

Precipitação

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensí, Coordenação de Química



As reações de precipitação

1. Eletrólitos fortes e fracos.
2. Precipitados.
3. Reações Iônicas.
4. Íons espectadores.

Aplicações da precipitação.

1. Titulação de precipitação.
2. Regras de solubilidade. | Compostos solúveis | Exceções insolúveis | :----- | :----- || Cátions de metais alcalinos (Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+) e amônio (NH_4^+) || Nitratos (NO_3^-), acetatos, (CH_3COO^-), bicarbonatos, (HCO_3^-), cloratos, (ClO_3^-), e percloratos (ClO_4^-) || Haleto (Cl^- , Br^- , I^-) | Haleto de Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} || Sulfatos (SO_4^{2-}) | Sulfatos de Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}

() Compostos insolúveis	Exceções solúveis
() Carbonatos (CO_3^{2-}), fosfatos (PO_4^{3-}), cromatos (CrO_4^{2-}), sulfetos (S^{2-}) Hidróxidos (OH^-)	Metais alcalinos e amônio Cátions de metais alcalinos, amônio e Ba^{2+}
()	

2.0.1 Habilidades

- a. **Calcular** a quantidade de uma substância por titulação de precipitação.

Nível I

PROBLEMA 2.1

3E01

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

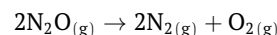
Assinale a alternativa com a ordem desse processo.

- A** -1
- B** 0
- C** 1
- D** 2
- E** pseudozero

PROBLEMA 2.2

3E02

A constante de velocidade da reação de primeira ordem:



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

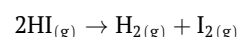
Assinale a alternativa que mais se aproxima da energia de ativação para essa reação.

- A** 10 kJ mol^{-1}
- B** 20 kJ mol^{-1}
- C** 30 kJ mol^{-1}
- D** 40 kJ mol^{-1}
- E** 50 kJ mol^{-1}

PROBLEMA 2.3

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

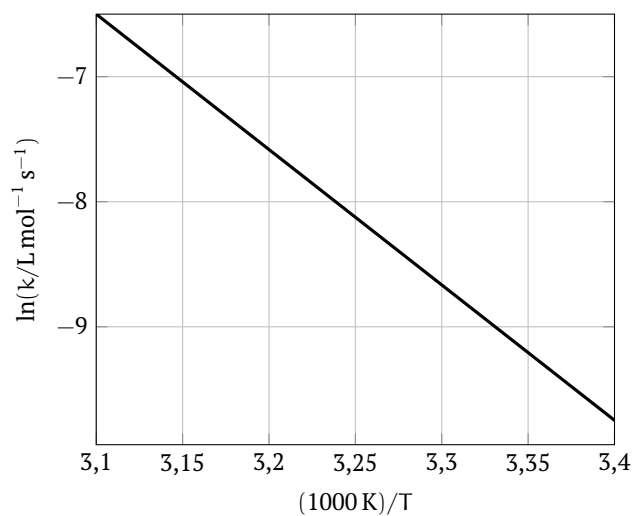
Assinale a alternativa que mais se aproxima da energia de ativação para essa reação.

- A** 158 kJ mol^{-1}
- B** 167 kJ mol^{-1}
- C** 176 kJ mol^{-1}
- D** 185 kJ mol^{-1}
- E** 194 kJ mol^{-1}

PROBLEMA 2.4

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:



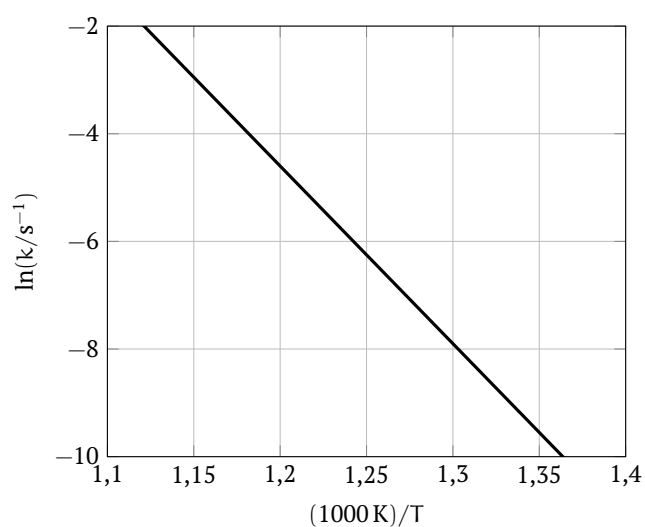
Assinale a alternativa que mais se aproxima da energia de ativação para essa reação.

- A** 50 kJ mol⁻¹
- B** 60 kJ mol⁻¹
- C** 70 kJ mol⁻¹
- D** 80 kJ mol⁻¹
- E** 90 kJ mol⁻¹

PROBLEMA 2.5

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.

