الوحدة 02:	قياس الناقلية الموضوع: المحاليل المائية الشاردية-	
الكفاءات المستهدفة:اكتساب طريقة فيزيائية (غير تخريبية للمادة (، يعينون بواسطتها كمية المادة في محلول شاردي وهي تمثل في ناقليته G.		

1 - المحاليل المائية و النقل الكهربائي:

النشاط:الرابطة الشاردية

لو أجرينا التحليل الكهربائي لمصهور كلور الصوديوم لاحظنا أنه ناقل للتيار الكهربائي.

- ✓ ماذا تستنتج فيما يتعلق ببنية كلور الصوديوم الصلب؟

كلور الصوديوم مركب ذوبنية شاردية.

- ✓ ما هي الشوارد التي تشكل بلورة كلور الصوديوم؟

$$NaCl(s) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$

- ✓ ما نوع الرابطة بين الكاتيون والأنيون؟ وإلى ماذا تعود ؟

في اصطناع ملح الطعام(التفاعل الكيميائي بين غاز الكلور و الصوديوم)يحدث مايلي:

$$Na \rightarrow Na^+ + é$$

$$Cl + é \rightarrow Cl^-$$

تسعى كل ذرة تحقيق الاستقرار وتصبح عبارة عن شاردة

يحدث التجاذب الكهربائي بين الكاتيون والأنيون وتنشأ رابطة كيميائية تسمى الرابطة الشاردية التي تدخل في تشكيل البلورة(تحقيق طاقة التماسك: الطاقة الواجب توفيرها لتحطيم هذا البناء البللوري الصلب و تحويله إلى سائل)

انحلال جسم صلب في الماء

نشاط01: :وجدنا الماء المقطر لا ينقل التيار الكهربائي بسبب ضعف تشرده.

نذيب كمية من ملح الطعام في الماء نجد محلول كلور الصوديوم ناقل للتيار الكهربائي بسبب قوة تشرده(تفككه)

المركب الشاردي NaCl ينحل في الماء كليا حسب المعادلة :

$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

النتيجة :ينحل المركب الصلب الشاردي البنية في الماء مشكلا محلولا شارديا ناقلا للتيار الكهربائي نتيجة الانتقال المزدوج للشحنات الموجبة و السالبة في اتجاهين متعاكسين داخل المحلول(بين المصعد و المهبط).

نشاط02:

نذيب السكر في الماء نتحصل على محلول سكري لا ينقل التيار الكهربائي .لانه محلول غير شاردي ، السكر نوع كيميائي جزيئي.

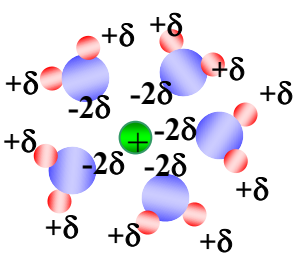
النتيجة : لا تنقل المحاليل الجزيئية التير الكهربائي.

نشاط انحلال سائل أو غاز في الماء

- لو أذبنا حجما من غاز HCl في الماء المقطر نحصل على محلول ناقل للتيار الكهربائي.

- ✓ ما هي بنية محلول كلور الهيدورجين ؟ ذو بنية شاردية

- ✓ كيف تفسر انحلال غاز HCl في الماء؟



$$HCl(g) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

ملاحظة: البروتونات H^+ تتميه أي : $H^+_{(aq)} + H_2O \rightarrow H_3O^+$

$$HCl_{(g)} + H_2O = H_3O^+ + Cl^-_{(aq)}$$

أما شوارد الكلور فتحاط بجزيئات الماء بجهة الاستقطاب الموجب .

-2- لو أذبنا كتلة m من حمض الأزوت السائل في الماء المقطر نحصل على محلول.

- ✓ هل المحلول ناقلا للتيار الكهربائي ؟

✓ كيف تبرر إنحلال HNO_3 في الماء المقطر

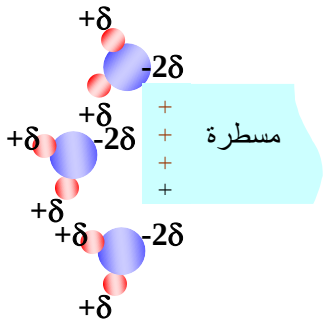
$$HNO_3(l) \rightarrow H^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

تعميم:
تنحل بعض الأنواع الكيميائية في الماء معطية أفراد شاردية ، مثل :
كما يمكن لانواع أخرى منها (كالمركبات العضوية) أن تنحل في الماء دون أن تشكل معه محلولا شارديا.مثل:السكر ، ..
نفس الشيء للغازات

التفسير المجهري لقابلية الانحلال

النشاط:نقرب مسطرة بلاستيكية مشحونة (عن طريق الدلك مثلا) من الماء الجاري من حنفية ؟تقوس مجرى الماء

✓ كيف تفسر ذلك:



✓ وماذا تستنتج؟

✓ على ضوء هذه النتيجة كيف تعلل استقطاب جزيء الماء بالاعتماد على الجدول الدوري للعناصر؟

