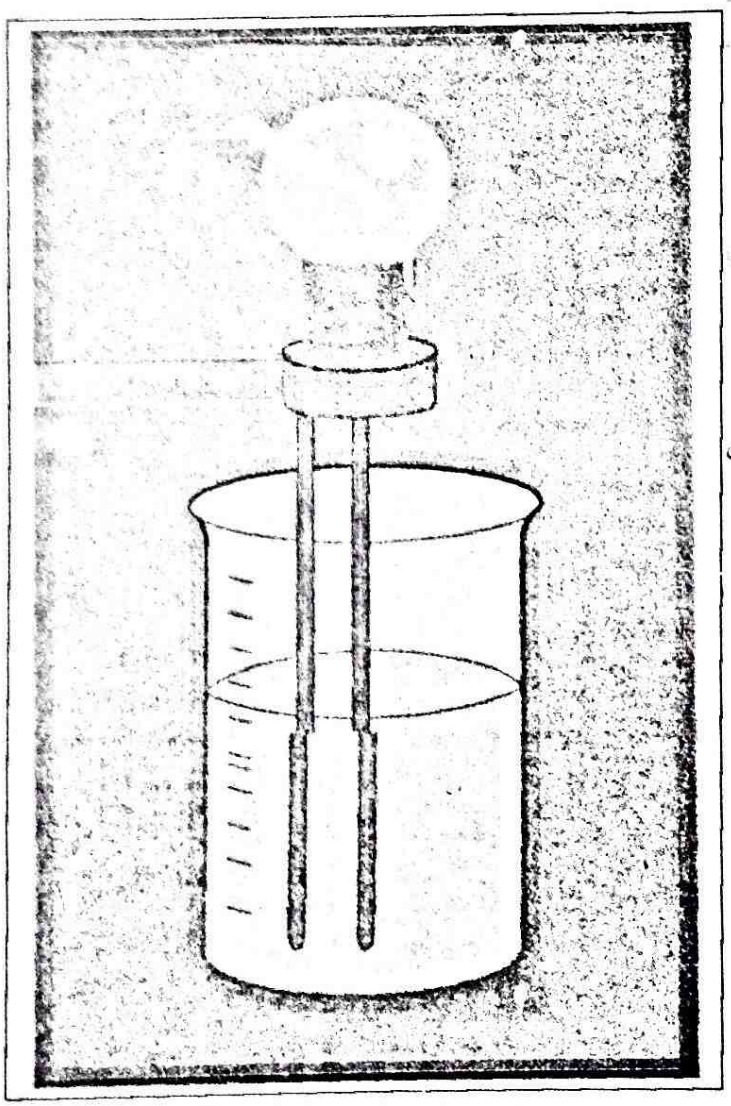
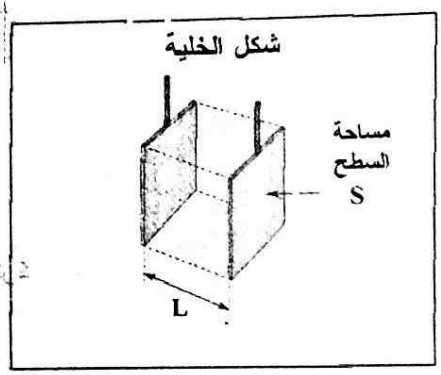
II. قيـــاس الناقليـــة

قياس النـــاقلية : طريقة جديدية لقياس كمية المادة و التركيز في المحاليل الشاردية

الكفاءات المستهدفة :

- يكون قادرا على تمييز المحاليل المائية .
- مفهوم ناقلية محلول شاردي وكيفية قياسه .
- يعرف العوامل المؤثرة على الناقلية الكهربائية .
- تعيين التركيز المولي لمحلول عن طريق قياس الناقلية .
- هل تعتبر المياه الطبيعية محاليل كيميائية ؟
- هل هي ناقلة للتيار الكهربائي ؟ لماذا ؟
- بماذا تتعلق ناقلية المحاليل المائية و ما فائدة قياسها ؟





الحياة مرتبطة بالماء ، فلا يمكن لأي كائن حي أن يعيش بدون ماء . فكثير مما بداخلنا محاليل مائية ، فالدم محلول ماني لعدة مركبات كيميائية ، الدواء الذي نتناوله هو خليط من المركبات الكيميائية وهي في كثير من الأحيان محاليل مائية . لا شك أن كثيرا منا عندما يمرض يطالبه الطبيب بتحاليل طبية تحدد فيها نسبة بعض المركبات في إلى معرفة تراكيز و كمية مادة الأنواع الكيميائية المنحلة في الماء . لهذا الغرض طورت عدة من هذه الطرق الفيزيائية منها ، الكيميائية .

الطرق الفيزيائية لتحديد كميات المادة هي التي تعتمد على قياس المقادير الفيزيائية دون تخريب المادة العينة أي دون تغيير ولا إتلاف الأنواع الكيميائية أثناء عملية القياس ، و المثال على ذلك طريقة قياس الناقلية في المحاليل الشاردية التي هي موضوع درسنا هذا .

الطرق الكيميائية لتحديد كميات المادة هي التي تعتمد على التفاعلات الكيميائية والتي تؤدي إلى تخريب العينة و احداث تغيرات في الأنواع الكيميائية أثناء عملية القياس مثل طريقة المعايرة ، التي سنتطرق لها في درس لاحق .

قيـــاس الناقليـــة

قياس الناقلية

ـ المحاليل المائية

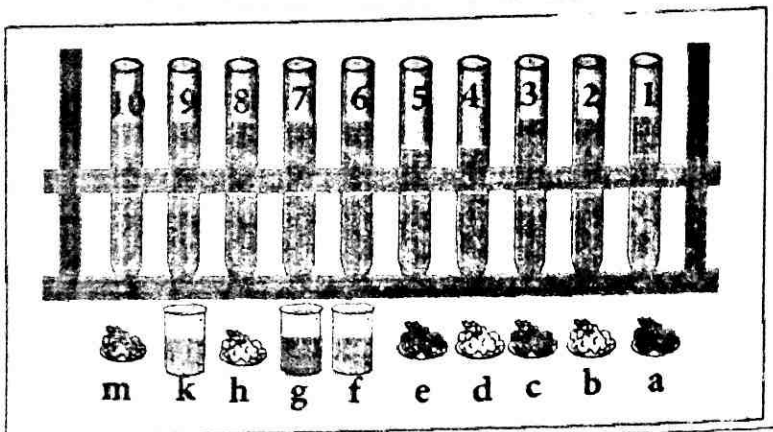
1 ـ الخلائط و المحاليل المائية

نشاط : التمييز بين الخلائط المتجانسة و اللامتجانسة .

الأدوات المستعملة : أنابيب اختبار ، مواد كيميائية ، بيشر ، زجاجات ساعة .

العملية :

ـ خذ أنابيب اختبار ورقمها من 1 إلى 10 كما في الجدول ثم املأها بالماء المقطر إلى الثلثين تقريبا .



رقم الأنبوب	المادة المضافة
1	(a) برمنغنات البوتاسيوم
2	(b) كلور الصوديوم
3	© كبريتات النحاس
4	(d) سكر
5	(e) سكر + كلور الصوديوم

رقم الأنبوب	المادة المضافة
6	(f) كحول ايثيلي
7	(g) شراب النعناع
8	(h) كبريتات الباريوم
9	(k) زيت
10	(m) رمل

- أضف لكل أنبوب المادة المقترحة في الجدول ، مع رجها قليلا ثم اتركها تهدأ .
- **ماذا تلاحظ في كل أنبوب ؟ .**

ـ نلاحظ أن المادة المضافة تذوب ولا تظهر للعين المجردة في كل الأنابيب ما عدا في الأنابيب (9) و (10) .

- **أكمل الجدول التالي بوضع علامة X في الخانة المناسب مع التعليل .**

رقم الأنبوب	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
خليط متجانس	X	X	X	X	X	X	X	X		
خليط غير متجانس									X	X

نتيجة :

الخليط مزيج من مادتين أو أكثر ، نعتبره غير متجانس إذا إذا أمكن تمييز مكوناته بالعين المجردة ، و إذا تعذر ذلك نقول أنه متجانسا و نسميه حينئذ محلولا .

2 ـ المحاليل المائية :

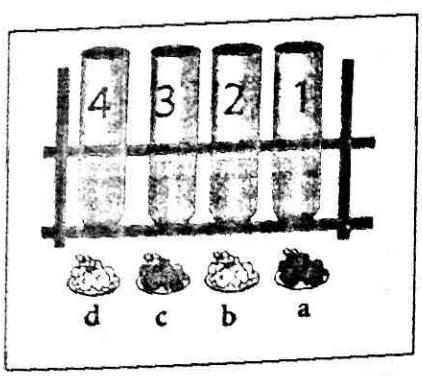
نشاط 1: مفهوم المحلول المائي .

الأدوات المستعملة :

4 أنابيب اختبار ، برمنغنات البوتاسيوم (a) ، كلور الصوديوم (b) ، كبريتات النحاس (c) ، سكر (d) ، ماء مقطر

العملية :

خذ أربعة أنابيب اختبار و رقمها من 1 إلى 4 ثم املأ الأنابيب بالماء المقطر إلى الثلثين تقريبا ، ضع في كل أنبوب المادة المناسبة كما في الشكل و قم برج و تحريك المحاليل .



ـ ماذا تلاحظ في كل أنبوب ؟ كيف تفسر توزع اللون في الأنبوب الأول و الثالث ؟

ـ نلاحظ أن الأنبوب الأول يتلون باللون البنفسجي بينما الأنبوب الثاني لا لون له و الأنبوب الثالث يتلون باللون الأزرق ، بينما الأنبوب الرابع فلا لون له كما نلاحظ توزع اللون في الأنبوب الأول و الثالث يكون متماثل في جميع مناطق (نقاط) الأنبوبين .

ـ نفسر تماثل اللون في جميع مناطق الانابيب الملونة على أن المادة المنحلة تتوزع بنفس الكيفية و الكمية في كل الإتجاهات و لذا نقول ان الخليط متجانس و تعمم هذه الخاصية على كل الخلائط ، سواءا كانت ملونة أو شفافة .

نتيجة :

المحلول المائي خليط متجانس يتكون من مادتين أو أكثر ، لا يمكن أن نميز بينها بالعين المجردة وت كون لجميع أجزائه نفس الخواص الفيزيائية و الكيميائية .

نشاط 2 : نسبة المحل و الحلالة (المذاب) في المحلول .

الأدوات المستعملة : 3 أنابيب اختبار ، 3 بيشر ، ماء ، كحول .

العملية :

خذ ثلاثة أنابيب اختبار وضع في كل أنبوب 20 mL من الماء ، ضف في كل أنبوب الحجم المقترح في الجدول من الكحول .

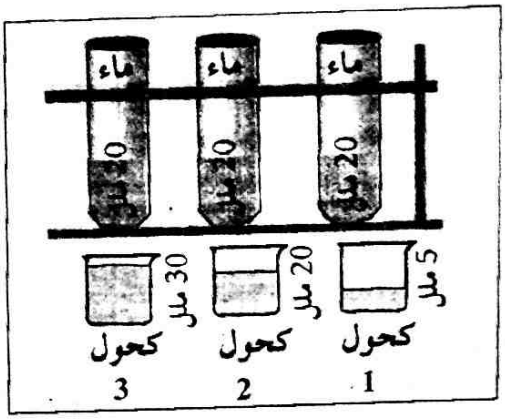
ـ هل هذه الخلائط محاليل ؟ علل إجابتك .

ـ نعم ، هذه الخلائط محاليل لأنها سائلة ، مكوناتها لا ترى بالعين المجردة و تتكون من أكثر من مادة .

ـ ما وجه الاختلاف والتشابه في المحاليل السابقة ؟

ـ وجه الاختلاف والتشابه في المحاليل السابقة : تتشابه في طبيعة مكوناتها أي تتكون من مادتين هما الماء و الكحول و تختلف في الكميات أي كمية الكحول و كمية الماء أي كمية المحل و الحلالة (المذاب) .

ـ املأ الجدول المقابل .

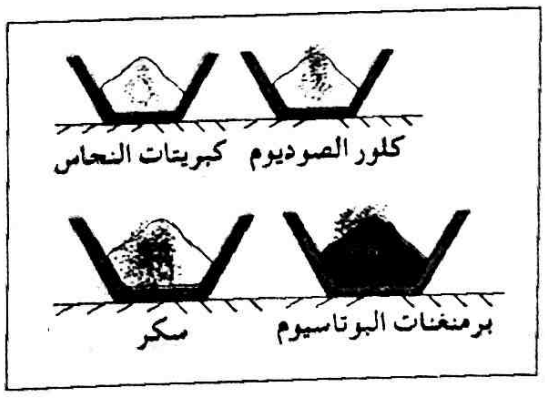


رقم الأنبوب	1	2	3
حجم الماء (mL)	20	20	20
حجم الكحول (mL)	5	20	30

رقم الأنبوب	1	2	3
إسم المحل(المذيب)	الماء	الماء أو الكحول	الكحول
إسم الحلالة(المذاب)	الكحول	الكحول أو الماء	الماء
إسم المحلول	محلول مائي	محلول كحولي أو محلول مائي	محلول كحولي

نتيجة :

نسمي محل أو مذيب (solvant) المادة التي تكون كميتها في المحلول أكبر و نسمي المذاب أو حلالة (soluté) المادة التي كميتها أقل .
عندما يكون المذيب هو الماء فنسمي المنتوج محلولا مائيا .



3ـ تحضير محلول شاردي

a ـ المذاب محلول مائي لجسم صلب شاردي

الأدوات المستعملة : حفنة ، أمبيرمتر ، بطارية ، أسلاك التوصيل $CuSO_4$ ، $NaCl$ ، $KMnO_4$ ، سكر .

العملية :

ـ ركب دارة كهربائية مكونة من مصباح و مولد و لبوسين (سلكين غير معزولين) .

ـ ضع كمية من بلورات $KMnO_4$ في بيشر و أدخل فيها اللبوسين كما في الشكل .

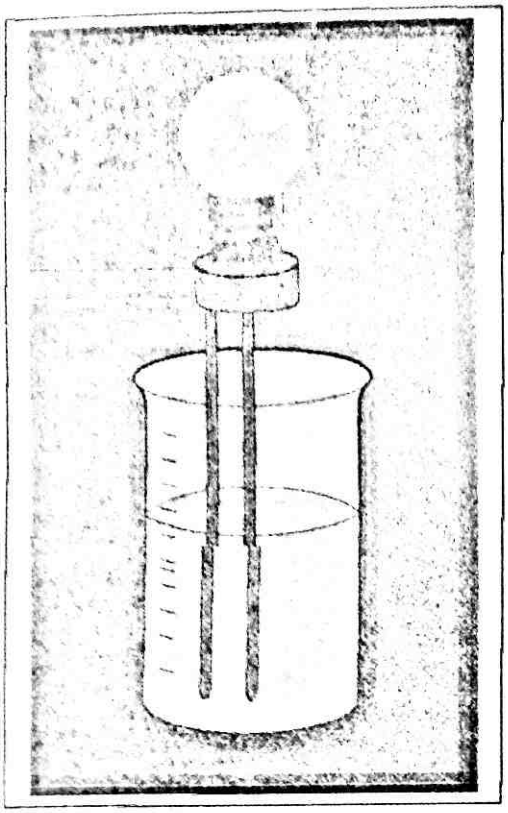
ـ ماذا تلاحظ ؟ ـ لا تلاحظ مرور التيار الكهربائي .

ـ ضف الآن كمية من الماء إلى البيشر الذي يحتوي $KMnO_4$.

ـ ماذا تلاحظ ؟ ماذا يحدث ؟ ـ نلاحظ مرور التيار الكهربائي

ـ أعد مرحلتي هذه التجربة باستعمال مواد أخرى ($CuSO_4$ ، $NaCl$ ، سكر) و سجل ملاحظاتك .

ـ نلاحظ مرور التيار الكهربائي في حالة المحاليل المائية ($CuSO_4$ ، $NaCl$) و لا نلاحظ مرور التيار الكهربائي في حالة محلول سكر .

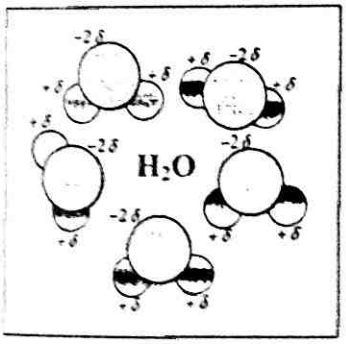


ـ بماذا تمتاز المحاليل المائية التي تمرر التيار الكهربائي ؟ كيف نسميها ؟
ـ تمتاز المحاليل المائية التي تمر ر التيار الكهربائي باحتوائها شوارد و نسميها بالمحاليل الشاردية .
ـ بماذا تمتاز المحاليل المائية التي لا تمرر التيار الكهربائي ؟ كيف نسميها ؟
ـ تمتاز المحاليل المائية التي لا تمرر التيار الكهربائي باحتوائها جزيئات و نسميها بالمحاليل الجزيئية .
نتيجة :
في الجسم الصلب الشاردي ، الشوارد تحتل مواقع معنية ولا تنتقل ، فالجسم الصلب الشاردي معتدل كهربائيا و عند إنحلاله في الماء ، تنفصل الشوارد مكونة شحنات (شوارد) حرة في المحلول فيكون حينئذ ناقلا للتيار الكهربائي . بينما السكر ، يحتوي على روابط تكافئية وعند انحلاله في الماء تنفصل جزيئاته و لكنها تبقى متعادلة فلا وجود لشحنات حرة في المحلول المائي الذي لا يمرر التيار الكهربائي

b ـ الجزيئات المستقطبة

1 ـ جزيء الماء

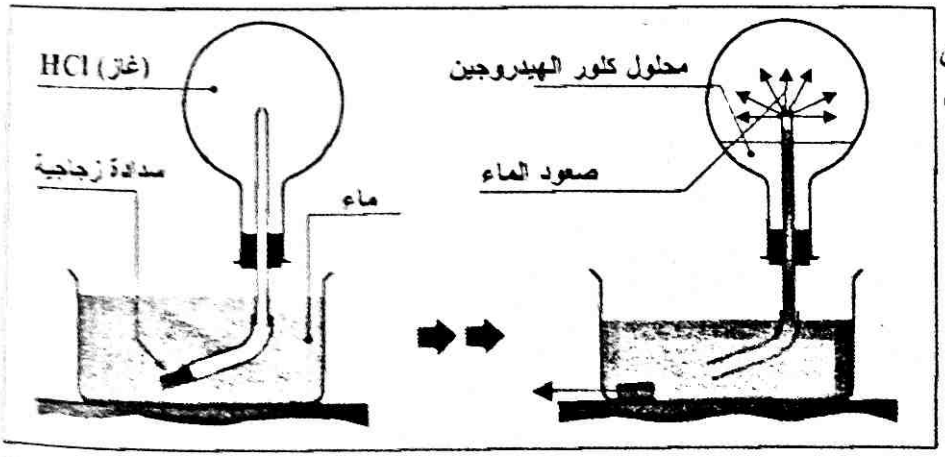
نشاط : إبراز قطبية جزيء الماء ، و أهميتها في المحاليل .
الأدوات : حنفية يسيل منها الماء ، مسطرة ، صوف .
العملية :
ـ خذ مسطرة بلاستيكية وقم بدلكها بقطعة من الصوف مثلا .
ـ افتح حنفية الماء حتى يسيل خيط رفيع من الماء ، ثم قرب منه المسطرة المدلوكة دون لمسه .
ـ ماذا تلاحظ ؟
ـ نلاحظ انجذاب الخيط المائي نحو المسطرة المدلوكة بالصوف .
ـ لماذا ندلك المسطرة قبل تقريبها ؟
ـ ندلك المسطرة قبل تقريبها من أجل جعلها مستقطبة أي غير متعادلة كهربائيا .
ـ كيف تفسر هذه الظاهرة ؟
ـ تفسير ظاهرة انجذاب الخيط المائي نحو المسطرة المدلوكة دليل على كون جزيء الماء مستقطب كهربائيا .



نتيجة :
يحتوي جزيء الماء رابطة تكافئية بين الأكسجين والهيدروجين ناتجة عن وضع إلكترون من ذرة الهيدروجين و إلكترون من ذرة الأكسجين ليتكون زوج إلكتروني و هما إحصائيا قريبين من ذرة الأكسجين بدلا من ذرة الهيدروجين . عدم التساوي في التوزيع يجعل ظهور شحنة عنصرية موجبة على كل ذرة من ذرتي الهيدروجين و شحنتين سالبتين على ذرة الأكسجين فيصبح جزيء الماء جزيء مستقطب أو قطبي .

