

# Neutralização

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensí, Coordenação de Química

[FALAR DE ÁCIDOS QUE SE DECOMPÕE EM GASES:  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ]

## 1 Os ácidos e as bases

Os primeiros químicos aplicavam o termo *ácido* a substâncias que tinham sabor azedo acentuado. O vinagre, por exemplo, contém ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . As soluções em água das substâncias que eram chamadas de *bases* ou **álcalis** eram reconhecidas pelo gosto de sabão. Felizmente, existem maneiras menos perigosas de reconhecer ácidos e bases. Os ácidos e as bases, por exemplo, mudam a cor de certos corantes conhecidos como indicadores. Um dos indicadores mais conhecidos é o tornassol, um corante vegetal obtido de um líquen. Soluções de ácidos em água deixam o tornassol vermelho, e as soluções de bases em água o deixam azul. Um instrumento eletrônico conhecido como *medidor de pH* permite identificar rapidamente uma solução como ácida ou básica:

- Uma leitura de pH abaixo de 7 ( $\text{pH} < 7$ ) é característica de uma **solução ácida**.
- Uma leitura acima de 7 ( $\text{pH} > 7$ ) é característica de uma **solução básica**.

### 1.1 Os ácidos e as bases em solução em água

### 1.2 Os ácidos e bases fortes e fracos

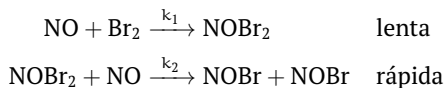
### 1.3 A neutralização

## 2 A análise volumétrica

Uma das técnicas de laboratório mais comuns de determinação da concentração de um soluto é a **titulação**. As titulações normalmente são **titulações ácido-base**, nas quais um ácido reage com uma base, ou titulações redox, nas quais ocorre reação entre um agente redutor e um oxidante. As titulações são muito usadas no controle da pureza da água, na determinação da composição do sangue e no controle de qualidade das indústrias de alimentos.

Em uma titulação, uma solução é adicionada gradativamente a outra, até a reação se completar. Um volume conhecido da solução a ser analisada, que é chamada de analito, é transferido para um frasco. Então, uma solução de concentração conhecida de reagente é vertida no frasco por uma bureta até que todo o analito tenha reagido. A solução contida na bureta é chamada de titulante, e a diferença das leituras dos volumes inicial e final na bureta dá o volume de titulante utilizado. A determinação da concentração ou

O seguinte mecanismo foi proposto para a reação entre o óxido nítrico e o bromo:



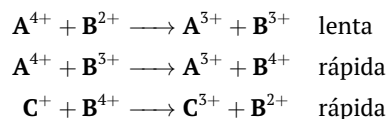
Assinale a alternativa com a lei de velocidade para essa reação.

- |  |  |
|--|--|
| <b>A</b> $v = k[\text{NO}]$                | <b>B</b> $v = k[\text{Br}_2]$            |
| <b>C</b> $v = k[\text{NO}]^2$              | <b>D</b> $v = k[\text{NO}][\text{Br}_2]$ |
| <b>E</b> $v = k[\text{NO}][\text{NOBr}_2]$ |  |

#### PROBLEMA 2.2

3F02

O seguinte mecanismo foi proposto.



Assinale a alternativa *incorreta*.

- A reação global é  $\text{C}^+ + 2\text{A}^{4+} \longrightarrow \text{C}^{3+} + 2\text{A}^{3+}$ .
- O cátion  $\text{B}^{2+}$  é catalisador da reação.
- Os cátions  $\text{B}^{3+}$  e  $\text{B}^{4+}$  são intermediários da reação.
- A lei de velocidade é  $v = k[\text{C}^+][\text{A}^{4+}]$ .
- A reação possui cinética de segunda ordem.

#### PROBLEMA 2.3

3F03

Considere as proposições.

- No equilíbrio, as constantes de velocidade das reações direta e inversa são iguais.
- A constante de equilíbrio de uma reação é igual à constante de velocidade da reação direta dividida pela constante de velocidade da reação inversa.
- Em uma reação que é uma série de etapas de equilíbrio, a constante de equilíbrio total é igual ao produto de todas as constantes de velocidade das reações diretas dividido pelo produto de todas as constantes de velocidade das reações inversas.
- O aumento da concentração de um produto aumenta a velocidade da reação inversa e, por isso, a velocidade da reação direta também tem de aumentar.