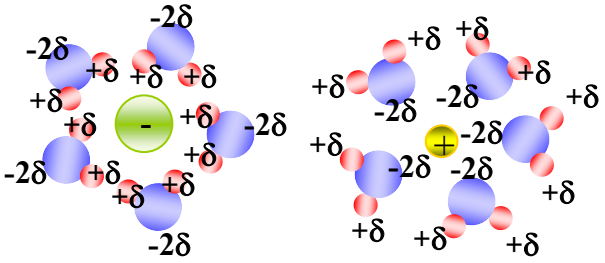
تعود الى ظاهرة استقطاب جزيء الماء الناتج عن الفرق الكبير في الكهروسلبية بين (O; H)

النتيجة : الماء مستقطب يظهر الاستقطاب في الجزيئ : حيث القطب (+) جهة الذرات التي تتميز بالكهروجابية ، والقطب (-) جهة الذرات التي تتميز بالكهروسلبية.

تفسير انحلال الشوارد في الماء

1-انحلال كلور الصوديوم

التفسير:بفضل الخاصية القطبية لجزيئات الماء فانها تساهم في عزل شوارد الكلور عن شوارد الصوديوم تحاط كل شاردة بجزيئات الماء و تصبح حرة ، وهذا يفسر أيضا ناقلية محلول كلور الصوديوم للتيار الكهربائي.

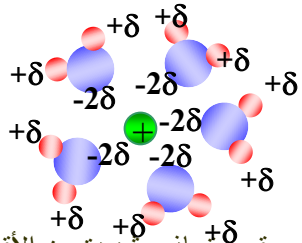


✓ 2-كيف تفسر انحلال غاز HCl في الماء؟

$$HCl(g) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

ملاحظة: البروتونات H^+ تتميه أي : $H^+_{(aq)} + H_2O \rightarrow H_3O^+$

$$HCl_{(g)} + H_2O = H_3O^+ + Cl^-_{(aq)}$$



أما شوارد الكلور فتحاط بجزيئات الماء بجهة الاستقطاب الموجب .

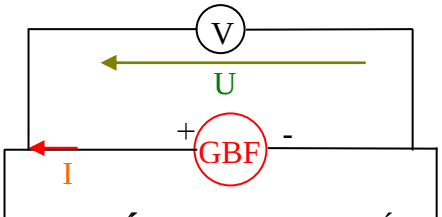
من خلال الأنشطة السابق نستنتج:

نتيجة :تعود خاصية انحلال الشوارد في الماء الى استقطابية جزيء الماء حيث تظهر قوى تجاذب شديدة بين الأقطاب المختلفة تجعل الشوارد محاطة من جميع الجهات بجزيئات الماء

التفسير الجهري للنقل الكهربائي

خلال مرور التيار الكهربائي كيف يمكن للشوارد ان تتحرك في المحلول ؟

عندما نطبق فرق في الكمون بين الصعد و المهبط



الأنيونات Cl^- تنجذب نحو المصعد و أثناء ملامستها له تتخلى عن الالكترونات الزائدة وتصبح ذرات معتدلة تشكل فيما بينها ثنائي الكلور : $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2\,é$

و تنتقل هذه الالكترونات المتحررة نحو المهبط عن طريق الدارة الخارجية فتتعدل مع الكاتيونات Na^+ التي تنجذب نحو المهبط داخل المحلول ويتشكل معدن الصوديوم حسب المعادلة: $2Na^+ + 2é \rightarrow 2\,Na$

نتائج:

- في المحلول الشاردي يحدث انتقال جماعي للشوارد، يسبب نقل التيار.
- تنتقل (الكاتيونات) الشوارد الموجبة في المحلول في نفس الجهة الاصطلاحية لانتقال التيار الكهربائي.
- تنتقل(الانيونات) الشوارد السالبة بعكس الجهة الاصطلاحية للتيار.

الدراسة الكمية لظاهرة الانحلال

1-التركيز المولي لمحلول بالشوارد (المولارية): [X] أو C

$$[X]=\frac{n_X}{V(L)}$$

n_X.:كمية الشوارد بالمحلول (بالمول).

V(L): حجم المحلول(باللتر).

تطبيق

نحل مقدار (1.11g) من كلور الكالسيوم $CaCl_2$ الشاردي البنية في مقدار $100Cm^3$ من الماء المقطر

- أكتب معادلة إنحلاله في الماء
- استنتج تركيزه المولي و مولاريته بجميع شوارده.

