تصنيع خلية ناقلية كهربائية ودراسة الشروط المثلى لعملها وتطبيقاتها التحليلية

د. هاجر نصر ناصر*

ديما هيثم حموده**

(تاريخ الإيداع 26 / 9 / 2019. قُبِل للنشر في 22 / 1 /2020)

□ ملخّص □

تناول هذا البحث تصنيع خلية لقياس الناقلية الكهربائية تتألف من الكترودين مصنوعين من مادة الستانليس ستيل المقاوم للصدأ بأبعاد (1×4)cm وبثخانة (0.5mm) لكل منهما، و ثبتا على خلية زجاجية ببعد ثابت يفصل بينهما (1cm) على أن يكون الجزأ المغمور من كل الكترود في المحاليل هو (1×1)cm وذلك للحصول على ثابت الخلية التقني ($1cm^{-}$)، ربطت الخلية المصنعة مع جسر واتستون المركب من 3 مقاومات (مقاومتان بقيمة 5 KΩ ومقاومة واحدة متغيرة) ووصل الجسر مع محول تيار متناوب إلى تيار مستمر ثمّ تم وصل المحول بدوره مع مقياس غلفاني ، درست الشروط المثلى لعمل هذه الخلية باستخدام محلول قياسي من كلوريد البوتاسيوم (KCl) تركيزه (0.01M) له ناقليه كهربائية (1413µs/cm) عند درجة الحرارة 25℃ . إذ وجد أنُ الموجة الأفضل هي الموجة الجيبية عندالتواتر (1000Hz) بفرق كمون (3V) وتيار متناوب وباستخدام معامل درجة الحرارة المعطى بالعلاقة الآتية : $K_{Tref}=\frac{100\times K_T}{100+\theta(T-T_{ref})}$ وذلك للحصول على قياسات الناقلية الكهربائية عند درجة الحرارة المرجعية 25℃ . طبقت أيضا الخلية المصنعة في القياسات المباشرة لعينات عيارية مختلفة وعينات تحليلية ،وفي القياسات غير المباشرة لمعايرات التعديل ومعايرات الترسيب وذلك لاختبارها تحليلياً وبيئيا فأبدت تجاوبا تحليليا بتكرارية منتظمة حيث كان الانحراف المعياري [580-10]، والانحراف المعياري النسبي [8%-2] ،واسترجاعية ضمن المجال[101%- 98] وذلك من أجل المحاليل العيارية .

الكلمات المفتاحية : تصنيع خلية الناقلية الكهربائية، الناقلية الكهربائية للمحاليل ، ثابت الخلية ، معامل درجة الحرارة .

*أستاذ – قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية H.n.n @outlook.com

**طالبة دراسات عليا (ماجستير) – قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية mnkjmjmjm@gmail.com

Manufacturing electrical conductive cell and studying the optimum conditions of its work and analytical applications

Dr. Hajar Naser Nasser [*]
Deema Haitham Hamoudeh [**]

(Received 26 / 9 / 2019. Accepted 22 / 1 /2020)

□ ABSTRACT □

This research studied the manufacture of a cell for measuring electrical conductivity that consists of two electrodes made of stainless steel with dimensions of (1 × 4) cm, and a thickness (0.5mm) each, and installed on a glass cell with a fixed dimension separated by (1cm).

Each electrode in the solution must be (1 × 1) cm to obtain a technical cell constant ($1cm^{-}$).

The manufactured cell is linked with the Watston Bridge, which is made of of 3 resistors (two resistors with a value of 5 KΩ and one variable resistance) and the bridge was linked with an alternating current transformer, then the transformer was linked to the Galvano scale, then the optimal conditions for the operation of this cell were studied on a standard solution of potassium chloride (KCl) with a concentration of (0.01M) which has an electrical conductivity (1413 /s / cm) at 25 ℃.

The best wave is found to be a sine wave at(1000Hz) frequency with a potential difference (3V) and an alternating current using the temperature coefficient given by the following equation: $K_{Tref}=\frac{100\times K_T}{100+\theta(T-T_{ref})}$ to have electrical conductivity measurements at a reference temperature of 25 ℃ .

The manufactured cell was applied in direct measurements of different samples and in indirect measurements of adjustments and deposition titrations for analytical and environmental testing, it showed an analytical response with Regular iteration, where the standard deviation [10-580] and the relative standard deviation was [2-8%] and regressive within the field [98 -101%] for the standard solutions.

Keywords: Electrical Conductivity Cell Manufacturing, Electrical Conductivity of Solutions, Cell Constant, Temperature Coefficient.

[*] **Prof., Dep. of Chemistry - Faculty of Sciences - Tishreen University- Lattakia- Syria**
[**] **Postgraduate Student, Dep. of Chemistry – Faculty of Sciences – Tishreen University- Lattakia-Syria**

مقدمة :

يزداد الاهتمام عالميا باستخدام الطرائق التحليلية السريعة والأقل كلفة كبديل عن تلك الأكثر تعقيداً وكلفةً، ومن أهمها الناقلية الكهربائية للمحاليل لأهميتها التحليلية والبيئية والتطبيقية في الصناعات الغذائية والدوائية.

تستخدم الناقلية الكهربائية لمراقبة المحتوى الأيوني ل (محاليل الفاكهة _ العصائر _ المشروبات الغازية _ سوائل غسل الكلى) بالإضافة إلى المياه (مياه الشرب _ مياه الصرف الصحي _ المياه المعالجة) و يرتبط مصطلح الناقلية الكهربائية بشكل أساسي بمفهوم مقاومة المحلول للتيار الكهربائي وفق العلاقة $K_c = \frac{K_{cell}}{R_s}$

K_c: الناقلية الكهربائية للمحلول ، K_{cell}: ثابت الخلية ، R_s: المقاومة الكهربائية للمحلول [1]. ولسنوات عدة استخدمت أجهزة قياس (المقاومة ,الناقلية) كمؤشرات موثوقة لقياس الجودة الأيونية للمياه وخاصة المياه عالية النقاوة [2] . كما تعد طريقة قياس الناقلية الكهربائية من الطرائق السهلة والسريعة والأساسية التي تستخدم في مراقبة أداء إزالة المعادن وغيرها من العمليات في معالجة المياه والكشف عن التلوث الأيوني في مياه الغلايات والمياه المستخدمة في الصناعات الدوائية [3].يتألف جهاز الناقلية الكهربائية من خلية الناقلية ومقياس الناقلية الكهربائية، حيث تتكون الخلية من الكترودين (لوحتان من البلاتين) ثبتتا على مسافة ثابتة من بعضها البعض وتم توصيلهما بوساطة الأسلاك إلى العداد الذي يتكون بدوره من دائرة جسر واتستون، اسُتخدمَ التيار المتناوب من أجل تجنب التغيير والمقاومة الواضحة مع مرور الوقت بسبب التفاعلات الكيميائية (تأثير الاستقطاب أي لمنع امكانية ترسيب للمواد الكيميائية المدروسة على سطحي الالكترودين أو تفاعل هذه المواد مع مادة الالكترود) [4].

