

# Energia de Ativação

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensí, Coordenação de Química



## Nível I

### PROBLEMA 1.1

3E01

O processo físico de transformação do milho em pipoca pode ser modelado como uma reação química.

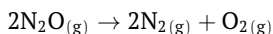
**Assinale** a alternativa com a ordem desse processo.

- |                     |            |
|---------------------|------------|
| <b>A</b> -1         | <b>B</b> 0 |
| <b>C</b> 1          | <b>D</b> 2 |
| <b>E</b> pseudozero |            |

### PROBLEMA 1.2

3E02

A constante de velocidade da reação de primeira ordem:



é  $0,76 \text{ s}^{-1}$  a  $1000 \text{ K}$  e  $0,87 \text{ s}^{-1}$  a  $1030 \text{ K}$ .

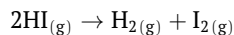
**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da energia de ativação para essa reação.

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A</b> $10 \text{ kJ mol}^{-1}$ | <b>B</b> $20 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| <b>C</b> $30 \text{ kJ mol}^{-1}$ | <b>D</b> $40 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| <b>E</b> $50 \text{ kJ mol}^{-1}$ |                                   |

### PROBLEMA 1.3

3E03

A constante de velocidade da reação de segunda ordem:



é  $2,4 \times 10^{-6} \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$  a  $575 \text{ K}$  e  $6,0 \times 10^{-5} \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$  a  $630 \text{ K}$ .

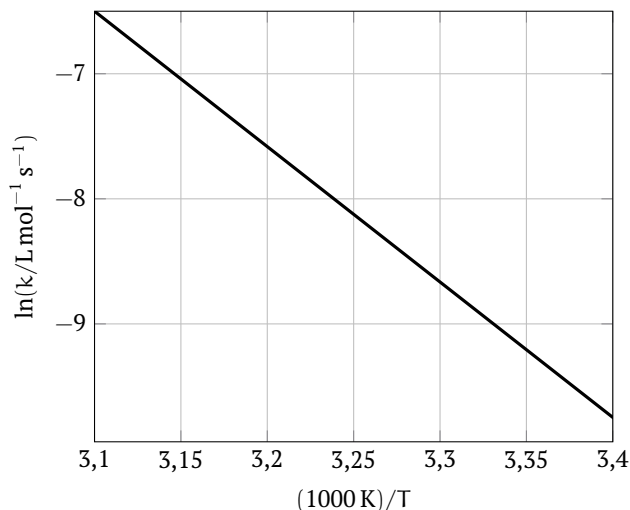
**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da energia de ativação para essa reação.

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>A</b> $158 \text{ kJ mol}^{-1}$ | <b>B</b> $167 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| <b>C</b> $176 \text{ kJ mol}^{-1}$ | <b>D</b> $185 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| <b>E</b> $194 \text{ kJ mol}^{-1}$ |                                    |

### PROBLEMA 1.4

3E04

A constante de velocidade da reação de segunda ordem entre bromo-etano e íons hidróxido em água formando etanol foi medida em várias temperaturas, com os seguintes resultados:



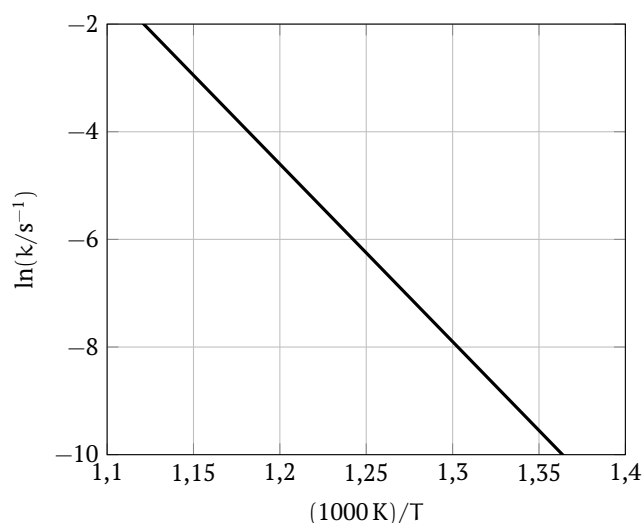
**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da energia de ativação para essa reação.