(Cl=35.5g/mol ; Ca = 40g/mol)

الحل

معادلة إنحلاله في الماء

$$CaCl_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Ca^{+2}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$$

حساب التركيز المولي (C) للمحلول:

$M_{(CaCl2)} = 111g/mol$

$$.n=\frac{.m}{M}=\frac{1.11}{111}=10^{-2}mol$$

$$C=\frac{.n}{V}=\frac{10^{-2}}{0.100}=0.10mol/l$$

⇐

مولارية المحلول بالشاردتين Ca^{2+} ، Cl^-

من معادلة التحول يكون :

$$1mol(CaCl_2)\rightarrow\begin{cases}1mol\ (Ca^{+2})\\2mol\ (Cl^-)\end{cases}$$

⇐ نحصل على مولارية المحلول بالشاردتين كما يلي :

$$[Ca^{2+}]= C =0.10mol.l^{-1}$$

$$[Cl^-] =2C=0.20mol.l^{-1}$$

2- PH المحلول المائي: PH المحلول هي قياس لدرجة حموضته وهي ترتبط بتركيز شوارد H_3O^+ فيه ،علاقته: $[H_3O^+]=10^{-PH}$

ويقاس بالـ : PH-metre

مثال: PH المحاليل المائية المخففة

- الماء المقطر لا ينقل التيار بسبب ضعف تشرده الذي يتوازن حسب المعادلة :

$$2H_2O = H_3O^+ + OH^-_{(aq)}$$

عند الدرجة

à 25°C alors $[H_3O^+] = [HO^-] = 10^{-7}\ mol.L^{-1}$, ce qui est très petit

الماء معتدل $\Rightarrow$PH=7

$$K_e = [H_3O^+].[HO^-]$$

$K_e = 10^{-14}$ يدعى الجداء الشاردي هذه العلاقة محققة في أي محلول مخفف .

في المحاليل المعتدلة PH=7

في المحاليل الحمضية PH<7
في المحاليلالأساسية PH>7
بصفة عامة يكون في المحاليل المخففة 0< PH < 7
3- قانون التخفيف :أثناء تخفيف محلول شاردي بالماء فان كمية الشوارد لا تتغير بتغير حجمه
$[X_0]V_0 = [X]V$ أو $C_0V_0=C_1V_1$

تطبيق: نضع في كأس مقدار $20Cm^3$ من محلول NaCl مولاريته بالشوارد Na^+ هي 0.1 mol/l ثم نضيف له حجما V' من الماء المقطر فتصبح مولاريته بنفس الشوارد 0.01mol/l.
ماهو حجم الماء المضاف ? =V'
الحل :
حسب قانون التخفيف : $V= V_0[Na^+]_0/[Na^+]=20x0.1/0.01=200cm^3$
حجم الماء المضاف هو:
$\Rightarrow V'=V-V_0=200-20 =180\ cm^3$

4- قانون انحفاظ الشحنة: يحدث التوازن الكهروستاتيكي لجميع الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول عندما يتم التوازن حيث يكون حينئذ : $\Sigma(+) = \Sigma(-)$ أو بعبارة أخرى $\Sigma[X^+] = \Sigma[Y^-]$.

5- قانون انحفاظ الكتلة : $[\ ]_{initial}= [\ dissocient]+ [reste\ ]$

ملاحظة هامة جدا:
نميز نوعين من المحاليل الشاردية:

a) محاليل شاردية قوية :تتفكك كليا في الماء (تشردها قوي ⇐ناقلة لـ: I شدة التيار أكبر) وتكون حالتها النهائية مثل:
أمثلة :
$NaCl\ (s) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$
$NaOH(s) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$
$H_3PO_4(l) \rightarrow 3H^+(aq) + PO_4^{-3}(aq)$
$HCl(g) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$

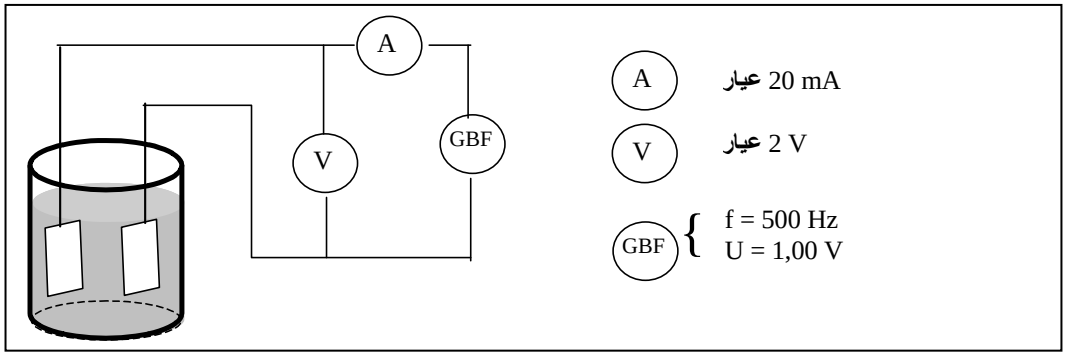
b) محاليل شاردية ضعيفة :لا تتفكك كليا في الماء (تشردهاضعيف⇐ناقلية لـ: I شدة التياربشكل ضعيف) ويكون تفككها في المحلول مثل:
$NH_4Cl\ (s) \rightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$ puis $NH_4^+(aq) + H_2O = NH_3(aq) + H_3O^+$
$CH_3COOH(l) \rightarrow CH_3COOH(aq)$
القليل من الجزيئات لا تبقى حرة بل تتفكك حسب المعادلة التالية
puis $CH_3COOH(aq) + H_2O = CH_3COO^-(aq) + H_3O^+$
ماهي الافراد الكيميائية المكونة للمحلول الشاردي؟
$CH_3COOH(aq)$، $CH_3COO^-(aq)$، H_3O^+ متبقية في المحلول غير متفككة ، OH^-
$CH_3COONa(s) \rightarrow CH_3COO^-(aq) + Na^+(aq)$ puis $CH_3COO^-(aq) + H_2O = CH_3COOH(aq) + OH^-$