2 ـ جزيء كلور الهيدروجين HCl

نشاط : انحلال جزيء كلور الهيدروجين في الماء منتجا شوارد .
الأدوات : حوض من الماء ، حوجلة ، حامل ، غاز كلور الهيدروجين ، أنبوب زجاجي .
العملية :
ـ ضع كمية من غاز كلور الهيدروجين في حوجلة مجففة ، بها سدادة يخترق مركزها أنبوب زجاجي .
ـ اكس الحوجلة فوق حوض من الماء . ماذا تلاحظ ؟
ـ يتصاعد الماء في الأنبوب نحو الأعلى مشكلا نافورة من الماء .



— هل غاز كلور الهيدروجين ينحل بشراهة في الماء ؟ علل .

— نصاعد الماء بغزارة داخل الحوجلة ناتج اختفاء غاز كلور الهيدروجين من القارورة تاركا فراغا وانخفاضا في الضغط تحت الضغط الجوي الذي بدوره يضغط على الماء فيصعد إلى داخل الحوجلة .

— استعن بالجدول الدوري و حدد كهروسلبية كل ذرة .

إن العناصر الكيميائية التي تحتوي الطبقات الأخيرة في ذراتها على إلكترون أو إثنين أو ثلاثة تميل أثناء التحولات الكيميائية إلى فقد هذه الإلكترونات فتظهر على شواردها شحنات موجبة و هي العناصر الكهروجابية الموجودة إلى يسار الجدول الدوري ومن هذه العناصر : الهيدروجين ، الصوديوم ، الألومنيوم .

العناصر التي تحتوي الطبقات الأخيرة لذارتها على خمسة أو ستة أو سبع إلكترنات فتميل إلى كسب إلكترونات أثناء التحولات الكيميائية و تظهر على شواردها شحنات سالبة و هي العناصر الكهروسلبية الموجودة إلى يمين الجدول الدوري (الأعمدة 5،6،7) من أمثلة هذه العناصر : الكلور ، الكبريت ، الأكسجين)

إن هذه الخاصيتين الكهروجابية و الكهروسلبية تعطي للجزيئات خاصية الإستقطاب و هي أن يصبح للجزيئ قطبين موجب و سالب : حيث يظهر القطب الموجب من جهة الذرة التي تنتمي للعناصر الكهروجابية و القطب السالب من جهة الذرة التي تنتمي للعناصر الكهروسلبية .

— قارن بين جزيء الماء و جزيء كلور الهيدروجين من حيث البنية ؟

— استقطاب جزيئ كلور الهيدروجين :

في هذا الجزيئ تميل ذرة الكلور إلى جذب إلكترونات نحوها في حين أن ذرة الهيدروجين تميل إلى دفع هذه الإلكترونات عنها فيستقطب الجزيئ كما هو مبين في الشكل الجانبي ونقول أن الرابطة (H-Cl) قد أصبحت مستقطبة .

— استقطاب جزيئ الماء

يحتوي جزيء الماء رابطة تكافئية بين الأكسجين والهيدروجين ناتجة عن وضع إلكترون من ذرة الهيدروجين و إلكترون من ذرة الأكسجين ليتكون زوج إلكتروني و هما إحصائيا قريبين من ذرة الأكسجين بدلا من ذرة الهيدروجين . عدم التساوي في التوزيع يجعل ظهور شحنة عنصرية موجبة على كل ذرة من ذرتي الهيدروجين و شحنتين سالبتين على ذرة الأكسجين فيصبح جزيء الماء جزيء مستقطب أو قطبي .

— ماذا تستنتج ؟ علل

إن جزيئات الماء المستقطبة تنجذب نحو الشوارد الموضوعة بالمحلول تحت تأثير قوى كهربائية معينة . بحيث ينجذب الجزيئ من قطبه السالب (ذرة الأكسجين) نحو الشاردة الموجبة (H^+) . في حين أنه ينجذب من جهة القطب الموجب (ذرتي الهيدروجين) نحو الشاردة السالبة (Cl^-) .

نتيجة :

لغاز كلور الهيدروجين جزيء قطبي، لذلك ينحل بشراهة في الماء . فعند ضغط 1 bar ينحل 13,5 mol في 1 L من الماء . ذرة الكلور مثل ذرة الأكسجين لها كهروسلبية أكبر من كهروسلبية ذرة الهيدروجين . فهي تجذب الزوج الإلكتروني للرابطة بين الكلور و الهيدروجين ، لتتشكل شحنة عنصرية سالبة على ذرة الكلور و شحنة عنصرية موجبة على ذرة الهيدروجين ، إذن هذه الرابطة مستقطبة .

3ـ محلول كلور الهيدروجين

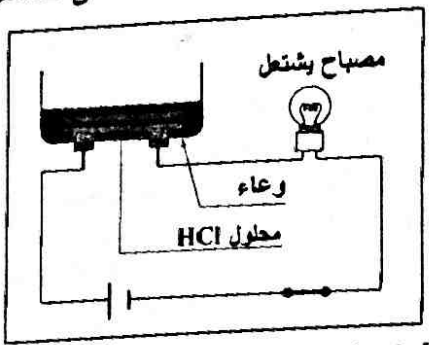
نشاط : محلول كلور الهيدروجين يحتوي على شوارد .

الأدوات : مصباح ، أسلاك توصيل ، قاطعة ، وعاء ، بطارية ، محلول HCl .

العمل :

— املأ الوعاء إلى ثلثي حجمه بمحلول مائي لـ HCl ، ثم أغمس فيه لبوسين من النحاس و أوصله على التسلسل مع أمبيرمتر ، و مولد و قاطعة .

— ارسم الدارة الكهربائية .



— هل المحلول يمرر التيار الكهربائي ؟

— نعم

— هل محلول كلور الهيدروجين شاردي ؟ نعم

— نعم

— أكتب معادلة التفاعل أثناء الإنحلال .

— $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

نتيجة :

يمر تيار في المحلول المائي لكلور الهيدروجين فنستنتج أن انحلال HCl في الماء يصاحبه تشكل شاردة Cl^- و شاردة الهيدرونيوم H_3O^+

1. تحضير المحاليل الكيميائية

1 ــ التركيز المولي

عندما نحضر محلولاً لجسم صلب شاردي فإننا نضع كمية من مادته في حجم من الماء المقطر ثم نحرك حتى تنحل فيه . فمثلا ، حمض الأزوت و حمض كلور الماء وحمض الكبريت تنحل كلية في الماء مشكلة شوارد وفق المعادلات :

$$HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+_{aq} + NO_3^-{}_{aq}$$
$$H_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow 2H_3O^+_{aq} + SO_4^{2-}{}_{aq}$$
$$HCl + H_2O \rightarrow H_3Oaq^+ + Cl^-{}_{aq}$$

عند انحلال NaCl في الماء تتشكل شوارد Na^+ و Cl^- وفق المعادلة : $NaCl \rightarrow Na^+_{aq} + Cl^-_{aq}$

نعرف التركيز المولي للمذاب والتركيز المولي للشوارد في المحلول كما يلي :

التركيز المولي C_A (mol/L) للمذاب A :

هو النسبة بين عدد مولات المذاب A n_A (mol) في المحلول (بالمول) و حجم المحلول V (L) باللتر . أي : $C_A = n_A/V$

التركيز المولي للشوارد في المحلول [X]

هو النسبة بين عدد مولات الشاردة n_x (mol) في المحلول (بالمول) و حجم المحلول V (L) باللتر . أي : $[X] = n_x/V$

و العلاقة بين [X] و C_A فيمكن إيجادها اعتمادا على جدول تقدم التفاعل Tableau d'avancement

$$H_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow 2H_3O^+ + SO_4^{2-}$$

النوع الكيميائي	H_2SO_4	H_3O^+	SO_4^{2-}
الكمية الإبتدائية	n_0	0	0
الكمية بعد الإنحلال	0	$2\,n_0$	n_0

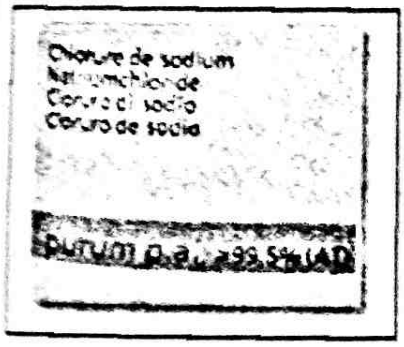
من الجدول لدينا : $C_A = n_0 / V$ و $[H_3O^+] = 2.n_0 / V$ و $[SO_4^{2-}] = n_0 / V$

و منه نجد : $[H_3O^+] = 2 . C_A$ و $[SO_4^{2-}] = C_A$

2ــ العلاقة بين الكتلة و التركيز

يمكن أن نكتب علاقة التركيز المولي بدلالة كتلة المذاب m و كتلته المولية M و حجم المحلول V بالعلاقة :

$$C_A = n/V = m/(M.V) \quad \text{حيث :} \quad n = m/M$$



a ــ تحضير محلول انطلاقا من مادة صلبة

المواد الكيميائية الموجودة في المخابر ليست نقية تماما لذا قبل استعمالها يجب الإطلاع على درجة نقاوتها التي تسجل عادة على العلبة التي تحتويها . تعرف درجة النقاوة لمادة بالنسبة بين m كتلة المادة النقية و m' كتلة المادة المشوبة .

و تعطى بالنسبة المئوية P % .

عندما نريد تحضير محلولا تركيزه C_A و حجمه V من مذاب A كتلته المولية M و درجة نقاوته P % ، فإننا نحدد الكتلة m التي يجب أخذها من العلبة الكيميائية كما في المثال التالي :

لتكن المادة الصلبة NaCl درجة نقاوتها P %

لدينا : $P\% = 100 . (m/m')$ و مما سبق لدينا : $C = m/(M . V)$

و بالتعويض نجد : $C = (P\% . m')/(M . V . 100)$

و منه : $m' = (100 . M . V . C) / (P\%)$

b ــ تحضير محلول انطلاقا من مادة سائلة

إذا كانت المادة سائلة مثل H_2SO_4 فإننا نتعامل معها بالحجوم ، لذالك نستخدم الكتلة الحجمية والتي نجدها مكتوبة على قارورة المادة و رمزها غالبا d (g/cm^3) .

نحسب الحجم V_1 اللازم أخذه من المادة السائلة لتحضير محلول حجمه V_2 و تركيزه C من المذاب A ذي الكتلة المولية M .

$$d = m'/V_1 \quad \text{أي :} \quad V_1 = m'/d$$

V_1 : حجم المذاب A (السائل) ، m' : كتلة المادة المشوبة من المذاب .

و بالتعويض نجد :

$$V_1 = (100 \cdot M \cdot C \cdot V_2) / (P\% \cdot d)$$

c ــ التركيز الكتلي C_m لمحلول :

هو النسبة بين كتلة المادة المذابة m و حجم المحلول V (L) و نكتب : $C_m = m/V$

و تكون العلاقة بين التركيز المولي C و التركيز الكتلي C_m كما يلي : $C = C_m/M$

2. النقل الكهربائي للمحاليل الشاردية

1 ــ التيار الكهربائي و المحاليل

نشاط 1 : بعض الشوارد تبرز لونا مميزا لها في المحاليل المائية التي تحتويها .

الأدوات : بيشر ، أنابيب اختبار ، كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 ، كبريتات النحاس $CuSO_4$ ، بيكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ ، ماء .

العمل :

ــ ما هي الشوارد المشكلة لهذه الأملاح ؟

ــ الشوارد المشكلة لهذه الأملاح هي : K_2SO_4 ($2K^+ + SO_4^{2-}$) ، $CuSO_4$ ($Cu^{2+} + SO_4^{2-}$)

بيكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ ($2K^+ + Cr_2O_7^{2-}$) ، ماء ($H_3O^+ + OH^-$)

ــ ذوب كمية من كل ملح في أنبوب اختبار . ماذا تلاحظ في كل أنبوب ؟

كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 ($2K^+ + SO_4^{2-}$) : لا نلاحظ تلون المحلول .

كبريتات النحاس $CuSO_4$ ($Cu^{2+} + SO_4^{2-}$) : نلاحظ لون أزرق وهو عائد لشاردة النحاس Cu^{2+}

بيكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ ($2K^+ + Cr_2O_7^{2-}$) : نلاحظ لون برتقالي وهو عائد لشاردة البيكرومات $Cr_2O_7^{2-}$

ماء ($H_3O^+ + OH^-$) : عديم اللون أي شفاف .

ــ لماذا قمنا بتحضير المحلول غير الملون ؟ ما دوره هنا ؟ اشرح .

ــ قمنا بتحضير المحلول غير الملون للتأكد من نوع ألوان الشورد ، فمثلا محلول كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 ($2K^+ + SO_4^{2-}$) لا لون له أي الشوارد K^+ و SO_4^{2-} لا لون لها و منه نستنتج أن اللون البرتقالي لمحلول بيكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ ($2K^+ + Cr_2O_7^{2-}$) عائد لشوارد البيكرومات $Cr_2O_7^{2-}$ لأن شوارد K^+ ليس لها لون .

نتيجة :

ــ يحتوي محلول كبريتات النحاس على شاردتي SO_4^{2-} و Cu^{2+} و لونه أزرق .

ــ يحتوي محلول كبريتات البوتاسيوم على شاردتي SO_4^{2-} و K^+ و لا لون له .

ــ يحتوي محلول بيكرومات البوتاسيوم على شاردتي K^+ و $Cr_2O_7^{2-}$ و لونه برتقالي .

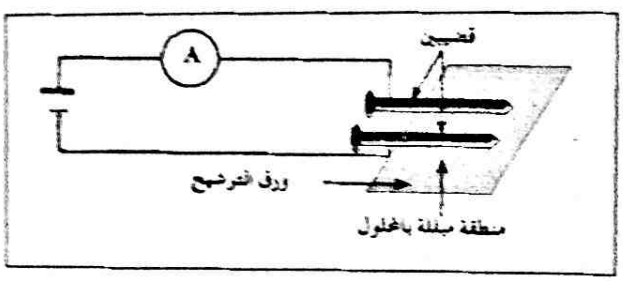
ــ إذن يعود اللون الأزرق لمحلول كبريتات النحاس لاحتوائه شوارد Cu^{2+} فقط بينما يعود اللون البرتقالي لمحلول بيكرومات البوتاسيوم لاحتوائه شوارد $Cr_2O_7^{2-}$ فقط لأن شاردتي K^+ و SO_4^{2-} لا تلون المحلول المائي الذي يحتويها و ذلك ما لحظناه عن تذويب بلورات من K_2SO_4 ($2K^+ + SO_4^{2-}$) في الماء .

نشاط 2 : التيار الكهربائي في المحاليل ناتج عن انتقال الشوارد

الأدوات : ورقة ترشيح ، محاليل : Na_2SO_4 ، $CuSO_4 . 5H_2O$ و $K_2Cr_2O_7$ ، مولد توتر مستمر ، لبوسين (صفيحتين صغيرتين من النحاس مثلا) ، أمبيرمتر ، أسلاك توصيل .

التجربة :

ــ خذ ورقة ترشيح ، بللها بمحلول K_2SO_4 و ضع عليها اللبوسين المتقابلين ثم اغلق الدارة (انظر الشكل) .



ــ افرغ بين الصفيحتين مزيجا من $CuSO_4 . 5H_2O$ و $K_2Cr_2O_7$.

ــ صف ماذا تشاهد على الورقة بعد غلق الدارة مباشرة .

ــ نشاهد على الورقة بعد غلق الدارة مباشرة أن مؤشر الأمبيرمتر يتحرك دليل على مرور تيار كهربائي .

ـ هل يمر التيار في الدارة ؟

ـ نعم لأن الأمبيرمتر يشير لذلك و نلاحظ بعد مدة إنفصال اللونين أي إنتقال الشوارد في المحلول أي مرور تيار عبره .

ـ صف ماذا يحدث بعد مدة (10 دقائق أو أكثر) ؟

ـ حدد اللون الظاهر على ورقة الترشيح من جانب المصعد و من جانب المهبط . كيف تفسر ذلك و لماذا ؟

ـ ما طبيعة التيار الكهربائي في المحاليل الشاردية ؟ اشرح الية حدوثه .

ـ قارن الية النقل الكهربائي في المعادن مع الية النقل الكهربائي في المحاليل الشاردية مبرزا مميزاتها .

ـ بعد مدة يكون الإنفصال اللوني واضحا إذ تتلون المنطقة المجاورة للبوس السالب (المصعد) بالأزرق أي أن شوارد النحاس اتجهت نحوه بينما تتلون المنطقة المجاورة للبوس الموجب (المهبط) بالبرتقالي أي أن شوارد البيكرومات اتجهت نحوه و منه نستنتج أن الشوارد الأخرى (العديمة اللون) انتقلت بحيث تتجه الموجبة (البوتاسيوم) نحو المصعد و تتجه السالب (الكبريتات) نحو المهبط . و منه نستنتج الية النقل في المحاليل ناتجة عن انتقال الشوارد أي انتقال المادة ، بينما في المعادن الإلكترونات هي التي تنتقل و لا يحدث أي انتقال للمادة .

2 ـ المقاومة و الناقلية

a ـ المقاومة :

تعرف المقاومة **R** لناقل كهربائي ، يعبره تيار شدته **I** على أنها حاصل النسبة بين فرق الكمون **U** المطبق بين طرفيه المقدر بالفولط (Volts) رمزها **V** و الشدة **I** المقدرة بالأمبير (Ampères) رمزها **A** أي : $R = U/I$

هذا التعريف عام و صالح مهما كان نوع الناقل أو طبيعته : صلبا كان أو سائلا أو غازيا .

لذا نعرف **R** مقاومة جزء من محلول شاردي محصور بين ناقلين (لبوسين) فرق الكمون الكهربائي بينهما **U** و يعبره تيار شدته **I** بنفس العلاقة السابقة : $R = U/I$

تقدر المقاومة الكهربائية **R** في نظام الوحدات الدولية **بالفولط/أمبير** و تحمل إسما خاصا هو الأوم (Ohm) و يرمز لها بالحرف الإغريقي **Ω** أي : $1\,\Omega = 1V / 1A$

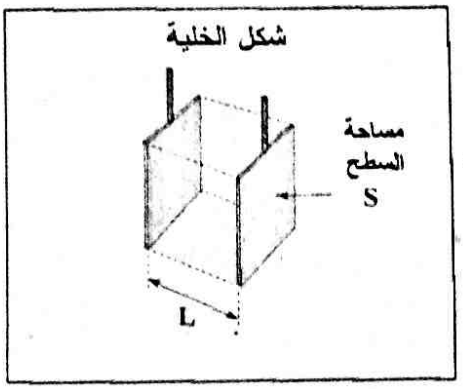
b ـ الناقلية :

في كثير من الأحيان للتعبير عن خاصية نقل الكهرباء في المحاليل ، نلجأ لمقدار فيزيائي أخر هو الناقلية **G** التي تعرف على أنها حاصل النسبة بين شدة التيار **I** المار في الناقل على فرق الكمون **U** المطبق بين طرفيه أي :

$$G = I/U \quad \text{و منه فإن :} \quad G = I/U = 1/R$$

تقدر الناقلية الكهربائية **G** في نظام الوحدات الدولية بالأمبير/الفولط و تحمل إسما خاصا بها هو السييمنس (Sièmens) و يرمزلها بالحرف **S** أي : $1\,S = 1\,\Omega^{-1}$

3 ـ قياس الناقلية G لمحلول :



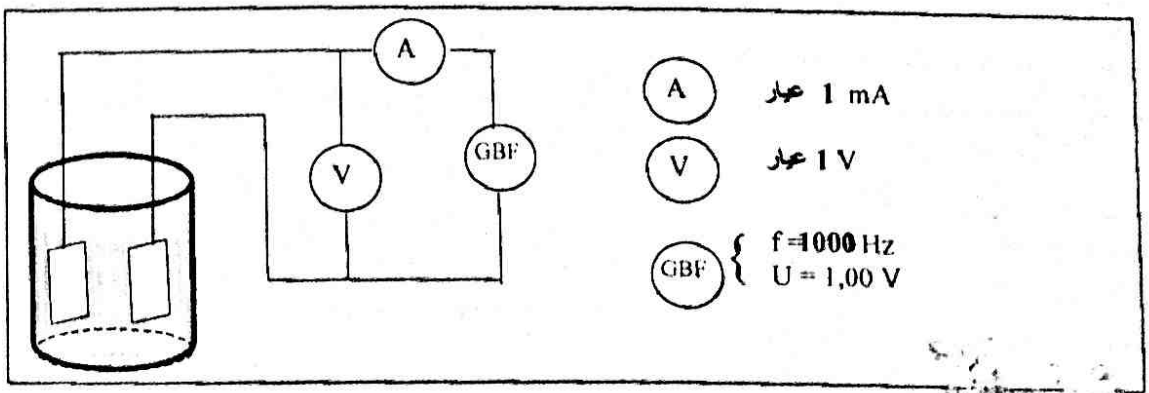
لقياس الناقلية لمحلول ما نقوم بحصر جزء (حجم) من هذا المحلول بين صفيحتين معدنيتين متماثلتين سطح كل منها **S** و تفصلهما مسافة **L** ثم نطبق عليها بواسطة مولد من نوع GBF فرق كمون كهربائي متناوب جيبي قيمته الفعالة U_{eff} و تواتره **f** منخفض مع وضع أمبيرمتر على تسلسل معه لقياس القيمة الفعالة I_{eff} لشدة التيار المار عبر الجزء من المحلول (أنظر الشكل) .

