# ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA C/PE DA CALHETA

## Física e Química A – 11.º Ano

### Ficha de trabalho de iniciação Q2.3 – n.º 1

Nome: _____ N.º: _____ Turma: _____

**Unidade 2: Reações em sistemas aquosos / 2.3. Soluções e equilíbrio de solubilidade**
**2.3.1. Mineralização das águas e processo de dissolução.**
**2.3.2. Equilíbrio de solubilidade e solubilidade de sais.**

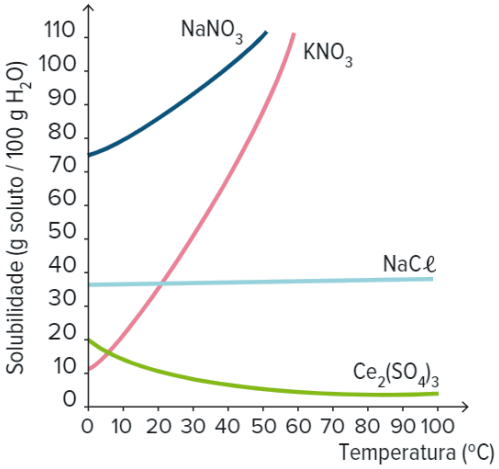
**1.** Selecione a opção correta.

**(A)** A água, por ser um solvente polar, dissolve bem qualquer sal, porque os sais são compostos iónicos.
**(B)** Se uma solução saturada contiver 25 g de soluto por 100 mL de água, uma solução que contenha 30 g desse soluto por 100 mL de água, à mesma temperatura, é uma solução sobressaturada.
**(C)** A solubilidade de um dado sal é independente da temperatura.
**(D)** A uma determinada temperatura, uma solução sobressaturada contém menor quantidade de soluto por unidade de volume do que uma solução saturada do mesmo soluto.

Opção correta é (B).
As outras são incorretas porque: (A) depende da solubilidade do sal; (C) a solubilidade de um sal depende da temperatura em que ocorre a solubilização; (D) a solução sobressaturada contém maior quantidade de soluto por unidade de volume do que a solução saturada do mesmo soluto.

**2.** A partir do gráfico, assinale a opção <u>incorreta</u>.

**(A)** 80 g de $KNO_3$ não saturam 200 g de água à temperatura de 30 °C.
**(B)** A solubilidade de $Ce_2(SO_4)_3$ diminui com o aumento da temperatura.
**(C)** À temperatura de 20 °C, $NaNO_3$ é o menos solúvel dos sais.
**(D)** No intervalo de 0 °C a 100 °C, a solubilidade de NaCl aumenta muito pouco com a temperatura.




Opção (C). A $20°C$, o $NaNO_3$é o sal mais solúvel representado no gráfico.

**3.** Quatro tubos de ensaio A, B, C e D, contêm 25,0 mL de água desionizada. Adicionam-se a estes tubos de ensaio diferentes massas de cloreto de amónio, $NH_4Cl$, nas seguintes quantidades:

| | Tubo A | Tubo B | Tubo C | Tubo D |
|---|---|---|---|---|
| Massa de $NH_4Cl$ /g | 10 | 20 | 30 | 40 |

Considere constante a temperatura e o volume. Selecione a opção que completa corretamente a frase seguinte.
A solubilidade deste sal é 60 g / 100 mL de água a 80 °C. Após agitação a essa temperatura, encontra-se solução saturada e fase sólida…

**(A)** Em nenhum dos tubos de ensaio.
**(B)** Apenas no tubo D.
**(C)** Apenas nos tubos C e D.
**(D)** Apenas nos tubos B, C e D.

Opção (D).

$$A\ 80°C\text{:}\ \frac{60\ g\ NH_4Cl}{100\ mL\ H_2O} = \frac{m}{25\ mL\ H_2O} \Rightarrow m = 15\ g\ NH_4Cl$$

A solução fica saturada quando se dissolvem $15\ g$de $NH_4Cl$, à temperatura de $80°C$.
Tubo A, solução insaturada; tubos B, C e D, solução sobressaturada.

**4.** Os valores seguintes mostram a solubilidade de alguns sais, a uma dada temperatura, expressa em g de soluto / 100 mL de água.

