

# Energia de Ativação

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensj, Coordenação de Química



## 1 Reações Elementares

1. Mecanismos reacionais.
2. Molecularidade.
3. Leis de velocidade de reações elementares.

**Ponto para pensar** Qual é a ordem da reação da pipoca?

### 1.0.1 Habilidades

- a. **Classificar** uma reação quanto a sua molecularidade.
- b. **Determinar** a lei de velocidade para uma reação elementar.

## 2 Energia de Ativação

1. Velocidade de reação e temperatura.
2. Energia de Ativação.
3. Equação de Arrhenius:

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

4. Constante cinética e temperatura:

$$\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right) = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

5. Linearização:  $\ln(k) \times 1/T$ .

### 2.0.1 Habilidades

- a. **Calcular** a constante cinética em diferentes temperaturas.

## 3 Teoria das Colisões

1. Frequência de colisões.
2. Fator estérico.
3. Velocidade de reação e área superficial.

### 3.0.1 Habilidades

- a. **Comparar** a velocidade de reação com diferentes áreas superficiais.

## 4 Teoria do Complexo Ativado

1. Perfil energético da reação.
2. Intermediários e estados de transição.

### 4.0.1 Habilidades

- a. **Identificar** os intermediários e estados de transição no perfil energético da reação.
- b. **Determinar** a energia e energia de ativação de uma reação a partir do perfil energético da reação.

## 5 Catálise

1. Mecanismos de atuação do catalisador.
2. Catálise homogênea e heterogênea.
3. Velocidade da reação catalisada.
4. Perfil energético da reação catalisada.
5. Catálise enzimática.

### 5.0.1 Habilidades

- a. **Calcular** a velocidade de uma reação catalisada em função de sua nova energia de ativação.
- b. **Classificar** um catalisador como homogêneo ou heterogêneo.

## Nível I

### PROBLEMA 5.1

3I01

Uma amostra de 15 mL de uma solução de hidróxido de bário foi titulada com 5 mL de uma solução  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  em ácido fosfórico.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da concentração da solução de hidróxido de bário.

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>A</b> $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ | <b>B</b> $0,02 \text{ mol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $0,03 \text{ mol L}^{-1}$ | <b>D</b> $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ |                                    |

## PROBLEMA 5.2

3I02

Uma amostra de 10 mL de uma solução de ácido sulfúrico foi titulada com 40 mL de uma solução  $2 \text{ mol L}^{-1}$  em hidróxido de sódio.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da concentração da solução de ácido sulfúrico.

- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>A</b> $1 \text{ mol L}^{-1}$ | <b>B</b> $2 \text{ mol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $3 \text{ mol L}^{-1}$ | <b>D</b> $4 \text{ mol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $5 \text{ mol L}^{-1}$ |                                 |

## PROBLEMA 5.3

3I03

Uma amostra de 50 mL de um vinho de mesa branco foi titulada com 20 mL de uma solução de  $0,04 \text{ mol L}^{-1}$  em hidróxido de sódio para alcançar o ponto final com fenolftaleína. Considere que toda a acidez do vinho é devido ao ácido tartárico.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da massa de ácido tartárico em 100 mL de vinho.

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| <b>A</b> 120 mg | <b>B</b> 180 mg |
| <b>C</b> 240 mg | <b>D</b> 300 mg |
| <b>E</b> 360 mg |                 |

## PROBLEMA 5.4

3I04

Uma amostra de 700 mg de tetraborato de sódio  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  impuro foi titulada 30 mL de uma solução  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  em ácido clorídrico, formando  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da pureza da amostra de tetraborato de sódio.

- |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| <b>A</b> 51% | <b>B</b> 61% | <b>C</b> 71% |
| <b>D</b> 81% | <b>E</b> 91% |              |

## PROBLEMA 5.5

3I05

Uma amostra de 6,5 g de um ácido diprótico foi titulada com 100 mL de uma solução  $1 \text{ mol L}^{-1}$  em hidróxido de sódio.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da massa molar do ácido.

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A</b> $110 \text{ g mol}^{-1}$ | <b>B</b> $120 \text{ g mol}^{-1}$ |
| <b>C</b> $130 \text{ g mol}^{-1}$ | <b>D</b> $140 \text{ g mol}^{-1}$ |
| <b>E</b> $150 \text{ g mol}^{-1}$ |                                   |

## PROBLEMA 5.6

3I06

Uma amostra de 0,192 g de ácido cítrico,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ , foi dissolvida em 25 mL de água destilada. A solução foi titulada com 30 mL de uma solução  $1 \text{ mol L}^{-1}$  em hidróxido de sódio.

