المواصلة والموصلية

I ـ مواصلة محلول أيوني

1 ـ انتقال الأيونات في المحاليل الأيونية

النشاط التجريبي 1

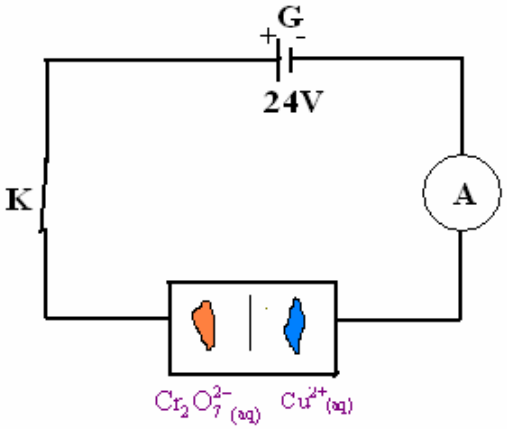
مناولة : نأخذ صفيحة زجاجية ونضع عليها ورقة الرشيح مبللة بمحلول كلورور البوتاسيوم $\left(K^+ + C\ell^-\right)$ تركيزه $1mol/\ell$.

نضع على طرفي الصفيحة إلكترودين من الغرافيت مرتبطي بمولد توتره 24V مستمر .

نضع في وسط الصفيحة بلورات ثنائي كرومات البوتاسيوم وبلورات كبريتات النحاس II .

بعد غلق قاطع التيار ، يشير الأمبيرمتر إلى مرور تيار كهربائي .

نلاحظ بعد دقائق ظهور بقعتين إحداهما لونها أزرق والأخرى لونها برتقالي .



استثمار

1 ـ ما لون ثنائي كرومات $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}$ ؟ لونها أصفر – برتقالي .

2 ـ ما لون أيونات النحاس II $Cu^{2+}(aq)$ ؟ لونها أزرق .

3 ـ كيف يفسر ظهور البقعتين الملونتين ؟

عند مرور التيار الكهربائي في المحلول الأيوني يكون هناك انتقال الأيونات المتواجدة فيه . فتنتقل الكاتيونات $Cu^{2+}{}_{(aq)}$ نحو الكاثود أي الإلكترود المرتبط بالقطب السالب للمولد والأنيونات $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}$ نحو الأنود الإلكترود المرتبط بالقطب الموجب .

خلاصة :

مرور التيار الكهربائي في المحاليل الأيونية هو نتيجة انتقال الأيونات المتواجدة في المحلول ، حيث تنتقل الكاتيونات في المنحى الاصطلاحي للتيار وتنتقل الأنيونات في المنحى المعاكس .

2 ـ مقاومة ومواصلة محلول أيوني .

تذكير : مرور التيار في الموصلات الأومية تخضع لقانون أوم :

$$U = R.I$$

R مقاومة الموصل الأومي

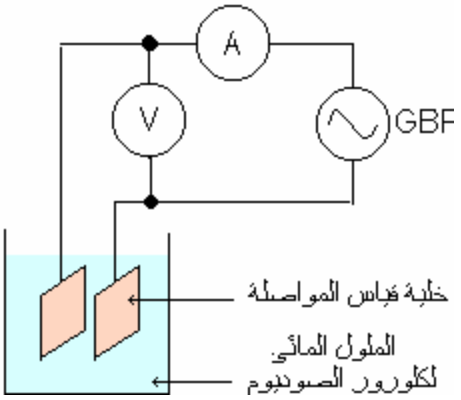
هل يتحقق قانون أوم كذلك بالنسبة للمحاليل المائية الأيونية ؟

النشاط التجريبي 2

نغمس صفيحتين متوازيتين لهما نفس الأبعاد في محلول كلورور الصوديوم $\left(Na^+ + C\ell^-\right)$ تركيزه $C = 10^{-2} mol/\ell$

نصل الصفيحتين بمربطي مولد للتيار المتناوب (GBF) ذي توتر يقارب 2V .

- نغير التوتر الفعال U المطبق بين الصفيحتين ونقيس في كل حالة ، بواسطة ميليأمبيرمتر ، وفولطمتر القيمتين الفعالتين I و U لشدة التيار والتوتر .