**I.** $AgNO_3$ - 260 g / 100 mL $H_2O$
**II.** $Al_2(SO_4)_3$ - 160 g / 100 mL $H_2O$
**III.** NaCl - 36 g / 100 mL $H_2O$
**IV.** $KNO_3$ - 52 g / 100 mL $H_2O$

Uma solução saturada de um destes sais, com o volume de 25,0 mL, foi sujeita a evaporação. A massa de sal que se obteve foi de 13 g. Identifique o sal.

$I.\ \frac{260\ g\ AgNO_3}{100\ mL\ H_2O} = \frac{m}{25\ mL\ H_2O} \Leftrightarrow m = 65\ g\ AgNO_3$

$II.\ \frac{160\ g\ Al_2(SO_4)_3}{100\ mL\ H_2O} = \frac{m}{25\ mL\ H_2O} \Leftrightarrow m = 40\ g\ Al_2(SO_4)_3$

$III.\ \frac{36\ g\ NaCl}{100\ mL\ H_2O} = \frac{m}{25\ mL\ H_2O} \Leftrightarrow m = 9\ g\ NaCl$

$IV.\ \frac{52\ g\ KNO_3}{100\ mL\ H_2O} = \frac{m}{25\ mL\ H_2O} \Leftrightarrow m = 13\ g\ KNO_3$

O sal é o nitrato de potássio, $KNO_3$.

**5.** Escreva as expressões para o produto de solubilidade dos seguintes equilíbrios.

**5.1.** $AgBr\ (s) \rightleftharpoons Ag^+\ (aq) + Br^-\ (aq)$
**5.2.** $Mg(OH)_2\ (s) \rightleftharpoons Mg^{2+}\ (aq) + 2\ OH^-\ (aq)$
**5.3.** $CaF_2\ (s) \rightleftharpoons Ca^{2+}\ (aq) + 2\ F^-\ (aq)$
**5.4.** $Pb_3(PO_4)_2\ (s) \rightleftharpoons 3\ Pb^{2+}\ (aq) + 2\ PO_4^{3-}\ (aq)$

5.1. $K_s = [Ag^+]_e \times [Br^-]_e$
5.2. $K_s = [Mg^{2+}]_e \times [OH^-]_e^2$
5.3. $K_s = [Ca^{2+}]_e \times [F^-]_e^2$
5.4. $K_s = [Pb^{2+}]_e^3 \times [PO_4^{3-}]_e^2$

**6.** Escreva as expressões dos seguintes produtos de solubilidade relativas aos seguintes sais:

**6.1.** $Ag_2C_2O_4\ (s)$
**6.2.** $BaF_2\ (s)$
**6.3.** $Ba_3(PO_4)_2\ (s)$
**6.4.** $AlCl_3\ (s)$

6.1. $Ag_2C_2O_4(s) \rightleftharpoons 2Ag^+(aq) + C_2O_4^{2-}(aq) \Longrightarrow K_s = [Ag^+]_e^2[C_2O_4^{2-}]_e$

6.2. $BaF_2(s) \rightleftharpoons Ba^{2+}(aq) + 2F^-(aq) \Longrightarrow K_s = [Ba^{2+}]_e[F^-]_e^2$

6.3. $Ba_3(PO_4)_2(s) \rightleftharpoons 3\ Ba^{2+}(aq) + 2\ PO_4^{3-}(aq) \Longrightarrow K_s = [Ba^{2+}]_e^3[PO_4^{3-}]_e^2$

6.4. $AlCl_3(s) \rightleftharpoons Al^{3+}(aq) + 3\ Cl^-(aq) \Longrightarrow K_s = [Al^{3+}]_e[Cl^-]_e^3$

**7.** Estabeleça a correspondência correta entra as colunas I e II.

| Coluna I | Coluna II |
|---|---|
| **(A)** $Zn(OH)_2$ | **1.** $K_s = s^2$ |
| **(B)** $Pb_3(PO_4)_2$ | **2.** $K_s = 4\ s^3$ |
| **(C)** AgCN | **3.** $K_s = 27\ s^4$ |
| **(D)** $Al(OH)_3$ | **4.** $K_s = 108\ s^5$ |