**Assinale** a alternativa com o número de hidrogênios ionizáveis no ácido cítrico.

- |            |            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>A</b> 1 | <b>B</b> 2 | <b>C</b> 3 | <b>D</b> 4 | <b>E</b> 5 |
|------------|------------|------------|------------|------------|

## PROBLEMA 5.7

3I07

Uma amostra de 0,177 g de um composto orgânico contendo carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio sofreu combustão completa formando 0,264 g de  $\text{CO}_2$  e 0,135 g de água. Em outro experimento, todo o nitrogênio em uma amostra de mesma massa foi integralmente convertido em amônia. A solução de amônia resultante foi titulada com 3 mL de uma solução  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  de ácido sulfúrico.

**Determine** a fórmula mínima do composto orgânico.

## Nível II

## PROBLEMA 5.8

3I08

Uma amostra de 50 g de uma solução 4% em hidróxido de sódio é misturada com 50 g de uma solução 1,82% em ácido clorídrico em um calorímetro adiabático a  $20^\circ\text{C}$ . A temperatura da solução aumenta para  $23,4^\circ\text{C}$ . Em seguida, 70 g de uma solução 3,5% em ácido sulfúrico são adicionados à solução.

**Determine** a temperatura da solução após a adição do ácido sulfúrico.

## PROBLEMA 5.9

3I09

Duas buretas, **A** e **B**, são drenadas simultaneamente em um béquer contendo 275 mL de uma solução  $0,3 \text{ mol L}^{-1}$  em ácido clorídrico. A bureta **A** contém hidróxido de sódio  $0,15 \text{ mol L}^{-1}$  e a bureta **B** contém hidróxido de potássio  $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ . O ponto estequiométrico é atingido 60,25 min após o início da drenagem. Neste instante, o volume do béquer é de 655 mL.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da vazão volumétrica da bureta **B**.

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>A</b> $1,2 \text{ mL min}^{-1}$ | <b>B</b> $2,6 \text{ mL min}^{-1}$ |
| <b>C</b> $4,2 \text{ mL min}^{-1}$ | <b>D</b> $6,1 \text{ mL min}^{-1}$ |
| <b>E</b> $8,4 \text{ mL min}^{-1}$ |                                    |

## PROBLEMA 5.10

3I10

Uma amostra com 0,3 g de carbonato de sódio foi tratada com 40 mL de ácido perclórico diluído. A solução foi fervida para remover o  $\text{CO}_2$ . O excesso de  $\text{HClO}_4$  foi retrotitulado com 10 mL de uma solução de hidróxido de sódio. Em um experimento separado, 30 mL da solução de ácido perclórico foram titulados com 25 mL da solução de hidróxido de sódio.

- Determine a concentração da solução de ácido perclórico.
- Determine a concentração da solução de hidróxido de sódio.

## PROBLEMA 5.11

3I11

Uma massa de 0,14 g de uma amostra de carbonato purificado foi dissolvida em 50 mL de uma solução  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  em ácido clorídrico e aquecida para eliminar o  $\text{CO}_2$ . O excesso de ácido clorídrico foi retrotitulado com 24 mL de hidróxido de sódio  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ .

Identifique o carbonato.

## PROBLEMA 5.12

3I12

Uma amostra de 500 mL de uma solução de ácido sulfúrico foi tratada com 50 mL de uma solução  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  em hidróxido de sódio. O excesso de  $\text{NaOH}$  foi retrotitulado com 13 mL de uma solução  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  de ácido clorídrico.

Determine a concentração da solução de ácido sulfúrico.

## PROBLEMA 5.13

3I13

Uma amostra de 700 mg de farinha de trigo foi analisada pelo método Kjeldahl. Neste método, a amostra é decomposta em meio de ácido sulfúrico concentrado a quente para converter o nitrogênio das proteínas em íons amônio. A amônia formada pela adição de uma base concentrada após a digestão com  $\text{H}^+\text{SO}_4$  foi destilada em 25 mL de uma solução  $0,05 \text{ mol dm}^{-3}$  em  $\text{HCl}$ . O excesso de  $\text{HCl}$  foi retrotitulado com 5 mL de uma solução  $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  em hidróxido de sódio. Considere que o nitrogênio representa 20% da massa da proteína.

