# تمارين — المحاليل الإلكتروليتية

## تمرين 1

أتمم الجدول التالي بكتابة الصيغة الكيميائية لكل من الأجسام الصلبة الأيونية المكونة من الأيونات التالية:

| الأيونات المكونة للمركب الصلب الأيوني | صيغة المركب الصلب الأيوني |
|---|---|
| $K^+$ و $I^-$ | |
| $Cu^{2+}$ و $Cl^-$ | |
| $Fe^{3+}$ و $NO_3^-$ | |
| $K^+$ و $SO_4^{2-}$ | |

## تمرين 2

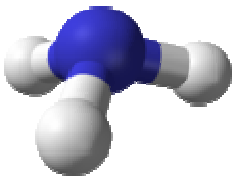
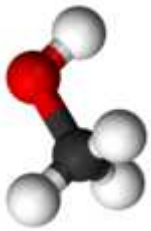
أكتب المعادلة الكيميائية لذوبان كل من المركبات الصلبة الأيونية التالية في الماء:

| كلورور الأمونيوم: | كربونات البوتاسيوم: | فوسفات البوتاسيوم: | كبريتات الألمنيوم: |
|---|---|---|---|
| $NH_4Cl$ | $K_2CO_3$ | $K_3PO_4$ | $Al_2(SO_4)_3$ |

## تمرين 3

معطيات:

- كهرسلبية بعض العناصر الكيميائية: $\chi(H)=2,2$ | $\chi(C)=2,6$ | $\chi(N)=3,0$ | $\chi(O)=3,4$
- النماذج الجزيئية لأنواع كيميائية:

| | | | |
|---|---|---|---|
| | |  |  |
| ثنائي أكسيد الكربون ($CO_2$) | سيانور الهيدروجين ($HCN$) | الأمونياك ($NH_3$) | الميثانول ($CH_4O$) |

1. حدد الجزيئات التي لها بنية قطبية، معللا جوابك.
2. قابلية الذوبان لثنائي أكسيد الكربون في الماء ضعيفة بينما قابلية الذوبان للأمونياك في الماء مرتفعة. أعط تفسيرا لذلك.

## تمرين 4

تذاب الكتلة $m=4,05\ g$ من كلورور الحديد (III) في ماء مقطر، لتحضير محلول حجمه $V=100\ mL$.

1. أكتب الصيغة الكيميائية لكلورور الحديد (III).
2. أكتب المعادلة الكيميائية لذوبانه في الماء.
3. أحسب التركيز المولي للمحلول.
4. أحسب التركيز المولي الفعلي للأيونات الناتجة في المحلول.

- معطيات: $M(Cl)=35,5\ g.mol^{-1}$ / $M(Fe)=55,8\ g.mol^{-1}$

## تمرين 5

ملح "مور" (sel de Mohr) مركب صلب أيوني على شكل بلورات خضراء. صيغته الكيميائية هي $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2,6H_2O$ .
وكتلته المولية هي $M = 392\ g.mol^{-1}$ .

1. باستعمال هذه الصيغة، بين أن عنصر الحديد يوجد في ملح مور على شكل أيونات الحديد (II) $Fe^{2+}$ .
2. أكتب المعادلة الكيميائية لذوبان هذا المركب في الماء.
3. يراد تحضير محلول مائي لهذا المركب حجمه $V = 100\ mL$ بحيث يكون فيه التركيز المولي الفعلي لأيونات الحديد (II) هو $\left[Fe^{2+}\right] = 0,10\ mol.L^{-1}$ . ما كتلة ملح مور التي ينبغي إذابتها؟

## تمرين 6

ذوبانية مركب أيوني في الماء مقدار يقيس الكتلة القصوى لهذا المركب التي يمكن إذابتها في لتر واحد من الماء. يوصف المحلول المائي حينئذ بالمحلول المشبع: لأن المحلول يصبح غير قادر على إذابة كمية إضافية من هذا المركب.
تتعلق الذوبانية في الماء بطبيعة المذاب و درجة الحرارة، و وحدتها $g.L^{-1}$ .
يعطي الجدول جانبه قيم الذوبانية $s$ في الماء لبعض المركبات الأيونية عند $20°C$ .

