المستوى : السنة الثانية ثـانوي

الوحدة **07** **قيـاس الناقلية**

GUEZOURI Aek - Lycée Maraval – Oran

ماذا يجب أن أعرف حتى أقول : إني 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 معيّن ، وليس جزءا منه) .

4 - يجب أن أعرف أن الناقلية النوعية المولية الشاردية (λ) لا تتعلّق بتركيز المحلول إذا كان هذا الأخير ممدّدا .

5 - يجب أن أعرف كيفيّة استنتاج تركيز محلول من بيان معايرة خلية .

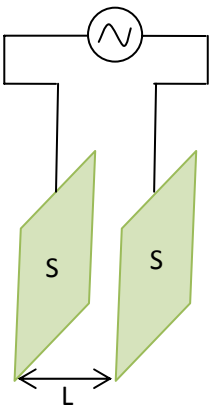
الهدف الرئيسي في هذا الدرس هو معرفة كمية المادة في محلول بقياس ناقليته

الدرس

1 – ناقلية جزء من محلول

خلية قياس الناقلية : تتألف من صفيحتين متوازيتين مساحة كل واحدة S والبعد بينهما L مربوطتين إلى مولد للتوتر المتناوب القيمة المنتجة له U_{eff} قيمتها بعض الفولطات فقط .

ملاحظة : معنى التوتر المنتج سيعرفه تلاميذ شعبة الرياضي والتقني رياضي في درس التيار المتناوب لكن تلاميذ العلوم التجريبية فلا يتطرقون لهذا الدرس ، وهذا لا يؤثر على درس الناقلية .



رسم تخطيطي للخلية

نسمي ثابت الخلية الثابت K ، حيث $K = \frac{S}{L}$ S (m^2) , L (m) , K (m)

- عندما نمرر تيارا كهربائيا في ناقل أومي مقاومته R ، ينشأ بين طرفيه توترا $U = R\ I$. نسمّي 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 لمولّد للتوتر المستمر ، فإنه بمرور الوقت يحدث استقطاب لمسريي الخلية نتيجة التحليل الكهربائي للمحلول الشاردي . لهذا يجب استعمال مولّد للتوتر المتناوب الذي لا ينتج عنه هذا الاستقطاب ، وذلك لتناوب اشارتي المسريين .

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

ناقلية الجزء المحصور بين المسريين هي $G = \frac{1}{R}$ ، حيث R هي مقاومة هذا الجزء .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM
www.guezouri.org

تتعلق الناقلية G لجزء من محلول بـ :

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

تتناسب الناقلية لجزء من المحلول بالتركيز المولي للجسم المنحل إذا كان هذا الأخير محصورا بين $10^{-3}\ mol\ .\ L^{-1}$ و $10^{-2}\ mol\ .\ L^{-1}$

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 $S\ .\ m^{-1}$

3 - الناقلية النوعية المولية الشاردية (λ) :

سمّيت : - **ناقلية نوعية** : لأنها تخص نوعا من المحاليل .

- **مولية** : لأنها تخص مولا واحدا من الشوارد .
- **شاردية** : لأنها تميّز شاردة 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 :

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

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM
www.guezour.org

الوحدات : σ : $S.m^{-1}$

λ : $S.m^2.mol^{-1}$

$[A]$ ، $[B]$ ، $[C]$ $[D]$: mol/m^3

ملاحظة :

نرمز دائما للتركيز المولي للجسم المنحل بالرمز C ، أما الشوارد الناتجة عن تحليله في الماء نرمز لتركيزها المولية بـ [رمز الشاردة]

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 الشاردتين 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 :

1 - $Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2\ OH^-$

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

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

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 ثمّ في المحلول الأم .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM
www.guezouri.org

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 تتغيّر 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 ؟

