- **المجال : المادة و تحولاتها**
- **الوحدة ② : قياس الناقلية**

ـ طريقة جديدة لقياس كمية المادة في المحاليل الشاردية ـ

- **الكفاءات المستهدفة يكون قادراً على تمييز المحاليل المائية .**

ـ يعرف العوامل المؤثرة على الناقلية الكهربائية .

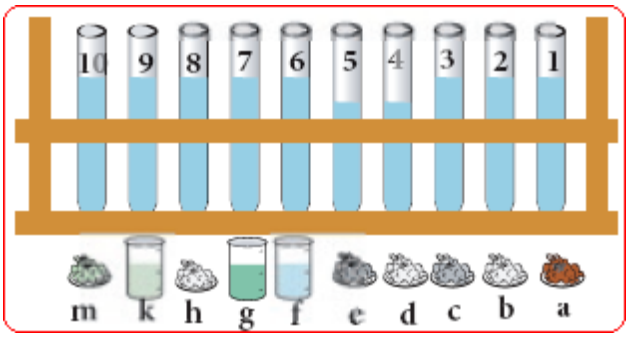
2 ـ 1) المحاليل المائية :

1°ـ 1] الخلائط و المحاليل المائية :

- **نشاط : الخليط المتجانس و الخليط غير المتجانس**

خذ أنابيب إختبار و رقمها من 1 الى 10 كما في الجدول ثم أملأها بالماء المقطر الى الثلثين تقريبًا . أضف لكل أنبوب المادة المقترحة في الجدول ، مع رجها قليلاً ثم أتركها تهدأ

ـ ماذا تلاحظ في كل أنبوب ؟ ..... (يلاحظ في كل أنبوب تشكل خليط من طور واحد (متجانس) أو من طورين متمايزين (غير متجانس)) .



رقم الأنبوب	المادة المضافة
1	(a) برمنغنات البوتاسيوم
2	(b) كلور الصوديوم
3	(c) كبريتات النحاس
4	(d) سكر
5	(e) سكر + كلور الصوديوم
6	(f) كحول إيثيلي
7	(g) شراب النعناع
8	(h) كبريتات الباريوم
9	(k) زيت
10	(m) رمل

ـ أكمل الجدول التالي بوضع علامة X في الخانة المناسبة مع التعليل :..... (تكملة الجدول كماهو موضح جانبه) .

الخلائط المتواجدة في الأنابيب من 1 الى 8 متجانسة (من طور واحد) نقول عنها بأنها : **محاليل** بينما المزيجين الأخيرين في الأنبوبين 9 و 10 غير متجانسين (كل منهما يتشكل من طورين منفصلين) .

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

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 : أكمل العبارات التالية :**

الخليط مزيج من(مادتين) أو أكثر ، نعتبره غير (متجانس) إذا أمكن تمييز (مكوناته) بالعين المجردة ، وإذا تعذر ذلك نقول أنه(متجانسًا) و نسميه حينئذٍ محلولاً .

1°ـ 2] المحاليل المائية :

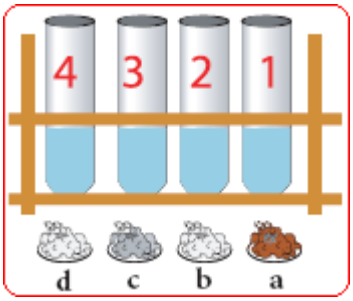
- **نشاط ① : مفهوم المحلول المائي**

خذ أربعة أنابيب إختبار و رقمها من 1 الى 4 ، ثم أملأ الأنابيب بالماء المقطر الى الثلثين تقريبًا ، ضع في كل أنبوب المادة المناسبة كما في الشكل و قم برّج وتحريك المحاليل .

(a): برمنغنات البوتاسيوم ؛ (b): كلور الصوديوم ؛ (c): كبريتات النحاس ؛ (d): سكر

ـ ماذا تلاحظ في كل أنبوب ؟ ..... (يلاحظ تشكل خلائط متجانسة : محاليل متجانسة) .

ـ كيف تفسر توزع اللون في الأنبوب الأول والثالث ؟ ..... (الأنبوب 1 : محلول بنفسجي ناتج عن إنحلال بللورات برمنغنات البوتاسيوم البنفسجية في الماء المقطر الشفاف ، الأنبوب3 : محلول أزرق ناتج عن تشرد ملح كبريتات النحاس في الماء المقطر وحركة الشوارد Cu^{2+} الزرقاء في المحلول) .



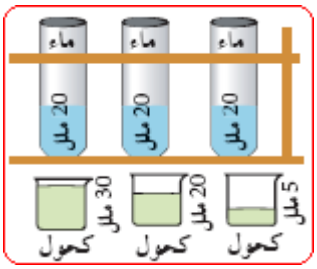
- **نتيجة : أكمل العبارات التالية :**

المحلول المائي خليط متجانس يتكون من مادتين أو (أكثر) لايمكن أن نميّز بينها بالعين المجردة ، ويكون لجميع أجزائه نفس (الخواص) .

- **نشاط ② : نسب مكونات المحلول**

خذ ثلاثة أنابيب إختبار و ضع في كل أنبوب 20 mL من الماء ، أضف لكل أنبوب الحجم المقترح في الجدول من الكحول .

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



ـ هل هذه الخلائط محاليل ؟ علل إجابتك ..... (نعم لأنها خلائط متجانسة) .

ـ ما وجه التشابه و الإختلاف في المحاليل السابقة ؟..... (تشابه في المظهر ، ... إختلاف الحجوم و التراكيز) .

