.
- 2. Ebulição da água.
- 3. Conversão da grafita em diamante.
- 4. Oxidação do sódio metálico.

**Assinale** a alternativa com os processos que apresentam variação de energia interna não nula.

- A 1, 2 e 3
- B 1, 2 e 4
- **c** 1, 3 e 4
- D 2, 3 e 4
- **E** 1, 2, 3 e 4

#### **PROBLEMA 1.12**

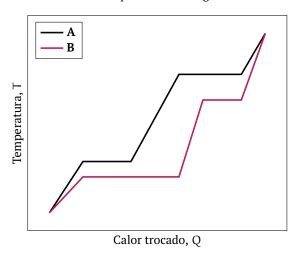
2A10

Um sistema termicamente isolado é composto por dois balões idênticos resistentes, porém não inquebráveis, **A** e **B**, conectados por um tubo com uma válvula fechada. O balão **A** contém um mol de um gás ideal monoatômico e **B** encontra-se perfeitamente evacuado. Em um dado instante a válvula é aberta. **Assinale** a alternativa *correta*.

- A O balão B quebrar-se-á devido ao impacto do gás ideal.
- B O trabalho gerado pela expansão do gás aquecerá o sistema.
- O gás em expansão absorverá calor da vizinhança, resfriando o sistema.
- A variação da energia interna da expansão será nula.
- E A variação da energia interna do sistema será negativa.

2A14

Amostras de massas iguais de duas substâncias, **A** e **B**, foram submetidas independentemente a um processo de aquecimento em atmosfera inerte e sob pressão constante. A curva de aquecimento das amostras é apresentado a seguir.



Assinale a alternativa incorreta.

- A A entalpia de fusão de A é menor que a de B.
- **B** A entalpia de vaporização de **A** é menor que a de **B**.
- A capacidade calorífica na fase sólida de **A** é menor que na de **B**.
- **D** A capacidade calorífica na fase líquida de **A** é maior que na de **B**.
- A capacidade calorífica na fase gasosa de **A** é maior que na de **B**.

PROBLEMA 1.14

2A16

A oxidação de aminoácidos no organismo leva a formação de ureia ( $H_2NCONH_2$ ), dióxido de carbono e água.

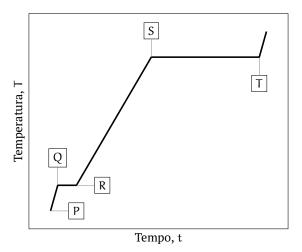
**Assinale** a alternativa do valor mais próximo da entalpia de oxidação da glicina (NH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH).

- $\mathbf{B}$  650 kJ mol<sup>-1</sup>
- $\mathbf{c}$  680 kJ mol<sup>-1</sup>
- $\mathbf{D}$  710 kJ mol<sup>-1</sup>
- **E**  $740 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$

**Dados** 

- $\Delta H_f^{\circ}(CO_2, g) = -394 \, \text{kJ mol}^{-1}$
- $\bullet \ \Delta \mathsf{H}_{\mathrm{f}}^{\circ}(\mathsf{H}_{2}\mathsf{O},l) = -286\,\mathrm{kJ}\,\mathrm{mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(\text{ureia, s}) = -334\,\text{kJ mol}^{-1}$

Considere a curva de aquecimento para uma substância sólida com apenas uma fase cristalina.



Considere as proposições.

- Na região entre P e Q ocorre aumento da energia cinética.
- 2. Na região entre Q e R ocorre aumento da energia potencial.
- **3.** O calor de fusão da substância é menor que o seu calor de vaporização.
- **4.** O calor específico do sólido é maior que o calor específico do líquido.

Assinale a alternativa que relaciona as proposições incorretas.

A 3

- B 4
- C 1 e 4
- D 2e4
- E 3 e 4

PROBLEMA 1.16

2A17

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de formação do metano.

