

سلاسل المنجد - دروس و تمارين

2AS التعب العلمية و الرياضية

السلسلة 2-05-1

تعين كمية المادة عن طريق قياس الناقلية

عرض نظري و تمارين محلولة

يمكن تحميل السلسلة بصيغة pdf من موقع المنجد :
www.sites.google.com/site/faresfergani

للمزيد (عرض نظري مفصل - تمارين - فيديوهات)
يرجى زيارتنا على صفحة الوحدة في نفس الموقع الإلكتروني .

لكي يصلك جديد موقع المنجد تابع صفحة الفيسبوك
التالية :

[facebook.com/elmondjidff](https://www.facebook.com/elmondjidff)

الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نابت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
fares_fergani@yahoo.fr
0771998109

الإصدار : نوفمبر/2022

علم
فيزياء

العلم الفيزيائي

تهيئة كمية المادة عن طريق الناقلية

إعداد الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
www.sites.google.com/site/faresfergani

السلسلة 2 – 05 – 01

عرض نظري و تمارين

1- المقادير المولية (مكتسات قبلية)

• المول و عدد أفوقادرو:

- المول هو كمية من المادة قدرها 1 mol تحتوي على العدد $6.02 \cdot 10^{23}$ (عدد أفوقادرو) من الأفراد الكيميائية لهذه المادة .

• الكتلة المولية و الحجم المولي لغاز:

- الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي X التي يرمز لها بـ M و وحدتها الغرام على المول (g/mol) ، هي كتلة 1 مول (1mol) من ذرات هذا العنصر .
- الكتلة المولية الجزيئية لنوع كيميائي هي كتلة 1 mol من جزيئات هذا النوع الكيميائي
- الحجم المولي لغاز في شروط معينة من درجة الحرارة و الضغط هو حجم 1mol من هذا الغاز في هذه الشروط ، يرمز له بـ V_M و وحدته L/mol .
- في الشرطين النظاميين أين يكون الضغط مساوي للضغط الجوي العادي ($P = 1 \text{ atm}$) ، و درجة الحرارة المساوية 0°C يكون الحجم المولي مساوي $V_M = 22.4 \text{ L/mol}$.
- العلاقة بين المقادير المولية نلخصها في العلاقة التالية :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{V_{\text{gaz}}}{V_M} = \frac{y}{N_A} = \frac{\rho_l \cdot V_l}{M}$$

التمرين (1) : (التمرين : 001 في بنك التمارين على الموقع) (*)الجزء الأول

النشادر هو غاز صيغته الجزيئية المجملة NH_3 .

- 1- أحسب كتلته المولية الجزيئية .
- 2- ما هي كمية المادة الموجودة في g 0.68 من النشادر ؟
- 3- ما هي كمية المادة الموجودة في L 15.68 من غاز النشادر في الشرطين النظاميين ؟
- 4- أحسب كتلة L 8.96 من غاز النشادر في الشرطين النظاميين .
- 5- أحسب كتلة $3.01 \cdot 10^{22}$ جزيء من غاز النشادر .

الجزء الثاني :

حمض الخل هو سائل صيغته الجزيئية المجملة $C_2H_4O_2$.

- 1- أحسب كتلته المولية .
- 2- ما هي كمية المادة في mL 200 من حمض الخل ؟

المعطيات : $M(H) = 1 \text{ g/mol}$, $M(C) = 12 \text{ g/mol}$, $M(O) = 16 \text{ g/mol}$, $M(N) = 14 \text{ g/mol}$
 $\rho(C_2H_4O_2) = 1050 \text{ g/L}$

الأجوبة :الجزء الأول

1- الكتلة المولية لـ NH_3 :

$$M(NH_3) = M(N) + 3M(H)$$

$$M(NH_3) = 14 + (3 \cdot 1) = 17 \text{ g/mol}$$

2- كمية المادة في g 0,68 من NH_3 :

$$n(NH_3) = \frac{m(NH_3)}{M} \rightarrow n(NH_3) = \frac{0,68}{17} = 0,04 \text{ mol}$$

3- كمية المادة في L 15,68 من NH_3 في الشرطين النظاميين :

$$n(NH_3) = \frac{V(NH_3)}{V_M} \rightarrow n(NH_3) = \frac{15,68}{22,4} = 0,7 \text{ mol}$$

4- كتلة L 8,96 من NH_3 في الشرطين النظاميين :

$$\frac{m(NH_3)}{M(NH_3)} = \frac{V(NH_3)}{V_M} \rightarrow m(NH_3) = \frac{V(NH_3) \cdot M(NH_3)}{V_M} \rightarrow m(NH_3) = \frac{8,96 \cdot 17}{22,4} = 6,8 \text{ g}$$

5- كتلة $3.01 \cdot 10^{22}$ جزيء من NH_3 :

$$\frac{m(NH_3)}{M} = \frac{N}{N_A} \rightarrow m(NH_3) = \frac{M \cdot N}{N_A} \rightarrow m(NH_3) = \frac{17 \cdot 3,01 \cdot 10^{22}}{3,01 \cdot 10^{23}} = 0,85 \text{ g}$$

الجزء الثاني :

1- الكتلة المولية لحمض الخل :

$$M(C_2H_4O_2) = M(C) + 3M(H) + M(C) + 2M(O) + M(H)$$

$$M(C_2H_4O_2) = 12 + (3 \cdot 1) + 12 + (2 \cdot 16) + 1 = 60 \text{ g/mol}$$

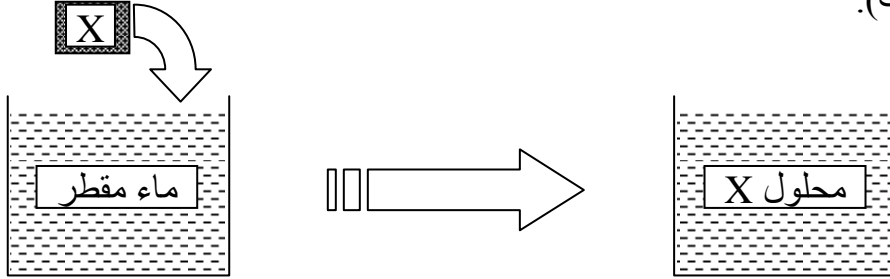
2- كمية المادة في mL 200 من حمض الخل :

$$n(C_2H_4O_2) = \frac{\rho \cdot V(C_2H_4O_2)}{M} \rightarrow n(C_2H_4O_2) = \frac{1050 \cdot 0,2}{60} = 3,5 \text{ mol}$$

2- المحاليل المائية و تراكيزها (مكتسبات قليلة)

• المحلول المائي :

- نحصل على محلول كيميائي لنوع كيميائي X بحل (إذابة) كمية من هذا النوع الكيميائي (المذاب) في حجم معين من الماء المقطر (مذيب).



- حجم المحلول الناتج مساوي لحجم المذيب (يهمل الزيادة في الحجم بفعل الانحلال) .

• التركيز المولي لمحلول مائي :

- يتميز المحلول المائي بمقدار فيزيائي يدعى **التركيز المولي** ، يرمز له بـ C و وحدته المول على اللتر (mol/L) ، يعبر عنه بالعلاقة :

$$C = \frac{n_X}{V}$$

حيث : n_X كمية مادة النوع الكيميائي X المنحلة و V هو حجم المذيب (الماء المقطر) .

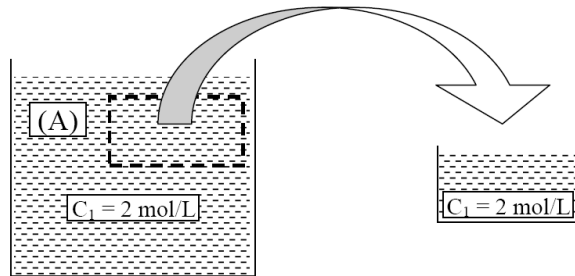
• التركيز الكتلي لمحلول مائي :

التركيز الكتلي الذي يرمز له بـ C_m ووحدته غرام على اللتر (g /L) لمحلول مائي لنوع كيميائي X هو حاصل قسمة كتلة النوع الكيميائي X المنحل على حجم المحلول (حجم المذيب) أي :

$$C_m = \frac{m_X}{V} = MC$$

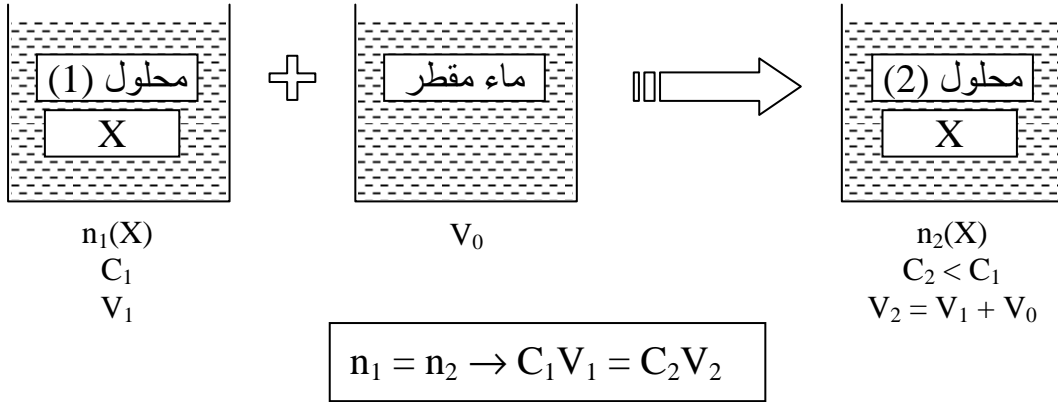
• ملاحظة مهمة :

عندما نأخذ عينة من محلول (A) تركيزه المولي C_1 يكون التركيز المولي للعينة هو نفسه التركيز المولي للمحلول (A) الذي أخذت منه العينة أي C_1 .

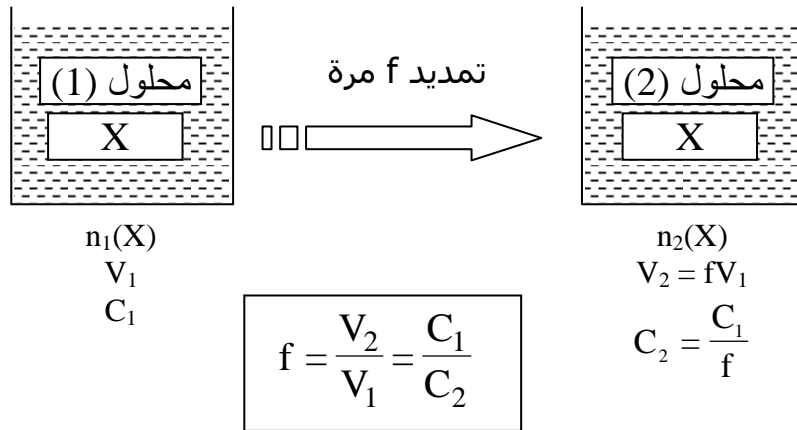


• تمديد محلول و معامل التمديد :

- تمديد محلول تركيزه المولي C_1 (أو تخفيفه) هو إضافة الماء المقطر إليه للحصول على محلول جديد تركيزه المولي C_2 يكون أقل من تركيز المحلول الأصلي ، أي $C_2 < C_1$.



- تسمى هذه العلاقة بقانون التمديد .

• معامل التمديد f :**التمرين (2) : (التمرين : 012 في بنك التمارين على الموقع) (*)**

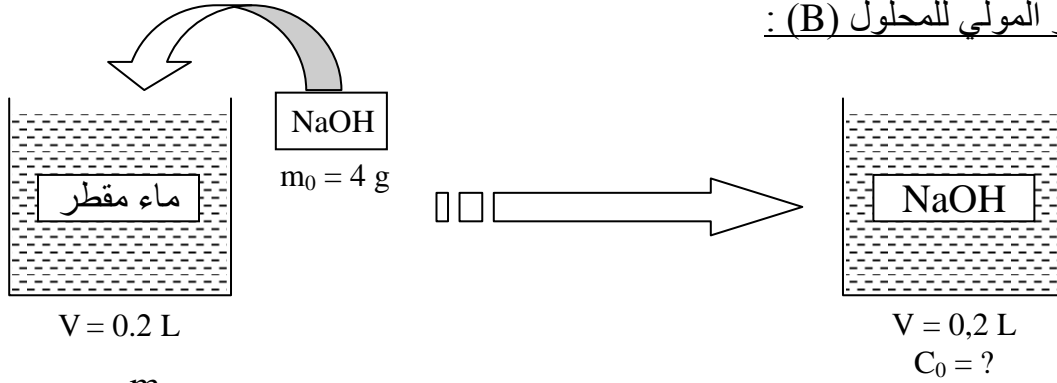
- لتحضير محلول (B) لهيدروكسيد الصوديوم NaOH قمنا بحل $m_0 = 4$ g من هيدروكسيد الصوديوم النقي في حجم $V = 200$ mL من الماء المقطر .
- أوجد التركيز المولي C_0 للمحلول (B) .
 - أوجد بطريقتين مختلفتين التركيز الكتلي C_{m0} للمحلول (B) .
 - ما هي كمية مادة NaOH المنحلة في عينة من المحلول (B) حجمها $V' = 50$ mL .
 - بواسطة ماصة مدرجة نسحب حجم $V_1 = 10$ mL من المحلول (B) و نضعها في كأس بيشر ثم نضيف لها حجم $V_0 = 90$ mL من الماء المقطر .
- أ- كيف تسمى هذه العملية .
- ب- ما هو حجم المحلول الجديد ، استنتج معامل التمديد f .
- ج- أوجد بطريقتين مختلفتين التركيز المولي C_2 للمحلول الجديد .

5- بواسطة ماصة مدرجة نسحب من المحلول (B) عينة أخرى حجمها $V_1 = 10 \text{ mL}$ و نضعها في كأس بيشر ثم نضيف لها قطعة صغيرة من هيدروكسيد الصوديوم NaOH كتلتها $m_s = 0,4 \text{ g}$ ، أوجد التركيز المولي C_2 للمحلول الجديد .
يعطى :

$$M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol} , M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol} , M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$$

الأجوبة :

1- أوجد التركيز المولي للمحلول (B) :



$$C_0 = \frac{n_0(\text{NaOH})}{V} = \frac{\frac{m_0}{M}}{V} = \frac{m_0}{M \cdot V}$$

$$\bullet M(\text{NaOH}) = 23 + 26 + 1 = 40 \text{ g/mol}$$

$$\bullet C_0 = \frac{4}{40 \cdot 0,2} = 0,5 \text{ mol/L}$$

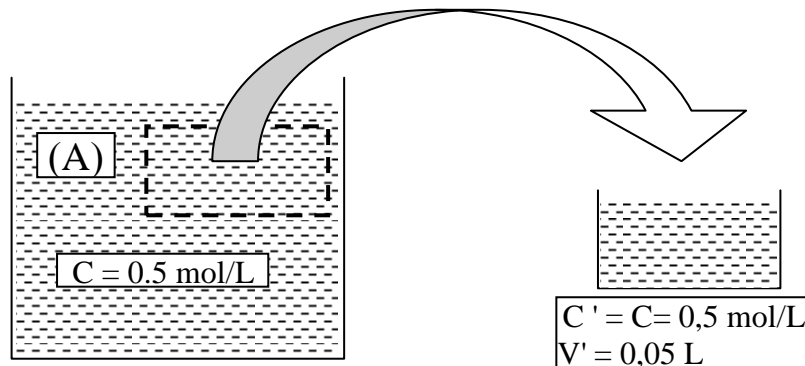
2- التركيز الكتلي للمحلول (B) :
الطريقة الأولى :

$$C_{m0} = \frac{m_0}{V} \rightarrow C_{m0} = \frac{4}{0,2} = 20 \text{ g/L}$$

الطريقة الثانية :

$$C_{m0} = M \cdot C = 40 \cdot 0,5 = 20 \text{ g/L}$$

3- كمية مادة NaOH المنحلة في 50 mL من المحلول (B) :



$$n'(\text{NaOH}) = C' \cdot V' = 0,5 \cdot 0,05 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

4- أ- تسمى هذه العملية بالتمديد .

