# Entalpia

#### **Gabriel Braun**

Colégio e Curso Pensi, Coordenação de Química

### 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
- **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 I
- **c** 860 J

- **D** 880 J
- **E** 910 J

#### **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

#### 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 1.5

2A05

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

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da capacidade calorífica do metal.

- **A**  $0,100\,\mathrm{J\,K^{-1}\,g^{-1}}$
- **B**  $0,200\,\mathrm{J\,K^{-1}\,g^{-1}}$
- **c**  $0,300\,\mathrm{J\,K^{-1}\,g^{-1}}$
- **D**  $0,400\,\mathrm{J\,K^{-1}\,g^{-1}}$
- **E**  $0,500\,\mathrm{J\,K^{-1}\,g^{-1}}$

#### **PROBLEMA 1.6**

2A06

Em um calorímetro adiabático foram adicionados 300 g de gelo a 0 °C e 400 g de água a 55 °C.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da temperatura final do sistema.

- **A** −4 °C
- **B** −3 °C
- **c** 0 ° C

- **D** 3°C
- **E** 4°C

#### Dados

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

A expansão de um gás ideal em um recipiente de 1 L a 10 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.
- 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.
- A variação de energia interna do gás no primeiro processo é metade da do segundo processo.
- O calor trocado pelo gás é igual em ambos os processos.

#### **PROBLEMA 1.8**

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 3

2A07

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

- 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.

### PROBLEMA 1.10

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.
- C O gás em expansão absorverá calor da vizinhança, resfriando o sistema.
- **D** A variação da energia interna da expansão será nula.
- A variação da energia interna do sistema será negativa.

#### PROBLEMA 1.11

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

300 J

**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.

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

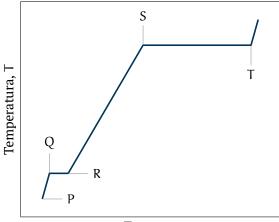
### **Dados**

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

#### **PROBLEMA 1.13**

2A13

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



Tempo, t

Considere as proposições.

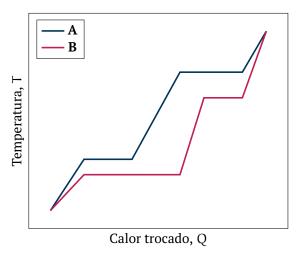
- 1. Na região entre P e Q ocorre aumento da energia cinética.
- 2. Na região entre Q e R ocorre aumento da energia potencial.
- 3. O calor de fusão da substância é menor que o seu calor de vaporização.
- 4. O calor específico do sólido é maior que o calor específico do líquido.

Assinale a alternativa que relaciona as proposições incorretas.

- 1, 2 e 3
- 1, 2 e 3
- **c** 1, 2 e 3

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

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.



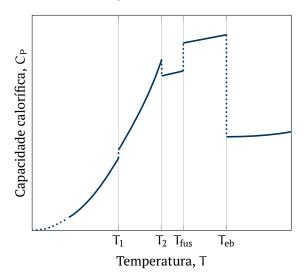
Assinale a alternativa incorreta.

**PROBLEMA 1.14** 

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

2A15

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



**Assinale** a alternativa incorreta.

- 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.
- 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 1.16** 

2A16

Aminoácidos são dados no organismo formando ureia (H<sub>2</sub>NCONH<sub>2</sub>), 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).

- **A**  $620 \, \text{kI} \, \text{mol}^{-1}$
- **B**  $650 \, \text{kI} \, \text{mol}^{-1}$
- $680 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$
- **D**  $710 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$
- $\mathbf{E}$  740 kJ mol<sup>-1</sup>

### **Dados**

- $\Delta H_f(ureia, s) = -334 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(CO_2, g) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(H_2O, 1) = -286 \text{ kI mol}^{-1}$

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

- $-75 \, \text{kI} \, \text{mol}^{-1}$
- **c**  $75 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$
- **D**  $150 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$
- $225 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$

#### **Dados**

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

#### **PROBLEMA 1.18**

2A18

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 **B** 0,500 **C** 1
- **D** 2,50
- **E** 5