يتطلب تصميم خلايا الناقلية الكهربائية الأخذ بالنقاط الآتية:

1- يجب أن تكون الالكترودات مصنوعة من مادة ناقلة جيدة للتيار الكهربائي، خاملة كيميائيا وثابتة حرارياً.

2- يجب أن يكون للإكترودات القياس نفسه وعدم تحريك المحلول عند القيام بأخذ نتائج الناقلية الكهربائية [5].

تمتاز خلايا الناقلية ثنائية الالكترود بسهولة حفظها ، وبأنها اقتصادية، وتستخدم في المحاليل اللزجة أو التي تحوي معلقات . يعتمد عداد قياس الناقلية بشكل أساسي على مقاومة مكونات المحلول، إذ يزود المحلول بتيار متناوب ويتم الحصول على مقاومة المحلول باستخدام أحد الأجهزة (مولد او راسم ذبذبات، مكبر صوت، جهاز لقياس المقاومة) [6] .

أهمية البحث وأهدافه:

1- هدف البحث: يهدف البحث إلى تصنيع خلية جديدة للناقلية الكهربائية ومقارنتها بخلية الناقلية النظامية وايجاد الشروط المثلى لاستخدامها في المجالات التحليلية والبيئية والصناعية.

2- أهمية البحث: تكمن أهمية البحث في كونه إضافة علمية لرفد وتوطين وتطوير تقانة تصنيع الأجهزة التحليلية القليلة التكلفة واستخدامها في مجالات عدة تحليلية وبيئية وصناعية مما يوفر على الجامعة تكاليف شراء ونقل هذه الأجهزة.

طرائق البحث ومواده:

1- الأجهزة المستخدمة في تركيب جهاز الناقلية:

جهاز مولد ترددات : FUNKTIONSGENERA S 12 ، مقياس غلفاني : JO 409 ، جهاز آفو : PEAKTECH 3340 DMM ، محول تيار متناوب إلى تيار مستمر : GBJ 2510

جسر واتستون : تم تركيبه من مقاومتين ثابتتين على الجسر قيمة كل منهما 5 kΩ ، ثلاث مقاومات متغيرة(يمكن تبديلها): المقاومة الأولى KΩ[0-1] ، المقاومة الثانية KΩ[0-5] ،المقاومة الثالثة KΩ[0-20] أسلاك توصيل كهربائية: عدد 10

2- الأدوات المستخدمة في صناعة خلية الناقلية الكهربائية:

حوجلة زجاجية، صفيحة زجاجية دائرية الشكل، الكترودان مصنوعان من معدن الستانليس ستيل المقاوم للصدأ ، مادة التفلون بالإضافة إلى لواصق كيميائية($EPOXY\ STEEL-ALTECO\ ACE$)، أسلاك كهربائية للتوصيل عدد 2 .

3- أدوات وأجهزة مخبرية زجاجية مختلفة: (دوارق، بياشر، ماصات، اسطوانات مدرجة)

4-جهاز $EC\ Meter$: جهاز مخبري مزود بخلية من البلاتين انتاج شركة $Crison$،

$EC-METER\ GLP\ 31+$

المواد الكيميائية المستخدمة في هذا البحث:

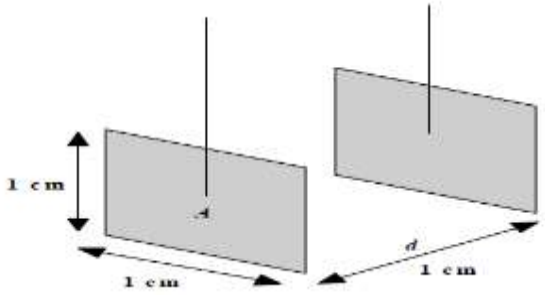
استخدمت محاليل عيارية لقياس الناقلية الكهربائية من (KCl) بتراكيز مختلفة انتاج شركة $CRISON$ بالإضافة إلى : كلوريد الصوديوم $Pure\ Solid$ ، حمض كلور الماء $Liquid-35\%$، هيدروكسيد الصوديوم $(AgNO3)\ Pure\ Solid$.$99.0\%-solid$,

النتائج والمناقشة:

1-تصنيع خلية قياس الناقلية الكهربائية وحساب ثابت الخلية التقني:

صنّعت خلية الناقلية من مادة الستانلس ستيل المقاوم للصدأ وتتألف الخلية من الكترودين بشكل مستطيل بأبعاد $(1\times 4)cm$ وثخانة $(0.5mm)$ ، ثبتا باستخدام مادة التفلون على لوح زجاجي مثبت بدوره ضمن خلية زجاجية(نوع الزجاج بيريكس) مخبرية سعة (50ml) تم ثقبها من الأسفل بوساطة مثقب زجاجي متغير الأبعاد كما استخدمت لواصق كيميائية من الداخل لتثبيت الالكترودين بحيث يكون البعد بينها ثابت بمقدار $(1cm)$ والأبعاد المغمورة في المحلول من كل الكترود هي $(1\times 1)\ cm$ للحصول على ثابت الخلية التقني ذو القيمة $(1cm^{-1})$وذلك تطبيقا للعلاقة الآتية: $K_{cell}={}^{L}/_{A}$ ،كما في الشكل (1) : K_{cell} : ثابت الخلية التقني ، L : المسافة بين الالكترودين ، A : مساحة سطح الالكترود [2] .

جرت عملية صقل وتنعيم للالكترود بعد قصه من صفيحة الستانليس ستيل ثمّ غُسِل بالكحول ومن ثم بالماء ثنائي التقطير للحصول على مساحة سطح فعّال و نظيف .