| المركب الأيوني | $s\ (g.L^{-1})$ |
|---|---|
| $NaCl$ | 360 |
| $NH_4Cl$ | 372 |
| $KNO_3$ | 316 |

1. أكتب المعادلة الكيميائية لذوبان كل من هذه المركبات الأيونية في الماء.
2. أحسب التركيز المولي الفعلي للأيونات الناتجة في محلول مشبع لكل منها.

• معطيات:

$$M\ (O) = 16,0\ g.mol^{-1} \quad / \quad M\ (N) = 14,0\ g.mol^{-1} \quad / \quad M\ (H) = 1,0\ g.mol^{-1}$$
$$M\ (K) = 39,1\ g.mol^{-1} \quad / \quad M\ (Cl) = 35,5\ g.mol^{-1} \quad / \quad M\ (Na) = 23,0\ g.mol^{-1}$$

## تمرين 7

يحضر محلولان مائيان:

- محلول $S_1$ : بإذابة $50\ mg$ من هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ في الماء للحصول على $100\ mL$ من المحلول ،
- محلول $S_2$ : بإذابة $80\ mg$ من هيدروكسيد البوتاسيوم $KOH$ في الماء للحصول على $100\ mL$ من المحلول .

1. أحسب التركيز المولي لكل محلول.
2. يمزج الحجم $V_1 = 50\ mL$ من المحلول $S_1$ مع الحجم $V_2 = 50\ mL$ من المحلول $S_2$.
أحسب التركيز المولي الفعلي للأيونات في الخليط علما أنه لا يحصل أي تفاعل بين المحلولين.

• معطيات:

$$M\ (O) = 16,0\ g.mol^{-1} \quad / \quad M\ (H) = 1,0\ g.mol^{-1}$$
$$M\ (Ca) = 40,1\ g.mol^{-1} \quad / \quad M\ (K) = 39,1\ g.mol^{-1}$$

# المحاليل الإلكتروليتية

## تمرين 1

عند كتابة الصيغة الكيميائية لجسم صلب أيوني يؤخذ بعين الاعتبار التعادل الكهربائي:

| الأيونات المكونة للمركب الصلب الأيوني | صيغة المركب الصلب الأيوني |
|---|---|
| $K^+$ و $I^-$ | $KI$ |
| $Cu^{2+}$ و $Cl^-$ | $CuCl_2$ |
| $Fe^{3+}$ و $NO_3^-$ | $Fe(NO_3)_3$ |
| $K^+$ و $SO_4^{2-}$ | $K_2SO_4$ |

## تمرين 2

المعادلة الكيميائية لذوبان كل من المركبات الصلبة الأيونية في الماء:

كلورور الأمونيوم: $NH_4Cl$

$$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} NH_{4(aq)}^+ + Cl_{(aq)}^-$$

كربونات البوتاسيوم: $K_2CO_3$

$$K_2CO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} 2K_{(aq)}^+ + CO_{3(aq)}^{2-}$$

فوسفات البوتاسيوم: $K_3PO_4$

$$K_3PO_{4(s)} \xrightarrow{H_2O} 3K_{(aq)}^+ + PO_{4(aq)}^{3-}$$

كبريتات الألمنيوم: $Al_2(SO_4)_3$

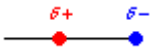
$$Al_2(SO_4)_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} 2Al_{(aq)}^{3+} + 3SO_{4(aq)}^{2-}$$

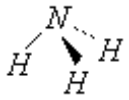
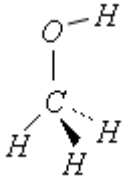
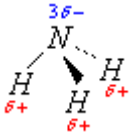
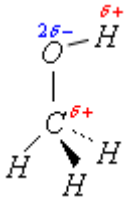
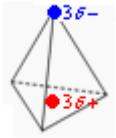
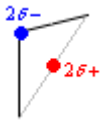
## تمرين 3