(A) - 2; $K_s = [Zn^{2+}]_e[OH^-]_e^2 \Rightarrow K_s = s(2s)^2 \Rightarrow K_s = 4s^3$
(B) - 4; $K_s = [Pb^{2+}]_e^3[PO_4^{3-}]_e^2 \Rightarrow K_s = (3s)^3(2s)^2 \Rightarrow K_s = 108s^5$
(C) - 1; $K_s = [Ag^+]_e[CN^-]_e \Rightarrow K_s = s^2$
(D) - 3; $K_s = [Al^{3+}]_e[OH^-]_e^3 \Rightarrow K_s = s(3s)^3 \Rightarrow K_s = 27s^4$

**8.** Considere as equações químicas para os equilíbrios de solubilidade seguintes, à temperatura de 25 °C:

$$CaSO_4\ (s) \rightleftharpoons Ca^{2+}\ (aq) + SO_4^{2-}\ (aq)$$

$$SrSO_4\ (s) \rightleftharpoons Sr^{2+}\ (aq) + SO_4^{2-}\ (aq)$$

$$BaSO_4\ (s) \rightleftharpoons Ba^{2+}\ (aq) + SO_4^{2-}\ (aq)$$

**Dados:** $K_s(CaSO_4) = 4{,}93 \times 10^{-5}$;
$K_s(SrSO_4) = 3{,}44 \times 10^{-7}$;
$K_s(BaSO_4) = 1{,}08 \times 10^{-10}$;

**8.1.** Qual dos sais é mais solúvel, a esta temperatura?

**8.2.** Calcule a concentração de iões $Ba^{2+}$ numa solução saturada de $BaSO_4$.

8.1. $CaSO_4$. Nestes sais, $s = \sqrt{K_s}$. Quanto maior for o valor de $K_s$, maior será o valor da solubilidade, $s$.

8.2. $K_s = [Ba^{2+}]_e[SO_4^{2-}]_e \Rightarrow K_s = s^2 \Rightarrow s = \sqrt{K_s}$

$$s = \sqrt{1{,}08 \times 10^{-10}} \Rightarrow s = 1{,}04 \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3}$$

$$[Ba^{2+}]_e = s \Rightarrow [Ba^{2+}]_e = 1{,}04 \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3}$$

**9.** O produto de solubilidade, $K_s$, do oxalato de prata, $Ag_2C_2O_4$, é igual a $5{,}40 \times 10^{-12}$, a 25 °C. O valor da solubilidade deste sal é…

**(A)** $1{,}11 \times 10^{-3}$ mol dm$^{-3}$
**(B)** $1{,}11 \times 10^{-4}$ mol dm$^{-3}$
**(C)** $1{,}16 \times 10^{-6}$ mol dm$^{-3}$
**(D)** $2{,}32 \times 10^{-6}$ mol dm$^{-3}$

Opção (B).

$$Ag_2C_2O_4(s) \rightleftharpoons 2Ag^+(aq) + C_2O_4^{2-}(aq)$$

$$K_s = [Ag^+]_e^2[C_2O_4^{2-}]_e \Rightarrow 5{,}40 \times 10^{-12} = 4s^3$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{5{,}40 \times 10^{-12}}{4}} \Rightarrow s = 1{,}11 \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$$

**10.** Determine a solubilidade dos seguintes sais, expressa em g dm$^{-3}$ e mol dm$^{-3}$:

**10.1.** Fluoreto de bário: $K_s = 1{,}84 \times 10^{-7}$;
**10.2.** Sulfureto de prata: $K_s = 5{,}5 \times 10^{-51}$;
**10.3.** Hidróxido de alumínio: $K_s = 5{,}0 \times 10^{-33}$;

**Nota:** Para determinar a fórmula química do sal procure na tabela periódica o elemento e através do grupo veja qual o ião mais estável destes iões.

10.1. $M(BaF_2) = 175{,}30\ g\ mol^{-1}$

$$BaF_2(s) \rightleftharpoons Ba^{2+}(aq) + 2F^-(aq)$$

$$K_s = [Ba^{2+}]_e[F^-]_e^2 \Rightarrow 1{,}84 \times 10^{-7} = 4s^3$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{1{,}84 \times 10^{-7}}{4}} \Rightarrow s = 3{,}58 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$$

$$s = 3{,}58 \times 10^{-3} \times 175{,}30 \Rightarrow s = 0{,}628\ g\ dm^{-3}$$

