

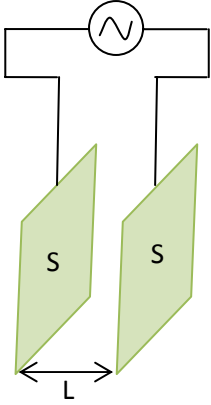
ماذا يجب أن أعرف حتى أقول : إنني استوعبت هذا الدرس

- 1 - يجب أن أعرف أن الناقلية لا تخصّ إلا المحاليل الشاردية (أي المحاليل التي تنقل التيار الكهربائي) .
- 2 - يجب أن أعرف أن الناقلية G لا تخصّ إلا الجزء من المحلول المحصور بين صفيحتي الخلية .
- 3 - يجب أن أعرف أن الناقلية النوعية σ تخص كل المحلول (أي محلول معين ، وليس جزءا منه) .
- 4 - يجب أن أعرف أن الناقلية النوعية المولية الشاردية (λ) لا تتعلق بتركيز المحلول إذا كان هذا الأخير ممدداً .
- 5 - يجب أن أعرف كيفية استنتاج تركيز محلول من بيان معايرة خلية .

الهدف الرئيسي في هذا الدرس هو معرفة كمية المادة في محلول بقياس ناقلية

الدرس

1 - ناقلية جزء من محلول



رسم تخطيطي للخلية

خلية قياس الناقلية : تتألف من صفيحتين متوازيتين متوازيتين مساحة كل واحدة S والبعد بينهما L

مربوطتين إلى مولد للتوتر المتناوب القيمة المنتجة له U_{eff} قيمتها بعض الفولط فقط .

S (m²) , L (m) , K (m)

$$K = \frac{S}{L}$$

نسمي ثابت الخلية الثابت K ، حيث

• عندما نمرر تيارا كهربائيا في ناقل أومي مقاومته R ، ينشأ بين طرفيه توترا $U = R I$. نسمي ناقلية الناقل

الأومي المقدار $G = \frac{1}{R}$ ، حيث R : Ohm (Ω) و G : Siemens (S)

ونفس الشيء إذا كان التوتر متناوبا .

• عندما نغمر خلية قياس الناقلية في محلول مائي ، ونصلها لمولد للتوتر المستمر ، فإنه بمرور الوقت يحدث استقطاب لمسري الخلية نتيجة التحليل الكهربائي للمحلول الشاردي . لهذا يجب استعمال مولد للتوتر المتناوب الذي لا ينتج عنه هذا الاستقطاب ، وذلك لتناوب اشارتي المسريين .

لكن : يجب أن تكون قيمة التوتر المنتج (U_{eff}) بين طرفي المولد منخفضة (1 V مثلا) ، وذلك حتى يبقى المحلول مشابها للناقل الأومي في نقله للتيار الكهربائي . فإذا ما كان التوتر المنتج مرتفعا بين المسريين تتدخل عوامل أخرى تجعل الجزء من المحلول المحصور بين المسريين مختلفا عن سلوك ناقل أومي ، وتصيح بذلك القوانين المستعملة في هذا الدرس غير دقيقة .

$$G = \frac{1}{R}$$

ناقلية الجزء المحصور بين المسريين هي R ، حيث

تتعلق الناقلية G لجزء من محلول بـ :

بالنسبة للمحلول	بالنسبة للخلية
- درجة حرارة المحلول	- مساحة أحد المسريين (S)
- التركيز المولي للمحلول (أي تركيز المادة المنحلة)	- البعد بين المسريين (L)
- طبيعة المحلول (مثلا محلول لـ NaCl ، أو لـ KOH)	

تتناسب الناقلية لجزء من المحلول بالتركيز المولي للجسم المنحل إذا كان هذا الأخير محصورا بين $10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ و $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ المقصود بتناسب الناقلية مع التركيز هو أن البيان $G = f(C)$ يكون عبارة عن مستقيم .

