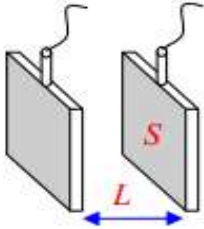


ملخص حول قياس الناقلية

قياس الناقلية G لمحلول مائي شاردي :

- لقياس الناقلية G لمحلول ما نحصر جزء (حجم) من هذا المحلول بين صفيحتين معدنيتين متماثلتين مساحة الجزء المغمور في المحلول كل منها S وتفصل بينهما مسافة L , ثم نطبق عليهما بواسطة مولد من نوع GBF توترا كهربائيا. تتميز خلية قياس الناقلية بثابت يدعى ثابت الخلية ويرمز له بالرمز K



وحده المتر (m) ويعبر عنه بالعلاقة $K = \frac{S}{L}$ حيث :

S مساحة احد الصفيحتين (الجزء المغمور في المحلول) وحده m^2

L البعد بين الصفيحتين وحده (m) k : ثابت الخلية وحده المتر m

عبرة الناقلية G

عندما نطبق بين مسري وعاء التحليل الكهربائي توترا U يمر تيار شدته I ومنه

عبرة الناقلية $G = \frac{I}{U}$ أو $G = \frac{1}{R}$ حيث $U = RI$ حيث :

I : شدة التيار المارة في المحلول وحدها الأمبير A

U : التوتر بين طرفي مسري الخلية المغمورة في المحلول وحده الفولط V

G : الناقلية وحدها السيمنس S R مقاومة المحلول وحدها الاوم Ω

G الناقلية وحدها السيمنس S

تجريبيا وجد ان الناقلية G تعطى بالعلاقة التالية : $G = \sigma \frac{S}{L} \Rightarrow G = \sigma k$

σ : الناقلية النوعية وحدها s / m

*الناقلية النوعية σ لمحلول شاردي

تعطى بالعلاقة التالية : $\sigma = \sigma^+ + \sigma^-$ $\sigma = \lambda_{x^+} \cdot [x^+] + \lambda_{y^-} \cdot [y^-]$

$[x^+]$: تركيز الشوارد الموجبة وحده mol / m^3

$[y^-]$: تركيز الشوارد السالبة وحده mol / m^3 λ : الناقلية النوعية المولية وحدها : $(S \cdot m^2) / mol$

1-تركيز محلول مائي وكمية المادة.

أ-علاقة كمية المادة بالكتلة والحجم :

$$n = \frac{m}{M} (\text{mol}) \quad \text{حالة جسم صلب, سائل أو غاز :}$$

$$n = \frac{V_g}{V_m} (\text{mol}) \quad \text{حالة غاز :}$$

ب-التركيز المولي والتركيز الكتلي :

$$C = \frac{n}{V} (\text{mol} / \text{L}) \quad \text{التركيز المولي :}$$

$$C_m = \frac{m}{V} (\text{g} / \text{L}) \quad \text{التركيز الكتلي :}$$

$$C = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \times V} \Rightarrow C = \frac{C_m}{M} \quad C_m = C \times M \quad \text{ج-العلاقة بين التركيز المولي والتركيز الكتلي :}$$

2- الكتلة الحجمية, الكثافة ودرجة النقاوة

$$\rho = \frac{m'}{V} \quad \text{أ- الكتلة الحجمية : تُعطى بالعلاقة التالية :}$$

$$\rho : \text{الكتلة الحجمية بـ } g / ml \text{ أو } Kg / L, \quad m' : \text{كتلة المحلول بـ } g, \quad V : \text{حجم المحلول بـ } ml$$

ج-درجة النقاوة :

$$p = \frac{m_0}{m^*} \times 100 \quad \text{تُعطى درجة النقاوة } p \text{ (pureté) بالعلاقة التالية :}$$

$$m_0 : \text{الكتلة النقية بـ } g, \quad m^* : \text{الكتلة المشوبة بـ } g$$

د-كيفية حساب تركيز محلول تجاري إنطلاقاً من كثافته d ونقاوته p (النسبة المئوية الكتلية) والكتلة المولية للمذاب

$$C (\text{mol} / \text{L}) = \frac{10 \times p \times d}{M}$$

3-قانون التمديد(التخفيف) :

$$\frac{C_i}{C_f} = \frac{V_f}{V_i} = F \quad \text{أو} \quad C_i V_i = C_f V_f = F \quad \text{يُعطى قانون التمديد بالعلاقة التالية :}$$

$$C_i : \text{تركيز المحلول (الابتدائي) المركز}, \quad V_i : \text{حجم المحلول (الابتدائي) المركز}, \quad C_f : \text{تركيز المحلول (النهائي) المخفف}, \\ V_f : \text{حجم المحلول (النهائي) المخفف}, \quad F : \text{معامل التمديد (عدد مرات التمديد)}, \quad V_{eau} = V_f - V_i : \text{حجم الماء المضاف}$$

