تمارين — قياس المواصلة

تمرين 1

تغمر خلية قياس المواصلة في محلول مائي لكلورور البوتاسيوم، ثم يطبق بين مربطيها توتر متناوب جيبي.
أعطى قياس القيمة الفعالة لكل من التوتر و شدة التيار النتيجتين التاليتين: $U = 13,7\ V$ و $I = 89,3\ mA$

1- مثل تبيانة للتركيب التجريبي المستعمل.
2- أحسب مواصلة جزء المحلول المحصور بين إلكترودي خلية القياس.
3- علما أن موصلية هذا المحلول هي $\sigma = 0,512\ mS.cm^{-1}$ ، أحسب ثابتة خلية القياس.

تمرين 2

تم تحضير محلولين مائيين مخففين: أحدهما بإذابة كلورور الصوديوم $NaCl_{(s)}$ و الثاني بإذابة كلورور الباريوم $BaCl_{2(s)}$.

1- أكتب صيغة كل محلول.
2- عبر عن موصلية كل محلول بدلالة تركيزه المولي.

تمرين 3

موصلية محلول مائي لبرومور البوتاسيوم هي $\sigma = 3,0.10^{-2}\ S.m^{-1}$.

- معطيات: $\lambda_{K^+} = 7,35.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$ / $\lambda_{Br^-} = 7,81.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$

1- أكتب معادلة ذوبان برومور البوتاسيوم في الماء.
2- أحسب التركيز المولي للمحلول بالوحدة $mol.L^{-1}$.
3- يخفف المحلول 10 مرات. حدد موصلية المحلول المخفف.

تمرين 4

الذوبانية s لنوع كيميائي في الماء هي التركيز الكتلي الأقصى لهذا النوع الكيميائي في الماء دون أن يترسب.
يسمى المحلول حينئذ محلولا مشبعا. أعطى قياس موصلية محلول مشبع لفلورور الكالسيوم عند $18℃$ القيمة $\sigma = 3,71\ mS.m^{-1}$.

- معطيات عند $18℃$: $\lambda_{Ca^{2+}} = 10,50\ mS.m^2.mol^{-1}$ / $\lambda_{F^-} = 4,04\ mS.m^2.mol^{-1}$
$M(Ca) = 40,1\ g.mol^{-1}$ / $M(F) = 19,0\ g.mol^{-1}$

1- أكتب معادلة ذوبان فلورور الكالسيوم في الماء.
2- أحسب الموصلية المولية لهذا المحلول عند $18℃$.
3- أحسب ذوبانية فلورور الكالسيوم عند $18℃$.

تمرين 5

يمزج محلول مائي لكلورور البوتاسيوم حجمه $V_1 = 100\ mL$ و تركيزه المولي $c_1 = 1,5.10^{-3}\ mol.L^{-1}$، و محلول مائي لكلورور الصوديوم حجمه $V_2 = 50,0\ mL$ و تركيزه المولي $c_2 = 1,3.10^{-3}\ mol.L^{-1}$. لا يحصل أي تفاعل بين المحلولين.

- معطيات: $\lambda_{K^+} = 7,35.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$ / $\lambda_{Cl^-} = 7,63.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$ / $\lambda_{Na^+} = 5,01.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$

1- أحسب التركيز المولي الفعلي لكل أيون في الخليط.
2- أحسب موصلية الخليط.

تمرين 6

يعطي الجدول التالي مواصلة محاليل مختلفة لها نفس التركيز المولي $c = 1,0.10^{-3}\ mol.L^{-1}$:

المحلول	$G\ (\mu S)$
كلورور الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$	137
كلورور البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$	171
هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$	268

أنجزت القياسات بنفس خلية القياس و عند نفس درجة الحرارة.

- حدد مواصلة محلول هيدروكسيد البوتاسيوم له نفس التركيز و عند نفس الشروط التجريبية.