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A</b> $50 \text{ kJ mol}^{-1}$ | <b>B</b> $60 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| <b>C</b> $70 \text{ kJ mol}^{-1}$ | <b>D</b> $80 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| <b>E</b> $90 \text{ kJ mol}^{-1}$ |                                   |

**PROBLEMA 1.5**

3E05

A constante de velocidade da conversão de ciclopropano em propeno foi medida em várias temperaturas, com os seguintes resultados:



**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da constante cinética da reação a 600 °C.

- |  |  |
|--|--|
| <b>A</b> $7,5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ | <b>B</b> $8,0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ |
| <b>C</b> $8,5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ | <b>D</b> $9,0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ |
| <b>E</b> $9,5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ |  |

**PROBLEMA 1.6**

3E06

Considere as proposições a respeito da cinética de reações bimoleculares.

1. A constante cinética é proporcional à frequência de colisões entre as moléculas dos reagentes.
2. A constante cinética é proporcional à velocidade média das moléculas.
3. A constante cinética é proporcional à seção transversal de colisão, a área que uma molécula mostra como alvo durante a colisão.
4. A constante cinética é proporcional ao número de moléculas cuja energia cinética relativa é maior ou igual à energia de ativação da reação.

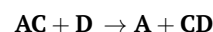
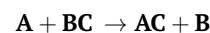
**Assinale** a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| <b>A</b> 1, 2 e 3    | <b>B</b> 1, 2 e 4 |
| <b>C</b> 1, 3 e 4    | <b>D</b> 2, 3 e 4 |
| <b>E</b> 1, 2, 3 e 4 |                   |

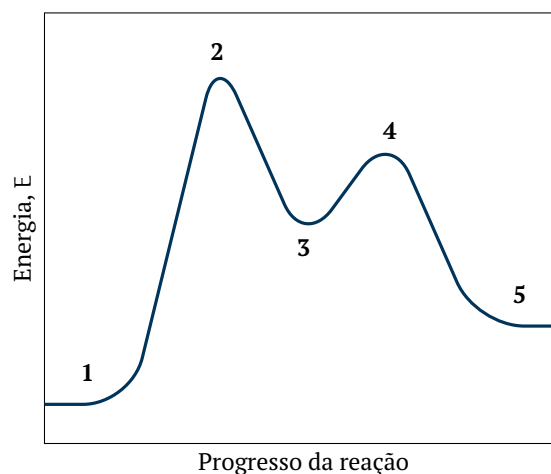
**PROBLEMA 1.7**

3E07

Considere a reação catalisada descrita pelo mecanismo:



O perfil energético é:



**Assinale** a alternativa *correta*.

- |          |  |
|----------|--|
| <b>A</b> | Os intermediários de reação são representados por 2 e 3 e equivalem, respectivamente, aos compostos BC e AC. |
| <b>B</b> | Os reagentes, representados por 1, são os compostos A e D.   |
| <b>C</b> | O complexo ativado representado por 4 tem estrutura A...C...D.   |
| <b>D</b> | O produto, representado por 5, é único e equivale ao composto CD.  |
| <b>E</b> | A presença do catalisador A torna a reação exotérmica.   |

**PROBLEMA 1.8**

3E08

Considere as ações em um reator onde é conduzida a dimerização do NO<sub>2</sub> em fase gasosa.

1. Condução da reação em um solvente orgânico.
2. Redução do volume do recipiente.
3. Aumento da temperatura.
4. Adição de catalisador.

**Assinale** a alternativa que relaciona as ações que resultariam na mudança da constante cinética da reação.

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| <b>A</b> 1 e 3       | <b>B</b> 1 e 4    |
| <b>C</b> 3 e 4       | <b>D</b> 1, 3 e 4 |
| <b>E</b> 1, 2, 3 e 4 |                   |

**PROBLEMA 1.9**

3E09

Considere as proposições.