ـ أملأ الجدول المقابل
..... (تكملة الجدول) .

رقم الأنبوب	1	2	3
اسم المحل	ماء	ماء أو كحول	كحول
اسم الحلالة	كحول	كحول أو ماء	ماء
اسم المحلول	م.مائي	م.مائي أو م.كحولي	م. كحولي

رقم الأنبوب	1	2	3
اسم المحل			
اسم الحلالة			
اسم المحلول			

● **نتيجة** : أكمل العبارات التالية :

نسمي (المحل) أو المذيب (solvant) المادة التي تكون كميتها في المحلول أكبر ، و نسمي(المذاب) أو الحلالة (soluté) المادة التي كميتها أقل .عندما يكون المذيب هو (الماء) نسمي المنتوج محلولاً مائيًا .

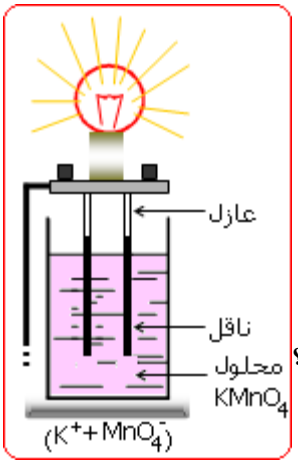
1°ـ 2] تحضير محلول شاردي :

أ **المذاب (الحلالة) جسم صلب شاردي :**

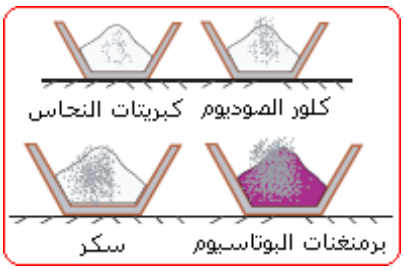
ركب دارة كهربائية مكونة من مصباح و مولد و لبوسين (سلكين ناقلين) ... الشكل

ـ ضع كمية من بلورات برمنغنات البوتاسيوم $KmnO_4$ في بيشر ، وأدخل فيها اللبوسين

ـ ماذا تلاحظ ؟ ..... (بلورات $KMnO_4$ الصلبة لاتنقل التيار لذلك نلاحظ عدم إشتعال المصباح بالرغم من غلق دارته الكهربائية) .



ـ ضف الآن كمية من الماء المقطر الى البيشر الذي يحتوي بلورات $KMnO_4$. ماذا تلاحظ ؟ ماذا يحدث ؟ ..... (بعد إضافة الماء المقطر تنحل فيه بلورات $KMnO_4$ وتتحرر الشوارد K^+ الشفافة و الشوارد MnO_4^- البنفسجية في المحلول الناتج و بإنتقالها فيه يسري التيار في الدارة لذلك نلاحظ إشتعال المصباح في هذه الحالة) .



ـ أعد مرحلتي هذه التجربة بإستعمال مواد أخرى ($CuSO_4$ ، $NaCl$ ، سكر) و سجل ملاحظاتك ..... (المواد الشاردية في الحالة الصلبة مثل $CuSO_4$ و $NaCl$ غير ناقلة للتيار لعدم إنتقال الشوارد ، أما عند إنحلالها في الماء و تشردها فيه تصبح ناقلة للتيار مثل محلول $KMnO_4$ بإستثناء المحلول السكري الذي لا يمرر التيار خلال مرحلتي التجربة لأنه حتى في المرحلة الأخيرة تنفصل جزيئات السكر و لكنها تبقى متعادلة كهربائيًا و لاتوجد حاملات شحنة حرة في محلوله المائي) .

ـ ماهي المحاليل التي تمرر التيار الكهربائي ؟ ..... (فقط المحاليل الشاردية ـ الكهرليتات ـ) .

ـ بماذا تمتاز المحاليل المائية التي تمرر التيار الكهربائي ؟ كيف نسميها ؟ ..... (كما أسلفنا تمتاز المحاليل المائية التي تمرر التيار الكهربائي بخاصية **الناقلية** للكهرباء كونها محاليل شاردية و تسمى نتيجة لذلك بـ**المحاليل الشاردية** أو **الكهرليتات** ***Eléctrolytes***) .

ـ بماذا تمتاز المحاليل المائية التي لا تمرر التيار الكهربائي ؟ كيف نسميها ؟ ..... (تمتاز المحاليل المائية التي لا تمرر التيار الكهربائي بخاصية **عدم الناقلية** للكهرباء كونها محاليل غير شاردية و تسمى نتيجة لذلك بـ**المحاليل الجزيئية**) .

● **نتيجة** : أكمل العبارات التالية :

في الجسم الصلب الشاردي ، الشوارد تحتل مواقع معينة ولا(تنتقل) ، فالجسم الصلب الشاردي (معتدل) كهربائيًا ، وعند إنحلاله في الماء ، تنفصل (الشوارد) مكونة شحنات (شوارد) حرة (الحركة) في المحلول فيكون حينئذٍ ناقلاً للتيار الكهربائي . بينما السكر ، يحتوي على روابط (تكافؤية) و عند إنحلاله في الماء تنفصل جزيئاته و لكنها تبقى متعادلة فلا وجود لشحنات حرة في المحلول المائي الذي لا(ينقل) التيار الكهربائي .

ب **الجزيئات المستقطبة :**

① **جزيء الماء** : خذ مسطرة بلاستيكية وقم بدلكها بقطعة من الصوف مثلاً .