U(V)							
I(mA)							

- نمثل مبيانيا تغيرات شدة التيار I بدلالة التوتر الفعال U .

ما العلاقة بين U و I ؟

استثمار

* المنحنى المحصل عليه $I = f(U)$ دالة خطية نمر من أصل المعلم . أي أن شدة التيار I يتناسب اطرادا مع التوتر U . وبالتالي نستنتج أن قانون أوم كذلك يطبق بالنسبة للمحاليل الأيونية .

$I = G.U$ أو $U = R.I$ مع $G = \frac{1}{R}$

حيث نمثل G معامل التناسب ، مواصلة عمود المحلول المحصور بين الصفيحتين .

وحدة المواصلة في النظام العالمي للوحدات هي السيمنس رمزه (S) .

3 - تأثير الأبعاد الهندسية لخلية قياس المواصلة

النشاط التجريبي 3

نحافظ على نفس التركيب التجريبي السابق .

* نحافظ على المسافة الفاصلة بين الإلكترودين ثابتة ، ونغير المساحة S لمقطع الجزء المحصور بين الإلكترودين من المحلول . وذلك بإدخال الصفيحتين أكثر في المحلول ومرة بسحبهما قليلا من المحلول ونسجل في كل مرة قيم U و I

* نحافظ على ثبات المساحة S ونغير المسافة L التي تفصل بين الصفيحتين ، مرة أو مرتين ، نسجل في كل حالة قيم U و I .

استثمار .

1 - كيف تتغير المواصلة G مع تغير المساحة S للمقطع الرأسي لجزء المحلول المكون للخلية ؟

بالنسبة لتركيز C للمحلول ثابت والمسافة L ثابتة يلاحظ أن هناك تناسب بين المواصلة G والمساحة S .

2 - كيف تتغير المواصلة G مع تغير المسافة L الفاصلة بين الإلكترودين ؟

بالنسبة لتركيز C للمحلول ثابت والمساحة S ثابتة نلاحظ أن هناك تناسب بين المواصلة G والمسافة L الفاصلة بين الإلكترودين .

4 - تأثير طبيعة المحلول وتركيزه .

النشاط التجريبي 4

نستعمل نفس العدة التجريبية السابقة مع تحضير ثلاثة محاليل مائية لكلورور الصوديوم ذات تراكيز مختلفة :

S_1 : محلول لكلورور الصوديوم $C_1 = 10^{-2}\,mol/\ell$

S_2 : محلول مائي لكلورور الصوديوم $C_2 = 5.10^{-3}\,mol/\ell$

S_3 : محلول مائي لكلورور الصوديوم تركيزه $C_3 = 10^{-3}\,mol/\ell$.

ومحلول هيدروكسيد الصوديوم ومحلول كلورور البوتاسيوم لهما نفس التركيز $C = 10^{-2}\,mol/\ell$

* نحافظ على الأبعاد الهندسية للخلية ثابتة أي أننا نثبت الصفيحتين حتى تبقى المسافة L ثابتة ، ونغمرهما كليا في المحلول حتى تبقى المساحة كذلك ثابتة .

* نقوم بقياس مواصلات محاليل مائية لكلورور الصوديوم ذات التراكيز C_1 و C_2 و C_3 . ونسجل القيم المحصل عليها في الجدول التالي :

$C\,(mol/\ell)$	10^{-3}	2.10^{-3}	5.10^{-3}
U(V)			
I(A)			
G(S)			

* نقوم بقياس مواصلات المحاليل المائية المختلفة ذات تراكيز متساوية . ندون النتائج المحصل عليها في الجدول التالي

المحلول	$Na^+ + C\ell^-$	$K^+ + C\ell^-$	$Na^+ + OH^-$
U(V)			
I(A)			
G(S)			

1 ـ من خلال الجدول 1، كيف يؤثر تركيز المحلول على المواصلة ؟

تتزايد مواصلة المحلول بتزايد تركيزه المولي .

2 ـ ماذا تستخلص من نتائج الجدول الثاني ؟

يلاحظ أن مواصلة محلول أيوني تتعلق بطبيعته .