1. Uma reação química realizada com a adição de um catalisador é denominada heterogênea se existir uma superfície de contato visível entre os reagentes e o catalisador.
2. A ordem de qualquer reação química em relação à concentração do catalisador é zero.
3. A energia livre de uma reação química realizada com a adição de um catalisador é menor que a da reação não catalisada.
4. Um dos produtos de uma reação química pode ser o catalisador dessa mesma reação.

**Assinale** a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| <b>A</b> 1        | <b>B</b> 4        |
| <b>C</b> 1 e 4    | <b>D</b> 1, 2 e 4 |
| <b>E</b> 1, 3 e 4 |                   |

**PROBLEMA 1.10**

3E10

A da energia de ativação para a decomposição do iodeto de hidrogênio formando gás hidrogênio e o iodo molecular em meio homogêneo é  $183,9 \text{ kJ}$  em meio homogêneo, e  $96,2 \text{ kJ mol}^{-1}$  quando ocorre na superfície de um fio de ouro.

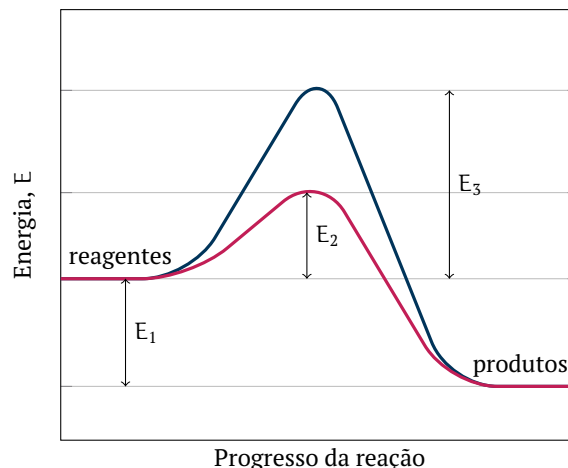
**Assinale** a alternativa *correta*.

- A velocidade da reação no meio homogêneo é igual a da mesma reação realizada no meio heterogêneo.
- A velocidade da reação no meio homogêneo diminui com o aumento da temperatura.
- A velocidade da reação no meio heterogêneo independe da concentração inicial de iodeto de hidrogênio.
- A velocidade da reação na superfície do ouro aumenta com o aumento a área superficial do ouro.
- A constante de velocidade da reação realizada no meio homogêneo é igual a da mesma reação realizada no meio heterogêneo.

**PROBLEMA 1.11**

3E12

Considere o perfil energético de uma reação na presença e ausência de catalisador.



**Assinale** a alternativa *correta*.

- A curva A representa a reação catalisada, que ocorre com absorção de calor.
- A curva B representa a reação catalisada, que ocorre com absorção de calor.
- A curva A representa a reação catalisada com energia de ativação dada por  $E_1 + E_2$ .
- A curva B representa a reação não catalisada, que ocorre com liberação de calor e a sua energia de ativação é dada por  $E_3 + E_1$ .
- A curva A representa a reação catalisada, que ocorre com liberação de calor e a sua energia de ativação é dada por  $E_2$ .

**PROBLEMA 1.12**

3E13

A energia de ativação da decomposição do peróxido de hidrogênio em  $25^\circ\text{C}$  é  $75,3 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Na presença de um catalisador óxido de ferro, a energia de ativação da decomposição foi  $32,8 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima de quanto aumenta a velocidade de decomposição na presença do catalisador se os outros parâmetros do processo se mantêm inalterados.

- |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>A</b> $2,8 \times 10^3$ | <b>B</b> $2,8 \times 10^4$ | <b>C</b> $2,8 \times 10^5$ |
| <b>D</b> $2,8 \times 10^6$ | <b>E</b> $2,8 \times 10^7$ |                            |

**PROBLEMA 1.13**

3E14

A velocidade de uma reação aumenta por um fator de 1000 na presença de um catalisador em  $25^\circ\text{C}$ . A energia de ativação do percurso original é  $98 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da energia de ativação da reação catalisada.