ـ إفتح حنفية الماء حتى يسيل خيط رفيع من الماء ، ثم قرب منه المسطرة المدلوكة دون لمسه (الشكل)

ـ ماذا تلاحظ ؟ ..... (نلاحظ إنجذاب سيل الماء نحو المسطرة المدلوكة كما في الشكل) .

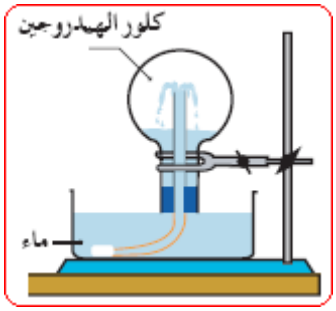
ـ لماذا ندلك المسطرة قبل تقريبها ؟ ..... (لشحنها كهربائيًا بالدلك) .

ـ كيف تفسر هذه الظاهرة ؟ ..... (تنجذب الماء نحو المسطرة المدلوكة لأن جزيئاته مستقطبة كهربائيًا أي كل جزيء له قطبان كهربائيان كل منهما يحمل شحنة جزئية أحدهما موجبة و الآخر سالبة ،عمومًا تبين هذه الظاهرة أن :**جزيء الماء مستقطب**) .

● أكمل العبارات التالية :

يحتوي جزيء الماء رابطة (مستقطبة) بين الأكسجين و الهيدروجين ناتجة عن وضع إلكترون ذرة الهيدروجين وإلكترون من ذرة الأكسجين ليتكون (زوج) إلكتروني ، وهما إحصائيًا قريبين من ذرة (الأكسجين) بدلاً من ذرة الهيدروجين . عدم التساوي في التوزيع يجعل ظهور (شحنة) عنصرية موجبة على كل من ذرتي الهيدروجين و (شحنة) سالبة على ذرة الأكسجين فيصبح جزيء الماء جزيء مستقطب أو قطبي .

② **جزيء كلور الهيدروجين** : ضع كمية من غاز كلور الهيدروجين HCl في حوجلة مجففة ، بها سدادة يخترقها أنبوب زجاجي في المركز .



ـ أنكس الحوجلة فوق حوض من الماء . ماذا تلاحظ ؟ ..... (نلاحظ تدفق الماء من الحوض داخل الحوجلة بشكل نافورة مائية) .

ـ هل غاز كلور الهيدروجين ينحل بشراهة في الماء ؟ علّل . ..... (نعم ينحل الغاز بشراهة في الماء لأن جزيئاته مستقطبة مثل جزيئات الماء ويتشكل نتيجة لذلك محلول مائي شاردي يتدفق الى الفراغ الذي يخلفه الغاز المنحل داخل الحوجلة بتأثير الضغط الجوي الخارجي) .

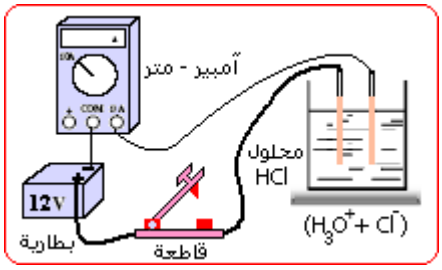
ـ إستعن بالجدول الدوري و حدد كهرسلبية كل ذرة ..... (تشكل جزيء غاز كلور الهيدروجين من ذرة هيدروجين (عنصر كهرجابي) ومن ذرة كلور (عنصر كهرسلبي) مرتبطتين برابطة تكافئية بسيطة مستقطبة) .
ـ قارن جزيء الماء و جزيء كلور الهيدروجين من حيث البنية ..... (كلاهما جزيء مستقطب) .
ـ ماذا تستنتج ؟ علّل . ..... (توجد روابط جزيئية بين جزيئات الماء بسبب قطبيتها وكذلك الحال بالنسبة لجزيئات كلور الهيدروجين ، وعند إمتزاجهما ينحل الغاز في الماء مشكلاً محلولاً مائيًا شارديًا ناقل للكهرباء) .

● أكمل العبارات التالية :

لغاز كلور الهيدروجين جزيء (مستقطب) لذلك (ينحل) بشراهة في الماء . فعند ضغط 1 بار ينحل 13,5 mol في 1 L من الماء .
ذرة الكلور مثل ذرة الأكسجين لها (كهرسلبية) أكبر من 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 .

③ <u>محلول كلور الهيدروجين</u> :

إملأ وعاء الى ثلثي حجمه بمحلول مائي لـ HCl ، ثم أغمس فيه لبوسين من النحاس ، و أوصله على التسلسل مع آمبير- متر ، مولد و قاطعة .



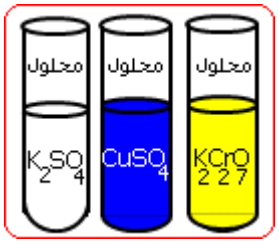
ـ أرسم الدارة الكهربائية . ..... (لاحظ الشكل المقابل) .
ـ هل المحلول يمرر التيار الكهربائي ؟ ..... (نعم) .
ـ هل محلول كلور الهيدروجين شاردي ؟ ..... (نعم) .
ـ أكتب معادلة التفاعل أثناء الإنحلال .

المعادلة : $HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$

● أكمل العبارات التالية :

يمر (التيار) في المحلول المائي لكلور الهيدروجين فنستنتج أن إنحلال (الغاز) في الماء يصاحبه تشكل شاردة (كلور Cl^-) و شاردة الهيدرونيوم (H_3O^+) .