نسمي جملة الصفيحتين والفضاء (الحجم) المحدد بينهما خلية قياس الناقلية .

ـ تقاس القيمة الفعالية U_{eff} لفرق الكمون المطبق بين الصفيحتين بفولط متر مضبوط على وضع المتناوب و مربوط على التفرع مع الصفيحتين .

ـ تقاس القيمة الفعالة I_{eff} لشدة التيار المار عبر الجزء من المحلول بأمبيرمتر مضبوط على وضع المتناوب و مربوط على التسلسل مع الصفيحتين في الدارة .

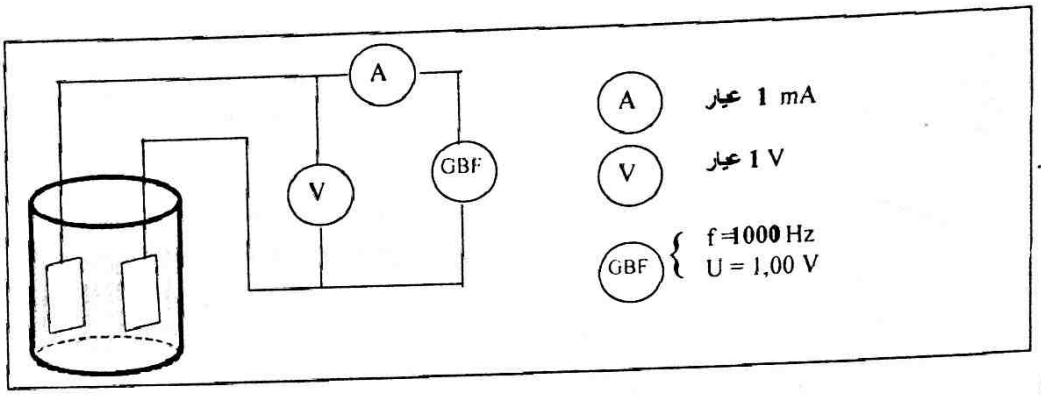
ـ تحدد ناقلية الجزء من المحلول في هذه الظروف بالعلاقة : $G = I_{eff} / U_{eff}$



1 ــ لماذا نلجأ في هذه العملية إلى التيار المتناوب الجيبي بدلا من التيار المستمر ؟
ــ نستعمل GBF و نختار التيار المتناوب الجيبي من أجل منع استقطاب المسريين و كذلك منع حدوث التحليل الكهربائي .
2 ــ ما هو الشرط الذي يجب تحقيقه في الصفيحتين لاستعمالها في قياس الناقلية ؟
ــ الشرط الذي يجب تحقيقه في الصفيحتين لاستعمالها في قياس الناقلية أن تكونا مغمورتين في المحلول ، مكتوازيتين ، متماثلتين و ناقلتين طبعا .

قياس الناقلية في المحاليل الشاردية

عمل المخبري :
ــ التعرف على مبدأ قياس الناقلية .
ــ تحديد بعض العناصر المؤثرة في قياس الناقلية .
ــ قياس الناقلية G في بعض المحاليل .



1 ــ تحضير العمل :
a ــ تشغيل جهاز GBF
جهاز GBF مولد إشارات كهربائية متناوبة في مجال التواترات المنخفضة . استعماله بسيط ولكن يطلب قسطا من الإنتباه والتدريب إذ أن كل وظائفة و مجالات استعملاته يمكن الاطلاع عليها و اكتشافها بفحص دقيق للأزرار والمعلومات الموجودة في واجهة الجهاز .
ــ ابحث عن زر انتقاء الإشارات و اضبطه على الإشارة الجيبية
ــ اضبط زر التواترات عند القيمة 1000 Hz (هرتز) .
ــ اوصل الفولط متر بمخرج الجهاز و اضبط زر جهد (توتر) المخرج عند القيمة 1 V
(يضبط الفولط متر على وضع المتناوب والقيم المقروءة قيم فعالة) .
ــ اضبط الامبيرمتر في وضع المتناوب على العيار 1 mA .
ــ ارسم دارة قياس الناقلية ثم حققها مع وضع خلية القياس داخل كأس بيشر سعته 250 mL .

b ــ تحضير المحلول
ــ حضر محلولا مائيا ملحيا تركيزه 10^{-2} mol/L باتباع الخطوات التالية :
• حضر محلولا مائيا ملحيا تركيزه C = 0,1 mol/L بإذابة 5,85 g من ملح NaCl النقي في 1 L من الماء المقطر .
• خذ من هذا المحلول 20 mL و ضعها في أنبوب مدرج ، ثم أكمل بالماء المقطر إلى حجم 200 mL .
• نحصل حينئذ على محلول أصلي مخفف (إبتدائي) تركيزه 10^{-2} mol/L

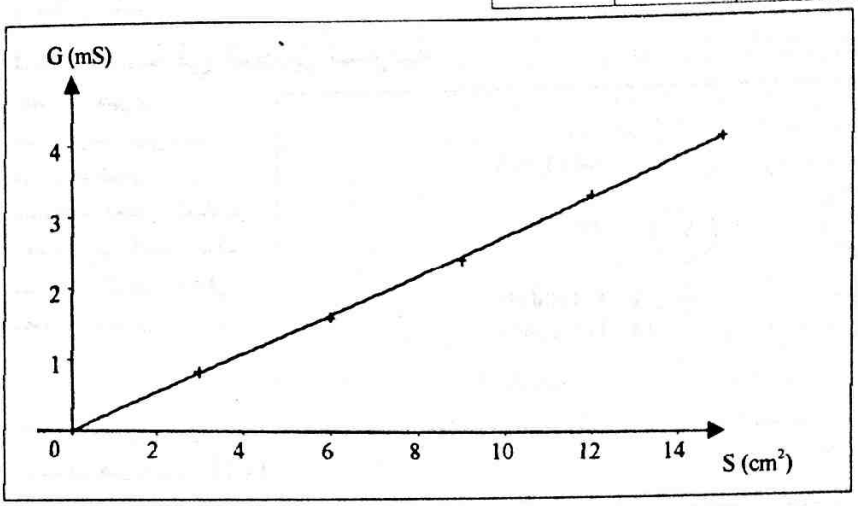
2ــ قياس ناقلية محلول و تحديد العوامل المؤثرة فيها .
a ــ تاثير السطح S للخلية :
ــ اسكب 30 mL من المحلول الملحي المخفف في البيشر الحاوي لخلية قياس الناقلية .
ــ حدد قيمة المساحة S من اللبوس المغمور في المحلول (S = h . L)
حيث L عرض اللبوس قيمته (L = 3,0 cm) و h عمق اللبوس في المحلول .
ــ اغلق الدارة و اقرأ قيمة U_{eff} على الفولط متر و I_{eff} على الأمبيرمتر ثم استنتج قيمة G.
ــ كرر العملية بتغيير h عمق اللبوس في المحلول .
ــ دون النتائج في الجدول التالي واكمله :

h (cm)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
G (mS)	..	..	..	..	..	..

1ــ ماذا تلاحظ من الجدول ؟ ارسم البيان G = f(S) . ماذا تستنتج ؟
2ــ أعط شكل العلاقة التي تربط الناقلية G بالسطح S للجزء المغمور من الخلية .

الاجابة :
ــ نكمل الجدول ثم لا بد من حساب المساحة S حيث S = h . L

h (cm)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
G (mS)	0,0	0,82	1,6	2,4	3,3	4,1
S (cm^2)	0,0	3,0	6,0	9,0	12	15



ـ نرسم البيان $G = f(S)$:
ـ التمثيل البياني للدالة $G = f(S)$ عبارة عن مستقيم يمر من مبدأ الإحداثيات معادلته من الشكل : $G = K \cdot S$

نتيجة :
الناقلية G ، لمحلول محصور بين لبوسي خلية قياس الناقلية ، تتناسب طردا مع المساحة S للبوسين .

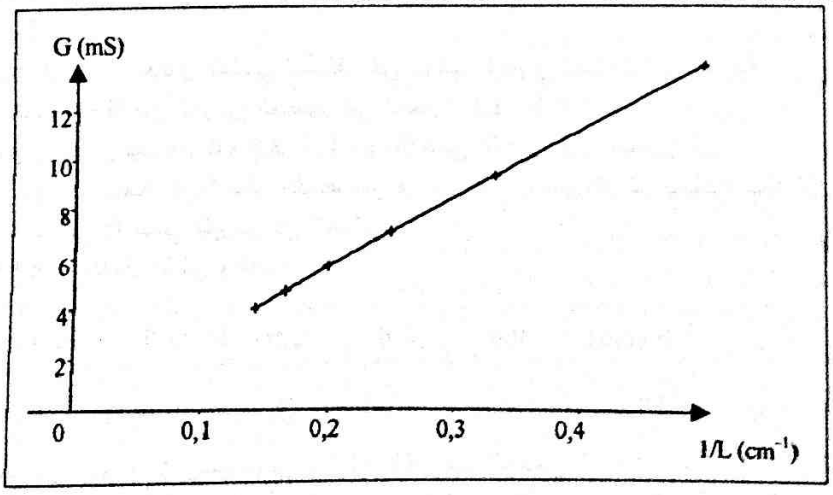
b ـ تأثير البعد L بين صفيحتي الخلية :
احتفظ بالحجم الاخير 150 mL و قم بتغير البعد L بين صفيحتي الخلية مع قياس U و I في كل مرة ثم استنتج قيمة G.
دون النتائج في الجدول التالي و اكمله :

L (cm)	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
G (mS)	..	..	..	..	..	..

- **ارسم البيان $G = f(1/L)$.**
- **اعط شكل العلاقة التي تربط الناقلية G بالبعد L بين صفيحتي الخلية .**
- **استنتج العلاقة التي تربط الناقلية G بكل من سطح S للخلية و البعد L بين الصفيحتين .**

الإجابة :
ـ نكمل الجدول ثم لا بد من حساب قيمة المقدار 1/L (1/cm)

L (cm)	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
G (mS)	14	9,4	7,1	5,7	4,7	4,0
1/L (1/cm)	0,50	0,33	0,25	0,20	0,15	0,13



ـ نرسم البيان $G = f(1/L)$:
ـ التمثيل البياني للدالة $G = f(1/L)$ عبارة عن مستقيم يمر من مبدأ الإحداثيات معادلته من الشكل : $G = K \cdot 1/L$

نتيجة :
الناقلية G ، لمحلول محصور بين لبوسي خلية قياس الناقلية ، تتناسب عكسا مع البعد L بين اللبوسين .

e ـ تأثير درجة الحرارة على الناقلية
تتغير ناقلية جزء من المحلول المحصور بين لبوسي خلية قياس الناقلية بتغير درجة حرارة المحلول بحيث تزداد الناقلية كلما زادت درجة حرارة المحلول .

3. مخطط المعايرة لخلية قياس الناقلية

مخطط المعايرة لخلية قياس الناقلية $G = f(C)$

تجربة :

ـ المعايرة لخلية قياس الناقلية و رسم مخطط المعايرة $G = f(C)$

ـ دراسة تأثير نوعية المحلول على الناقلية

الأدوات : خلية قياس الناقلية ، أمبيرمتر ، فولط متر ، أسلاك توصيل ، محلول كلور الصوديوم تركيزه 10^{-2} mol/L ، ماء مقطر ، مولد GBF (جيبي) .

a ـ تأثير التركيز C للمحلول المائي : معايرة الخلية :

نستعمل دائما نفس الدارة السابقة بعد ضبط (U = 1 V و f = 500 Hz)

ـ نضع 400 mL من الماء المقطر في خلية قياس الناقلية ثم نستعد لإضافة 1 mL بـ 1 mL من المحلول الأصلي لكلور الصوديوم الذي تركيزه $C_1 = 10^{-1}$ mol/L .

ـ نغلق الدارة و نقرأ كل من U و I عند كل إضافة ثم نستنتج قيمة G.

رقم المحلول	1	2	3	4	5	6
حجم الماء المقطر (mL)	400	400	400	400	400	400
حجم المحلول الأصلي (V mL)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
تركيز المحلول الناتج بعد المزج C (mol/L)						
G (µS)						

ـ اكمل الجدول . • ارسم البيان $G = f(C)$. •ماذا تستنتج ؟ أعط شكل العلاقة التي تربط الناقلية G بتركيز المحلول C .

• أعط شكل العلاقة العامة بين G ، S ، L و C . • ضع هذه العلاقة على الشكل $G = k . C$. ماذا يمثل k هنا ؟

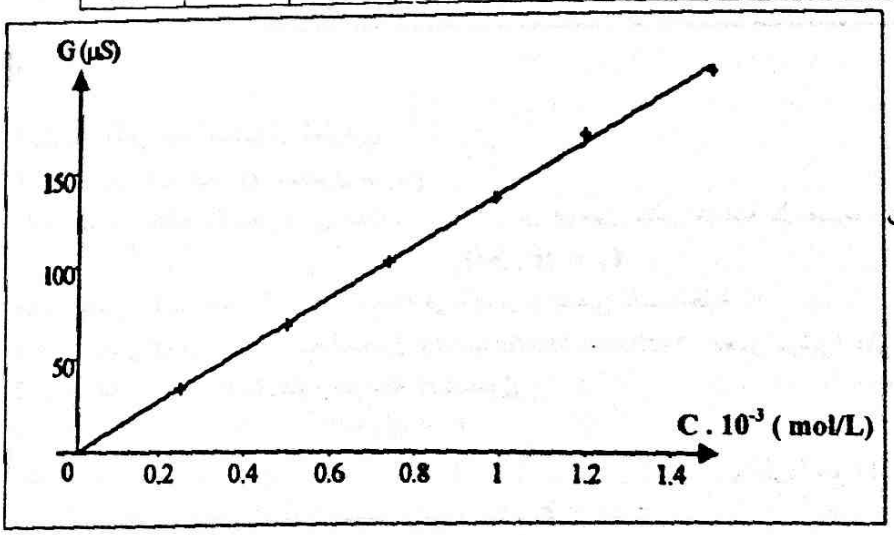
الإجابة :

ـ نكمل الجدول ثم لا بد من حساب تركيز المحلول الناتج بعد المزج C (mol/L) حيث :

من قانون التمديد : $C_1 . V_1 = C . V_2$ حيث : $V_2 = V + 400$ و $V_1 = V$ منه : $C = (C_1 . V) / (V + 400)$

رقم المحلول	1	2	3	4	5	6
حجم الماء المقطر (mL)	400	400	400	400	400	400
حجم المحلول الأصلي (V mL)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
تركيز المحلول الناتج بعد المزج $C . 10^{-3}$ (mol/L)	0,25	0,50	0,74	0,99	1,2	1,5
G (µS)	34	68	102	136	170	204

ـ نرسم البيان $G = f(C)$:



ـ التمثيل البياني للدالة $G = f(C)$ عبارة عن مستقيم يمر من مبدأ الإحداثيات معادلته من الشكل : $G = K . C$

نتيجة :

الناقلية G ، لمحلول محصور بين لبوسي خلية قياس الناقلية ، تتناسب طردا مع تركيز المحلول C .

ـ من التجارب السابقة ، الناقلية G تتناسب طردا مع سطح اللبوسين S و تركيز المحلول C و عكسا مع البعد بين اللبوسين L .
و منه نستنتج العلاقة التالية : $G = K . (S . C)/L$ نقارنها مع العلاقة السابقة : $G = K' . C$
من العلاقتين نستنتج علاقة الثابت K : $K' = K . (S)/L$

تعريف :
نسمي المنحنى $G = f(C)$ منحنى المعايرة لخلية قياس الناقلية و هو عبارة عن خط مستقيم يمر من المبدأ ميله K' يتعلق بالخصائص الهندسية للخلية S و L و درجة حرارة المحلول .

b ـ تأثير نوعية المحلول على الناقلية :
ـ حضر المحاليل التالية حيث تكون بنفس التركيز $C = 10^{-2}$ mol/L و خذ من كل منها نفس الحجم 100 mL

رقم المحلول	1	2	3	4	5	6	7
المحلول	محلول NaOH	محلول NaCl	محلول HCl	محلول HNO_3	محلول $NaNO_3$	محلول KCl	محلول KNO_3
G (mS)							

ـ اسكب المحلول الأول في الكأس ثم أغلق الدارة و اقرأ كل من U و I ثم استنتج قيمة G .
ـ أعد القياس بالمحاليل الأخرى مع غسل البيشر و الخلية بالماء المقطر قبل كل عملية .
ـ دون النتائج في الجدول و أكمله .
• رتب المحاليل السابقة حسب ناقليتها المتزايدة .

الإجابة :
ـ نكمل الجدول :

رقم المحلول	1	2	3	4	5	6	7
المحلول	محلول NaOH	محلول NaCl	محلول HCl	محلول HNO_3	محلول $NaNO_3$	محلول KCl	محلول KNO_3
G (mS)	2,26	1,13	3,85	3,80	1,09	1,36	1,31

ـ نلاحظ أن الناقلية تختلف من محلول إلى آخر وهذ لإختلاف الشوارد المكونة له .
ـ ترتيب المحاليل السابقة حسب ناقليتها المتزايدة :

المحلول	محلول $NaNO_3$	محلول NaCl	محلول KNO_3	محلول KCl	محلول NaOH	محلول HNO_3	محلول HCl
G (mS)	1,09	1,13	1,31	1,36	2,26	3,80	3,85

نتيجة :
الناقلية G لمحلول ، مقدار فيزيائي يختلف من محلول إلى آخر رغم التساوي في تراكيزها .

4. الناقلية النوعية لمحلول شاردي

الناقلية النوعية لمحلول شاردي

1 ـ الناقلية النوعية σ لمحلول شاردي
بالتعريف ، الناقلية G لجزء من محلول محصور بين لبوسين ناقلين مساحة كل منهما S والبعد بينهما L تعطى بالعلاقة :

$$G = \sigma . S/L$$

حيث المقدار S/L يميز الخلية المستعملة في القياس و يسمى ثابت الخلية .
نسمي المقدار σ الناقلية النوعية للمحلول وحدتها Siemens/mètre . يعتبر مؤشرا على قدرة المحلول لنقل التيار الكهربائي .

2 ـ علاقة التركيز C بالناقلية النوعية σ لمحلول
من العلاقة السابقة : $G = \sigma . S/L$
نكتب : $\sigma = G . L/S$ و بما أن L/S مقدار ثابت فإن σ تتناسب طردا مع G .
باستخدام محطط المعايرة للخلية وجدنا سابقا : $G = K . C$

و بما أن σ تتناسب طردا مع G فالناقلية النوعية σ تتناسب إذن طردا مع التركيز C للمحلول .

نتيجة :

في محلول شاردي مخفف تركيزه صغير (أقل من $10^{-2}\ mol/L$) ، الناقلية النوعية σ تتناسب طردا مع التركيز C للمحلول .

نكتب : $\sigma = \lambda \cdot C$

3 ـ الناقلية النوعية المولية λ للمذاب

من الفقرة السابقة رأينا أن الناقلية النوعية σ لمحلول تتناسب طردا مع التركيز C لمحلول .

نسمي ثابت تناسب الناقلية النوعية المولية للمذاب أو الحلالة (وهي في تجربتنا ملح كلور الصوديوم)

و نرمز له λ و نكتب : $\sigma = \lambda \cdot C$ و نستنتج : $\lambda = \sigma / C$

حيث حيث C : تركيز المحلول وحدته mol/m^3 ، σ : الناقلية النوعية للمحلول وحدتها : $S \cdot m^{-1}$

و λ : الناقلية النوعية المولية للمذاب وحدتها : $S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$

4 . الناقلية النوعية المولية λ_{X^+} للشاردة الموجبة ، λ_{X^-} للشاردة السالبة

لدينا مما سبق $G = I/U$ أين I هي شدة التيار الكلي الذي يسري في المحلول و الذي نعلم أنه ناتج عن حركتي الشحنات (الشوارد) الموجبة والسالبة في اتجاهين متعاكسين أي أن التيار الكلي هو مجموع التيارين و شدته تساوي شدة تيار الشحنات الموجبة + شدة تيار الشحنات السالبة في المحلول أي : $I = I(X^+) + I(X^-)$

حيث $I(X^-)$ شدة التيار الناتج عن حركة الشحنات الموجبة و $I(X^-)$ شدة التيار الناتج عن حركة الشحنات السالبة أي :

يمكن كتابة علاقة الناقلية على النحو التالي : $G = I(X^+)/U + I(X^-)/U$

لتصبح : $G = G(X^+) + G(X^-)$

حيث : $G(X^+)$ ناقلية الشحنات الموجبة أي تعبر عن مساهمة هذه الشوارد في ناقلية المحلول ،

و $G(X^+)$ ناقلية الشحنات السالبة و بما أن σ تتناسب طردا مع G ، إذن يمكن كتابة العلاقة على الشكل التالي :

$\sigma = \sigma(X^+) + \sigma(X^-)$ و بالتعويض في العلاقة $\sigma = \lambda \cdot C$

نحصل على : $\sigma(X^+) = \lambda(X^+) \cdot C$ و $\sigma(X^-) = \lambda(X^-) \cdot C$

أي : $\sigma = \lambda \cdot C = [\lambda(X^+) + \lambda(X^-)] \cdot C$

و منه نجد أن الناقلية النوعية المولية الشاردية λ للمذاب تساوي مجموع الناقليتين النوعيتين الموليتين للشاردتين الموجبة و السالبة المحتواة في المحلول : $\lambda = \lambda_{X^+} + \lambda_{X^-}$

ملاحظة : هذه العلاقة $\lambda = \lambda_{X^+} + \lambda_{X^-}$ صالحة للتطبيق فقط في حالة تساوي تراكيز الشاردتين .