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A</b> $54 \text{ kJ mol}^{-1}$ | <b>B</b> $63 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| <b>C</b> $72 \text{ kJ mol}^{-1}$ | <b>D</b> $81 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| <b>E</b> $90 \text{ kJ mol}^{-1}$ |                                   |

## Nível II

### PROBLEMA 2.1

3E15

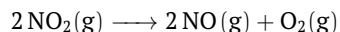
O DNA é o carregador primário da informação genética em organismos vivos. O DNA perde a sua atividade pelo desenrolamento da sua estrutura de dupla hélice. Esse é um processo de primeira ordem com energia de ativação de  $400 \text{ kJ mol}^{-1}$ , integralmente utilizada no rompimento de ligações de hidrogênio, de  $5 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Na temperatura fisiológica,  $37^\circ\text{C}$ , a meia-vida do desenrolamento é de 1045 min.

- Determine** o número de ligações de hidrogênio que devem ser rompidas para desativar o DNA.
- Determine** a meia-vida para o desenrolamento a  $44^\circ\text{C}$ .

### PROBLEMA 2.2

3E18

Considere a reação elementar de decomposição do dióxido de nitrogênio gasoso:



A reação possui energia de ativação de  $110 \text{ kJ mol}^{-1}$  e constante de velocidade  $2,8 \times 10^{12} \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$  a  $273 \text{ K}$ . Em um experimento,  $2,5 \text{ atm}$  de dióxido de nitrogênio são adicionados em um recipiente a  $500 \text{ K}$ .

- Determine** a constante de velocidade para a decomposição do dióxido de nitrogênio a  $500 \text{ K}$ .
- Determine** o tempo necessário para que a pressão total do recipiente aumente para  $3 \text{ atm}$ .

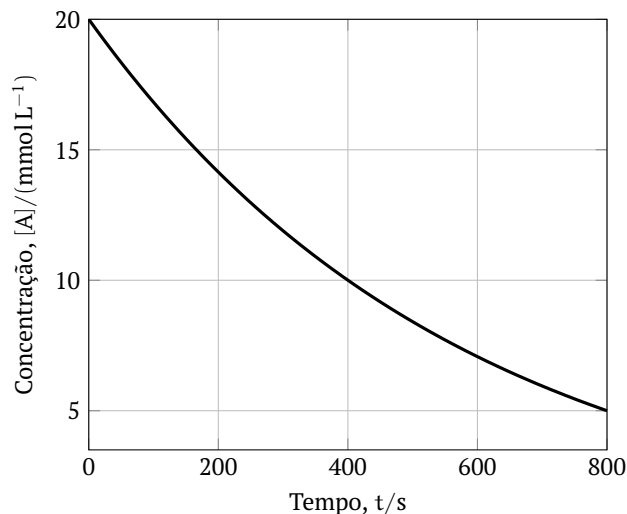
### PROBLEMA 2.3

3E17

A constante de velocidade da reação de decomposição de um composto **A** foi medida em várias temperaturas, com os seguintes resultados:

$T/^\circ\text{C}$	25	45	55	65
$k/\text{s}^{-1}$	$3,2 \times 10^{-5}$	$5,1 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$5,2 \times 10^{-3}$

Uma solução contendo  $0,02 \text{ mol L}^{-1}$  de **A** foi adicionada a um reator em temperatura  $T$ , e a concentração de **A** foi monitorada.



- Determine** a energia de ativação da reação.
- Determine** a ordem da reação.
- Determine** a constante cinética em temperatura  $T$ .

### PROBLEMA 2.4

3E21

O estudo da cinética da reação



forneceu os dados:

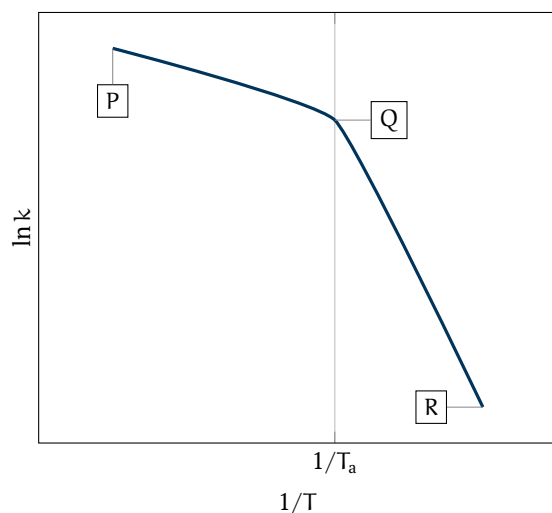
#	$T / \text{K}$	$[\text{SO}_2] / \text{mM}$	$[\text{O}_3] / \text{mM}$	$v / (\text{mM s}^{-1})$
1	250	250	400	118
2	250	250	200	118
3	250	750	200	1062
4	400	500	300	1425

- Determine** a lei de velocidade da reação.
- Determine** a energia de ativação dessa reação.