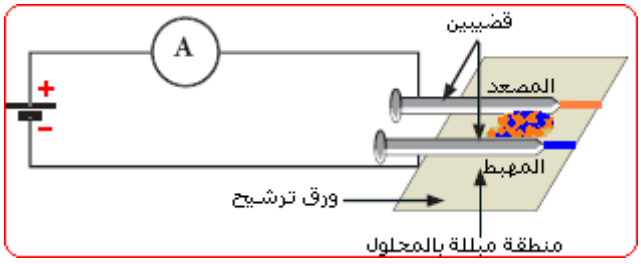
2 ـ 2) <u>النقل الكهربائي للمحاليل الشاردية</u> :



2°ـ 1] <u>التيار الكهربائي و المحاليل</u> : ● <u>نشاط</u> ① : تبرز بعض الشوارد لونًا مميزًا لها في محاليلها المائية .
إليك الأدوات التالية و بعض المواد الكيميائية :
بيشر ، أنابيب إختبار ، ماء مقطر ، كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 ، كبريتات النحاس $CuSO_4$ ، بيكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$.
ـ ماهي الشوارد المشكلة لهذه الأملاح ؟ ..... (الشوارد المشكلة للأملاح الثلاثة : K_2SO_4 ، $CuSO_4$ ، $K_2Cr_2O_7$ هي : الشوارد المعدنية الموجبة (المهبطيات : الكاتيونات) K^+ ، Cu^{2+} و الشوارد المصعدية السالبة (المصعديات : الأنيونات) SO_4^{2-} ، $Cr_2O_7^{2-}$) .
ـ ذوب كمية من كل ملح في أنبوب إختبار . ماذا تلاحظ في كل أنبوب ؟ ..... (لاحظ تشكل محاليل مائية بعضها ملون وبعضها الآخر شفاف (غير ملون)) .
ـ ماهو لون كل محلول ؟ لأي سبب تُرجع اللونين الناتجين ؟ علّل إجابتك ..... (كما هو موضح بالشكل المرفق فإن : المحلول ($2K^+ + Cr_2O_7^{2-}$) أصفر برتقالي ، المحلول ($Cu^{2+} + SO_4^{2-}$) أزرق ، المحلول ($2K^+ + SO_4^{2-}$) عديم اللون حيث يعزى تلون المحلولين الملونين لإحتوائهما على شوارد ملونة مع شوارد غير ملونة و لكن المحلول يأخذ دومًا لون شوارده الملونة) .
ـ لماذا قمنا بتحضير المحلول غير الملون ؟ مادوره هنا ؟ إشرح . ..... (قمنا بتحضير المحلول الشفاف ($2K^+ + SO_4^{2-}$) لأنه يحتوي شوارد غير ملونة وهي شوارد البوتاسيوم K^+ و شوارد الكبريتات SO_4^{2-} وهذه الشوارد الشفافة متواجدة كذلك في المحلولين الملونين و منه نستنتج أن اللون الذي يظهر في المحلول ($2K^+ + Cr_2O_7^{2-}$) يرجع للشوارد $Cr_2O_7^{2-}$ البرتقالية أما اللون الذي يظهر في المحلول ($Cu^{2+} + SO_4^{2-}$) فإنه يرجع للشوارد Cu^{2+} الزرقاء) .

● نتيجة : أكمل العبارات التالية :

ـ يحتوي محلول كبريتات النحاس على شاردتي (Cu^{2+}) و (SO_4^{2-}) ولونه (أزرق) .
ـ يحتوي محلول كبريتات البوتاسيوم على شاردتي (K^+) و (SO_4^{2-}) ولا (لون) له .
ـ يحتوي محلول بيكرومات البوتاسيوم على شاردتي (K^+) و ($Cr_2O_7^{2-}$) ولونه (أصفربرتقالي) .
إذن يعود اللون (الأزرق) لمحلول كبريتات النحاس لإحتوائه شوارد (Cu^{2+}) فقط ، بينما يعود اللون (الأصفرالبرتقالي) لمحلول بيكرومات البوتاسيوم لإحتوائه شوارد ($Cr_2O_7^{2-}$) فقط لأن شاردتي (K^+) و (SO_4^{2-}) لا تلون المحلول المائي الذي يحتويها و ذلك ما لاحظناه عند إذابة بلورات من (كبريتات البوتاسيوم) في الماء .



● <u>نشاط</u> ② : التيار الكهربائي في المحاليل ناتج عن إنتقال الشوارد .
<u>الأدوات</u> : ورقة ترشيح ، محاليل : K_2SO_4 ، $K_2Cr_2O_7$ ، $CuSO_4 . 5H_2O$ ، مولد توتر مستمر ، لبوسين ناقلين (صفيحتين صغيرتين من النحاس مثلاً) ، آمبير- متر ، أسلاك توصيل .
ـ خذ ورقة ترشيح ، بللها بمحلول K_2SO_4 وضع عليها اللبوسين المتقابلين ثم أغلق الدارة (أنظر الشكل المقابل) .
ـ أفرغ بين الصفيحتين مزيجًا من $K_2Cr_2O_7$ و $CuSO_4 . 5H_2O$.

ـ صف ماذا تشاهد على الورقة بعد غلق الدارة مباشرة ..... (بعد غلق الدارة مباشرة نلاحظ إنحراف مؤشر الآمبيرمترو إمتزاج لوني المحلولين في المنطقة الكائنة بين اللبوسين) .

ـ هل يمر تيار في الدارة ؟ ..... (نعم) .

