

# Propriedades Coligativas

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensí, Coordenação de Química



## Nível I

### PROBLEMA 1.1

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 1.2

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 1.3

2F03

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

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| <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 1.4

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.

- |                              |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>A</b> $4,0^\circ\text{C}$ | <b>B</b> $4,5^\circ\text{C}$ | <b>C</b> $5,0^\circ\text{C}$ |
| <b>D</b> $6,0^\circ\text{C}$ | <b>E</b> $6,5^\circ\text{C}$ |                              |

**Dados**

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

### PROBLEMA 1.5

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.

- |                       |                          |                       |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| <b>A</b> $\text{S}_2$ | <b>B</b> $\text{S}_4$    | <b>C</b> $\text{S}_6$ |
| <b>D</b> $\text{S}_8$ | <b>E</b> $\text{S}_{12}$ |                       |

**Dados**

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

## PROBLEMA 1.6

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.

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

## Dados

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

## PROBLEMA 1.7

2F07

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

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>A</b> $102^{\circ}\text{C}$ | <b>B</b> $104^{\circ}\text{C}$ |
| <b>C</b> $106^{\circ}\text{C}$ | <b>D</b> $108^{\circ}\text{C}$ |
| <b>E</b> $110^{\circ}\text{C}$ |                                |

## Dados

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

## PROBLEMA 1.8

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.

- |                              |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>A</b> $0^{\circ}\text{C}$ | <b>B</b> $1^{\circ}\text{C}$ | <b>C</b> $2^{\circ}\text{C}$ |
| <b>D</b> $3^{\circ}\text{C}$ | <b>E</b> $4^{\circ}\text{C}$ |                              |

## PROBLEMA 1.9

2F09

Considere as soluções aquosas.

- $0,1\text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{KCl}$
- $0,3\text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{SO}_4$
- $0,3\text{ mol L}^{-1}$  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  $20^{\circ}\text{C}$ .

- |                                |                          |
|--------------------------------|--------------------------|
| <b>A</b> $1 < 3 < 4 < 2$       | <b>B</b> $3 < 1 < 4 < 2$ |
| <b>C</b> $1 < 4 < 3 < 2$       | <b>D</b> $1 < 3 < 2 < 4$ |
| <b>E</b> $1 < 2 \approx 3 < 4$ |                          |

## PROBLEMA 1.10

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  $25^{\circ}\text{C}$ .

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

- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>A</b> $29\text{ kg mol}^{-1}$ | <b>B</b> $39\text{ kg mol}^{-1}$ |
| <b>C</b> $49\text{ kg mol}^{-1}$ | <b>D</b> $59\text{ kg mol}^{-1}$ |
| <b>E</b> $69\text{ kg mol}^{-1}$ |                                  |

## PROBLEMA 1.11

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  $20^{\circ}\text{C}$ .

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

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A</b> $2,0\text{ kg mol}^{-1}$ | <b>B</b> $2,5\text{ kg mol}^{-1}$ |
| <b>C</b> $3,0\text{ kg mol}^{-1}$ | <b>D</b> $3,5\text{ kg mol}^{-1}$ |
| <b>E</b> $4,0\text{ kg mol}^{-1}$ |                                   |

## Nível II

### PROBLEMA 2.1

2F13

Considere as soluções aquosas.

1.  $10 \text{ mmol L}^{-1}$  de HF
2.  $10 \text{ mmol L}^{-1}$  de HCl
3.  $10 \text{ mmol L}^{-1}$  de HBr
4.  $10 \text{ mmol L}^{-1}$  de HI

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

- |  |  |
|--|--|
| <b>A</b> 1 < 2 < 3 < 4                 | <b>B</b> 1 < 2 < 3 $\approx$ 4                 |
| <b>C</b> 1 < 2 $\approx$ 3 $\approx$ 4 | <b>D</b> 1 $\approx$ 2 $\approx$ 3 $\approx$ 4 |
| <b>E</b> 4 < 3 < 2 < 1                 |  |

### PROBLEMA 2.2

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  $1 \text{ g cm}^{-3}$ , 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  $0,5^\circ\text{C}$  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        | <b>B</b> 4        |
| <b>C</b> 1 e 4    | <b>D</b> 1, 2 e 4 |
| <b>E</b> 1, 3 e 4 |                   |

### PROBLEMA 2.3

2F15

Uma amostra de 10 g de um composto orgânico é dissolvida em 80 g de benzeno. O ponto de congelamento da solução é  $1,2^\circ\text{C}$ . 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

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

### PROBLEMA 2.4

2F16

Uma amostra de 20 g de uma mistura de sacarose,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ , e cloreto de sódio é dissolvida em água até formar 1 L de solução. O ponto de congelamento da solução é  $-0,0426^\circ\text{C}$ .

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

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

### PROBLEMA 2.5

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  $25^\circ\text{C}$  é 0,395 atm.

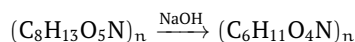
Assinale a alternativa que mais se aproxima da fração mássica de cloreto de magnésio na amostra.

- |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| <b>A</b> 12% | <b>B</b> 32% | <b>C</b> 52% |
| <b>D</b> 72% | <b>E</b> 92% |              |

**PROBLEMA 2.6**

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**

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

**PROBLEMA 2.7**

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.

- |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| <b>A</b> 13% | <b>B</b> 23% | <b>C</b> 33% |
| <b>D</b> 43% | <b>E</b> 53% |              |

**Dados**

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

**PROBLEMA 2.8**

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.

- |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| <b>A</b> 50% | <b>B</b> 60% | <b>C</b> 70% |
| <b>D</b> 80% | <b>E</b> 90% |              |

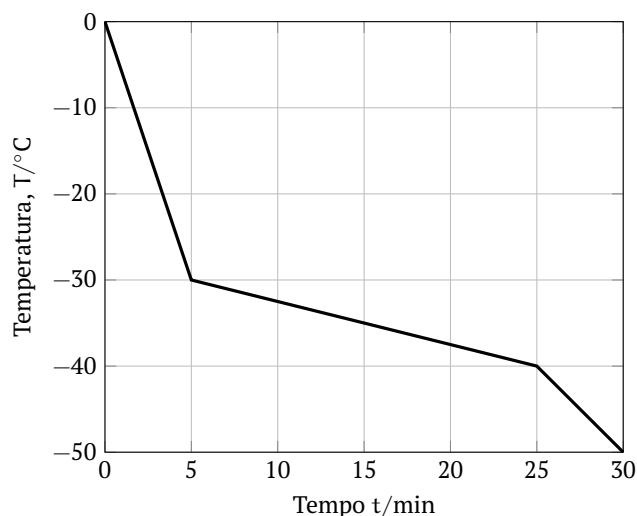
**Dados**

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

**PROBLEMA 2.9**

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**

- $k_c(\text{CCl}_4) = 29,8 \text{ K kg mol}^{-1}$
- $T_{\text{fus}}(\text{CCl}_4) = -23,0^\circ\text{C}$

**PROBLEMA 2.10**

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**

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

## PROBLEMA 2.11

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 2.12

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 2.13

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 2.14

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