**PROBLEMA 2.5**

3E16

A constante de velocidade de uma reação foi medida em várias temperaturas, com os seguintes resultados:



Considere as proposições.

1. O trecho P-Q é referente a reação direta, enquanto o trecho Q-R se refere à reação inversa.
2. Para temperaturas menores que  $T_a$ , o mecanismo controlador da reação em questão difere daquele para temperaturas maiores que  $T_a$ .
3. A energia de ativação da reação no trecho P-Q é menor que a no trecho Q-R.
4. A energia de ativação da reação direta é menor que a da reação inversa.

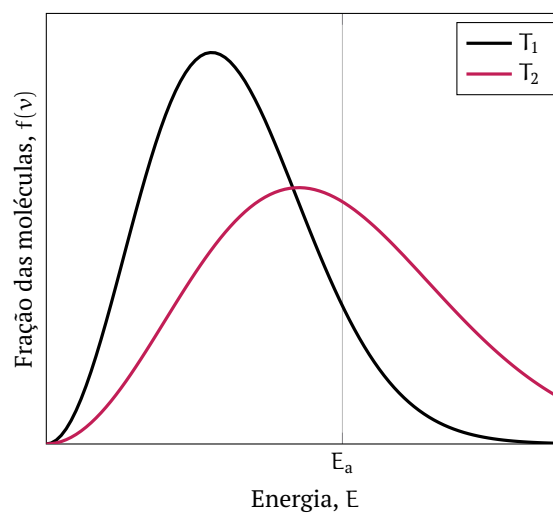
**Assinale** a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| <b>A</b> 2        | <b>B</b> 3        |
| <b>C</b> 2 e 3    | <b>D</b> 1, 2 e 3 |
| <b>E</b> 2, 3 e 4 |                   |

**PROBLEMA 2.6**

3E19

Considere a distribuição de velocidades para os reagentes de uma reação em duas temperaturas.



Considere as proposições.

1. A constante de equilíbrio da reação é igual em  $T_1$  e em  $T_2$ .
2. A velocidade da reação é menor em  $T_1$  do que em  $T_2$ .
3. A constante de velocidade da reação é igual em  $T_1$  e em  $T_2$ .
4. Em  $T_1$ , há menos moléculas com energia suficiente para a reação do que em  $T_2$ .

**Assinale** a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| <b>A</b> 2        | <b>B</b> 4        |
| <b>C</b> 2 e 4    | <b>D</b> 1, 2 e 4 |
| <b>E</b> 2, 3 e 4 |                   |

## PROBLEMA 2.7

3E22

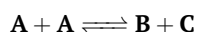
Em sistemas envolvendo reações paralelas, a seletividade é definida como a razão entre as taxas de geração dos produtos de interesse e dos secundários. Considere um sistema onde uma mesma substância pode reagir formando um produto de interesse ou um produto secundário.

- A** A seletividade independe da concentração inicial de reagente.
- B** A seletividade independe da ordem das reações de formação do produto de interesse e dos secundários.
- C** A seletividade é maior no início da reação quando a ordem da reação de formação dos produtos de interesse é igual à do secundário.
- D** A seletividade é menor no fim da reação quando a ordem da reação de formação dos produtos de interesse é menor que a do secundário.
- E** A seletividade é maior no início da reação quando a ordem da reação de formação dos produtos de interesse é maior que a do secundário.