الشكل(1) أبعاد الالكترودين والمسافة بينهما

2-تركيب دارة جهاز قياس الناقلية الكهربائية (جسر واتستون):

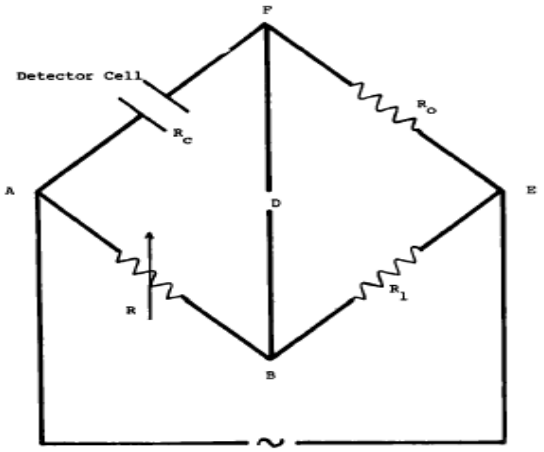
تم وصل خلية الناقلية المصنعة إلى جسر واتستون بوساطة أسلاك كهربائية ويتالف الجسر بدوره من أربعة مقاومات(المقاومتان R1,R2 لهما قيم ثابتة (5KΩ)، R3 مقاومة متغيرة لها مجال محدد ، R4 وهي مقاومة المحلول المدروس الشكل(2) .

وطبقَت العلاقة الآتية: $\frac{R_{solution}}{R3} = \frac{R2}{R1}$ $R_{solution} = \frac{R3 * R2}{R1}$ [8-7].

وبما أن (R1=R2=5kΩ) تصبح العلاقة السابقة بالشكل الآتي: $R_{solution} = R_3$

وبحساب قيمة المقاومة المتغيرة بوساطة جهاز AVO يتم الحصول على قيمة مقاومة المحلول ومنه ناقلية هذا المحلول.

يبين الشكل (2)الطريقة العامة المتبعة لربط خلية الناقلية الكهربائية مع جسر واتستون [9] .



الشكل (2) ربط جسر واتستون مع الخلية المصنعة لقياس الناقلية الكهربائية

3- معامل تصحيح درجة الحرارة:

من أجل الحصول على قيم الناقلية الكهربائية للمحاليل المائية عند درجة الحرارة المرجعية:(25℃) استخدم معامل تصحيح درجة الحرارة المعطى بالعلاقة الآتية : $K_{Tref} = \frac{100 \times K_T}{100 + \theta(T - T_{ref})}$ [10-11].

K_{Tref}: الناقلية الكهربائية عند درجة الحرارة المرجعية(25℃)الناقلية الكهربائية عند درجة حرارة المحلول ، T_{ref}: درجة الحرارة المرجعية(25℃) ، T : درجة حرارة المحلول ، θ : *معامل درجة الحرارة*.

يبين الجدول (1) معاملات درجات الحرارة لبعض المواد الكيميائية [12] .

جدول(1) : معاملات درجات الحرارة لبعض المواد الكيميائية .

معامل درجة الحرارة (℃/%)θ	المادة الكيميائية
1.0-1.6	الحموض
1.8-2.2	الأسس
2.2-3.0	الأملاح
2.0	ماء الشرب
5.2	ماء مقطر

اختيار الشروط المثلى لعمل الخلية المصنعة:

استخدم محلول عياري KCl تركيزه 0.01M بناقلية كهربائية (1413µs/cm) عند درجة الحرارة (25 ℃) إنتاج شركة CRISON في دراسة الشروط الأفضل لعمل هذه الخلية المصنعة وذلك باستخدام جهاز مولد الترددات، فكانت النتائج الآتية:

1- التيار الكهربائي:

تبين من خلال التجربة أن استخدام التيار المستمر يؤدي إلى حدوث تغير في شكل ولون المحلول حيث لوحظ ترسب بعض من الحبيبات على سطح كل من الالكترودين مما يشير إلى حدوث استقطاب في المحلول وهذا يتوافق مع الدراسة المرجعية ،وبالتالي استخدم التيار المتناوب الذي لم يحدث أي تغير في شكل أو لون المحلول عند استخدامه في هذه الدراسة[6] .

2- (الموجة – التواتر – فرق الكمون):

2-1- الموجة المربعية: طبقت الموجة المربعية مع تغير التواتر وفرق الكمون على الخلية المصنعة وتم الحصول غلى النتائج المدرجة في الجدول (2):

جدول(2) نتائج قياسات الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة باستخدام موجة مربعية مع تغير التواتر وفرق الكمون:

التواتر (HZ)	فرق الكمون(V)	النتيجة K(µs/cm)
1	------	لايمكن القياس
10	1	لايمكن القياس
10	2	1070
10	3	2620
10	4	لايمكن القياس
100	1	لايمكن القياس
100	2	984
100	3	2020
100	4	1890
1000	1	لايمكن القياس
1000	2	1041 (صعوبة في القياس)
1000	3	1400
1000	4	6401
10000	1	لايمكن القياس
10000	2	لايمكن القياس
10000	3	لايمكن القياس
10000	4	لايمكن القياس

يبين الجدول(2) أن أقرب نتيجة للقيمة الصحيحة(1413µs/cm) هي عند التواتر 1000HZ وفرق كمون 3V وهي (1400µs/cm)

يعود السبب في الحالات التي لايمكن قياس النتائج بها إلى أن مؤشر مقياس غلفاني لايصل إلى قيمة الصفر (وهي القيمة التي تعني تساوي قيمة المقاومة المتغيرة مع مقاومة المحلول المدروس).

2-2- الموجة المثلثية: طبقت الموجة المثلثية مع تغير التواتر وفرق الكمون على الخلية المصنعة وتم الحصول غلى النتائج المدرجة في الجدول (3):

جدول(3) نتائج قياسات الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة باستخدام الموجة المثلثية مع تغير التواتر وفرق الكمون

التواتر (HZ)	فرق الكمون(V)	النتيجة K(µs/cm)
1	-------	لايمكن القياس
10	1	لايمكن القياس
10	2	838
10	3	2583
10	4	لايمكن القياس
100	1	لايمكن القياس
100	2	1013
100	3	1100
100	4	2047
1000	1	لايمكن القياس
1000	2	1168
1000	3	1424
1000	4	1840
10000	1	لايمكن القياس
10000	2	1985
10000	3	لايمكن القياس
10000	4	لايمكن القياس

يبين الجدول (3) أن أقرب نتيجة للقيمة الصحيحة (1413µs/cm) هي عند التواتر 1000HZ وفرق كمون 3V وهي (1424µs/cm).