ب- حجم المحلول الجديد :

باعتبار V_1 ، V_2 هو حجم المحلول قبل التمديد و بعده على الترتيب ، V_0 حجم الماء المقطر المضاف يكون:

$$V_2 = V_1 + V_0 = 0,01 + 0,09 = 0,1 \text{ L}$$

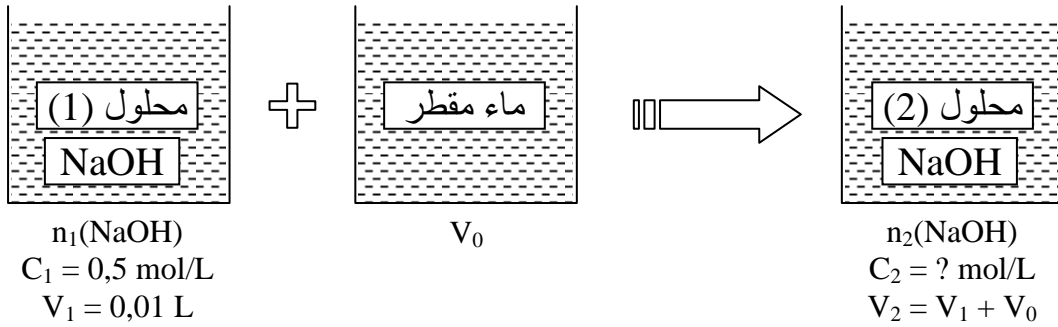
معامل التمديد :

عندما نمدد المحلول f مرة يكون حجمه الجديد (f ضعف) حجم المحلول الابتدائي أي :

$$V_2 = f V_1 \rightarrow f = \frac{V_2}{V_1} \rightarrow f = \frac{0,1}{0,01} = 10$$

ج- تركيز المحلول الجديد :

الطريقة الأولى :



- حسب قانون التمديد :

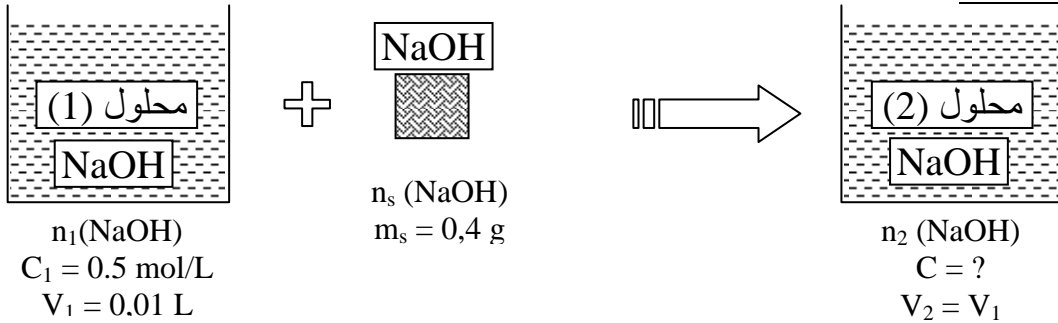
$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \rightarrow C_2 = \frac{C_1 V_1}{V_2} \rightarrow C_2 = \frac{0,5 \cdot 0,01}{0,1} = 0,05 \text{ mol/L}$$

الطريقة الثانية :

عند نمدد المحلول 10 مرات يكون :

$$C_2 = \frac{C_1}{10} = \frac{0,5}{10} = 0,05 \text{ mol/L}$$

5- تركيز المحلول الجديد :



في هذه الحالة تكون كمية مادة NaOH في المحلول الجديد (B) مساوية لكمية مادة NaOH الموجودة في المحلول الابتدائي (A) مضاف إليها كمية مادة NH₃ الموجود في الكتلة المضافة أي :

$$n_1(\text{NaOH}) + n_s(\text{NaOH}) = n_2(\text{NaOH})$$

$$C_1 V_1 + \frac{m_s}{M} = C_2 V_2 \rightarrow C_2 = \frac{C_1 V_1 + \frac{m_s}{M}}{V_2} \quad (V_2 = V_1)$$

$$C_2 = \frac{(0,5 \cdot 0,01) + \frac{0,4}{40}}{0,01} = 1,5 \text{ mol/L}$$

التمرين (3) : (التمرين : 014 في بنك التمارين على الموقع) (*)

للحصول على محلول (A) لكlor الهيدروجين HCl تركيزه المولي $C = 2 \text{ mol/L}$ ، قمنا عند الشرطين النظاميين بحل حجم $V_{(HCl)}$ من غاز كلور الهيدروجين في 100 mL من الماء المقطر .

1- أوجد قيمة $V_{(HCl)}$.

2- أوجد حجم الماء المقطر V_0 اللازم إضافته إلى عينة من المحلول (A) حجمها $V_1 = 10 \text{ mL}$ حتى نحصل على محلول تركيزه المولي $C_2 = 0,5 \text{ mol/L}$.

3- نأخذ عينة أخرى من المحلول (A) حجمها $V_1 = 10 \text{ mL}$ و نضيف لها حجم $V_2 = 40 \text{ mL}$ من محلول آخر لكlor الهيدروجين تركيزه $C_2 = 1 \text{ mol/L}$. أوجد التركيز المولي C للمحلول الجديد .

4- نريد تحضير محلول (S) حجمه $V = 500 \text{ mL}$ بتمديد عينة من المحلول (A) 100 مرة ، و لدينا الزجاجيات التالية :

- حوجلات عيارية (50 mL ، 100 mL ، 500 mL) .

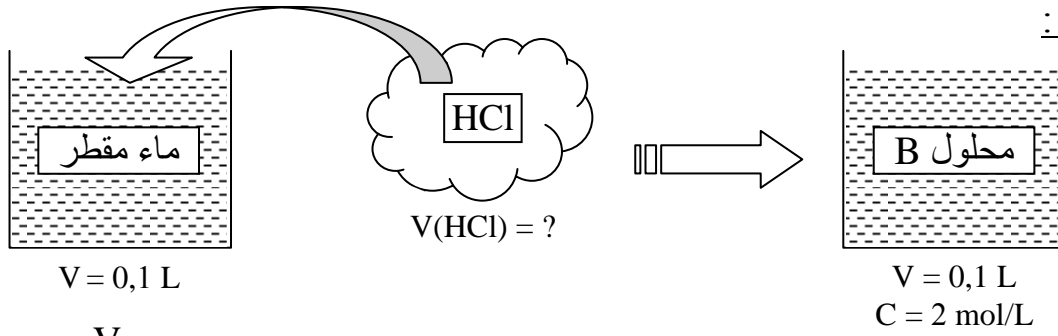
- ماصات عيارية (5 mL ، 10 mL ، 20 mL) .

أ- ما يعني مصطلح " عيارية " المقترن بالماصات و الحوجلات المذكورة .

ب- أكتب البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول (S) مبينا الزجاجيات المستعملة من بين ما ذكر .

الأجوبة :

1- قيمة $V_{(HCl)}$:

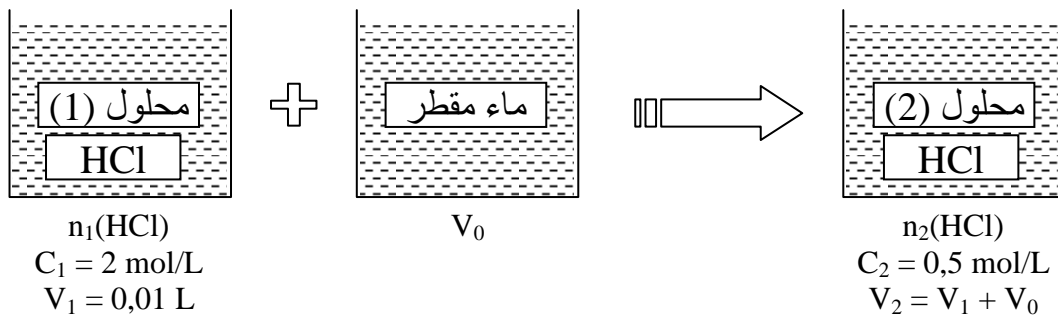


$$C_0 = \frac{n_0(HCl)}{V} = \frac{V_{(HCl)}}{V_M} = \frac{V_{(HCl)}}{V_M \cdot V} \rightarrow V_{(HCl)} = C_0 \cdot V_M \cdot V$$

$$V_{(HCl)} = 2 \cdot 22,4 \cdot 0,1 = 4,48 \text{ L}$$

2- حجم الماء المقطر اللازم إضافته :

الطريقة (1) :



أثناء التمديد لا تتغير كمية المادة لذا يكون :

$$n_2(HCl) = n_1(HCl) \rightarrow C_1 V_1 = C_2 V_2 \rightarrow C_1 V_1 = C_2 (V_1 + V_0)$$

$$V_1 + V_0 = \frac{C_1 V_1}{C_2} \rightarrow V_0 = \frac{C_1 V_1}{C_2} - V_1 \rightarrow V_0 = \frac{2 \cdot 0,01}{0,5} - 0,01 = 0,03 \text{ L} = 30 \text{ mL}$$

الطريقة (2) :

نحسب معامل التمديد :

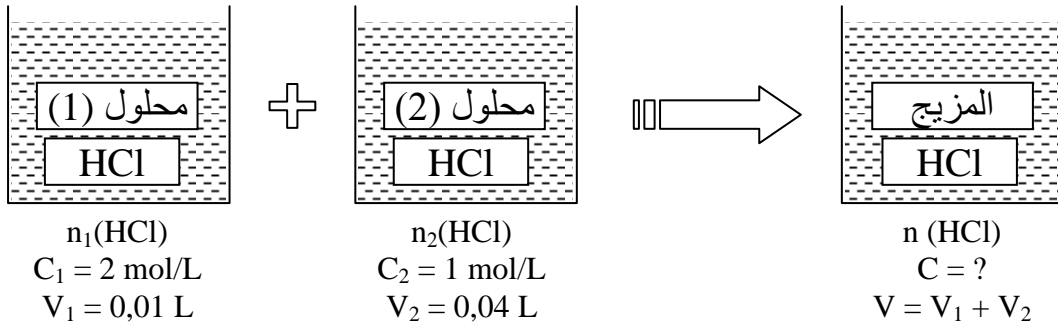
$$f = \frac{C_2}{C_1} = \frac{2}{0,5} = 4$$

من جهة أخرى :

$$f = \frac{V_2}{V_1} \rightarrow V_2 = f V_1 = 4 \cdot 0,01 = 0,04 \text{ L}$$

$$V_2 = V_1 + V_0 \rightarrow V_0 = V_2 - V_1 = 0,04 - 0,01 = 0,03 \text{ L} = 30 \text{ mL}$$

3- تركيز المحلول الجديد :



بما أنه لم يحدث تحول كيميائي بين المحلولين (1) ، (2) يكون :

$$n_1(\text{HCl}) + n_2(\text{HCl}) = n(\text{HCl})$$

$$C_1 V_1 + C_2 V_2 = C (V_1 + V_2) \rightarrow C = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

$$C = \frac{(2 \cdot 0,01) + (1 \cdot 0,04)}{0,01 + 0,04} = 1,2 \text{ mol/L}$$

4- أ- معنى مصطلح العيارية :

هو خط دائري في أعلى الزجاجية يدل على حجم المحلول عنده .

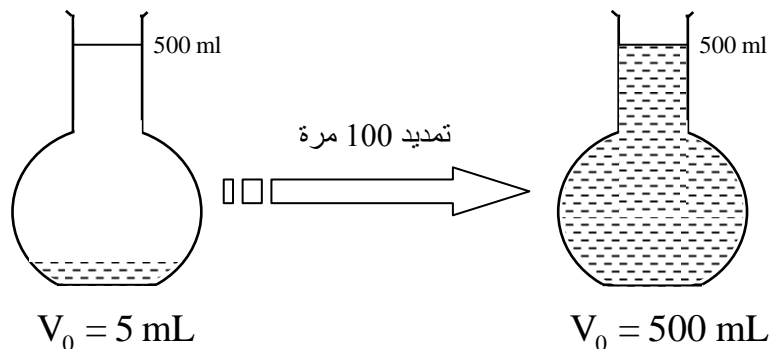
البروتوكول التجريبي :

- نحسب أولاً حجم محلول (HCl) اللازم أخذه من المحلول (A) و ليكن V_0 .

$$f = \frac{V}{V_0} \rightarrow v_0 = \frac{V}{f} = \frac{500}{100} = 5 \text{ mL}$$

- بواسطة ماصة عيارية سعتها 5 ml مزودة بإجاصة مص ، نسحب الحجم $V_0 = 5 \text{ mL}$ من المحلول (A) و نضعه في حوالة عيارية سعتها 500 mL تحتوي على قليل من الماء المقطر .

- نكمل الحجم بالماء المقطر إلى غاية بلوغ الخط العياري مع الرج المستمر من أجل تجانس المحلول .



3- درجة النقاوة و النسبة الكتلية (مكتسبات قليلة)

● درجة النقاوة :

- درجة نقاوة مادة تجارية هي نسبة المادة النقية في المادة التجارية و يعبر عنها بالعلاقة :

$$P = \frac{m}{m_0} \cdot 100$$

حيث : m هي كتلة المادة النقية و m_0 كتلة المادة التجارية غير النقية .
- لتحديد درجة نقاوة مادة تجارية نحل كتلة m_0 من المادة التجارية في حجم V من الماء المقطر ، و لحساب درجة النقاوة نحسب كتلة المادة النقية m في المادة التجارية من خلال التركيز المولي للمحلول الناتج وفق العلاقة :

$$m = M \cdot C_0 \cdot V$$

علما أن التركيز المولي C_0 يمكن تحديده عن طريق قياس الناقلية أو عن طريق المعايرة .