❖ البروتوكول التجريبي لعملية التمديد

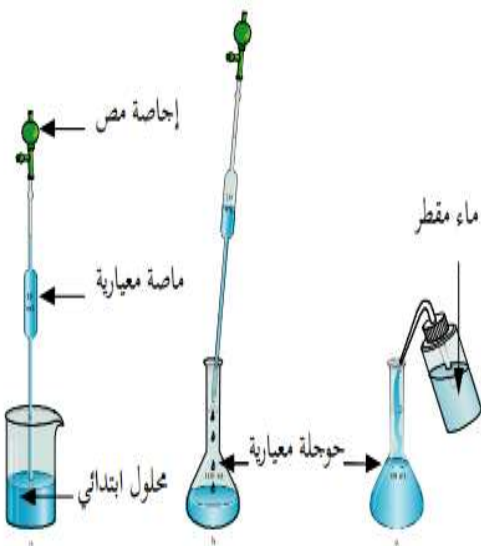
الأدوات المستعملة : ماصة عيارية ذات السعة V_i , حوجلة معيارية ذات السعة V_f

الخطوات المستعملة : المحلول الابتدائي (المحلول المركز), ماء مقطر

طريقة العمل : نسحب بواسطة الماصة المعيارية حجم قدره V_i من

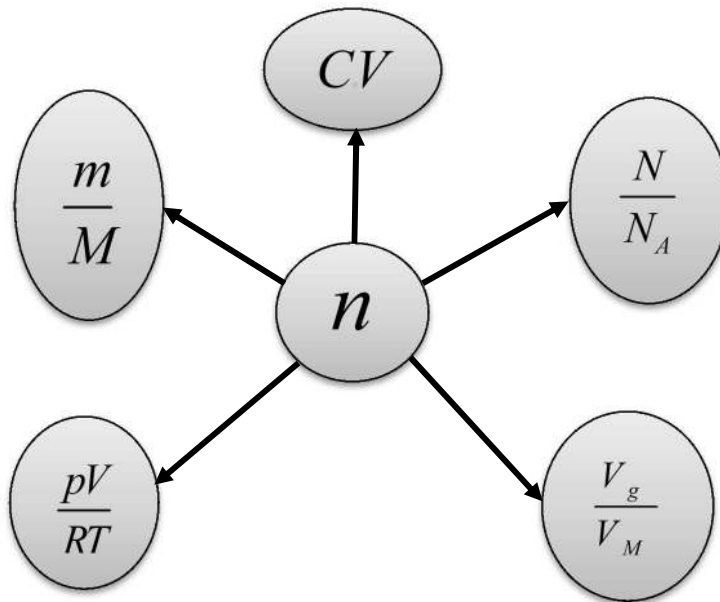
المحلول الابتدائي ونسكبه في الحوجلة العيارية ثم نسكب الماء المقطر

مع الرج إلى خط العيار (الحجم V)