تمرين 7

نقص بوتاسيوم الدم هي الحالة الطبية التي تصف انخفاض نسبة البوتاسيوم في الدم.
يعالج نقص البوتاسيوم في الحالات المستعجلة بالحقن عن طريق الوريد لمحلول كلورور البوتاسيوم. تحتوي حقنة على $20\ mL$ من هذا المحلول، و يراد تحديد الكتلة m لكلورور البوتاسيوم في هذه الحقنة بقياس المواصلة.
لتدريج خلية قياس المواصلة تستعمل محاليل مخففة لكلورور البوتاسيوم. أعطت القياسات النتائج المدونة في الجدول التالي:

$c\ (mmol.L^{-1})$	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10
$G\ (mS)$	0,28	0,56	1,16	1,70	2,28	2,78

- معطيات: $M\ (Cl) = 35,5\ g.mol^{-1}$ / $M\ (K) = 39,1\ g.mol^{-1}$

1- مثل المنحنى $G = f\ (c)$. أعط استنتاجا.

2- يعطى قياس مواصلة محلول الحقنة عند نفس الشروط التجريبية للتدريج القيمة $G_a = 293\ mS$.

أ- هل يمكن استنتاج التركيز المولي لمحلول الحقنة مباشرة باستعمال هذا المنحنى؟ علل جوابك.

ب- باعتبار القيمتين $G_a = 293\ mS$ و $G = 2,78\ mS$، حدد أدنى قيمة لمعامل التخفيف الذي ينبغي استعماله.

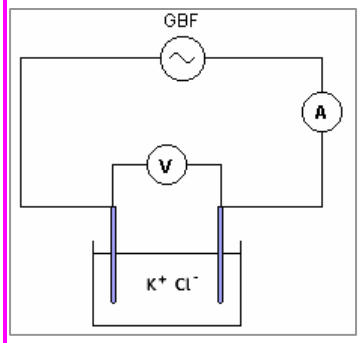
3- يخفف محتوى الحقنة 200 مرة، و يعطي قياس مواصلة المحلول المخفف عند نفس الشروط التجريبية للتدريج القيمة $G_d = 1,89\ mS$.

أ- استنتج قيمة التركيز المولي c_d للمحلول المخفف. ثم التركيز المولي c_a لمحلول الحقنة.

ب- أحسب قيمة الكتلة m.

قياس المواصلة

تمرين 1



1- تبيانة للتركيب التجريبي المستعمل

أنظر الشكل جانبه

2- مواصلة جزء المحلول المحصور بين إلكترودي خلية القياس

$G = \frac{89,3\times10^{-3}}{13,7} = \underline{6,52\cdot10^{-3}\ S}$ ت.ع. $\quad G = \frac{I}{U}$

3- ثابتة خلية القياس

$G = \sigma\cdot\frac{S}{L} \rightarrow \sigma = k\cdot G$ مع $k = \frac{L}{S}(\ m^{-1})$: ثابتة الخلية

$k = \frac{0,512\ \times10^{-3}\times10^{2}(S.m^{-1})}{6,52\cdot10^{-3}\ (S)} = \underline{7,85\ m^{-1}}$ ت.ع. $\quad k = \frac{\sigma}{G} \rightarrow$

تمرين 2

1- صيغة كل محلول

تستنتج صيغة محلول إلكتروليتي من معادلة الذوبان.

- في حالة محلول كلورور الصوديوم: $NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ إذن صيغة المحلول هي: $(Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$

- في حالة محلول كلورور الباريوم: $BaCl_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Ba^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$ إذن صيغة المحلول هي: $(Ba^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)})$

2- تعبير موصلية كل محلول بدلالة تركيزه المولي

تطبق العلاقة العامة: $\sigma = \Sigma\lambda_i\cdot[X_i]$

- في حالة محلول كلورور الصوديوم: $\sigma = \lambda_{Na^+}\cdot[Na^+] + \lambda_{Cl^-}\cdot[Cl^-]$ مع $[Na^+] = [Cl^-] = c$

$\sigma = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-})\cdot c \quad \leftarrow$

- في حالة محلول كلورور الباريوم: $\sigma = \lambda_{Ba^{2+}}\cdot[Ba^{2+}] + \lambda_{Cl^-}\cdot[Cl^-]$ مع $[Ba^{2+}] = c$ و $[Cl^-] = 2c$