مثال :

تحتوي قارورة على يود الصوديوم التجاري في شكل مسحوق ، و مسجل عليه ما يلي :

- درجة النقاوة $P = 90\%$.
- الكتلة المولية $M = 149.9 \text{ g/mol}$.
- صيغته الجزيئية NaI .

1- طلب الأستاذ من المخبري تحضير محلول (S_0) ليود الصوديوم حجمه $V = 100 \text{ mL}$ و تركيزه المولي $C_0 = 0,1 \text{ mol/L}$. أحسب كتلة يود الصوديوم التجاري m_0 اللازمة لتحضير المحلول (S_0) .

الجواب :

1- كتلة يود الصوديوم التجاري اللازمة لتحضير المحلول (S_0) :
نحسب أولا كتلة يود الصوديوم النقية التي يجب أن تكون منحلّة في المحلول (S) .

$$C_0 = \frac{n_0}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{M \cdot V} \rightarrow m = C \cdot M \cdot V \rightarrow m = 0,1 \cdot 149,9 \cdot 0,1 = 1,5 \text{ g}$$

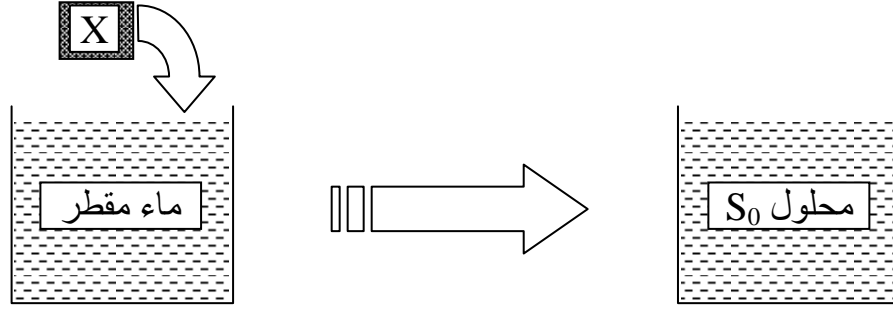
نحسب الآن الكتلة m_0 .

$$P = \frac{m}{m_0} \cdot 100 \rightarrow m_0 = \frac{m \cdot 100}{P} \rightarrow m_0 = \frac{1,5 \cdot 100}{90} = 1,67 \text{ g}$$

2- درجة النقاوة :

$$P = \frac{m}{m_0} \cdot 100 = \frac{7,495}{8,8} \cdot 100 = 88\%$$

● النسبة الكتلية لمحلول :



- النسبة الكتلية لمحلول P هي نسبة المادة النقية (X) في المحلول ، و يمكن القول أيضا ، النسبة الكتلة لمحلول هي كتلة النوع الكيميائي X النقية المنحلة في كل 100 g من المحلول ، و نكتب :

$$P = \frac{m}{m_0} . 100$$

يمكن إثبات العلاقة التالية :
إذن :

$$P = \frac{M . C_0}{10 . d}$$

● مثال :

عينة مخبرية S_0 لمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي C_0 تحمل المعلومات التالية :
 $P = 20\%$ ، $d = 1.3$ ، $M = 40 \text{ g/mol}$ ، $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ g/L}$

حيث :

▪ M هي كتلة المولية لهيدروكسيد الصوديوم .

▪ d كثافة المحلول .

▪ P هي النسبة الكتلية للمحلول ، تمثل كتلة هيدروكسيد الصوديوم المنحلة في 100g من محلول العينة المخبرية .

المطلوب :

حساب قيمة C_0 .

الجواب :

- قيمة C_0 :

$$C_0 = \frac{10 . 1.3 . 20}{40} = 6.5 \text{ mol/L} \rightarrow C_0 = \frac{10 . d . P}{M}$$

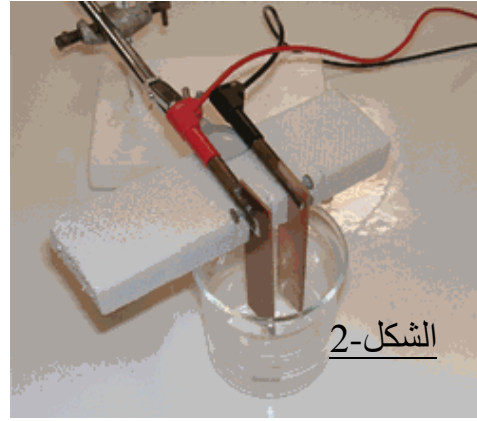
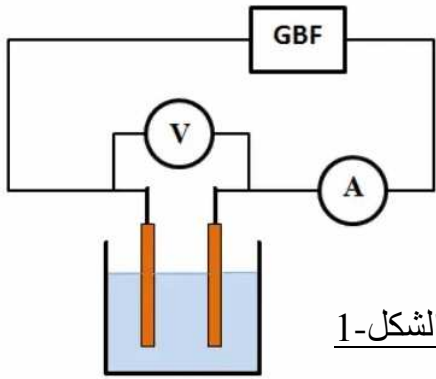
4- التيار الكهربائي و المحاليل المائية الشارديّة

● المحاليل المائية الشارديّة :

- نحصل على محلول مائي شاردي بحل نوع كيميائي صلب شاردي مثل NaCl أو نوع كيميائي مستقطب مثل غاز كلور الهيدروجين HCl .
- المحاليل المائية الشارديّة هي محاليل مائية تحتوي على شوارد موجبة و شوارد سالبة فهي ناقلة للتيار الكهربائي كون أنها تحتوي على هذه الشوارد .
- تزداد ناقلية هذا المحلول للتيار الكهربائي كلما كان تركيزه بالشوارد الموجودة به أكبر .
- يعبر عن ناقلية المحلول للتيار الكهربائي بمقدار يدعى **الناقلية** يرمز له بـ G ووحدته في نظام الوحدات الدولية السيمنس (S) ، حيث يكون المحلول ناقل للتيار الكهربائي أكثر كلما كان G أكبر .

● قياس الناقلية G لمحلول مائي شاردي :

- لقياس الناقلية G لمحلول ما نقوم بحصر جزء (حجم) من هذا المحلول بين صفيحتين معدنيتين متماثلتين مساحة سطح كل منها S وتفصل بينهما مسافة L ، ثم نطبق عليهما بواسطة مولد من نوع GBF توترا كهربائيا (الشكل-1) .



- تسمى جملة الصفيحتين المذكورتين و الفضاء (الحجم) المحدد بينهما **خلية** قياس الناقلية (الشكل-2) و تدعى هاتين الصفيحتين بلبوسي الخلية .
- تتميز خلية قياس الناقلية بثابت يدعى ثابت الخلية ، يرمز له بـ K و وحدته المتر (m) و يعبر عنه بالعلاقة :

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

- حيث S مساحة أحد اللبوسين (تقدر بالمتر مربع m^2) ، L البعد بين اللبوسين (يقدر بالمتر m) .
- إذا كانت U هي قيمة التوتر الذي يشير إليه مقياس الفولط الموصول على التفرع مع خلية قياس الناقلية ، و I هي قيمة شدة التيار التي يشير إليها مقياس الأمبير الموصول على التسلسل مع خلية قياس الناقلية ، يعبر عن ناقلية المحلول بالعلاقة التالية :

$$G = \frac{I}{U}$$

- وحدة الناقلية G هي السيمنس يرمز لها بـ (S) .

• المقاومة R :

- تعرف مقاومة محلول مائي شاردي و التي يرمز لها بـ R ووحدتها الأوم (Ω) على أنها مقلوب الناقلية G لهذا المحلول أي :

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

- وحدة المقاومة R هي الأوم يرمز لها بـ (Ω) .

6- الناقلية و المحاليل المائية الشاردية**• العوامل المؤثرة على قياس الناقلية :**

- ناقلية محلول مائي شاردي G تتناسب طرديا مع المساحة (S) لسطح لبوسي خلية قياس الناقلية ، و عكسيا مع البعد L بين لبوسي هذه الخلية .
- لا تتغير ناقلية محلول مائي شاردي بالتوتر المطبق من طرفي المولد GBF .
- تتغير ناقلية محلول مائي شاردي بتغير طبيعة المحلول .
- تتناسب ناقلية محلول طرديا مع تركيزه المولي .
- تزداد ناقلية محلول بازدياد درجة الحرارة .

• الناقلية النوعية σ لمحلول شاردي :

- تجريبيا وجد أن ناقلية محلول G تتناسب طرديا مع ثابت الخلية K أي : $G = a K$ ، ثابت التناسب a هو ثابت يميز المحلول يدعى الناقلية النوعية للمحلول يرمز لها بـ δ و وحدتها السيمنس على المتر (S/m) و نكتب :

$$G = \sigma K$$

• الناقلية النوعية المولية λ :

- تجريبيا وجد أن الناقلية النوعية لمحلول σ تتناسب طرديا مع التركيز المولي C للمحلول أي $\delta = a C$ ، ثابت التناسب a هو ثابت يميز المحلول يدعى الناقلية النوعية المولية للنوع الكيميائي المنحل في المحلول يرمز له بـ λ و وحدته $S.m^2/mol$ و نكتب :

$$\sigma = \lambda C$$

حيث C التركيز المولي للمحلول و يقدر بـ (mol/m^3) . (نذكر أن : $1mol/L = 10^3 mol/m^3$) .

• الناقلية النوعية المولية للشاردة الموجبة $\lambda(X^{n+})$ و للشاردة السالبة $\lambda(Y^{m-})$:

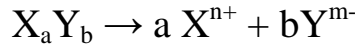
في محلول شاردي يحتوي على الشاردين X^{n+} ، Y^{m-} ، تعطى عبارة الناقلية النوعية σ لهذا المحلول بعلاقة أخرى بدلالة الناقلية النوعية المولية للشاردين $\lambda(X^{n+})$ ، $\lambda(Y^{m-})$ للشاردين (X^{n+}) ، (Y^{m-}) كما يلي :

$$\sigma = \lambda C = \lambda(X^{n+}) [X^{n+}] + \lambda(Y^{m-}) [Y^{m-}]$$

يسمى هذا القانون بقانون كولورش

ملاحظة :

- إذا كان لدينا محلول مائي ناتج عن انحلال النوع الكيميائي $X_a Y_b$ في الماء و فق المعادلة :



فإنه يعبر عن الناقلية النوعية المولية λ بدلالة الناقلية النوعية المولية الشاردية $\lambda(X^{n+})$ ، $\lambda(Y^{m-})$ كما يلي :

$$\lambda = a\lambda(X^{n+}) + b\lambda(Y^{m-})$$

مثال :

$Fe_2(SO_4)_3(s) = 2Fe^{3+}_{(aq)} + 3SO_4^{2-}_{(aq)}$	$NaCl(s) = Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$
$\lambda = 2\lambda(Fe^{3+}) + 3\lambda(SO_4^{2-})$	$\lambda = \lambda(Na^+) + \lambda(Cl^-)$

- نذكر أنه في محلول ذو الصيغه الشاردية $(aX^{n+} + bY^{m-})$ و التركيز المولي C و الذي نحصل عليه بحل كمية من النوع الكيميائي $X_a Y_b$ في حجم V من الماء المقطر يكون :

$$C = \frac{n(X_a Y_b)}{V}$$

$$[X^{n+}] = \frac{n(X^{n+})}{V} = a C$$

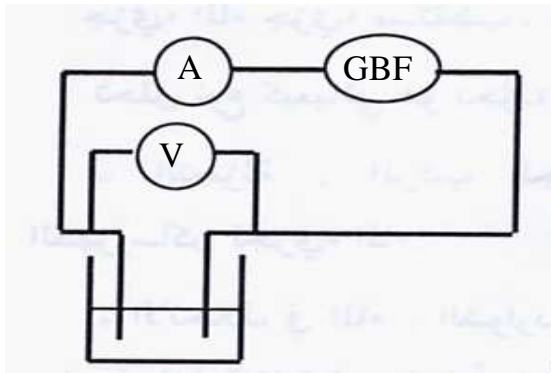
$$[Y^{m-}] = \frac{n(Y^{m-})}{V} = b C$$

• جدول قيم الناقلية النوعية المولية لبعض الشوارد في درجة الحرارة العادية 25° c :

شوارد سالبة		شوارد موجبة	
$\lambda(mS.m^2/mol)$	الصيغة	$\lambda(mS.m^2/mol)$	الصيغة
19.9	OH^-	35.0	H_3O^+
7.63	Cl^-	5.01	Na^+
7.81	Br^-	7.35	K^+
7.70	I^-	6.19	Ag^+
7.14	NO_3^-	11.9	Ca^{2+}

التمرين (4) : (التمرين : 002 في بنك التمارين على الموقع) (*)

محلول (S) لكبريتات الحديد الثلاثي حجمه $V = 100 \text{ mL}$ و تركيزه المولي $C = 2 \text{ mol/L}$ ، أحسب كمية مادة شوارد الحديد الثلاثي Fe^{3+} و كمية مادة شوارد الكبريتات SO_4^{2-} المنحلّتين في المحلول .



نحقق التركيبة المبينة في الشكل المقابل و التي تسمح بقياس الناقلية G لمحلول كلور الصوديوم $(Na^+ + Cl^-)$ تركيزه المولي $C = 10^{-3} \text{ mol/L}$.

- يشير كل من مقياس الأمبير و الفولط إلى القيمتين :

$$U = 1 \text{ V} , I = 0.126 \text{ mA}$$

يعطى : مساحة لبوس خلية قياس الناقلية : $S = 1 \text{ cm}^2$ ، المسافة بينهما $L = 1 \text{ cm}$.

1- أحسب : ▪ ناقلية المحلول G .

▪ مقاومة المحلول R .

▪ ثابت الخلية المستعملة K .

▪ الناقلية النوعية للمحلول σ .

2- علما أن الناقلية النوعية المولية الشاردية للصوديوم هي : $\lambda(\text{Na}^+) = 5.01 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$. أوجد الناقلية النوعية المولية لشاردة الكلور Cl^- .