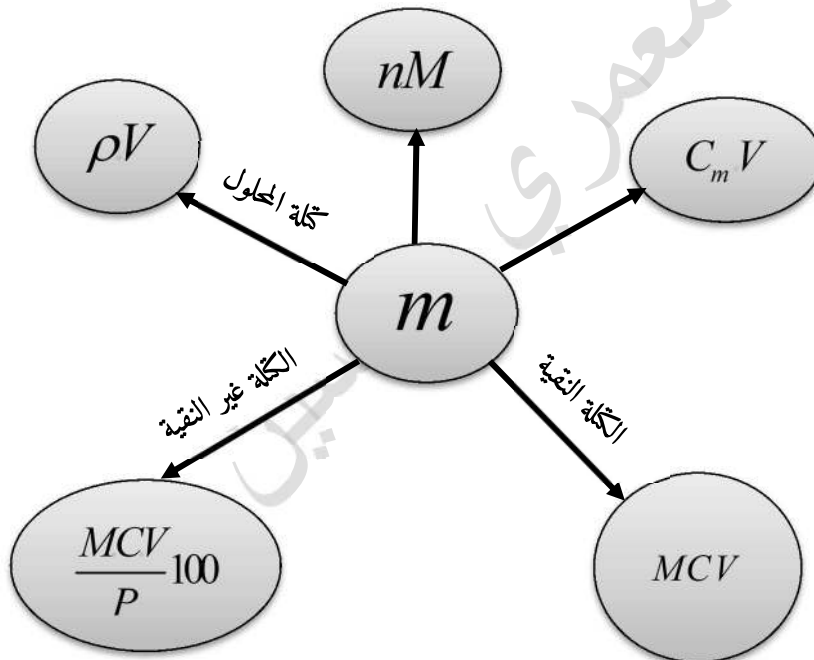


الخريطة الذهنية

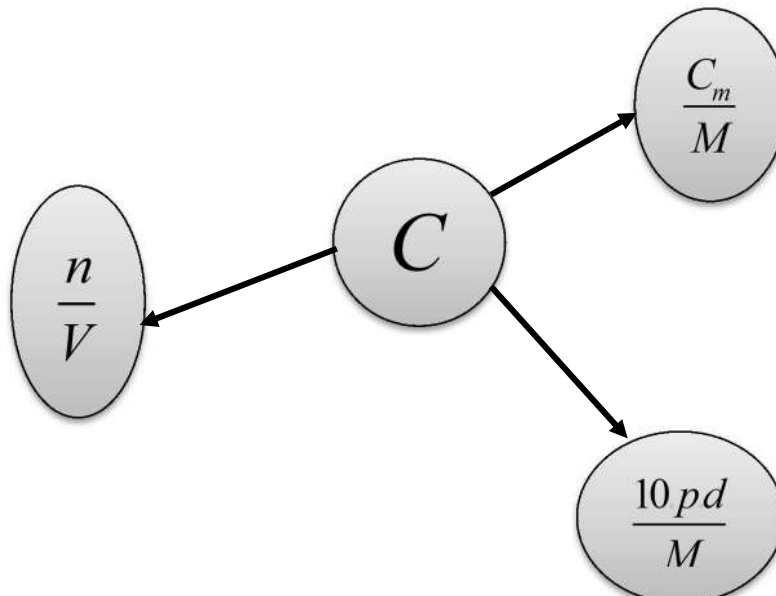
كمية المادة



الكتلة



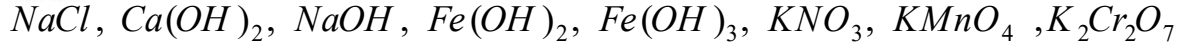
التركيز المولي



السلسلة رقم 1: تمارين الناقلية

التمرين الأول

أكتب معادلة انحلال الأنواع الكيميائية التالية في الماء



ثم أعط اسم هذه الأنواع الكيميائية بالإعتماد على جدول الشوارد التالي

الشاردة	اسمها	الشاردة	اسمها
Na^+	الصوديوم	Cl^-	الكلور
K^+	البوتاسيوم	NO_3^-	النترات
Ca^{2+}	الكالسيوم	MnO_4^-	البرمنغنات
Fe^{2+}	الحديد الثنائي	$Cr_2O_7^{2-}$	ثنائي الكرومات
Fe^{3+}	الحديد الثلاثي	SO_4^{2-}	الكبريتات
NH_4^+	الأمونيوم	OH^-	الهيدروكسيد

التمرين الثاني:

أحسب الناقلية النوعية للمحلول: كلور البوتاسيوم ($K^+ + Cl^-$) تركيزه المولي $C = 0,0352 mol / L$

محلول هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca^{2+} + 2OH^-$) تركيزه المولي $C = 0,0268 mol / L$

علما أن الناقلية النوعية المولية الشاردية في الدرجة $25^\circ C$

$$\lambda_{Ca^{2+}} = 11,9 \times 10^{-3} (S \cdot m^2) / mol \quad \lambda_{Cl^-} = 7,63 \times 10^{-3} (S \cdot m^2) / mol$$

$$\lambda_{OH^-} = 19,9 \times 10^{-3} (S \cdot m^2) / mol \quad \lambda_{K^+} = 7,35 \times 10^{-3} (S \cdot m^2) / mol$$