2-3- الموجة الجيبية: طبقت الموجة الجيبية مع تغير التواتر وفرق الكمون على الخلية المصنعة وتم الحصول غلى النتائج المدرجة في الجدول (4):

جدول(4) نتائج قياسات الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة باستخدام الموجة الجيبية مع تغير التواتر وفرق الكمون

التواتر (HZ)	فرق الكمون(V)	النتيجة K(µs/cm)
1	1	لايمكن القياس
10	1	لايمكن القياس
10	2	813
10	3	1409
10	4	2047 (صعوبة في القياس)
100	1	لايمكن القياس

100	2	900
100	3	1440
100	4	1779
1000	1	لايمكن القياس
1000	2	995
1000	3	1418
1000	4	1822
10000	1	922 (يمكن القياس)
10000	2	1852(يمكن القياس بصعوبة)
10000	3	لايمكن القياس

يظهر الجدول (4) أن أقرب نتيجة للقيمة الصحيحة(1413µs/cm) هي عند التواتر 1000HZ وفرق كمون3V وهي (1418µs/cm)،إن استخدام الموجة الجيبية يمتاز بالسهولة والسرعة في القياس مقارنة بالموجتين السابقتين.

اختبار خلية الناقلية المصنعة باستخدام المحاليل العيارية:

بعد اختيار شروط عمل الخلية تم اختبارها للتأكد من صحتها ودقتها على ثلاثة محاليل عيارية من كلوريد البوتاسيوم بتراكيز مختلفة حيث تمتلك المحاليل الثلاث قيما محددة للناقلية الكهربائية [13].

فكانت النتائج وفق الجدول (5) :

جدول(5) قياسات الناقلية الكهربائية للمحاليل العيارية باستخدام الخلية المصنعة:

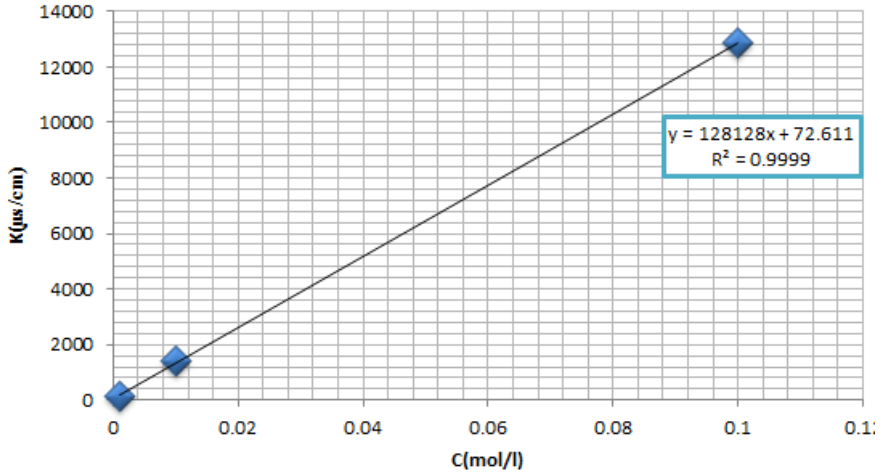
المحلول العياري 20°C	KCL 0.001 M	KCL 0.01 M	KCL 0.1 M
قيمة الناقلية مرجعيا K(µs/cm) عند درجة حرارة (25 °C)	147	1413	12880
قيمة الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة K(µs/cm) عند الدرجة 20°C	136 116 129	1221 1271 1285	11905 11236 10753
المتوسطK(µs/cm)	127	1259	11298
قيمة الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة K(µs/cm)عند 25°C	145	1439	12912
الاسترجاعية	98.6%	101.8%	100.2%
SD=S	10.14	33.64	578.49
RSD %	7.98%	2.67%	5.12 %
t_{ex}	0.34	1.33	0.09
$(\frac{\text{القيمةالمقاسة}}{\text{القيمةالحقيقية}} \times 100)$	$t_{ex}=\frac{(\bar{x}-\mu)\cdot\sqrt{n}}{s}$	$R.S.D=\frac{s}{x}\times 100$	$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}}$

بمقارنة جميع قياسات الناقلية للخلية المصنعة بالجداول المرجعية عند درجات الحرية نفسها ومستوى ثقة (95%) وجد أنها أعطت نتيجة صحيحة من وجهت النظر الإحصائية .

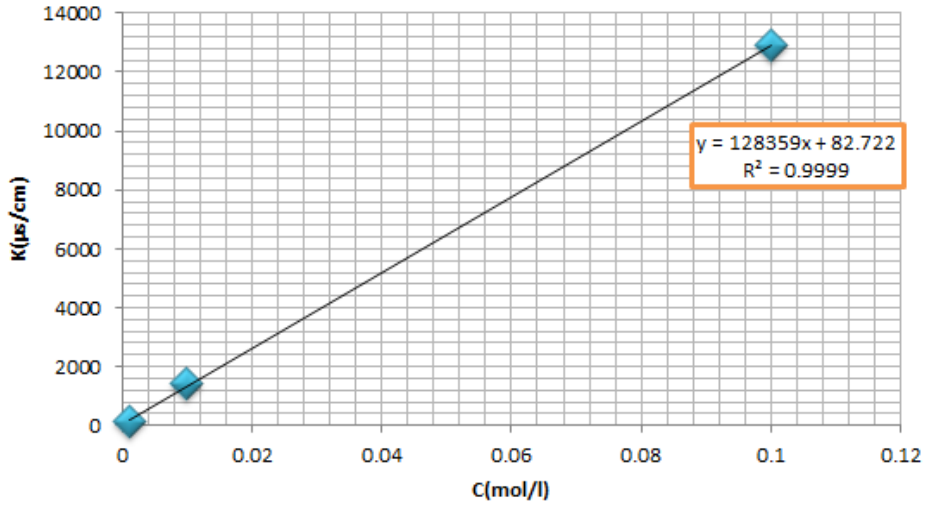
وبالتالي كانت الثوابت الثلاثة لناقلية الخلية المصنعة هي (145µs/cm) لمحلول (KCl 0.001M) ، (1439µs/cm) لمحلول (KCl 0.01M) ، (12912 µs/cm) لمحلول (KCl 0.1M) .

ثم أجري الاختبار عند الدرجة(20°C) وبتعويض (θ = 2.5).

يوضح الشكلان (3) و(4) مقارنة منحني قياسات الناقلية الكهربائية للمحاليل العيارية بين القيم المرجعية والقيم الناتجة عن استخدام الخلية المصنعة .



الشكل (3) منحني قياسات الناقلية الكهربائية للمحاليل العيارية باستخدام الخلية النظامية.