ملحوظة : تزداد المواصلة G مع تزايد درجة حرارة المحلول .

5 ـ منحى التدريج $G = f(C)$

النشاط التجريبي 5

نحافظ على نفس التركيب التجريبي السابق المستعمل لقياس المواصلة .

نأخذ خمس كؤوس زجاجية من فئة 600mℓ ـ ماء مقطر ـ سحاحة ـ حوجلة معيارية من فئة 500mℓ ـ محلول S لكلورور الصوديوم تركيزه $C = 10^{-1}\,mol/\ell$.

* نصب في الحوجلة حجما V من المحلول S بواسطة السحاحة ، ثم نضيف إليه الماء المقطر حتى يصل السائل إلى خط معيار الحوجلة .

* نصب محتوى الحوجلة في إحدى الكؤوس الخمس ، ثم نقوم بقياس المواصلة باستعمال التركيب المشار إليه أعلاه .

* نعيد نفس الخطوات باستعمال أحجام مختلفة V من المحلول S .

1 ـ أوجد تركيز الحمض في الحوجلة المعايرة بدلالة الحجم V للعينة المأخوذة من المحلول S .

نطبق مبدأ التخفيف :

نأخذ من المحلول S حجما V_i تركيزه $C_i = 10^{-1}\,mol/\ell$ ونضيف إليه الماء المقطر للحصول على الحجم النهائي V_f وسيكون تركز المحلول المخفف هو :

حسب علاقة التخفيف : $C_i V_i = C_f V_f \Rightarrow C_f = \frac{V_i}{V_f} C_i$

2 ـ أتمم الجدول التالي :

$V(m\ell)$	5	10	15	20	25
$C(mmol/\ell)$	1	2	3	4	5
$G(mS)$	0,35	0,70	1,05	1,40	1,75

3 ـ مثل المنحنى $G = f(C)$ باختيار سلم مناسب .

بالنسبة لمحاليل ذات تراكيز مولية ضعيفة $C < 10^{-2}\,mol/\ell$ ، تتناسب الموصلية G لجزء من محلول أيوني مع التركيز C لهذا المحلول :

$$G = a.C$$

تتعلق الثابتة a بأبعاد خلية قياس المواصلة (L,S) وبطبيعة المذاب وبدرجة الحرارة .

4 ـ لدينا محلول كلورور الصوديوم تركيزه مجهول باستعمال نفس التركيب التجريبي السابق ، نقيس مواصلته فنجد G=mS . أوجد قيمة C تركيز المحلول .

أهمية منحنى التدريج .

تكمن أهمية منحنى التدريج $G = f(C)$ في إمكانية تحديد تركيز أي محلول كلورور الصوديوم ، شريطة الحفاظ على ثبات العوامل المؤثرة التي تم تثبتها أثناء خط المنحنى .

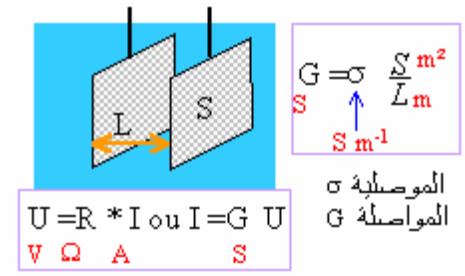
حدود استعمال منحنى التدريج .

للتمكن من استعمال منحنى التدريج $G = f(C)$ لتحديد تركيز محلول ما ، يجب توفر الشروط التالية :

ـ أن يكون المحلول مكونا من جسم مذاب واحد ، أي أن يكون به نوع واحد من الأنيونات ونوع واحد من الكاتيونات .

ـ المحافظة على ثبات كل العوامل المؤثرة الأخرى .

ـ أن تكون تراكيز المحاليل المدروسة أقل من $C = 10^{-2}\,mol/\ell$. في الواقع يكون منحنى التدريج غير خطي تماما بالنسبة لمحاليل ذات تراكيز أكبر من هذه القيمة .



6 ـ تعريف بمواصلة جزء من محلول أيوني .