- A** $7,5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
- B** $8,0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
- C** $8,5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
- D** $9,0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
- E** $9,5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

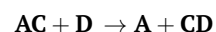
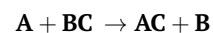
Considere as proposições a respeito da cinética de reações bi-moleculares.

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.

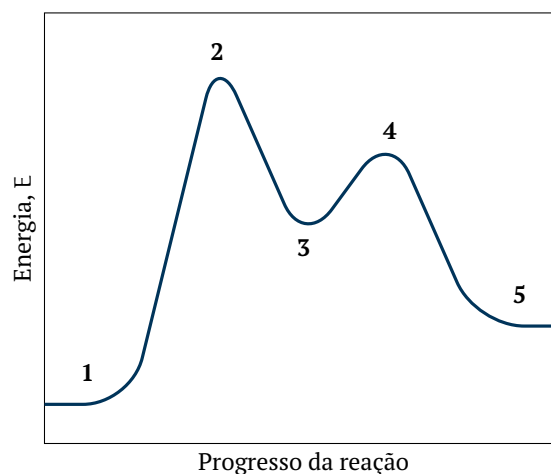
Assinale a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

- 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

Considere a reação catalisada descrita pelo mecanismo:



O perfil energético é:



Assinale a alternativa *correta*.

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

PROBLEMA 2.8

3E08

Considere as ações em um reator onde é conduzida a dimerização do NO_2 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.

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

PROBLEMA 2.9

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*.

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

PROBLEMA 2.10

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.

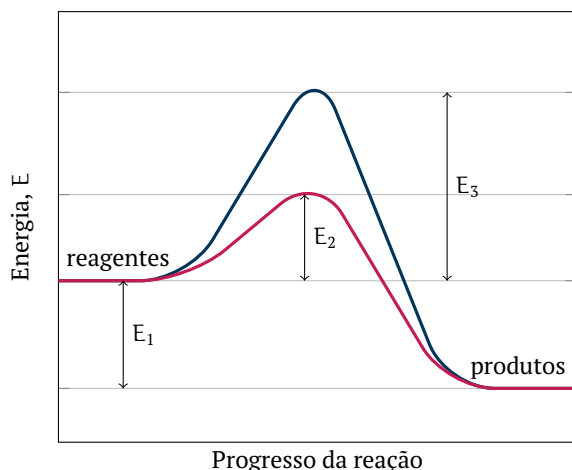
Assinale a alternativa *correta*.

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

PROBLEMA 2.11

3E12

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



Assinale a alternativa correta.

- A** A curva **A** representa a reação catalisada, que ocorre com absorção de calor.
- B** A curva **B** representa a reação catalisada, que ocorre com absorção de calor.
- C** A curva **A** representa a reação catalisada com energia de ativação dada por $E_1 + E_2$.
- D** A curva **B** representa a reação não catalisada, que ocorre com liberação de calor e a sua energia de ativação é dada por $E_3 + E_1$.
- E** 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 2.12

3E13

A energia de ativação da decomposição do peróxido de hidrogênio em 25°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.

- A** $2,8 \times 10^3$
- B** $2,8 \times 10^4$
- C** $2,8 \times 10^5$
- D** $2,8 \times 10^6$
- E** $2,8 \times 10^7$

PROBLEMA 2.13

3E14

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

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

- A** 54 kJ mol^{-1}
- B** 63 kJ mol^{-1}
- C** 72 kJ mol^{-1}
- D** 81 kJ mol^{-1}
- E** 90 kJ mol^{-1}

Nível II

PROBLEMA 2.14

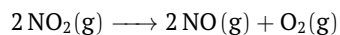
3E15

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 kJ mol^{-1} , integralmente utilizada rompimento de ligações de hidrogênio, de 5 kJ mol^{-1} . Na temperatura fisiológica, 37°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°C .

PROBLEMA 2.15
3E18

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



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

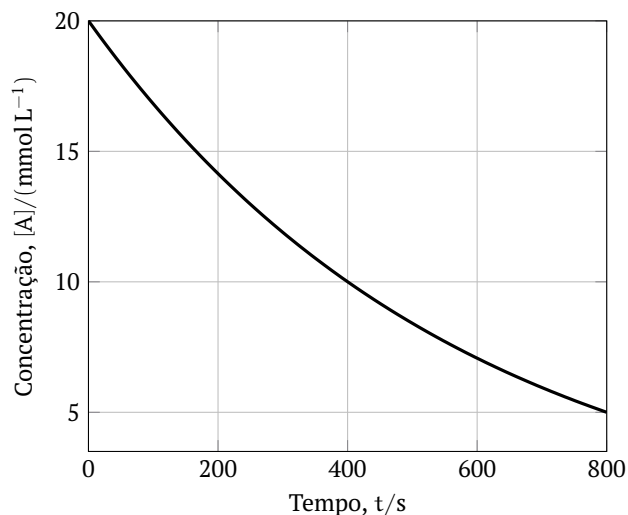
- Determine** a constante de velocidade para a decomposição do dióxido de nitrogênio a 500 K .
- Determine** o tempo necessário para que a pressão total do recipiente aumente para 3 atm .