الأجوبة :

1- ناقلية المحلول :

$$G = \frac{I}{U} \rightarrow G = \frac{0.126 \cdot 10^{-3}}{1} = 0.126 \cdot 10^{-3} \text{ S}$$

• مقاومة المحلول :

$$R = \frac{1}{G} \rightarrow R = \frac{1}{0.126 \cdot 10^{-3}} = 7.94 \cdot 10^3 \Omega$$

• ثابت الخلية :

$$K = \frac{S}{L} \rightarrow K = \frac{10^{-4}}{10^{-2}} = 10^{-2} \text{ m} = 1 \text{ cm}$$

• الناقلية النوعية δ للمحلول :

$$G = \delta K \rightarrow \sigma = \frac{G}{K} \rightarrow \sigma = \frac{0.126 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} = 1.26 \cdot 10^{-2} \text{ S/m}$$

2- الناقلية النوعية المولية الشاردية لشاردة الكلور $\lambda(\text{Cl}^-)$:

$$\sigma = \lambda(\text{Na}^+) [\text{Na}^+] + \lambda(\text{Cl}^-) [\text{Cl}^-]$$

$$\lambda(\text{Cl}^-) [\text{Cl}^-] = \sigma - \lambda(\text{Na}^+) [\text{Na}^+] + \lambda(\text{Cl}^-) [\text{Cl}^-]$$

$$\lambda(\text{Cl}^-) = \frac{\sigma - \lambda(\text{Na}^+) [\text{Na}^+]}{[\text{Cl}^-]}$$

$$\bullet C = 10^{-3} \text{ mol/L} = 1 \text{ mol/m}^3$$

$$\bullet [\text{Na}^+] = C = 1 \text{ mol/m}^3$$

$$\bullet [\text{Cl}^-] = C = 1 \text{ mol/m}^3$$

$$\lambda(\text{Cl}^-) = \frac{1.26 \cdot 10^{-2} - (5.01 \cdot 10^{-3} \cdot 1)}{1} = 7.59 \cdot 10^{-3} \text{ Sm}^2/\text{mol}$$

التمرين (5) : (التمرين : 003 في بنك التمارين على الموقع) (*)

لدينا خلية قياس الناقلية البعد بين لبوسيهها $L = 1 \text{ cm}$ و مساحة سطح أحد لبوسيهها المتماثلين $S = 1 \text{ cm}^2$. يعطى : $\lambda(\text{Ca}^{2+}) = 11.9 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2/\text{mol}$, $\lambda(\text{OH}^-) = 19.9 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2/\text{mol}$

- 1- أحسب ثابت الخلية K .
- 2- بواسطة هذه الخلية قمنا بقياس ناقلية محلول شاردي تركيزه المولي C فوجدنا $G = 1.034 \text{ mS}$.
- أ- ما هي القيمة التي يشير إليها مقياس الأمبير إذا علمت أن مقياس الفولط يشير إلى القيمة $U = 5 \text{ V}$.
- ب- استنتج قيمة مقاومة المحلول R .
- ج- أحسب الناقلية النوعية δ لهذا المحلول.

د- إذا علمت أن هذا المحلول هو هيدروكسيد الكالسيوم $(\text{Ca}^{2+} + 2\text{HO}^-)$. أوجد التركيز المولي C لهذا المحلول مقدرًا بـ mol/L .

- ج- أحسب الناقلية النوعية المولية λ لهيدروكسيد الكالسيوم بطريقتين مختلفتين.
- 3- نقوم بعدة تجارب باستعمال محاليل لنفس المذاب مختلفة في التراكيز المولية C و خلايا قياس الناقلية مختلفة في السطح S و البعد L . بين في كل حالة من الحالات التالية أن الناقلية G تزداد أم تنقص قيمتها مع التعليل :
 - أ- حافظنا على قيمتي C و L و أعطينا للسطح S قيمة أكبر من القيمة السابقة.
 - ب- حافظنا على قيمتي C و S و أعطينا للبعد L قيمة أكبر من القيمة السابقة.
 - ج- حافظنا على قيمتي S و L و أعطينا للتركيز C قيمة أكبر من القيمة السابقة.

الأجوبة :**1- ثابت الخلية :**

$$K = \frac{S}{L} \rightarrow K = \frac{10^{-4}(\text{m}^2)}{10^{-2}(\text{m})} = 10^{-2} \text{ m}$$

2- أ- القيمة التي يشير إليها مقياس الأمبير :

$$G = \frac{I}{U} \rightarrow I = G \cdot U \rightarrow I = 1.034 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 5.17 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 5.17 \text{ mA}$$

ب- قيمة مقاومة المحلول :

$$U = RI \rightarrow R = \frac{U}{I} \rightarrow R = \frac{5}{5.17 \cdot 10^{-3}} = 967.12 \Omega$$

ج- الناقلية النوعية :

$$\delta = \frac{G}{K} \rightarrow \delta = \frac{1.034 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} = 0.1034 \text{ S/m}$$

د- قيمة التركيز المولي :

$$\sigma = \lambda(\text{Ca}^{2+}) [\text{Ca}^{2+}] + \lambda(\text{HO}^-) [\text{HO}^-]$$

$$\sigma = \lambda(\text{Ca}^{2+}) (C) + \lambda(\text{HO}^-) (2C)$$

$$\sigma = (\lambda(\text{Ca}^{2+}) + 2\lambda(\text{HO}^-)) C \rightarrow C = \frac{\sigma}{\lambda(\text{Ca}^{2+}) + 2\lambda(\text{HO}^-)}$$

$$C = \frac{0.1034}{11.9 \cdot 10^{-3} + (2 \cdot 19.9 \cdot 10^{-3})} = 2 \text{ mol/m}^3 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

هـ- الناقلية النوعية المولية λ :

الطريقة (1) :

$$\sigma = \lambda C \rightarrow \lambda = \frac{\sigma}{C} \rightarrow \lambda = \frac{0.1034}{2} = 5.17 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^2/\text{mol}$$

الطريقة (2) :

$$\lambda = \lambda(\text{Ca}^{2+}) + 2\lambda(\text{HO}^-)$$

$$\lambda = 11.9 \cdot 10^{-3} + (2 \cdot 19.9 \cdot 10^{-3}) = 5.17 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^2/\text{mol}$$

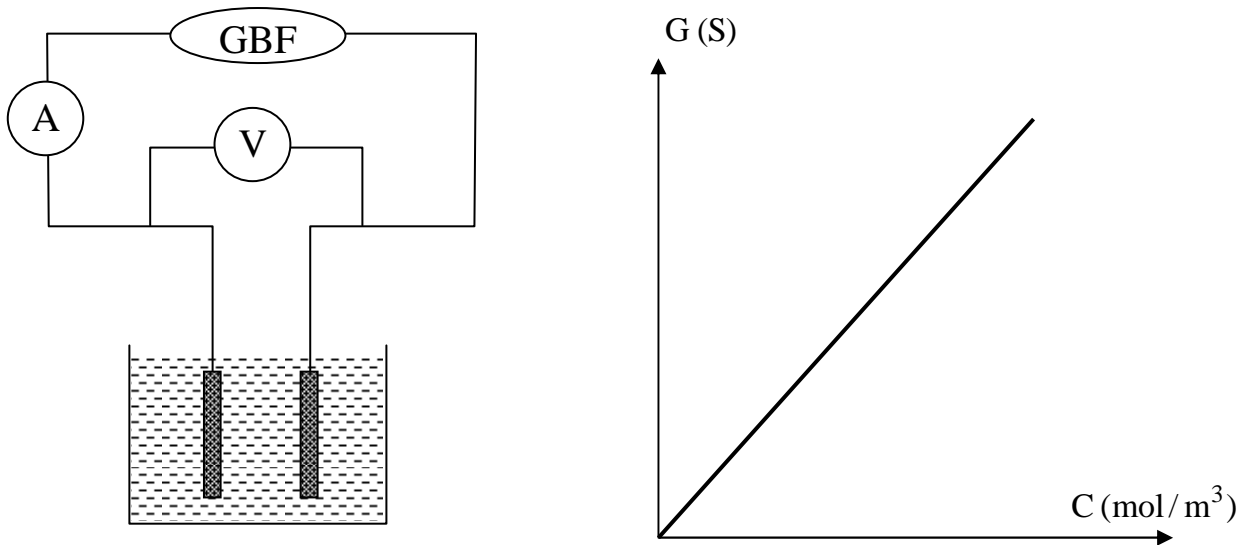
3- تبين إن الناقلية تزداد أم تنقص :

لدينا $G = k \lambda = \frac{S}{L} \sigma = \frac{S}{L} \lambda C$ ، هذا يعني أن الناقلية G تتناسب طرديا مع مساحة سطح للبوس الخلية S و الناقلية النوعية المولية λ للمذاب ، و التركيز المولي C للمحلول في حين تتناسب عكسيا مع البعد L بين لبوسي الخلية و بالتالي :

- أ- إذا حافظنا على قيمتي C و L و أعطينا للسطح S قيمة أكبر من القيمة السابقة ، فإن قيمة الناقلية G تزداد .
- ب- إذا حافظنا على قيمتي C و S و أعطينا للبعد L قيمة أكبر من القيمة السابقة ، فإن قيمة الناقلية G تنقص .
- ج- حافظنا على قيمتي S و L و أعطينا للتركيز قيمة أكبر من القيمة السابقة ، فإن قيمة الناقلية G تزداد .
- د- حافظنا على قيمتي S و L و أعطينا للتركيز قيمة أقل من القيمة السابقة ، فإن قيمة الناقلية G تنقص .

5- مخطط المعايرة لخلية قياس الناقلية

- عندما نأخذ عدة محاليل مائية شاردية لنفس النوع الكيميائي ذات تراكيز مختلفة C_1 ، C_2 ، C_3 ، ... ، و بواسطة تجهيز قياس الناقلية الذي تعرفنا عليه سابقا نقيس الناقلية G_1 ، G_2 ، G_3 ، لهذه المحاليل على الترتيب ، ندون النتائج في جدول ثم نرسم المنحنى $G = g(C)$ ، نحصل على مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل $G = aC$ كما مبين في المنحنى الشكل التالي :



- نستنتج من المنحنى أن الناقلية G لمحلول مائي تتناسب طرديا مع تركيزه المولي C شرط أن تكون المحاليل لنفس النوع الكيميائي و قياس الناقلية G تتم بنفس خلية قياس الناقلية في كل المحاليل .

- يسمى المنحنى $G = f(C)$ منحنى المعايرة لخلية قياس الناقلية ، و من خلاله نحسب تركيز أي محلول لنفس النوع الكيميائي ، حيث نحسب الناقلية G لهذا المحلول باستعمال نفس الخلية ، ثم نسقط قيمة G المتحصل عليها في منحنى المعايرة ، نحصل على التركيز C لهذا المحلول ، و بمعرفة حجم المحلول نحسب كمية مادة النوع الكيميائي المنحل في هذا المحلول من خلال العلاقة $n = CV$.

التمرين (6) : (التمرين : 004 في بنك التمارين على الموقع) (*)

نريد قياس عند نفس درجة الحرارة الناقلية G لست (6) محاليل كبريتات الصوديوم ($2Na^+ + SO_4^{2-}$) بتركيز مختلفة ، لذلك نحقق التركيب الخاص بقياس الناقلية G و المتكون من مولد GBF ، خلية قياس الناقلية ، مقياس فولط موصول على التفرع مع خلية قياس الناقلية و مقياس أمبير موصول على التسلسل معها .
نغمر خلية قياس الناقلية في كل محلول مع غسلها بالماء المقطر بعد كل قياس و نسجل قيمتي التوتر U و شدة التيار I الكهربائي التي يشير إليها كل من مقياس الفولط و مقياس الأمبير ، الجدول التالي يعطي القيم المتحصل عليها .

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
C(mmol/L)	10.0	7.5	5.0	1.0	0.5	C_6
U (V)	0.904	0.850	0.851	0.851	0.851	0.808
I (mA)	2.070	1.485	1.01	0.212	0.125	0.700
G (mS)	2.290					

- 1- أرسم مخطط تركيب الدارة المستعملة في هذه التجربة .
- 2- اكتب معادلة انحلال كبريتات الصوديوم في الماء .
- 3- أكتب عبارة الناقلية G بدلالة شدة التيار الكهربائي I و التوتر الكهربائي U و اذكر وحدتها ، ثم احسب ناقلية كل محلول و دون النتائج في الجدول .
- 4- ارسم البيان $G = f(C)$. ماذا تستنتج ؟
- 5- استنتج بيانيا C_6 التركيز المولي للمحلول S_6 .
- 6- أوجد تركيز المحلول S_6 بالشوارد Na^+ ، SO_4^{2-} .

الأجوبة :

1- مخطط تركيب الدارة :

2- معادلة الانحلال :



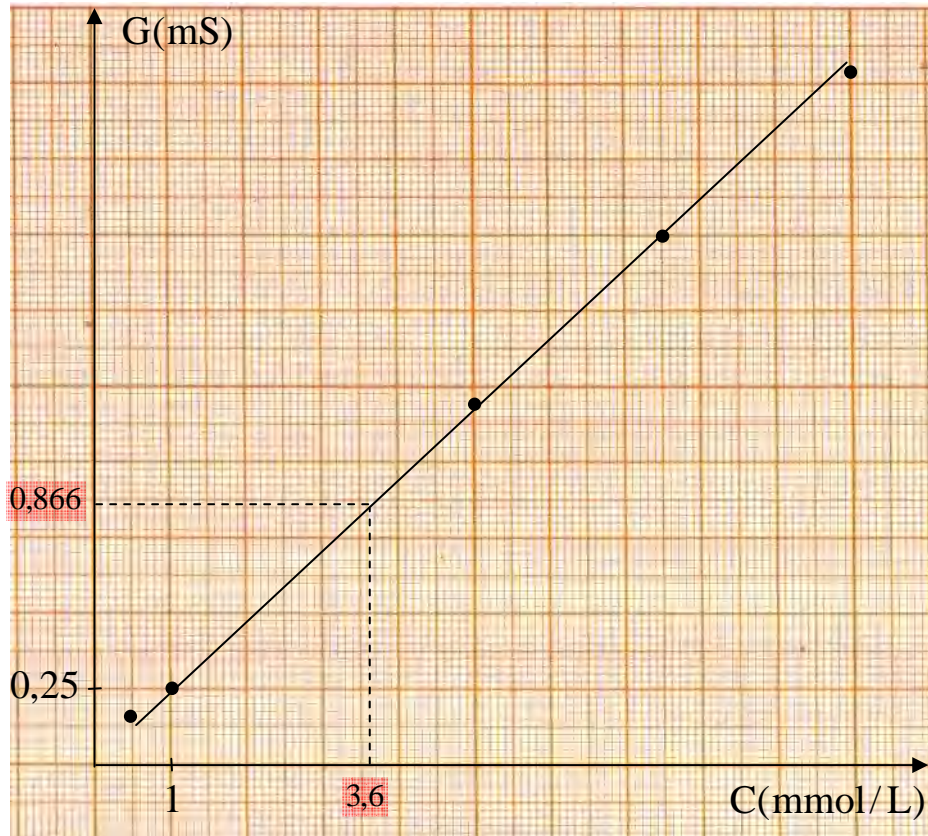
3- عبارة G :

$$G = \frac{I}{U}$$

وحدتها السيمنس S .

- حساب G لكل محلول :

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
C(mmol/L)	10.0	7.5	5.0	1.0	0.5	C_6
U (V)	0.904	0.850	0.851	0.851	0.851	0.808
I (mA)	2.070	1.485	1.01	0.212	0.125	0.700
G (mS)	2.290	1.747	1.187	0.249	0.147	0.866

4- البيان $G = f(C)$:

الملاحظة :

المنحنى البياني $G = f(C)$ هو مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل $G = aC$ ، نستنتج أن الناقلية G لمحلول تتناسب طرديا مع تركيزه المولي .