Assinale a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

#### PROBLEMA 2.1

3F01

## Nível I

A 2

B 3

C 2 e 3

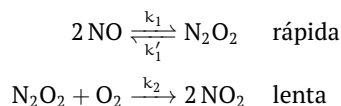
D 1, 2 e 3

E 2, 3 e 4

## PROBLEMA 2.4

3F05

O seguinte mecanismo foi proposto para a reação entre o óxido nítrico e o oxigênio:



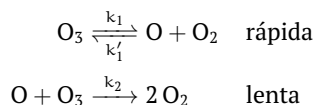
Assinale a alternativa com a lei de velocidade para essa reação.

A  $v = k_1[\text{NO}]$ B  $v = \frac{k_1}{k_2}[\text{O}_2]$ C  $v = k_1[\text{NO}]^2$ D  $v = \frac{k_1 k_2}{k_1'}[\text{O}_2][\text{NO}]$ E  $v = \frac{k_1 k_2}{k_1'}[\text{O}_2][\text{NO}]^2$ 

## PROBLEMA 2.5

3F06

O seguinte mecanismo foi proposto para a reação de decomposição do ozônio:



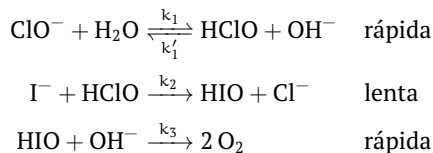
Assinale a alternativa com a lei de velocidade para essa reação.

A  $v = k_1[\text{O}_3]$ B  $v = \frac{k_1}{k_2}[\text{O}_2]$ C  $v = k_1[\text{O}_3]^2$ D  $v = \frac{k_1 k_2}{k_1'}[\text{O}_3][\text{O}_2]$ E  $v = \frac{k_1 k_2}{k_1'} \frac{[\text{O}_3]^2}{[\text{O}_2]}$ 

## PROBLEMA 2.6

3F07

O seguinte mecanismo foi proposto para a reação de decomposição do ozônio:



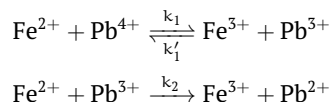
Assinale a alternativa com a lei de velocidade de formação do HIO.

A  $v = k_1[\text{ClO}^-][\text{H}_2\text{O}]$ B  $v = \frac{k_1}{k_2}[\text{ClO}^-][\text{I}^-]$ C  $v = \frac{k_1 k_2}{k_1'}[\text{ClO}^-][\text{I}^-]$ D  $v = \frac{k_1 k_2}{k_1'} \frac{[\text{I}^-][\text{ClO}^-]}{[\text{OH}^-]}$ E  $v = \frac{k_1 k_2}{k_1'} \frac{[\text{I}^-][\text{ClO}^-][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{OH}^-]}$ 

## PROBLEMA 2.7

3F08

O seguinte mecanismo foi proposto para a reação de decomposição do ozônio:



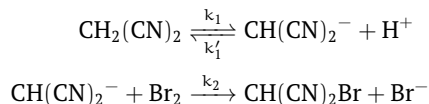
Assinale a alternativa com a lei de velocidade de formação do  $\text{Fe}^{3+}$ .

A  $v = 2k_1[\text{Fe}^{2+}]^2[\text{Pb}^{4+}]$ B  $v = \frac{2k_1 k_2}{k_1'} \frac{[\text{Fe}^{2+}]^2[\text{Pb}^{4+}]}{[\text{Fe}^{3+}]}$ C  $v = \frac{2k_1 k_2 [\text{Fe}^{2+}]^2 [\text{Pb}^{4+}]}{k_1' [\text{Fe}^{3+}] + k_2 [\text{Fe}^{2+}]}$ D  $v = \frac{2k_1 k_2 [\text{Fe}^{2+}] [\text{Pb}^{4+}]^2}{k_1' [\text{Fe}^{3+}] + k_2 [\text{Fe}^{2+}]}$ E  $v = \frac{2k_1 k_2 [\text{Fe}^{2+}]^2 [\text{Pb}^{4+}]}{k_2 [\text{Fe}^{3+}] + k_1' [\text{Fe}^{2+}]}$ 

## PROBLEMA 2.8

3F09

O seguinte mecanismo foi proposto para a reação de diciano-metano com bromo molecular:



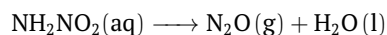
Assinale a alternativa com a lei de velocidade da reação.