### **Dados**

- $\Delta H_{L}(C-C) = 348 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{L}(C-H) = 412 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(C=O) = 743 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(H_2) = 436 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(O_2) = 496 \, \text{kJ mol}^{-1}$

### **PROBLEMA 1.19**

2A19

Assinale a alternativa que mais se aproxima da entalpia de bromação de um mol de propeno (CH<sub>3</sub>CHCH<sub>2</sub>), formando 1,2-dibromopropano (CH<sub>3</sub>CHBrCH<sub>2</sub>Br,  $\Delta$ H<sub>vap</sub> = 35,61kJ.mol $^{-1}$ ).

- $-101 \, kJ$
- $-401 \, kJ$
- $-302 \, kJ$

- $-130 \, \text{kJ}$
- $-202 \, kI$

#### **Dados**

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

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

- $\mathbf{A} 260 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$
- $\begin{bmatrix} \mathbf{C} \end{bmatrix}$   $-130\,\mathrm{kJ}\,\mathrm{mol}^{-1}$
- D 130 kJ mol<sup>-1</sup>
- $\mathbf{E}$  260 kJ mol<sup>-1</sup>

#### **Dados**

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

#### **PROBLEMA 1.21**

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>
- $\mathbf{C}$  302 kJ mol<sup>-1</sup>
- $D = -197 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$
- $\mathbf{E}$  250 kJ mol<sup>-1</sup>

### Dados

- $\Delta H_f(CO_2, g) = -394 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\bullet \ \Delta \mathsf{H}_f(\mathsf{H}_2\mathsf{O},\mathsf{I}) = -286\,\mathsf{kJ}\,\mathsf{mol}^{-1}$
- $\qquad \qquad \quad \bullet \ \Delta H_c(CH_4,g) = -890 \, kJ \, mol^{-1}$

#### PROBLEMA 1.22

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

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

### Dados

- $\Delta H_f(\text{propeno}, g) = 20,4 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(CO_2, g) = -394 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\Delta H_c(\text{propano}, g) = -2220 \,\text{kJ} \,\text{mol}^{-1}$

#### **PROBLEMA 1.23**

2A23

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

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

- $-6,55 \, \text{MJ}$
- **B**  $-7,05 \,\text{MJ}$
- $-8,90\,\mathrm{MJ}$

- $-5,50\,\mathrm{MJ}$
- $\mathbf{E}$   $-9,75\,\mathrm{MJ}$

#### PROBLEMA 1.24

2A24

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.

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

#### **Dados**

•  $\Delta H_c(C_6H_5COOH, s) = -3230 \,\text{kJ mol}^{-1}$ 

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

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

### PROBLEMA 1.26

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** 1, 2 e 3
- **B** 1, 2 e 3
- **c** 1, 2 e 3

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

### **PROBLEMA 1.27**

2A27

**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**

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

### PROBLEMA 1.28

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 =  $30 \,\text{MJ}\,\text{kg}^{-1}$ ).

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

### Dados

•  $\Delta H_{\text{vap}}(H_2O) = 40.7 \,\text{kJ mol}^{-1}$ 

### Nível II

### PROBLEMA 2.1

2A29

Uma substância de massa molar  $200\,\mathrm{g\,mol}^{-1}$  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.

- $\mathbf{A} \quad 8 \, \mathrm{kJ} \, \mathrm{mol}^{-1}$
- $\mathbf{B}$  40 kJ mol<sup>-1</sup>
- **c** 80 kJ mol<sup>-1</sup>
- $\mathbf{D}$  400 kJ mol<sup>-1</sup>
- $\mathbf{E}$  800 kJ mol<sup>-1</sup>

#### PROBLEMA 2.2

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.

- **A**  $510 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$
- **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>

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 dessa mistura em função da fração mássica de hidrogênio.

Fração mássica (%) | Poder calorífico (kJ g<sup>-1</sup>) | --: | --: | 2 | 3 | 5 | 8,70 |

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

#### **PROBLEMA 2.4**

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 e do eteno.
- b. **Determine** a massa de metano na mistura inicial.