المقاومة و الناقلية
1- المقاومة:تعرف المقاومة لاي ناقل كهربائيمهما كانت طبيعته(صلبة، سائل،غاز) بالعبارة التالية $R= \frac{U}{I}$
2- ناقلية المحلول الشاردي G (Conductance) :
أن الجزأ من المحلول المحصور بين المسرين يتميز بمقاومة R أي بناقلية $G = \frac{1}{R}$ حيث $R(\Omega)$ ، $G(S)$ إذا كانت G صغيرة يمكن قياسها بـ: Millisiemens
كلما كانت R كبيرة فان G تكون صغيرة ⇐ مرور التيار في المحلول صعب .(والعكس صحيح)
a) قياس ناقلية محلول شاردي:
تقاس بجهاز قياس الناقلية .
أو بتطبيق قانون أوم

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

أ - كيفية قياس ناقلية المحلول الشاردي :

نقوم بتحقيق التركيب التالي :

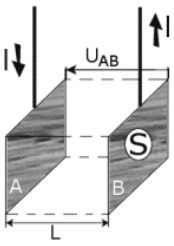


نستعمل GBF ونختار التيار المتناوب الجيبي (تواتره $f = 500Hz$ ، $U_{eff} = 1{,}00V$) من اجل منع استقطاب المسريين وكذلك منع حدوث التحليل الكهربائي، نقرأ قيمة I_{eff} لنستنتج $G = \frac{I_{eff}}{U_{eff}}$.

بما أن $U_{eff} = 1{,}00V \Rightarrow G = I(Siemens)$

مثلا إذا كان $I = 0{,}01A$ فإن $G = 0{,}01S$

ملاحظة : بدلا من استعمال صفيحتين ناقلتين يمكن استعمال خلية قياس الناقلية Conductimètre(وهو عبارة عن جهاز مصنوع خصيصا لهذا الغرض) .



b) الناقلية النوعية σ لمحلول شاردي: (Conductivité)

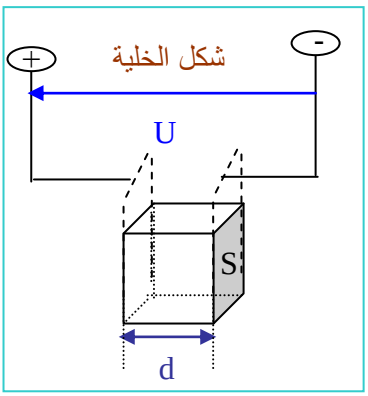
تبين الدراسة التجريبية أن ناقلية المحلول الشاردي G الموضوع بين مسريي الخلية :
تتناسب طردا مع S مساحة مقطع أحد المسريين المتماثلين و عكسا مع البعد d بينهما :

$$G = \sigma \cdot \frac{S}{d}$$

وحدتها Siemens/métre (S/m) أو ($\Omega^{-1}.m^{-1}$).

ويعتبر σ مؤشرا على قدرة المحلول لنقل التيار الكهربائي.

نضع $K = \frac{d}{S}$: ثابت الخلية (الذي يميز شكلها الهندسي $\Leftarrow \sigma = KG$)



ملاحظة : يعرف مقلوب الناقلية النوعية بالمقاومية ρ

c) علاقة التركيز C بالناقلية النوعية σ للمحلول

في المحلول شاردي مخفف تركيزه صغير(أقل من 0.01mol/L) الناقلية النوعية σتتناسب طردا مع التركيز C للمحلول . ونكتب σ

= λ.C .....(1)

λ : الناقلية النوعية المولية للمذاب وحدتها : $s.m^2.mol^{-1}$

C : تركيز المحلول وحدته mol/m^3

σ :الناقلية النوعية للمحلول وحدتها : $s.m^{-1}$

d) الناقلية النوعية المولية λ_{X^+} للشاردة الموجبة ، وλ_{X^-} للشاردة السالبة:

لنفترض المحلول الشاردي ممدا، أي تركيزه المولي $C \leq 10^{-2}\, mol \cdot L^{-1}$

تكون الناقلية للمحلول :

$$\sigma = \sigma(M^+) + \sigma(X^-)$$

بالتعويض في (1) : $\sigma^+ = \lambda_{M^+} \cdot [M^+]$ ونجد أيضا $\sigma^- = \lambda_{X^-}[X^-]$