ـ صف ماذا يحدث بعد مدة (10 دقائق أو أكثر) ..... (بعد مدة كافية ينفصل اللونين الأزرق و البرتقالي عن بعضهما) .

ـ حدد اللون الظاهر على ورقة الترشيح من جانب المصعد و من جانب المهبط . كيف تفسر ذلك و لماذا ؟ ..... (يظهر اللون **البرتقالي** على ورقة الترشيح بجوار المصعد (اللبوس ذو الكمون المرتفع+) بسبب هجرة الشوارد المصعدية سالبة الشحنة (الأنيونات) $Cr_2O_7^{2-}$ إليه أثناء سريان التيار في الدارة ، ويظهر اللون **الأزرق** بجوار المهبط (اللبوس ذو الكمون المنخفض-) بسبب هجرة الشوارد المهبطية موجبة الشحنة (الكاتيونات) Cu^{2+} إليه) .

ـ ماطبيعة التيار الكهربائي في المحاليل الشاردية ؟ إشرح آلية حدوثه ..... (التيار الكهربائي عمومًا عبارة عن حركة جماعية منظمة لحاملات الشحنة (جسيمات مشحونة) و تحديدًا يتم سريان التيار في المحاليل الشاردية الناقلة بالإنتقال المزدوج لشوارد المحلول بين المسريين المغمورين في المحلول حيث تتجه الأنيونات (الشوارد سالبة الشحنة) ناحية المسرى الموجب للتيار بينما تتجه الكاتيونات (الشوارد موجبة الشحنة) ناحية المسرى السالب للتيار) .

ـ قارن آلية النقل الكهربائي في المعادن مع آلية النقل الكهربائي في المحاليل الشاردية مبرزًا مميزاتها ..... (ينتقل التيار الكهربائي في النواقل المعدنية مثل الأسلاك بفضل إنتقال الإلكترونات الحرة لذرات معدن السلك وبالإتجاه المعاكس دومًا لجهة إنتقال هذه الإلكترونات وفق الجهة الإصطلاحية دون إنتقال للمادة بينما يتم ذلك في المحاليل الشاردية أي إنتقال للمادة بفضل الإنتقال المزدوج للشوارد الموجبة و السالبة (الكاتيونات و الأنيونات) أي أن المحاليل الشاردية عمومًا تمتاز بـ**ناقليتها للكهرباء**) .

2°ـ 2] **الطاقوية و الناقلية** :

أ **الطاقوية** : تعرف المقاومة **R** لناقل كهربائي ، يعبره تيار شدته **I (A)** عندما يُطبق بين طرفيه فرق في الكمون (توتر كهربائي) **U (V)** على أنها النسبة بين قيمة **U** المقدرة بـ "الفولط" : **Volts (V)** والشدة **I** المقدرة بـ "الآمبير" : **Ampéres (A)** أي :

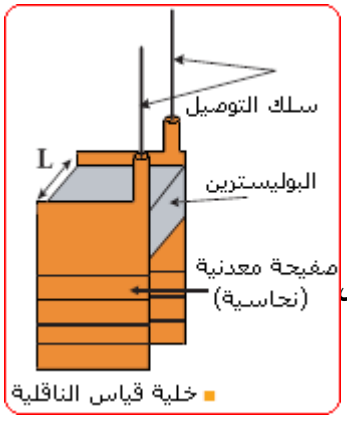
$$R(\Omega) = U(V)/I(A)$$

تقدر المقاومة الكهربائية **R** في الجملة الدولية للوحدات **(S.I)** بوحدة "الأوم" ويرمز لها بالرمز **Ω** أي : $1\Omega = 1V/A = 1V.A^{-1}$.

ب **الناقلية** : في كثير من الأحيان ، وللتعبير عن خاصية ـ نقل الكهرباء ـ في النواقل المعدنية و المحاليل الشاردية ، نلجأ الى مقدار فيزيائي آخر هو ـ **الناقلية** ـ ويرمز لها بالرمز **G** و تعرف على أنها النسبة بين قيمة شدة التيار **I** المارة في الناقل و قيمة التوتر الكهربائي **U** المطبق بين طرفيه . أي أن الناقلية هي مقلوب المقاومة : $G = 1/R = I/U$

في جملة الوحدات الدولية **(S.I)** حيث تقدر **R** بـ **(Ω)** وتقدر **I** بـ **(A)** بينما يقدر **U** بـ **(V)** فإن الناقلية الكهربائية **G** تقدر بوحدتها الدولية $\Omega^{-1} = A/V = A.V^{-1}$ وتسمى " السييمنس : **Sièmens** " ويرمز لها بالرمز **S** أي : $1S = 1\Omega^{-1} = 1A/V = 1A.V^{-1}$.

2 ـ 3) **قياس الناقلية G لمحلول** :



لقياس الناقلية لمحلول ما نقوم بحصر جزء (حجم) من هذا المحلول بين صفيحتين معدنيتين متماثلتين مساحة سطح كل منهما **S** ، وتفصلهما مسافة **L** ، ثم نطبق عليهما بواسطة مولد من نوع **G.B.F** فرق كمون كهربائي متناوب جيبي قيمته الفعالة U_{eff} تواتره **f** منخفض ويربط مقياس آمبير على التسلسل في الدارة لقياس الشدة الفعالة (المنتجة) I_{eff} للتيار المار عبر الجزء المأخوذ من المحلول .