5- استنتاج قيمة C_6 :

لدينا $G_6 = 0.866 S$ ، بالاسقاط في البيان مع الأخذ بعين الاعتبار سلم الرسم نجد : $C_6 = 3.76 \text{ mmol/L}$.

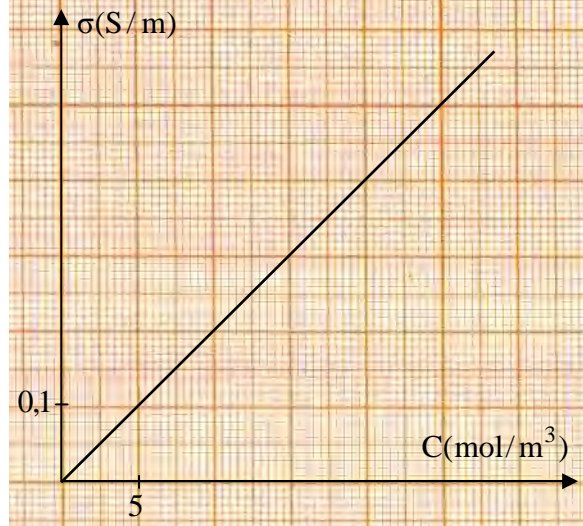
6- تركيز المحلول بالشوارد Na^+ ، SO_4^{2-} :

من الصيغة الشاردية $(2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-})$ لمحلول كبريتات الصوديوم يكون :

- $[\text{Na}^+] = 2C = 2 \cdot 3,6 = 7.2 \text{ mmol/L}$
- $[\text{SO}_4^{2-}] = C = 3.6 \text{ mmol/L}$

التمرين (7) : (التمرين : 005 في بنك التمارين على الموقع) (*)

لتعيين التركيز المولي C لمحلول مائي من نترات المغنزيوم ($Mg^{2+} + 2NO_3^-$) قمنا بمعايرة خلية قياس الناقلية بواسطة عدة محاليل مختلفة التراكيز من نترات المغنزيوم فتحصلنا على البيان $\sigma = f(C)$ التالي :



- قياس ناقلية المحلول السابق بواسطة خلية ثابتها $K = 0,1 \text{ m}$ ، أعطى القيمة $G = 0,025 \text{ S}$.
- 1- أوجد قيمة الناقلية النوعية σ لمحلول نترات المغنزيوم .
 - 2- استنتج من البيان قيمة التركيز المولي C مقدرا ذلك بـ mol/L .
 - 3- اعتمادا على معادلة البيان و العلاقة النظرية استنتج قيمة الناقلية النوعية المولية λ للمذاب .
 - 4- علما أن : $\lambda(NO_3^-) = 7.14 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2/\text{mol}$ ، أوجد قيمة $\lambda(Mg^{2+})$.

الأجوبة :

1- الناقلية النوعية σ :

$$G = K\sigma \rightarrow \sigma = \frac{G}{K} \rightarrow \sigma = \frac{0,025}{0,1} = 0,25 \text{ S/m}$$

2- التركيز المولي C :

بإسقاط القيمة $\sigma = 0,25 \text{ S/m}$ في البيان مع أخذ السلم بعين الاعتبار نجد :

$$C = 12,5 \text{ mol/m}^3 = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

3- قيمة λ :

- بيانيا : المنحنى $\sigma(C)$ هو مستقيم معادلته من الشكل :

$$\sigma = a C \dots\dots\dots (1)$$

حيث a هو ميل المستقيم .
- نظريا :

$$\sigma = \lambda C \dots\dots\dots (2)$$

- بالمطابقة :

$$\lambda = a$$

- من البيان :

$$a = \frac{0,1}{5} = 2 \cdot 10^{-2} \rightarrow \lambda = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Sm}^2/\text{mol}$$

4- قيمة $\lambda(\text{Mg}^{2+})$:

محلول نترات المغنزيوم يحتوي على الشوارد Mg^{2+} ، NO_3^- لذا يكون :

$$\sigma = \lambda(\text{Mg}^{2+}) [\text{Mg}^{2+}] + \lambda(\text{NO}_3^-) [\text{NO}_3^-]$$

من الصيغة الشاردية $(\text{Mg}^{2+} + 2\text{NO}_3^-)$ لمحلول نترات المغنزيوم يكون :

$$[\text{Mg}^{2+}] = C \quad , \quad [\text{NO}_3^-] = 2C$$

و منه يصبح :

$$\sigma = \lambda(\text{Mg}^{2+}) C + \lambda(\text{NO}_3^-) 2C$$

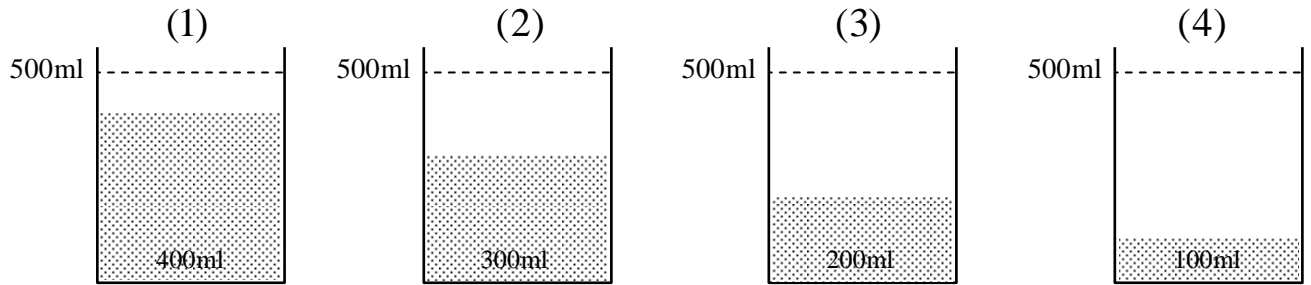
$$\sigma = (\lambda(\text{Mg}^{2+}) + 2\lambda(\text{NO}_3^-)) C$$

$$\lambda(\text{Mg}^{2+}) + 2\lambda(\text{NO}_3^-) = \frac{\sigma}{C} \rightarrow \lambda(\text{Mg}^{2+}) = \frac{\sigma}{C} - 2\lambda(\text{NO}_3^-)$$

$$\lambda(\text{Mg}^{2+}) = \frac{0,25}{12,5} - (2 \cdot 7,14 \cdot 10^{-3}) = 5,75 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2/\text{mol}$$

التمرين (8) : (التمرين : 020 في بنك التمارين على الموقع) (**)

نحل 2 g من هيدروكسيد الصوديوم النقي NaOH في 1L من الماء المقطر فنحصل على محلول تركيزه المولي C_0 ، نوزع هذا المحلول على أربع كؤوس ببيشر (1) ، (2) ، (3) ، (4) سعتها 500 mL ، حيث في الكأس (1) نضع 400 mL و في الكأس (2) نضع 300 mL و في الكأس (3) نضع 200 mL و في الكأس (4) نضع 100 mL (الشكل) ، ثم نضيف الماء المقطر إلى غاية بلوغ التدرجة 500 mL و نحصل عندئذ على أربع محاليل ممددة حجمها 500 mL و تراكيذها المولية نعتبرها C_1 ، C_2 ، C_3 ، C_4 على الترتيب .



- 1- أحسب التركيز المولي الابتدائي C_0 لمحلول هيدروكسيد الصوديوم .
- 2- أحسب التراكيز المولية للمحاليل الممددة بـ mol/L ثم بـ mol/m^3 .
- 3- بواسطة خلية قياس الناقلية ثابتها $K = 1.25 \text{ cm}$ و التوتر المنتج بين لبوسيتها $U = 5 \text{ V}$ ، نقرأ القيمة المنتجة لشدة التيار في كل محلول فنجد على الترتيب :

$$I_4 = 2.9 \text{ mA} , I_3 = 5.9 \text{ mA} , I_2 = 9.0 \text{ mA} , I_1 = 12.2 \text{ mA}$$

- أحسب الناقلية G في كل محلول و دون النتائج في الجدول التالي :

الكأس	(1)	(2)	(3)	(4)
$C \text{ (mol/m}^3\text{)}$				
$G \text{ (mS)}$				

- 4- ارسم المنحنى البياني $G = f(C)$.
 5- اعتمادا على المنحنى البياني استنتج قيمة الناقلية النوعية المولية λ للنوع الكيميائي هيدروكسيد الصوديوم NaOH .
 6- توجد بالمخبر قارورة لمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزها C (مجهول) ، أخذنا منها عينة و قسنا قيمة الناقلية بنفس الخلية السابقة فوجدنا $G = 1,5 \text{ mS}$ ، استنتج قيمة C .
 يعطى : $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :

1- التركيز المولي C_0

$$C_0 = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} \rightarrow C_0 = \frac{m}{M \cdot V}$$

$$\bullet M(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ g/mol}$$

$$\bullet C_0 = \frac{2}{40 \times 1} = 0,05 \text{ mol/L}$$

2- التراكيز المولية للمحاليل الخمسة ، حسب قانون التمديد

$$C_0 V_0 = C V \rightarrow C = \frac{C_0 V_0}{V}$$

محلول الكأس (1) :

$$C_1 = \frac{C_0 V_0 1}{V} = \frac{0,05 \times 0,4}{0,5} = 0,04 \text{ mol/L} = 40 \text{ mol/m}^3$$

محلول الكأس (2) :

$$C_2 = \frac{C_0 V_0 2}{V} = \frac{0,05 \times 0,3}{0,5} = 0,03 \text{ mol/L} = 30 \text{ mol/m}^3$$

محلول الكأس (3) :

$$C_3 = \frac{C_0 V_0 3}{V} = \frac{0,05 \times 0,2}{0,5} = 0,02 \text{ mol/L} = 20 \text{ mol/m}^3$$

محلول الكأس (4) :

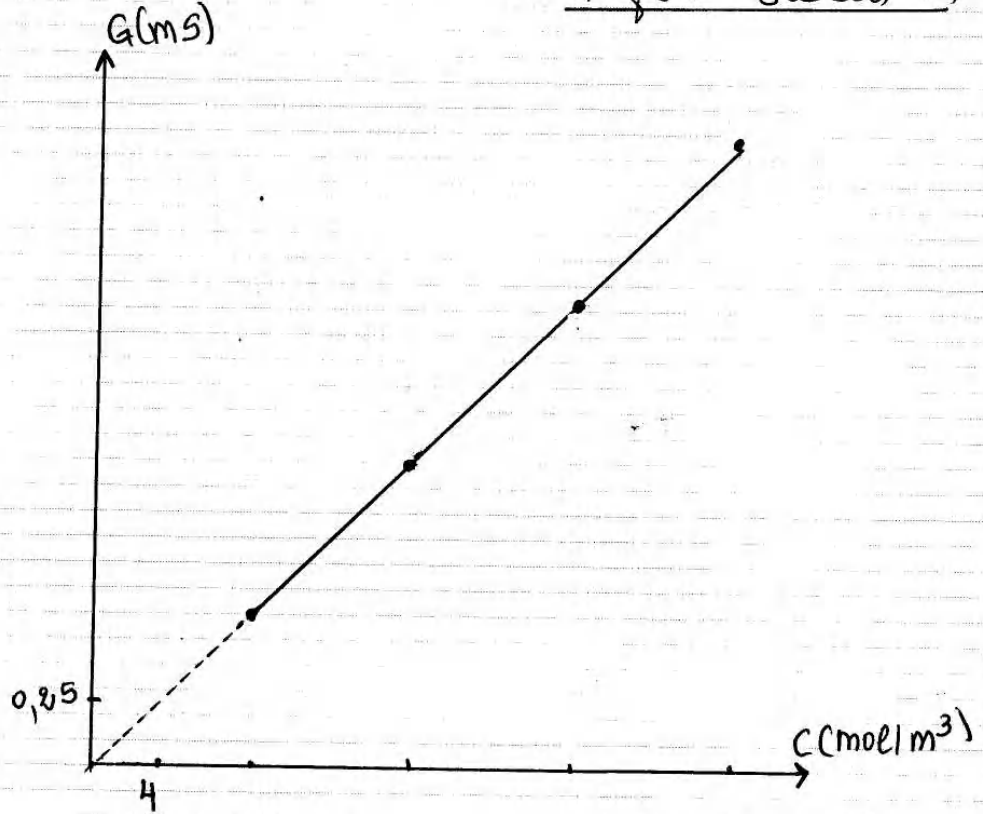
$$C_4 = \frac{C_0 V_0 4}{V} = \frac{0,05 \times 0,1}{0,5} = 0,01 \text{ mol/L} = 10 \text{ mol/m}^3$$

3- حساب الناقلية Q في كل محلول :

بتطبيق العلاقة $Q = \frac{I}{S}$ نكمل الجدول :

الكأس	(1)	(2)	(3)	(4)
$C (\text{mol/m}^3)$	40	30	20	10
$G (\text{mS})$	2,44	1,80	1,18	0,58

4- المنحنى $G = f(c)$



5- قيمة λ :
بيانياً : المنحنى $G = f(c)$ عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ
معادلته من الشكل :

$$G = \alpha c \quad (1)$$

حيث α هو الميل (معامل التوجيه)

$$G = K \delta$$

- نظرياً :

وحيث أن $\delta = \lambda c$ يصبح

$$G = K \lambda c \quad (2)$$

بالمطابقة بين العلاقة النظرية (2) بالعلاقة البيانية (1) :

$$K \lambda = \alpha \rightarrow \lambda = \frac{\alpha}{K}$$

$$\alpha = \frac{0,44 \cdot 10^3}{40} = 6,1 \cdot 10^5$$

من البيان :

$$\lambda = \frac{6,1 \cdot 10^5}{1,25 \cdot 10^2} \approx 4,9 \cdot 10^3 \text{ S.m}^2/\text{mol}$$

إذن :

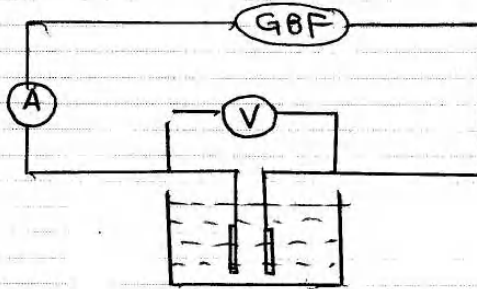
قيمة C :
بإسقاط القيمة $G = 1,5 \text{ mS}$ في مخطط المعايرة لخلية قياس الناقلية السابق نجد : $C = 25 \text{ mol/m}^3$

