

# Propriedades Coligativas

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensí, Coordenação de Química



## 1 Efeito Criscópico e Ebulioscópico

1. Soluções ideais.
2. Efeito do soluto na temperatura de fusão e ebulição.
3. Crioscopia:

$$\Delta T_{\text{fus}} = -k_c w_i$$

4. Ebulioscopia:

$$\Delta T_{\text{eb}} = k_b w_i$$

### 1.0.1 Habilidades

- a. **Calcular** a concentração de soluto com base na temperatura de congelamento ou ebulição.
- b. **Calcular** o grau de ionização do soluto com base na temperatura de congelamento ou ebulição.
- c. **Calcular** massa molar do soluto por crioscopia e ebulioscopia.

## 2 Osmose

1. Pressão osmótica:
$$\Pi = iRTc$$
2. Solução hipotônicas, isotônicas e hipertônicas.
3. Osmometria.
4. Osmose reversa.

### 2.0.1 Habilidades

- a. **Calcular** massa molar do soluto por osmometria.

## Nível I

### PROBLEMA 2.1

2F01

Em uma amostra de água do mar dissolve-se um pouco de sacarose. Considere as proposições.

1. A pressão de vapor da água diminui.
2. A pressão osmótica da solução aumenta.
3. A condutividade elétrica da solução permanece praticamente inalterada.
4. A temperatura de congelamento diminui.

**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 2.2

2F02

Considere as seguintes afirmações sobre equilíbrio de fases e propriedades coligativas.

1. A adição de um soluto não volátil a um solvente puro, em uma dada temperatura constante, sempre provoca uma diminuição na pressão de vapor.
2. O valor absoluto do abaixamento no ponto de congelamento de uma solução é menor se o soluto dimeriza parcialmente no solvente, comparado ao sistema nas mesmas condições em que não há a dimerização do soluto.
3. A pressão osmótica é a pressão exercida pelas moléculas de soluto sob uma membrana semipermeável.
4. Uma mistura formada por duas substâncias nunca solidifica inteiramente em uma única temperatura.

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

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

### PROBLEMA 2.3

2F03

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da temperatura de ebulição de uma solução  $2 \text{ mol kg}^{-1}$  de sacarose,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| <b>A</b> $99^\circ\text{C}$  | <b>B</b> $99^\circ\text{C}$  |
| <b>C</b> $100^\circ\text{C}$ | <b>D</b> $101^\circ\text{C}$ |
| <b>E</b> $102^\circ\text{C}$ |                              |

**Dados**

- $k_b(\text{H}_2\text{O}) = 0,51 \text{ K kg mol}^{-1}$

## PROBLEMA 2.4

2F04

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da temperatura de congelamento de uma solução  $0,2 \text{ mol kg}^{-1}$  do analgésico codeína,  $\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{NO}_3$ , em benzeno.

- A  $4,0^\circ\text{C}$                       B  $4,5^\circ\text{C}$   
 C  $5,0^\circ\text{C}$                       D  $6,0^\circ\text{C}$   
 E  $6,5^\circ\text{C}$

## Dados

- $k_b(\text{C}_6\text{H}_6) = 5,12 \text{ K kg mol}^{-1}$
- $T_{\text{fus}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 5,5^\circ\text{C}$

## PROBLEMA 2.5

2F05

A adição de  $0,24 \text{ g}$  de enxofre a  $100 \text{ g}$  de tetracloreto de carbono abaixa o ponto de congelamento do solvente em  $0,28^\circ\text{C}$ . **Assinale** a alternativa com a fórmula molecular das moléculas de enxofre.

- A  $\text{S}_2$                       B  $\text{S}_4$                       C  $\text{S}_6$   
 D  $\text{S}_8$                       E  $\text{S}_{12}$

## Dados

- $k_b(\text{CCl}_4) = 29,8 \text{ K kg mol}^{-1}$

## PROBLEMA 2.6

2F06

A adição de  $250 \text{ mg}$  de eugenol, o composto responsável pelo odor do óleo de cravo-da-índia, a  $100 \text{ g}$  de cânfora, abaixa o ponto de congelamento do solvente em  $0,62^\circ\text{C}$ .

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

- A  $120 \text{ g mol}^{-1}$                       B  $140 \text{ g mol}^{-1}$   
 C  $160 \text{ g mol}^{-1}$                       D  $180 \text{ g mol}^{-1}$   
 E  $200 \text{ g mol}^{-1}$

## Dados

- $k_b(\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}) = 39,7 \text{ K kg mol}^{-1}$

## PROBLEMA 2.7

2F07

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da temperatura de ebulição de uma solução  $2 \text{ mol kg}^{-1}$  de cloreto de cálcio.