**1.** الجزيئات التي لها بنية قطبية:

لجزيئة بنية قطبية إذا:

- كانت تضم روابط مستقطبة،
- كان مرجح الشحن الموجبة و مرجح الشحن السالبة غير متطابقين.

| ثنائي أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) | سيانور الهيدروجين ( $HCN$ ) |
|---|---|
| $O=C=O$<br>الرابطتان $C=O$ مستقطبتان: $\chi(O)>\chi(C)$ ←<br>$\overset{\delta-}{O}=\overset{2\delta+}{C}=\overset{\delta-}{O}$<br>لكن بما أن الجزيئة خطية، فإن مرجح الشحن الموجبة(مركز ذرة الكربون) و مرجح الشحن السالبة(مركز ذرة الكربون) يتطابقان:<br> <br>◄ جزيئة ثنائي أكسيد الكربون جزيئة لاقطبية. | $H-C\equiv N$<br>الرابطة $C\equiv N$ مستقطبة: $\chi(N)>\chi(C)>\chi(H)$ ←<br>$H-\overset{\delta+}{C}\equiv\overset{\delta-}{N}$<br>مرجح الشحن الموجبة(مركز ذرة الكربون) و مرجح الشحن السالبة(مركز ذرة الأزوت) لا يتطابقان:<br>  <br>◄ جزيئة سيانور الهيدروجين جزيئة قطبية. |

| الأمونياك ( $NH_3$ ) | الميثانول ( $CH_4O$ ) |
|---|---|
|  |  |
| $\chi(N)>\chi(H)$ ← الروابط $N-H$ مستقطبة: | $\chi(O)>\chi(C)>\chi(H)$ |
|  | ← الرابطتان $C-O$ و $O-H$ مستقطبتان: |
| مرجح الشحن الموجبة (مركز قاعدة الهرم) و مرجح الشحن السالبة (مركز ذرة الأزوت) لا يتطابقان: |  |
|  | مرجح الشحن الموجبة و مرجح الشحن السالبة لا يتطابقان: |
| ◄ جزيئة الأمونياك جزيئة قطبية. |  |
| | ◄ جزيئة الميثانول جزيئة قطبية. |

**2.** تفسير قابلية الذوبان الضعيفة لثنائي أكسيد الكربون في الماء و قابلية الذوبان المرتفعة للأمونياك في الماء :

بما أن جزيئة غاز ثنائي أكسيد الكربون لاقطبية، ليس لجزيئات الماء القطبية تأثير كهرساكن عليها. و بالتالي لا تتفكك في الماء خلافا لجزيئة الأمونياك القطبية التي تذوب في الماء بفعل التأثيرات الكهرساكنة لجزيئات الماء.

## تمرين 4

**1.** الصيغة الكيميائية لكلورور الحديد (III):

كلورور الحديد (III) مركب صلب أيوني يتكون من أيونات الحديد (III): $Fe^{3+}$ و أيونات الكلورور $Cl^-$.

باعتبار التعادل الكهربائي للمركب فإن صيغته هي: $FeCl_3$

**2.** المعادلة الكيميائية لذوبانه في الماء:

$$FeCl_{3\,(s)} \xrightarrow{H_2O} Fe^{3+}_{(aq)} + 3\,Cl^-_{(aq)}$$

**3.** التركيز المولي للمحلول:

هو تركيزه من المذاب $FeCl_{3\,(s)}$ : $c=\dfrac{n}{V}$ حيث $n$ كمية المادة لكلورور الحديد (III).

و بما أن: $n=\dfrac{m}{M}$ فإن بالتالي: $c=\dfrac{m}{M\cdot V}$ ت.ع. $M=M(Fe)+3M(Cl)=162,3\ g.mol^{-1}$

$$c=\frac{4,05(g)}{162,3(g.mol^{-1})\times 100\times 10^{-3}(L)}=0,25\ mol.L^{-1} \quad \leftarrow$$

**4.** التركيز المولي الفعلي للأيونات الناتجة في المحلول:

حسب معادلة الذوبان، ذوبان $1\ mol$ من كلورور الحديد (III) ينتج $1\ mol$ من أيونات الحديد (III) و $3\ mol$ من أيونات الكلورور.

