

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 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 g de água a 0 °C e 1070 atm.

- | | | |
|----------------|----------------|----------------|
| A 720 J | B 790 J | 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 g de um metal a 100 °C e 50 g de água a 22 °C. A temperatura final registrada foi 25 °C.

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

- | | |
|--|--|
| A 0,100 J K ⁻¹ g ⁻¹ | B 0,200 J K ⁻¹ g ⁻¹ |
| C 0,300 J K ⁻¹ g ⁻¹ | D 0,400 J K ⁻¹ g ⁻¹ |
| E 0,500 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

- $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}, \text{s}) = -292 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $C_P(\text{H}_2\text{O}, \text{s}) = 37,8 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $C_P(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 75,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

PROBLEMA 1.7**2A07**

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.
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.
- C** 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 1.8**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

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 é 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.
- C** A variação de energia interna é maior no primeiro processo.
- D** Há realização de trabalho no segundo processo.
- E** 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.
- E** 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

PROBLEMA 1.12

2A12

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.

- A** -700 J **B** -500 J **C** 300 J
D 500 J **E** 700 J

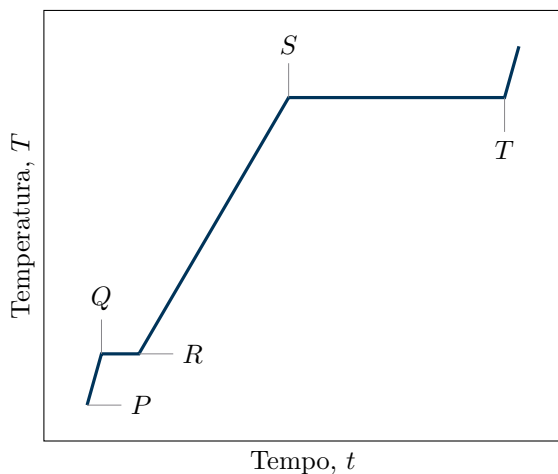
Dados

- $C_P(\text{O}_2, \text{g}) = 29,4 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

PROBLEMA 1.13

2A13

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



Considere as proposições.

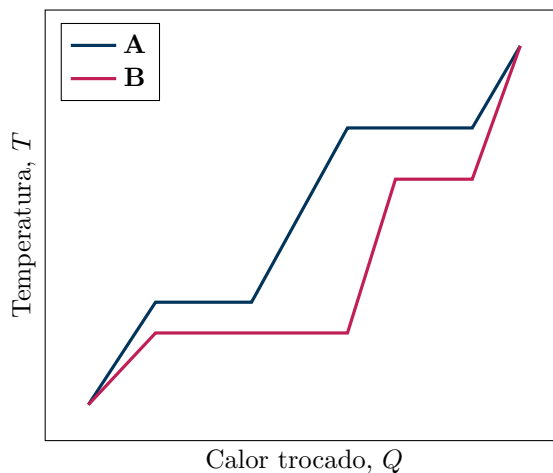
Assinale a alternativa que relaciona as proposições *incorretas*.

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

PROBLEMA 1.14

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.



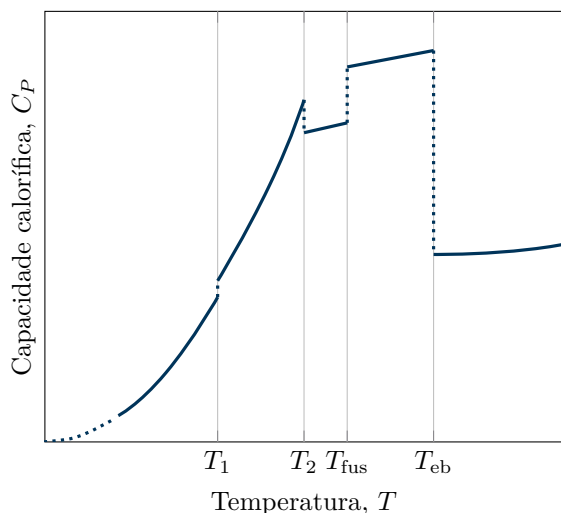
Assinale a alternativa *incorreta*.

- 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**.
C 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**.
E A capacidade calorífica na fase gasosa de **A** é maior que na de **B**.