2 - الناقلية النوعية لمحلول (σ) :

الناقلية النوعية لمحلول شاردي هي الناقلية في وحدة الطول ، تتعلق بـ

- درجة حرارة المحلول
- التركيز المولي للمحلول (تركيز الجسم المنحل)
- أنواع الشوارد الموجودة في المحلول

$$G = K \sigma$$

σ هي الناقلية النوعية للمحلول ووحدتها S / m ، أي $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$

3 - الناقلية النوعية المولية الشاردية (λ) :

- سميت : - ناقلية نوعية : لأنها تخص نوعا من المحاليل .
- مولية : لأنها تخص مولا واحدا من الشوارد .
- شاردية : لأنها تميز شاردا معينة واحدة .

3 - 1 - تتعلق الناقلية النوعية المولية الشاردية بـ :

- درجة حرارة المحلول (عادة تُعطى لنا قيم λ في درجة الحرارة 25°C)
- نوع الشاردة

لا تتعلق λ بتركيز الجسم المنحل إذا كان المحلول ممددا .

3 - 2 - علاقة الناقلية النوعية بالناقلية النوعية المولية الشاردية

إذا كان لدينا محلول مائي يحتوي على الشوارد A ، B ، C ، D ، فإن الناقلية النوعية لهذا المحلول تعطى بالشكل :

$$\sigma = \lambda_A [A] + \lambda_B [B] + \lambda_C [C] + \lambda_D [D]$$

الوحدات : σ : $S.m^{-1}$

$$\lambda : S.m^2.mol^{-1}$$

$$[A] ، [B] ، [C] ، [D] : mol/m^3$$

مثال :

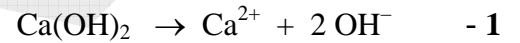
نحل في الماء المقطر كمية كتلتها $m = 0,370 g$ من الجسم الصلب $Ca(OH)_2$ ونحصل على محلول حجمه $V = 500 mL$

1 - اكتب معادلة انحلال $Ca(OH)_2$ في الماء .

2 - احسب التركيز المولي (C) للجسم المنحل واستنتج التركيز المولي لكل من الشاردين Ca^{2+} و OH^- .

3 - اوجد عبارة الناقلية النوعية للمحلول بدلالة $\lambda_{Ca^{2+}}$ و λ_{OH^-} والتركيز المولي للجسم المنحل C ، ثم احسب قيمة هذه الناقلية النوعية علما أن $\lambda_{Ca^{2+}} = 12 mS.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda_{OH^-} = 19,8 mS.m^2.mol^{-1}$

الحل :



$$2 - \text{التركيز المولي للجسم المنحل هو : } C = \frac{m}{MV} = \frac{0,37}{74 \times 0,5} = 0,01 mol.L^{-1}$$

من معادلة الانحلال في الماء نجد $[Ca^{2+}] = C = 0,01 mol.L^{-1}$ و $[OH^-] = 2 C = 0,02 mol.L^{-1}$

$$3 - \text{الناقلية النوعية } \sigma = \lambda_{Ca^{2+}} [Ca^{2+}] + \lambda_{OH^-} [OH^-] = \lambda_{Ca^{2+}} \times C + \lambda_{OH^-} \times 2C$$

$$\sigma = C (\lambda_{Ca^{2+}} + 2 \lambda_{OH^-})$$

$$\text{تطبيق عددي : } \sigma = 10^{-2} \times 10^3 \times (12 + 2 \times 19,8) \times 10^{-3} = 0,516 S.m^{-1}$$

4 - استعمال بيان معايرة خلية لاستنتاج تركيز محلول :

نريد مثلا معرفة تركيز محلول مائي (S) لكلور البوتاسيوم (K^+ , Cl^-) بواسطة قياس ناقليته .

من أجل هذا الغرض نحضّر ابتداء من محلول لـ (K^+ , Cl^-) (المحلول الأم) تركيزه المولي $C_0 = 1,00 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$ محاليل أخرى (المحاليل الأبناء) تراكيزها المولية هي :

$$C_1 = 5,00 \times 10^{-3} mol.L^{-1}$$

$$C_2 = 2,00 \times 10^{-3} mol.L^{-1}$$

$$C_3 = 1,00 \times 10^{-3} mol.L^{-1}$$

نثبت فرق الكمون المنتج بين المسريين على القيمة $U_{eff} = 1 V$ ، ثم نغمر خلية قياس الناقلية في هذه المحاليل ثم في المحلول الأم .