2- لدينا خلية قياس الناقلية التالية: $S = 1 cm^2, L = 0,8 cm$ ، أحسب ثابت الخلية k

بدنقيس بواسطتها G لمحلول شاردي تركيزه C فنجد $G = 128 ms$ ، أحسب الناقلية النوعية σ للمحلول

التمرين الثالث:

education-onec-dz.blogspot.com

قمنا بإذابة كتلة من كبريتات النحاس قدرها $m = 4 g$ في $100 ml$ من الماء المقطر

1- أكتب معادلة انحلال كبريتات النحاس في الماء 2- أحسب التركيز المولي للمحلول ثم استنتج تركيز الشوارد المتواجدة في المحلول

3- أحسب الناقلية النوعية σ للمحلول

$$\lambda_{Cu^{2+}} = 10,7 (mS \cdot m^2) / mol \quad \lambda_{SO_4^{2-}} = 16 (mS \cdot m^2) / mol$$

يعطى:

$$M(O) = 16 g / mol \quad M(S) = 32 g / mol \quad M(Cu) = 63,5 g / mol$$

4- أحسب الناقلية G علما أن ثابت الخلية $K = 1 cm^2$

التمرين الرابع:

نذيب كتلة m من حمض الأزوت HNO_3 النقي في حجم $V = 100 ml$ من الماء النقي. 1- أكتب معادلة الانحلال في الماء.

2- نركب الدارة الكهربائية مولد للتيار المتناوب وجهاز الفولطمتر الذي يشير إلى القيمة $U_{eff} = 1 V$ والأميتر

التي يشير إلى القيمة $I_{eff} = 1,68 \times 10^{-2} V$ ، وخلية قياس الناقلية الكهربائية تتكون من صفيحتين متماثلتين ومتوازيين

مساحة كل واحدة منهما هي $S = 16 \text{ cm}^2$ والبعد بينهما هو $L = 40 \text{ mm}$. نضع داخل المحلول المائي الناتج وهذا القيم المعطاة عليها بعد توصيل جميع الأجهزة مع بعضها البعض.

أأنشيء مخططا للدائرة. بداستنتج الناقلية الكهربائية G للمحلول. 3- أحسب الناقلية النوعية σ للمحلول.

4- أوجد تركيز حمض الازوت السابق ثم استنتج تركيز الشوارد الموجودة في المحلول المائي الناتج.

5- أحسب كتلة الحمض المذابة في الماء المقطر. 6- استنتج قيمة المقاومة R

$$\lambda_{H_3O^+} = 35 \text{ (mS.m}^2\text{) / mol} \quad \lambda_{NO_3^-} = 7 \text{ (mS.m}^2\text{) / mol}$$

يعطى:

$$M(O) = 16 \text{ g / mol} \quad M(H) = 1 \text{ g / mol} \quad M(N) = 14 \text{ g / mol}$$

التمرين الخامس :

1- احسب كتلة كلور الصوديوم $NaCl_{(s)}$ لتحضير محلول حجمه $V = 400 \text{ mL}$ وتركيزه $C = 0,2 \text{ mol / L}$ من عينة درجة

نقاوتها $P = 80\%$

- استعملنا خلية قياس الناقلية المكونة من صفيحتين معدنيتين مساحة كل منهما $S = 3 \text{ cm}^2$ والبعد بينهما $L = 1,5 \text{ cm}$ في

المحلول $(K^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$ فوجدنا مقاومتها $R = 50 \Omega$. $L = 1,5 \text{ cm}$.

1- احسب ثابت الخلية بوحدة m 2- احسب الناقلية G للمحلول واستنتج ناقلية النوعية σ

3- احسب تركيز المحلول C واستنتج تركيز الشوارد الموجودة في المحلول . $M(Na) = 23 \text{ g / mol}$

4- إذا كان حجم المحلول المستعمل $V = 400 \text{ mL}$ فاحسب كتلة المذاب المستعملة

$$\lambda_{Cl^-} = 7,63 \text{ ms.m}^2.\text{mol}^{-1}, \quad \lambda_{K^+} = 7,35 \text{ ms.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