نسمي جملة الصفيحتين و الفضاء (الحجم) المحدد بينهما بـ" خلية قياس الناقلية " ..... (الشكل)

ـ تقاس القيمة المنتجة U_{eff} لفرق الكمون المطبق بين الصفيحتين بواسطة مقياس فولط يضبط على وضع التيار المتناوب وموصول على التفرع بين الصفيحتين .

ـ تقاس القيمة المنتجة I_{eff} لشدة التيار المار عبر الجزء من المحلول بواسطة مقياس آمبير يضبط على وضع التيار المتناوب وموصول على التسلسل مع الصفيحتين في الدارة .

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

1°) ـ لماذا نلجأ في هذه العملية الى إستخدام التيار المتناوب الجيبي بدلاً من التيار المستمر ؟ ..... (حتى لا تحدث عملية تحليل كهربائي للمحلول الكهرليتي و بدلاً من ذلك يتم قياس ناقليته الكهربائية) .

2°) ـ ماهو الشرط الذي يجب تحقيقه في الصفيحتين لإستعمالهما في قياس الناقلية ؟ ..... (الصفيحتين نظيفتين (يتم غسلهما قبل الإستعمال مباشرة بالماء المقطر وتجفيفهما) و متوازيتين تمامًا ($L = C^{te}$) و يغمران في المحلول بنفس العمق ($S = C^{te}$) وأن يتم غسلهما بإستمرار عند الإستخدام مع عدة محاليل) .

- **عمل مخبري** : " مدخل لقياس الناقلية في المحاليل الشاردية " .
- **عمل تطبيقي محلول** : ص ـ 276 [حساب تركيز مصل فيزيولوجي Sérum physiologique عن طريق قياس الناقلية] .
- **تطبيقات** : **التمارين** 1 ، 2 ، 3 **ص** : 280

التمارين 4 ، 5 ، 6 ، 7 ، 8 **ص** : 281

التمارين 9 ، 10 ، 11 **ص** : 282

التمارين 12 ، 13 ، 14 ، 15 ، 16 **ص**

حلول التمارين :

● التمرين : 1] أجب بصحيح أو خطا

صحيح ، صحيح ، صحيح ، صحيح ، صحيح ، صحيح ، خطا ... [على الترتيب]

● التمرين : 2] 1 ـ أ] نغير سطح اللبوسين و البعد بينهما .

2 ـ ب] الناقلية للجزء من المحلول المحصور بين المصعد و المهبط .

● التمرين : 3] لدينا بالتعريف : الناقلية النوعية المولية لمحلول يحتوي عدة شوارد تحسب بالعلاقة التالية :

$\sigma = \sum(\lambda_{X^+}[X^+] + \lambda_{X^-}[X^-])$ حيث : $[X^+]$ التركيز المولي للشاردة X^+ و $[X^-]$ التركيز المولي للشاردة X^- في المحلول بـ $mol.m^{-3}$.

بالرجوع الى معطيات الجدول نجد :

ـ بالنسبة لمحلول كلور البوتاسيوم : $(K^+ + Cl^-) \Leftarrow [K^+] = [Cl^-] = C = 0,0352\ mol/L = 35,2\ mol/m^3$

و لدينا : $\lambda_{K^+} = 7,35 . 10^{-3}$ ، $\lambda_{Cl^-} = 7,63 . 10^{-3}$ و منه : $\sigma = 35,2 . 10^{-3}(7,35 + 7,63) = 0,527\ S/m$.

ـ بالنسبة هيدروكسيد الكالسيوم: $(Ca^{2+} + 2OH^-)$ و بنفس الطريقة السابقة نجد : $\sigma = 26,8 . 10^{-3}(11,9 + 2x19,9) = 1,39\ S/m$

● التمرين : 4] ـ 1] بالتعريف : ثابت الخلية k : $k = S/L \Rightarrow k = 1/1,5 = 2/3\ cm = 0,67\ cm \Rightarrow k = 0,67\ cm$

ـ 2] لدينا : $G = k\sigma \Leftarrow \sigma = G/k \Leftarrow \sigma = 128.10^{-3}/0,67.10^{-2} = 19,2\ S/m \Leftarrow \sigma = 19,2\ S/m$.

● التمرين : 5] ـ 1] لدينا المعادلة الكيميائية التالية : $KMnO_{4\ (s)} \xrightarrow{+\ H_2O} K^+_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)}$

حيث : $[K^+] = [MnO_4^-] = C$ ، الناقلية النوعية المولية للمحلول : $\lambda = \lambda_{K^+} + \lambda_{MnO4^-} = (7,35 + 6,10) = 13,45\ mS.m^2/mol$

ـ 2] بالتعريف : $G = \lambda.C \Leftarrow C = G/\lambda \Leftarrow C = 85,1 / 13,45 = 6,32\ mol/m^3 \Leftarrow C = 0,00632\ mol/L$.

التركيز الكتلي للمحلول C_m : لدينا العلاقة بين التركيزين المولي الحجمي C و الكتلي الغرامي C_m هي : $M = C_m/C \Rightarrow C_m = M.C$

حيث M : الكتلة المولية الجزيئية للحالة [الذاب] بالتالي : $M(KMnO_4) = 39 + 55,5 + 64 = 158,5\ g/mol$

$\therefore C_m = 158,5 \times 0,00632 \simeq 1\ g/L \Rightarrow C_m = 1\ g/L$

● التمرين : 6] الكتلة المولية الجزيئية لمركب يود الصوديوم NaI هي : $M = 149,9\ g/mol$.