نحصل على النتائج التالية :

C (mmol.L ⁻¹)	10	5	2	1	C _S
I _{eff} (mA)	1,31	0,70	0,28	0,15	0,91

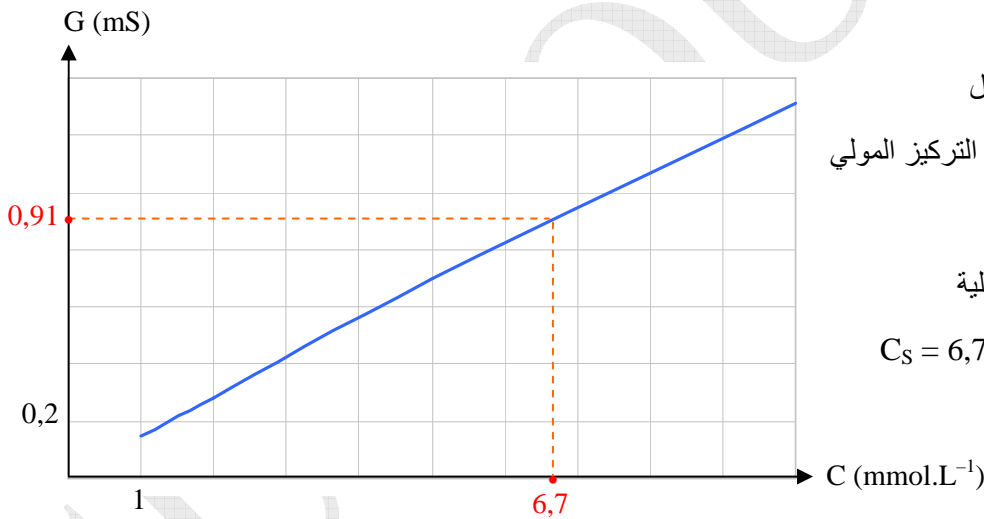
- 1 - لماذا نجعل عادة فرق الكمون بين المسريين مساويا للقيمة 1 V ؟
- 2 - هل تتغير قيم الناقلية لو جعلنا فرق الكمون بين المسريين $U_{eff} = 2 V$ ؟
- 3 - ارسم البيان $G = f(C)$. هل تتناسب الناقلية مع التركيز المولي ؟
- 4 - استنتج بيانيا التركيز المولي للمحلول S .
- 5 - لو كان التركيز المولي للمحلول S يفوق بعشرة أضعاف التركيز الذي وجدناه ، هل تكون التجربة دقيقة ؟

الحل :

1 - عندما نغمر الخلية في المحلول نثبت فرق الكمون المنتج بين مسرييها ونقرأ الشدة المنتجة للتيار ، ثم نقسم الشدة على فرق الكمون لنجد الناقلية $G = \frac{I_{eff}}{U_{eff}}$ ، فإذا كانت قيمة $U_{eff} = 1 V$ نقرأ مباشرة الناقلية على مقياس الأمبير ، أي أن قيمة المقدار G هي نفسها قيمة المقدار I_{eff} .

2 - لا تتغير قيمة الناقلية بين المسريين ، فالذي يحدث هو أن شدة التيار كذلك تتغير بحيث تبقى النسبة $\frac{I_{eff}}{U_{eff}}$ ثابتة ، أي أن الناقلية لا علاقة لها بفرق الكمون بين المسريين ما دامت قيمته منخفضة .