إذن التركيز الفعلي لكل من الأيونين هو: $\left[Fe^{3+}\right]=c$ و $\left[Cl^-\right]=3\,c$

ت.ع. $\left[Fe^{3+}\right]=0,25\ mol.L^{-1}$ و $\left[Cl^-\right]=0,75\ mol.L^{-1}$

## تمرين 5

**1.** طبيعة أيون الحديد في ملح مور:

يكون كل مركب صلب أيوني متعادلا كهربائيا: أي المجموع الجبري لشحنات الأيونات المكونة له منعدم.

ليكن $n$ عدد الشحنة لأيون الحديد المكون لملح مور، أي رمزه هو $Fe^{n+}$ مع $n$ عدد صحيح طبيعي، و شحنته $+n$،

الأيونات الأخرى المكونة لهذا الملح هي:

ـ أيون الأمونيوم: $NH_4^+$ و شحنته $+1$ ـ أيون الكبريتات: $SO_4^{2-}$ و شحنته $-2$

باعتبار التعادل (الحياد) الكهربائي العدد $n$ يحقق المعادلة التالية: $+n+(2\times(+1))+(2\times(-2))=0$ $\leftarrow$ $n=2$

يستنتج أن أيون الحديد المكون لملح مور هو أيون الحديد $(II)$ : $Fe^{2+}$

**2.** المعادلة الكيميائية لذوبان هذا المركب في الماء:

$$(Fe(NH_4)_2(SO_4)_2,6H_2O)_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Fe^{2+}_{(aq)} + 2\ NH^+_{4(aq)} + 2\ SO^{2-}_{4(aq)} + 6H_2O_{(l)}$$

**3.** كتلة ملح مور التي ينبغي إذابتها:

كمية المادة لأيونات الحديد في المحلول هي: $n(Fe^{2+}) = \left[Fe^{2+}\right]\cdot V$

و حسب معادلة الذوبان: $n(Fe^{2+}) = n$ مع $n = \dfrac{m}{M}$ كمية مادة ملح مور المذابة.

تستنتج كتلة ملح مور التي ينبغي إذابتها: $m = \left[Fe^{2+}\right]\cdot V \cdot M$

ت.ع. $m = 0{,}10(mol.L^{-1})\times 100\times 10^{-3}(L)\times 392(g.mol^{-1}) = 3{,}9\ g$

## تمرين 6

**1.** المعادلة الكيميائية لذوبان كل من هذه المركبات الأيونية في الماء:

$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$
$$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$
$$KNO_{3\ (s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$$

**2.** التركيز المولي الفعلي للأيونات الناتجة في محلول مشبع :

يلاحظ أن في كل من هذه المعادلات ذوبان $1\ mol$ من المركب الأيوني ينتج $1\ mol$ من الكاتيونات و $1\ mol$ من الأنيونات. و هذا يعني أن التركيز المولي الفعلي للأيونات الناتجة يساوي تركيز المحلول من المذاب و الذي يساوي: $c = \dfrac{n}{V} = \dfrac{m}{V\cdot M}$

ثم باعتبار أن المحاليل مشبعة: $\dfrac{m}{V} = s$ و بالتالي: $c = \dfrac{s}{M}$

| في محلول مشبع لكلورور الصوديوم | في محلول مشبع لكلورور الأمونيوم |
|---|---|
| $c = \dfrac{s}{M}$ <br> $\left[Na^+\right] = \left[Cl^-\right] = c$ <br> ت.ع. <br> $c = \dfrac{360(g.L^{-1})}{(23+35{,}5)(g.mol^{-1})} = 6{,}15\ mol.L^{-1}$ <br> $\rightarrow$ $\left[Na^+\right] = \left[Cl^-\right] = 6{,}15\ mol.L^{-1}$ | $c = \dfrac{s}{M}$ <br> $\left[NH_4^+\right] = \left[Cl^-\right] = c$ <br> ت.ع. <br> $c = \dfrac{372(g.L^{-1})}{(18+35{,}5)(g.mol^{-1})} = 6{,}95\ mol.L^{-1}$ <br> $\rightarrow$ $\left[NH_4^+\right] = \left[Cl^-\right] = 6{,}95\ mol.L^{-1}$ |