الشكل (4) منحني قياسات الناقلية الكهربائية للمحاليل العيارية باستخدام الخلية المصنعة .

بالمقارنة بين الشكلين (3) و(4) لحظ أن للمستقيمين معامل تحديد متساوي حيث R^2 =0.999 (هناك تطابق بين الخط البياني لتركيز المحاليل العيارية لكلوريد البوتاسيوم مع قياسات الناقلية الكهربائية نظريا باستخدام الخلية النظامية مع الخط البياني لقياسات الناقلية الكهربائية لهذه المحاليل العيارية باستخدام خلية الناقلية المصنعة).

تطبيقات الخلية:

1- القياسات المباشرة:

1-1- قياسات مباشرة لعينات ماء مختلفة المصدر:

استخدمت الخلية المصنعة لقياس الناقلية الكهربائية لعينات عدة من المياه مختلفة المصدر وعند درجات حرارة مختلفة فكانت النتائج المدرجة في الجدول (6) :

جدول(6) قياسات الناقلية الكهربائية لعينات ما مختلفة المصدر:

العينة	ماء صنبور مخبرية (20°C)	ماء بير منطقة القرداحة (28°C)	ماء بير منطقة عين البيضا (28°C)
قيم الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة K(µs/cm)	407 405 402	979 968 976	876 870 879
قيمة الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة عند 25°C K(µs/cm)	452 450 447	923 913 921	826 821 829
المتوسط K(µs/cm)	450	919	825
قيمة الناقلية للخلية النظامية المرجعية K(µs/cm)	430	906	812
الاسترجاعية	104.65%	101.43%	101.60%
SDخلية مصنعة	2.516	5.291	4.041
RSD% خلية مصنعة	0.559%	0.57%	0.489%

أجري اختبار قياس ناقلية ماء المخبر عند درجة حرارة 20°C وبتعويض θ=2

وأجريت تجربتي ماء البئرين عند درجة حرارة 28°C وبتعويض θ=2 .

حسبت الاسترجاعية بالاعتماد على الخلية النظامية .

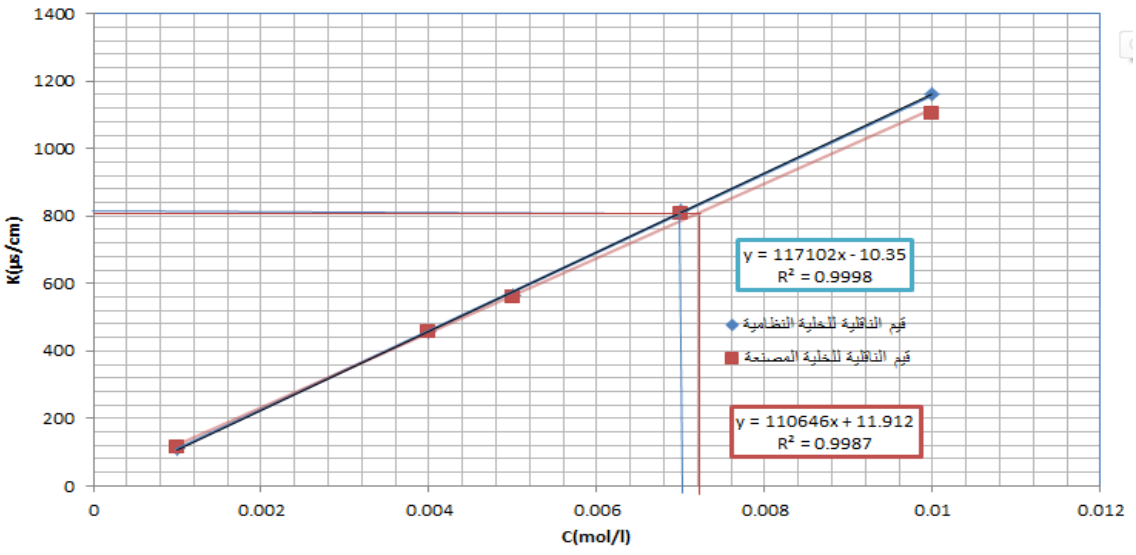
1-2- قياس تركيز مجهول لمحلول عن طريق سلسلة محضرة لمحلول كلوريد الصوديوم:

تم استخدام الناقلية المصنعة لقياس الناقلية الكهربائية لسلسة عيارية من محلول كلوريد الصوديوم وتم تحديد قيمة التركيز المجهول (C_x) لعينة من هذه السلسلة ويظهر الجدول التالي النتائج التي تم الحصول عليها :

جدول(7) قياسات الناقلية الكهربائية لمحلول كلوريد الصوديوم:

$(NaCl)_{aq}$ (0.01M)	$(NaCl)_{aq}$ C_x	$(NaCl)_{aq}$ (0.005M)	$(NaCl)_{aq}$ (0.004M)	$(NaCl)_{aq}$ (0.001M)	العينة / 20°C
979 967 961 962	705 709 704 707	494 491 492 486	400 405 398 402	107 99 101 97.4	قيمة الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة عند 20°C K(µs/cm)
1119 1105 1098 1099	806 810 805 808	565 561 562 555	457 463 455 459	122 113 115 111	قيمة الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة K(µs/cm) عند 25°C
1105	807	561	459	115	المتوسط الحسابي للخلية المصنعة K(µs/cm) عند 25°C
1162	814	566	457	111	قيمة الناقلية للخلية النظامية المرجعية(K(µs/cm عند 25°C
94.922%	99.14%	99.11%	100.43%	103.60%	الاسترجاعية
9.673	2.217	4.193	3.415	4.787	SDخلية مصنعة
0.875%	%0.274	0.747%	0.744%	4.16%	RSD% خلية مصنعة

تم اجراء التجربةعند درجة حرارة 20°C وبتعويض θ=2.5



الشكل(5) منحني القياس المباشر لسلسلة من كلوريد الصوديوم بالخلية النظامية و المصنعة.

بين الشكل(5) تركيز العينة المجهولة من كلوريد الصوديوم الناتج عن الخطين البيانيين لنتائج الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة والخلية النظامية المرجعية مع سلسلة تراكيز لمحلول كلوريد الصوديوم ، باستقراء كل من الخطين البيانيين

وجد أن تركيز المحلول المجهول استنادا إلى قياسات الناقلية الكهربائية باستخدام الخلية النظامية هو0.0070 mol/l ، وأن تركيز هذا المحلول استنادا إلى قياسات الناقلية للخلية المصنعة هو 0.0072 mol/l

2- القياسات غير المباشرة:

استخدمت الخلية المصنعة في القياسات التحليلية غير المباشرة ودرست معايرة تعديل حمض قوي _ أساس قوي بالإضافة إلى معايرة الترسيب .