$\sigma = (\lambda_{Ba^{2+}} + 2\lambda_{Cl^-})\cdot c \quad \leftarrow$

تمرين 3

1- معادلة ذوبان بروموز البوتاسيوم في الماء

$KBr_{(s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$

2- التركيز المولي للمحلول

من تعبير الموصلية بدلالة التركيز $\sigma = (\lambda_{K^+} + \lambda_{Br^-})\cdot c$ يستنتج: $c = \frac{\sigma}{\lambda_{K^+} + \lambda_{Br^-}}$

$c = \frac{3,0.10^{-2}\ (S.m^{-1})}{(7,35+7,81).10^{-3}\ (S.m^2.mol^{-1})} = 2,0\ mol.m^{-3} = \underline{2,0.10^{-3}mol.L^{-1}}$ ت.ع.

3- موصلية المحلول المخفف 10 مرات

موصلية محلول مخفف تتناسب اطرادا (خطيا) مع التركيز، إذن بتخفيفه 10 مرات تنخفض موصليته 10 مرات:

$\sigma' = \frac{\sigma}{10} = \underline{3,0.10^{-3}\ S.m^{-1}}$ (يفترض أن درجة الحرارة تبقى ثابتة خلال عملية التخفيف)

تمرين 4

1- معادلة ذوبان فلورور الكالسيوم في الماء

$$CaF_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}_{(aq)} + 2F^-_{(aq)}$$

2- الموصلية المولية للمحلول

$$\sigma = \lambda \cdot c \quad \text{و} \quad \sigma = (\lambda_{Ca^{2+}} + 2\lambda_{F^-}) \cdot c \quad \leftarrow \quad \lambda = \lambda_{Ca^{2+}} + 2\lambda_{F^-}$$

$$\lambda = (10,50 + 2\times 4,04)\times 10^{-3} S.m^2.mol^{-1} = \underline{1,86\cdot 10^{-2}\ S.m^2.mol^{-1}} \quad \text{ت.ع.}$$

3- ذوبانية فلورور الكالسيوم

$$s = \frac{\sigma}{\lambda}\cdot M \quad \text{فإن بالتالي:} \quad s = c_m = c\cdot M \quad \text{و بما أن:} \quad c = \frac{\sigma}{\lambda} \quad \leftarrow \quad \sigma = \lambda \cdot c$$

$$s = \frac{3,71\times 10^{-3} S.m^{-1}}{1,86\cdot 10^{-2}\ S.m^2.mol^{-1}} \times (40,1 + 2\times 19,0)\, g.mol^{-1} = 15,6\ g.m^{-3} = 15,6\times 10^{-3}\ g.L^{-1} \quad \text{ت.ع.}$$

أي: $\underline{s = 15,6\ mg.L^{-1}}$ ← فلورور الكالسيوم قليل الذوبان في الماء

تمرين 5

1- التركيز المولي الفعلي لكل أيون في الخليط

$$\left[K^+\right] = \frac{c_1\cdot V_1}{V_1+V_2} \quad / \quad \left[Na^+\right] = \frac{c_2\cdot V_2}{V_1+V_2} \quad / \quad \left[Cl^-\right] = \frac{c_1\cdot V_1 + c_2\cdot V_2}{V_1+V_2}$$

(راجع حلول تمارين المحاليل الإلكتروليتية)

$$\left[K^+\right] = 1,0.10^{-3}\ mol.L^{-1} \quad / \quad \left[Na^+\right] = 4,3.10^{-4}\ mol.L^{-1} \quad / \quad \left[Cl^-\right] = 1,43.10^{-3}\ mol.L^{-1} \quad \text{ت.ع.}$$

2- موصلية الخليط

$$\sigma = \lambda_{K^+}\cdot\left[K^+\right] + \lambda_{Na^+}\cdot\left[Na^+\right] + \lambda_{Cl^-}\cdot\left[Cl^-\right] \quad \leftarrow \quad \sigma = \Sigma\lambda_i \cdot [X_i]$$