## PROBLEMA 2.8

3E23

Considere a reação reversível, em uma etapa:



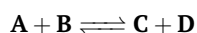
A constante de velocidade da reação direta de formação de B é  $265 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$ , e a constante da velocidade da reação inversa é  $392 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$ . A energia de ativação da reação direta é  $39,7 \text{ kJ mol}^{-1}$  e a da reação inversa é  $25,4 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

- a. **Determine** a constante de equilíbrio para essa reação.
- b. **Classifique** a reação como endotérmica ou exotérmica.
- c. **Determine** o efeito da temperatura nas constantes de velocidade e na constante de equilíbrio.

## PROBLEMA 2.9

3E24

Considere a reação reversível, em uma etapa:



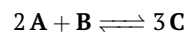
A constante de velocidade da reação direta é  $52,4 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$ , e a constante da velocidade da reação inversa é  $32,1 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$ . A energia de ativação da reação direta é  $35,2 \text{ kJ mol}^{-1}$  e a da reação inversa é  $44 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

- a. **Determine** a constante de equilíbrio para essa reação.
- b. **Classifique** a reação como endotérmica ou exotérmica.
- c. **Determine** o efeito da temperatura nas constantes de velocidade e na constante de equilíbrio.

## PROBLEMA 2.10

3E25

Considere a reação reversível, em uma etapa:



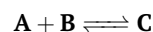
Essa reação possui energia de ativação  $25 \text{ kJ mol}^{-1}$  e fator de frequência  $5,5 \times 10^{10} \text{ L}^2 \text{ mol}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Um experimento foi realizado a  $300 \text{ K}$  com  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  de A e  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  de B. O equilíbrio é atingido quando a concentração de C passa a  $0,15 \text{ mol L}^{-1}$ .

- a. **Determine** a constante de velocidade da reação inversa.
- b. **Determine** a velocidade da reação direta no equilíbrio.

## PROBLEMA 2.11

3E26

Considere a reação reversível, em uma etapa:



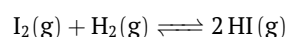
A constante de equilíbrio da reação direta é  $K = 4$ . A reação reversa possui energia de ativação  $2,5 \text{ kJ mol}^{-1}$  e fator de frequência  $2,72 \times 10^5 \text{ L}^2 \text{ mol}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Um experimento foi realizado a  $300 \text{ K}$ . No equilíbrio 25% da quantidade inicial de A foi convertida e a concentração de C é  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ .

- a. **Determine** a constante de velocidade da reação inversa.
- b. **Determine** a velocidade da reação direta no equilíbrio.

## PROBLEMA 2.12

3E20

Considere a reação



Essa reação é conduzida em um reator na presença e ausência de catalisador.

- a. **Esboce** o gráfico da velocidade da reação direta e inversa em função do tempo na presença e ausência do catalisador.
- b. **Esboce** o gráfico das concentrações dos reagentes e produtos na presença e ausência do catalisador.

# Gabarito

## Nível I

- |              |              |              |             |              |
|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| 1. <b>C</b>  | 2. <b>D</b>  | 3. <b>C</b>  | 4. <b>E</b> | 5. <b>C</b>  |
| 6. <b>E</b>  | 7. <b>C</b>  | 8. <b>D</b>  | 9. <b>C</b> | 10. <b>D</b> |
| 11. <b>E</b> | 12. <b>E</b> | 13. <b>D</b> |             |              |

## Nível II

1. a. 80  
b. 34 min
2. -
3. a.  $100 \text{ kJ mol}^{-1}$   
b. Primeira ordem  
c.  $55^\circ \text{C}$
4. a.  $v = k[\text{SO}_2]^2$   
b.  $6 \text{ kJ mol}^{-1}$
5. **C**
6. **C**
7. **E**
8. a. 0,676  
b. Endotérmica  
c. A constante de equilíbrio, assim como as constantes de velocidade, aumenta com a temperatura.
9. a. 1,63  
b. Exotérmica.  
c. A constante de equilíbrio, diferente das constantes de velocidade, diminui com a temperatura.
10. a.  $11 \text{ L}^2 \text{ mol}^{-2} \text{ s}^{-1}$   
b.  $0,037 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
11. a.  $4 \times 10^5 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$   
b.  $9 \times 10^5 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
12. a. Esboço  
b. Esboço