- A  $102^\circ\text{C}$                       B  $104^\circ\text{C}$   
 C  $106^\circ\text{C}$                       D  $108^\circ\text{C}$   
 E  $110^\circ\text{C}$

## Dados

- $k_b(\text{H}_2\text{O}) = 0,51 \text{ K kg mol}^{-1}$

## PROBLEMA 2.8

2F08

Uma solução de sacarose foi dividida em duas amostras. A primeira amostra foi imediatamente resfriada, sendo  $-1^\circ\text{C}$  a temperatura de início de solidificação. Algumas gotas de ácido clorídrico foram adicionadas à segunda amostra e essa foi aquecida a  $90^\circ\text{C}$  por um período de 24 horas, hidrolisando integralmente a sacarose em glicose e frutose. A segunda solução possui temperatura de congelamento  $-2^\circ\text{C}$ .

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da temperatura de fusão do solvente.

- A  $0^\circ\text{C}$                       B  $1^\circ\text{C}$                       C  $2^\circ\text{C}$   
 D  $3^\circ\text{C}$                       E  $4^\circ\text{C}$

## PROBLEMA 2.9

2F09

Considere as soluções aquosas.

1.  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{KCl}$
2.  $0,3 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{SO}_4$
3.  $0,3 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O}_{11}$
4.  $0,6 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

**Assinale** a alternativa com a ordem de pressão osmótica a  $20^\circ\text{C}$ .

- A  $1 < 3 < 4 < 2$                       B  $3 < 1 < 4 < 2$   
 C  $1 < 4 < 3 < 2$                       D  $1 < 3 < 2 < 4$   
 E  $1 < 2 \approx 3 < 4$

**PROBLEMA 2.10**
**2F10**

A pressão osmótica devido a 2,2 g de polietileno (PE) dissolvido no benzeno necessário para produzir 100 mL de solução foi 1,1 kPa a 25 °C.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da massa molar média de polietileno.

- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>A</b> 29 kg mol <sup>-1</sup> | <b>B</b> 39 kg mol <sup>-1</sup> |
| <b>C</b> 49 kg mol <sup>-1</sup> | <b>D</b> 59 kg mol <sup>-1</sup> |
| <b>E</b> 69 kg mol <sup>-1</sup> |                                  |

**PROBLEMA 2.11**
**2F11**

A catalase, uma enzima do fígado, é solúvel em água. A pressão osmótica de 10 mL de uma solução que contém 166 mg de catalase é 1,2 Torr em 20 °C.

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

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A</b> 2,0 kg mol <sup>-1</sup> | <b>B</b> 2,5 kg mol <sup>-1</sup> |
| <b>C</b> 3,0 kg mol <sup>-1</sup> | <b>D</b> 3,5 kg mol <sup>-1</sup> |
| <b>E</b> 4,0 kg mol <sup>-1</sup> |                                   |

## Nível II

**PROBLEMA 2.12**
**2F13**

Considere as soluções aquosas.

- 10 mmol L<sup>-1</sup> de HF
- 10 mmol L<sup>-1</sup> de HCl
- 10 mmol L<sup>-1</sup> de HBr
- 10 mmol L<sup>-1</sup> de HI

**Assinale** a alternativa com a ordem de pressão osmótica a 20 °C.

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

**PROBLEMA 2.13**
**2F14**

Em um experimento de determinação da massa molar usando o abaixamento do ponto de congelamento, é possível cometer os seguintes erros.

1. Havia poeira na balança, o que fez a massa do soluto parecer maior do que é de fato.
2. A água foi medida em volume, pressupondo que sua densidade fosse 1 g cm<sup>-3</sup>, mas a água estava mais quente e menos densa do que o considerado.
3. O termômetro não foi calibrado com precisão e, por essa razão, o ponto de congelamento real é 0,5 °C superior ao registrado.
4. A solução não foi agitada o suficiente, e o soluto não dissolveu totalmente.

**Assinale** a alternativa que relaciona os erros que resultariam em uma massa molar calculada *superior* ao valor real.

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

**PROBLEMA 2.14**
**2F15**

Uma amostra de 10 g de um composto orgânico é dissolvida em 80 g de benzeno. O ponto de congelamento da solução é 1,2 °C. Em outro experimento, a queima do mesmo composto orgânico com excesso de oxigênio formou 528 mg de dióxido de carbono, 36 mg de água e 146 mg de ácido clorídrico.

- Determine a massa molar do composto.
- Determine a fórmula molecular do composto.