2-1- (معايرة حمض قوي بأساس قوي):

تم إجراء تجربة معايرة حمض قوي (حمض كلور الماء مجهول التركيز، حجم المحلول 50ml) بأساس قوي من هيدروكسيد الصوديوم 0.1M وكانت النتائج المبينة في الجدول (8) :

جدول(8) قياسات الناقلية الكهربائية لمعايرة حمض HCl بأساس NaOH :

(NaOH) V ml (0.1M) عند21℃	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
الناقليةالكهربائية للخليةالمصنعة K(µs/cm) عند 21℃	2000 1990 2004	1828 1818 1821	1372 1362 1370	1075 1086 1081	814 810 808	566 563 561	812 813 822	944 956 952	1203 1209 1212	1520 1502 1513
الناقليةالكهربائية للخليةالمصنعة عند 25℃	2110 2099 2114	1928 1917 1920	1447 1437 1445	1134 1146 1140	859 854 852	597 594 592	883 884 893	1026 1039 1035	1308 1314 1317	1652 1633 1645
المتوسط للخلية المصنعة K(µs/cm) عند 25℃	2108	1922	1443	1140	855	594	887	1033	1313	1643
قيمة الناقلية للخلية النظامية المرجعية K(µs/cm) عند 25℃	2098 2105 2100	1918 1922 1920	1434 1438 1433	1135 1129 1125	850 846 844	589 587 591	880 886 889	1029 1033 1037	1300 1304 1304	1633 1639 1643
المتوسط للخلية النظامية المرجعية K(µs/cm) عند 25℃	2101	1920	1435	1130	847	589	885	1033	1303	1638
الاسترجاعية%	100.3	100.1	100.5	100.8	100.5	100.8	101.3	100	100.8	100
SDخلية مصنعة	7.77	5.69	5.29	6	3.61	2.52	5.50	6.66	4.58	9.60
RSD% خلية مصنعة	0.37	0.29	0.36	0.53	0.42	0.42	0.620	0.644	0.38	0.58

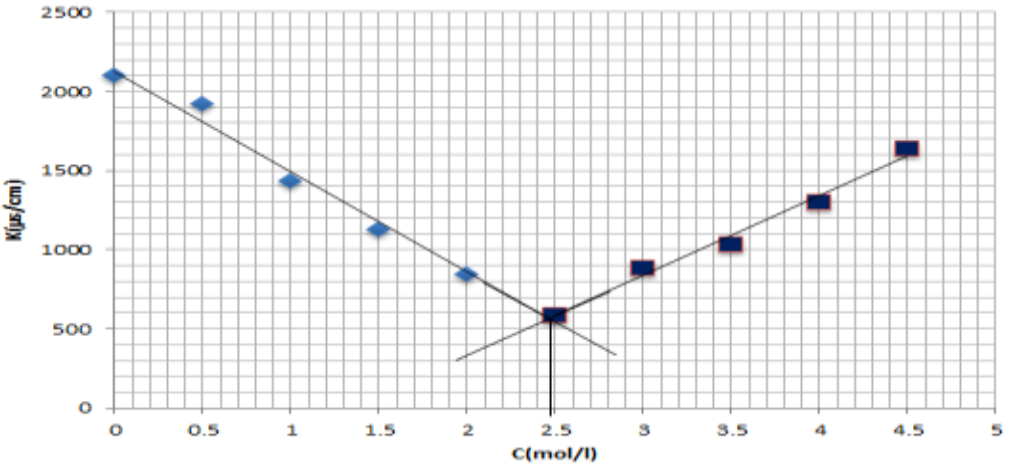
تمّ اجراء المعايرة عند درجة الحرارة 21℃ وتعويض $\theta = 1.3$ في المجال الحمضي و $\theta = 2$ في المجال الأساسي.

عند المعايرة حدث التفاعل: $H^+ + CL^- + OH^- + Na^+ \rightarrow H_2O + Cl^- + Na^+$

تتناقص البروتونات أثناء المعايرة ويحل محلها أيونات الصوديوم، وبما أن سرعة حركة البروتون أكبر بكثير من سرعة حركة أيون الصوديوم لذلك فإن الناقلية الكهربائية في المحلول تتناقص بشدة .

أما بعد نقطة نهاية المعايرة فإن فائضاً من هيدروكسيد الصوديوم سيظهر ويزداد بالتالي تركيز أيونات الصوديوم والهيدروكسيد وهذا يؤدي إلى ازدياد الناقلية الكهربائية نتيجة ازدياد تركيز الأيونات وتكون هذه الزيادة حادة لكون أيونات الهيدروكسيد ذات سرعة حركية كبيرة.

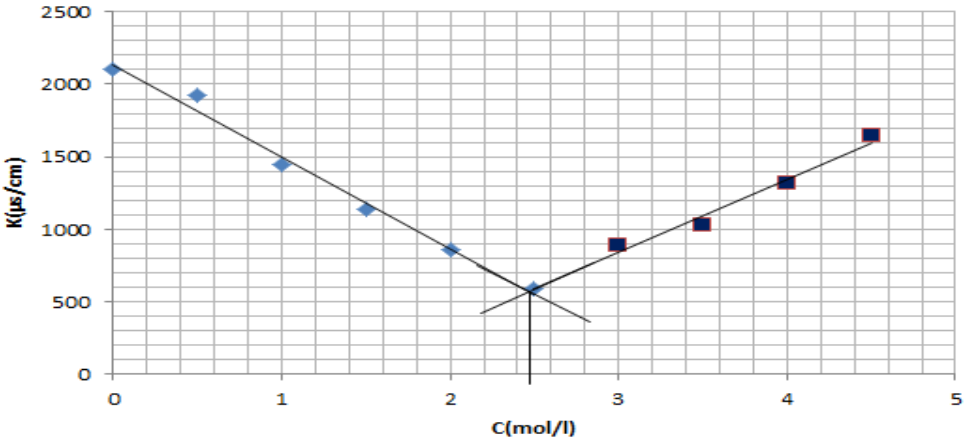
رُسم منحني قياسات الناقلية الكهربائية لمعايرة حمض كلور الماء مع ماءات الصوديوم باستخدام الخلية النظامية فكان الشكل (6) .