تنبيه هام :

الناقلية النوعية المولية λ للشاردة مقدار فيزيائي خاص بكل شاردة و لا يتعلق إلا بدرجة الحرارة فمثلا ، حسب العلاقة السابقة ، في محلول كلور الصوديوم نكتب : $\lambda = \lambda_{Cl^-} + \lambda_{Na^+}$ فتكون الناقلية النوعية لمحلول كلور الصوديوم حيث :

$C = [Cl^-] = [Na^+]$: $\sigma = [Na^+] \cdot \lambda_{Na^+} + [Cl^-] \cdot \lambda_{Cl^-}$

قانون كولروش (Kohlrausch)

في محلول شاردي مخفف يحتوي على الشوارد الموجبة X^+ و الشوارد السالبة X^- تركيزهما $[X^+]$ ، و $[X^-]$ على ترتيب ، الناقلية النوعية للمحلول σ تحسب بالعلاقة : $\sigma = [X^+] \cdot \lambda_{X^+} + [X^-] \cdot \lambda_{X^-}$

وعندما يحتوي المحلول على عدة شوارد مختلفة ، يمكن بنفس الطريقة البرهان أن الناقلية النوعية σ للمحلول تساوي مجموع جداء الناقلية النوعية لكل شاردة في تركيزها وهو يعرف بقانون كولروش : :

$\sigma = \Sigma([X^+] \cdot \lambda_{X^+} + [X^-] \cdot \lambda_{X^-})$

جدول قيم الناقلية النوعية المولية لبعض الشوارد في درجة الحرارة 25 °C

المهبط		المصعديات	
الصيغة	$\lambda(mS.m^2.mol\text{-}1)$	الصيغة	$\lambda(mS.m^2.mol^{-1})$
H_3O^+	35.0	HO^-	19.9
Na^+	5.01	Cl^-	7.63
K^+	7.35	Br^-	7.81
Ca^{2+}	11.9	NO_3^-	7.14
Fe^{2+}	10.7	SO_4^{2-}	16.0
Fe^{3+}	20.4	HCO_3^-	5.46
Zn^{2+}	10.6	PO_4^{3-}	27.9

حساب تركيز مصل فيزيولوجي Sérum physiologique عن طريق قياس الناقلية

طرح الإشكالية :

قارورة تحتوي على مصل فيزيولوجي نسبته الكتلية 9 ‰ . نريد التحقق من هذه النسبة بواسطة مخبري المخابر باستخدام الناقلية . من أجل ذلك نحدد كمية المادة لكلور الصوديوم NaCl المنحلة في 1 L من المصل الفيزيولوجي عن طريق قياس الناقلية G للمحلول و مقارنتها مع القيم المدونة على العلبة ، للتأكد من مدى احترام الصانع لمعايير الجودة .

- اقترح بروتوكولا تجريبيا يمكنك من الوصول إلى حل الإشكالية المطروحة .
- أعط قائمة الأدوات المستعملة أثناء كل تجربة.
- قارن نتائج القياس بالقيم المكتوبة على العلبة .
- هل الصانع يحترم معايير الجودة إذا علمت أن الخطأ المسموح به هو 2,5 % .

الحـل :

البروتوكول التجريبي المقترح :

I . معايرة خلية قياس الناقلية المستعملة في قياس ناقلية المصل الفيزيولوجي و تكوين المحاليل الآتية :

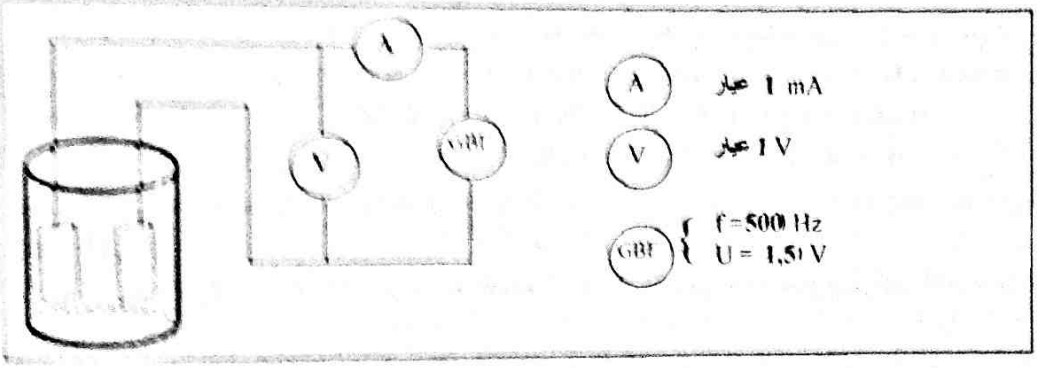
1 ــ تحضير محاليل قياسية من كلور الصوديوم تركيزها : $10^{-1}\ mol/L > C > 10^{-2}\ mol/L$

2 ــ قياس الناقلية G لجزء من هذه المحاليل المحصورة بين لوحي خلية القياس.

3 ــ رسم البيان $G = f(C)$ (مخطط المعايرة لخلية قياس الناقلية)

II . تخفيف المصل الفيزيولوجي (Sérum) ، ثم قياس الناقلية بنفس خلية القياس المستعملة و في نفس درجة الحرارة و مطابقة قيمتها على المخطط $G = f(C)$ و استنتاج قيمة التركيز C لمحلول المصل المخفف و المحلول الأصلي .

III . حساب كمية المادة و الكتلة في 1 L من المصل الفيزيولوجي و مقارنته مع القيمة المكتوبة في العلبة ثم استنتاج مدى احترام الصانع لمعايير الجودة .



أدوات التجربة :
خلية قياس الناقلية ، أمبيرمتر ، فولط متر ، أسلاك توصيل ، مصل فيزيولوجي من كلور الصوديوم ، مولد GBF (U = 1.5 V و f = 500 Hz)

النتائج مدونة في الجدول التالي :

C (mmol/L)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10
G (µS)	105	210	315	420	525	630	735	840	945	1050

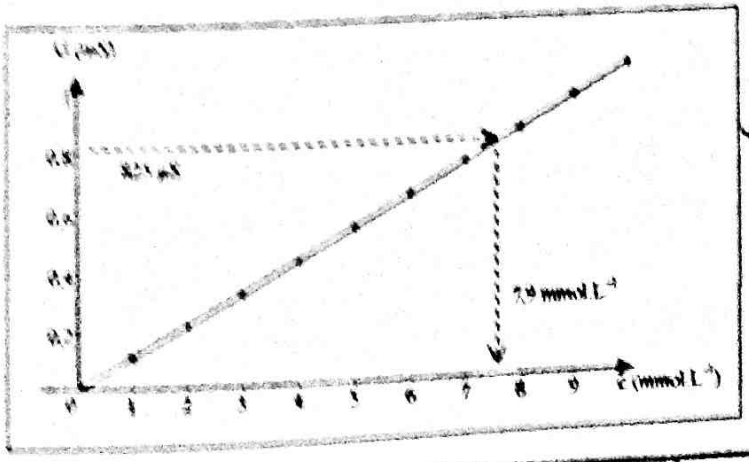
ــ نقيس في نفس الشروط ناقلية المصل الفيزيولوجي المعدد 20 مرة ، نحصل على : $G_1 = 825\ \mu S$

1ــ نرسم المنحنى الممثل لتغيرات الناقلية G بدلالة التركيز المولي C لكلور الصوديوم المعاير للحصول على $G = f(C)$

2ــ نستنتج من المنحنى السابق التركيز المولي للمصل الفيزيولوجي المعدد 20 مرة .

3ــ نحسب التركيز المولي و التركيز الكتلي للمصل الفيزيولوجي المدروس .

4ــ نقارن ، بحساب الخطأ النسبي للنتيجة المعطاة ، بين القيمة المعطاة و القيمة التجريبية للمصل الفيزيولوجي تعطى : الكتلة الحجمية للمصل الفيزيولوجي تساوي الكتلة الحجمية للماء .



1ــ رسم المنحنى الممثل لتغيرات الناقلية G بدلالة التركيز المولي C للمصل الفيزيولوجي $G = f(C)$.

2ــ بتطبيق : $G_1 = 825\ \mu S$ على المنحنى السابق نتحصل على التركيز المولي : $C_1 = 7,9\ mmol/L$.

3ــ التركيز المولي C للمصل الفيزيولوجي هو إذن :

$C = 20 . C_1 = 20 . 7,9 . 10^{-3} = 0,16$ mol/l . لإيجاد التركيز الكتلي لدينا :

$C_m = C . M_{NaCl} = 0,16 . 58,5 = 9,4$ g/l .

4ـ الفاروره التي تحتوي على المصل الفيزيولوجي ذات النسبة الكتلية 9 ‰ أي 9 g من كلور الصوديوم من أجل 1000 g من المحلول . الكتلة الحجمية للمصل تساوي تقريبا الكتلة الحجمية للماء ، يمكن اعتبار 9 g من كلور الصوديوم من أجل 1000 ml من المحلول .

حساب الخطأ النسبي : $\Delta\% = |$ القيمة التجريبية – القيمة المتوقعة $|$ / القيمة المتوقعة $| = |9,4 - 9| / 9 = 4\ \%$

يعتبر هذا الخطأ مقبول نظرا للأخطاء التجريبية التي تحدث أثناء حصة الأعمال التطبيقية .

ـ نعم . الصانع يحترم معايير الجودة لأن الخطأ المسموح به هو $\pm 5\ \%$.

الخلاصة

* المحلول هو خليط متجانس من نوعين كيميائيين أو أكثر ، لا يمكن تمييز مكوناته بالعين المجردة .
* نسمي النوع الكيميائي الذي تكون كمية مادته أكبر في المحلول بالمذيب أو المحل والنوع الكيميائي الذي تكون كمية مادته أقل بالمذاب أو الحلالة .
* المحلول المائي يكون فيه الماء هو المذيب و الأجسام المنحلة فيه كمية مادتها أقل .
* يتميز المحلول المائي لنوع كيميائي **X** بتركيزه المولي **C** حيث : $C = n_{(X)} / V$
حيث : **V** حجم المحلول و $n_{(X)}$: عدد مولات النوع الكيميائي **X** .
أو $C = m/(M . V)$ حيث **m** : كتلة النوع الكيميائي المذاب **X** ، و **M** : الكتلة المولية .
* الناقلية G لناقل كهربائي ، مقدار فيزيائي يساوي النسبة بين شدة التيار **I** المار فيه و فرق الكمون **U** المطبق بين طرفيه
أي : $G = I/U$
* في نظام الوحدات الدولية ، تقدر الناقلية بالسيمانس Siemens و رمزه **S** .
* تتعلق ناقلية محلول مائي بخصائص خلية القياس والناقلية النوعية للمحلول : $G = \sigma . S / L$
حيث : **S** سطح لبوسي الخلية و **L** البعد بينهما و σ الناقلية النوعية للمحلول .
* نسمي المقدار $K = S/L$ ثابت الخلية و نكتب العلاقة على الشكل : $G = K . \sigma$
* تتعلق الناقلية النوعية للمحلول σ بعدة عوامل وهي : تركيز المحلول ، طبيعة الشوارد و درجة الحرارة .
* المحلول الشاردي المخفف يحتوي على الشوارد الموجبة X^+ و االشوارد السالبة X^- تركيزهما $[X^+]$ و $[X^-]$ على الترتيب ، الناقلية النوعية للمحلول σ تحسب بالعلاقة : $\sigma = [X^+] . \lambda_{X+} + [X^-] . \lambda_{X-}$
λ_{X+} : الناقلية النوعية المولية الشاردية للشاردة و λ_{X-} : الناقلية النوعية المولية الشاردية للشاردة X^-

الناقلية النوعية المولية الشاردية ثابت فيزيائي يتعلق بطبيعة الشاردة و درجة الحرارة فقط ،
$[X^+]$: التركيز المولي للشاردة X^+ و $[X^-]$ التركيز المولي للشاردة X^- في المحلول بـــ . $mol . m^{-3}$
تعطي الجداول الفيزيائية قيم λ_{X+} و λ_{X-} في درجة الحرارة 25°C .
* في حالة محلول يحتوي عدة شوارد فإن الناقلية النوعية المولية للمحلول تحسب بالعلاقة :

$$\sigma = \Sigma (\lambda_{X+} . [X^+] + \lambda_{X-} [X^-])$$

* كل خلية قياس الناقلية تتميز بمخطط معايرة $G = f(C) = K . C$ عند درجة حرارة ثابتة وهو بيان تغيرات الناقلية G للمحلول بين لبوسيها بدلالة التركيز C .
يمكن استخدامه لقياس تركيز محلول مجهول بقياس ناقلية جزء منه بين لبوسي هذه الخلية .

تمـــاريـــن

التمرين ــ 1

أجب بصحيح او خطأ

1 ــ التيار الكهربائي في المعادن ناتج عن حركة الإلكترونات الحرة بينما في المحاليل فهو ناتج عن حركة الشوارد الموجبة نحو المهبط و السالبة نحو المصعد .

2 ــ تتكون خلية قياس الناقلية أساسا من سطحين ناقلين متوازيين سطحهما S و تفصلهما مسافة L .

3 ــ يمكن كتابة العلاقة $G = 1/U = \sigma \cdot S/L = 1/R$ حيث R مقاومة المحلول المحصور بين سطحي خلية قياس الناقلية .

4 ــ تتعلق الناقلية النوعية σ لجزء من محلول كيميائي بنوع لشوارد X_i في المحلول و تركيزها $[X_i]$ و تكتبها :

$$\sigma = \lambda_1 [X_1] + \lambda_2 [X_2] + \lambda_3 [X_3] + \lambda_4 [X_4] + \ldots\ldots\ldots$$

أين λ_i هي الناقلية النوعية المولية الشاردية للشاردة X_i

5 ــ λ_i مقدار ثابت يخص الشاردة X_i في درجة حرارة معينة و له علاقة بأبعاد الخلية المستعملة في القياس .

6 ــ يسمى المقدار S/L ثابت الخلية المستعملة في قياس الناقلية .

7 ــ للشاردتين OH^- و H_3O^+ أكبر ناقلية نوعية مولية شاردية من أغلب الشوارد الأخرى .

الحـــل ــ 1

1 ــ صحيح . 2 ــ صحيح . 3 ــ صحيح . 4 ــ صحيح . 5 ــ خطأ . 6 ــ صحيح . 7 ــ صحيح .

التمرين ــ 2

عين الإجابة الصحيحة :

1 ــ ثابت الخلية K يتغير إذا : a) تغير سطح البوسين و البعد بينهما b) تغير فرق الكمون U بين طرفي الخلية c) غيرنا المحلول .

2 ــ الناقلية النوعية σ تتعلق بـــ : a) درجة حرارة المحلول b) ناقلية الجزء المحصور بين اللبوسين . c) طبيعة و تركيز الشوارد في المحلول .

ــ بين العبارات الصحيحة من الخاطئة في الجمل التالية :

- خلية قياس الناقلية تتكون من مصعد و مهبط معدنيين
- الناقلية هي مقلوب المقاومة وحدتها Siemens / mètre
- للشوارد ذات الشحنة +1 ، نفس الناقلية النوعية المولية الشاردية .

الحـــل ــ 2

1 ــ ثابت الخلية K يتغير إذا : a) تغير سطح البوسين و البعد بينهما .

2 ــ الناقلية النوعية σ تتعلق بـــ : a) درجة حرارة المحلول c) طبيعة و تركيز الشوارد في المحلول .

ــ بين العبارات الصحيحة من الخاطئة في الجمل التالية :

- خلية قياس الناقلية تتكون من صفيحتين معدنيتين ، ناقلتين ، متماثلتين و متوازيتين . نستعمل GBF و نختار التيار المتناوب الجيبي . من أجل منع استقطاب المسريين وكذلك منع حدوث التحليل الكهربائي .
- الناقلية هي مقلوب المقاومة وحدتها Siemens
- الشوارد ذات الشحنة +1 ، ليس لها نفس الناقلية النوعية المولية الشاردية .

التمرين ــ 3

احسب الناقلية النوعية لمحلول :

1ــ كلور البوتاسيوم $(K^+ + Cl^-)$ تركيزه المولي $C = 0{,}0352\ mol/L$

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

3ــ علما أن الناقلية النوعية المولية الشاردية λ للشوارد في الدرجة 25 °C .

المهبطيات	$\lambda\ (S \cdot m^2/mol)$	المصعديات	$\lambda\ (S \cdot m^2/mol)$
Ca^{2+}	$11{,}9 \cdot 10^{-3}$	OH^-	$19{,}9 \cdot 10^{-3}$
K^+	$7{,}35 \cdot 10^{-3}$	Cl^-	$7{,}63 \cdot 10^{-3}$

الحـل ــ 3

ــ حساب الناقلية النوعية لمحلول كلور البوتاسيوم $(K^+ + Cl^-)$ تركيزه المولي $C = 0,0352\ mol/L$: $\sigma = \lambda . C$

و لدينا : $\sigma = \lambda_{K^+} [K^+] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-]$

و منه : $[K^+] = [Cl^-] = [KCl] = C = 0,0352\ mol/L = 35,2\ mol/m^3$

$\sigma = \lambda_{K^+} [K^+] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-] = 7,35 . 10^{-3} . 35,2 + 7,63 . 10^{-3} . 35,2 = 0,527\ S/m$

ــ حساب الناقلية النوعية لمحلول هيدروكسيد الكالسيوم $(Ca^{2+} + 2\ OH^-)$ تركيزه المولي $C = 0,0268\ mol/L$:

و لدينا : $\sigma = \lambda_{Ca^{2+}} [Ca^{2+}] + \lambda_{OH^-} [OH^-]$

و منه : $[Ca^{2+}] = C = 26,8\ mol/m^3$ ، $[OH^-] = 2 . C = 53,6\ mol/m^3$

$\sigma = \lambda_{Ca^{2+}} [Ca^{2+}] + \lambda_{OH^-} [OH^-] = 11,9 . 10^{-3} . 26,8 + 19,9 . 10^{-3} . 53,6 = 1,39\ S/m$

التمرين ــ 4

لدينا خلية قياس الناقلية التالية : $S = 1,0\ cm^2$ ، $L = 1,5\ cm$

1 ــ احسب ثابت الخلية k . 2 ــ نقيس بواسطتها الناقلية G لمحلول شاردي تركيزه C فنجد $G = 128\ mS$.

احسب الناقلية النوعية σ للمحلول .

الحـل ــ 4

1 ــ حساب ثابت الخلية k : $K = S/L = 1 / 1,5 = 0,67\ cm$

2 ــ حساب الناقلية النوعية σ للمحلول : $\sigma = G . L/S = (128 . 1,5)/1,0 = 19,2\ S/m$.

التمرين ــ 5

1 ــ احسب الناقلية النوعية المولية لمحلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ في درجة الحرارة 25 °C علما انه عند درجة الحرارة هذه يكون $\lambda_{K^+} = 7,35\ mS . m^2/mol$ و $\lambda_{MnO_4^-} = 6,10\ mS . m^2/mol$

2 ــ قسنا ناقلية محلول $(K^+ + MnO_4^-)$ في نفس درجة الحرارة فوجدناها $\sigma = 85,1\ mS/m$.

احسب التركيز الكتلي محلول .

الحـل ــ 5

1 ــ حساب الناقلية النوعية المولية لمحلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$:

لدينا المعادلة الكيميائية التالية : $KMnO_4 \rightarrow K^+_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)}$ و منه : $[K^+] = [MnO_4^-] = C$

الناقلية النوعية المولية للمحلول : $\lambda = \lambda_{K^+} + \lambda_{MnO_4^-} = 13,45\ mS . m^2/mol$

2 ــ حساب التركيز الكتلي للمحلول : $\sigma = \lambda . C \Rightarrow C = \sigma / \lambda = 85,1 / 13,45 = 6,33\ mol/m^3$

التركيز الكتلي : $C_m = C . M = 6,33 . 158 = 1\ g/L$

التمرين ــ 6

1 ــ احسب التركيز المولي لمحلول يود الصوديوم NaI تركيزه الكتلي $2\ g/L$.