A  $v = k_1[\text{CH}_2(\text{CN})_2]$ B  $v = \frac{k_1 k_2}{k_1'} \frac{[\text{CH}_2(\text{CN})_2][\text{Br}_2]}{[\text{H}^+]}$ C  $v = \frac{k_1 k_2 [\text{CH}_2(\text{CN})_2][\text{Br}_2]}{k_2 [\text{Br}_2] + k_1' [\text{H}^+]}$ D  $v = \frac{k_1 k_2 [\text{CH}_2(\text{CN})_2]^2 [\text{Br}_2]}{k_2 [\text{Br}_2] + k_1' [\text{H}^+]}$ E  $v = \frac{k_1 k_2 [\text{CH}_2(\text{CN})_2][\text{Br}_2]}{k_1' [\text{Br}_2] + k_2 [\text{H}^+]}$ 

## PROBLEMA 2.9

3F10

Considere a reação de decomposição da nitramida em solução aquosa:

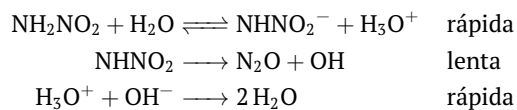


Essa reação possui lei de velocidade:

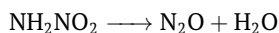
$$v = k \frac{[\text{NH}_2\text{NO}_2]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

Três mecanismos foram propostos para a reação de decomposição da nitramida em solução aquosa.

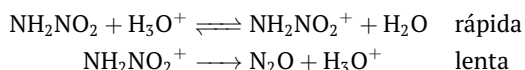
Mecanismo 1



Mecanismo 2



Mecanismo 3



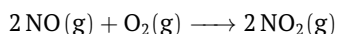
**Assinale** a alternativa que relaciona os mecanismos compatíveis com a lei de velocidade experimental.

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

#### PROBLEMA 2.10

3F11

Considere a reação de oxidação do óxido nítrico:

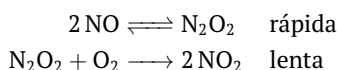


Essa reação possui lei de velocidade:

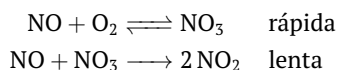
$$v = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$$

Três mecanismos foram propostos para a reação de decomposição da nitramida em solução aquosa.

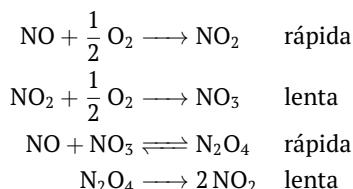
Mecanismo 1



Mecanismo 2



Mecanismo 3



**Assinale** a alternativa que relaciona os mecanismos compatíveis com a lei de velocidade experimental.

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

#### PROBLEMA 2.11

3F14

Computadores químicos são sistemas desenvolvidos para resolver diversos problemas de ciência e engenharia, por reações químicas. Um exemplo de aplicação desses computadores é o desenvolvimento de circuitos de controle molecular e procedimentos terapêuticos inteligentes utilizando um conjunto de velocidades de reações químicas como linguagem de programação para controlar a síntese de DNA.

**Assinale** a alternativa com o conceito que melhor descreve o princípio de funcionamento do computador químico exemplificado.

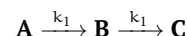
- A** Primeira lei da termodinâmica  
**B** Mecanismos reacionais  
**C** Entalpia de formação  
**D** Princípio de Le Chatelier  
**E** Energia de ativação