**Dados**

- $k_b(\text{C}_6\text{H}_6) = 5,12 \text{ K kg mol}^{-1}$
- $T_{\text{fus}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 5,5 \text{ °C}$

**PROBLEMA 2.15**
**2F16**

Uma amostra de 20 g de uma mistura de sacarose, C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>, e cloreto de sódio é dissolvida em água até formar 1 L de solução. O ponto de congelamento da solução é -0,0426 °C.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da fração mássica de sacarose na amostra.

- |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| <b>A</b> 7,5%  | <b>B</b> 27,5% | <b>C</b> 50,0% |
| <b>D</b> 72,5% | <b>E</b> 92,5% |                |

**Dados**

- $k_b(\text{H}_2\text{O}) = 1,86 \text{ K kg mol}^{-1}$

**PROBLEMA 2.16**

2F17

Uma amostra de 500 mg de uma mistura de cloreto de sódio e cloreto de magnésio é dissolvida em água até formar 1 L de solução. A pressão osmótica da solução a 25 °C é 0,395 atm.

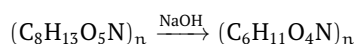
**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da fração mássica de cloreto de magnésio na amostra.

- A 12%      B 32%      C 52%  
D 72%      E 92%

**PROBLEMA 2.17**

2F18

A quitosana tem sido utilizada em cicatrização de ferimentos, remoção de proteínas alergênicas de alimentos e liberação controlada de fármacos. Um experimento de laboratório envolveu a síntese da quitosana através tratamento da quitina com excesso de hidróxido de sódio:



O produto da reação foi isolado e uma amostra de 10,2 g foi adicionada em 100 mL de água destilada. O ponto de congelamento desta solução é  $-0,00038^\circ\text{C}$ . A solução foi aquecida, mantendo o sistema sob agitação e em refluxo, por um longo tempo, garantindo a quebra completa das unidades poliméricas formando os monômeros. O ponto de congelamento da solução resultante é  $-1,14^\circ\text{C}$ .

- Determine o número médio de unidades monoméricas na estrutura da quitosana.
- Determine a eficiência da síntese da quitosana utilizando hidróxido de sódio.

**Dados**

$$k_b(\text{H}_2\text{O}) = 1,86 \text{ K kg mol}^{-1}$$

**PROBLEMA 2.18**

2F19

Uma solução 1% de sulfato de magnésio em massa tem ponto de congelamento igual a  $-0,192^\circ\text{C}$ .

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do grau de dissociação do sal nessa solução.

- A 13%      B 23%      C 33%  
D 43%      E 53%

**Dados**

$$k_b(\text{H}_2\text{O}) = 1,86 \text{ K kg mol}^{-1}$$

**PROBLEMA 2.19**

2F20

Uma solução  $0,124 \text{ mol L}^{-1}$  em ácido tricloroacético tem ponto de congelamento igual a  $-0,423^\circ\text{C}$ .

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do grau de ionização do ácido nessa solução.

- A 50%      B 60%      C 70%  
D 80%      E 90%

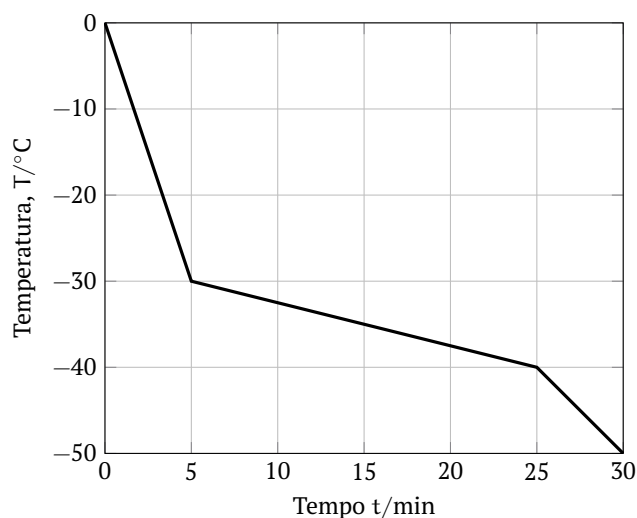
**Dados**

$$k_b(\text{H}_2\text{O}) = 1,86 \text{ K kg mol}^{-1}$$

**PROBLEMA 2.20**

2F21

Em solução de tetracloreto de carbono, o tetracloreto de vanádio sofre dimerização formando  $\text{V}_2\text{Cl}_8$ . Em um experimento, 6,76 g de  $\text{VCl}_4$  foram dissolvidos em 100 g de tetracloreto de carbono a  $0^\circ\text{C}$ . Após certo tempo a mistura alcançou o equilíbrio, sendo a densidade  $1,78 \text{ g cm}^{-3}$ . A mistura foi resfriada com nitrogênio líquido, sendo registrada a variação da temperatura com o tempo.