PROBLEMA 2.16
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 / 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 $0,02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 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 2.17
3E21

O estudo da cinética da reação

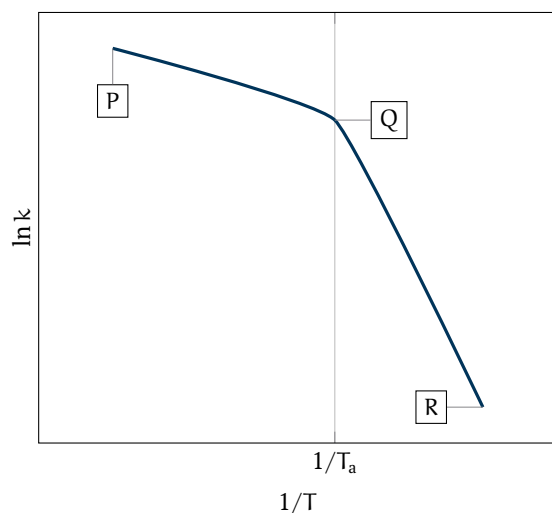


forneceu os dados:

$\text{O} \#$	T / K	$[\text{SO}_2] / \text{mM}$	$[\text{O}_3] / \text{mM}$	$v / (\text{mM s}^{-1})$
0	250	250	400	118
1	250	250	200	118
2	250	750	200	1062
3	400	500	300	1425

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

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



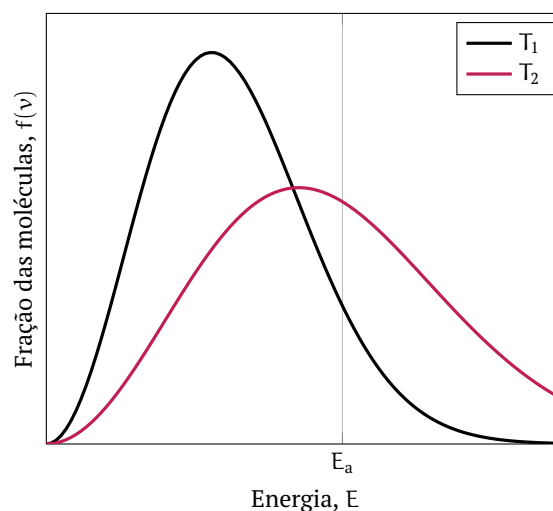
Considere as proposições.

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*.

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

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*.

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

PROBLEMA 2.20

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 2.21

3E23

Considere a reação reversível, em uma etapa:



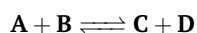
A constante de velocidade da reação direta de formação de B é $265 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$, e a constante da velocidade da reação inversa é $392 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$. A energia de ativação da reação direta é $39,7 \text{ kJ mol}^{-1}$ e a da reação inversa é $25,4 \text{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

- 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 2.22

3E24

Considere a reação reversível, em uma etapa:



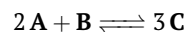
A constante de velocidade da reação direta é $52,4 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$, e a constante da velocidade da reação inversa é $32,1 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$. A energia de ativação da reação direta é $35,2 \text{ kJ mol}^{-1}$ e a da reação inversa é 44 kJ mol^{-1} .

- 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 2.23

3E25

Considere a reação reversível, em uma etapa:



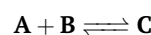
Essa reação possui energia de ativação 25 kJ mol^{-1} e fator de frequência $5,5 \times 10^{10} \text{ L}^2 \text{ mol}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Um experimento foi realizado a 300 K com $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ de A e $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ de B. O equilíbrio é atingido quando a concentração de C passa 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 2.24

3E26

Considere a reação reversível, em uma etapa:



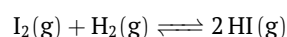
A constante de equilíbrio da reação direta é $K = 4$. A reação reversa possui energia de ativação $2,5 \text{ kJ mol}^{-1}$ e fator de frequência $2,72 \times 10^5 \text{ L}^2 \text{ mol}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Um experimento foi realizado a 300 K . No equilíbrio 25% da quantidade inicial de A foi convertida 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 2.25

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. **C**
2. **D**
3. **C**
4. **E**
5. **C**
6. **E**
7. **C**
8. **D**
9. **C**
10. **D**
11. **E**
12. **E**
13. **D**

Nível II

1. a. 80
b. 34 min
2. -
3. a. 100 kJ mol^{-1}
b. Primeira ordem
c. 55°C
4. a. $v = k[\text{SO}_2]^2$
b. 6 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