- $-225 \,\mathrm{kJ}\,\mathrm{mol}^{-1}$
- $-75 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$
- $\mathbf{c}$  75 kJ mol<sup>-1</sup>
- **D**  $150 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$
- $\mathbf{E}$  225 kJ mol<sup>-1</sup>

- $\Delta Hc_c^{\circ}(CH_4, g) = -890 \,\text{kJ mol}^{-1}$
- $\bullet \ \Delta H_f^{\circ}(CO_2,g) = -394 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(H_2O, g) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da razão entre a energia liberada por átomo de hidrogênio na combustão completa do octano gasoso e na célula de combustível de hidrogênio e oxigênio.

**A** 0,200

2,50

**B** 0,500

 $-260\,\mathrm{kJ}\,\mathrm{mol}^{-1}$ 

formação do metanol.

**B**  $-200 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$ 

Assinale a alternativa que mais se aproxima da entalpia de

- $-130 \, \text{kJ mol}^{-1}$
- D 130 kJ mol<sup>-1</sup>

#### **Dados**

- $\Delta H_{L}^{\circ}(C-C) = 348 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{I}^{\circ}(C-H) = 412 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{I}^{\circ}(C=O) = 743 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L^{\circ}(H_2) = 436 \, \text{kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{L}^{\circ}(O_{2}) = 496 \, \text{kJ mol}^{-1}$

#### PROBLEMA 1.18

2A19

2A18

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de bromação de um mol de propeno ( $CH_3CHCH_2$ ), formando 1,2-dibromopropano ( $CH_3CHBrCH_2Br$ ,  $\Delta H_{vap} = 35$ , 61kJ.mol<sup>-1</sup>).

- $A -101 \,\mathrm{kJ}$
- **B**  $-401 \, \text{kJ}$
- $-302 \, kJ$
- $-130 \,\mathrm{kJ}$
- $-202 \,\mathrm{kJ}$

#### Dados

- $\Delta H_L^{\circ}(Br_2) = 193 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L^{\circ}(C=C) = 612 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{van}^{\circ}(Br_2) = 30.9 \text{ kJ mol}^{-1}$

#### PROBLEMA 1.19

2A21

A hidrogenação do monóxido de carbono libera 131 kJ por mol de grafita formado.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de reforma de 1 mol de metano com vapor d'água, método industrial para produção de hidrogênio.

- $\mathbf{A}$  207 kJ mol<sup>-1</sup>
- $\mathbf{B} \quad -204 \, \mathrm{kJ} \, \mathrm{mol}^{-1}$
- $\mathbf{c}$  302 kJ mol<sup>-1</sup>
- $-197 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$
- $\mathbf{E}$  250 kJ mol<sup>-1</sup>

#### Dados

- $\Delta Hc_c^{\circ}(CH_4, g) = -890 \,\text{kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(CO_2, g) = -394 \, \text{kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(H_2O, l) = -286 \, \text{kJ mol}^{-1}$

#### **Dados**

- $\Delta H_{L}^{\circ}(C-H) = 412 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\rm I}^{\circ}({\rm C-O}) = 360 \, {\rm kJ \, mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\rm L}^{\circ}({\rm H_2}) = 436\,{\rm kJ\,mol}^{-1}$
- $\Delta H_{r}^{\circ}(O-H) = 463 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\bullet \ \Delta H_L^{\circ}(O_2) = 496 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\Delta H_{sub}^{\circ}(grafite) = 712 \text{ kJ mol}^{-1}$

#### **PROBLEMA 1.21**

2A22

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de desidrogenação de 1 mol de propano, formando propeno.

- $-3,50 \, \text{MJ}$
- $-2,20\,\mathrm{MJ}$
- **c** 2,20 MJ
- **D** 125 kJ
- E 114 kJ

#### Dados

- $\Delta Hc_c^{\circ}(propano, g) = -2220 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(CO_2, g) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(\text{propeno}, g) = 20.4 \text{ kJ mol}^{-1}$

#### PROBLEMA 1.22

2A23

Uma amostra de 0,113 g de benzeno é queimada em um calorímetro isobárico ( $C = 551 \, \text{J} \,^{\circ} \, \text{C}^{-1}$ ) com excesso de oxigênio. A elevação de temperatura registrada foi de 8,60 °C.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de combustão do benzeno.