إذن $\sigma = \lambda_{M^+} \cdot [M+] + \lambda_{X^-}[X^-]$

بصفة عامة في محلول ممدد $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$

مثال للناقلية النوعية المولية لبعض الشوارد عند 25°C

كاتيون	$\lambda_i\,(mS.m^2.mol^{-1})$	أنيون	$\lambda_i\,(mS.m^2.mol^{-1})$
H^+_{aq}	35,0	HO^-	19,9
Na^+_{aq}	05,0	Cl^-_{aq}	7,63
K^+_{aq}	7,35	Br^-_{aq}	7,81
NH^+_{4aq}	7,34	I^-_{aq}	7,14
Ag^+_{aq}	6,89	$M_nO^-_{4aq}$	6,13

مذكرة02 TP	الوحدة 02: قياس الناقلية الموضوع: العوامل المؤثرة في الناقلية لمحلول شاردي	التاريخ: 2006/12/23م الموافق لـ: 02 ذي الحجة 1427هـ التوقيت: 02ساعات
الكفاءات المستهدفة:اكتساب طريقة فيزيائية (غير تخريبية للمادة)، يعينون بواسطتها كمية المادة في محلول شاردي وهي تمثل في ناقليته G.		

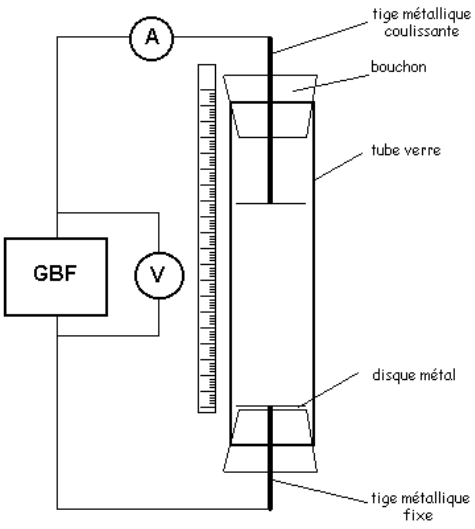
1 - هندسة الخلية:

نشاط: نضع في بيشر محلول كلور الصوديوم $C = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol/L.

ثم نستعمل خلية قياس الناقلية

بحيث يمكن أن نغير المسافة ما بين المسريين أو نغير مساحة سطح الجزء المغمور من الصفيحة

أ- S ثابتة نغيرd و نقيس في كل مرة شدة التيار المنتجة I_{eff} بدلالة d ثم نحسب : $G = I_{eff}/U_{eff}$



(التجارب تكون عند نفس درجة الحرارة) ماذا تستنتج؟

U_{eff} = 1 V avec

f = 1kHz

ب-L ثابت نغير S في كل مرة نقيس ناقلية المحلول G. ماذا تستنتج؟

d(cm)	1/d (cm^{-1})	I_{eff} (mA)	G (mS)
16	0,06	0,44	0,44
14	0,07	0,59	0,59
12	0,08	0,68	0,68
10	0,10	0,82	0,82
8	0,13	1,05	1,05
6	0,17	1,37	1,37
4	0,25	2,05	2,05
2	0,50	3,95	3,95
1	1.00	6,84	6,84

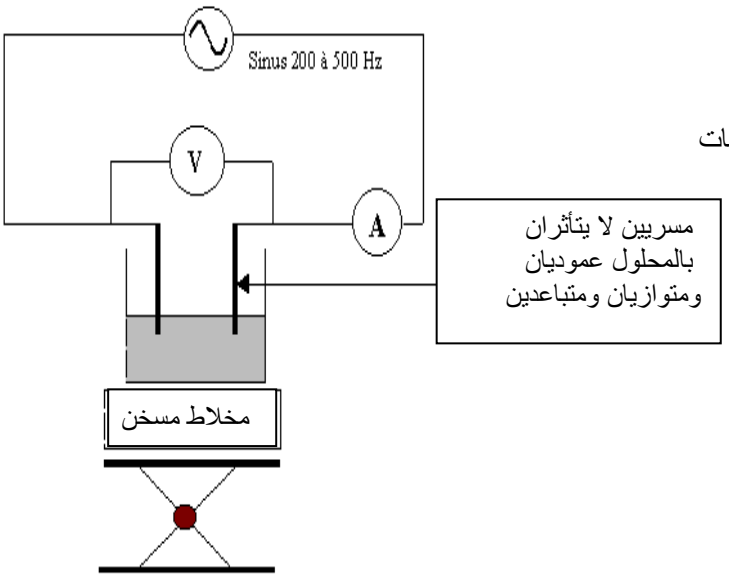
النتيجة: كلما كان d أصغر ⇐ G تكون أكبر ⇔ R للمحلول أصغر.

2-تأثير درجة الحرارة على الناقلية.

النشاط

نقيس ناقلية المحلول السابق بنفس الخلية من اجل درجات حرارة مختلفة وندونها في الجدول

ماذا تستنتج؟



θ(°C)	17	18	19	20	21	22	23	24	25
σ($mS.cm^{-1}$)	1,199	1,225	1,251	1,278	1,305	1,332	1,359	1,386	1,413

ملاحظة:

$1\ mS.cm^{-1} = 1.10^{-3}\ S \times 10^{2}\ m^{-1} = 0,1\ S.m^{-1}$. Par exemple : $\sigma = 1,305\ mS.cm^{-1} = 0,13\ S.m^{-1}$.