### Dados

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

#### **PROBLEMA 2.5**

2A33

**Determine** a energia liberada durante a precipitação pluviométrica de 20 mm de chuva sobre uma área de 100 km2.

#### **Dados**

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

O consumo global anual de energia é cerca de 100 terawatts — ano 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**

**PROBLEMA 2.6** 

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

### **PROBLEMA 2.7**

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
- C 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.
- 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 2.9**

2A37

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

#### **Dados**

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

#### PROBLEMA 2.10

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**

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

#### PROBLEMA 2.11

**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
- 980 K

#### **Dados**

- $C_P(H_2O, g) = 33,6 \, J \, K^{-1} \, mol^{-1}$
- $C_P(CO_2, g) = 37.1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $C_P(O_2, g) = 29.4 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $\bullet$   $C_P(N_2, g) = 29,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(H_2O, g) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\bullet \ \Delta H_f(CO_2,g) = -394 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{octano}, l) = -250 \,\text{kJ} \,\text{mol}^{-1}$

#### **PROBLEMA 2.12**

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. Considere os data: termodinâmicos a seguir.

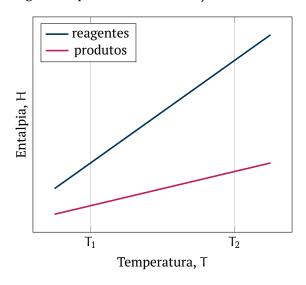
 $\begin{array}{l} |\,|\,H_0(1700\,K)-H_0(298\,K)\,|\,H_0(2000\,K)-H_0(298\,K)\,|\,|\,:--\\ |\,--:\,|\,--:\,|\,|\,CO_2\,|\,17,6\,kcal\,mol^{-1}\,|\,21,9\,kcal/mol^{-1}\,|\,|\,H_2O\\ |\,13,7\,kcal\,mol^{-1}\,|\,17,3\,kcal\,mol^{-1}\,|\,|\,N_2\,|\,10,9\,kcal\,mol^{-1}\\ |\,13,4\,kcal\,mol^{-1}\,|\,|\,O_2\,|\,11,4\,kcal\,mol^{-1}\,|\,14,2\,kcal\,mol^{-1} \end{array}$ 

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

### Dados

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

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  $T_1$ .
- 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 2.14

2A42

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de formação da amônia a 450 °C.

$$\mathbf{A} -30 \,\mathrm{kI} \,\mathrm{mol}^{-1}$$

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

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

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

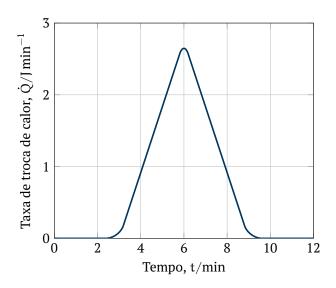
$$\mathbf{E}$$
  $-70\,\mathrm{kJ}\,\mathrm{mol}^{-1}$ 

#### **Dados**

- $\Delta H_f(NH_3, g) = -46.1 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $C_P(N_2, g) = 29.1 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $\bullet \ C_P(H_2,g) = 28.8 \, J \, K^{-1} \, mol^{-1}$
- $C_P(NH_3, g) = 35,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

### Nível III

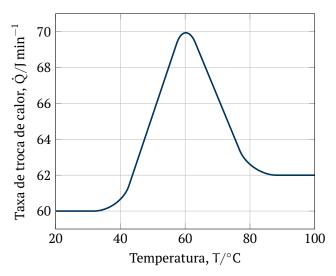
O gráfico a seguir apresenta a taxa de liberação de calor para uma reação química. Ao final da reação é formado 1 mol de produto.