| في محلول مشبع لنترات البوتاسيوم |
|---|
| $c = \frac{s}{M}$ <br> $\left[K^+\right] = \left[NO_3^-\right] = c$ <br> ت.ع. <br> $c = \frac{316(g.L^{-1})}{(39+62)(g.mol^{-1})} = 3,13\ mol.L^{-1}$ <br> $\rightarrow \underline{\left[K^+\right] = \left[NO_3^-\right] = 3,13\ mol.L^{-1}}$ |

## تمرين 7

1. **التركيز المولي لكل محلول:**

في كل محلول تركيز المذاب هو: $c = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$

| محلول هيدروكسيد الكالسيوم | محلول هيدروكسيد البوتاسيوم |
|---|---|
| $c_1 = \frac{m_1}{M_1 \cdot V}$ <br> ت.ع. <br> $c_1 = \frac{50\times10^{-3}}{(40+34)\times100\times10^{-3}} = \underline{6,76.10^{-3}\ mol.L^{-1}}$ | $c_2 = \frac{m_2}{M_2 \cdot V}$ <br> ت.ع. <br> $c_2 = \frac{80\times10^{-3}}{(39+17)\times100\times10^{-3}} = \underline{1,43.10^{-2}\ mol.L^{-1}}$ |

2. **التركيز المولي الفعلي للأيونات في الخليط :**

- معادلات الذوبان: $Ca(OH)_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}_{(aq)} + 2HO^-_{(aq)}$

$KOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$

- جرد الأيونات في الخليط: $Ca^{2+}_{(aq)}$ و $K^+_{(aq)}$ و $HO^-_{(aq)}$

- التركيز المولي الفعلي للأيونات: يلاحظ أن الحجم الكلي للخليط هو $V_1 + V_2$ و تؤخذ بعين الاعتبار المعاملات التناسبية للأيونات.

- تركيز أيونات الكالسيوم: مصدر هذه الأيونات هو المحلول $S_1$ فقط،

$$\left[Ca^{2+}\right] = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2} \leftarrow \left[Ca^{2+}\right] = \frac{n(Ca^{2+})}{V_1 + V_2}$$

$$\left[Ca^{2+}\right] = \frac{6,76.10^{-3}\times50}{50+50} = \underline{3,38.10^{-3}\ mol.L^{-1}} \quad \text{ت.ع.}$$

- تركيز أيونات البوتاسيوم: مصدر هذه الأيونات هو المحلول $S_2$ فقط،

$$\left[K^+\right] = \frac{c_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} \leftarrow \left[K^+\right] = \frac{n(K^+)}{V_1 + V_2}$$

$$\left[K^+\right] = \frac{1,43.10^{-2}\times50}{50+50} = \underline{7,15.10^{-3}\ mol.L^{-1}} \quad \text{ت.ع.}$$

- تركيز أيونات الهيدروكسيد: مصدر هذه الأيونات هو المحلولان معا ،

$$\left[HO^-\right] = \frac{2\ c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} \leftarrow \left[HO^-\right] = \frac{n(HO^-)}{V_1 + V_2} = \frac{n_1(HO^-) + n_2(HO^-)}{V_1 + V_2}$$

$$\left[HO^-\right] = \frac{2\times6,76.10^{-3}\times50 + 1,43.10^{-2}\times50}{50+50} = \underline{1,39.10^{-2}\ mol.L^{-1}} \quad \text{ت.ع.}$$