النتيجة: عندما تزداد درجة الحرارة تزداد الناقلية النوعية وذلك نظرا لتناقص في اماهة الشوارد

3-تأثير طبيعة المحلول على الناقلية.

النشاط

نقيس بنفس الخلية و عند نفس درجة الحرارة ناقلية محلول كلور الصوديوم و ناقلية محلول حمض كلورالماء وناقلية محلول هيدروكسيد الصوديوم بحيث المحاليل(03) لهما نفس التركيز المولي $C = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$

ماذا تستنتج؟

$U_{eff} = 1\ V$

المحلول	$Na^+ + OH^-$	$H^+ + Cl^-$	$Na^+ + Cl^-$
I_{eff} (mA	9.0	14.1	4.6
G (mS)	9.0	14.1	4.6

H^+ meilleur que Na^+ : NaCl etHCl

H^+ meilleur que Na^+ : NaOH et HCl

OH^- meilleur que Cl^- : NaCl et NaOH

Cation → λ

Na^+ H^+

Anion → λ

Cl^- OH^-

حساب λ من العلاقة: $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$

المحلول KOH

$$\sigma = \lambda_{K^+} [K^+] + \lambda_{OH^-} [OH^-] = (\lambda_{K^+} + \lambda_{OH^-}) . C$$

$$\sigma / C = \lambda_{K^+} + \lambda_{OH^-}$$

$$\sigma = G.d / S \Rightarrow G_{KOH}.d / S.C = \lambda_{K^+} + \lambda_{OH^-} \quad \Leftarrow$$

نفس الشيء نستنتج للمحاليل الأخرى :

$$\lambda_{K^+} + \lambda_{Cl^-} = G_{KCl}.d / S.C$$

$$\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-} = G_{NaCl}.d / S.C$$

$$\lambda_{Na^+} + \lambda_{OH^-} = G_{NaOH}\, d / SC$$

نجد:

$$\lambda_{K^+} + \lambda_{OH^-} = (\lambda_{K^+} + \lambda_{Cl^-}) - (\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-}) + (\lambda_{Na^+} + \lambda_{OH^-})$$

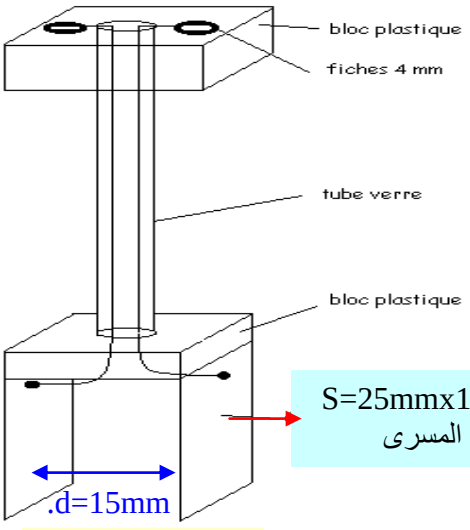
النتيجة: تتعلق ناقلية المحلول الشاردي المخفف بطبيعة الشوارد الموجودة فيه.

4-تأثير تركيز المحلول على الناقلية.

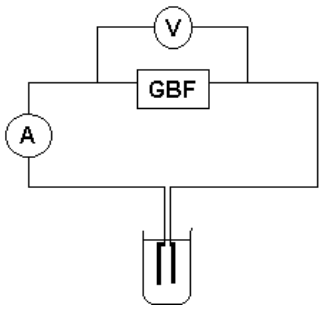
النشاط:

نحضر محاليل من NaCl مختلفة التراكيز بين ($1,0\times10^{-1}$ mol.L^{-1} et $1,0 \times 10^{-5}$ mol.L^{-1}.)

ملاحظة: يجب غسل الخلية جيدا بالماء المقطر ومسحها بورق ترشيح بين كل قياسين.



خلية قياس الناقلية



$\lambda_{Na^+} = 50,1 \times 10^{-4}$ S.m^2.mol^{-1}

$\lambda_{Cl^-} = 76,3 \times 10^{-4}$ S.m^2.mol^{-1}

نحصل على جدول القياسات التالي:

$$G = \frac{I_{eff}}{U_{eff}}$$

النتيجة:تتناسب الناقلية في المحاليل المخففة مع تركيز المحلول الذي يتراوح بين : 10^{-5}mol/L ; 10^{-1}mol/L ، ولكن عندما يصبح تركيز المحلول كبير جدا تنخفض الناقلية الكهربائية النوعيةσ للمحلول.