2 ــ ما هي الناقلية النوعية لمحلول يود الصوديوم عند درجة الحرارة 25 °C علما أن :

$\lambda_{I^-} = 7,70\ mS . m^2/mol$ ، $\lambda_{Na^+} = 5,01\ mS . m^2/mol$

الحـل ــ 6

1 ــ حساب التركيز المولي لمحلول يود الصوديوم NaI تركيزه الكتلي $2\ g/L$:

التركيز المولي : $C = C_m/M = 2/149,9 = 0,0133\ mol/L$

التركيز المولي لشوارد المحلول : $[Na^+] = [I^-] = C$

الناقلية النوعية المولية للمحلول : $\lambda = \lambda_{Na^+} + \lambda_{I^-} = 12,71\ mS . m^2/mol$

الناقلية النوعية لمحلول NaI : $\sigma = \lambda . C = 12,71 . 13,3 = 0,169\ S/m$.

التمرين ــ 7

قسنا بقياس الناقلية G لثلاثة محاليل متساوية التركيز للأملاح التالية : KNO_3 ، KCl ، $NaCl$

فوجدناها على الترتيب : $1,33\ mS$ ، $1,37\ mS$ ، $1,16\ mS$.

1 ــ بين أنه يمكن حساب ناقلية محلول نترات الصوديوم $NaNO_3$ له نفس التركيز ، في نفس درجة الحرارة و بنفس خلية القياس اعتمادا على نتائج القياس في المحاليل السابقة .

2 ــ احسب $G\ (Na^+ + NO_3^-)$. 3 ــ عين المحلول الذي له نقل كهربائي أكبر ، بين المحاليل السابقة .

الحـل ــ 7

1 ــ تبيان أنه يمكن حساب ناقلية محلول نترات الصوديوم $NaNO_3$ له نفس التركيز ، في نفس درجة الحرارة و بنفس خلية القياس اعتمادا على نتائج القياس في المحاليل السابقة : $G = \sigma . S/L$

$$G(Na^+ + NO_3^-) = (\lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{NO3^-}[NO_3^-]) \cdot S/L$$
$$G(K^+ + NO_3^-) = (\lambda_{K^+}[K^+] + \lambda_{NO3^-}[NO_3^-]) \cdot S/L$$
$$G(K^+ + Cl^-) = (\lambda_{K^+}[K^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]) \cdot S/L$$
$$G(Na^+ + Cl^-) = (\lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]) \cdot S/L$$
$$[\lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] + \lambda_{K^+}[K^+] + \lambda_{NO3^-}[NO_3^-] - (\lambda_{K^+}[K^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-])] \cdot S/L = (\lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{NO3^-}[NO_3^-]) \cdot S/L = G(Na^+ + NO_3^-)$$

و منه : $G(Na^+ + NO_3^-) = G(Na^+ + Cl^-) + G(K^+ + NO_3^-) - G(K^+ + Cl^-)$

2 ــ حساب $G(Na^+ + NO_3^-)$: $G(Na^+ + NO_3^-) = G(Na^+ + Cl^-) + G(K^+ + NO_3^-) - G(K^+ + Cl^-)$

$G(Na^+ + NO_3^-) = 1,16 + 1,33 - 1,37 = 1,12$ mS .

3 ــ المحلول الذي له نقل كهربائي أكبر هو المحلول الذي له أكبر قيمة للناقلية : $G(K^+ + Cl^-) = 1,37$ mS

التمرين ــ 8

نقيس بواسطة خلية قياس الناقلية جزء من محلول تركيزه 5,0 mol/L

1ــ عبر عن ناقلية المحلول G بدلالة مميزات الخلية (S ; L) و تركيزه C و الناقلية النوعية المولية λ لكل شاردة إذا كان المحلول الشاردي المستعمل هو :

a ــ هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) . b ــ كلور الصوديوم (NaCl) . c ــ كلور البوتاسيوم (KCl)

2ــ بين أن القياسات السابقة ، $G(Na^+ + OH^-)$ و $G(Na^+ + Cl^-)$ و $G(K^+ + Cl^-)$ تسمح بالحصول على قياس ناقلية محلول هيدروكسيد البوتاسيوم $G(K^+ + OH^-)$ في نفس درجة الحرارة دون القيام بالقياسات الأخرى .

تطبيق عددي : $G(Na^+ + OH^-) = 2,26$ mS ؛ $G(Na^+ + Cl^-) = 1,13$ mS ؛ $G(K^+ + Cl^-) = 1,36$ mS

الحـل ــ 8

1 ــ المحلول ممدد إذن يمكن كتابة : $G(Na^+ + OH^-) = \sigma \cdot S/L = \lambda \cdot C \cdot S/L = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{OH^-}) \cdot C \cdot S/L$

بالمثل يكون : $G(Na^+ + Cl^-) = \sigma \cdot S/L = \lambda \cdot C \cdot S/L = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-}) \cdot C \cdot S/L$

بالمثل يكون : $G(K^+ + Cl^-) = \sigma \cdot S/L = \lambda \cdot C \cdot S/L = (\lambda_{K^+} + \lambda_{Cl^-}) \cdot C \cdot S/L$

2ــ تبيان أن القياسات السابقة : $G(Na^+ + OH^-)$ و $G(Na^+ + Cl^-)$ و $G(K^+ + Cl^-)$ تسمح بالحصول على قياس ناقلية محلول هيدروكسيد البوتاسيوم $G(K^+ + OH^-)$ في نفس درجة الحرارة دون القيام بالقياسات الأخرى :

$$G(K^+ + HO^-) = [(\lambda_{K^+} + \lambda_{OH^-}) \cdot C \cdot S/L$$
$$[\lambda_{K^+}[K^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] + \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{OH^-}[OH^-] - (\lambda_{Na^+}[K^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-])] C \cdot S/L = \lambda_{K^+}[K^+] + \lambda_{OH^-}[OH^-] \cdot C \cdot S/L = G(K^+ + OH^-)$$

و منه : $G(K^+ + OH^-) = G(K^+ + Cl^-) + G(Na^+ + OH^-) - G(Na^+ + Cl^-)$

2 ــ حساب $G(K^+ + OH^-)$: $G(K^+ + OH^-) = G(K^+ + Cl^-) + G(Na^+ + OH^-) - G(Na^+ + Cl^-)$

$G(K^+ + OH^-) = 1,36 + 2,26 - 1,13 = 2,49$ mS .

التمرين ــ 9

نريد تعيين تركيز محلول كلور الأمونيوم NH_4Cl في محلول .

1ــ اكتب معادلة انحلال NH_4Cl في الماء .

نعاير خلية قياس الناقلية و نقيس ناقلية قياسية معلومة التركيز عند درجة حرارة 21°C ، نسجل النتائج في الجدول التالي :

C (mmol/L)	1,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,0
G (mS)	0,31	0,62	1,23	1,57	2,50	3,09

2 ــ ارسم البيان $G = f(C)$

3 ــ نقيس بواسطة هذه الخلية ناقلية محلول كلور الأمونيوم ، ما هي الشروط التي تسمح استعمال مخطط المعايرة $G = f(C)$ في تحديد تركيز محلول NH_4Cl ؟

4 ــ في عملية القياس تحصلنا على $G = 1,48$ mS . احسب التركيز المولي للمحلول .

الحـل ــ 9

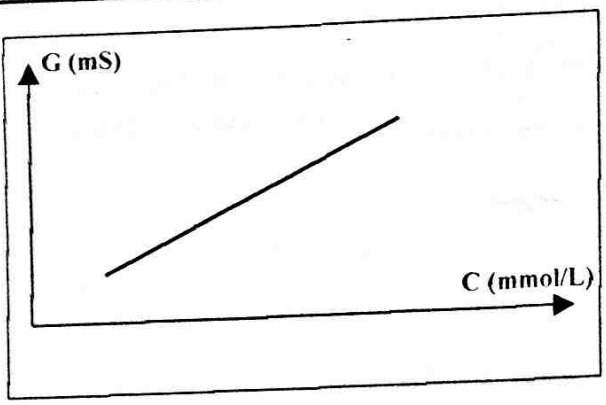
1ــ كتابة معادلة انحلال NH_4Cl في الماء : $NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

2 ــ رسم البيان $G = f(C)$ انظر الشكل أسفله .

نرسم الخط البياني $G = f(C)$ و الذي نجده عبارة عن خط مستقيم معادلته من الشكل $G = K \cdot C$ حيث K معامل التوجيه أي : $K = \Delta G/\Delta C = 0,31/1 = 0,31$

3ـ يجب أن يكون تركيز المحلول الذي نريد دراسته محصور في مجال التركيز الذي عايرنا به الخلية .

ـ عند إسقاط القيمة G = 1,48 mS على الخط البياني نقرأ القيمة الموافقة على محور التركيز ، فنجدها : C = 4,77 m mol/L



التمرين ـ 10

نريد تعيين تركيز محلول نترات البوتاسيوم KNO_3 بواسطة قياس الناقلية . نعاير خلية قياس الناقلية بواسطة محاليل قياسية معلومة التركيز كانت النتائج التالية (أنظر الجدول المرفق) .

C (mmol/L	1,00	2,50	5,00	7,50	10,0
G (mS)	0,26	0,63	1,27	1,87	2,49

1 ـ اكتب معادلة انحلال KNO_3 في الماء. 2 ـ اشرح كيف نحسب التركيز C اعتمادا على هذه النتائج

3 ـ ارسم البيان G = f(C) .

4 ـ عندما نغمس لبوسي خلية القياس في محلول KNO_3 يكون $I_{eff} = 0,88$ mA و $U_{eff} = 1$ V .

احسب التركيز المولي للمحلول .

الحـل ـ 10

1ـ كتابة معادلة انحلال NH_4Cl في الماء : $KNO_3 \rightarrow K^+ + NO_3^-$

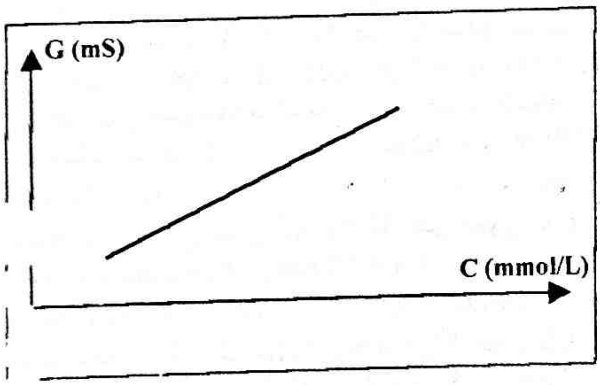
2 ـ شرح كيف نحسب التركيز C اعتمادا على هذه النتائج :

نرسم البيان G = f (C) الذي يمثل مخطط المعايرة لخلية القياس المستعملة في هذه التجربة ، والذي نجده عبارة عن خط مستقيم معادلته من الشكل G = K . C حيث K معامل التوجيه فنستنتج أن G تتناسب طردا مع التركيز C ، ثم نقوم بقياس I ، U بعد غمس الخلية في المحلول المجهول تركيزه .

نلاحظ أنه عندما U = 1v تكون قيمة G مساوية لقيمة I ، بـ mA لأن G = I/U

نسقط القيمة G في البيان G = f (C) على محور G و نقرأ التركيز المناسب .

3 ـ رسم البيان G = f(C) :



نرسم الخط البياني G = f (C) والذي نجده عبارة عن خط مستقيم معادلته من الشكل G = K . C حيث K معامل التوجيه أي :

$K = \Delta G/\Delta C = 0,26/1 = 0,26$

ـ حساب التركيز المولي للمحلول : عندما : I = 0,89 mA نجد G = 0,89 mS

نسقط قيمته G في البيان G = f (C) على محور C و نقرأ التركيز المناسب فنجد : C = 3,48 m mol/L

تحقيق : $G = K . C = 0,26 . C = 0,26 . 3,48 = 0,90$ mS

التمرين ـ 11

نريد قياس ، عند نفس درجة الحرارة ، ناقلية 6 محاليل لكبريتات الصوديوم بتراكيز مختلفة .

1 ـ اكتب معادلة انحلال كبريتات الصوديوم في الماء .

2 ـ نطبق فرق كمون جيبي تواتره 500 Hz بين لبوسي خلية القياس المغمورين في المحلول . نقيس فرق الكمون U بين طرفي اللبوسين و شدة التيار I المار في الدارة .

نكرر التجربة مع كل محلول بعد غسل الخلية جيدا بالماء المقطر ، فكانت النتائج كما يلي :

المحلول	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
C (mol/L)	$1,0 . 10^{-2}$	$7,5 . 10^{-3}$	$5,0 . 10^{-3}$	$1,0 . 10^{-3}$	$5,0 . 10^{-4}$	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 (...)						

a ـ ارسم مخطط تركيب الدارة المستعملة في هذه التجربة .

b ـ أعط عبارة الناقلية G وعين وحدتها ، ثم احسب ناقلية كل محمول .

c ـ ارسم البيان G = f(C) . ماذا تلاحظ ؟ استنتج بيانيا C_6 (تركيز المحلول S_6) . ماذا يمثل هذا البيان ؟

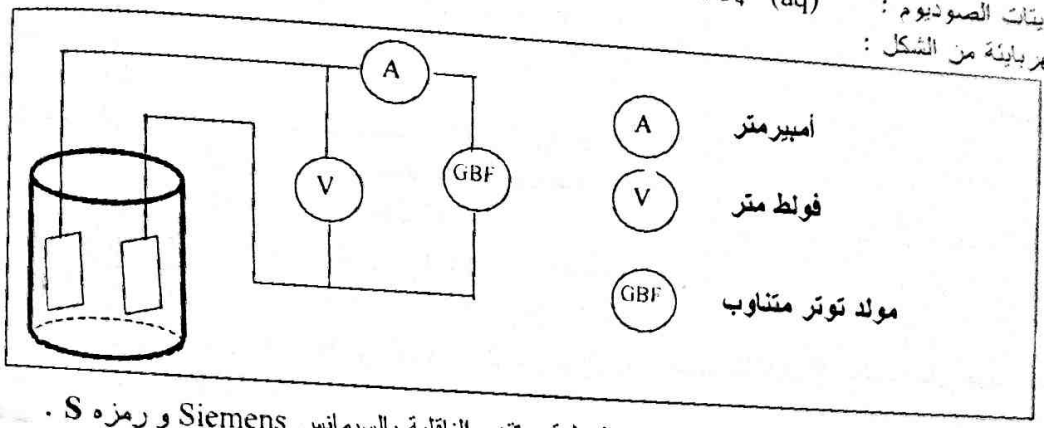
d ـ احسب تركيز كل شاردة موجود في المحلول S_6 .

الحـل ــ 11

أ ــ معادلة انحلال كبريتات الصوديوم :

$$Na_2SO_4\,(s) \rightarrow 2\,Na^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

a ــ مخطط الدارة الكهربائية من الشكل :

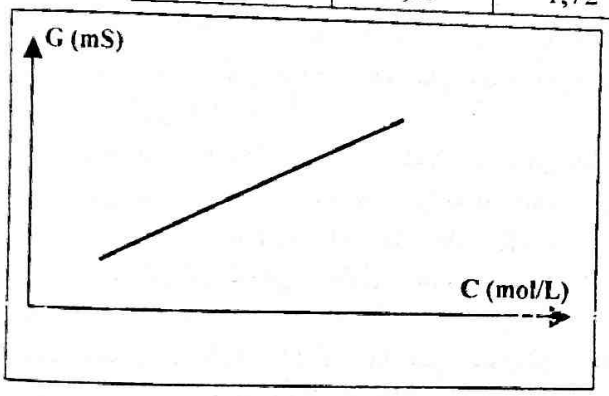


b ــ عبارة الناقلية G : $G = I/U$ وحدتها : في نظام الوحدات الدولية ، تقدر الناقلية بالسيمانس Siemens و رمزه S .

ــ حساب ناقلية كل محلول : نملأ الجدول بعد الحساب بالعلاقة السابقة :

المحلول	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
C (mol/L)	$1,0 . 10^{-2}$	$7,5 . 10^{-3}$	$5,0 . 10^{-3}$	$1,0 . 10^{-3}$	$5,0 . 10^{-4}$	C_6
U (V)	0,904	0,878	0,851	0,921	1,04	0,808
I (mA)	2,070	1,485	1,01	0,212	0,125	0,700
G (mS)	2,29	1,72	1,15	0,23	0,12	0,866

c ــ رسم البيان $G = f(C)$:



نرسم الخط البياني $G = f(C)$ والذي نجده عبارة عن خط مستقيم معادلته من الشكل $G = K . C$ حيث K معامل التوجيه أي :

$$K = \Delta G/\Delta C = 2,29/0,01 = 229\ mS . L/mol$$

ــ هذا البيان يمثل مخطط المعايرة لخلية القياس المستعملة .

ــ حساب التركيز المولي للمحلول : عندما : $I = 700\ mA$ نجد $G = 0,866\ mS$

نسقط القيمة G في البيان $G = f(C)$ على محور C و نقرأ التركيز المناسب فنجد : $C_6 = 3,78\ mmol/L$

تحقيق : $G = K . C = 229 . C = 229 . 3,78 . 10^{-3} = 0,865$

d ــ حساب تركيز كل شاردة موجودة في المحلول S_6 .

من معادلة الإنحلال نجد أن : $[SO_4^{2-}] = C_6 = 3,78\ mmol/L$ ، $[Na^+] = 2\,C_6 = 7,56\ mmol/L$

التمرين ــ 12

محلول كلور الكالسيوم المقترح في حقنة زجاجية سعتها 10 mL تحتوي على 1g من $CaCl_2 . x\,H_2O$ ،
نريد إيجاد العدد x عن طريق قياس الناقلية . لمعايرة خلية قياس الناقلية نستعمل تراكيز مختلفة لمحلول كلور الكالسيوم لنحصل على الناقليات المختلفة للمحاليل كما في الجدول التالي :

C (mmol/L)	1	2,5	5	7,5	10
G (mS)	0,53	1,32	2,63	3,95	5,21

1ــ ارسم البيان $G = f(C)$

أعطى قياس الناقلية ، بعد تخفيف محتوى الحقنة 100 مرة ، $G = 2,42\ mS$.

2ــ استنتج قيمة تركيز المحلول المخفف . ثم قيمة تركيز المحلول الأصلي للحقنة .

3ــ احسب الكتلة m لكلور الكالسيوم المحتواة في الحقنة الزجاجية و استنتج العدد x .

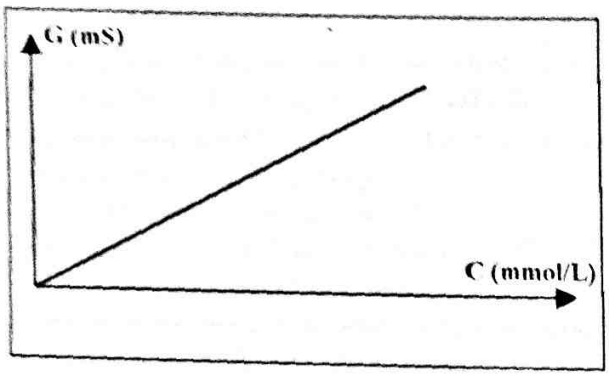
الحـل ــ 12

1ــ رسم البيان $G = f(C)$:

نرسم الخط البياني $G = f(C)$ والذي نجده عبارة عن خط مستقيم معادلته من الشكل $G = K . C$ حيث K معامل التوجيه أي :

$$K = \Delta G/\Delta C = 0,53/10^{-3} = 530\ mS . L/mol$$

ــ هذا البيان يمثل مخطط المعايرة لخلية القياس المستعملة .



2ـ استنتاج قيمة تركيز المحلول المخفف C :
عند إسقاط القيمة G = 2,42 mS على المنحنى البياني ثم نقرأ القيمة الموافقة على محور التركيز ، فنجدها : C = 4,57 m mol/L
تحقيق : $G = K . C = 530 . C = 530 . 4,57 . 10^{-3} = 2,42$

2ـ استنتاج قيمة تركيز المحلول الأصلي C_0 :
$C_0 = 100 . C = 100 . 4,57 = 0,46$ mol/L .