يعطى : الناقلية النوعية المولية الشارديّة :

$$M(K) = 39 \text{ g / mol} , \quad M(Cl) = 35,5 \text{ g / mol} , \quad M(Na) = 23 \text{ g / mol}$$

التمرين السادس

نذيب $0,82 \text{ g}$ من نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ في 500 ml من الماء المقطر

1- أكتب معادلة الانحلال في الماء 2- أحسب التركيز المولي C للمحلول واستنتج التركيز المولي للمحلول بشارديته

II/ نريد أن نتأكد من تركيز المحلول السابق بواسطة قياس الناقلية، نعاير خلية قياس الناقلية بواسطة محاليل قياسية معلومة التركيز فكانت النتائج كما بالبيان -عندما نغمس لبوسي خلية قياس الناقلية في المحلول السابق

$$\sigma = 0,2618 \text{ S / m}$$

1- أرسم مخطط تركيب الدارة المستعملة

2- اشرح كيف قمنا بحساب الناقلية النوعية المولية للمحلول السابق

3- استنتج بيانيا التركيز C ، ماذا تلاحظ؟

4- أحسب التركيز الكتلي لهذا المحلول

5- عبّر عن الناقلية G للمحلول بدلالة σ, L, S, C

$$M(Ca) = 40 \text{ g / mol}$$

$$\lambda_{Ca^{2+}} = 11,9 \times 10^{-3} \text{ (S . m}^2\text{) / mol}$$

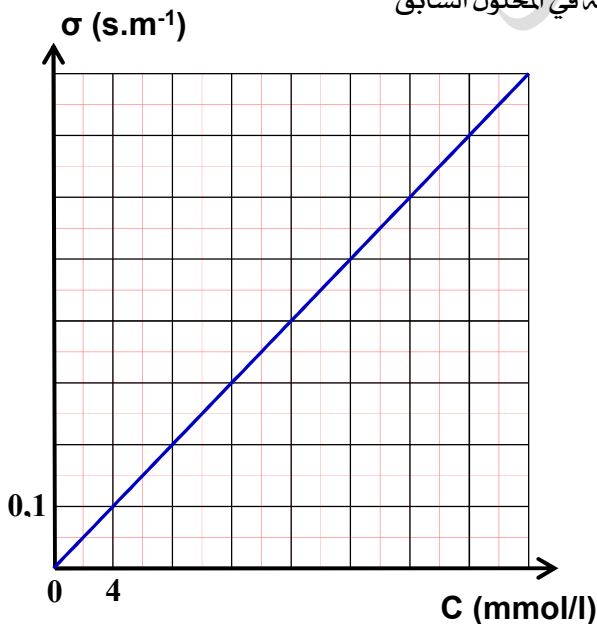
$$M(Ca) = 40 \text{ g / mol} , \quad \lambda_{NO_3^-} = 7 \text{ (mS.m}^2\text{) / mol} ,$$

$$M(O) = 16 \text{ g / mol} \quad M(N) = 14 \text{ g / mol}$$

التمرين السابع :

نقص البوتاسيوم هو فقر الجسم لهذا العنصر

• لمعالجة هذا النقص وتعويضه نستعمل محلول كلور البوتاسيوم الذي يحقن في الجسم عن طريق



• الحقن الوريدي.

• يباع محلول كلور البوتاسيوم في الصيدليات على صورة زجاجة سعتها 20mL تحتوي على 2 g من كلور البوتاسيوم KCl



لأمن أجل التأكد من هذه الكتلة m لدينا محلول تجاري في كلور البوتاسيوم S_0 تركيزه المولي $C_0 = 10\text{mmol} / L$, نعاير خلية قياس الناقلية بتحضير خمسة محاليل حجمها $V = 50\text{mL}$ انطلاقا من المحلول S_0 , سمح بقياس قيمة التوتر بين طرفي الخلية وشدة التيار المار في الدارة بحساب قيمة الناقلية G الموافقة لكل محلول كما هو مبين في الجدول المقابل :

$C(\text{mmol} / L)$	1	2	4	6	8
$G(\text{mS})$	0,28	0,56	1,16	1,71	2,28

1- ارسم مخطط تركيب الدارة المستعملة في هذه التجربة.