- $-6,55 \,\mathrm{MJ}$
- $-7,05 \, \text{MJ}$
- $-8,90\,\mathrm{MJ}$
- $-5,50 \,\mathrm{MJ}$
- $-9,75 \, \text{MJ}$

Um calorímetro foi calibrado pela queima de 0,825 g de ácido benzoico com excesso de oxigênio. A elevação de temperatura registrada foi de 8,60 °C. Quando uma amostra com 0,725 g de ribose ( $C_5H_{10}O_5$ ) é queimada no mesmo calorímetro, a temperatura aumenta de 21,8 °C para 22,7 °C.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da energia de combustão da ribose.

- $\mathbf{A}$  220 kJ mol<sup>-1</sup>
- **B**  $4700 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$
- $\mathbf{c}$  580 kJ mol $^{-1}$
- $\mathbf{D}$  740 kJ mol $^{-1}$
- $\mathbf{E}$  850 kJ mol<sup>-1</sup>

#### Dados

•  $\Delta Hc_c^{\circ}(C_6H_5COOH, s) = -3230 \,\mathrm{kJ}\,\mathrm{mol}^{-1}$ 

#### PROBLEMA 1.24

2A25

2A24

Uma amostra de 1 mol de glicose é queimada em um calorímetro isocórico ( $C = 512 \, \mathrm{J} \, ^{\circ} \mathrm{C}^{-1}$ ) com excesso de oxigênio. A variação de temperatura registrada foi de 5  $^{\circ} \mathrm{C}$ .

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de combustão da glicose.

- $A -2580 \,\mathrm{kJ}$
- **B**  $-2560 \, \text{kJ}$
- $-2550 \, kJ$
- **D** 2550 kJ
- **E** 2560 kJ

#### PROBLEMA 1.25

2A26

Em um cilindro, provido de um pistão móvel sem atrito, é realizada a combustão completa de carbono. A temperatura no interior do cilindro é mantida constante desde a introdução dos reagentes até o final da reação.

- 1. A variação da energia interna do sistema é igual a zero.
- 2. O sistema não realiza trabalho.
- **3.** A quantidade de calor trocada entre o sistema e a vizinhança é igual a zero.
- **4.** A variação da entalpia do sistema é igual à variação da energia interna.

Assinale a alternativa que relaciona as proposições corretas.

A :

- B
- **c** 2 e 4

- **D** 1, 2 e 4
- **E** 2, 3 e 4

- **Assinale** a alternativa que mais se aproxima da massa de butano necessária para aquecer  $1\,L$  de água de  $17\,^{\circ}C$  a  $100\,^{\circ}C$ .
  - **A** 3g
- **B** 7 g
- **c** 14 g

- **D** 21 g
- **E** 28 g

#### **Dados**

- $C_P(H_2O, 1) = 75.3 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $\rho(H_2O) = 1 \, g \, cm^{-3}$
- $\Delta Hc_c^{\circ}(butano, g) = -2880 \, kJ \, mol^{-1}$

#### PROBLEMA 1.27

2A28

O poder calorífico superior (PCS) e o poder calorífico inferior (PCI) são definidos como a energia liberada na combustão completa de uma substância formando água líquida e gasosa, respectivamente.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do PCI do etanol (PCS =  $30 \text{ MJ kg}^{-1}$ ).