3ـ حساب الكتلة m لكلور الكالسيوم المحتواة في الحقنة الزجاجية :
انحلال كلور الكالسيوم :

$$CaCl_2 . x\,H_2O\,(s) + x\,H_2O\,(aq) \rightarrow 1\,Ca^{2+}(aq) + 2\,Cl^-(aq)$$

من معادلة الإنحلال هذه ، نستنتج : $[CaCl_2 . x\,H_2O] = [Ca^{2+}] = C_0 = 0,46$ mol/L
من قانون كمية المادة نجد : $n_{CaCl_2 . xH_2O} = m/M = C_0 . V \Rightarrow M = m/(C_0 . V) = 1/(0,46 . 0,01) = 217,39$ g
من قانون حساب الكتلة المولية لـ $CaCl_2 . x\,H_2O$ نجد : $M = M_{CaCl_2} + M(xH_2O) = 111 + 18\,x = 217,39$ g
ومنه نستنتج قيمة x فنجدها : x = 6

التمرين ـ 13

احسب التركيز المولي للشوارد في محلول لنترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ تركيزه 1,5 g/L ؟
ـ احسب الناقلية النوعية للمحلول في 25 °C ؟
ت.ع : في 25°C ، $\lambda_{NO3^-} = 7,14$ mS . m²/mol ، $\lambda_{Ca2+} = 11,90$ mS . m²/mol

الحـل ـ 13

ـ حساب ناقلية المحلول في 25 °C :

$$Ca(NO_3)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2\,NO_3^-$$
$$[Ca(NO_3)_2] = [Ca^{2+}] = C$$
$$[NO_3^-] = 2\,[Ca^{2+}] = 2\,C$$

ـ التركيز المولي لشاردة الكالسيوم : $C = C_m/M \Rightarrow [Ca^{2+}] = 1,5/164 = 9,15 . 10^{-3}$ mol/L
ـ التركيز المولي لشاردة النترات : $[NO_3^-] = 2 . 9,15 . 10^{-3} = 1,83 . 10^{-2}$ mol/L
ـ ناقلية المحلول

$$\sigma = \lambda_{Ca2+}[Ca^{2+}] + \lambda_{NO3-}[NO_3^-]$$
$$\sigma = 9,15 . 10^{-3}\,\lambda_{Ca2+} + 1,83 . 10^{-2}\,\lambda_{NO3-}$$
$$\sigma = 9,15 . 10^{-3} . 11,9 + 1,83 . 10^{-2} . 7,14 = 0,239$$ mS/m

التمرين ـ 14

حددنا بنفس التركيب و في نفس درجة الحرارة ، ناقلية المحاليل التالية : كلور الصوديوم NaCl ، كلور البوتاسيوم KCl ونترات البوتاسيوم KNO_3 حيث تركيز كل منها 4 mmol/L و وجدنا :
$G(Na^+ + Cl^-) = 1,16$ mS ، $G(K^+ + NO_3^-) = 1,37$ mS ، $G(K^+ + Cl^-) = 1,33$ mS
ـ بين أن المعطيات تسمح بحساب ناقلية محلول نترات الصوديوم $NaNO_3$ بنفس التركيز و نفس التركيب وعند نفس درجة الحرارة . أحسب قيمة هذه الناقلية . ـ أي ، من الأربع محاليل ، أكثر ناقلية للتيار الكهربائي ؟

الحـل ـ 14

نفس التمرين رقم 7.

التمرين ـ 15

اكتب صيغة فلور الكالسيوم و احسب ناقليته النوعية المولية في درجة حرارة 18 °C .
ـ الناقلية النوعية لمحلول فلور الكالسيوم هي 3,71 mS/m في درجة الحرارة 18 °C استنتج التركيز المولي لشوارد المحلول . ت.ع : في درجة حرارة 18 °C : $\lambda_{Ca2+} = 10,50$ mS . m²/mol ، $\lambda_{F^-} = 4,04$ mS . m²/mol

الحـل ـ 15

اكتب صيغة فلور الكالسيوم : فلور الكالسيوم . $\rightarrow Ca^{2+} + 2\,F^-$ إذن صيغة فلور الكالسيوم هي : CaF_2
ـ حساب ناقليته النوعية المولية في درجة حرارة 18 °C :

$$[CaF_2] = [Ca^{2+}] = C$$
$$[F^-] = 2\,[Ca^{2+}] = 2\,C$$
$$\lambda = \lambda_{Ca2+} + \lambda_{NO3-} = 10,50 + 4,04 = 14,54 \text{ mS . m}^2\text{/mol}$$
$$\sigma = \lambda . C \Rightarrow C = \sigma/\lambda = 3,71/14,54 = 0,26 \text{ mol/m}^3 .$$

ـ استنتاج التركيز المولي لشوارد المحلول :

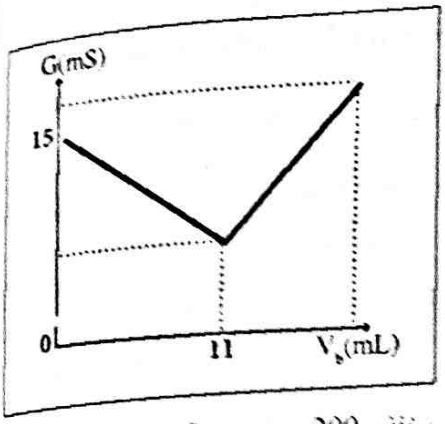
$$[Ca^{2+}] = C = 0,26 \text{ mol/m}^3$$

و منه :

$$[F^-] = 2\,[Ca^{2+}] = 2\,C = 0,5 \text{ mol/m}^3$$

التمرين ــ 16

نريد تعيين تركيز حمض كلور الماء . لهذا الغرض نخفف المحلول الأصلي 200 مرة . نأخذ V = 100 ml من المحلول المخفف الحاصل ، و نضيف له محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز 0,096 mol/L مع الرج . نقيس ناقلية المحلول و نحصل على البيان التالي :



ــ كيف نحقق تخفيف المحلول الاصلي ؟

ــ ما هي معادلة التفاعل للمعايرة ؟ اكتب معادلة التفاعل .

ــ اشرح كيفيا تطور الناقلية خلال المعايرة .

ــ استنتج الحجم المسكوب عند نقطة التكافؤ و كذا تركيز شوارد الهيدرونيوم في المحلول ثم تركيز حمض كلور الماء الاصلي .

الحل ــ 16

ــ تخفيف المحلول الأصلي : الحجم الذي نأخذه من المحلول الأصلي لتحضير محلول مخفف 200 مرة هو 1000/200 = 5 mL أي نأخذ 5 mL من المحلول الأصلي ونضعه في حوجلة سعتها 1000 mL ونكمل بالماء المقطر إلى 1000 mL .

ــ معادلة المعايرة حمض ــ أساس : $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2\ H_2O$

ــ تطور الناقلية خلال المعايرة : عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH ، شوارد الهيدرونيوم تتفاعل مع شوارد الهيدروكسيد الموجودة في الصودا أي تنقص كمية شوارد الهيدرونيوم و تزداد كمية شوارد الصوديوم ، و كون أن الناقلية المولية الشاردية للشوارد الهيدرونيوم أكبر من شوارد الصوديوم يجعل ناقلية المحلول تتناقص .

ــ استنتاج الحجم المسكوب في نقطة التكافؤ : الحجم المكافئ محدد في البيان السابق و هو يساوي 11 mL .

ــ عند نقطة التكافؤ : عند نقطة التكافؤ تكون الاعداد الستيكيومترية متناسبة :

كمية المادة للصودا = كمية المادة للشوارد الهيدرونيوم أي : $n_{H3O+} = n_{OH-}$

$n_{OH-} = 11 \cdot 0{,}096 = 1{,}0566\ mmol = n_{H3O+} \Rightarrow C_{H3O+} = n_{H3O+}/100 = 1{,}0566/100 = 0{,}01056\ mol/L$

التخفيف كان 200 مرة أي تركيز حمض كلور الهيدروجين في المحلول هو 2,11 mol / L

تمـــاريـــن نمـــاذج للفروض و الإختبارات

التمرين ــ1

أكمل الجدول التالي :

المركب	NaCl (s)	H_2O	HCl (g)
الكتلة	1,0 g		0,73 g
كمية المادة		55,6 mol	$2{,}0 \cdot 10^{-2}$ mol
الكتلة المولية	58,5 g/mol	18,0 g/mol	

الحل ــ1

المركب	NaCl (s)	H_2O	HCl (g)
الكتلة	1,0 g	$1{,}00 \cdot 10^3$ g	0,73 g
كمية المادة	$1{,}7 \cdot 10^{-2}$ mol	55,6 mol	$2{,}0 \cdot 10^{-2}$ mol
الكتلة المولية	58,5 g/mol	18,0 g/mol	36,5 g/mol

العلاقة بين الكتلة ، كمية المادة والكتلة المولية هي : $m = n \cdot M$

لدينا : $n_{NaCl} = m_{NaCl}/M_{NaCl} = 1{,}0/58{,}5 = 1{,}7 \cdot 10^{-2}$ mol

$m_{H2O} = 55{,}6 \cdot 18{,}0 = 1{,}00 \cdot 10^3$ g

$M_{HCl} = m_{HCl}/n_{HCl} = 0{,}73/(2{,}0 \cdot 10^{-2}) = 36{,}5$ g/mol

التمرين ــ2

أكمل الجدول التالي :

المركب	Fe (s)	Ethanol	Cl_2 (g)
الكتلة	5,0 kg	71 g	
الحجم		18 mL	22,4 L
الكتلة الحجمية	7 870 kg . m^{-3}		
الكثافة		0,789	

المعطيات : $\mu_{eau} = 1000\ kg/m^3$ ، $\mu_{air} = 1,293\ kg/m^3$

في الشروط النظامية للحرارة : $T_N = 273,15\ K$ و الضغط : $P_N = 101\ 325\ Pa$

الحـل ــ2

العلاقة بين الكتلة (m) ، الحجم (V) و الكتلة الحجمية (μ) هي : $\mu = m/V$

المركب	Fe (s)	Ethanol	Cl_2 (g)
الكتلة	5,0 kg	14 g	71 g
الحجم	$6,4 . 10^{-4}\ m^3$	18 mL	22,4 L
الكتلة الحجمية	7 870 kg . m^{-3}	789 kg/m^3	3,2 g/L
الكثافة	7,870	0,789	2,5

$V_{Fe} = m_{Fe}/\mu_{Fe} = 5,0/7870 = 6,4 . 10^{-4}\ m^3$

$d_{fe} = \mu_{fe} / \mu_{eau} = 7870/1000 = 7,870$

$d_{Ethanol} = \mu_{Ethanol} / \mu_{eau} \Rightarrow \mu_{Ethanol} = \mu_{eau} . d_{Ethanol} = 1000 . 0,789 = 789\ kg/m^3$

حسب : $\mu = m/V$ يمكننا كتابة : $m_{Ethanol} = \mu . V = 0,789 . 18 = 14\ g$

$\mu_{Cl2} = m/V = 71/22,4 = 3,2\ g/L \Rightarrow d_{Cl2} = \mu_{Cl2}/\mu_{air} = 3,2/1,293 = 2,5$

التمرين ــ3

علما أن الغاز مثالي ، أكمل الجدول التالي :

الضغط	101 325 Pa	101 325 Pa	800 hPa
الحجم	22,4 L		5,0 L
كمية المادة		1,0 mol	
درجة الحرارة	273,15 K	373,15 K	298 K

المعطيات : الثابت المولي : $R = 8,314\ J/mol . K$

الحـل ــ3

الضغط	101 325 Pa	101 325 Pa	800 hPa
الحجم	22,4 L	$31 . 10^{-3}$	5,0 L
كمية المادة	mol 0,999	1,0 mol	0,16 mol
درجة الحرارة	273,15 K	373,15 K	298 K

حسب قانون الغازات التامة :

$P . V = n . R . T \Rightarrow n = (P . V)/(R . T) = (101325 . 22,4 . 10^{-3})/(8,314 . 273,15) = 0,999\ mol$

$V = n . R . T/P = (1,0 . 8,314 . 373,15)/101325 = 31 . 10^{-3}\ m^3$

$n = (P . V)/(R . T) = (800 . 10^2 . 5,0 . 10^{-3})/(8,314 . 298) = 0,16\ mol$

التمرين ــ4

علما أن المحلول مائي ، أكمل الجدول التالي :

المركب	السكر (s)	الإيثانول	O_2(g)
كمية المادة	$1,0 . 10^{-2}$ mol	0,50 mol	
حجم المحلول		100 mL	2,0 L
التركيز	$2,5 . 10^{-1}$ mol/L		$4,5 . 10^{-4}$ mol/L

الحـل ــ4

المركب	السكر (s)	الإيثانول	O_2(g)
كمية المادة	$1,0 . 10^{-2}$ mol	0,50 mol	$9,0 . 10^{-4}$
حجم المحلول	$4,0 . 10^{-2}$ L	100 mL	2,0 L
التركيز	$2,5 . 10^{-1}$ mol/L	5,0 mol/L	$4,5 . 10^{-4}$ mol/L

$V = n_{sucre}/C_{sucre} = (1,0 . 10^{-2})/(2,5 . 10^{-1}) = 4,0 . 10^{-2}$ L

$C_{Ethanol} = n/V = 0,50/0,100 = 5,0$ mol/L

$n_{O2} = C_{O2} . V = 4,5 . 10^{-4} . 2,0 = 9,0 . 10^{-4}$ mol

التمرين ـ5

نذيب 1,0 g من كبريتات البوتاسيوم $K_2SO_4(s)$ في كمية كافية من الماء للحصول على 250 mL من المحلول

1ـ اكتب المعادلة الإجمالية للتفاعل الحادث .

2ـ احسب التركيز المولي للمحلول . 3ـ اوجد حصيلة المادة في جدول تقدم التفاعل .

4ـ احسب التركيز المولي لشوارد البوتاسيوم (K^+) و شوارد الكبريتات (SO_4^{-2}) في المحلول السابق .

الحـل ـ5

1ـ المعادلة الإجمالية للتفاعل الحادث : $K_2SO_4(S) \rightarrow 2\,K^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

2ـ التركيز المولي للمحلول : $C_{K2SO4} = n/V$ و كمية المادة للمذاب في المحلول $n_{K2SO4} = m/M$

من العلاقتين نستخرج : $C_{K2SO4} = m/(M . V) = 1,0/(174 . 0,250) = 2,3 . 10^{-2}$ mol/L

3ـ حصيلة المادة في جدول تقدم التفاعل:

	$K_2SO_4(S)$	→	$2\,K^+(aq)$	+	$SO_4^{2-}(aq)$
قبل التفاعل	n_{K2SO4}		0		0
بعد التفاعل	0		$2\,n_{K2SO4}$		n_{K2SO4}

بعد التفاعل : $n_{K^+} = 2 . n_{K2SO4}$; $n_{SO4^{-2}} = n_{K2SO4}$

4 $[K^+] = n_{K+}/V = 2 . n_{K2SO4}/V = 2 . C_{K2SO4} = 2 . 2,3 . 10^{-2} = 4,6 . 10^{-2}$ mol/L

$[SO_4^{-2}] = n_{SO4^{-2}}/V = n_{K2SO4}/V = C_{K2SO4} = 2,3 . 10^{-2}$ mol/L

التمرين ـ6

ندرس تفاعل تحول كاربونات الكالسيوم (calcair) إلى أكسيد الكالسيوم (chaux vive) حسب التفاعل الكيميائي :

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_2(s)$$

نحول كليا 2,0 g من كاربونات الكالسيوم ونتحصل على ثاني أكسيد الكاربون في الشروط النظامية .

1ـ احسب كمية مادة كاربونات الكالسيوم المتحولة .

2ـ استنتج كمية مادة ثاني أكسيد الكاربون الناتجة ثم أحسب حجمه .

3ـ ما هي كتلة أكسيد الكالسيوم المتحصل عليها ، $M_{Ca} = 40$ g . mol^{-1} ، $T_N = 273,15$ K ، $P_N = 101\,325$ Pa ، $R = 8,314$ g/mol . K

الحـل ـ6

1ـ $n_{CaCO3} = m/M = m/(M_{Ca} + M_C + 3 . M_O) = 2,0/(40 + 12 + 3 . 16) = 2,0 . 10^{-2}$ mol

2ـ بوضع $n = n_{CaCO3}$

	$CaCO_3(s)$	→	$CaO(s)$	+	$CO_2(g)$
قبل التفاعل	n		0		0
بعد التفاعل	0		n		n

كمية مادة $CO_2(g)$ الناتجة : $n_{CO2} = n = 2,0 . 10^{-2}$ mol

ـ حسب قانون الغاز المثالي لدينا : $V_{CO2} = (n . R . T)/P_{CO2} \Rightarrow V_{CO2} = (n . R . T_N)/P_N$

3ـ كمية مادة $CaO(s)$ هي : $n_{CaO} = n = 2,0 . 10^{-2}$ mol

$m_{CaO} = n_{CaO} . M_{CaO} = n . (M_{Ca} + M_O) = 2,0 . 10^{-2} . (40 + 16) = 1,1$ g

التمرين ـ7

تأثير الحمض على الحديد المعدني هو تفاعل بطيء و تام . ننمذجه بمعادلة التفاعل التالية :

$$Fe_{(s)} + 2\,H^+_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

في أنبوب اختبار ، نضع 0,10 g من مسحوق الحديد ثم نسكب حجم $V_a = 5,0$ mL من حمض الكلور تركيزه المولي بـ : $[H^+]_0 = 1,0$ mol/L

1ـ احسب كمية المادة للمتفاعلات . 2ـ استنتج المتفاعل المحد .

3ـ احسب الحجم الكلي لغاز الهيدروجين الناتج في نهاية التفاعل مأخوذ في الشروط النظامية للضغط و درجة الحرارة .

4ـ ما هي تراكيز الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول عند نهاية التفاعل .

$M_{Fe} = 55,8$ g/mol ; $V_m = 24,0$ L/mol (25° C ; $P_N = 101\,325$ Pa)

الحل ـ7

1ـ كمية المادة للمتفاعلات : $(n_{Fe})i = (m_{Fe})i/M_{Fe} = 0,10/55,8 = 1,8 \cdot 10^{-3}$ mol

$(n_{H^+})i = [H^+]_0 \cdot Va = 1,0 \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} = 5,0 \cdot 10^{-3}$ mol

2ـ المتفاعل المحد :

	$Fe\,(s)$	+	$2\,H^+\,(aq)$	→	$Fe^{2+}\,(aq)$	+	$H_2\,(g)$
قبل التفاعل	1,8		5,0		0		0
أثناء التفاعل	1,8 - x		5,0 – 2 x		x		x

الحصيلة النهائية :

	$Fe\,(s)$	+	$2\,H^+\,(aq)$	→	$Fe^{2+}\,(aq)$	+	$H_2\,(g)$
بعد التفاعل	0		1,4		1,8		1,8

3ـ الحجم الكلي لغاز الهيدروجين الناتج في نهاية التفاعل : $(n_{H2})_f = 1,8$ mmol

$n_{H2} = V_{H2}/V_m \Rightarrow (V_{H2})_f = (nH_2)_f \cdot V_m = 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 24,0 = 1,9 \cdot 10^{-2}$

4ـ تراكيز الأفراد الكيميائي :

$[Fe^{2+}]_f = (n_{Fe2+})_f/V_{solution} = (n_{Fe2+})_f/V_a = (1,8 \cdot 10^{-3})/(5,0 \cdot 10^{-3}) = 0,36$ mol/L

$[H^+]_f = (n_{H+})_f/V_{solution} = (n_{H+})_f/V_a = (1,4 \cdot 10^{-3})/(5,0 \cdot 10^{-3}) = 0,28$ mol/L

التمرين ـ8

السكر (saccharose) صيغته المجملة $C_{12}H_{22}O_{11}$ ، أسبارتام (L'aspartame) صيغته المجملة $C_{14}H_{18}O_5N_2$.

1 ـ حدد الكتلة المولية لهذه الأفراد الكيميائية .

2ـ إناء حجمه 250 mL مملوء بالحليب يحتوي على 5,0 g من السكروز. ما هو التركيز المولي للسكروز فيه ؟

3ـ نفس السؤال من أجل 10 mg من L'aspartame .

الحل ـ8

1ـ الكتلة المولية للسكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$: $M_{C12H22O11} = 12 \cdot M_C + 22 \cdot M_H + 11 \cdot M_O = 342$ g /mol

الكتلة المولية لأسبارتام $C_{14}H_{18}O_5N_2$: $M_{C14H18O5N2} = 14 \cdot M_C + 18 \cdot M_H + 5 \cdot M_O + 2 \cdot M_N = 294$ g/mol

2ـ التركيز المولي للحليب بالسكروز : $[C_{12}H_{22}O_{11}] = n/V = m/(M \cdot V) = 5,0/(342 \cdot 0,25) = 0,05$ mol/L

3ـ التركيز المولي للحليب بـ L'aspartame : $[C_{14}H_{18}O_5N_2] = n/V = m/(M \cdot V) = 1,4\ 10^{-4}$ mol/L

التمرين ـ9

1ـ الزيت الغذائي كثافته تساوي $d_h = 0,9$. ما هي كتلته الحجمية ؟

2ـ وصفة غذائية تتطلب 30 g من الزيت لتحقيقها . ما هو حجم الزيت الواجب أخذه ؟

3ـ نمزج الزيت مع خل كتلته الحجمية تساوي الكتلة الحجمية للماء . بعد الرج نترك المزيج لحاله مدة زمنية . ماذا تشاهد ؟

الحل ـ9

1ـ قيمة كثافة الزيت تعطي مباشرة قيمة كتلته الحجمية : $\rho = 0,9$ g/cm^3 = 0,9 kg/L

2ـ من تعريف الكتلة الحجمية ، نحسب حجم الزيت الواجب أخذه : $V = m/\rho = 30/0,9 = 33$cm^3

3ـ في مزيج يحتوي على سائلين غير قابلين للإمتزاج ، السائل ذو الكثافة أقل هو الذي يطفو على السطح : $d_V = d_e = 1 > d_h$

إذن الزيت يطفو على السطح .