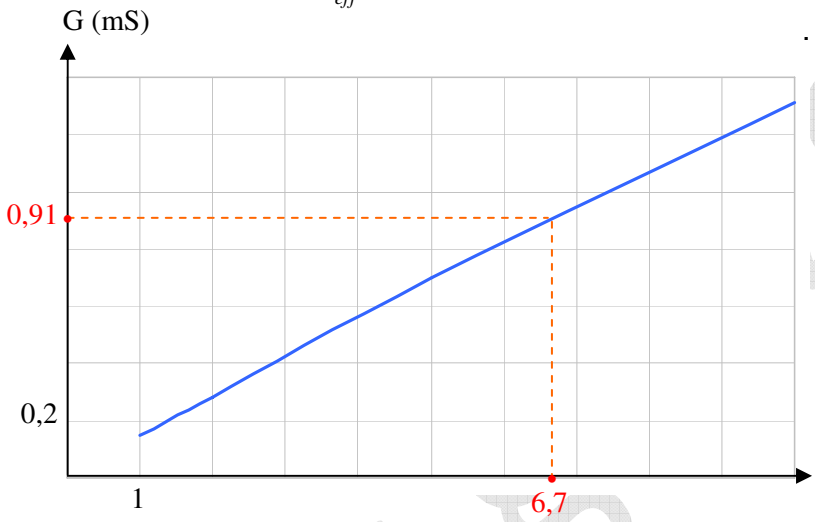
الحل :

1 – عندما نغمر الخلية في المحلول نثبت فرق الكمون المنتج بين مسريها 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 $y = a\,x$ ، وبالتالي الناقلية تتناسب مع التركيز المولي



4 - التركيز المولي للمحلول S :

من البيان نستنتج التركيز المولي الموافق للناقلية $G_S = 0,91\ mS$ ، وهو $C_S = 6,7\ mmol\,.\,L^{-1}$

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

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 S_1 ، S_2 ، S_3 متساوية التركيز للأملاح التالية : NaCl ، KCl ، KNO_3 .

وجدنا على الترتيب 1,16 mS ، 1,37 mS ، 1,33 mS .

1 - بيّن أنه يمكن حساب ناقلية محلول نترات الصوديوم $NaNO_3$ له نفس التركيز وفي نفس درجة الحرارة باستعمال النتائج السابقة .

2 - احسب $G\,(Na^+\,,\,NO_3^-)$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الحل :

- 1

المحلول S_1 : $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$

المحلول S_2 : $KCl \rightarrow K^+ + Cl^-$

المحلول S_3 : $KNO_3 \rightarrow K^+ + NO_3^-$

المحلول S : $NaNO_3 \rightarrow Na^+ + NO_3^-$

ناقلية المحلول S_1 : من معادلة التحلل في الماء نلاحظ أن $\left[Na^+\right]=\left[Cl^-\right]=C$

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

ناقلية المحلول S2 : من معادلة التحلل في الماء نلاحظ أن $\left[K^+\right]=\left[Cl^-\right]=C$

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

ناقلية المحلول S3 : من معادلة التحلل في الماء نلاحظ أن $\left[K^+\right]=\left[NO_3^-\right]=C$

ناقلية الجزء المحصور بين مسريي الخلية هي : $G_3 = K\sigma = K\left(\lambda_{K^+}\left[K^+\right]+\lambda_{NO_3^-}\left[NO_3^-\right]\right)=KC\left(\lambda_{K^+}+\lambda_{NO_3^-}\right)$

ناقلية المحلول S : من معادلة التحلل في الماء نلاحظ أن $\left[Na^+\right]=\left[NO_3^-\right]=C$

ناقلية الجزء المحصور بين مسريي الخلية هي : $G = K\sigma = K\left(\lambda_{Na^+}\left[Na^+\right]+\lambda_{NO_3^-}\left[NO_3^-\right]\right)=KC\left(\lambda_{Na^+}+\lambda_{NO_3^-}\right)$

يمكن كتابة هذه الناقلية بالشكل :

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

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

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

وبالتالي : $G = G_1 - G_2 + G_3$

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

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

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM
www.guezouri.org