- $\mathbf{A}$  21 MJ kg<sup>-1</sup>
- $\mathbf{B}$  27 MJ kg<sup>-1</sup>
- c 30 MJ kg<sup>-1</sup>
- $\mathbf{D}$  33 MJ kg<sup>-1</sup>
- **E**  $39 \, \text{MJ} \, \text{kg}^{-1}$

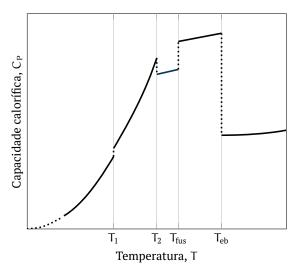
#### **Dados**

 $\bullet \ \Delta H_{vap}^{\circ}(H_2O) = 40,7 \ kJ \ mol^{-1}$ 

Entalpia | Gabriel Braun, 2022

PROBLEMA 2.1 2A15

Considera a variação da capacidade calorífica de uma substância com a temperatura.



Assinale a alternativa incorreta.

- A A substância apresenta mais de uma estrutura cristalina.
- A capacidade calorífica da substância é menor no estado gasoso do que no estado líquido.
- A capacidade calorífica para qualquer fase da substância aumenta com o aumento da temperatura.
- **D** Caso a substância se mantenha no estado líquido em temperaturas inferiores a T<sub>f</sub>, a capacidade calorífica da substância líquida é maior que a capacidade calorífica da fase sólida metaestável em temperaturas inferiores à T<sub>f</sub>.
- A variação de entalpia quando essa substância sofre uma reação química no estado líquido aumenta com o aumento da temperatura.

PROBLEMA 2.2 2A29

Uma substância de massa molar  $200 \,\mathrm{g}\,\mathrm{mol}^{-1}$  foi colocada em um recipiente equipado com uma serpentina de aquecimento resistivo, a  $80\,^{\circ}\mathrm{C}$  e 1 bar. Para a manutenção da temperatura, foi utilizada uma fonte de  $30\,\mathrm{V}$  e  $900\,\mathrm{mA}$  durante  $30\,\mathrm{s}$ , vaporizando  $2\,\mathrm{g}$  da substância.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de vaporização dessa substância.

 $\mathbf{A}$  8 kJ mol<sup>-1</sup>

 $\mathbf{B}$  40 kJ mol<sup>-1</sup>

 $\mathbf{c}$  80 kJ mol<sup>-1</sup>

**D**  $400 \, \text{kI} \, \text{mol}^{-1}$ 

 $\mathbf{E}$  800 kJ mol<sup>-1</sup>

PROBLEMA 2.3

2A30

Um calorímetro foi calibrado aplicando uma corrente de 1 A de uma fonte de 9 V por 150 s, sendo registrada uma variação de temperatura de 5 °C. Em um segundo experimento, um mol de uma substância foi queimado nesse calorímetro e a variação de temperatura registrada foi de 3 °C.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de vaporização dessa substância.

 $\mathbf{A}$  510 kJ mol<sup>-1</sup>

**B**  $610 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$ 

c 710 kJ mol<sup>-1</sup>

 $\mathbf{D}$  810 kJ mol<sup>-1</sup>

 $\mathbf{E}$  910 kJ mol<sup>-1</sup>

PROBLEMA 2.4

2A31

O perclorato de amônio (PA) é um dos componentes mais utilizados em propelentes de foguetes. Para aperfeiçoar seu desempenho, hidrogênio pode ser utilizado como aditivo. Considere o poder calorífico ,PC, dessa mistura em função da fração mássica de hidrogênio.

$\chi_{\rm H_2}/\%$	$PC/kJ  mol^{-1}$
2	3
5	8,70

- a. Determine a entalpia de combustão do perclorato de amônio.
- b. **Determine** a entalpia de combustão do hidrogênio.

PROBLEMA 2.5

2A32

Uma mistura de metano e eteno foi queimada em um reator de 3 L a 25 °C, em presença de excesso de oxigênio. O reator é equipado com uma jaqueta externa, preenchida com 1 L de água, que mantém a temperatura constante em seu interior. A combustão foi realizada a 25 °C, liberando 243 kcal, e reduzindo a pressão em 16,3 atm.

- a. **Determine** a energia interna de combustão do metano.
- b. **Determine** a energia interna de combustão do eteno.
- c. **Determine** a massa de metano na mistura inicial.