## Nível II

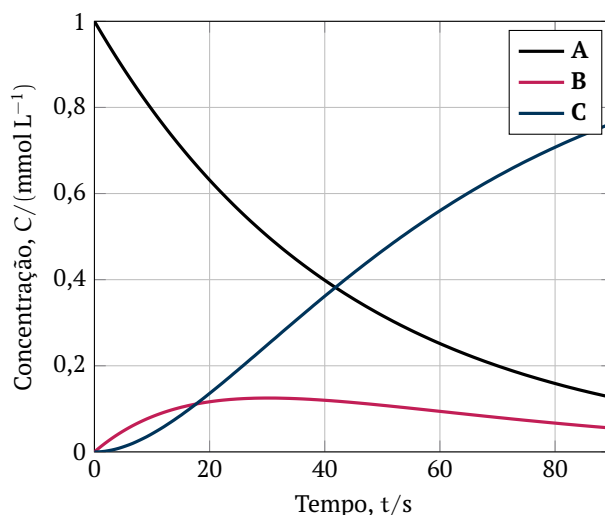
#### PROBLEMA 2.12

3F15

Uma amostra contendo inicialmente apenas a espécie **A** sofre uma seqüência de reações,



A reação é realizada sob temperatura constante em um reator de volume fixo.



**Assinale** a alternativa *incorreta*.

- A** O tempo de meia-vida para o consumo de **A** é 30 min.  
**B** A constante de velocidade para a transformação de **A** em **B** é  $0,023\text{min}^{-1}$ .  
**C** A velocidade de formação de **C** é a mesma que a de decomposição de **B**.  
**D** A constante  $k_1$  é menor que a constante  $k_2$ .  
**E** O valor máximo para a fração molar de **B** é atingido quando sua velocidade de formação é igual à velocidade de formação de **C**.

**PROBLEMA 2.13**
**3F17**

Considere a reação de oxidação do óxido nítrico:

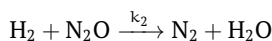
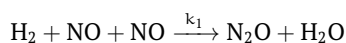


Os resultados a seguir foram obtidos no estudo da cinética dessa reação:

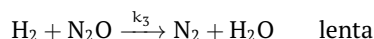
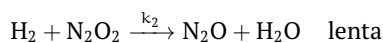
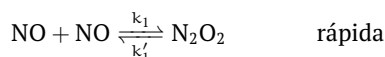
( #	$P_{\text{H}_2}$ /Torr	$P_{\text{NO}}$ /Torr	$v_{\text{N}_2}$ /(Torr s <sup>-1</sup> )
1	289	400	1,60
2	147	400	0,77
3	400	300	1,03
4	400	152	0,25

Dois mecanismos foram propostos para a reação de decomposição da nitramida em solução aquosa.

Mecanismo 1



Mecanismo 2

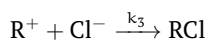
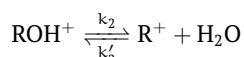
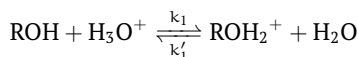


a. **Determine** a lei de velocidade experimental para a reação.

b. **Determine** qual dos mecanismos é mais plausível.

**PROBLEMA 2.14**
**3F19**

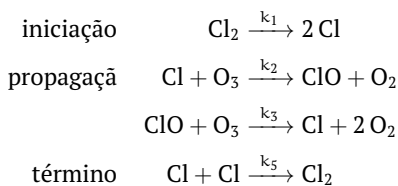
O seguinte mecanismo foi proposto para a reação de substituição entre 2-metilpropan-2-ol, ROH e cloreto formando 2-cloro-2-metilpropano RCl.



**Determine** a lei de velocidade para essa reação.

**PROBLEMA 2.15**
**3F20**

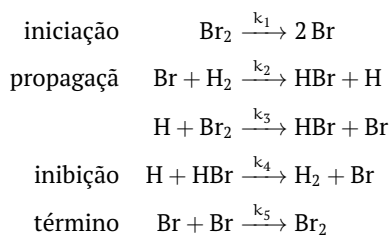
O seguinte mecanismo foi proposto para a reação entre gás cloro e ozônio.



**Determine** a lei de velocidade para essa reação.

**PROBLEMA 2.16**
**3F21**

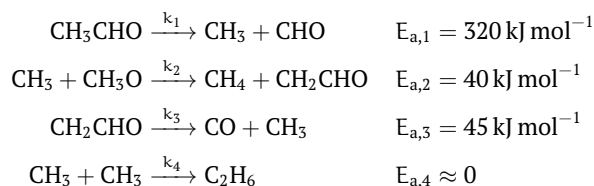
O seguinte mecanismo foi proposto para a reação entre gás hidrogênio e bromo.