الشكل(6) منحني قياسات الناقلية الكهربائية للجهاز النظامي لمعايرة حمض قوي بأساس قوي

لحظ من الشكل (6) أن الحجم اللازم من الأساس NaOH لمعايرة حمض HCL هو $V_{eq} = 2.5ml$

كما أجريت هذه المعايرة باستخدام الخلية المصنعة ، ورُسم أيضا منحني قياسات الناقلية الكهربائية لمعايرة حمض كلور الماء مع ماءات الصوديوم باستخدام الخلية المصنعة فكان الشكل (7) .



الشكل (7) منحني قياسات الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة لمعايرة حمض قوي بأساس قوي

لحظ من الشكل(7) أن الحجم اللازم من الأساس NaOH لمعايرة حمض HCL هو هو V_{eq}=2.48ml وهو حجم قريب من الحجم الناتج في المعايرة الحاصلة في الخلية النظامية.

إن شكل منحني معايرة حمض قوي بأساس قوي باستخدام الناقلية الكهربائية يتوافق مع المنحنيات في الدراسات المرجعية [14].

2-2- (معايرة ترسيب نترات الفضة مع كلوريد الصوديوم):

أجريت معايرة نترات الفضة (مجهول التركيز ، حجم المحلول 50ml) مع كلوريد البوتاسيوم (0.1M) باستخدام الخلية المصنعة والخلية النظامية وفق النتائج المدرجة في الجدول (9) :

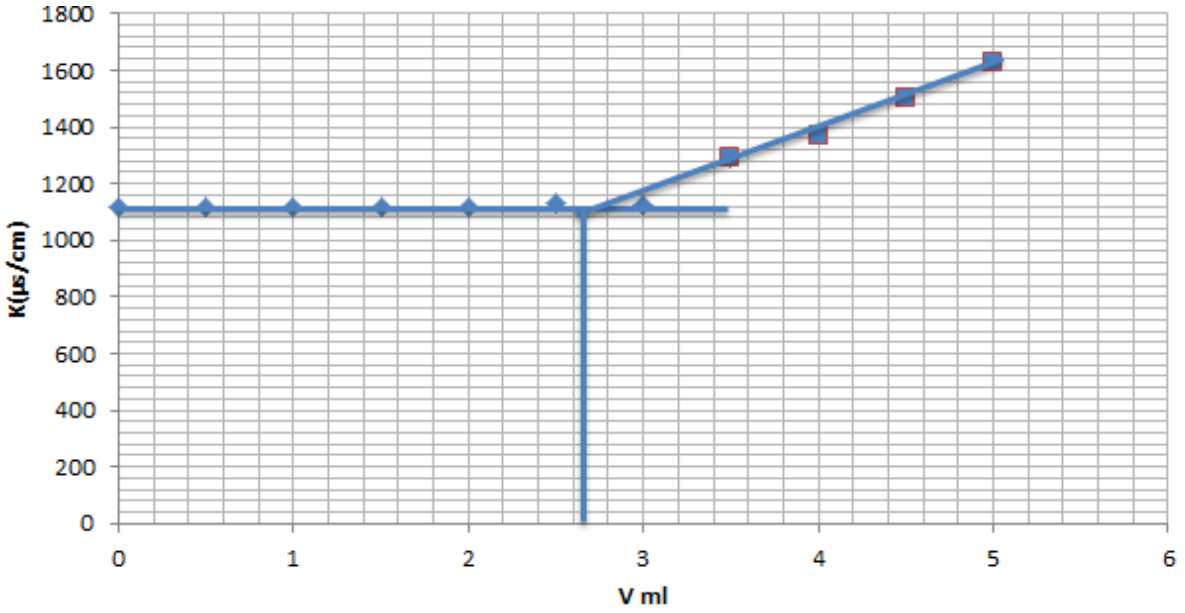
جدول(9) قياسات الناقلية الكهربائية لمعايرة AgNO3 مع KCl باستخدام الخلية المصنعة والخلية النظامية :

(KCl)، ml (0.1 M) 30℃	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة عند 30℃ K(µs/cm)	1330 1330 1330	1319 1318 1319	1283 1285 1287	1297 1299 1297	1287 1292 1292	1294 1295 1297	1267 1269 1285	1477 1479 1481	1572 1575 1582	1695 1698 1698	1733 1736 1742
الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة K(µs/cm) عند 25℃	1182 1182 1182	1172 1172 1172	1140 1142 1144	1153 1155 1153	1144 1148 1148	1150 1151 1153	1126 1128 1142	1312 1315 1316	1397 1400 1406	1507 1509 1509	1540 1543 1548
المتوسط للخلية المصنعة عند 25℃ K(µs/cm)	1182	1172	1142	1154	1147	1151	1132	1314	1401	1508	1544
قيمة الناقلية للخلية النظامية المرجعية عند 25℃ K(µs/cm)	1119	1120	1118	1120	1118	1132	1127	1293	1366	1501	1624
الاسترجاعية %	105.6	104.6	102.1	103	102.6	101.6	100.4	101.6	102.6	100.5	95
SDخلية مصنعة	0	0	2	1.15	2.31	1.53	8.72	2.08	4.58	1.15	4.04
RSD% خلية مصنعة	0	0	0.17	0.10	0.20	0.13	0.77	0.15	0.32	0.08	0.26

تم اجراء المعايرة عند درجة حرارة 30℃ وبتعويض $\theta = 2.5$.

حدث التفاعل التالي عند المعايرة : $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl_{\downarrow}$