- $C_P(H_2O, 1) = 75.3 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(CO_2, g) = -394 \, \text{kJ mol}^{-1}$
- $\bullet \ \Delta \mathsf{H}_{\mathrm{f}}^{\circ}(\mathsf{H}_{2}\mathsf{O},\mathsf{l}) = -286\,\mathrm{kJ}\,\mathrm{mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(\text{eteno}, g) = 52,3 \,\text{kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(\text{metano}, g) = -74.8 \,\text{kJ} \,\text{mol}^{-1}$

PROBLEMA 2.9

2A36

**Determine** a energia liberada durante a precipitação pluviométrica de 20 mm de chuva sobre uma área de 100 km<sup>2</sup>.

**Dados** 

- $\rho(H_2O) = 1 \, \text{g cm}^{-3}$
- $\Delta H_{van}^{\circ}(H_2O) = 40,7 \text{ kJ mol}^{-1}$

#### **PROBLEMA 2.7**

2A34

2A33

O consumo global anual de energia é cerca de 100 terawatts, sendo 30 % desse valor proveniente da queima de combustíveis fósseis. Considere que os combustíveis fósseis são compostos majoritariamente por octano, contendo 10 ppm de enxofre. Apenas 80 % da energia liberada na combustão completa pode ser aproveitada.

- a. **Apresente** a reação de combustão completa do octano com ar atmosférico.
- b. Determine a massa de dióxido de enxofre formada por hora devido à queima de combustíveis fósseis.

**Dados** 

- $\Delta H_f^{\circ}(CO_2, g) = -394 \, \text{kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(H_2O, l) = -286 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(\text{octano}, l) = -250 \,\text{kJ} \,\text{mol}^{-1}$

#### **PROBLEMA 2.8**

2A35

Considere os processos químicos a seguir.

- 1. Reação de formação da água gasosa.
- 2. Reação de formação da água líquida.

Assinale a alternativa incorreta.

- A As reações 1 e 2 são exotérmicas.
- B O valor absoluto da variação de entalpia é menor que o da variação de energia interna para a reação 1.
- O valor absoluto da variação de energia interna da reação 1 é menor que o da 2.
- O valor absoluto da variação de entalpia da reação 1 é menor que o da 2.
- A capacidade calorífica do produto da reação 1 é menor que o da 2.

Considere os processos a seguir, em 298 K e 1 atm. Combustão de 1 g de etanol formando fuligem. Combustão de 1 g de etanol formando monóxido de carbono.

Assinale a alternativa correta.

- A Os processos ocorrem com a mesma variação de energia interna.
- B Os processos ocorrem com a mesma variação de entalpia.
- C O valor absoluto da variação de energia interna é maior para o primeiro processo.
- O valor absoluto da variação de entalpia é maior que o valor absoluto da variação de energia interna para o primeiro processo.
- O valor absoluto da variação de entalpia é menor que o valor absoluto da variação de energia interna para o segundo processo.

#### PROBLEMA 2.10

2A39

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da temperatura adiabática de chama para a combustão octano líquido com 300 % de excesso de ar atmosférico.

- **A** 580 K
- **B** 680 K
- **c** 780 K
- **D** 880 K
- **E** 980 K

#### Dados

- $C_P(CO_2, g) = 37.1 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $C_P(H_2O, g) = 33.6 \,\mathrm{J}\,\mathrm{K}^{-1}\,\mathrm{mol}^{-1}$
- $C_P(N_2, g) = 29.1 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $\bullet \ C_P(O_2, g) = 29,4 \ J \ K^{-1} \ mol^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(CO_2, g) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(H_2O, g) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(\text{octano}, l) = -250 \,\text{kJ} \,\text{mol}^{-1}$