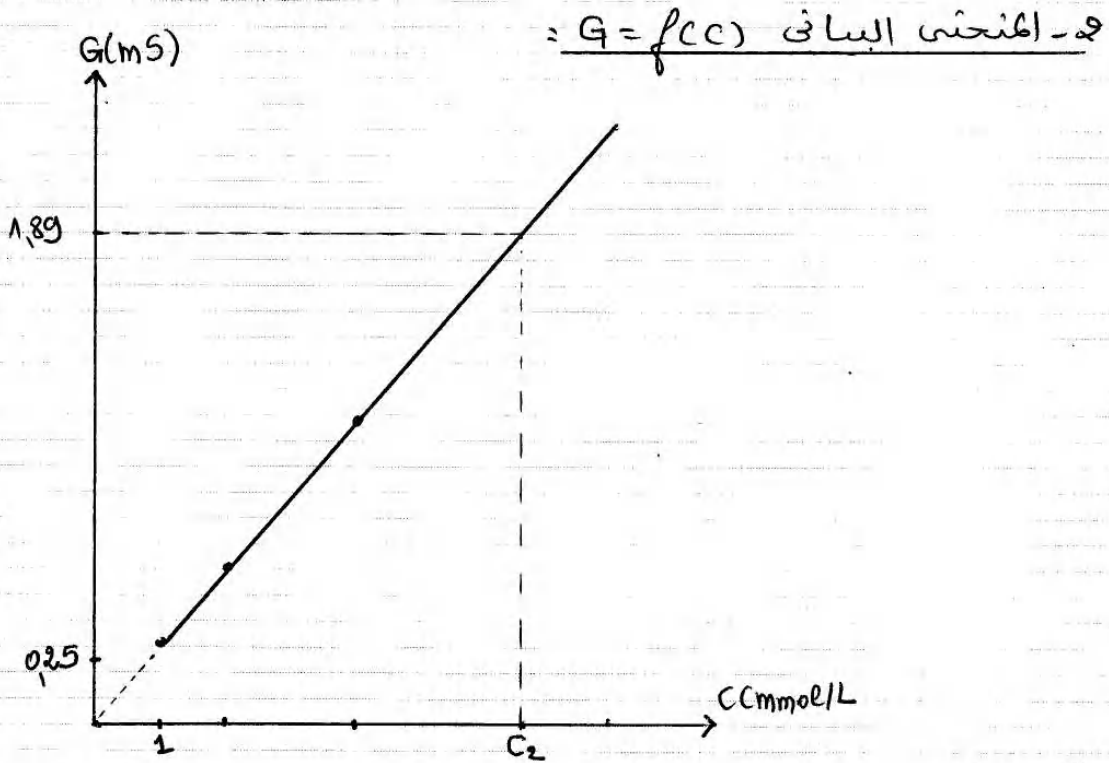
التمرين (9) : (التمرين : 022 في بنك التمارين على الموقع) (*)

- نقص البوتاسيوم هو فقر الجسم لهذا العنصر .
- لمعالجة هذا النقص و تعويضه نستعمل محلول كلور البوتاسيوم الذي يحقن في الجسم عن طريق الحقن الوريدي .
- يباع محلول كلور البوتاسيوم عند الصيدليات في صورة زجاجة سعتها 20 mL مكتوب على بطاقتها 2g و تعني كتلة كلور البوتاسيوم KCl المنحلة في محلول الزجاجة .
- I- من أجل التأكد من هذه الكتلة m لدينا محلول تجاري من 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 قياس قيمة التوتر بين طرفي الخلية و شدة التيار المار في الدارة بحساب قيمة الناقلية G الموافقة لكل محلول كما هو مبين في الجدول المقابل :

C (mmol/L)	1	2	4	6	8
G (mS)	0,28	0,56	1,16	1,71	2,28

- 1- أرسم مخطط تركيب الدارة المستعملة في هذه التجربة .
 - 2- أرسم المنحنى البياني $G = f(C)$ ، باستعمال سلم الرسم : $1 \text{ cm} \rightarrow 1 \text{ mmol/L}$ ، $1 \text{ cm} \rightarrow 0,25 \text{ mS}$ ، ماذا تستنتج ؟
 - 3- ماذا يمثل المنحنى السابق ؟
 - 4- نقيس باستعمال نفس التركيب السابق و عند نفس درجة الحرارة ناقلية محلول الزجاجة ، فنحصل على $G_1 = 293 \text{ mS}$ أ- هل يمكن تعيين مباشرة تركيز محلول كلور البوتاسيوم KCl للزجاجة المحقونة بواسطة المنحنى السابق ؟ برر إجابتك .
 - ب- أقترح طريقة يمكنك من قياس هذا التركيز .
 - 5- يمدد محتوى الزجاجة بـ 200 مرة ثم نقيس ناقلية باستعمال نفس الخلية السابقة فنجد $G_2 = 1,95 \text{ mS}$.
 - أ- استنتج قيمة التركيز C_2 للمحلول الممدد ثم التركيز C_1 لمحلول الزجاجة .
 - ب- أحسب الكتلة m ثم قارنها بالكتلة المعطاة ؟
- المعطيات : $M(K) = 39 \text{ g/mol}$ ، $M(Cl) = 35.5 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :**1- مخطط تركيب الدارة :**



الاستنتاج :

المنحنى $G = f(C)$ عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل $G = \theta C$ ، نستنتج أن ناقلية محلول متنازدي تتناسب طردياً مع تركيزه العوي .

3- يمثل المنحنى السابق منحنى المعايرة لخلية قياس الناقلية .

4- 4- إمكانية تعيين تركيز محلول كلور البوتاسيوم للزجاجة المحقونة مباشرة :

نلاحظ أن القيمة $G_1 = 293 \text{ mS}$ خارج مجال المعايرة وبالتالي لا يمكن تعيين تركيز محلول كلور البوتاسيوم للزجاجة المحقونة مباشرة بالاعتماد على مخطط المعايرة لخلية قياس الناقلية .
ب- الطريقة المقترحة :

تتمثل الطريقة المقترحة في تمديد محلول كلور البوتاسيوم للزجاجة المحقونة θ مرة (θ معامل التمديد) ، نقيس ناقلية المحلول الممدد ثم نعين تركيزه العوي بالاعتماد على مخطط المعايرة ، واتجيراً نستنتج تركيز المحلول الاصلي (كلور البوتاسيوم للزجاجة المحقونة) من خلال معامل التمديد .

5- أ- التركيز المولي للمحلول الممدد C_2 :

لدينا $G_2 = 1,89 \text{ S}$ بالإسقاط في منحنى المعايرة نجد :

$$C_2 = 6,6 \cdot 1 = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

التركيز المولي C_1 :

بما أن محلول الزجاجة ذو التركيز المولي C_1 مدد 200 مرة للحصول على المحلول الممدد ذو التركيز المولي C_2 يكون :

$$C_2 = \frac{C_1}{200} \rightarrow C_1 = 200 C_2$$

$$C_1 = 200 \cdot 6,7 \cdot 10^{-3} = 1,34 \text{ mol/L}$$

5- ب- قيمة m :

$$C = \frac{n}{V} = \frac{M}{V} = \frac{m}{M.V} \rightarrow m = C.M.V$$

$$M(\text{KCl}) = 39 + 35,5 = 74,5 \text{ g/mol}$$

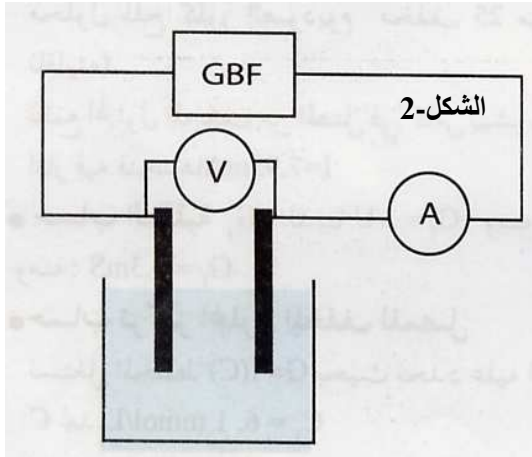
$$m = 1,34 \cdot 74,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \approx 2 \text{ g}$$

المقارنة :

نلاحظ أن النتيجة المتحصل عليها مطابقة لما هو مكتوب على القارورة .

التمرين (10) : (التمرين : 023 في بنك التمارين على الموقع) (*)

علبة مصل فيزيولوجي ذات سعة 1L كتب على بطاقة معلوماتها (9 g/L) و هي تمثل التركيز الكتلي للمصل الفيزيولوجي ، نريد التحقق من هذه الكتابة و بالتالي التأكد من مدى احترام الصانع لمعايير الجودة ، لذلك نحقق التركيب المبين في (الشكل-2) باستعمال قائمة الأدوات التالية : خلية قياس الناقلية ، مقياس أمبير ، مقياس فولط ، أسلاك توصيل ، المصل الفيزيولوجي (كلور الصوديوم) ، مولد GBF توتره $U = 1.5 \text{ V}$.



نعاير أولا خلية قياس الناقلية ، لذلك نحضر محلول كلور الصوديوم تركيزه المولي $C_0 = 10^{-2} \text{ mol/L}$ و حجمه $V_0 = 1\text{L}$ (المحلول الأم) و انطلاقا من هذا المحلول نحضر محاليل ذات تراكيز مختلفة ، نقيس شدة التيار المنتجة و التوتر المنتج بواسطة مقياسي الأمبير و الفولط ثم ندون النتائج في نفس الجدول التالي :

رقم المحلول	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C(mmol/L)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
U (V)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
I (mA)	1.31	2.63	3.92	5.25	6.54	7.85	9.16	10.5	11.8	13.1
G (mS)										

1- أكمل الجدول .

2- أرسم المنحنى البياني $G = f(C)$ (مخطط المعايرة لخلية قياس الناقلية) .

3- نأخذ 20 mL من المصل الفيزيولوجي (محلول كلور الصوديوم) و نمده 25 مرة من خلال إفراغ الحجم المأخوذ في حوالة عيارية 500 mL مغسولة بالماء المقطر و ناشفة ثم نضيف إليه الماء المقطر إلى غاية بلوغ الخط العياري ، نضع المحلول المخفف من المصل في كأس بيشر و ندخل فيه خلية قياس الناقلية التي قمنا بمعايرتها ثم

نقيس شدة التيار المنتج من خلال مقياس الأمبير فنجد $I = 8.0 \text{ mA}$

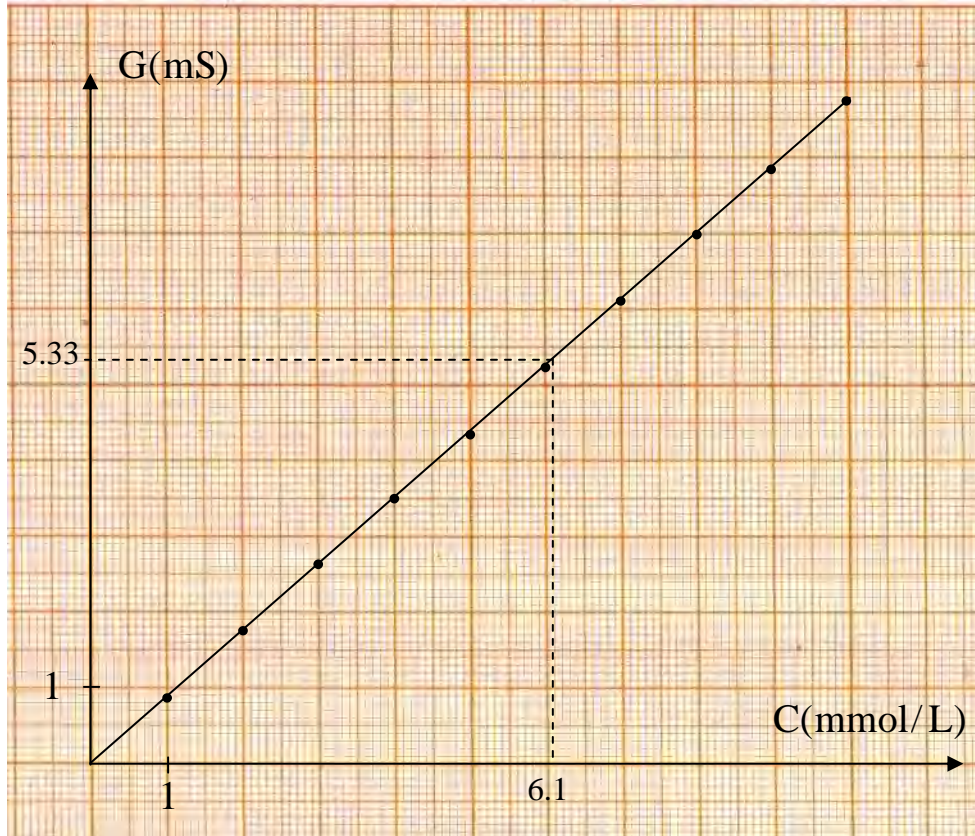
أ- أحسب ناقلية محلول المصل .

ب- اعتمادا على مخطط المعايرة لخلية قياس الناقلية عين التركيز المولي C لمحلول المصل المخفف ثم استنتج التركيز المولي C_0 وكذا التركيز الكتلي C_{0m} للمحلول الأصلي (المصل الفيزيولوجي) .
ج- قارن قيمة التركيز الكتلي المتحصل عليه مع تلك المكتوبة على العلبة . هل الصانع يحترم معايير الجودة إذا علمت أن الخطأ المسموح به في قياس الكتلة هو $\pm 5\%$.
يعطى : $M(Cl) = 35,5 \text{ g/mol}$ ، $M(Na) = 23 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :

1- إكمال الجدول :

رقم المحلول	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C(mmol/L)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
U (V)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
I (mA)	1.31	2.63	3.92	5.25	6.54	7.85	9.16	10.5	11.8	13.1
G (mS)	0.87	1.75	2.61	3.50	4.36	5.23	6.11	7.00	7.87	8.73

2- أرسم البياني $G = f(C)$ (مخطط المعايرة لخلية قياس الناقلية) .

3- أ- ناقلية محلول المصل :

$$G = \frac{I}{U} \rightarrow G = \frac{8.0 \cdot 10^{-3}}{1.5} = 5.33 \cdot 10^{-3} \text{ S} = 5.33 \text{ mS}$$

ب- التركيز المولي C لمحلول المصل المخفف :

- بالإسقاط القيمة $G = 5.33 \text{ S}$ نجد : $C = 6.1 \text{ mmol/L}$.التركيز المولي C_0 للمحلول الأصلي :

- بما أن محلول المصل مدد 25 مرة يكون :

$$C = \frac{C_0}{25} \rightarrow C_0 = 25 C \rightarrow C_0 = 25 \cdot 6.1 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 0.152 \text{ mol/L}$$

التركيز الكتلي C_{m0} للمحلول الأصلي :

$$C_{0m} = MC$$

$$\bullet M(\text{NaCl}) = 23 + 35.5 = 58.5 \text{ g/mol}$$

$$\bullet C_{0m} = 58.5 \cdot 0.152 = 8.89 \text{ g/L}$$

د- المقارنة بين قيمة التركيز الكتلي المتحصل عليها مع تلك المكتوبة على العلبة و إمكانية احترام معايير الجودة :
- في علبة المصل نجد أن التركيز الكتلي يساوي (9g/L) و بما أن الخطأ المسموح به هو $\pm 5\%$ و يعني أن قيمة

$$\text{التركيز الكتلي المسموح بها محصورة بين : } (9 + \frac{9 \times 5}{100} = 9.45 \text{ g/L}) \text{ و } (9 - \frac{9 \times 5}{100} = 8.55 \text{ g/L})$$

أي : $8,55 < C_{m0} < 9,45$ ، نلاحظ أن القيمة المتحصل عليها $C_{0m} = 8.89 \text{ g}$ تنتمي إلى هذا المجال ، إذن الصانع احترام مقاييس الجودة .

