

Solubilidade

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensí, Coordenação de Química



Solubilidade em Nível Molecular

1. Solvatação.
2. Interações soluto-solvente.
3. *Semanhante-dissolve-semelhante*.
4. Espécies hidrofílicas e hidrofóbicas.
5. Micelas.
6. Surfactantes.

1.0.1 Habilidades

- a. **Comparar** a solubilidades com base na estrutura molecular.

Limites da Solubilidades

1. Soluções saturadas.
2. Solubilidade e temperatura.
3. Curvas de solubilidades.
4. Soluções supersaturadas.

2.0.2 Habilidades

- a. **Determinar** a solubilidade de uma substância a partir da curva de solubilidade.

Solubilidade de Gases

1. Lei de Henry:
$$s = k_H P$$
2. Solubulidade de gases e temperatura.

3.0.3 Habilidades

- a. **Calcular** a solubilidade de um gás em um líquido a partir da Lei de Henry.

Termodinâmica da Dissolução

1. Entalpia rede.
2. Ciclo de Born-Haber.
3. Entalpia de hidratação.
4. Entalpia de dissolução.

4.0.4 Habilidades

- a. **Calcular** a entalpia de rede utilizando o ciclo de Born-Haber.
- b. **Calcular** a entalpia de dissolução em função das entalpias de rede e de hidratação.

Coloides

1. Movimento Browniano.
2. Definição de coloides:

$$1 \text{ nm} < d < 1 \text{ }\mu\text{m}$$

3. Classificação de coloides.
4. Efeito Tyndall.

5.0.5 Habilidades

- a. **Identificar** os tipos de coloides e suas propriedades.

Nível I

PROBLEMA 5.1

2E01

Assinale a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do dióxido de carbono em uma solução sob 500 Torr desse gás a 20 °C.

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| A 5 mmol L ⁻¹ | B 10 mmol L ⁻¹ |
| C 15 mmol L ⁻¹ | D 20 mmol L ⁻¹ |
| E 25 mmol L ⁻¹ | |

Dados

- $k_H(\text{CO}_2) = 0,023 \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1}$

PROBLEMA 5.2

2E02

A concentração mínima em massa de oxigênio necessária para a vida dos peixes é 4 ppm.

Assinale a alternativa que mais se aproxima da pressão atmosférica mínima que forneceria a concentração mínima em massa de oxigênio na água para permitir a vida dos peixes a 20 °C.

- | | |
|-------------------|-------------------|
| A 160 Torr | B 360 Torr |
| C 560 Torr | D 760 Torr |
| E 960 Torr | |

Dados

- $k_H(\text{O}_2) = 0,0013 \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1}$

PROBLEMA 5.3

2E03

Compressas frias contendo nitrato de amônio, podem ser utilizadas para amenizar a dor. Essas compressas consistem em cristais de nitrato de amônio e água, e esfriam à medida que o nitrato de amônio se dissolve na água.

Assinale a alternativa que explica porque dissolução do nitrato de amônio em água é espontânea.

- A** A variação de entalpia reticular é maior que a de solvatação dos íons.
- B** A reação é exergônica, já que é exotérmica e possui variação positiva de entropia.
- C** A reação é endotérmica, e isso faz com que o calor das vizinhanças seja disperso nas compressas.
- D** As partículas de nitrato de amônio dissolvidas estão mais randomicamente organizadas que as do retículo cristalino, favorecendo a espontaneidade do processo endotérmico.
- E** A reação é endotérmica e a solução mais fria apresenta menor energia, o que é favorável.

PROBLEMA 5.4

2E04

Considere as proposições.

1. O valor absoluto da entalpia de hidratação do Na^+ é maior que o do K^+ .
2. O valor absoluto da entalpia de hidratação do Br^- é maior que o do Cl^- .
3. O valor absoluto da entalpia de hidratação do Ca^{2+} é maior que o do Al^{3+} .
4. O valor absoluto da entalpia de hidratação do Ga^{3+} é maior que o do Al^{3+} .

Assinale a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

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

PROBLEMA 5.5

2E05

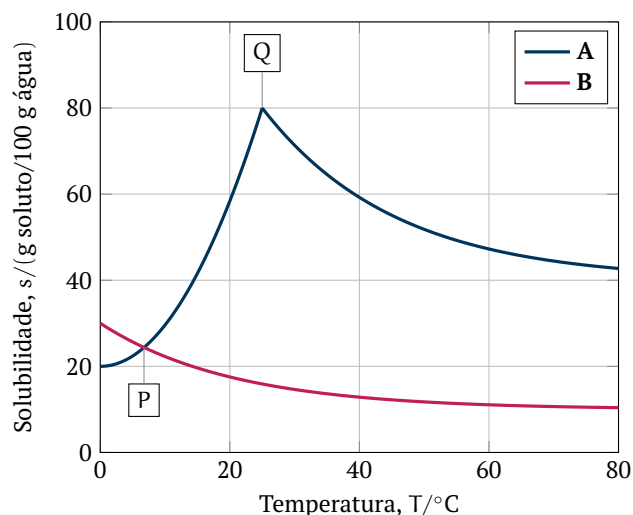
O gás dióxido de carbono dissolvido em uma amostra de água em um recipiente parcialmente cheio e lacrado entrou em equilíbrio com sua pressão parcial no ar que está acima da solução. Considere as operações.

1. A pressão parcial do gás CO_2 dobra por adição de mais CO_2 .
2. A pressão total do gás sobre o líquido dobra por adição de nitrogênio.
3. A pressão parcial de CO_2 é aumentada por compressão do gás até um terço do volume original.
4. A temperatura é aumentada mantendo a pressão total constante.

Assinale a alternativa que relaciona as operações que levam ao aumento da concentração de CO_2 em solução.

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

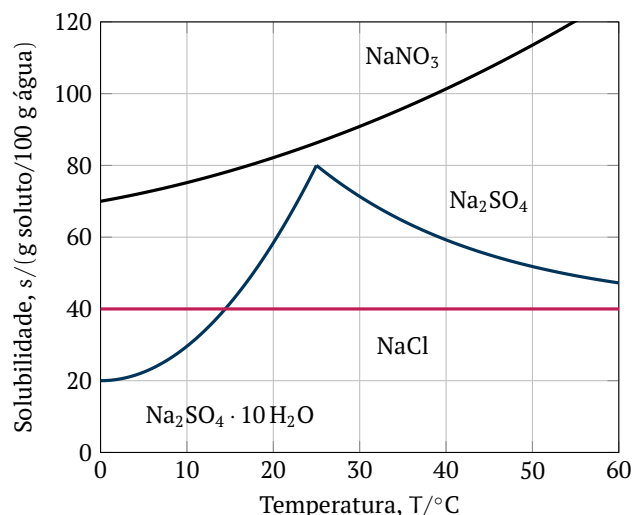
Considere as curvas de solubilidade de duas substâncias **A** e **B**.



Assinale a alternativa correta.

- A** No ponto P as soluções apresentam a mesma temperatura mas as solubilidades de **A** e **B** são diferentes.
- B** A solução da substância **A** está supersaturada no ponto Q.
- C** Soluções preparadas com 40 g de **A** ou **B** em 100 g de água são instáveis.
- D** As curvas de solubilidade não indicam mudanças na estrutura dos solutos.
- E** A solubilidade da substância **B** segue o perfil esperado para a solubilidade de gases em água.

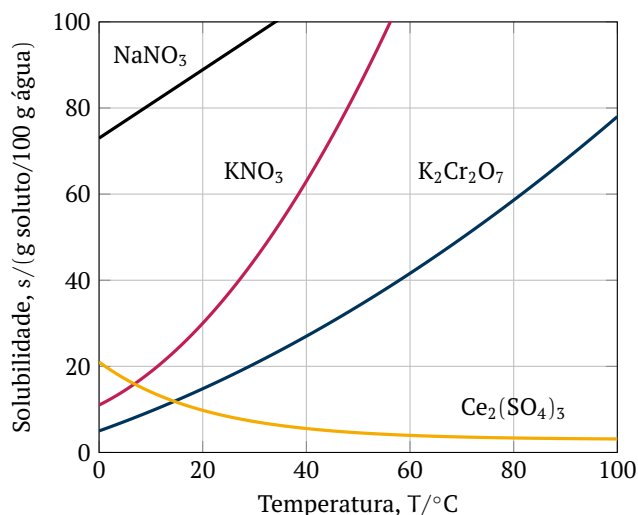
Considere as curvas de solubilidade.



Assinale a alternativa incorreta.

- A** A 25 °C, a solubilidade em água do NaNO_3 é maior que a do $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$.
- B** A 25 °C, uma mistura de 120 g de NaNO_3 com 100 g água é bifásica, sendo uma das fases o nitrato de amônio sólida e a outra a água líquida.
- C** A 0 °C, uma mistura de 20 g de NaCl com 100 g de água é monofásica, sendo esta fase uma solução aquosa não saturada em NaCl .
- D** A 25 °C, a concentração de íons de sódio existentes na fase líquida de uma mistura preparada pela adição de 6 g de NaCl à 100 g de água é 1 mol L^{-1} .
- E** A 25 °C, a quantidade de íons de sódio presentes em uma solução preparada pela dissolução de 1 g de Na_2SO_4 em 10 g de água é maior do que a existente em outra solução preparada pela dissolução de 1 g de Na_2SO_4 em 10 g de água é maior do que a existente em outra solução preparada pela dissolução de 1 g de $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ na mesma quantidade de água.

Considere as curvas de solubilidade.



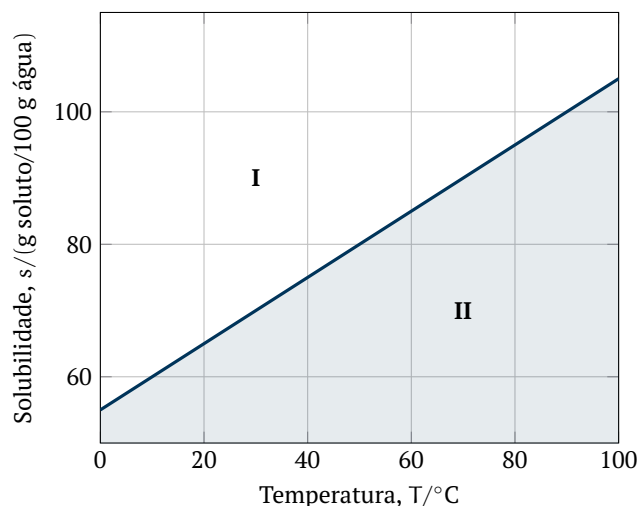
Considere as proposições.

1. Ao dissolver 130 g de KNO₃ em 200 g de água, a 40 °C, a solução obtida é saturada e possui 70 g de corpo de fundo.
2. Ao dissolver 20 g de Ce₂(SO₄)₃ em 300 g de água a 10 °C e, posteriormente, aquecer a solução até 90 °C haverá gradativa precipitação da substância.
3. A menor quantidade de água necessária para dissolver completamente 140 g de K₂Cr₂O₇ a 90 °C é cerca de 150 g.
4. O nitrato de sódio é a substância mais solúvel a 100 °C.

Assinale a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

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

Considere as curvas de solubilidade do brometo de potássio em água.



Assinale a alternativa *incorreta*.

- A dissolução do KBr em água é um processo endotérmico.
- A 30 °C, a concentração de uma solução aquosa saturada em KBr é de aproximadamente 6 mol kg⁻¹.
- Misturas correspondentes a pontos situados na região **I** da figura são bifásicas.
- Misturas correspondentes a pontos situados na região **II** da figura são monofásicas.
- Misturas correspondentes a pontos situados sobre a curva são saturadas em KBr.

PROBLEMA 5.10

2E12

A dissolução do sulfato de lítio ocorre com aumento de temperatura da solução, já a dissolução do nitrato de amônio ocorre com o resfriamento da solução.

1. A entalpia de rede do sulfato de lítio é menor que sua entalpia de hidratação.
2. A entalpia de rede do nitrato de amônio é maior que sua entalpia de hidratação.
3. A dissolução do sulfato de lítio aumenta a entropia do sistema.
4. A dissolução do nitrato de amônio diminui a entropia do sistema.

Assinale a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

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

PROBLEMA 5.11

2E13

Assinale a alternativa que mais se aproxima da entalpia de solução do cloreto de sódio.

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| A 1 kJ mol ⁻¹ | B 2 kJ mol ⁻¹ |
| C 3 kJ mol ⁻¹ | D 4 kJ mol ⁻¹ |
| E 5 kJ mol ⁻¹ | |

Dados

- $\Delta H_{\text{hid}}(\text{NaCl}) = 784 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{rede}}^{\circ}(\text{NaCl}) = 787 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 5.12

2E14

Assinale a alternativa que mais se aproxima da entalpia de rede do brometo de cálcio.

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| A -983 kJ mol ⁻¹ | B -1125 kJ mol ⁻¹ |
| C -1928 kJ mol ⁻¹ | D -2254 kJ mol ⁻¹ |
| E -2414 kJ mol ⁻¹ | |

Dados

- $\Delta H_{\text{hid}}(\text{Ca}^{2+}) = -1579 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{hid}}(\text{Cl}^{-}) = -336 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{sol}}(\text{CaCl}_2) = -103 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 5.13

2E15

Uma amostra de 4 g de MgBr₂ é dissolvida em 100 g de água a 25 °C.

Assinale a alternativa que mais se aproxima da temperatura final da solução.

- | | |
|----------------|----------------|
| A 15 °C | B 25 °C |
| C 35 °C | D 45 °C |
| E 55 °C | |

Dados

- $\Delta H_{\text{R}}(\text{MgBr}_2) = -2406 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{hid}}(\text{MgBr}_2) = -2591,6 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $C_{\text{P}}(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 75,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

PROBLEMA 5.14

2E16

Uma amostra de 10 g de NH₄NO₃ é dissolvida em 100 g de água a 25 °C.

Assinale a alternativa que mais se aproxima da temperatura final da solução.

- | | |
|----------------|----------------|
| A 21 °C | B 23 °C |
| C 25 °C | D 27 °C |
| E 29 °C | |

Dados

- $\Delta H_{\text{R}}(\text{NH}_4\text{NO}_3) = -628 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{hid}}(\text{NH}_4^{+}) = -307 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{hid}}(\text{NO}_3^{-}) = -314 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $C_{\text{P}}(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 75,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

PROBLEMA 5.15

2E17

Assinale a alternativa que mais se aproxima da entalpia de formação do cloreto de potássio.

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| A -238 kJ mol ⁻¹ | B -347 kJ mol ⁻¹ |
| C -411 kJ mol ⁻¹ | D -513 kJ mol ⁻¹ |
| E -673 kJ mol ⁻¹ | |

Dados

- $\Delta E(\text{Cl}) = -349 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta I(\text{K}) = 419 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{R}}(\text{KCl}) = -690 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{sub}}(\text{K}) = 90 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{L}}(\text{Cl}_2) = 242 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 5.16

2E18

Assinale a alternativa que mais se aproxima da entalpia de rede do cloreto de cálcio.

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| A -790 kJ mol^{-1} | B $-1029 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| C $-2070 \text{ kJ mol}^{-1}$ | D $-2260 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| E $-2609 \text{ kJ mol}^{-1}$ | |

Dados

- $A E(\text{Cl}) = -349 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $E I_1(\text{Ca}) = 590 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $E I_2(\text{Ca}) = 1146 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{sub}}(\text{Ca}) = 190 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^\circ(\text{CaCl}_2, \text{s}) = -796 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(\text{Cl}_2) = 242 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 5.17

2E19

Assinale a alternativa que mais se aproxima da entalpia de sublimação do lítio.

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| A 80 kJ mol^{-1} | B 161 kJ mol^{-1} |
| C 242 kJ mol^{-1} | D 324 kJ mol^{-1} |
| E 405 kJ mol^{-1} | |

Dados

- $A E_1(\text{Li}) = -295 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $E I(\text{Li}) = 520 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_R(\text{LiI}) = -753 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f(\text{LiI}) = -292 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_L(\text{I}_2) = 151 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 5.18

2E20

Assinale a alternativa que mais se aproxima da segunda afinidade eletrônica do enxofre.

- | | | |
|---------------|---------------|---------------|
| A 2 eV | B 3 eV | C 4 eV |
| D 5 eV | E 6 eV | |

Dados

- $A E_1(\text{S}) = 2,1 \text{ eV}$
- $E I(\text{K}) = 4,4 \text{ eV}$
- $\Delta H_R(\text{K}_2\text{S}) = 2052 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{sub}}(\text{K}) = 90 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_{\text{sub}}(\text{S}) = 277 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^\circ(\text{K}_2\text{S}, \text{s}) = -381 \text{ kJ mol}^{-1}$

PROBLEMA 5.19

2E21

Os mingaus contêm grandes moléculas de amido que fazem a mistura engrossar por um mecanismo semelhante ao da gelatina.

Assinale a alternativa com a descrição para o mecanismo de endurecimento dos mingaus.

- A** As moléculas de amido dos mingaus são insolúveis em água e precipitam quando misturadas com água.
- B** As moléculas de amido dos mingaus são solubilizadas em água, aumentando a densidade da solução.
- C** Os fios das moléculas de amido se ligam uns aos outros por ligações covalentes.
- D** As moléculas de amido formam ligações hidrogênio com as moléculas de água e encapsulam a água em uma rede.
- E** As moléculas de água hidratam as moléculas de amido do pudim, e o calor de hidratação decompõe as moléculas de amido.

Nível II

PROBLEMA 5.20

2E22

Quando submersos em águas profundas, os mergulhadores necessitam voltar lentamente à superfície para evitar a formação de bolhas de gás no sangue.

- Explique** o motivo da não formação de bolhas de gás no sangue quando o mergulhador desloca-se de regiões próximas à superfície para as regiões de águas profundas.
- Explique** o motivo da não formação de bolhas de gás no sangue quando o mergulhador desloca-se muito lentamente de regiões de águas profundas para as regiões próximas da superfície.
- Explique** o motivo da formação de bolhas de gás no sangue quando o mergulhador desloca-se muito rapidamente de regiões de águas profundas para as regiões próximas da superfície.

PROBLEMA 5.21

2E23

O volume de sangue no corpo de um mergulhador de mar profundo é cerca de 6 L. As células sanguíneas compõem cerca de 55% do volume do sangue. Os restantes 45% formam a solução em água conhecida como plasma. A solubilidade do N_2 no sangue a uma pressão parcial de 1 atm é $5,8 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1}$. **Assinale** a alternativa que mais se aproxima do volume de nitrogênio, medido sob 1 atm e 37°C , eliminado por um mergulhador em profundidade de 90 m em seu retorno à superfície.

- | | |
|-----------------|-----------------|
| A 100 mL | B 200 mL |
| C 300 mL | D 400 mL |
| E 500 mL | |

PROBLEMA 5.22

2E24

Um recipiente **A**, dotado de uma válvula na parte superior, está totalmente preenchido por uma solução de n mols de CO_2 em 1800 g de água. O recipiente **A** foi, então, conectado ao recipiente **B** previamente evacuado, fechado por válvula e com volume de 1,64 L. Em um dado momento, as válvulas foram abertas deixando o sistema nesta condição durante tempo suficiente para atingir o equilíbrio. Após o equilíbrio, as válvulas foram fechadas e os recipientes foram desconectados. Todo o processo ocorreu à temperatura constante de 300 K. A constante de Henry para a solubilidade do CO_2 na água, $k_H = 33,3 \text{ atm}^{-1}$.

Determine o número de mols de CO_2 que migraram para o recipiente **B** em função de n .

PROBLEMA 5.23

2E28

Considere as propriedades dos sólidos iônicos.

- Explique** porque o valor absoluto da entalpia de rede cresce na ordem $\text{Na}_2\text{Te} < \text{Na}_2\text{Se} < \text{CaTe} < \text{CaSe}$.
- Ordene** os compostos FeCl_3 , FeCl_2 e Fe_2O_3 em função do valor absoluto de entalpia de rede.

PROBLEMA 5.24

2E29

Considere as propriedades dos sólidos iônicos.

- Explique** porque, mesmo sendo a primeira afinidade eletrônica do oxigênio exotérmica e a segunda é endotérmica, na maioria dos compostos iônicos o oxigênio está na forma de óxido.
- Explique** porque o composto NaCl_2 é improvável, supondo que sua entalpia de rede seja igual à do MgCl_2 .

Gabarito
Nível I

- | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1. C | 2. B | 3. D | 4. C | 5. C |
| 6. E | 7. B | 8. B | 9. B | 10. D |
| 11. C | 12. C | 13. C | 14. B | 15. C |
| 16. D | 17. B | 18. E | 19. D | |

Nível II

- O aumento da solubilidade do gás no sangue devido ao aumento da pressão é o motivo de não haver a formação de bolhas de gás no sangue quando o mergulhador se desloca de regiões próximas à superfície para as regiões de águas profundas.
 - O motivo de não se formarem bolhas de gás no sangue quando o mergulhador se desloca muito lentamente de regiões de águas profundas para as regiões próximas da superfície é o fato da variação de pressão ocorrer lentamente e, portanto, a liberação de gás ser pequena.
 - A formação de bolhas de gás no sangue quando o mergulhador se desloca muito rapidamente de regiões de águas profundas para águas superficiais é a repentina variação de pressão, diminuindo a solubilidade do gás no sangue. Ocorre intensa liberação do gás, com formação de bolhas.

 2. **D**

3.
$$\frac{102 + n + \sqrt{(102 + n)^2 - 8n}}{2}$$

4. -

5. -