PROBLEMA 1.15

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.
- B** A capacidade calorífica da substância é menor no estado gasoso do que no estado líquido.
- C** 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_f , a capacidade calorífica da substância líquida é maior que a capacidade calorífica da fase sólida metaestável em temperaturas inferiores a T_f .
- E** 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 oxidados: no organismo formando ureia (H_2NCONH_2), dióxido de carbono e água.

Assinale a alternativa do valor mais próximo da entalpia de oxidação da glicina ($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$).

- A** 620 kJ mol⁻¹
- B** 650 kJ mol⁻¹
- C** 680 kJ mol⁻¹
- D** 710 kJ mol⁻¹
- E** 740 kJ mol⁻¹

Dados

- $\Delta H_f(\text{ureia}, \text{s}) = -334 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 1.17

2A17

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

- A** -225 kJ mol⁻¹
- B** -75 kJ mol⁻¹
- C** 75 kJ mol⁻¹
- D** 150 kJ mol⁻¹
- E** 225 kJ mol⁻¹

Dados

- $\Delta H_f(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_c(\text{CH}_4, \text{g}) = -890 \text{ kJ mol}^{-1}$

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

Dados

- $\Delta H_L(\text{C}-\text{C}) = 348 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(\text{C}-\text{H}) = 412 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(\text{C}=\text{O}) = 743 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(\text{H}_2) = 436 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(\text{O}_2) = 496 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 1.19

2A19

Assinale a alternativa que mais se aproxima da entalpia de bromação de um mol de propeno (CH_3CHCH_2), formando 1,2-dibromopropano ($\text{CH}_3\text{CHBrCH}_2\text{Br}$, $\Delta H_{\text{vap}} = 35.61 \text{ kJ mol}^{-1}$).

- A** -101 kJ
- B** -401 kJ
- C** -302 kJ
- D** -130 kJ
- E** -202 kJ

Dados

- $\Delta H_{\text{vap}}(\text{Br}_2) = 30,9 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(\text{C}=\text{C}) = 612 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(\text{Br}_2) = 193 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 1.20

2A20

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

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| A -260 kJ mol^{-1} | B -200 kJ mol^{-1} |
| C -130 kJ mol^{-1} | D 130 kJ mol^{-1} |
| E 260 kJ mol^{-1} | |

Dados

- $\Delta H_{\text{sub}}(\text{grafite}) = 712 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{L}}(\text{H}_2) = 436 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{L}}(\text{O}_2) = 496 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{L}}(\text{C-H}) = 412 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{L}}(\text{C-O}) = 360 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{L}}(\text{O-H}) = 463 \text{ kJ mol}^{-1}$

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.

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| A 207 kJ mol^{-1} | B -204 kJ mol^{-1} |
| C 302 kJ mol^{-1} | D -197 kJ mol^{-1} |
| E 250 kJ mol^{-1} | |

Dados

- $\Delta H_{\text{f}}(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{f}}(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{c}}(\text{CH}_4, \text{g}) = -890 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 1.22

2A22

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

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| A $-3,50 \text{ MJ}$ | B $-2,20 \text{ MJ}$ |
| C $2,20 \text{ MJ}$ | D 125 kJ |
| E 114 kJ | |

Dados

- $\Delta H_{\text{f}}(\text{propeno}, \text{g}) = 20,4 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{f}}(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{c}}(\text{propano}, \text{g}) = -2220 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 1.23

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 $8,60^\circ\text{C}$.

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

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| A $-6,55 \text{ MJ}$ | B $-7,05 \text{ MJ}$ | C $-8,90 \text{ MJ}$ |
| D $-5,50 \text{ MJ}$ | E $-9,75 \text{ MJ}$ | |

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 $8,60^\circ\text{C}$. Quando uma amostra com 0,725 g de ribose ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$) é queimada no mesmo calorímetro, a temperatura aumenta de $21,8^\circ\text{C}$ para $22,7^\circ\text{C}$.

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

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| A 220 kJ mol^{-1} | B 4700 kJ mol^{-1} |
| C 580 kJ mol^{-1} | D 740 kJ mol^{-1} |
| E 850 kJ mol^{-1} | |

Dados

- $\Delta H_{\text{c}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}, \text{s}) = -3230 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 1.25

2A25

Uma amostra de 1 mol de glicose é queimada em um calorímetro isocórico ($C = 512 \text{ J } ^\circ\text{C}^{-1}$) 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.