التمرين ـ10

1ـ عند حرق الكربون بوجود الأكسجين يؤدي إلى تشكيل غاز يعكر رائق الكلس . ما هو هذا الغاز ؟

2ـ 1 مول من الكربون يتفاعل مع 1 مول من الأكسجين لتشكيل 1 مول من ثاني أكسيد الكربون . ما هو حجم الأكسجين اللازم لحرق 10,0 g من الكربون ؟ يعطى الحجم المولي : $V_m = 24,4$ L/mol

الحل ـ10

1ـ رائق الكلس يتعكر بوجود ثاني أكسيد الكربون . إذن الغاز الناتج هو : ثاني أكسيد الكربون CO_2

2ـ حتى يحترق كل الكربون يجب أن تتوفر كمية من O_2 تساوي كمية الكربون : $n_C = m_C/M_C = 10,0/12 = 0,833$ mol

حجم الأكسجين اللازم للإحتراق التام للكربون : $V_{O2} = n_{O2} \cdot V_m = 0,833 \cdot 24,4 = 20,3$ L

التمرين ـ11

ثاني أكسيد الكبريت SO_2 هو غاز ملوث للجو .

الإتحاد الأوروبي حدد التركيز الأعظمي له المقبول في الجو بـ $t_{max} = 250\ \mu g/m^3$

1ـ حدد التركيز المولي الأعظمي المقبول C_{max} لهذا الغاز في الجو .

2ـ إحتراق 1 mol من الكبريت يؤدي إلى تشكيل 1 mol من ثاني أكسيد الكبريت . نحرق 15 g من الكبريت في الهواء

داخل حجرة أبعادها $5\ m \times 5\ m \times 3\ m$.

a- كم عدد مولات ثاني أكسيد الكبريت التي تشكلت ، بفرض أن المتفاعل المحد هو الكبريت .

b- بفرض كل كمية غاز ثاني أكسيد الكبريت الموجودة في الحجرة ناتجة عن هذا الإحتراق ، هل تجاوزنا الحدود المسموحة التي وضعها الإتحاد الاوروبي ؟ هل يوجد خطر ؟

الحـل ـ 11

1 ـ التركيز المولي الأعظمي المقبول C_{max} لهذا الغاز في الجو : $t_{max} = 250 . 10^{-6}\ g/m^3$

نستنتج التركيز المولي الاعظمي : $C_{max} = t_{max}/M_{SO_2} = (250 . 10^{-6})/64 = 3,9 . 10^{-6}\ mol/m^3$

2 ـ a ـ عدد مولات ثاني أكسيد الكبريت التي تشكلت : $n_S = m_S/M_S = \ldots = 0,47\ mol$

b ـ $C_{SO_2} = n_{SO_2}/V = 0,47/(5 . 5 . 3) = 6,3 . 10^{-4}\ mol/m^3 > C_{max}$ نعم تجاوزنا الحدود المسموحة.

تمرين ـ 12

حدد من أجل كل مركب منحل في ماء داخل وعاء موصول إلى قطبين :

ـ تركيب المحلول المتحصل عليه .

ـ الشوارد التي تتجه نحو القطب السالب و الشوارد التي تتجه نحو القطب الموجب .

1ـ ملح المائدة . 2ـ كلور الهيدروجين . 3ـ هيدروكسيد الصوديوم . 4ـ الغلوكوز $C_6H_{12}O_6$ (Glucose)

الحـل ـ 12

1ـ ملح المائدة $NaCl_{(s)}$ أو كلور الصوديوم ، ينحل إلى شوارد الصوديوم $Na^+_{(aq)}$ التي تنتقل إلى القطب السالب و إلى شوارد الكلور $Cl^-_{(aq)}$ التي تنتقل إلى القطب الموجب .

2ـ كلور الهيدروجين $HCl_{(g)}$ ينحل إلى شوارد الأوكسونيوم $H^+_{(aq)}$ التي تنتقل إلى القطب السالب و إلى شوارد الكلور $Cl^-_{(aq)}$ التي تنتقل إلى القطب الموجب .

3ـ هيدروكسيد الصوديوم $NaOH_{(s)}$ ينحل إلى شوارد الـ وديوم $Na^+_{(aq)}$ التي تنتقل إلى القطب السالب و إلى شوارد الهيدروكسيد $HO^-_{(aq)}$ التي تنتقل إلى القطب الموجب .

4ـ الغلوكوز $C_6H_{12}O_6$ (Glucose) لا يعطي شوارد في المحلول ، إذن لا يوجد انتقال للشوارد ، و بالتالي المحلول غير ناقل للتيار الكهربائي .

التمرين ـ 13

خلايا جهازين لقياس الناقلية متكونة من صفيحتي بلاتين ، مربعتين ، طول ضلعيهما على التوالي : 2,0 mm و 3,0 mm .

علما أن صفيحتي الجهاز الأول البعد بينهما : 4,0 mm . حدد البعد بين صفيحتي الجهاز الثاني من أجل :

1- الحصول على نفس الناقلية بكلا الجهازين ، لنفس المحلول .

2- الحصول على ناقلية الجهاز الثاني (3,0 mm) تفوق بثلاث مرات الناقلية المعطاة بالجهاز الأول ، لنفس المحلول .

الحـل ـ 13

1ـ الناقلية G تحقق العلاقة : $G = \sigma . S/L$ ، بما أن σ لا يتعلق إلا بالمحلول وهذا المحلول معطى ، جهازي الناقلية يحسبان نفس الناقلية إذا كان ثابت الخلية : $K = S/L$ ، متساويا في كلتا الحالتين أي : $K_1 = S_1/L_1 = K_2 = S_2/L_2$.

ثابت الخلية للجهاز الأول : $K_1 = 2,0^2/4,0 = 1,0\ mm$ و للجهاز الثاني هو : $K_2 = 3,0^3/L_2 = 1,0\ mm$ ،

و منه البعد بين صفيحتي الجهاز الثاني : $L_2 = 3,0^3/1,0 = 9,0\ mm$

2ـ نريد الحصول على : $G_2 = (\sigma . S_2)/L_2 = 3\ G_1 = 3 . (\sigma . S_1)/L_1$

و منه : $L_2 = (L_1 . S_2)/(3 . S_1) = (4,0 . 3,0^2)/(3 . 4,0) = 3,0\ mm$

التمرين ـ 14

بين الصحيح من الخطأ فيما يلي :

1- المحلول المتعادل كهربائيا لا ينقل التيار الكهربائي .

2- الشوارد ذات إشارات الشحن متعاكسة تنتقل في اتجاه متعاكس .

3- الماء النقي ناقل أحسن من الخمر .

4- ماء البحر الميت ناقل أحسن من مياه بحر الشمال .

5- هندسة خلية قياس الناقلية ، تتعلق بطبيعة المحلول المغمورة فيه .

الحـل ـ 14

1- خطأ . المحلول يكون دائما متعادلا كهربائيا و لكن يمكن أن يحتوي على شوارد مختلفة ذات شحن متعاكسة ، إذن ينقل التيار الكهربائي . وحده المحلول المتكون من جزيئات كلها منفردة محايدة (جزيئات مثلا) غير ناقل للتيار .

2- صحيح . انظر إلى ملخص الدرس .

3- خطأ . الماء النقي لا يحتوي على شوارد ، ومنه تكون ناقليته رديئة . الخمر يحتوي على عدة مكونات ، أغلبيتها شوارد تنقل التيار الكهربائي .

4- صحيح . ماء البحر الميت أكثر ملوحة وحرارة من مياه بحر الشمال . أي تركيز الشوارد الكبير و درجة الحرارة المرتفعة تزيد من حدة الناقلية .

5- خطأ . انظر ملخص الدرس .

التمرين ــ15

ثابت خلية قياس الناقلية هو : $K = 0,85 . 10^{-2}$ m .

1ــ حدد ناقلية و مقاومة محلول من كلور الكالسيوم $CaCl_2$ ذو التركيز $c = 1,0 . 10^{-2}$ mol/L .

2ــ استنتج الناقلية النوعية المولية لهذا المحلول .

تعطى الناقلية النوعية الشاردية المولية لشوارد Ca^{2+} , Cl^- بـ : $\lambda_{Cl^-} = 7,63$: (mS . m²/mol) ؛ $\lambda_{Ca^{2+}} = 11,9$.

الحـل ــ 15

1ــ معادلة انحلال كلور الكالسيوم $CaCl_{2(s)}$: $CaCl_{2(s)} \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2\ Cl^-_{(aq)}$

تراكيز الشوارد الموجودة في المحلول هي : $[Ca^{2+}] = c$ و $[Cl^-] = 2c$ مع : $c = 1,0 . 10^{-2}$ mol/L = 10 mol/m³ .

بما أن المحلول ممدد كفاية ($c < 10^{-2}$ mol/L) ، يمكن كتابة الناقلية النوعية للمحلول σ بدلالة الناقليات الشاردية المولية :

$$\sigma = K (\lambda_{Ca^{2+}} [Ca^{2+}] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-]) = c (\lambda_{Ca^{2+}} + 2 \lambda_{Cl^-})$$

تعطى الناقلية G للمحلول : $G = K . \sigma = K . c (\lambda_{Ca^{2+}} + 2 \lambda_{Cl^-}) = 0,85 . 10^{-2} . 10 (11,9 + 2 . 7,63) = 2,3$ mS

ــ المقاومة هي مقلوب الناقلية : $R = 1/G = 4,4 . 10^2\ \Omega$

2ــ الناقلية النوعية المولية للمحلول : $\lambda = \sigma/c$ حيث : $(\sigma = G/K)$

$$\lambda = \sigma/c \Rightarrow \lambda = G/(K . c) = (2,3 . 10^{-3})/(0,85 . 10^{-2} . 10) = 2,7 . 10^{-2}\ S . m^2/mol$$

التمرين ــ16

ناقلية ثلاث محاليل ذات تراكيز مولية متساوية $c_0 = 1,0 . 10^{-3}$ mol/L ، مقاسة بنفس خلية قياس الناقلية وعند نفس درجة الحرارة ، تعطي النتائج التالية على الترتيب :

- **من أجل المحلول الثاني (محلول هيدروكسيد الصوديوم) : $G_1 = 4,23$ mS .**
- **من أجل المحلول الأول (محلول كلور الصوديوم) : $G_2 = 2,22$ mS .**
- **من أجل المحلول الثالث (محلول كلور البوتاسيوم) : $G_3 = 2,55$ mS .**

1ــ عبر عن G_3 , G_2 , G_1 بدلالة K , c_0 و الناقلية النوعية المولية الشاردية للشوارد المتواجدة في المحلول .

2ــ استنتج الناقلية G_4 لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم ذات التركيز المتساوي ، مقاس بنفس جهاز قياس الناقلية .

3ــ أي من هذه المحاليل الأربعة الأكثر ناقلية ؟

الحـل ــ 16

1 ــ المحلول ممدد إذن يمكن كتابة :

$$G_1 (Na^+ + OH^-) = K . \sigma_1 = K . (\lambda_{Na^+} [Na^+] + \lambda_{OH^-} [OH^-]) = K . c_0 (\lambda_{Na^+} + \lambda_{OH^-})$$

$$G_2 (Na^+ + Cl^-) = K . \sigma_2 = K . (\lambda_{Na^+} [Na^+] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-]) = K . c_0 (\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-})$$

$$G_3 (K^+ + Cl^-) = K . \sigma_3 = K . (\lambda_{K^+} [K^+] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-]) = K . c_0 (\lambda_{K^+} + \lambda_{Cl^-})$$

2ــ استنتاج الناقلية G_4 لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم $G (K^+ + OH^-)$: $G (K^+ + HO^-) = K . c_0 (\lambda_{K^+} + \lambda_{OH^-})$

يمكن كتابة العلاقة السابقة على الشكل التالي :

$$K . c_0 [\lambda_{K^+} + \lambda_{Cl^-} + \lambda_{Na^+} + \lambda_{OH^-} - \lambda_{Na^+} - \lambda_{Cl^-}] = K . c_0 [\lambda_{K^+} + \lambda_{OH^-}] = G (K^+ + OH^-)$$

و منه : $G_4 (K^+ + OH^-) = G (K^+ + Cl^-) + G (Na^+ + OH^-) - G (Na^+ + Cl^-)$

2 ــ حساب $G_4 (K^+ + OH^-) = G_3 (K^+ + Cl^-) + G_1 (Na^+ + OH^-) - G_2 (Na^+ + Cl^-) = 4,56$ mS

3 ــ المحلول الذي له نقل كهربائي أكبر هو المحلول الذي له أكبر قيمة للناقلية : $G_1 (Na^+ + OH^-) = 4,23$ mS

التمرين ــ17

نريد دراسة مميزة خلية قياس الناقلية . من أجل ذلك نسجل القياسات التالية :

I (mA)	0	1,17	2,36	3,70	4,84	6,10	7,25
U (V)	0	0,48	0,97	1,52	2,00	2,51	2,87

1ــ حدد ناقلية المحلول المدروس .

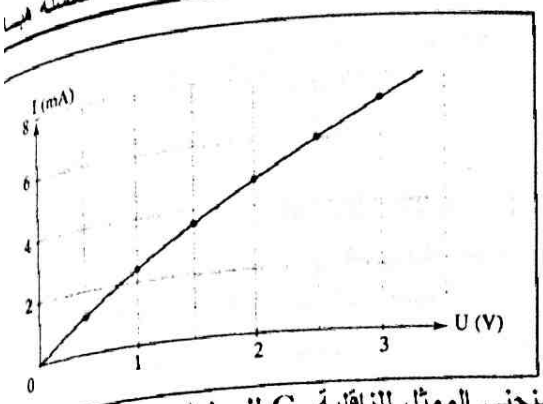
2ــ علما بأنه يتعلق الأمر بمحلول نترات الفضة $AgNO_3$ ذو تركيز $c = 1,0 . 10^{-2}$mol/L ، استنتج ثابت الخلية .

3ــ نقيس بواسطة الخلية المدروسة ، الناقلية النوعية لمحلول يود البوتاسيوم فنجد : 0,60 mS ، استنتج تركيز هذا المحلول .

تعطى الناقلية النوعية الشاردية المولية بـ : (mS . m²/mol) : I^- : 7,70 ؛ NO_3^- : 7,14 ؛ K^+ : 7,35 ؛ Ag^+ : 6,19

الحـل ــ 17

1ــ تحديد ناقلية المحلول المدروس : من رسم المنحنى I = f(U) نحدد ناقلية المحلول المدروس .



ـ التمثيل البياني للدالة $I = f(U)$ عبارة عن مستقيم يمر من مبدأ الإحداثيات معادلته من الشكل : $I = K \cdot U$ حيث K يمثل ميل المنحنى .
و من العلاقة النظرية لدينا : $I = G \cdot U$ و من العلاقتين التجريبية و النظرية نجد : $G = K = 2,43\ mS$
2ـ استنتاج ثابت الخلية : $G = K = 2,43\ mS$

التمرين ـ18

كمية الملح التي يمكن إذابتها في حجم معين من الماء محدودة . بتجاوز هذه الكمية ، الملح لا ينحل : نقول أن المحلول مشبع.

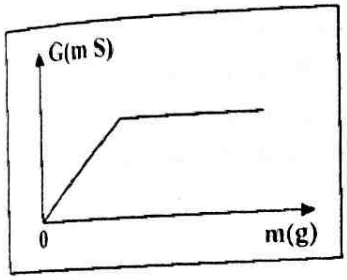
1ـ نفترض أن ناقلية المحلول تتناسب طردا مع كمية شوارده ، ارسم المنحنى الممثل للناقلية G للمحلول بدلالة الكتلة m للملح المضاف .

2ـ بمعرفة ثابت الخلية K ، والناقليات النوعية الشاردية المولية للشوارد : Na^+ و Cl^- استنتج طريقة تقدير الكمية العظمى للملح التي يمكن إذابتها في 1 L من الماء .

3ـ الكمية المنحلة تزداد مع ارتفاع درجة الحرارة . هل يمكن تقدير الكمية العظمى للملح التي يمكن إذابتها في 1,0 L من الماء عند درجة حرارة $100^0\ C$ بواسطة الناقليات النوعية الشاردية المولية المعطاة عند $25^0\ C$.

الحـل ـ 18

1 ـ معادلة انحلال كلور الصوديوم : $NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$. شوارد Na^+ و Cl^- تنقل التيار الكهربائي عند إضافة الملح ، طالما أن المحلول غير مشبع ، ناقليته ترتفع . عند تشبعه ، الملح المضاف يبقى صلبا على شكل بلورات متعادلة $NaCl_{(s)}$ غير ناقلة :إذن ناقلية المحلول تبقى ثابتة .



نفرض أن الناقلية تتناسب طردا مع تركيز المحلول للشوارد ، المنحنى الممثل للناقلية G للمحلول بدلالة الكتلة m لكمية الملح المضافة يعطى بالشكل المقابل :

2 ـ نفرض أن المحلول ممدد كفاية ، الناقلية G تعطى بالعلاقة :

$$G = K\sigma = K \cdot (\lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]) = K \cdot c_0 (\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-})$$

$$c_0 = G / K (\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-})$$

نقرأ على المنحنى قيمة الناقية ثم نستنتج قيمة c الموافقة .

3ـ لا . لأن الناقلية النوعية الشاردية المولية تزداد بارتفاع الحرارة (الشاردة تنتقل بحرية أكثر في الحرارة المرتفعة) .

التمرين ـ19

ندرس تغيرات الناقلية G لمحلول مائي ممدد لكلور الصوديوم ($Na^+(aq) + Cl^-(aq)$) ذو تركيز مولي c بدلالة المساحة S لأقطاب خلية قياس الناقلية . لهذا الغرض نضع عل التوازي صفيحتين متماثلتين متقابلتين من النحاس ، البعد بينهما ثابت L . نوصلهما إلى دارة كهربائية تسمح بإعطاء قيمة الناقلية G بين الصفيحتين . نقيس الناقلية G بدلالة قيمة العمق h للجزء المغمور من الصفيحتين في المحلول ، فنتحصل على الجدول التالي :

h(cm)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
G(mS)	0,0	0,82	1,6	2,4	3,3	4,1

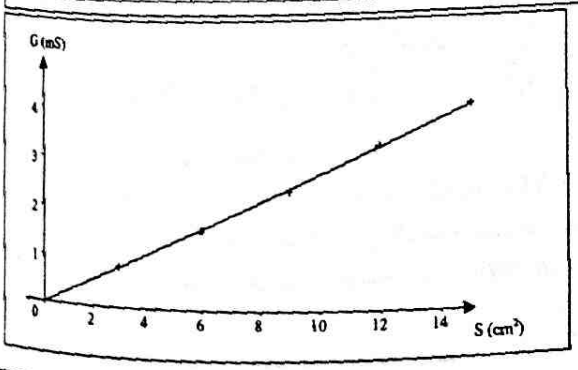
1ـ ارسم المنحنى الممثل لتغيرات الناقلية G بدلالة المساحة S للجزء المغمور من الصفيحتين في المحلول .

2ـ ماذا تستنتج من شكل المنحنى $G = f(S)$. يعطى عرض الصفيحتين : $a = 3,0\ cm$.

الحـل ـ19

1ـ يجب أولا حساب المساحة S للجزء المغمور من الصفيحتين ، حيث : $S = h \cdot a = 3,0 \cdot h\ (cm^2)$
ثم نملأ الجدول محددا S :

$S(cm^2)$	0,0	3,0	6,0	9,0	12	15



نرسم المنحنى الممثل لتغيرات G بدلالة S :

2 ـ التمثيل البياني للدالة $G = f(S)$ هو عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ و منه الناقلية G تتناسب طردا مع المساحة S المغمورة أي : $G = k \cdot S$ حيث k يمثل معامل التناسب بينهما و وحدته mS/cm^2 .