ملاحظة: نستطيع حساب G بطريقتين:

الطريقة الأولى:

$\lambda_{Na+} = 50{,}1 \times 10^{-4}$ S.m^2.mol^{-1}

$\lambda_{Cl-} = 76{,}3 \times 10^{-4}$ S.m^2.mol^{-1}

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

c (mol.L^{-1})	I_{eff} (mA)	G (mS)	U_{eff} (V) 1
$1{,}0 \times 10^{-1}$	24,10	24,10	
$2{,}0 \times 10^{-2}$	9,00	9,00	
$1{,}0 \times 10^{-2}$	4,90	4,90	
$5{,}0 \times 10^{-3}$	2,50	2,50	
$1{,}0 \times 10^{-3}$	0,50	0,50	
$5{,}0 \times 10^{-4}$	0,40	0,40	
$1{,}0 \times 10^{-4}$	0,06	0,06	
$1{,}0 \times 10^{-5}$	0,04	0,04	

$$G = \frac{\sigma \quad S}{d}$$

الطريقة الثانية:

$$G = \frac{I_{eff}}{U_{eff}}$$

5- تأثير الضغط على الناقلية: تتناقص ناقلية المحلول بازدياد ضغطه

تطبيق قانون كورلوش *KOHLRAUSCH*

الناقلية النوعية σ لمحلول شاردي ، تدرس وتعرف انطلاقا من علاقة الناقلية الكهربائية له G حيث:

$$G = \frac{\sigma \quad S}{d}$$

G (S), σ (S.m^{-1}) , S (m^2) d (m)

.

$S = 25 \times 18 = 4{,}5 \times 10^2$ mm^2 $= 4{,}5 \times 10^{-6}$ m^2

d = 15 mm = 15×10^{-3} m

الناقلية النوعية σ : لها علاقة بالناقلية المولية الشاردية λ_i وكذا بتركيز الشاردي فيها:

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

ليكن لدينا محلول NaCl تركيزه المولي $c = 1{,}0 \times 10^{-4}\ mol/L$

$$\sigma = \lambda_{Na+}\,[Na^+] + \lambda_{Cl-}\,[Cl^-]$$

الناقلية المولية الشاردية لكل شاردة:

$$\lambda_{Na+} = 50{,}1 \times 10^{-4}\ S.m^2.mol^{-1}$$

$$\lambda_{Cl-} = 76{,}3 \times 10^{-4}\ S.m^2.mol^{-1}$$

$$\sigma = 50{,}1 \times 10^{-4} \times 1{,}0 \times 10^{-4} + 76{,}3 \times 10^{-4} \times 1{,}0 \times 10^{-4} = 1{,}3 \times 10^{-3}\ S/m$$

$$G = \frac{1{,}3 \times 10^{-3} \times 4{,}5 \times 10^{-4}}{15 \times 10^{-3}} = 4 \times 10^{-5}\ S = 0{,}04\ mS$$ ⇐ ناقليته الكهربائية

بعض قيم الناقلية المولية الشاردية λ

ANIONS	λ ($\times 10^{-4}$ S.m^2.mol^{-1})
Br^-	78,1
CN^-	78,0
Cl^-	76,3
ClO_2^-	52,0
ClO_3^-	64,6
ClO_4-	67,3
½ CrO_4^{2-}	85,0
F^-	55,4
HCO_3^-	44,5
$H_2PO_4^-$	33,0
HS^-	65,0
I^-	76,8
MnO_4^-	61,3
NO_3^-	71,4
OH^-	198,0
PO_4^{3-}	69,0
SCN^-	66,0
½ SO_4^{2-}	80,0
½ $S_2O_8^{2-}$	86,0
CH_3-COO^-	40,9
H-COO^-	54,6

CATIONS	λ ($\times 10^{-4}$ S.m^2.mol^{-1})
Ag^+	61,9
1/3 Al^{3+}	61,0
½ Ba^{2+}	63,6
½ Be^{2+}	45,0
½ Ca^{2+}	59,5
½ Co^{2+}	55,0
1/3 Cr^{3+}	67,0
Cs^+	77,2
½ Fe^{2+}	54,0
1/3 Fe^{3+}	68,0
H^+	349,6
½ Hg^{2+}	63,6
K^+	73,5
Li^+	38,7
½ Mg^{2+}	53,0
½ Mn^{2+}	53,5
NH_4^+	73,5
Na^+	50,1
½ Ni^{2+}	50,0
½ Pb 2+	71,0
½ Sr 2+	59,4

ملاحظة: المحلول الشاردي الممدد متعدد الشحنة (مثلا: $Ca^{2+}+2Cl^-$)

فإن $[Ca^{2+}]=C$ $[Cl^-]=2C$ ومنه $\sigma = C(\lambda_{Ca^{2+}} + 2\lambda_{Cl^-})$

4-تأثير التركيز المولي على الناقلية النوعية للمحلول

تجربة:

نحضر محلولا لـ $(Na^+ + Cl^-)$ تركيزه $C_0=2.5x10^{-2}mol.l^-$ وذلك باذابة كتلة معينة من كلور الصوديوم في مقدار $50cm^3$من الماء المقطر .ثم نقيس ناقليته النوعية σ باستعمال جهاز قياس الناقلية.

نضيف للمحلول المحصل عليه $50cm^3$ اخرى من الماء المقطر ونقيس ناقليته الجديدة .