- Determine o grau de dimerização do tetracloreto de vanádio.
- Determine a concentração de  $\text{VCl}_4$  e  $\text{V}_2\text{Cl}_8$  no equilíbrio.

**Dados**

$$\begin{aligned} & \text{Pf}(\text{CCl}_4) \\ & k_b(\text{CCl}_4) = 29,8 \text{ K kg mol}^{-1} \end{aligned}$$

**PROBLEMA 2.21**

2F22

O ácido acético comporta-se diferentemente em dois solventes distintos. O ponto de congelamento de uma solução 5%, em massa, de ácido acético em água é  $21,72^{\circ}\text{C}$ . Em benzeno, o abaixamento do ponto de congelamento associado a uma solução 5%, em massa, de ácido acético é  $2,47^{\circ}\text{C}$ .

- Explique** a diferença no comportamento do ácido acético em solução.
- Determine** o grau de reação do ácido acético em água.
- Determine** o grau de reação do ácido acético em benzeno.

**Dados**

- $k_b(\text{H}_2\text{O}) = 1,86 \text{ K kg mol}^{-1}$
- $k_b(\text{C}_6\text{H}_6) = 5,12 \text{ K kg mol}^{-1}$

**PROBLEMA 2.22**

2F23

Uma amostra de água do mar possui densidade  $1,05 \text{ g mL}^{-1}$ , a concentração média de espécies dissolvidas é  $0,8 \text{ mol L}^{-1}$  e a temperatura média  $290 \text{ K}$ . Com o objetivo de purificar a amostra de água, uma das extremidades abertas de um longo tubo contendo a solução é envolvido com uma membrana semipermeável, a qual será imersa na água do mar.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima profundidade mínima que o tubo deveria ser imerso.

- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| <b>A</b> 9 m    | <b>B</b> 19 m  |
| <b>C</b> 74 m   | <b>D</b> 183 m |
| <b>E</b> 1930 m |                |

**PROBLEMA 2.23**

2F24

A pressão osmótica de uma solução de poliisobutileno sintético em benzeno foi determinada a  $25^{\circ}\text{C}$ . Uma amostra contendo  $0,2 \text{ g}$  de soluto por  $100 \text{ cm}^3$  de solução subiu até uma altura de  $2,4 \text{ mm}$  quando foi atingido o equilíbrio osmótico. A massa específica da solução no equilíbrio é  $0,88 \text{ g mL}^{-1}$ .

**Determine** a massa molecular do poliisobuteno.

**PROBLEMA 2.24**

2F26

Em uma região onde a água é muito dura, unidades de osmose reversa são utilizadas para purificação. Nessa região, a água apresenta  $560 \mu\text{g mL}^{-1}$  de carbonato de magnésio. Uma unidade pode exercer uma pressão máxima de  $8 \text{ atm}$  operando a  $27^{\circ}\text{C}$ .

- Determine** o volume de água que deve entrar na unidade por minuto para produzir  $45 \text{ L}$  de água purificada por dia.
- Verifique** se a unidade de osmose reversa pode ser utilizada para purificar água do mar,  $0,6 \text{ mol L}^{-1}$  em cloreto de sódio.

**PROBLEMA 2.25**

2F27

A entalpia de fusão de certa substância é  $10,14 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Uma amostra desta substância está contaminada com uma quantidade desconhecida de impurezas. Quando esta amostra é aquecida a  $181,85 \text{ K}$ , 28% da amostra passa para a fase líquida; a  $182,25 \text{ K}$ , esta fração aumenta para 53%.

- Determine** a temperatura de fusão para a substância.
- Determine** a temperatura de fusão para a amostra.

**Gabarito**
**Nível I**

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

**Nível II**

- C**
- D**
- $148 \text{ g mol}^{-1}$
  - $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$
- D**
- D**
- 3000
  - 79%
- B**
- D**
- 85%
  - $84 \text{ mmol L}^{-1}$  e  $234 \text{ mmol L}^{-1}$
- O ácido acético sofre ionização em água e dimerização em ácido acético.
  - 5%
  - 96, 5%
- D**
- $240 \text{ kg mol}^{-1}$
- 46 L
  - Não pode ser utilizada.
- $182,7 \text{ K}$
  - $182,2 \text{ K}$