$\therefore$ التركيز المولي الحجمي للمحلول : $C = C_m/M = 2/149,9 = 0,0133\ mol/L$ حيث : $C = [Na^+] = [I^-] = 0,0133\ mol/L$

ومنه الناقلية النوعية المولية لمحلول NaI هي بالتعريف : $\sigma = \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{I^-}[I^-] \Leftarrow \sigma = 0,169\ S/m \Leftarrow \sigma \simeq 0,17\ S/m$

● التمرين : 7] ـ 1] لدينا : $G(Na^+ + NO_3^-) = k\sigma(Na^+ + NO_3^-)$ حيث : $k = S/L$ [ثابت الخلية] ،

بالتالي : $G = \lambda.C = \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{NO3^-}[NO_3^-]$

$G(Na^+ + Cl^-) = \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]$ و $G(K^+ + NO_3^-) = \lambda_{K^+}[K^+] + \lambda_{NO3^-}[NO_3^-]$

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

حيث أن لجميع المحاليل الملحية نفس التركيز المولي فيمكن أن نكتب : $[Na^+] = [Cl^-] = [K^+] = [NO_3^-] = C\ (mol/m^3)$

بالتالي : $\lambda_{K^+} + \lambda_{NO3^-} = G(K^+ + NO_3^-)/C = 1,33/C\ (mS.m^2/mol)$ ..... (1)

$\lambda_{K^+} + \lambda_{Cl^-} = G(K^+ + Cl^-)/C = 1,37/C\ (mS.m^2/mol)$ ..... (2)

$\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-} = G(Na^+ + Cl^-)/C = 1,16/C\ (mS.m^2/mol)$ ..... (3)

باستخدام العلاقات [1] ، [2] ، [3] نجد : $G(Na^+ + NO_3^-) = G(Na^+ + Cl^-) + G(K^+ + NO_3^-) - G(K^+ + Cl^-)$.

ـ 2] مما سبق لدينا : $G(Na^+ + NO_3^-) = G(Na^+ + Cl^-) + G(K^+ + NO_3^-) - G(K^+ + Cl^-) = 1,16 + 1,33 - 1,37 = 1,12\ mS$

أو : $G(Na^+ + NO_3^-) = [\lambda_{Na^+} + \lambda_{NO3^-}].C \Rightarrow G(Na^+ + NO_3^-) = [1,16/C + 1,33/C - 1,37/C].C = 1,12\ mS$

$\therefore G(Na^+ + NO_3^-) = 1,12\ mS$.

ـ 3] لدينا : $G(K^+ + Cl^-) = 1,37\ mS$ هي أكبر الناقليات ومنه " محلول كلور البوتاسيوم أكثر ناقلية من المحاليل الملحية الأخرى " .

● التمرين : 8] ـ 1] المحلول ممدد بالتالي يمكن كتابة : $G(Na^+ + OH^-) = k\sigma = \sigma . S/L = \lambda . C . S/L = [\lambda_{Na^+} + \lambda_{OH^-}].C.S/L$

بالمثل يكون : $G(Na^+ + Cl^-) = [\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-}].C.S/L$ وكذلك : $G(K^+ + Cl^-) = [\lambda_{K^+} + \lambda_{Cl^-}].C.S/L$

ـ 2] مما سبق يكون لدينا : $G(K^+ + OH^-) = [\lambda_{K^+} + \lambda_{OH^-}].C.S/L$ و بعد الإصلاح [أنظر حل التمرين السابق] يمكن أن نجد :

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

$\therefore G(K^+ + OH^-) = 3,19 + 1,85 - 1,56 = 3,48\ mS \Rightarrow G(K^+ + OH^-) = 3,48\ mS$

نستنتج أن محلول هيدروكسيد البوتاسيوم هو الأكثر ناقلية للكهرباء من بين المحاليل المعتبرة .

● التمرين : 9] معادلة إنحلال ملح كلور الأمونيوم NH_4Cl في الماء هي :

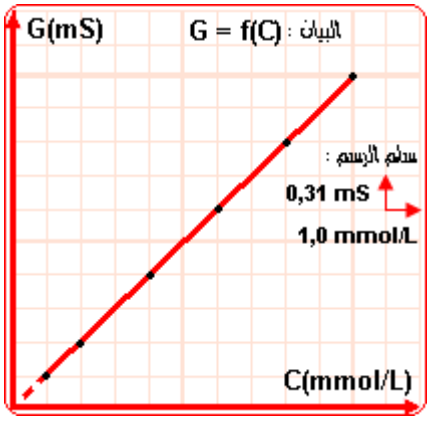
$$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{+\ H_2O} NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$$

ـ 1] رسم البيان : $G = f(C)$ على الورق الملمتري ..... [أنظر البيان المرفق]

الخط البياني : $G = f(C)$ عبارة عن " خط مستقيم مائل يمر من المبدأ " معادلته من الشكل :

$G = A.C$ حيث : A معامل التوجيه [الميل] أي : $A = \Delta G/\Delta C = 0,31/1 = 0,31$ u.I

$\therefore$ $G(S) = 0,31\ C(mol/L)$ ..... [معادلة البيان] .



ـ 2] يجب أن يكون تركيز المحلول الذي نريد دراسته محصور في مجال التركيز الذي عايرنا به الخلية .

ـ 3] عند إسقاط القيمة : $G = 1,48$ mS على الخط البياني نقرأ القيمة الموافقة على محور التركيز ، فنجدها : $C = 4,78$ mmol/L .