التمرين (11) : (التمرين : 006 في بنك التمارين على الموقع) (*)

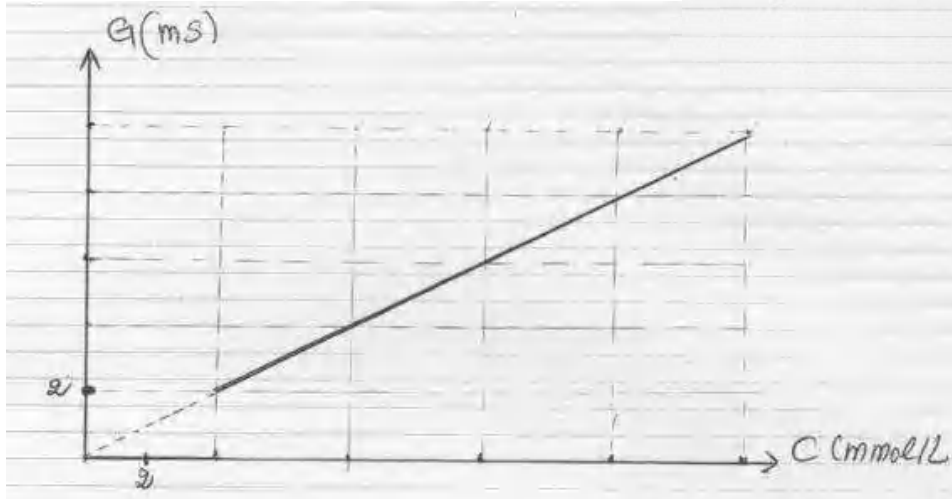
نقص الكالسيوم في الدم هو انخفاض نسبة الكالسيوم فيه و يعالج في الحالات المستعجلة بالحقن الوريدي لمحلول كلور الكالسيوم .



تحتوي حقنة زجاجية على 10mL من هذا المحلول ، تركيزه المولي C_0 و يحتوي كتلة منحلة قدرها 2.191 g من كلور الكالسيوم ذو الصيغة الجزيئية $(\text{CaCl}_2, x\text{H}_2\text{O})$ ، نريد إيجاد العدد x عن طريق قياس الناقلية ، لذلك نعاير خلية قياس الناقلية و نقيس ناقلية محاليل قياسية معلومة التركيز عند درجة حرارة ثابتة ثم نسجل النتائج في الجدول التالي :

C(mmol/L)	4	8	12	16	20
G(mS)	2	4	6	8	10

- 1- ارسم البيان $G = f(C)$.
 - 2- نأخذ عينة من الحقنة و نمددها (نخففها) 100 مرة ، نقيس ناقلية هذه العينة فنجد : $G = 5 \text{ mS}$. أوجد التركيز المولي C للمحلول المخفف ثم التركيز المولي C_0 لمحلول الحقنة .
 - 3- استنتج العدد x .
- يعطى : $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{Cl}) = 35.5 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{Ca}) = 40.1 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :1- البيان $G = f(C)$:

2- تركيز المحلول المخفف :

لدينا $G = 5 \text{ ms}$ ، بالإسقاط في المنحنى $G = f(C)$ مع الأخذ بعين الاعتبار سلم الرسم نجد :

$$C = 10 \text{ mmol/L} = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

- تركيز المحلول الأصلي :

المحلول الممدد ذو التركيز المولي C الذي قمنا بقياس ناقليته تحصلنا عليه بتمديد عينة من محلول الحقنة ذو التركيز المولي C ، 100 مرة ، لذا يكون :

$$C = \frac{C_0}{100} \rightarrow C_0 = 100 C \rightarrow C_0 = 100 \cdot 10^{-2} = 1 \text{ mol/L}$$

3- قيمة x :

- من جهة :

$$C_0 = \frac{n_0}{V} = \frac{m}{M \cdot V} \rightarrow M = \frac{m}{C_0 \cdot V}$$

$$M = \frac{2,191}{1.0,1} = 219,1 \text{ g/mol}$$

و هي الكتلة المولية لكلور الكالسيوم النوع الكيميائي المنحل في محتوى الحقنة .

- من جهة أخرى :

$$M(\text{CaCl}_2 + x\text{H}_2\text{O}) = M(\text{Ca}) + 2M(\text{Cl}_2) + x M(\text{H}_2\text{O})$$

$$M(\text{CaCl}_2 + x\text{H}_2\text{O}) = 40.1 + (2 \cdot 35.5) + x ((2 \cdot 1) + 16)$$

$$M(\text{CaCl}_2 + x\text{H}_2\text{O}) = 111.1 + 18x$$

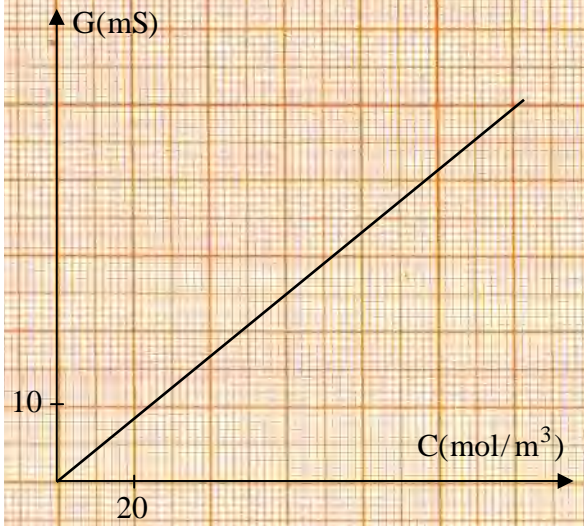
إذن :

$$111.1 + 18x = 219.1 \rightarrow x = \frac{219.1 - 111.1}{18} \rightarrow x = 6$$

التمرين (12) : (التمرين : 028 في بنك التمارين على الموقع) (*)



1- توجد في مخبر الثانوية قارورة لمحلول كلور الهيدروجين ($H_3O^+ + Cl^-$) المركز (S_0) تركيزه المولي C_0 ، كتب على بطاقة هذه القارورة ما يلي :
 - الكتلة المولية : $M = 36.5 \text{ g/mol}$ ، الكثافة : $d = 1.19$.
 - النسبة المئوية الكتلية : $P = 35\%$.
 من أجل التحقق من النسبة الكتلة المئوية ، نقوم بما يلي :
 ■ المرحلة الأولى : نمدد عينة من المحلول (S_0) 100 مرة فنحصل على محلول (S) تركيزه المولي C .



■ المرحلة الثانية : نقوم بتحضير عدة محاليل لكلور الهيدروجين عند درجة الحرارة $25^\circ C$ بتراكيز معلومة و مختلفة ثم نقيس باستعمال نفس خلية قياس الناقلية و التي تتميز بـ $K = 1 \text{ cm}$ و بتجهيز مرفق الناقلية G لكل المحاليل ، تمت معالجة النتائج المحصل عليها بواسطة برمجية خاصة ، فأعطت منحنى الشكل التالي :

■ المرحلة الثالثة : نأخذ 50 mL من المحلول (S) و نقوم بقياس ناقليته باستعمال خلية قياس الناقلية السابقة فنحصل على النتيجة $G = 49 \text{ mS}$.

أ- بالاعتماد على المنحنى جد التركيز المولي C للمحلول (S) ثم استنتج التركيز المولي C_0 للمحلول (S_0) .
 ب- استنتج الناقلية النوعية المولية λ للمذاب .
 ج- احسب قيمة النسبة المئوية الكتلية P ، ماذا تستنتج ؟

الأجوبة :

1- $P =$ التركيز المولي C :
 لدينا $G = 4 \text{ mS}$ بالاعتماد على البيان :
 $C = 57 \times 20 = 114 \text{ mol/m}^3 = 0,114 \text{ mol/L}$
 = قيمة C_0

$$C_0 = 100 C = 100 \times 0,114 = 11,4 \text{ mol/L}$$

2- قيمة λ :
 بياننا المنحنى $G = f(C)$ هو مستقيم يشمل المبدأ صافئته من الشكل :

$$G = \lambda C \quad \text{--- (1)}$$

$$G = K \delta$$

نظرياً :
 وحيث أن $\delta = \lambda C$ يكون :

$$G = K \lambda C \quad \text{--- (2)}$$

مطابقة المعادلتين (1) ، (2) :

$$K \lambda = \theta \rightarrow \lambda = \frac{\theta}{K}$$

$$\theta = \frac{2,5 \times 10 \times 10^{-3}}{3 \times 20} = 4,17 \cdot 10^{-4}$$

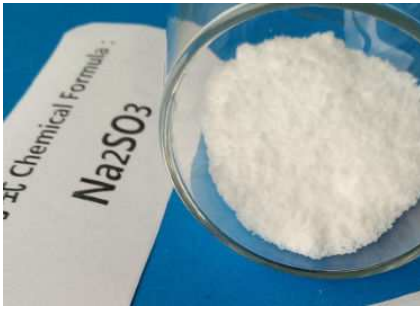
من البيان :

$$\lambda = \frac{4,17 \cdot 10^{-4}}{10^{-2}} = 4,17 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^2/\text{mol}$$

$$\rho = \frac{MG_0}{\lambda_0 d} = \frac{36,5 \times 11,4}{10 \times 1,19} \approx 35\%$$

الإستنتاج :
قيمة ρ التي حصل عليها مساوية تقريباً لقيمة ρ المسجلة على البطاقة .

التمرين (13) : (التمرين : 039 في بنك التمارين على الموقع) (*)



كبريتات الصوديوم هو مركب كيميائي له الصيغة Na_2SO_4 ، وهو الملح الصوديومي لحمض الكبريت . يمكن أن يتواجد بشكل لامائي ويدعى الشكل الخام منه أثناء إنتاجه بكعكة الملح ، يتم الحصول على هذا الملح تقريباً بشكل متساوي إما من مصادر طبيعية أو من مصادر صناعية من المنتجات الثانوية لصناعة الرايون، الليثيوم، حمض كلور الماء ومركبات الكروم.

1- يمثل البيان المقابل تغيرات الناقلية الكهربائية بدلالة التركيز المولي لمجموعة من المحاليل القياسية لكبريتات الصوديوم $(2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-})$.

أ- ماذا يمثل هذا البيان ؟

ب- أرسم مخطط للدائرة التي تمكن من رسم هذا البيان .

ج- أكتب العبارة الحرفية لناقلية المحلول بدلالة الناقليتين الموليتين الشارديتين $\lambda(\text{Na}^+)$ ، $\lambda(\text{SO}_4^{2-})$ و ثابت الخلية K و التركيز المولي C .

د- اعتماداً على البيان جد ثابت الخلية K .

2- وجدنا في مخبر الثانوية علبة مكتوب عليها كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) درجة نقاوتها مجهولة ، و من أجل تعيينها نأخذ 2 g من العلبة و نذيبها في 200 mL من الماء النقي لنحصل على المحلول (S_0) . نأخذ 10 mL من المحلول (S_0) و نمددها 10 مرات لنحصل على محلول (S) و نقيس ناقليته فنجد $G = 10 \text{ mS}$.

أ- اكتب معادلة انحلال كبريتات الصوديوم في الماء .
ب- عين اعتماداً على البيان التركيز المولي C للمحلول (S) ثم استنتج التركيز المولي C_0 .

ج- جد درجة نقاوة كبريتات الصوديوم التي وجدت في المخبر .

3- نحضر محلولاً (S) عند درجة الحرارة 25°C بمزج محلولين :

▪ محلول كبريتات الصوديوم $(2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-})$ حجمه $V_1 = 50 \text{ mL}$ و تركيزه المولي $C_1 = 10^{-3} \text{ mol/L}$.

▪ محلول كلور الصوديوم $(\text{Na}^+ + \text{Cl}^-)$ حجمه $V_2 = 100 \text{ mL}$ و تركيزه المولي $C_2 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$.

أ- أحسب تركيز كل شاردة في المزيج المحصل عليه بـ mol/m^3 .

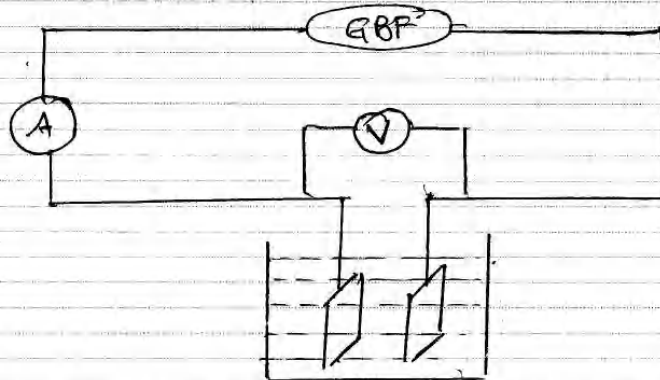
ب- استنتج الناقلية النوعية σ للمزيج .

يعطى : $\lambda(\text{Na}^+) = 5,01 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$ ، $\lambda(\text{SO}_4^{2-}) = 16 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$ ، $\lambda(\text{Cl}^-) = 7,63 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$ ،

الكتلة المولية لكبريتات الصوديوم : $M = 142 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :

1- 1- مثل المبيان منحى المعايير لظلية قياس الناقلية
 2- مخطط الدارة



العبارة الحرفية لناقلية محلول بدلالة $\lambda(\text{Na}^+)$ ، $\lambda(\text{SO}_4^{2-})$
 c, K

$$G = K \delta$$

$$G = K (\lambda(\text{Na}^+) [\text{Na}^+] + \lambda(\text{SO}_4^{2-}) [\text{SO}_4^{2-}])$$

$$G = K (2\lambda(\text{Na}^+) . 2c + \lambda(\text{SO}_4^{2-}) c)$$

$$G = K (2\lambda(\text{Na}^+) + \lambda(\text{SO}_4^{2-})) c$$

د- قيمة K

بيانياً: المنحنى $G(c)$ هو مستقيم معادلته من الشكل

$$G = \theta c$$

نظرياً: ومماسه:

$$G = K (2\lambda(\text{Na}^+) + \lambda(\text{SO}_4^{2-})) c$$

المطلوبة:

$$K (2\lambda(\text{Na}^+) + \lambda(\text{SO}_4^{2-})) = \theta$$

$$K = \frac{\theta}{2\lambda(\text{Na}^+) + \lambda(\text{SO}_4^{2-})}$$

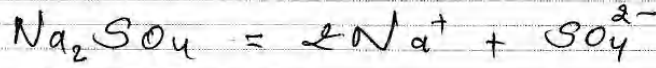
من البيانات :

$$\Theta = \frac{2 \times 10^{-3}}{4} = 2 \cdot 10^{-3}$$

اذن :

$$K = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{(2 \times 5,1 \cdot 10^3 + 16 \cdot 10^3)} = 7,69 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ = 7,69 \text{ cm.}$$

٢-٢-٢ معادلة انحلال كبريتات الصوديوم في الماء :



قيمة C :

لدينا $G = 10 \text{ ms}$ بالإسقاط في البيان نجد : $C = 5 \text{ mmol/L} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ قيمة C_0 :

$$C_0 = 10 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

ج- درجة النقاوة :

$$\rho = \frac{m}{m_0} \times 100$$

حسب أولا كتلة المادة النقية m المنحلة في المحلول (س).

