

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:
4. Ebulioscopia:

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

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

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:
2. Solução hipotônicas, isotônicas e hipertônicas.
3. Osmometria.
4. Osmose reversa.

$$\Pi = iRT_c$$

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*.

- | | |
|----------------------|-------------------|
| 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 | |

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*.

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

PROBLEMA 2.3

2F03

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

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| A 99°C | B 99°C |
| C 100°C | D 101°C |
| E 102°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 g de enxofre a 100 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** S_2 **B** S_4 **C** S_6
D S_8 **E** S_{12}

Dados

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

PROBLEMA 2.6

2F06

A adição de 250 mg de eugenol, o composto responsável pelo odor do óleo de cravo-da-índia, a 100 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 g mol^{-1} **B** 140 g mol^{-1}
C 160 g mol^{-1} **D** 180 g mol^{-1}
E 200 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 mol kg^{-1} de cloreto de cálcio.

- A** 102°C **B** 104°C
C 106°C **D** 108°C
E 110°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°C a temperatura de início de solidificação. Algumas gotas de ácido clorídrico foram adicionadas à segunda amostra e essa foi aquecida a 90°C por um período de 24 horas, hidrolisando integralmente a sacarose em glicose e frutose. A segunda solução possui temperatura de congelamento -2°C .

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

- A** 0°C **B** 1°C **C** 2°C
D 3°C **E** 4°C

PROBLEMA 2.9

2F09

Considere as soluções aquosas.

- $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de KCl
- $0,3 \text{ mol L}^{-1}$ de K_2SO_4
- $0,3 \text{ mol L}^{-1}$ de $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O}_{11}$
- $0,6 \text{ mol L}^{-1}$ de $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

Assinale a alternativa com a ordem de pressão osmótica a 20°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 $1,1 \text{ kPa}$ a 25°C .

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

- A** 29 kg mol^{-1} **B** 39 kg mol^{-1}
C 49 kg mol^{-1} **D** 59 kg mol^{-1}
E 69 kg mol^{-1}

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 $1,2 \text{ Torr}$ em 20°C .

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

- A** $2,0 \text{ kg mol}^{-1}$ **B** $2,5 \text{ kg mol}^{-1}$
C $3,0 \text{ kg mol}^{-1}$ **D** $3,5 \text{ kg mol}^{-1}$
E $4,0 \text{ kg mol}^{-1}$

Nível II

PROBLEMA 2.12

2F13

Considere as soluções aquosas.

- 10 mmol L^{-1} de HF
- 10 mmol L^{-1} de HCl
- 10 mmol L^{-1} de HBr
- 10 mmol L^{-1} de HI

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

- A 1 < 2 < 3 < 4 B 1 < 2 < 3 ≈ 4
C 1 < 2 ≈ 3 ≈ 4 D 1 ≈ 2 ≈ 3 ≈ 4
E 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⁻³, 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.

- A 1 e 2 B 1 e 4
C 2 e 4 D 1, 2 e 4
E 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.

- a. **Determine** a massa molar do composto.
- b. **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, C₁₂H₂₂O₁₁, 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.

- A 7,5% B 27,5% C 50,0%
D 72,5% E 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 água até formar 1 L de solução. A pressão osmótica da solução a 25 °C é 0,395 atm.

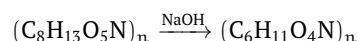
Assinale a alternativa que mais se aproxima da fração mássica de cloreto de magnésio na amostra.

- 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 °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 °C.

- a. **Determine** o número médio de unidades monoméricas na estrutura da quitosana.
- b. **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 °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 mol L⁻¹ em ácido tricloroacético tem ponto de congelamento igual a -0,423 °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%

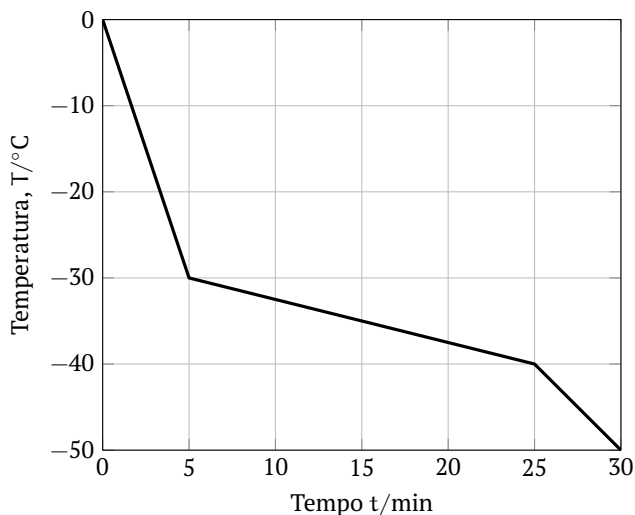
Dados

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

PROBLEMA 2.20

2F21

Em solução de tetracloreto de carbono, o tetracloreto de vanádio sofre dimerização formando V_2Cl_8 . Em um experimento, 6,76 g de VCl_4 foram dissolvidos em 100 g de tetracloreto de carbono a 0°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 VCl_4 e V_2Cl_8 no equilíbrio.

Dados

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

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 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.

- | | |
|-----------------|----------------|
| A 9 m | B 19 m |
| C 74 m | D 183 m |
| E 1930 m | |

PROBLEMA 2.23

2F24

A pressão osmótica de uma solução de poliisobutileno sintético em benzeno foi determinada a 25°C . Uma amostra contendo 0,2 g de soluto por 100 cm^3 de solução subiu até uma altura de 2,4 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 atm operando a 27°C .

- Determine o volume de água que deve entrar na unidade por minuto para produzir 45 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. E | 2. C | 3. D | 4. B | 5. D |
| 6. D | 7. C | 8. A | 9. A | 10. C |
| 11. B | | | | |

Nível II

1. **C**
2. **D**
3. a. 148 g mol^{-1}
b. $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$
4. **D**
5. **D**
6. a. 3000
b. 79%
7. **B**
8. **D**
9. a. 85%
b. 84 mmol L^{-1} e 234 mmol L^{-1}
10. a. O ácido acético sofre ionização em água e dimerização em ácido acético.
b. 5%
c. 96,5%
11. **D**
12. 240 kg mol^{-1}
13. a. 46 L
b. Não pode ser utilizada.
14. a. 182,7 K
b. 182,2 K