10.2. $M(Ag_2S) = 247{,}87\ g\ mol^{-1}$

$$K_s(Ag_2S) = 4s^3 \Rightarrow s = \sqrt[3]{\frac{5{,}5 \times 10^{-51}}{4}} \Rightarrow s = 1{,}1 \times 10^{-17}\ mol\ dm^{-3}$$

$$s = 1{,}1 \times 10^{-17} \times 247{,}87 \Rightarrow s = 2{,}7 \times 10^{-15}\ g\ dm^{-3}$$

10.3. $M(Al(OH)_3) = 78{,}00\ g\ mol^{-1}$

$$K_s(Al(OH)_3) = 27s^4 \Rightarrow s = \sqrt[4]{\frac{5{,}0 \times 10^{-33}}{27}} \Rightarrow s = 3{,}7 \times 10^{-9}\ mol\ dm^{-3}$$

$$s = 3{,}7 \times 10^{-9} \times 78{,}00 \Rightarrow s = 2{,}9 \times 10^{-7}\ g\ dm^{-3}$$

**11.** A fluorite é um mineral de fluoreto de cálcio, $CaF_2$. Calcule a solubilidade de fluoreto de cálcio em água, em g $dm^{-3}$, sabendo que o seu produto de solubilidade é 3,45 x $10^{-11}$.
**Dado:** M($CaF_2$) = 78,08 g $mol^{-1}$
Na reação de equilíbrio:

$$CaF_2(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2\,F^-(aq)$$
$$+s \qquad +2s$$

Cada mol de $CaF_2$ que se dissolve origina $1\,mol$ de $Ca^{2+}$ e $2\,mol$ de $F^-$.
Na solução saturada, se a solubilidade for $s$, então:
$[Ca^{2+}]_e = s$ e $[F^-]_e = 2s$
Sendo:

$$K_s = [Ca^{2+}]_e[F^-]_e^2$$

$$K_s = s(2s)^2 \Rightarrow K_s = 4s^3 \Rightarrow s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}}$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{3{,}45 \times 10^{-11}}{4}} \Rightarrow s = \sqrt[3]{8{,}62 \times 10^{-12}} \Rightarrow s = 2{,}05 \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$$

Determinação da solubilidade em $g\ dm^{-3}$ (para V = 1 $dm^3$):

$$m = n \times M = \ 2{,}05 \times 10^{-4} \times 78{,}08 = 1{,}60 \times 10^{-2} g \Rightarrow s = 1{,}60 \times 10^{-2}\ g\ dm^{-3}$$

Resposta: A solubilidade do fluoreto de cálcio em água é $1{,}60 \times 10^{-2}\ g\ dm^{-3}$.

**12.** Determine a massa de cloreto de chumbo que se pode dissolver, no máximo, em 250 mL de água, supondo que não há variação de volume.
**Dados:** $K_s$($PbCl_2$) = 1,70 x $10^{-5}$; M($PbCl_2$) = 278,10 g $mol^{-1}$
Cálculo da solubilidade a partir do valor de $K_s$:

$$PbCl_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq)$$
$$+s \qquad +2s$$

Na solução saturada:
$[Pb^{2+}]_e = s$ e $[Cl^-]_e = 2s$

$$K_s = [Pb^{2+}]_e[Cl^-]_e^2$$

$$K_s = s(2s)^2 \Rightarrow K_s = 4s^3 \Rightarrow s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}}$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{1{,}70 \times 10^{-5}}{4}} \Rightarrow s = \sqrt[3]{4{,}25 \times 10^{-6}} \Rightarrow s = 1{,}62 \times 10^{-2}\ mol\ dm^{-3}$$

Cálculo da massa de $PbCl_2$ que se dissolve em $250\ mL$: *(1.º cálculo do n e depois da massa)*

$$n = c \times V \Rightarrow n = 1{,}62 \times 10^{-2} \times 0{,}250 = 4{,}05 \times 10^{-3}\ mol$$
$$m = n \times M \Rightarrow m = 4{,}05 \times 10^{-3} \times 278{,}10 = 1{,}13\ g\ de\ PbCl_2$$

Resposta: A massa de $PbCl_2$ que se pode dissolver é $1{,}1\ g$.