ت.ع. ينتبه لوحدة التركيز المولي: تحول الوحدة $mol.L^{-1}$ إلى الوحدة $mol.m^{-3}$

$$\sigma = (7,35.10^{-3}\times 1,0.10^{-3}\times 10^3) + (5,01.10^{-3}\times 4,3.10^{-4}\times 10^3) + (7,63.10^{-3}\times 1,43.10^{-3}\times 10^3)$$

الوحدة: $S.m^2.\cancel{mol^{-1}} \times \cancel{mol}.m^{-3} = S.m^{-1}$

$$\sigma = 20,4\times 10^{-3}\ S.m^{-1}$$

$$\underline{\sigma = 20,4\ mS.m^{-1}}$$

تمرين 6

- مواصلة محلول هيدروكسيد البوتاسيوم له نفس التركيز و عند نفس الشروط التجريبية

تطبق على كل محلول العلاقتان: $\sigma = k\cdot G$ و $\sigma = \Sigma\lambda_i\cdot[X_i]$

- في حالة محلول كلورور الصوديوم: $k\cdot G_1 = \lambda_{Na^+}\cdot\left[Na^+\right] + \lambda_{Cl^-}\cdot\left[Cl^-\right]$ (1)
- في حالة محلول كلورور البوتاسيوم: $k\cdot G_2 = \lambda_{K^+}\cdot\left[K^+\right] + \lambda_{Cl^-}\cdot\left[Cl^-\right]$ (2)
- في حالة محلول هيدروكسيد الصوديوم: $k\cdot G_3 = \lambda_{Na^+}\cdot\left[Na^+\right] + \lambda_{HO^-}\cdot\left[HO^-\right]$ (3)
- في حالة محلول هيدروكسيد البوتاسيوم: $k\cdot G = \lambda_{K^+}\cdot\left[K^+\right] + \lambda_{HO^-}\cdot\left[HO^-\right]$ (4)

$$(2)+(3) \quad \rightarrow \quad k\cdot G_2 + k\cdot G_3 = \lambda_{K^+}\cdot\left[K^+\right] + \lambda_{Cl^-}\cdot\left[Cl^-\right] + \lambda_{Na^+}\cdot\left[Na^+\right] + \lambda_{HO^-}\cdot\left[HO^-\right] \quad (5)$$

$$(5)-(1) \quad \rightarrow \quad k\cdot G_2 + k\cdot G_3 - k\cdot G_1 = \lambda_{K^+}\cdot\left[K^+\right] + \lambda_{HO^-}\cdot\left[HO^-\right]$$