يمكن أن تكتب المواصلة لجزء من محلول أيوني مقطعه S وطوله L

كالتالي : $G = \sigma.\frac{S}{L}$

يسمى المعامل σ موصلية (conductivité) المحلول ، ويعبر عنها

بالسيمنس على المتر (S/m) .

تقيس موصلية محلول أيوني بواسطة جهاز يسمى بمقياس المواصلة (la conductimétrie)

7 ـ الموصلية وتركيز المحلول

حسب التجربة السابقة توصلنا إلى : $G = a.C$

لدينا حسب تعريف الموصلية $G = \sigma.\frac{S}{L}$ أي أن :

$$\sigma.\frac{S}{L} = a.C \Rightarrow \sigma = \left(a.\frac{L}{S}\right).C$$

والمعامل $\left(a.\frac{L}{S}\right)$ ثابت بالنسبة لشروط تجريبية معينة .

II ـ الموصلية المولية للأيونات

1 ـ تعريف :

يتميز كل أيون في محلول بقدره (la taille) وشحنته وحالة تميهه (بالنسبة للمحاليل المائية) . وهذا التميز يجعله يختلف عن باقي الأنواع الأيونية الأخرى الموجودة في المحلول ، من حيث قدرته على توصيل التيار الكهربائي . ويتم التعبير عن هذه القدرة بمقدار فيزيائي يسمى : الموصلية المولية الأيونية ، التي يرمز لها ب λ ، ويعبر عنها بالوحدة $S.m^2.mol^{-1}$.

2 ـ العلاقة بين موصلية المحلول والموصليات المولية الأيونية

في محلول أيوني مائي يحتوي على n نوع من الأيونات X_i الأحادية الشحنة ، يساهم كل نوع من الأيونات في الموصلية الإجمالية للمحلول بمقدار خاص به هو : $\sigma_i = \lambda_i [X_i]$ ، حيث تكتب موصلية المحلول كالتالي :

$$\sigma = \sum_{i=1}^{n} \sigma_i = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i [X_i]$$

σ : الموصلية الإجمالية للمحلول نعبر عنها $(S.m^{-1})$

$[X_i]$ التركيز المولي للنوع الكيميائي الأيوني X_i ونعبر عنه ب mol/ℓ

λ_i الموصلية المولية الأيونية للنوع الكيميائي X_i ويعبر عنها ب $S.m^2.mol^{-1}$

الموصليات المولية الأيونية لبعض الأيونات الأحادية الشحنة في محاليل مشاهية التخفيف وعند درجة حرارة 25°C

الكاتيونات	H^+_{aq}	Na^+_{aq}	K^+_{aq}	Li^+_{aq}	Ag^+_{aq}
λ $(S.m/mol)$	$34,9.10^{-3}$	$5,0.10^{-3}$	$7,3.10^{-3}$	$3,9.10^{-3}$	$6,2.10^{-3}$

الأنيونات	OH^-_{aq}	$C\ell^-_{aq}$	I^-_{aq}	$NO^-_{3(aq)}$	$CH_3COO^-_{aq}$
λ $(S.m/mol)$	$19,8.10^{-3}$	$7,6.10^{-3}$	$7,7.10^{-3}$	$7,1.10^{-3}$	$4,1.10^{-3}$

تكرين تطبيقي :

حدد موصلية محلول مائي لكلورر الصوديوم ذي تركيز $C = 10^{-2}\,mol/\ell$ عند درجة 25°C باستعمال قيم الموصليات المولية الأيونية الموجودة في الجدول .

الحل :

لدينا :

$$\sigma = \lambda_{Na^+}\left[Na^+_{aq}\right] + \lambda_{C\ell^-}\left[C\ell^-_{aq}\right]$$

$$\left[Na^+_{aq}\right] = \left[C\ell^-_{aq}\right] = 10^{-2}\,mol/\ell = 10\,mol/m^3$$

$$\lambda_{Na^+} = 5,0.10^{-3}\,S.m^2.mol^{-1}$$

$$\lambda_{C\ell^-} = 7,6.10^{-3}\,S.m.mol^{-1}$$

$$\sigma = 126.10^{-3}\,S.m^{-1}$$