2- ارسم المنحنى البياني $G = f(C)$, ماذا تستنتج؟ 3- اكتب المعادلة الرياضية للبيان

4- نقبس باستعمال نفس التركيب السابق وعند نفس درجة الحرارة ناقلية محلول الزجاجة , فنحصل على $G_1 = 293\text{mS}$

أهل يمكن تعيي مباشرة تركيز محلول كلور البوتاسيوم KCl للزجاجة المحقونة بواسطة المنحنى السابق؟ بزر اجابتك بد اقترح طريقة أخرى تمكّنك من قياس هذا التركيز

5- يمدد محتوى الزجاجة 200 مرة , فكانت قيمة الناقلية $G_2 = 1,89\text{mS}$

أاستنتج قيمة التركيز المولي C_2 للمحلول الممدد ثم التركيز المولي C_1 لمحلول الزجاجة بد احسب الكتلة m وقارنها بالكتلة المعطاة

يعطى : $M(K) = 39\text{g} / \text{mol}$, $M(Cl) = 35,5\text{g} / \text{mol}$

التمرين الثامن :

تحتوي قارورة على يود الصوديوم التجاري في شكل مسحوق , ومسجل عليه مايلي :

درجة النقاوة $P = 90\%$, الكتلة المولية $M = 149,9\text{g} / \text{mol}$ الصيغة الجزيئية . NaI

أراد مخبري التحقق من درجة النقاوة المسجلة , فآخذ عند الجرة 25°C عينة من المادة ووزنها فوجد $m_0 = 8,3\text{ g}$, افرغها في حوجلة عيارية

سعتها 500mL فيها كمية من الماء , اخلط المزيج ثم أضاف اليه الماء المقطر الى غاية بلوغ الخيط العياري , فنحصل على محلول (S)

من يود الصوديوم $(Na^+ + I^-)$ تركيزه المولي C , آخذ من المحلول الممدد حجما $V = 50\text{mL}$ ووضع في كاس بيشر ثم ادخل خلية

قياس الناقلية , قاس الناقلية فتحصل على النتيجة $G = 50,8\text{mS}$



1- اذا علمت ان ثابت خلية القياس هو $K = 4\text{cm}$, احسب الناقلية النوعية σ للمحلول (S)

2- اوجد عبارة التركيز المولي C للمحلول (S) بدلالة λ_{Na^+} , λ_{I^-} , σ , ثم احسب قيمته

3- أثبت ان درجة النقاوة يعبر عنها بالعلاقة التالية : $P = \frac{100MVC}{m_0}$ ثم اوجد نقاوة هذا المحلول التجاري .

4- يبين ان كان يود الصوديوم التجاري مغشوش ام لا علما ان الخطا المسموح به هو 5%

$$\lambda_{Na^+} = 5 \left(\frac{mS \cdot m^2}{mol} \right), \lambda_{I^-} = 7,7 \left(\frac{mS \cdot m^2}{mol} \right) \text{ يعطى :}$$

التمرين التاسع :

توجد في مخبر الثانوية قارورة لمحلول كلور الهيدروجين $(H_3O^+ + Cl^-)$ المركز (S_0) تركيزه المولي C_0 , كُتب على هذه البطاقة مايلي :

$$M = 36,5 \text{ g / mol}$$

$$P = 31\%$$

$$d = 1,18$$

- من اجل التحقق من درجة النقاوة P نمدد المحلول (S_0) للحصول على محلول (S_1) تركيزه المولي $C_1 = \frac{C_0}{100}$

ناخذ حجما $V = 50 \text{ mL}$ من المحلول (S_1) ونضعه في بيشرون ندخل فيه خلية قياس الناقلية ثم نغلق الدارة الكهربائية وذلك عند

الدرجة $25^\circ C$ فوجدنا $G = 43 \times 10^{-3} S$ 1- اوجد الناقلية النوعية σ اذا علمت ان ثابت الخلية $K = 0,01 \text{ m}$

2- اعط عبارة σ بدلالة C_1 , λ_{Cl^-} , $\lambda_{H_3O^+}$ 3- اوجد التركيز المولي C_1 ثم استنتج تركيز المولي C_0 للمحلول المركز

4- اوجد درجة النقاوة P اذا علمت ان : $P = \frac{C_0 M}{10 d}$ 5- هل المحلول التجاري مغشوش؟ علل

$$\lambda_{H_3O^+} = 35 \left(\frac{mS \cdot m^2}{mol} \right), \lambda_{Cl^-} = 7,63 \left(\frac{mS \cdot m^2}{mol} \right) \text{ يعطى}$$