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| A -2580 kJ | B -2560 kJ |
| C -2550 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 °C a 100 °C.

Resposta: [B]

- A** 3 g **B** 7 g **C** 14 g
D 21 g **E** 28 g

Dados

- $\Delta H_c(\text{butano}, g) = -2880 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $C_P(\text{H}_2\text{O}, l) = 75,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ g cm}^{-3}$

PROBLEMA 1.28

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

- A** 21 MJ kg^{-1} **B** 27 MJ kg^{-1}
C 30 MJ kg^{-1} **D** 33 MJ kg^{-1}
E 39 MJ kg^{-1}

Dados

- $\Delta H_{\text{vap}}(\text{H}_2\text{O}) = 40,7 \text{ kJ mol}^{-1}$

Nível II
PROBLEMA 2.1

2A29

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

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

- A** 8 kJ mol^{-1} **B** 40 kJ mol^{-1}
C 80 kJ mol^{-1} **D** 400 kJ mol^{-1}
E 800 kJ mol^{-1}

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 kJ mol^{-1} **B** 610 kJ mol^{-1}
C 710 kJ mol^{-1} **D** 810 kJ mol^{-1}
E 910 kJ mol^{-1}

PROBLEMA 2.3

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 dessa mistura em função da fração mássica de hidrogênio.

Fração mássica (%) | Poder calorífico (kJ g^{-1}) | --: | --:
 | 2 | 3 | 5 | 8,70 |

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

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

Dados

- $C_P(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 75,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{eteno}, \text{g}) = 52,3 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{metano}, \text{g}) = -74,8 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 2.5

2A33

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

Dados

- $\Delta H_{\text{vap}}(\text{H}_2\text{O}) = 40,7 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ g cm}^{-3}$

PROBLEMA 2.6

2A34

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.

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

Dados

- $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{octano}, \text{l}) = -250 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 2.7

2A35

Considere os processos químicos a seguir.

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

Assinale a alternativa *incorreta*.

- As reações 1 e 2 são exotérmicas.
- 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.

PROBLEMA 2.8

2A36

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*.

- Os processos ocorrem com a mesma variação de energia interna.
- 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

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

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.

- Determine a energia da ligação C–C.
- Determine a energia da ligação C–H.

Dados

- $\Delta H_f(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{sub}}(\text{grafite}) = 712 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(\text{H}_2) = 436 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 2.11

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

- $C_P(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = 33,6 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $C_P(\text{CO}_2, \text{g}) = 37,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $C_P(\text{O}_2, \text{g}) = 29,4 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $C_P(\text{N}_2, \text{g}) = 29,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{octano}, \text{l}) = -250 \text{ kJ mol}^{-1}$

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 dados termodinâmicos a seguir.

$\text{H}_0(1700 \text{ K})$	$-\text{H}_0(298 \text{ K})$	$\text{H}_0(2000 \text{ K})$	$-\text{H}_0(298 \text{ K})$
CO_2	$17,6 \text{ kcal mol}^{-1}$	$21,9 \text{ kcal mol}^{-1}$	
H_2O	$13,7 \text{ kcal mol}^{-1}$	$17,3 \text{ kcal mol}^{-1}$	
N_2	$10,9 \text{ kcal mol}^{-1}$	$13,4 \text{ kcal mol}^{-1}$	
O_2	$11,4 \text{ kcal mol}^{-1}$	$14,2 \text{ kcal mol}^{-1}$	

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

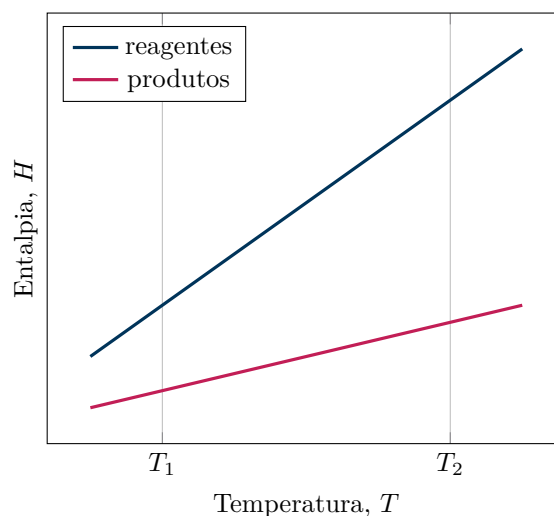
Dados

- $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{metano}, \text{g}) = -74,8 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 2.13

2A41

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_1 .
- 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.