#### PROBLEMA 2.11

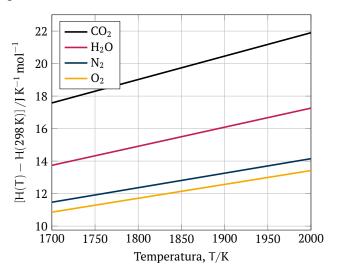
2A37

**Determine** a entalpia de combustão do octano.

- $\Delta Hc_c^{\circ}(butano, g) = -2880 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$
- $\Delta Hc_c^{\circ}(\text{pentano}, g) = -3540 \,\text{kJ mol}^{-1}$

2A40

Uma mistura (1 : 15) de metano e ar atmosférico, a 298 K e 1 atm, entra em combustão em um reservatório adiabático, consumindo completamente o metano. O processo ocorre sob pressão constante e os produtos formados permanecem em fase gasosa.



- a. Determine a temperatura final do sistema.
- b. **Determine** a concentração final de vapor.

#### **Dados**

- $\Delta H_f^{\circ}(CO_2, g) = -394 \, \text{kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(H_2O, g) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(metano, g) = -74.8 \text{ kJ mol}^{-1}$

#### PROBLEMA 2.13

2A38

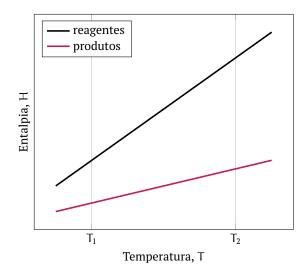
Amostras de 5 g de etano e propano foram queimadas independentemente em um calorímetro a 298 K e 1 atm, liberando 260 kJ e 250 kJ de energia, respectivamente.

- a. **Determine** a energia da ligação C—C.
- b. **Determine** a energia da ligação C—H.

#### **Dados**

- $\Delta H_L^{\circ}(H_2) = 436 \,\text{kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(CO_2, g) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(H_2O, l) = -286 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\Delta H_{sub}^{\circ}(grafite) = 712 \text{ kJ mol}^{-1}$

Considere a variação da entalpia com a temperatura para os reagentes e produtos de uma reação.



**Assinale** a alternativa *incorreta*.

- A reação ocorre com liberação de calor em T<sub>1</sub>.
- **B** A capacidade calorífica dos reagentes é maior que a dos produtos em  $T_1$ .
- **C** A reação ocorre com absorção de calor entre  $T_1$  e  $T_2$ .
- O valor absoluto da entalpia de reação aumenta com o aumento de temperatura.
- A capacidade calorífica dos reagentes e dos produtos aumenta com o aumento da temperatura.

#### PROBLEMA 2.15

2A42

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de formação da amônia a  $450\,^{\circ}\text{C}$ .

$$-30 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$$

$$-43 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$$

$$-46 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$$

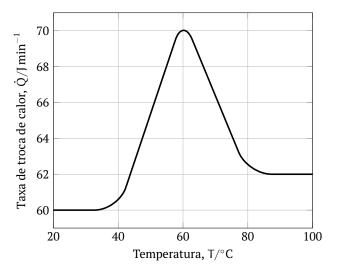
$$-65 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$$

$$-70 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$$

- $\bullet$   $C_P(H_2, g) = 28.8 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $C_P(N_2, g) = 29.1 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $C_P(NH_3, g) = 35,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(NH_3, g) = -46,1 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 3.1 2A44

A técnica de calorimetria exploratória diferencial pode ser aplicada para determinar a entalpia de desnaturação uma proteína. Uma amostra contendo 1 g da proteína e uma amostra de alumínio são colocadas no equipamento. O alumínio recebe uma taxa constante de calor de forma que sua temperatura varia 1 K s $^{-1}$ . A taxa de calor fornecida à proteína varia de forma que a temperatura da proteína e do alumínio permanecem iguais em todo o processo. O termograma a seguir apresenta a taxa de calor fornecida à proteína em função de sua temperatura.



- a. Classifique a desnaturação como endotérmica ou exotérmica.
- b. Compare a capacidade calorífica da proteína antes e após a desnaturação.
- c. Estime a variação de entalpia da desnaturação.