التمرين العاشر :

كبريتات الالمنيوم $Al_2(SO_4)_3$ هو مركب كيميائي على شكل بلورات ملحية يُستخدم بشكل واسع في عمليات معالجة وتطهير المياه. تحتوي قارورة على كبريتات الالمنيوم التجاري في شكل مسحوق، ومسجل عليه مايلي :

درجة النقاوة $P = 59\%$, الكتلة المولية $M = 342,1 \text{ g / mol}$ الصيغة الجزيئية $Al_2(SO_4)_3$

-أراد مخبري التحقق من درجة النقاوة المسجلة، فاخذ عند الدرجة $25^\circ C$ عينة من المادة ووزنها فوجد $m = 0,58 \text{ g}$, افرغها في حوضلة عيارية سعتها 500 mL فيها كمية من الماء، اخلط المزيج ثم أضف اليه الماء المقطر الى غاية بلوغ الخيط العياري، فنحصل على محلول (S) كبريتات الالمنيوم تركيزه المولي C , اخذ من المحلول الممدد حجما $V = 50 \text{ mL}$ ووضعه في كاس بيشرون ادخل خلية قياس الناقلية

حيث ثابت الخلية $K = 0,04 \text{ m}$, قاس الناقلية فتحصل على النتيجة $G = 6,768 \times 10^{-3} S$

1- اكتب معادلة انحلال كبريتات الالمنيوم $Al_2(SO_4)_3$ في الماء 2- جد الناقلية النوعية σ للمحلول (S)

3- اوجد عبارة التركيز المولي C للمحلول (S) بدلالة $\lambda_{SO_4^{2-}}$, $\lambda_{Al^{3+}}$, σ , احسب قيمته

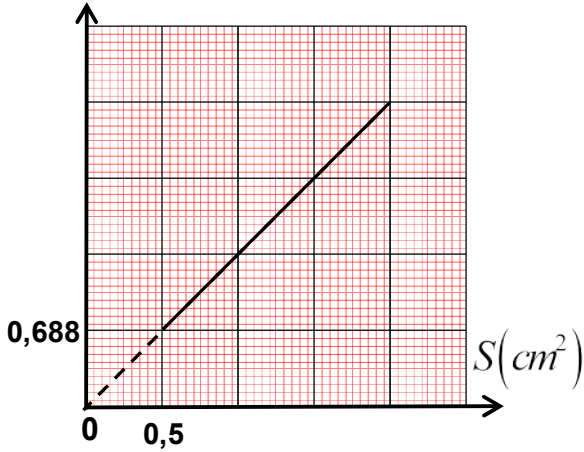
4- تأكد من درجة النقاوة P لهذا المحلول التجاري .

$$\lambda_{Al^{3+}} = 18,3 \left(mS \cdot m^2 \right) / mol, \lambda_{SO_4^{2-}} = 16 \left(mS \cdot m^2 \right) / mol \text{ يعطى :}$$

التمرين الحادي عشر :

نقص الكالسيوم في الدم هو انخفاض نسبة الكالسيوم فيه، ويعالج في بعض الحالات المستعجلة بالحقن الوريدي لمحلول كلور الكالسيوم-. تحتوي حقنة زجاجية على 10mL من هذا المحلول، تركيزه المولي C_0 ويحتوي على كتلة منحلة قدرها 2g من كلور الكالسيوم (CaCl_2). نريد في هذه الدراسة ان نتأكد من قيمة الكتلة المنحلة ل كلور الكالسيوم (CaCl_2) المنحلة في 10mL -. نضع في بيشر حجما قدره 5mL من المحلول التجاري تركيزه المولي C_0 ونمدده 250 مرة فنحصل على محلول تركيزه المولي C_1 وباستعمال تجهيز خاص مكون من مولد (GBF) ومقياس الامبير متر وفولطمتر وخلية القياس تتكون من صفيحتين معدنيتين مساحة كل منهما S والبعد بينهما $L = 0,015\text{m}$ ، حيث نثبت البعد بين الصفيحتين L في كل مرة نغير مساحة الجزء المغمور في

المحلول. ونقيس الناقلية G في كل مرة فتحصلنا على المنحنى البياني $G = f(S)$



1- اكتب معادلة انحلال كلور الكالسيوم في الماء المقطر.