التمرين ـ20

ندرس تغيرات الناقلية لمحلول مائي ممدد من كلور الصوديوم ($Na^+(aq) + Cl^-(aq)$) ذو تركيز مولي c بدلالة البعد L الفاصل بين أقطاب خلية قياس الناقلية . لهذا الغرض ، نضع على التوازي صفيحتين نحاسيتين متقابلتين تبعدان عن بعضهما بمسافة L متغيرة . نوصلهما بدارة كهربائية تسمح بقياس قيمة الناقلية G . نغمر جزء من الصفيحتين مساحته S تبقى ثابتة في المحلول السابق . نقيس الناقلية G بدلالة البعد L بين الصفيحتين ، فنتحصل على الجدول التالي :

L(cm)	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
G(mS)	14	9,4	7,1	5,7	4,7	4,0

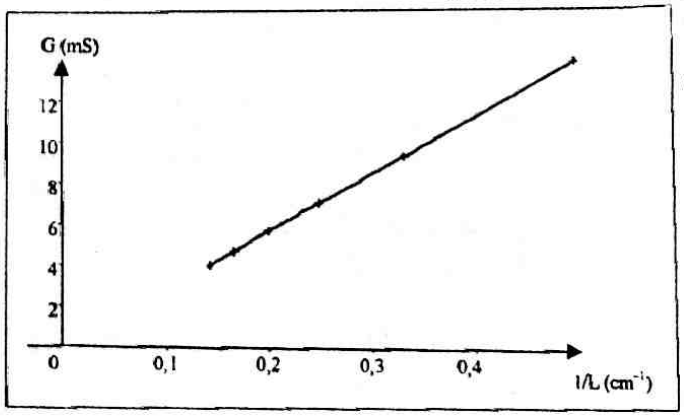
1ـ ارسم المنحنى الممثل لتغيرات الناقلية G بدلالة 1/L (مقلوب البعد L بين الصفيحتين الغمورتين في المحلول)

2ـ ماذا تستنتج من شكل المنحنى G = f(1/L) ؟

الحل ـ20

1ـ يجب أولا حساب مقلوب البعد L بين الصفيحتين ، أي : 1/L . النتائج مبينة في الجدول :

1/L (cm^{-1})	0,50	0,33	0,25	0,20	0,15	0,13



ارسم المنحنى الممثل لتغيرات الناقلية G بدلالة 1/L :

2ـ التمثيل البياني للدالة G = f(1/L) هو عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ . الناقلية G تتناسب عكسا مع الطول L :

$G = k \cdot \frac{1}{L}$ حيث k ثابت التناسب وحدته mS . cm

التمرين ـ21

ندرس تغيرات الناقلية لمحلول مائي ممدد من كلور الصوديوم ($Na^+(aq) + Cl^-(aq)$) بدلالة التركيز المولي . لهذا الغرض نضع على التوازي صفيحتين نحاسيتين البعد بينهما ثابت L . نغمر جزء من الصفيحتين مساحته ثابتة في بيشر سعته 500 mL . يحتوي على 400 mL من الماء و نوصلهما بدارة كهربائية تعطي قيمة الناقلية G . تسكب قطرة بقطرة حيث كل قطرة حجمها 1 mL محلول من كلور الصوديوم الإبتدائي ذو التركيز المولي $c_1 = 0,10\ mol/L$. نقيس الناقلية G بدلالة الحجم V للمحلول المسكوب ، فنتحصل على الجدول التالي :

V(mL)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
G(µS)	34	68	102	136	170	204

1ـ احسب التركيز المولي c_2 للمحلول الموجود في البيشر

2ـ ارسم المنحنى الممثل لتغيرات الناقلية G بدلالة التركيز المولي c_2

3ـ ماذا تستنتج من المنحنى $G = f(c_2)$ ؟

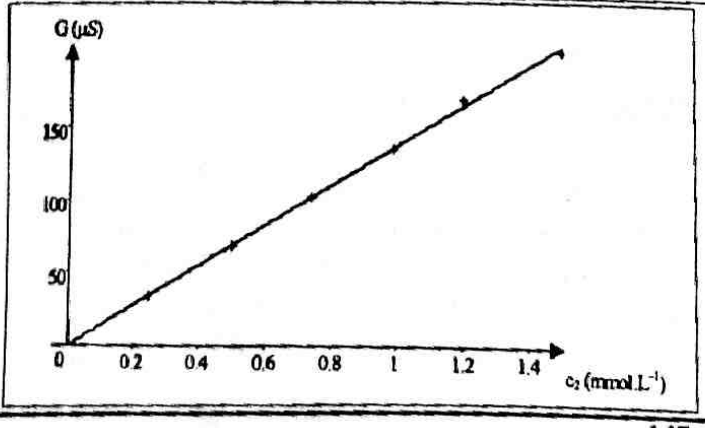
الحل ـ21

1ـ حساب التركيز المولي c_2 للمحلول الموجود في البيشر: من إنحفاظ المادة نحصل على :

$n_{NaCl} = c_1 \cdot V = c_2 \cdot V_{total}$ حيث : $V_{total} = V + 400\ (mL)$ و منه : $c_2 = c_1 \cdot V/(400 + V)$

ومنه نحصل على الجدول التالي :

$c_2\ (10^{-3}\ mol \cdot L^{-1})$	0,25	0,50	0,74	0,99	1,2	1,5



2ـ رسم المنحنى الممثل لتغيرات الناقلية G بدلالة التركيز المولي c_2 :

3ـ التمثيل البياني للدالة : $G = f(c_2)$ هو عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ . الناقلية G تتناسب طردا مع التركيز المولي (c_2) من كلور الصوديوم الموجود في البيشر حيث :

$G = k \cdot c_2$ حيث K معامل التناسب بين c_2 و G

وحدته µS . L /mmmol

التمرين ــ22

قارورة تحتوي على محلول فيزيولوجي نسبته الكتلية ‰ 9 . نريد التحقق من هذه النسبة بواسطة منحنى المعايرة لناقلية . لأجل ذلك نقيس في نفس الشروط التجريبية ناقلية المحلول المائي لكلور الصوديوم نو تركيز مولي C معلوم . النتائج مدونة في الجدول التالي :

C(mmol/L)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10
G(μS)	105	210	315	420	525	630	735	840	945	1050

نقيس في نفس الشروط ناقلية المحلول الفيزيولوجي الممدد 20 مرة ، نحصل على : $G_1 = 825\ \mu S$

1ــ ارسم المنحنى الممثل لتغيرات الناقلية G بدلالة التركيز المولي C لكلور الصوديوم المغير للجهاز $G = f(C)$

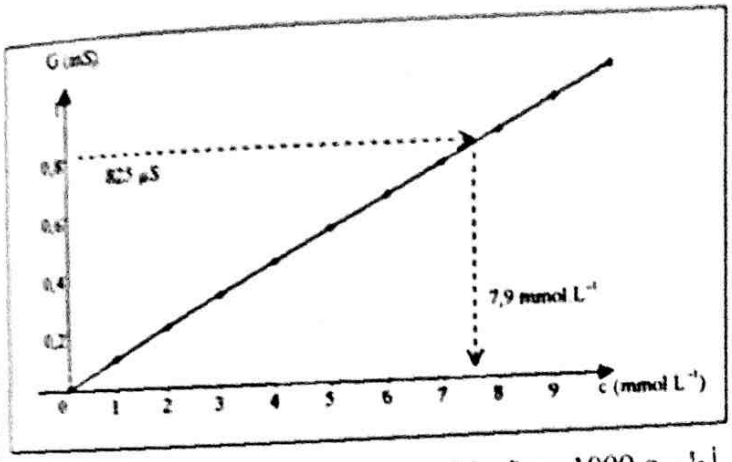
2ــ استنتج من المنحنى السابق التركيز المولي للمحلول الفيزيولوجي الممدد 20 مرة .

3ــ احسب التركيز المولي و التركيز الكتلي للمحلول الفيزيولوجي المدروس .

4ــ قارن ، بحساب الخطأ النسبي للنتيجة المعطاة ، بين القيمة المعطاة و القيمة التجريبية للمحلول الفيزيولوجي المدروس .

تعطى : الكتلة الحجمية للمحلول الفيزيولوجي تساوي الكتلة الحجمية للماء .

الحــل ــ22



1ــ رسم المنحنى الممثل لتغيرات الناقلية G بدلالة التركيز المولي C للمحلول الفيزيولوجي $G = f(C)$.

2ــ بتطبيق : $G_1 = 825\ \mu S$ على المنحنى السابق نتحصل على التركيز المولي : $C_1 = 7,9\ mmol/L$. وهو المطلوب .

3ــ التركيز المولي C للمحلول الفيزيولوجي هو إذن : $C = 20 . C_1 = 20 . 7,9 . 10^{-3} = 0,16\ mol/L$.

لإيجاد التركيز الكتلي لدينا :

$C_m = C . M_{NaCl} = 0,16 . 58,5 = 9,4\ g/L$.

4ــ القارورة التي تحتوي على المصل الفيزيولوجي ذات النسبة الكتلية ‰ 9 أي 9 g من كلور الصوديوم من أجل 1000 g من المحلول . الكتلة الحجمية للمصل تساوي تقريبا الكتلة الحجمية للماء ، يمكن اعتبار 9 g من كلور الصوديوم من أجل 1000 mL من المحلول .

حساب الخطأ النسبي : $|9,4 - 9| / 9 = 4\ \%$ = القيمة المتوقعة / | القيمة المتوقعة – القيمة التجريبية | = $\Delta\%$

نعتبر هذا الخطأ مقبول نظرا للأخطاء التجريبية التي تحدث أثناء حصة الأعمال التطبيقية .

التمرين ــ23

نقيس ناقلية محلول كلور الصوديوم نو تركيز مولي $C = 1,00 . 10^{-2}\ mol/L$ باستعمال خلية قياس الناقلية المتكونة من صفيحتين مستطيلتين حيث العرض $a = 2,90\ cm$ ، البعد بينهما $L = 5,00\ cm$ ، مغمورة بعمق قدره $h = 5,00\ cm$ في محلول كلور الصوديوم ، فنحصل على : $G = 3,50\ mS$.

1ــ احسب الناقلية النوعية للمحلول المدروس في هذه الشروط .

2ــ اكتب المعادلة الإجمالية لإنحلال كلور الصوديوم في الماء . استنتج التراكيز المولية للأفراد المتواجدة في المحلول .

3ــ احسب الناقلية النوعية النظرية لمثل هذا المحلول .

4ــ قارن ، بحساب الإرتياب النسبي ، بين الناقلية التجريبية و النظرية للمحلول المدروس . تعطى :

الناقلية النوعية المولية الشاردية : $\lambda_{Cl^-} = 7,60 . 10^{-3}\ S . m^2 . mol^{-1}$; $\lambda_{Na^+} = 5,00 . 10^{-3}\ S . m^2 . mol^{-1}$

الحــل ــ23

1ــ الناقلية النوعية σ للمحلول يعبر عليها بالعلاقة التالية : $G = \sigma . S/L \Rightarrow \sigma = G . L/S = 1,21 . 10^{-1}\ S/m$

2ــ كتابة المعادلة الإجمالية لإنحلال كلور الصوديوم في الماء : $NaCl_{(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

المعادلة	$NaCl_{(s)}$	→	$Na^+_{(aq)}$	+	$Cl^-_{(aq)}$
قبل الإنحلال	n		0		0
بعد الإنحلال	0		n		n

يمكن كتابة : $C_{NaCl} = n/V$ ، حجم المحلول المتحصل عليه بعد الحلال كمية n من كلور الصوديوم في الماء هو V ، و منه : $[Na^+] = [Cl^-] = n/V = C_{NaCl} = 1,00 . 10^{-2}\ mol/L$

3ــ الناقلية النوعية σ لمحلول شاردي تعطى بالعلاقة : $\sigma = \Sigma \lambda_i . [X_i]$

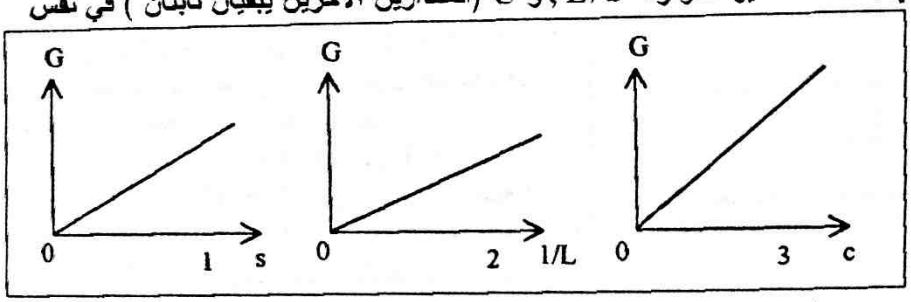
$\sigma = \lambda_{Na^+} . [Na^+] + \lambda_{Cl^-} . [Cl^-] = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-}) . C_{NaCl} = 1,24 . 10^{-1}\ S/m.$

حساب الإرتياب النسبي : $\Delta\% = |$ القيمة التجريبية – القيمة النظرية $| /$ القيمة النظرية $| = |1,21 - 1,24| / 1,24 = 2,4\ \%$
نعتبر هذا الخطأ مقبول نظرا للأخطاء التجريبية التي تحدث أثناء حصة الأعمال التطبيقية .

المسألة :

1ـ ندرس تغيرات الناقلية G لمحلول مائي بدلالة المقادير المؤثرة S , L , و C (المقدارين الآخرين يبقيان ثابتان) في نفس الشروط لدرجة الحرارة و الضغط .

تعطى المنحنيات التالية :



a ـ ماذا تمثل الأبعاد S , L و C ؟

b ـ ما هي وحدة القياس الدولية التي تعطى للأبعاد S , L , C و G ؟ ما هي الوحدة المستعملة مخبريا لحساب هذه القيم . حرر الإجابة في جدول .

c ـ اوجد العلاقة التي تربط بين الناقلية G و الأبعاد الثلاثة S , L و C .

2ـ نريد تحديد التركيز المولي C_1 لمحلول مائي من كلور البوتاسيوم KCl (s) بطريقة قياس الناقلية . من أجل ذلك نقوم بقياس الناقلية لمحلول مائي معاير للجهاز ذو تراكيز معروفة و ممثلة في الجدول المرفق :

$C(mmol.L^{-1})$	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
$G\ (\mu S)$	124	250	378	498	625	746	1 005

a ـ ارسم المنحنى الممثل لتطور الناقلية G بدلالة التركيز C للمحاليل المعايرة للجهاز .

b ـ ما هي طبيعة هذا التطور ؟ برر جابتك . نمدد بعد ذلك حجم $V_1 = 50\ mL$ من المحلول ذو تركيز C_1 في $400\ mL$ من ماء مقطر : نحصل على محلول ذو تركيز C_2 . نقيس الناقلية G_2 لهذا المحلول في نفس الشروط التجريبية السابقة ، فنحصل على $G_2 = 420\ \mu S$.

c ـ اوجد التركيز C_2 للمحلول المدروس . اشرح الطريقة المستعملة .

d ـ استنتج التركيز C_1 . برر إجابتك .

3ـ نسجل قيم ناقليات متحصل عليها في نفس الشروط التجريبية السابقة لمحاليل ذات تراكيز متماثلة :

المحل	KOH (s)	NaOH (s)	$NaNO_3$ (s)
G (mS)	2,74	2,50	1,21

a ـ استنتج من هذه القياسات ، ناقلية محلول مائي لنترات البوتاسيوم ($K^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$) و التركيز المولي المأخوذ في نفس الشروط . برر إجابتك .

b ـ قارن بين الناقليات المولية الشاردية للشوارد السالبة HO^- و NO_3^- و كذلك بالنسبة للشوارد الموجبة Na^+ و K^+ .

الحـل

a ـ الأبعاد S , L و C : تقاس الناقلية G لمحلول ذو تركيز مولي C باستعمال خلية قياس الناقلية المتكونة من صفيحتين ناقلتين متوازيتين ، البعد بينهما L ، مغمورة في المحلول بحيث مساحة الجزء المغمور قدرها S .

b ـ

المقادير	الإسم	الوحدة (S . I)	الوحدة المستعملة
S	المساحة المغمورة	متر مربع (m^2)	cm^2 أو mm^2 سنتمتر مربع أو مليمتر مربع
L	البعد بين الصفيحتين	متر (m)	cm أو mm سنتمتر أو مليمتر
C	التركيز المولي	مول على متر مكعب (mol/m^3)	mol/l مول على لتر
G	الناقلية	سيمنس (S)	mS أو μS ملي سيمنس أو مكروسيمنس

c ـ العلاقة التي تربط بين الناقلية G و الأبعاد الثلاثة S , L و C : المنحنيات الثلاث كلها عبارة عن مستقيمات تمر من المبدأ مما نستنتج عنه وجود تناسب بين الناقلية G و الأبعاد الثلاثة S , L و C .

ـ المنحنى 1 عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ مما نستنتج عنه وجود تناسب طردي بين الناقلية G و المساحة S .

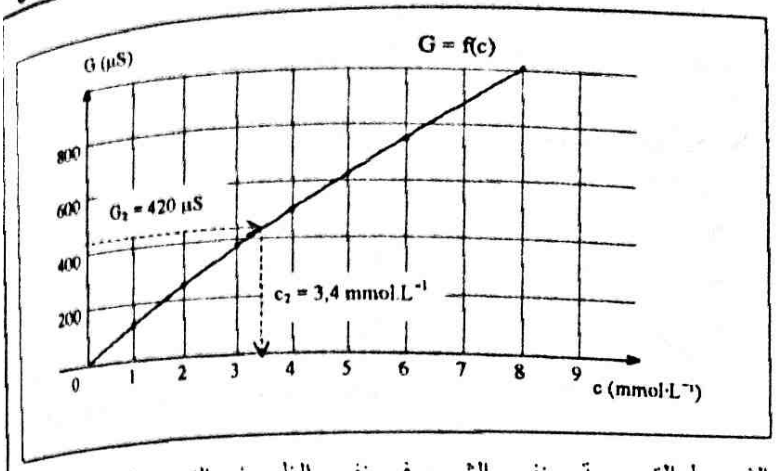
ـ المنحنى 2 عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ مما نستنتج عنه وجود تناسب عكسي بين الناقلية G و البعد L .

ـ المنحنى 3 عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ مما نستنتج عنه وجود تناسب طردي بين الناقلية G و التركيز C .

و منه نستنتج العلاقة التالية : $G = K \cdot C \cdot (S/L)$

2ـ a ـ رسمي المنحنى : انظر الشكل أسفله .

b ـ طبيعة هذا التطور :



ـ التمثيل البياني للدالة $G = f(C)$ عبارة عن مستقيم يمر من مبدأ الإحداثيات معادلته من الشكل : $G = K \cdot C$ ، حيث K هو ميل المنحنى .

c ـ بتطبيق : $G_2 = 420\ \mu S$ على المنحنى $G = f(C)$ نتحصل على التركيز المولي : $C_2 = 3,44\ mmol/L$.

d ـ حساب التركيز المولي C_1 للمحلول الموجود في البيشر : من إنحفاظ المادة نحصل على :

$$n_{NaCl} = C_1 \cdot V = C_2 \cdot V_{total}$$

حيث : $V_{total} = V + 400\ (mL)$ و منه :

$$C_1 = C_2 \cdot (400 + V_1) / V_1 = 3,1 \cdot 10^{-2}\ mol/L$$

3ـ a ـ الناقلية G لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم هي : $K \cdot (\lambda_{K+} + \lambda_{OH-})$. في هذه العلاقة K ثابت يتعلق بالشروط التجريبية . نفس الشيء في نفس الظروف التجريبية نكتب :

$$G(Na^+ + OH^-) = K \cdot (\lambda_{Na+} + \lambda_{OH-}) \quad \text{و} \quad G(Na^+ + NO_3^-) = K \cdot (\lambda_{Na+} + \lambda_{NO3-})$$

كما يمكن كتابة العلاقة التالية التي تربط بين الناقليات الثلاثة :

$$G(K^+ + OH^-) + G(Na^+ + NO_3^-) - G(Na^+ + OH^-)$$
$$= K \cdot (\lambda_{K+} + \lambda_{OH-}) + K \cdot (\lambda_{Na+} + \lambda_{NO3-}) - K \cdot (\lambda_{Na+} + \lambda_{OH-})$$
$$= K\ (\lambda_{K+} + \lambda_{OH-} + \lambda_{Na+} + \lambda_{NO3-} - \lambda_{Na+} - \lambda_{OH-}) = K \cdot (\lambda_{K+} + \lambda_{NO3-})$$

ومنه : $G(K^+ + NO_3^-) = G(K^+ + OH^-) + G(Na^+ + NO_3^-) - G(Na^+ + OH^-) = 2,74 + 1,21 - 2,50 = 1,45\ mS$

ـ بمقارنة ناقليات المحاليل الحاوية على شاردة الصوديوم Na^+ : $G(Na^+ + OH^-) > G(Na^+ + NO_3^-)$ و منه :

$K \cdot (\lambda_{Na+} + \lambda_{OH-}) > K \cdot (\lambda_{Na+} + \lambda_{NO3-})$. وبالإختزال نجد : $\lambda_{OH-} > \lambda_{NO3-}$

ـ بمقارنة ناقليات المحاليل الحاوية على شاردة الصوديوم NO_3^- نجد : $G(K^+ + NO_3^-) > G(Na^+ + NO_3^-)$ ومنه :

$K \cdot (\lambda_{K+} + \lambda_{NO3-}) > K \cdot (\lambda_{Na+} + \lambda_{NO3-})$. وبالإختزال نجد : $\lambda_{K+} > \lambda_{Na+}$