**13.** Sabendo que em 100 mL de uma solução saturada de fosfato de cálcio, $Ca_3(PO_4)_2$, existem 3,54 x $10^{-6}$ g deste sal dissolvidos, calcule o valor do produto de solubilidade.
**Dado:** M($Ca_3(PO_4)_2$) = 310,18 g $mol^{-1}$
Cálculo da solubilidade de $Ca_3(PO_4)_2$:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{3{,}54 \times 10^{-6} g}{310{,}18} = 1{,}14 \times 10^{-8}\ mol$$
$$s = \frac{n}{V} \Rightarrow s = \frac{1{,}14 \times 10^{-8}}{0{,}100} = 1{,}14 \times 10^{-7}\ mol\ dm^{-3}$$

Cálculo de $K_s$ a partir da solubilidade:

$$Ca_3(PO_4)_2(s) \rightleftharpoons 3Ca^{2+}(aq) + 2PO_4^{3-}(aq)$$
$$+3s \qquad +2s$$
$$K_s = [Ca^{2+}]_e^3[PO_4^{3-}]_e^2$$
$$K_s = (3s)^3(2s)^2 \Rightarrow K_s = 108s^5$$
$$K_s = 108(1{,}14 \times 10^{-7})^5 = 2{,}08 \times 10^{-33}$$

**14.** A 25 ºC, o produto de solubilidade do sulfato de prata, $Ag_2SO_4$, é igual a 1,20 x $10^{-5}$.
Selecione a opção que completa corretamente a frase seguinte.
A solubilidade deste sal é…
**(A)** 1,73 x $10^{-3}$ mol $dm^{-3}$.
**(B)** 3,46 x $10^{-3}$ mol dm-3.
**(C)** 1,44 x 10-2 mol dm-3.
**(D)** 3,38 x 10-6 mol dm-3.

A reação de equilíbrio de uma solução saturada de sulfato de prata é dada pela equação seguinte:

$$Ag_2SO_4(s) \rightleftharpoons 2\,Ag^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

$$K_s = [Ag^+]_e^2 \times [SO_4^{2-}]_e \text{com} [Ag^+]_e = 2s \text{e} [SO_4^{2-}]_e = s$$

$$K_s = (2s)^2 \times s \Leftrightarrow K_s = 4s^3 \Leftrightarrow s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} \Leftrightarrow s = \sqrt[3]{\frac{1{,}20 \times 10^{-5}}{4}} \Leftrightarrow s = 1{,}44 \times 10^{-2}\ \text{mol dm}^{-3}$$

Resposta: Opção (C).

**15.** Calcule o pH de uma solução saturada de $Mg(OH)_2$, a 25ºC.
Dado: $K_s(Mg(OH)_2)$ = 5,61 x $10^{-12}$

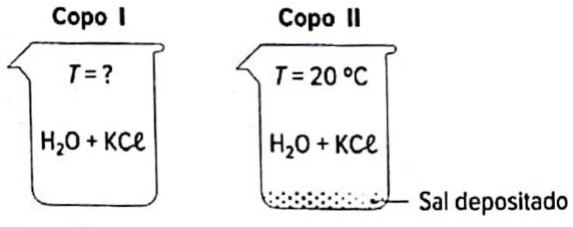
$$K_s = 4s^3 \Rightarrow s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} \Leftrightarrow s = 1{,}12 \times 10^{-4}\ \text{mol dm}^{-3}$$

$$[OH^-] = 2s \Leftrightarrow [OH^-] = 2{,}24 \times 10^{-4}\ \text{mol dm}^{-3}$$

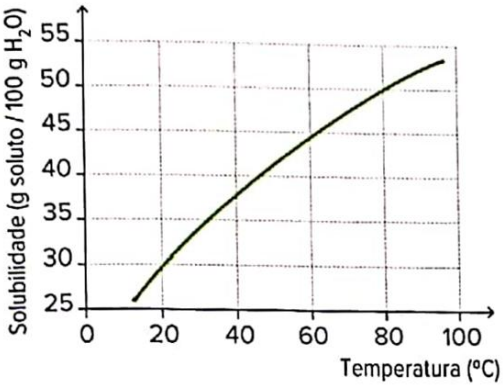
$$pOH = -\log[OH^-] \Rightarrow pOH = -\log(2{,}24 \times 10^{-4}) \Leftrightarrow pOH = 3{,}65$$

$$pH + pOH = 14{,}0 \Leftrightarrow pH = 10{,}4$$

**16.** Os copos de precipitação I e II contêm soluções saturadas de cloreto de potássio, KCl, a duas temperaturas diferentes. Na preparação das soluções foram adicionados, a cada um dos copos, 400 mL de água e 200 g de KCl.