2- اعط عبارة الناقلية G بدلالة S , L , C_1 , $\lambda_{\text{Ca}^{2+}}$, λ_{Cl^-} .

3- اوجد المعادلة الرياضية للمنحنى البياني

4- اوجد التركيز المولي C_1 ثم استنتج تركيز المولي C_0 للمحلول المركز

5- اوجد الكتلة المنحلة في الحقنة الزجاجية

$$\lambda_{\text{Ca}^{2+}} = 11,9 (\text{mS} \cdot \text{m}^2) / \text{mol}, \lambda_{\text{Cl}^-} = 7,63 \text{ms} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{CaCl}_2) = 111 \text{g} / \text{mol}$$

التمرين الثاني عشر :

محلول الداكان (Dakin) يستعمل عادة لتنظيف الجروح، وهو عبارة عن محلول مائي يحتوي على برمنغنات البوتاسيوم ($\text{K}^+ + \text{MnO}_4^-$) وهو المسؤول عن اللون البنفسجي للماء.

سلم الزبون للصيدلي وصفة طبية كتب عليها : محلول الداكان للتنظيف الخارجي بتركيز $C = 5 \times 10^{-2} \text{mol} / \text{L}$ لمدة أسبوع (عبوة بحجم $V = 50\text{mL}$).

تفحص الصيدلي مخزونة وجد القارورة لمحلول الداكان قيمة التركيز فيها غير واضح، لمعرفة التركيز قام بالتجربة التالية :

اخذ عبوة مسحوق برمنغنات البوتاسيوم كتب عليها ($M = 158,04 \text{g} / \text{mol}$, $P = 91\%$) وحضر منها محلول تركيزه المولي $C_0 = 20 \times 10^{-3} \text{mol} / \text{L}$ وحجمه $V = 100\text{mL}$ وقام بقياس ناقليته G ، ثم أضاف للمحلول السابق جدما من الماء المقطر وقاس ناقليته من جديد وكرر التجربة عدة مرات فتحصل على المنحنى البياني التالي :

1- احسب كتلة من مسحوق برمنغنات البوتاسيوم المستعملة في تحضير المحلول

2- ماهو حجم الماء المضاف عند اول تخفيف؟

3- ارسم التركيب التجريبي المستعمل لقياس الناقلية

4- اعط المعادلة الرياضية للمنحنى البياني

5- اكتب عبارة الناقلية G بدلالة C , λ_{K^+} , $\lambda_{\text{MnO}_4^-}$, K

6- احسب ثابت الخلية K

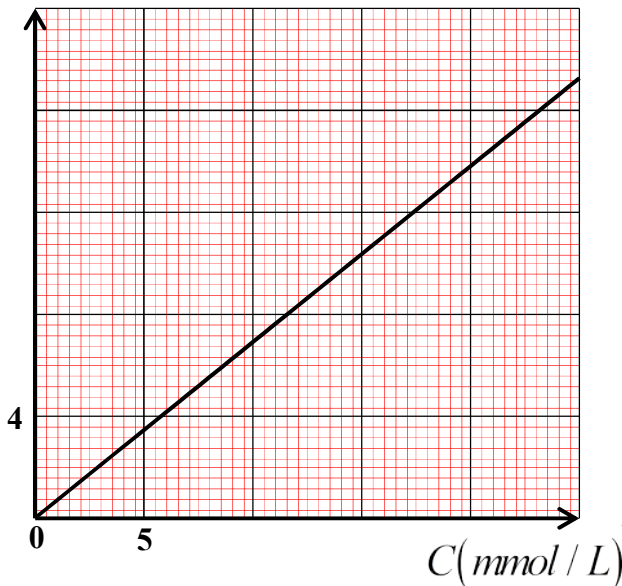
7- اخذ الصيدلي حجما $V = 100\text{ml}$ من القارورة ومدده

100 ثم قام بالقياس فتحصل على $U = 11,7\text{V}$, $I = 55\text{mA}$

ماهو تركيز المحلول في القارورة؟

هل المحلول في القارورة مناسب للمريض؟ علل

$G(\text{mS})$



$$\lambda_{\text{MnO}_4^-} = 6,103 \left(\frac{\text{mS} \cdot \text{m}^2}{\text{mol}} \right), \lambda_{\text{K}^+} = 7,35 \left(\frac{\text{mS} \cdot \text{m}^2}{\text{mol}} \right)$$