PROBLEMA 3.2 2A45

Dados termodinâmicos podem ser utilizados para quantificar a estabilidade de compostos aromáticos.

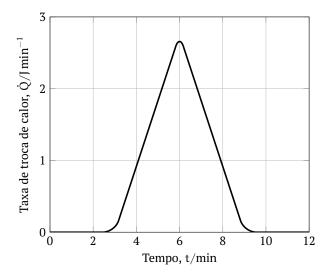
- a. **Determine** a entalpia de hidrogenação do cicloexeno.
- b. **Determine** a entalpia de hidrogenação do benzeno.
- c. **Determine** a entalpia de ressonância do benzeno.

Dados

- $\Delta Hc_c^{\circ}(benzeno, l) = -3270 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\Delta Hc_c^{\circ}(cicloexano, l) = -3920 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\Delta Hc_c^{\circ}(cicloexeno, l) = -3750 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\Delta H_{f}^{\circ}(H_{2}O, l) = -286 \, kJ \, mol^{-1}$

**PROBLEMA 3.3** 2A43

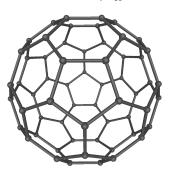
O gráfico a seguir apresenta a taxa de liberação de calor para uma reação química. Ao final da reação é formado 1 mol de produto.



- a. **Determine** a quantidade de produto formada até 4 minutos de reação.
- b. **Determine** o calor liberado até 11 minutos de reação.

**PROBLEMA 3.4** 2A46

Considere a estrutura do fulereno, C<sub>60</sub>.



- a. **Determine** a entalpia de formação do fulereno.
- b. **Determine** a entalpia de ressonância do fulereno.

- $\Delta H_c(C_{60}, s) = -26 \,\mathrm{MJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$
- $\bullet \ \Delta \mathsf{H}_{sub}(\mathsf{C}_{60}) = 1 \, \mathsf{MJ} \, \mathsf{mol}^{-1}$
- $\Delta H_L^{\circ}(C-C) = 348 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\rm r}^{\circ}(C=C) = 612 \, \text{kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(CO_2, g) = -394 \, \text{kJ mol}^{-1}$

Uma massa de óxido ferroso é aquecida a 1270 K e, em seguida, exposta a uma mistura gasosa de monóxido de carbono e hidrogênio. O óxido é reduzido a metal sem qualquer fornecimento adicional de energia. O sistema perde 4,20 kJ de calor para a vizinhança por mol de óxido reduzido.

**Determine** a razão mínima entre as pressões parciais de monóxido de carbono e de hidrogênio na mistura gasosa inicial, para que o processo seja autossustentável.

#### Dados

- $\Delta H_f^{\circ}(CO, g) = -111 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(FeO, s) = -824 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{f}^{\circ}(H_{2}O, g) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$

#### **PROBLEMA 3.6**

2A48

A ustulação da blenda de zinco é conduzida a 1300 K em um reator do tipo leito fluidizado. Sulfeto de zinco misturado com sílica e ar são adicionados em fluxo contínuo a 300 K. A reação libera 460 kJ de calor por mol de sulfeto a 1300 K, formando óxido de zinco e dióxido de enxofre.

**Determine** a fração molar máxima da sílica na mistura com sulfeto de zinco para que o processo seja autossustentável a 1300 K.

#### Dados

- $C_P(N_2, g) = 29.1 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $C_P(O_2, g) = 29,4 \, J \, K^{-1} \, mol^{-1}$
- $C_P(SiO_2, s) = 44.4 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $C_P(ZnS, s) = 45.7 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

#### **PROBLEMA 3.7**

2A49

Monóxido de carbono a 473 K é queimado com 90% de excesso de ar seco, a 773 K e 1 atm. Os produtos da combustão abandonam a câmara de reação a 1270 K.