نعيد التجربة عدة مرات باضافة نفس الكمية من الماء في كل مرة ، نحصل على جدول القياسات التالي ، حيث (V) يمثل حجم المحلول النهائي بعد اضافة الماء:

V(Cm^3)	50	100	150	200	250	300
σ (mS.Cm^{-1})	2.80	1.44	0.98	0.74	0.60	0.50
C(m mol.L^{-1})						

المطلوب :

1. أكمل الجدول السابق مع التعليل ؟

2. ارسم المنحنى البياني $\sigma = \psi(C)$.ماذا تستنتج من البيان؟
3. اذا كانت الناقلية النوعية لمحلول NaCl عند ة نقطة معينة هي $\sigma = 2.5\ mS.Cm^{-1}$، فماهو تركيزه ؟
4. .علما أن الناقلية المولية الشاردية :

$$\lambda_{Na^+} = 5.01 \times 10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$$

$$\lambda_{Cl^-} = 7.63 \times 10^{-3}\ S.m^2.mol^{-}$$

-احسب الناقلية النوعية لمحلول تركيزه $5x10^{-3}\ mol.l^{-1}$

-قارن هذه النتيجة مع النتيجة المحصل عليها بواسطة التجربة

5. استنتج قيمة كتلة كلور الصوديوم (m) المستعملة في تحضير المحلول الابتدائي.

تحليل النجربة:

1. حسب قانون التخفيف : $C_0.V_0 = C.V \Rightarrow C = C_0.V_0 / V$ نحصل على الجدول التالي:

$V(Cm^3)$	50	100	150	200	250	300
$\sigma\ (mS.Cm^{-1})$	2.80	1.44	0.98	0.74	0.60	0.50
$C(m\ mol.L^{-1})$	25.0	12.0	8.33	6.25	5.00	4.17

2. رسم المنحنى البياني: $\sigma = \varphi(C)$

الاستنتاج: البيان خط مستقيم فالناقلية في المحلول المخفف تتناسب مع تركيزه.

3. استنتاج تركيز محلول كلور الصوديوم الذي ناقليته $\sigma = 2.5ms.Cm^{-1}$:

من البيان نلاحظ أنه لما $\sigma = 2.50ms.Cm^{-1}$ يكون $C \approx 23m\ mol.L^{-1}$

4. حساب الناقلية النوعية للمحلول من أجل $C = 5m\ mol.L^{-1}$:

$$\Rightarrow \quad \sigma = \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] \quad \sigma = \sum_{i=1}^{n} \lambda i [X_i]$$

حيث: $\sigma = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-}).C$

$C=5m\ mol.L^{-1} = 5x10^{-3}\ x10^3 = 5\ mol.m^3$ ، ومنه يكون :

$$\sigma = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-}).C = (5.01+7.63)x10^{-3}x5 = 63.2x10^{-3}\ S.m^{-1}$$

$$= 63.2x10^{-3}x10^3x10^{-2}$$

$$= 0.632mS.Cm^{-1}$$

بالرجوع الى التجربة نلاحظ أنه من أجل $C=5m\ mol.L^{-1}$ تكون $\sigma = 0.6\ m\ S\ .Cm^{-1}$

النتيجتان متقاربتان في حدود أخطاء التجربة.

5. استنتاج قيمة (m)

في المحلول الابتدائي : $V_0 = 50Cm^3$ ، $C_0 = 25m\ mol.L^{-1}$

ومن العلاقة : $n = m/M$ يكون $m = n.M = 1.25x10^{-3}\ x58.5 = 73.125x10^{-3}g$

منحنى المعايرة TP_2 $G = F(C)$:

1- نحضر عشرة محاليل من كلور الصوديوم بتراكيز مولية مختلفة

المحلول	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}
التركيز المولي $mol.L^{-1}$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
G(ms)										

أ- من اجل محلول و بواسطة تركيبة قياس الناقلية قس الناقلية G لكل محلول ثم اكمل الجدول.

ب- ارسم البيان G= F (C) في أي مجال يمكن اعتباره G يتناسب طرديا مع C (نسمي المحاليل التي تحقق ذلك المحاليل المحددة)

جـ- نعتبر محلولا S_0 من كلور الصوديوم تركيزه المولي C_0 مجهولا علما انه يوجد محلول (S) من كلور الصوديوم تركيزه المولي $C =10^{-2}\ mol.L^{-1}$ هل يمكن معرفة C_0 دون استعمال منحنى المعاير؟

2- مقارنة ناقلية بعض المحاليل:

نعتبر محلولين لهما نفس التركيز المولي $\mathbf{C} =10^{-2}\ mol.L^{-1}$ الأول من حمض كلور الماء و الثاني من كلور الصوديوم

أ- باستعمال تركيبة قياس الناقلية قس ناقلية كل محلول (تستعمل نفس الخلية و نفس درجة الحرارة)

ب- علما أن الناقلية النوعية المولية $\lambda_{H_3O^+} = 19,9 mS.m^2.mol^{-1}$ استنتج λ_{Na^+} و λ_{Cl^-}

إلى ماذا يعود هذا الاختلاف؟