3 - الرسم البياني $G = f(C)$



البيان عبارة عن خط مستقيم معادلته من الشكل

$$y = ax$$

4 - التركيز المولي للمحلول S :

من البيان نستنتج التركيز المولي الموافق للناقلية

$$G_S = 0,91 \text{ mS} ، وهو C_S = 6,7 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

5 - في هذه الحالة يكون التركيز المولي للمحلول S هو $C'_S = 10 \times 6,7 \times 10^{-3} = 6,7 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

في هذه الحالة يكون التركيز خارجا بكثير عن المجال الذي يحدّد التناسب بين الناقلية والتركيز المولي ، ولهذا تكون التجربة غير دقيقة .

تمرين تطبيقي :

- قمنا بقياس الناقلية G لثلاثة محاليل S₁ ، S₂ ، S₃ متساوية التركيز للأملح التالية : NaCl ، KCl ، KNO₃ .
وجدنا على الترتيب 1,16 mS ، 1,37 mS ، 1,33 mS .

- 1 - يبين أنه يمكن حساب ناقلية محلول نترات الصوديوم NaNO_3 له نفس التركيز وفي نفس درجة الحرارة باستعمال النتائج السابقة .
- 2 - احسب $G(\text{Na}^+, \text{NO}_3^-)$

الحل :

- 1



ناقلية المحلول S_1 :

من معادلة التحلل في الماء نلاحظ أن $[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] = C$

$$G_1 = K \sigma = K \left(\lambda_{\text{Na}^+} [\text{Na}^+] + \lambda_{\text{Cl}^-} [\text{Cl}^-] \right) = KC \left(\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-} \right) \quad \text{ناقلية الجزء المحصور بين مسريي الخلية هي :}$$

ناقلية المحلول S_2 :

من معادلة التحلل في الماء نلاحظ أن $[\text{K}^+] = [\text{Cl}^-] = C$

$$G_2 = K \sigma = K \left(\lambda_{\text{K}^+} [\text{K}^+] + \lambda_{\text{Cl}^-} [\text{Cl}^-] \right) = KC \left(\lambda_{\text{K}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-} \right) \quad \text{ناقلية الجزء المحصور بين مسريي الخلية هي :}$$

ناقلية المحلول S_3 :

من معادلة التحلل في الماء نلاحظ أن $[\text{K}^+] = [\text{NO}_3^-] = C$

$$G_3 = K \sigma = K \left(\lambda_{\text{K}^+} [\text{K}^+] + \lambda_{\text{NO}_3^-} [\text{NO}_3^-] \right) = KC \left(\lambda_{\text{K}^+} + \lambda_{\text{NO}_3^-} \right) \quad \text{ناقلية الجزء المحصور بين مسريي الخلية هي :}$$

ناقلية المحلول S :

من معادلة التحلل في الماء نلاحظ أن $[\text{Na}^+] = [\text{NO}_3^-] = C$

$$G = K \sigma = K \left(\lambda_{\text{Na}^+} [\text{Na}^+] + \lambda_{\text{NO}_3^-} [\text{NO}_3^-] \right) = KC \left(\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{NO}_3^-} \right) \quad \text{ناقلية الجزء المحصور بين مسريي الخلية هي :}$$

يمكن كتابة هذه الناقلية بالشكل :

$$G = KC \left(\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{NO}_3^-} + \lambda_{\text{K}^+} - \lambda_{\text{K}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-} - \lambda_{\text{Cl}^-} \right)$$

إضافة وطرح نفس المقدار لا يضر ، لكنه ينفع أحيانا . نطور هذه العلاقة لنكتبها على الشكل :

$$G = KC (\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-}) - KC (\lambda_{K^+} + \lambda_{Cl^-}) + KC (\lambda_{K^+} + \lambda_{NO_3^-})$$

$$G = G_1 - G_2 + G_3 \quad \text{وبالتالي :}$$

إذن يمكن أن نستنتج ناقلية المحلول (Na^+ , NO_3^-) بواسطة قياس ناقلية المحاليل السابقة بنفس الخلية بشرط أن تكون للمحاليل كلها نفس التركيز المولي للجسم المنحل وفي نفس درجة الحرارة .

$$G = G_1 - G_2 + G_3 = 1,16 - 1,37 + 1,33 = 1,12 \text{ mS} \quad - 2$$