**Determine** a lei de velocidade para essa reação.

**PROBLEMA 2.17**
**3F22**

O mecanismo de Rice-Herzfeld para a decomposição térmica do acetaldeído é:

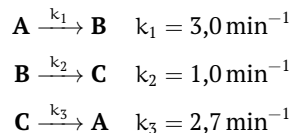


a. **Determine** a lei de velocidade para essa reação.

b. **Determine** a energia de ativação efetiva dessa reação.

**PROBLEMA 2.18**
**3F26**

Em fase gasosa uma reação ocorre conforme o seguinte mecanismo a 300 K:



A energia de ativação para a formação de **C** é 10 kJ mol<sup>-1</sup> maior que a energia de ativação para a formação de **B** e que a energia de ativação para a formação de **A** é 10 kJ mol<sup>-1</sup> menor que a energia de ativação para a formação de **B**. Em um experimento, as pressões de **A**, **B** e **C** são 50 kPa, 80 kPa e 8 kPa, respectivamente. Após o equilíbrio ser atingido o sistema é aquecido até 400 K.

a. **Determine** a composição do equilíbrio a 300 K.

b. **Determine** a composição do equilíbrio a 400 K.

**PROBLEMA 2.19**
**3F27**

A reação de isomerização do cis-but-2-eno formando trans-but-2-eno, mais estável por 4 kJ mol<sup>-1</sup>, ocorre em fase gasosa em uma única etapa com energia de ativação de 264 kJ mol<sup>-1</sup>. O mecanismo proposto para a reação catalisada é baseado em cinco etapas:

1. Dissociação do iodo molecular.
2. Um dos átomos de iodo é adicionado a um dos átomos de carbono com ligação dupla. O sistema molecular formado encontra-se a 118 kJ mol<sup>-1</sup> acima dos reagentes.

3. Uma das extremidades da molécula sofre torção livre em relação à outra extremidade. A energia do sistema molecular após a torção continua a  $118 \text{ kJ mol}^{-1}$  acima dos reagentes.
4. O átomo de iodo ligado ao carbono dissocia-se do sistema molecular intermediário e a ligação dupla é formada novamente no isômero trans. Esse processo libera  $47 \text{ kJ mol}^{-1}$  de energia.
5. Formação do iodo molecular, liberando  $75 \text{ kJ mol}^{-1}$  de energia.

Baseado nessas informações:

- a. **Apresente** as reações químicas que ocorrem em cada etapa da reação catalisada para formar a reação global.
- b. **Esboce** os perfis de energia para a reação de isomerização com e sem a presença de catalisador.
- c. **Apresente** a lei de velocidade para a reação catalisada.

## Gabarito

### Nível I

1. **D**
2. **D**
3. **C**
4. **E**
5. **E**
6. **E**
7. **C**
8. **C**
9. **A**
10. **D**
11. **B**

### Nível II

1. **D**
2. a.  $v = k[\text{H}_2]^2[\text{NO}]$   
b. Percebe-se com base na molecularidade das etapas elementares que o mecanismo 2 é mais plausível, visto que todas as etapas desse mecanismo são bimoleculares. A primeira etapa do mecanismo 1 supõe uma colisão termolecular, tornando essa proposta menos provável.
3. 
$$v = \frac{k_a[\text{ROH}][\text{H}_3\text{O}^+][\text{I}^-]}{k_b[\text{ROH}] + k_c[\text{I}^-]}$$
4. 
$$v = 2k_2[\text{O}_3]\sqrt{\frac{k_1[\text{Cl}_2]}{k_4}}$$
5. 
$$v = \frac{k_a[\text{H}_2][\text{Br}_2]^{5/2}}{[\text{Br}_2] + k_b[\text{HBr}]}$$
6. a. 
$$v = k_2\sqrt{\frac{k_1}{k_4}}[\text{CH}_3\text{CHO}]^{3/2}$$
  
b.  $200 \text{ kJ mol}^{-1}$
7. a.  $P_A = 27 \text{ kPa}$ ,  $P_B = 81 \text{ kPa}$ ,  $P_C = 30 \text{ kPa}$   
b.  $P_A = 36 \text{ kPa}$ ,  $P_B = 40 \text{ kPa}$ ,  $P_C = 108 \text{ kPa}$
8. -