O gráfico seguinte representa a solubilidade do KCl em água, em gramas de solutos / 100 g de $H_2O$, a diferentes temperaturas.




**16.1.** Determine a temperatura da solução contida no copo de precipitação I.
**16.2.** Sabendo que a temperatura da solução do copo de precipitação II é de 20 ºC, determine a quantidade química de sal (KCl) depositada no fundo do copo.

16.1. O copo I contém uma solução saturada (sem sal depositado).

$$\frac{400\ \text{mL}\ H_2O}{200\ \text{g KCl}} = \frac{100\ \text{mL}\ H_2O}{m} \Leftrightarrow m = 50\ \text{g KCl}$$

De acordo com o gráfico, $50\ \text{g de KCl}/100\ \text{mL de água}$ correspondem à temperatura de 80 ºC

16.2. T = 20 °C; M(KCl) = 74,55 g $mol^{-1}$

$$\frac{30\ \text{g de}\ KCl}{100\ \text{g de}\ H_2O} = \frac{m}{400\ \text{g de}\ H_2O} \Rightarrow m = 120\ \text{g de}\ KCl$$

Como foram adicionados 200 g de KCl:

$$m_{\text{depositada}} = 200 - 120 = 80\ \text{g}$$

$$n = \frac{m}{M} \Leftrightarrow n = \frac{80}{74{,}55} = 1{,}1\ \text{mol de}\ KCl$$

**17.** Somente 6,1 mg de oxalato de cálcio, $CaC_2O_4$, se dissolvem em 1,00 L de água, à temperatura de 25 °C. Determine o produto de solubilidade do oxalato de cálcio.

$M(CaC_2O_4) = 128{,}10\ g\ mol^{-1}$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{6{,}1 \times 10^{-3}}{128{,}10} \Leftrightarrow n = 4{,}76 \times 10^{-5}\ mol$$

$$s = \frac{n}{V} \Rightarrow s = \frac{4{,}76 \times 10^{-5}}{1{,}00} \Leftrightarrow s = 4{,}76 \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3}$$

$$CaC_2O_4(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + C_2O_4^{2-}(aq)$$

$$K_s = s^2 \Rightarrow K_s = (4{,}76 \times 10^{-5})^2 \Leftrightarrow K_s = 2{,}27 \times 10^{-9}$$

**Exame nacional 2013 - 2.ª fase.**

**18.** O equilíbrio de que se estabelece entre o nitrato de potássio, $KNO_3$, e os iões resultantes da dissolução do sal em água pode ser traduzido por:

$$KNO_3\ (s) \rightleftharpoons K^+\ (aq) + NO_3^-\ (aq)$$

Considere que se prepara uma solução aquosa de $KNO_3$ por dissolução do soluto sólido.

**18.1.** O intervalo de tempo necessário à dissolução completa do $KNO_3$ (s)…

**(A)** Não depende do estado de divisão do sólido, nem da agitação da solução.

**(B)** Não depende do estado de divisão do sólido, mas depende da agitação da solução.

**(C)** Depende do estado de divisão do sólido e da agitação da solução.

**(D)** Depende do estado de divisão do sólido, mas não depende da agitação da solução.

**18.2.** Admita que a solução aquosa de $KNO_3$ preparada é uma solução saturada e que s é a solubilidade do $KNO_3$ em água, expressa em mol $dm^{-3}$, à temperatura a que se encontra a solução. Qual é a relação entre a solubilidade, s, e as concentrações dos iões $K^+$ (aq) e $NO_3^-$ (aq), também expressas em mol $dm^{-3}$, nessa solução?

**(A)** $s = \sqrt{[K^+]} = \sqrt{[NO_3^-]}$

**(B)** $s = [K^+]^2 = [NO_3^-]^2$

**(C)** $s = \frac{[K^+]}{2} = \frac{[NO_3^-]}{2}$

**(D)** $s = [K^+] = [NO_3^-]$

18.1. Opção (C). A dissolução depende da agitação e do estado de divisão do sólido.

18.2. Opção (D). Para $KNO_3$, a dissolução é 1:1, logo $s = [K^+] = [NO_3^-]$.