**Determine** o calor liberado por mol de monóxido de carbono formado.

#### **Dados**

- $\bullet$  C<sub>P</sub>(CO<sub>2</sub>, g) = 37,1 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>
- $C_P(CO, g) = 29.1 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $C_P(N_2, g) = 29.1 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $\bullet$   $C_P(O_2, g) = 29.4 \,\mathrm{J}\,\mathrm{K}^{-1}\,\mathrm{mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(CO_2, g) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(CO, g) = -111 \text{ kJ mol}^{-1}$

Um carro comum possui quatro cilindros, que totalizam um volume de 1,60 L e um consumo de combustível de 9,50 L por 100 km quando viaja a 80 km h<sup>-1</sup>. Cada cilindro sofre 20 ciclos de queima por segundo. O combustível, octano, e ar são introduzidos a 390 K no cilindro quando seu volume é máximo, até que a pressão seja 1 atm. Na combustão, 10% do carbono é convertido em monóxido e o restante em dióxido. Ao final do ciclo, o cilindro se expande novamente até o volume máximo,

- a. **Determine** a vazão de entrada de ar no motor.
- b. **Determine** a composição da mistura gasosa de saída.
- Determine a temperatura dos gases imediatamente após a combustão.
- d. **Determine** a temperatura de saída dos gases.

#### **Dados**

PROBLEMA 3.8

sob pressão final de 20 atm.

- $C_P(CO_2, g) = 37,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $C_P(CO, g) = 29,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $C_P(N_2, g) = 29,1 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $C_P(O_2, g) = 29,4 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $\bullet \ \Delta H_f^{\circ}(CO_2, g) = -394 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(CO, g) = -111 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(H_2O, g) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^{\circ}(\text{octano}, l) = -250 \,\text{kJ} \,\text{mol}^{-1}$

# **Gabarito**

#### Nível I

- 1. B 2. C 3. A 5. D 4. A 6. C 7. **D** 8. C 9. E 10. E 11. D 12. D 13. B 14. B 15. B
- 16. B 17. D 18. A 19. A 20. A
- 21. E 22. A 23. C 24. C 25. C
- 26. B 27. B

### Nível II

- 1. E
- 2. C
- 3. D
- **4.** a.  $-190 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$ 
  - b.  $-286 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$
- **5.** a.  $-891 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$ 
  - b.  $-1410\,{\rm kJ\,mol^{-1}}$
  - c. 12 g
- **6.**  $4,90 \times 10^{15} \, \text{J}$
- 7. a.  $C_8H_{18}+\frac{25}{2}\,O_2\longrightarrow 8\,CO_2+9\,H_2O$ 
  - b. 7 toneladas por hora
- 8. B
- 9. E
- 10. E
- **11.** 6340 kJ
- **12.** a. 1730 K
  - b.  $5,20 \, \text{mmol} \, \text{L}^{-1}$
- **13.** a.  $348 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$ 
  - b.  $412 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$
- 14. C
- 15. C

# Nível III

- 1. a. Endotérmica
  - b. Aumenta
  - c.  $3 J g^{-1}$
- **2.** a.  $-120 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$ 
  - b.  $-208 \, \text{kJ mol}^{-1}$
  - c.  $18 \, kJ \, mol^{-1}$
- 3. a.  $n = 60 \, \text{mmol}$ 
  - b.  $Q = 8,25 \,\mathrm{J}\,\mathrm{mol}^{-1}$ .
- **4.** a.  $-40 \, \text{MJ} \, \text{mol}^{-1}$ 
  - b.  $2,40\,{\rm MJ\,mol}^{-1}$
- **5**. 1,50
- **6.** 2/3
- **7.**  $-193 \,\mathrm{kJ}$
- **8.** a.  $40 \, \mathrm{L} \, \mathrm{s}^{-1}$ 
  - b.  $75\% N_2$ ,  $4\% O_2$ , 1% CO,  $9\% CO_2$ ,  $11\% H_2O$
  - c. 2000 ° C
  - d. 750 K