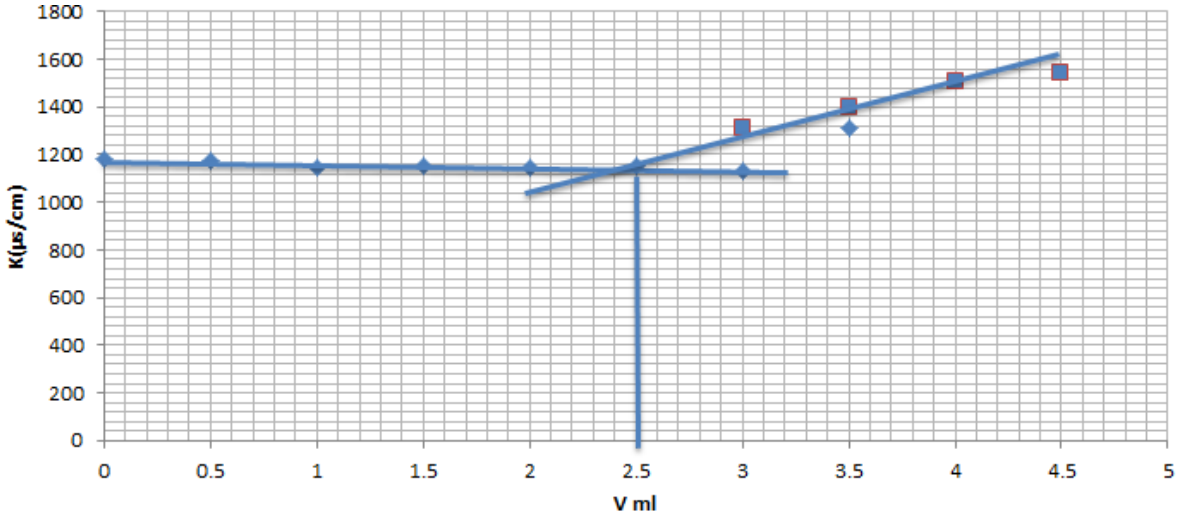
عند نقطة نهاية المعايرة يتم الحصول على فائض من أيونات الكلوريد والبوتاسيوم السريعة الحركة وهذا مايفسر ازدياد الناقلية الكهربائية .



الشكل (8) منحني قياسات الناقلية الكهربائية للخلية النظامية لمعايرة نترات الفضة مع كلوريد البوتاسيوم

يبين الشكل (8) أن الحجم اللازم من كلوريد البوتاسيوم لمعايرة نترات الفضة هو (2.65ml) وبتطبيق قانون مور وجد أن تركيز نترات الفضة هو (0.0053 mol/l) .

أجريت المعايرة نفسهافي الخلية المصنعة وفق الشروط المشار إليها في الجدول (9) .



الشكل (9) منحني قياسات الناقلية الكهربائية للخلية المصنعة لمعايرة نترات الفضة مع كلوريد البوتاسيوم

وتبين من منحني المعايرة الموافق للشكل (9) أن الحجم اللازم من كلوريد البوتاسيوم لمعايرة كامل نترات الفضة هو (2.5ml) وبالتالي فإن تركيز نترات الفضة الناتج هو (0.005 mol/l).

بالمقارنة بين نتائج معايرتي الترسيب للخلية المصنعة والنظامية وجد أن هناك تطابق في النتيجة النهائية لتركيز نترات الفضة ،وأن شكل منحني معايرة ترسيب نترات الفضة مع كلوريد البوتاسيوم باستخدام الناقلية الكهربائية يتوافق مع المنحنيات الموجودة في الدراسات المرجعية [15].

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- بينت الدراسة أنه يمكن استخدام معدن الستنليس ستيل المقاوم للصدأ في صناعة الكترودين شكلا بأبعاد مناسبة خلية لقياس الناقلية الكهربائية للمحاليل.

2- أظهرت الدراسة أنه باستخدام تيار متناوب عند التواتر (1KHZ) وفرق كمون (3V) يمكن الحصول على خلية ذات قياسات للناقلية الكهربائية أقرب مايمكن للنتائج النظرية ولقياسات الناقلية للخلية النظامية المخبرية وكانت الموجة الجيبية أكثر الموجات سهولة في الاستخدام أثناء العمل التجريبي.

3- تم في هذه الدراسة وباستخدام خلية الناقلية المصنعة الحصول على قيم الناقلية الكهربائية عند درجة الحرارة الحقيقية للمحلول وأيضا عند درجة الحرارة المرجعية.

4- يمكن الحصول على قيم الناقلية الكهربائية عند درجة الحرارة (25℃) باستعمال معامل تعديل درجة الحرارة المعطى بالعلاقة الآتية: $K_{Tref} = \frac{100 \times K_T}{100 + \theta(T - T_{ref})}$

5- يمكن استخدام الخلية المصنعة في القياسات التحليلية المباشرة وغير المباشرة مع الملاحظة بأن صحة النتائج تتناقص عند قياسات الناقلية في درجة الحرارة العالية.

التوصيات:

اعتماد طريقة التصنيع وتسويقها، العمل على تصنيع خلايا لقياس الناقلية الكهربائية من معادن أخرى.

Reference:

1- SHREINER,R.H. *Stability of standard electrolytic conductivity solutions in glass containers* . Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, US.A Vol. 107, N°.5, 2002.

2- BEVILACQUA, A. C. *Ultrapure water–the standard for resistivity measurements.* Membrane Technology, U.S.A, Vol. 1998, N°.100, 1998.

3- FERRARIS,F;DURBIANO,F. *Traceability of electrolytic conductivity measurements for ultra pure water*. Dottorato in METROLOGY: MEASURING SCIENCE AND TECHNIQUE, PORTO ,2014.

4- SAWYER,C.N; MCCARTY,P.L; PARKIN,.C.F; DHV Consultants BV. *Understanding electrical conductivity*. HYDROLOGY PROJECT World Bank & Government of The Netherlands funded , New Delhi – 11 00 16 India, 1999.

5- MINEAR,R.A. *Water analysis Inorganic Species, Part 1* . Elsevier Science, Saint Louis,1982,Page137. .

6- SHREINER,R.H;PRATT,K.W. *Standard Reference Materials: Primary Standards and Standard Reference Materials for Electrolytic Conductivity*. NIST Special Publication 260-142, USA,2004.

7- Morzinski, K.; Azucena, O.; Downs, C.; Favaloro, T.; Park, J.; U, V. *Circuit Design: An Inquiry Lab Activity at Maui Community College* . Astronomical Society of the Pacific. Maui,v. 436,2010.

8- PURKAIT,P. *Electrical and electronics measurements and instrumentation* . McGraw Hill Education (India) New Delhi,2013,651

9- SCOTT,R.P. *Chapter 4 The Electrical Conductivity Detector*. Liquid Chromatography Detectors, USA, Volume 11, 1977, Pages 79-90
10- MANTYNEN,M;SENLLMAN,M;VIRA,J. *Temperature correction coefficients of electrical conductivity and of density measurements for saline groundwater*, Working Report2001-15, HELSINKI, FINLAND,2001.
11 - PURKAIT,P. *Electrical and electronics measurements and instrumentation* . McGraw Hill Education (India) New Delhi,2013,651
12- Natural Water temperature correction (ISO/DIN 7888), Bibliography: WAGNER, R. Temperaturkorrekturfaktoren für die elektrische Leitfähigkeit von Wässern. