

# Equilíbrio de Solubilidade

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensí, Coordenação de Química



## 1 Equilíbrio de Solubilidade

1. Produto de solubilidade
2. Efeito do íon-comum.
3. Formação de íons complexos.

### 1.0.1 Habilidades

- a. **Calcular** a constante do produto de solubilidade para um sal pouco solúvel em função de sua concentração molar.
- b. **Calcular** a solubilidade de um sal em função de sua constante do produto de solubilidade.
- c. **Calcular** a solubilidade de um sal em presença de íon comum.
- d. **Calcular** a solubilidade de um íon em presença de formação de complexos.

## 2 Precipitação

1. Predição de precipitação.
2. Precipitação seletiva.

### 2.0.1 Habilidades

- a. **Determinar** o precipitado formado quando soluções são misturadas.
- b. **Determinar** a ordem de precipitação quando um íon comum é adicionado a uma solução com diferentes íons.

## Nível I

### PROBLEMA 2.1

2J01

A solubilidade molar do cromato de prata é  $65 \mu\text{mol L}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ . **Assinale** a alternativa que mais se aproxima do  $K_{ps}$  do cromato de prata.

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>A</b> $1,1 \times 10^{-14}$ | <b>B</b> $1,1 \times 10^{-13}$ |
| <b>C</b> $1,1 \times 10^{-12}$ | <b>D</b> $1,1 \times 10^{-11}$ |
| <b>E</b> $1,1 \times 10^{-10}$ |                                |

### PROBLEMA 2.2

2J02

A solubilidade molar do iodato de chumbo (II) é  $40 \mu\text{mol L}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ .

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do  $K_{ps}$  do cromato de prata.

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>A</b> $2,6 \times 10^{-14}$ | <b>B</b> $2,6 \times 10^{-13}$ |
| <b>C</b> $2,6 \times 10^{-12}$ | <b>D</b> $2,6 \times 10^{-11}$ |
| <b>E</b> $2,6 \times 10^{-10}$ |                                |

### PROBLEMA 2.3

2J03

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do iodato de cromo (III) a  $25^\circ\text{C}$ .

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A</b> $11 \text{ mmol L}^{-1}$ | <b>B</b> $21 \text{ mmol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $31 \text{ mmol L}^{-1}$ | <b>D</b> $41 \text{ mmol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $51 \text{ mmol L}^{-1}$ |                                   |

### Dados

- $K_{ps}(\text{Cr}(\text{IO}_3)_3) = 5 \times 10^{-6}$

### PROBLEMA 2.4

2J04

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do sulfato de prata a  $25^\circ\text{C}$ .

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A</b> $15 \text{ mmol L}^{-1}$ | <b>B</b> $30 \text{ mmol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $45 \text{ mmol L}^{-1}$ | <b>D</b> $60 \text{ mmol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $75 \text{ mmol L}^{-1}$ |                                   |

### Dados

- $K_{ps}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 1,4 \times 10^{-5}$

**PROBLEMA 2.5**

2J05

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do cloreto de prata em uma solução  $1 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$  em cloreto de sódio a  $25^\circ\text{C}$ .

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>A</b> $0,4 \mu\text{mol L}^{-1}$ | <b>B</b> $0,8 \mu\text{mol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $1,2 \mu\text{mol L}^{-1}$ | <b>D</b> $1,6 \mu\text{mol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $2,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ |                                     |

**Dados**

- $K_{ps}(\text{AgCl}) = 1,6 \times 10^{-10}$

**PROBLEMA 2.6**

2J06

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do carbonato de cálcio em uma solução  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  em cloreto de cálcio a  $25^\circ\text{C}$ .

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A</b> $11 \text{ nmol L}^{-1}$ | <b>B</b> $22 \text{ nmol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $33 \text{ nmol L}^{-1}$ | <b>D</b> $44 \text{ nmol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $55 \text{ nmol L}^{-1}$ |                                   |

**Dados**

- $K_{ps}(\text{CaCO}_3) = 8,7 \times 10^{-9}$

**PROBLEMA 2.7**

2J07

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do hidróxido de zinco em  $\text{pH} = 6$  a  $25^\circ\text{C}$ .

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

**Dados**

- $K_{ps}(\text{Zn}(\text{OH})_2) = 2 \times 10^{-17}$

**PROBLEMA 2.8**

2J08

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do hidróxido de alumínio em  $\text{pH} = 4,5$  a  $25^\circ\text{C}$ .

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>A</b> $10 \mu\text{mol L}^{-1}$ | <b>B</b> $20 \mu\text{mol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $30 \mu\text{mol L}^{-1}$ | <b>D</b> $40 \mu\text{mol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $50 \mu\text{mol L}^{-1}$ |                                    |

**Dados**

- $K_{ps}(\text{Al}(\text{OH})_3) = 1 \times 10^{-33}$

**PROBLEMA 2.9**

2J09

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do carbonato de magnésio em uma solução  $3 \text{ mmol L}^{-1}$  em nitrato de magnésio.

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

**Dados**

- $K_{ps}(\text{MgCO}_3) = 1 \times 10^{-5}$

**PROBLEMA 2.10**

2J10

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do cloreto de cobre (I) em uma solução  $1,5 \text{ mmol L}^{-1}$  em cloreto de potássio.

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>A</b> $0,25 \text{ mmol L}^{-1}$ | <b>B</b> $0,33 \text{ mmol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $0,50 \text{ mmol L}^{-1}$ | <b>D</b> $0,67 \text{ mmol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $0,80 \text{ mmol L}^{-1}$ |                                     |

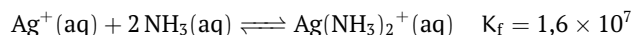
**Dados**

- $K_{ps}(\text{CuCl}) = 1 \times 10^{-6}$

**PROBLEMA 2.11**

2J11

Quando um amônia é adicionada a uma solução que contém íons prata, ocorre a formação do complexo de coordenação:



**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do cloreto de prata em uma solução  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  em amônia.

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>A</b> $2,6 \text{ mmol L}^{-1}$ | <b>B</b> $4,6 \text{ mmol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $6,6 \text{ mmol L}^{-1}$ | <b>D</b> $8,6 \text{ mmol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $9,6 \text{ mmol L}^{-1}$ |                                    |

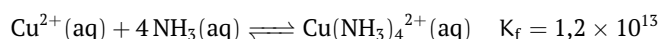
**Dados**

- $K_{ps}(\text{AgCl}) = 1,6 \times 10^{-10}$

**PROBLEMA 2.12**

2J12

Quando um amônia é adicionada à uma solução que contém íons cobre, ocorre a formação do complexo de coordenação:



**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do sulfeto de cobre (II) em uma solução  $1,2 \text{ mol L}^{-1}$  em amônia.

- |   |   |
|---|---|
| <b>A</b> $1,8 \times 10^{-12} \text{ mol L}^{-1}$ | <b>B</b> $3,8 \times 10^{-12} \text{ mol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $5,8 \times 10^{-12} \text{ mol L}^{-1}$ | <b>D</b> $7,8 \times 10^{-12} \text{ mol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $9,8 \times 10^{-12} \text{ mol L}^{-1}$ |   |

**Dados**

- $K_{ps}(\text{CuS}) = 1,3 \times 10^{-36}$

**PROBLEMA 2.13**

2J13

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da massa de nitrato de prata que precisa ser adicionada a 100 mL de uma solução  $1 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$  de cloreto de sódio para o início da precipitação.

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| <b>A</b> 180 µg | <b>B</b> 270 µg |
| <b>C</b> 360 µg | <b>D</b> 540 µg |
| <b>E</b> 630 µg |                 |

**Dados**

- $K_{ps}(\text{AgCl}) = 1,6 \times 10^{-10}$

**PROBLEMA 2.14**

2J14

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da massa de iodeto de potássio que precisa ser adicionada a 25 mL de uma solução  $1 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$  de cloreto de sódio para o início da precipitação.

- |                |                |
|----------------|----------------|
| <b>A</b> 221 g | <b>B</b> 332 g |
| <b>C</b> 443 g | <b>D</b> 554 g |
| <b>E</b> 665 g |                |

**Dados**

- $K_{ps}(\text{PbI}_2) = 1,4 \times 10^{-8}$

**PROBLEMA 2.15**

2J15

**Assinale** a alternativa correta a respeito da precipitação de hidróxido de níquel em uma solução  $0,06 \text{ mol L}^{-1}$  em cátions níquel (II).

- A** Independe do pH.
- B** Ocorre somente na faixa de pH alcalino.
- C** Ocorre somente na faixa de pH ácido.
- D** Não ocorre para  $\text{pH} < 6$ .
- E** Ocorre somente para  $\text{pH} > 12$ .

**Dados**

- $K_{ps}(\text{Ni}(\text{OH})_2) = 6,5 \times 10^{-18}$

**PROBLEMA 2.16**

2J16

**Assinale** a alternativa correta a respeito da precipitação de hidróxido de níquel em uma solução  $1 \text{ mmol L}^{-1}$  em cátions ferro (III).

- A** Independe do pH.
- B** Ocorre somente na faixa de pH alcalino.
- C** Ocorre somente na faixa de pH ácido.
- D** Não ocorre para  $\text{pH} < 3$ .
- E** Ocorre somente para  $\text{pH} > 12$ .

**Dados**

- $K_{ps}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 2 \times 10^{-39}$

**PROBLEMA 2.17**

2J17

Hidróxido de sódio é adicionado progressivamente a uma amostra contendo  $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  em cátions magnésio e  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  em cátions cálcio.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da concentração do primeiro íon a precipitar que permanece em solução quando o segundo precipita.

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A</b> $14 \text{ nmol L}^{-1}$ | <b>B</b> $21 \text{ nmol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $28 \text{ nmol L}^{-1}$ | <b>D</b> $35 \text{ nmol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $42 \text{ nmol L}^{-1}$ |                                   |

**Dados**

- $K_{ps}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 5,5 \times 10^{-6}$
- $K_{ps}(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 1,1 \times 10^{-11}$

**PROBLEMA 2.18**

2J18

Sulfato de sódio é adicionado progressivamente a uma amostra contendo  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  em cátions bário e  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  em cátions chumbo (II).

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da concentração do primeiro íon a precipitar que permanece em solução quando o segundo precipita.

- |   |   |
|---|---|
| <b>A</b> $13 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$ | <b>B</b> $23 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $39 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$ | <b>D</b> $52 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $69 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$ |   |

**Dados**

- $K_{ps}(\text{BaSO}_4) = 1,1 \times 10^{-10}$
- $K_{ps}(\text{PbSO}_4) = 1,6 \times 10^{-8}$

**Nível II**
**PROBLEMA 2.19**

2J19

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do hidróxido de ferro (III) a  $25^\circ\text{C}$ .

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>A</b> $1,2 \times 10^{-18}$ | <b>B</b> $2,0 \times 10^{-18}$ |
| <b>C</b> $3,5 \times 10^{-14}$ | <b>D</b> $1,2 \times 10^{-10}$ |
| <b>E</b> $2,0 \times 10^{-10}$ |                                |

**Dados**

- $K_{ps}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 2 \times 10^{-39}$

**PROBLEMA 2.20**

2J20

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do hidróxido de alumínio a  $25^\circ\text{C}$ .

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>A</b> $1,0 \times 10^{-12}$ | <b>B</b> $3,3 \times 10^{-12}$ |
| <b>C</b> $6,8 \times 10^{-10}$ | <b>D</b> $1,0 \times 10^{-9}$  |
| <b>E</b> $3,3 \times 10^{-9}$  |                                |

**Dados**

- $K_{ps}(\text{Al}(\text{OH})_3) = 1 \times 10^{-33}$

**PROBLEMA 2.21**

2J21

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da solubilidade do fluoreto de cálcio em  $\text{pH} = 3$ .

- |  |  |
|--|--|
| <b>A</b> $4 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ | <b>B</b> $4 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ |
| <b>C</b> $4 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ | <b>D</b> $4 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ |
| <b>E</b> $4 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ |  |

**Dados**

- $K_a(\text{HF}) = 3,5 \times 10^{-4}$
- $K_{ps}(\text{CaF}_2) = 4 \times 10^{-11}$

**PROBLEMA 2.22**

2J22

Uma amostra de 500 mL de uma solução  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  em nitrato de prata é misturada com 500 mL de outra solução contendo 0,005 mol de cloreto de sódio e 0,005 mol de brometo de sódio.

**Determine** a concentração de todas as espécies em solução no equilíbrio.

**Dados**

- $K_{ps}(\text{AgBr}) = 7,7 \times 10^{-13}$
- $K_{ps}(\text{AgCl}) = 1,6 \times 10^{-10}$

**PROBLEMA 2.23**

2J23

Uma amostra contendo 0,1 mol de nitrato de cálcio, 0,1 mol de nitrato de bário e 0,15 mol de sulfato de sódio foram adicionados em 600 mL de água destilada.

**Determine** a concentração de todas as espécies em solução no equilíbrio.

**Dados**

- $K_{ps}(\text{BaSO}_4) = 1,1 \times 10^{-10}$
- $K_{ps}(\text{CaSO}_4) = 2,4 \times 10^{-5}$

**Gabarito**
**Nível I**

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

## Nível II

1. **B**
2. **B**
3. **C**
4. -
5. -