- A** -30 kJ mol^{-1} **B** -43 kJ mol^{-1}
C -46 kJ mol^{-1} **D** -65 kJ mol^{-1}
E -70 kJ mol^{-1}

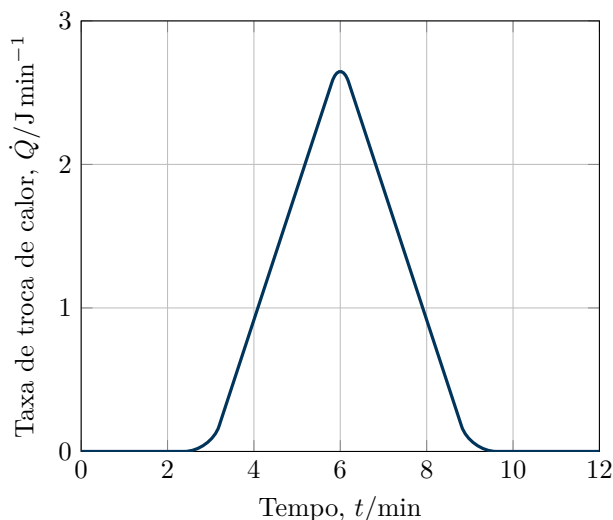
Dados

- $\Delta H_f(\text{NH}_3, \text{g}) = -46,1 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $C_P(\text{N}_2, \text{g}) = 29,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $C_P(\text{H}_2, \text{g}) = 28,8 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- $C_P(\text{NH}_3, \text{g}) = 35,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Nível III
PROBLEMA 3.1

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.

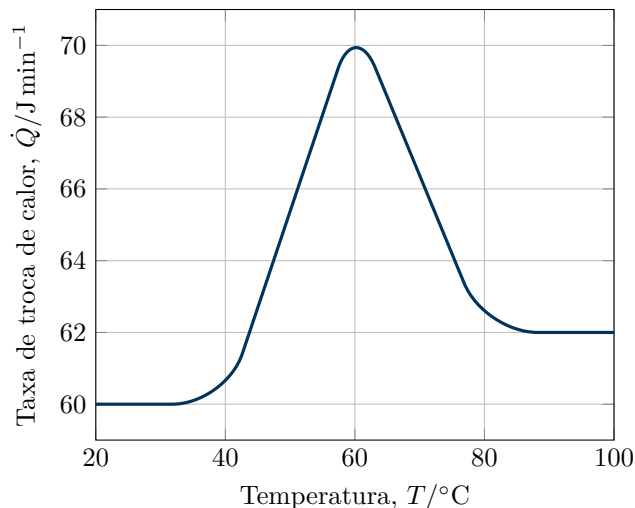


- Determine** a quantidade de produto formada até 4 minutos de reação.
- Determine** o calor liberado até 11 minutos de reação.

PROBLEMA 3.2

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.



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

PROBLEMA 3.3

2A45

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

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

Dados

- $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_c(\text{cicloexano}, \text{l}) = -3920 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_c(\text{cicloexeno}, \text{l}) = -3750 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_c(\text{benzeno}, \text{l}) = -3270 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 3.4

2A46

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

images/2A46-1M.tex

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

Dados

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

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.

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

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

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 km 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.

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

Dados

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

Gabarito

4.1 Nível I

- | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1. B | 2. C | 3. A | 4. A | 5. D |
| 6. C | 7. C | 8. E | 9. E | 10. D |
| 11. D | 12. E | 13. D | 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 kJ mol^{-1}
b. -286 kJ mol^{-1}
4. a. metano: -891 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. $5,20 \text{ mmol L}^{-1}$
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 kJ mol^{-1}
b. -208 kJ mol^{-1}
c. 18 kJ mol^{-1}
4. a. $-39,6 \text{ MJ mol}^{-1}$
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