Determine fração de proteína na farinha.

## PROBLEMA 5.14

3I14

O *Index Merck* indica que 10 mg de guanidina,  $\text{CH}_5\text{N}_3$ , pode ser administrada para cada quilograma de peso corporal no tratamento da miastenia grave. O nitrogênio em uma amostra de quatro tablets, que pesou um total de 7,5 g, foi convertido em amônia, seguida por destilação em 100 mL de uma solução  $0,175 \text{ mol L}^{-1}$  em  $\text{HCl}$ . O excesso de ácido foi retrotitulado com 12 mL de uma solução  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  em hidróxido de sódio.

Determine o número de tablets que representam uma dose apropriada para um paciente de 70 kg.

## PROBLEMA 5.15

3I15

O ingrediente ativo na Antabuse, uma droga usada no tratamento de alcoolismo crônico, é o dissulfeto de tetraetiluram,  $\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{S}_4$ . O enxofre em 600 mg de uma amostra para preparação de Antabuse foi oxidado a  $\text{SO}_2$ , o qual foi absorvido em  $\text{H}_2\text{O}_2$  para gerar  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . O ácido foi titulado com 20 mL de hidróxido de sódio  $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ .

Assinale a alternativa que mais se aproxima da fração mássica do princípio ativo na preparação.

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| A 5%  | B 10% | C 15% |
| D 20% | E 25% |       |

## PROBLEMA 5.16

3I16

Foi borbulhado ar em CNTP a  $30,0 \text{ L min}^{-1}$  por uma solução com 75 mL de uma solução a 1% de peróxido de hidrogênio. O  $\text{H}_2\text{O}_2$  converte o  $\text{SO}_2$  do ar em ácido sulfúrico. Após dez minutos o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  foi titulado com 10 mL de uma solução  $0,002 \text{ mol L}^{-1}$  em hidróxido de sódio.

- Determine a concentração de  $\text{SO}_2$  no ar em partes por milhão.

## PROBLEMA 5.17

3I17

Uma amostra de 0,8 g de dimetilftalato foi colocada em refluxo com 50 mL de uma solução  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  em hidróxido de sódio, hidrolisando os grupos éster. O excesso de hidróxido de sódio foi retrotitulado com 30 mL de uma solução  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  em ácido clorídrico.

Determine a pureza da amostra de dimetilftalato.

## PROBLEMA 5.18

3I18

Uma mistura sólida é composta de carbonato de sódio e bicarbonato de sódio. A dissolução completa de 2 g dessa mistura requer 60 mL de uma solução aquosa  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  de ácido clorídrico.

Assinale a alternativa que mais se aproxima da massa de carbonato de sódio na amostra.

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| A 0,4 g | B 0,7 g | C 0,9 g |
| D 1,1 g | E 1,3 g |         |

Uma amostra com 1,22 g de hidróxido de potássio comercial contaminado com  $K_2CO_3$  foi dissolvida em água e a solução resultante foi diluída a 500 mL. Uma alíquota de 50 mL dessa solução foi tratada com 40 mL de uma solução  $0,05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  em ácido clorídrico e aquecida para remover o  $CO_2$ . O excesso de ácido foi retrotitulado com 5 mL de uma solução  $0,05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  em hidróxido de sódio até o ponto final, com o indicador fenolftaleína. Em outro experimento, um excesso de cloreto de bário foi adicionado em outra alíquota de 50 mL da solução, formando um precipitado. A solução resultante foi então titulada com 30 mL de ácido até o ponto final, com o indicador fenolftaleína.

- Determine a fração de hidróxido de potássio na amostra.
- Determine a fração de carbonato de potássio na amostra.

Uma amostra de 3 L de ar em CNTP de um ambiente urbano foi borbulhada em 50 mL uma solução  $0,0116 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  em hidróxido de bário, formando um precipitado. O excesso de base foi retrotitulado até o ponto final da fenolftaleína com 24 mL de ácido clorídrico  $0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

- Determine a concentração de  $CO_2$  no ar em partes por milhão.

## Gabarito

### Nível I

- E
- D
- C
- 
- C
- C
- 

### Nível II

- $24^\circ\text{C}$
- C
- 
- $CrCO_3$
- 
- 10%
- 
- B
- 
- 
- C
- 
-