أو] من معادلة البيان السابقة يكون لدينا : $C = G/0,31 = 1,48/0,31 = 4,78$ mmol/L

● التمرين : 10]

ـ 1] معادلة إنحلال ملح نترات البوتاسيوم KNO_3 في الماء H_2O :

$$KNO_{3\ (s)} \xrightarrow{+\ H_2O} K^+{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

ـ 2] نرسم البيان : $G = f(C)$ الذي يمثل مخطط المعايرة لخلية القياس المستعملة في هذه التجربة [أنظر التمرين السابق] ، فنلاحظ أن G تتناسب طردًا مع C ، ثم نقوم بقياس شدة التيار I المار في دارة الخلية و التوتر الكهربائي U المطبق بين طرفيها المغمورين في المحلول المجهول التركيز ، نلاحظ أنه لأجل : $U = 1Volt$ نكون قيمة ناقلية G للمحلول المقدرة بـ mS مساوية لقيمة I المقدرة بـ mA لأن : $G = I/U$. نسقط القيمة G في البيان $G = f(C)$ على محور التركيز C و نقرأ التركيز الموافق .

ـ 3] البيان : $G = f(C)$ ..... [أنظر التمرين السابق] .

ـ 4] كما أسلفنا لأجل : $U = 1Volt$ فإن $G = I$ ، بما أن : $G = 0,88$ mS $\Leftarrow I = 0,88$ mA

بالإسقاط على البيان نقرأ : $C = 3,49$ mmol/L .

● التمرين : 11] ـ 1] معادلة إنحلال ملح كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 في الماء H_2O :

$$Na_2SO_{4\ (s)} \xrightarrow{+\ H_2O} 2Na^+{}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

ـ 2] مخطط الدارة الكهربائية المستعملة في التجربة : [أنظر الشكل المقابل]

ـ عبارة الناقلية : $G(mS) = I(mA)/U(V)$ ، يتم حساب ناقلية كل محلول و تكملة الجدول بناءً على العبارة السابقة

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
C(mmol/L)	10,0	7,5	5,0	1,0	0,5	C_6
U(V)	0,904	0,850	0,851	0,851	0,851	0,808
I(mA)	2,070	1,485	1,010	0,212	0,125	0,700
G(mS)	2,290	1,750	1,190	0,249	0,147	0,866

ـ رسم البيان : $G = f(C)$ على الورق الملمتري ..... [أنظر البيان المرفق]

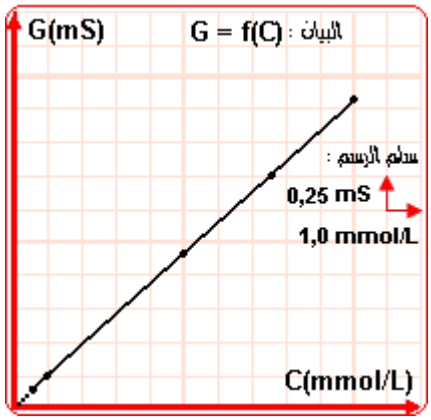
نلاحظ من البيان أن " الناقلية G تتناسب طردًا مع التركيز C " .

ـ لإيجاد التركيز C_6 للمحلول (S_6) بيانيًا نقوم بتحديد النقطة من البيان التي توافق $G = 0,866$ mS على محور الترتيب G ثم نقوم بإسقاطها على محور الفواصل C فنقرأ : $C_6 = 3,4$ mmol/L

ـ هذا البيان يمثل " مخطط المعايرة لخلية القياس المستعملة " .

ـ بالعودة الى معادلة الإنحلال نجد : $[SO_4^{2-}] = C_6 = 0,0033$ mol/L .

بينما : $[Na^+] = 2C_6 = 0,0067$ mol/L .



● التمرين : 12] ـ الجواب المختصر : $4,6 \times 10^{-3}$mol/L ، 0,46 mol/L ، $CaCl_2.6H_2O$.

● التمرين : 13] $Ca(NO_3)_{2\ (s)} \xrightarrow{+\ H_2O} Ca^{2+}{}_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)}$ ومنه الكتلة المولية : $M = 164$ g/mol

ـ تركيز شاردة الكالسيوم : $[Ca^{2+}] = C = 1,5/164 = 9,15$ mmol/L .

ـ تركيز شاردة النترات : $[NO_3^-] = 2C = 18,3\ mmol/L$.

ـ ناقلية المحلول : $\sigma = \lambda_{Ca2+}\,[Ca^{2+}] + \lambda_{NO3-}\,[NO_3^-]$ $\Leftarrow$ $\sigma = 0,234\ mS/m$.

● التمرين : 14] ـ الجواب المختصر : بنفس الطريقة كما في إجابة $ت_7$ ، $ت_8$ نجد : $G(Na^+ + NO_3^-) = 1,12\ mS$

∴ المحلول الأكثر ناقلية للكهرباء هو المحلول ذو الناقلية G الأكبر وهو : محلول نترات البوتاسيوم ($G = 1,37\ mS$) .

● التمرين : 15] ـ الجواب المختصر : CaF_2 ، $[F^-] = 0,4\ mol/L$ ، $[Ca^{2+}] = 0,2\ mol/L$.

● التمرين : 16] ـ الجواب المختصر : $5\ mL$ من المحلول الأصلي و يضاف لها الماء المقطر الى غاية $1000\ mL$،

$$H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$$

$C_0 = 200C = 2,1\ mol/L$ ، $C = 0,01056\ mol/L$ $\Leftarrow$ $n(H_3O^+) = n(OH^-) = C_e.V_e = 0,096 \cdot 11 = 1,056\ mmol$ ، $V_e = 11\ mL$.