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

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<sup>-1</sup>. 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 3.3**

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**

- $\Delta H_f(H_2O, l) = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_c$ (cicloexano, l) =  $-3920 \, \text{kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_c$ (cicloexeno, 1) = -3750 kJ mol<sup>-1</sup>
- $\Delta H_c$ (benzeno, l) =  $-3270 \, \text{kJ mol}^{-1}$

Considere a estrutura do fulereno,  $C_{60}$ ,  $\Delta H_{fus} = 1$ ,  $\Delta H_{vap} = 1$ 

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

#### **Dados**

**PROBLEMA 3.4** 

- $\Delta H_f(CO_2, g) = -394 \, kJ \, mol^{-1}$
- $\Delta H_L(C=C) = 612 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(C-C) = 348 \text{ kJ mol}^{-1}$

#### **PROBLEMA 3.5**

2A47

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**

- $\Delta H_f(CO, g) = -111 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(H_2O, g) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(FeO, s) = -824 \text{ kJ mol}^{-1}$

### **PROBLEMA 3.6**

2A48

A ustulação da blenda de zinco é conduzida a 1270 K em um reator do tipo leito fluidizado. Sulfeto de zinco misturado com sílica e ar são adicionados em fluxo contínuo a 273 K. A reação libera 460 kJ de calor por mol de sulfeto a 1270 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 1270 K.

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**

- $\Delta H_f(CO, g) = -111 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(CO_2, g) = -394 \, \text{kJ mol}^{-1}$
- $C_P(CO, g) = 29.1 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $C_P(CO_2, g) = 37.1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $C_P(O_2, g) = 29.4 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $C_P(N_2, g) = 29.1 \, J \, K^{-1} \, mol^{-1}$

#### **PROBLEMA 3.8**

2A50

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  $80\,\mathrm{km}\,\mathrm{h}^{-1}$ . 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, sob pressão final de 20 atm.

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

#### **Dados**

- $C_P(CO, g) = 29.1 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $C_P(CO_2, g) = 37.1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $\bullet$   $C_P(O_2, g) = 29,4 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $C_P(N_2, g) = 29.1 \, \text{J K}^{-1} \, \text{mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(CO_2, g) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(CO, g) = -111 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(H_2O, g) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{octano}, 1) = -250 \,\text{kJ mol}^{-1}$

## Gabarito

#### 4.1 Nível I

- 1. B 2. C 3. A 4. A 5. D
- 5. C 7. C 8. E 9. E 10. D
- 11. D 12. E 13. B 14. B 15. E
- 16. B 17. B 18. D 19. A 20. A
- 21. A 22. E 23. A 24. C 25. C
- 26. B 27. B 28. B

### 4.2 Nível II

- 1. C
- 2. D
- **3.** a.  $-190 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$ 
  - b.  $-286 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$
- **4.** a. metano:  $-891 \text{ kJ mol}^{-1}$ ; eteno:  $-1410 \text{ kJ mol}^{-1}$ 
  - b. 12 g
- **5.**  $4,90 \times 10^{15} \, \text{J}$
- **6.** a. ???
  - b. 7 toneladas por hora
- 7. B
- 8. E
- **9.** 6340 kJ
- **10.** a. ???
  - b. ???
- 11. E
- **12.** a. 1730 K
  - b.  $5,20 \, \text{mmol} \, \text{L}^{-1}$
- 13. C
- 14. C

### 4.3 Nível III

- **1.** a.  $n = 60 \, \text{mmol}$ 
  - b.  $Q = 8,25 \text{ J mol}^{-1}$ .
- 2. a. Endotérmica
  - b. Aumenta
  - c.  $3 J g^{-1}$
- **3.** a.  $-120 \,\mathrm{kJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$ 
  - b.  $-208 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$
  - c.  $18 \, \text{kJ} \, \text{mol}^{-1}$
- **4.** a.  $-39,6 \,\mathrm{MJ} \,\mathrm{mol}^{-1}$ 
  - b. ???
- **5.** 1,50

- **6.** 2/3
- **7.** −193 kJ
- **8.** a.  $40 \, L \, s^{-1}$ 
  - b. 75%  $N_2,\,4\%$   $O_2,\,1\%$  CO, 9%  $CO_2,\,11\%$   $H_2O$
  - c. 2000 °C
  - d. 750 K