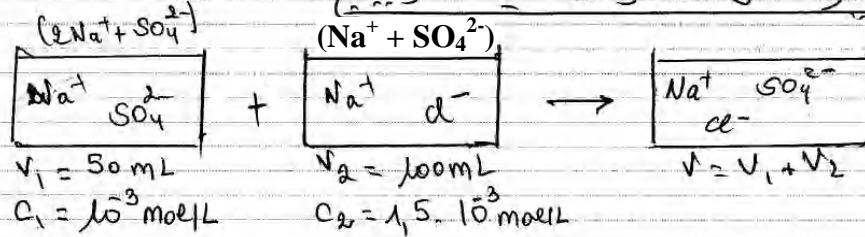
$$C_0 = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{MV} \rightarrow m = C \cdot M \cdot V$$

$$m = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 142 \cdot 0,2 = 1,42 \text{ g}$$

اذن :

$$\rho = \frac{1,42}{2} \cdot 100 = 71 \%$$

٣-٢-٣ تركيز كل نتاودة في المزيج :



$$[\text{Na}^+] = \frac{n(\text{Na}^+)}{V_1 + V_2} = \frac{n_{01}(\text{Na}^+) + n_{02}(\text{Na}^+)}{V_1 + V_2}$$

$$= \frac{2C_1V_1 + C_2V_2}{V_1 + V_2}$$

$$= \frac{(2 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^{-3}) + (1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^{-3})}{50 \cdot 10^{-3} + 100 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} = 1,67 \text{ mol/m}^3$$

$$[SO_4^{2-}] = \frac{n_0(SO_4^{2-})}{V_1 + V_2} = \frac{C_1 V_1}{V_1 + V_2}$$

لأن SO_4^{2-} لم تشارك في التفاعل .

$$[SO_4^{2-}] = \frac{10^{-3} \times 80 \times 10^{-3}}{(80 + 100) \cdot 10^{-3}} = 3,33 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} = 0,33 \text{ mol/m}^3$$

$$[Cl^-] = \frac{n_0(Cl^-)}{V_1 + V_2} = \frac{C_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \times 100 \times 10^{-3}}{80 \cdot 10^{-3} + 100 \cdot 10^{-3}}$$

$$[Cl^-] = 10^{-3} \text{ mol/L} = 1 \text{ mol/m}^3$$

ب- قيمة δ

$$\delta = \lambda(Na^+) [Na^+] + \lambda(SO_4^{2-}) [SO_4^{2-}] + \lambda(Cl^-) [Cl^-]$$

$$\delta = (5,01 \cdot 10^{-3} \cdot 1,67) + (16 \cdot 10^{-3} \times 0,33) + (7,63 \cdot 10^{-3} \times 1)$$

$$\delta = 2,13 \cdot 10^{-2} \text{ S/m} = 21,3 \text{ mS/m}$$

التمرين (14): (التمرين : 034 في بنك التمارين على الموقع) (*)

محلول الداكان Dkin مطهر يستعمل عادة لتنظيف الخارجي الجروح يباع في الصيدليات و هو عبارة عن محلول مائي يحتوي برمغنات البوتاسيوم ($K^+ + MnO_4^-$) لونه بنفسجي راجع إلى شاردة البرمغنات MnO_4^- أصل هذا اللون .

سلم الزبون للصيدلي وصفة طبية كتب عليها : محلول الداكان للتنظيف الخارجي بتركيز $C = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ لمدة أسبوع (عبوة بحجم $V = 50 \text{ ml}$) ، تفحص الصيدلي مخزونه وجد قارورة لمحلول الداكان قيمة التركيز المولي فيها غير واضح ، لمعرفة التركيز المولي المجهول أخذ عبوة من مسحوق برمغنات البوتاسيوم كتب عليها : $M = 158.04 \text{ g/mol}$ ، $P = 91\%$ و حضر منها محلول تركيزه المولي $C = 20 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ و حجمه $V = 100 \text{ mL}$ و قام بقياس ناقليته G ، ثم أضاف للمحلول السابق حجما من الماء المقطر و قاس الناقلية من جديد . كرر التجربة عدة مرات فتحصل على الجدول التالي :

C (mol/m ³)	20	18	16	14	12	10	8	6	4
I (mA)	155	140	123	107	95	81	63	48	35
U(V)	11	11.1	11.2	11.2	11.3	11.4	11.5	11.8	12
G(mS)									

- 1- أحسب كتلة مسحوق برمغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ المستعملة في تحضير المحلول .
- 2- ما هو حجم الماء المقطر المضاف عند التخفيف الأول .
- 3- أرسم التركيب التجريبي المستعمل لقياس الناقلية .
- 4- أكمل الجدول و ارسم المنحنى البياني $G = f(C)$.
- 5- أكتب عبارة الناقلية G بدلالة التركيز المولي C للمحلول و الناقلات النوعية المولية الشاردية للشوارد الموجودة في المحلول .
- 6- استنتج من البيان ثابت الخلية K .

- 7- أخذ الصيدلي حجما $V = 10 \text{ mL}$ من القارورة و مدده 100 مرة ثم قام بالقياسات فتحصل على : $I = 55 \text{ mA}$ ، $U = 11.7 \text{ V}$. ما هو تركيز المحلول في القارورة .
- 8- هل المحلول في القارورة مناسب لهذا المريض ؟ إذا كان الجواب بلا فاذكر البروتوكول التجريبي الذي يسمح بالحصول على طلب الزبون .
يعطى :

$$\lambda(\text{K}^+) = 7.35 \text{ mS.m}^2/\text{mol} \quad , \quad \lambda(\text{MnO}_4^-) = 6.103 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$$

الأجوبة :

1- كتلة مسحوق برمنغنات البوتاسيوم المستعملة في تحضير المحلول :

- نحسب أولا كتلة برمنغنات البوتاسيوم النقية المنحلة في المحلول :

$$C = \frac{n(\text{KMnO}_4)}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{MV} \rightarrow m = C \cdot MV$$

$$m = 20 \cdot 10^{-3} \times 158,04 \times 0,2 = 0,32 \text{ g}$$

- نحسب الآن m_0 كتلة مسحوق برمنغنات البوتاسيوم المستعمل في تحضير المحلول بالاعتماد على نسبة النقاوة p :

$$p = \frac{m}{m_0} \rightarrow m_0 = \frac{m \times 100}{p}$$

$$m_0 = \frac{0,32 \times 100}{91} = 0,35 \text{ g}$$

ملاحظة : يمكن تطبيق العلاقة التالية مباشرة

$$p = \frac{100m}{m_0} \rightarrow m_0 = \frac{100CmV}{p}$$

2- حجم الماء المقطر المضاف عند التخفيف الأول :

$$\begin{cases} C = 20 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \\ V = 100 \text{ mL} \end{cases}$$

- قبل التخفيف لدينا :

- بعد التخفيف الأول لدينا :

$$\begin{cases} C_1 = 18 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \\ V_1 = ? \end{cases} \quad (\text{من الجدول})$$

موجب قانون التمدد :

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

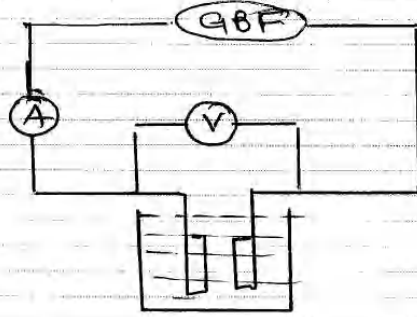
$$C_1 V_1 = C_2 (V_1 + V_0)$$

حيث V_0 هو حجم الماء المقطر المضاف ومنه ؟

$$V + V_0 = \frac{CV}{C_1} \rightarrow V_0 = \frac{CV}{C_1} - V$$

$$V_0 = \frac{20 \cdot 10^3 \times 100 \cdot 10^3}{18 \cdot 10^3} - 100 \cdot 10^3 = 1,11 \cdot 10^3 L = 11,1 mL$$

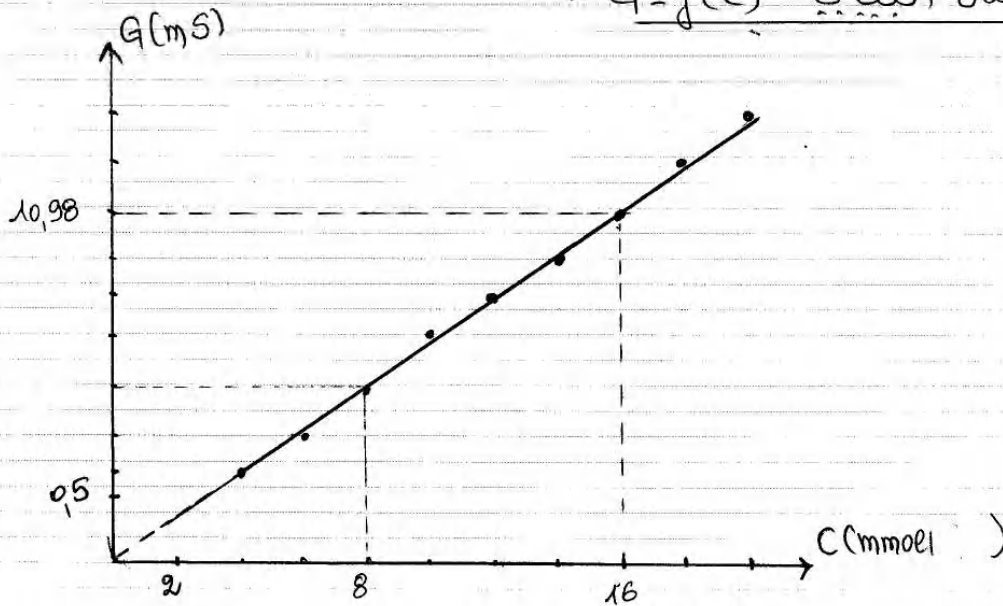
3- التركيب التحريبي:



4- إكمال الجدول: لدينا $G = \frac{I}{U}$ ومنه تكمل الجدول:

C (mmol/l)	20	18	16	14	12	10	8	6	4
I (mA)	155	140	123	107	95	81	63	48	35
U (V)	11	11,1	11,2	11,2	11,3	11,4	11,5	11,8	12
G (mS)	14,09	12,61	10,98	9,55	8,40	7,11	5,48	4,07	2,92

المنحنى البياني $G = f(C)$



3- عبارة G بدلالة c و $\lambda(K^+)$ و $\lambda(MnO_4^-)$:

$$\sigma = \lambda(K^+) [K^+] + \lambda(MnO_4^-) [MnO_4^-]$$

في محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ يكون :

$$[K^+] = c \quad \text{و} \quad [MnO_4^-] = c$$

ومنهُ يصبح :

$$\sigma = \lambda(K^+) c + \lambda(MnO_4^-) c$$

$$\sigma = (\lambda(K^+) + \lambda(MnO_4^-)) c$$

لدينا : $G = K \sigma$ ومنهُ يصبح :

$$G = (\lambda(K^+) + \lambda(MnO_4^-)) K c$$

6- نابت الخلية K من البيان :
بيانياً المنحنى $G = f(c)$ عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ
معادلته من الشكل :

$$G = \theta c \quad \text{--- (1)}$$

ونظراً وبالإعتماد على ما سبق :

$$G = (\lambda(K^+) + \lambda(MnO_4^-)) K c$$

بالمطابقة :

$$(\lambda(K^+) + \lambda(MnO_4^-)) K = \theta \rightarrow K = \frac{\theta}{\lambda(K^+) + \lambda(MnO_4^-)}$$

من البيان :

$$\theta = \frac{10,98 \cdot 10^{-3}}{16} = 6,9 \cdot 10^{-4}$$

اذن :

$$K = \frac{6,9 \cdot 10^{-4}}{7,35 \cdot 10^{-3} + 6,103 \cdot 10^{-3}} = 5,10 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 5,1 \text{ cm}$$

7- تركيز المحلول في القارورة :

- نحسب أولاً ناقلية المحلول الممدد :

$$G = \frac{I}{u} = \frac{55 \cdot 10^3}{10} = 5,5 \cdot 10^3 \text{ S}$$

بالاستعانة في البيان ، يأخذ رسم الرسم بعين الاعتبار نجد :

$$c = 8 \text{ mol/m}^3 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

وكون أن محلول القارورة ذو التركيز c مدد 100 مرة من أجل الحصول على المحلول ذو التركيز C يكون

$$C = \frac{c_0}{100} \rightarrow c_0 = 100C = 100 \times 8 \cdot 10^{-3} \rightarrow c_0 = 0,8 \text{ mol/L}$$

٣- المحلول مناسب للمريض أم لا ؟
 نلاحظ أن $C_0 \neq 5.10^{-2} \text{ mol/L}$ ، إذن المحلول الذي في القارورة
 عند الصيدلي لا يناسب المريض ،
 البروتوكول التجريبي الذي يسمح بالحصول على طلب الزنون ،
 فحسب أولا الحجم اللازم أخذه من القارورة ذات التركيز
 المولي $C_0 = 0.8 \text{ mol/L}$ من أجل الحصول على المحلول المطلوب من
 الزنون ذو التركيز المولي $C = 5.10^{-2} \text{ mol/L}$
 حسب قانون التمديد :

$$C_0 V_0 = C V \rightarrow C_0 = \frac{C V}{V_0}$$

$$V_0 = \frac{5.10^{-2} \times 50 \times 10^{-3}}{0.8} = 3.125.10^{-3} \text{ L} \approx 3.13 \text{ mL}$$

- بواسطة ماصة مدرجة مزودة بإهامة تأخذ الحجم
 $V_0 = 3.13 \text{ mL}$ وتضعه في حوالة جيارية 50 mL ، يضاف إليها
 كمية قليلة من الماء ثم يرج المزيج حتى يتجانس ، بعد
 ذلك تكمل الحجم (50 mL) بالماء المقطر حتى يبلوغ الخط
 العياري .
 - يوضح المحلول المتحصل عليه في عبوة 50 mL ويقدم
 للزبون .

**** الأستاذ : فرقاني فارس ****
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذا الملف و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ :

www.sites.google.com/site/faresfergani