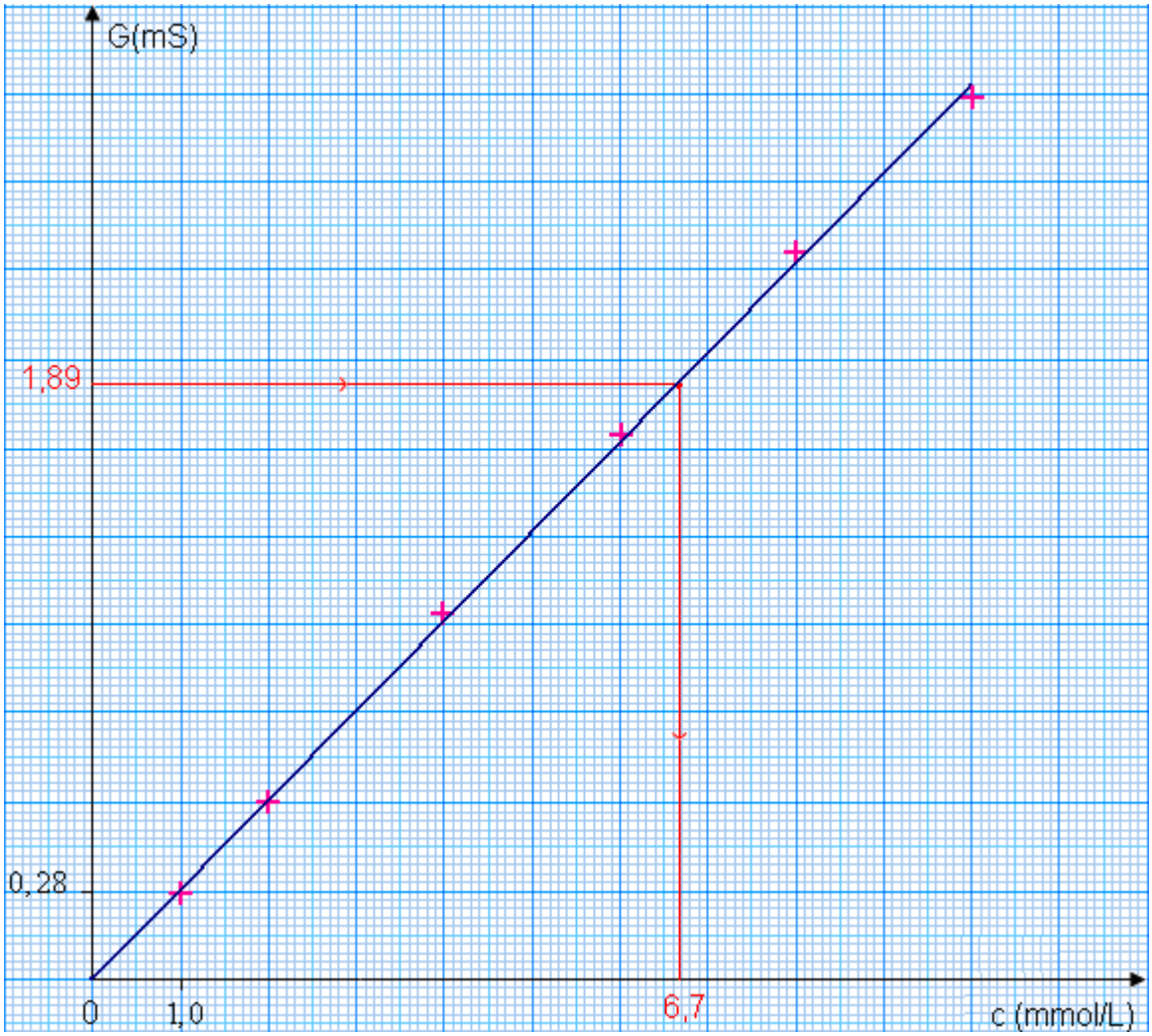
ثم باعتبار (4): $k\cdot G_2 + k\cdot G_3 - k\cdot G_1 = k\cdot G$

و بالتالي: $G = G_2 + G_3 - G_1$

$$G = 171 + 268 - 137 = \underline{302\ \mu S} \quad \text{ت.ع.}$$

تمرين 7

1- المنحنى $G = f(c)$



2- أ- هل يمكن استنتاج التركيز المولي لمحلول الحقنة مباشرة باستعمال هذا المنحنى؟

إذن لا يمكن استغلال منحنى التدريج، تركيز محلول الحقنة خارج مجال التدريج. يجب تخفيفه. : $G_a = 293\ mS \gg G_{max} = 2,78\ mS$

ب- أدنى قيمة لمعامل التخفيف الذي ينبغي استعماله

$\frac{G_a}{G_{max}} = \frac{293}{2,78} \approx 100$ ← يجب تخفيف محلول الحقنة 100 مرة على الأقل: $f = 100$

3- أ- استنتاج قيمة التركيز المولي c_d للمحلول المخفف ثم التركيز المولي c_a لمحلول الحقنة

بإسقاط القيمة $G_d = 1,89\ mS$ على منحنى التدريج، نجد: $c_d = 6,7\ mmol.L^{-1}$

نستنتج: $c_a = f \cdot c_d$ ت.ع. $c_a = 200 \times 6,7 = 1340\ mmol.L^{-1}$ أي: $c_a = 1,34\ mol.L^{-1}$

ب- قيمة الكتلة m

$m = n \cdot M$ و $n = c_a \cdot V$ ← $m = c_a \cdot V \cdot M$

ت.ع. $m = 1,34(mol.L^{-1}) \times 20 \times 10^{-3}(L) \times 74,6(g.mol^{-1}) = 2,0\ g$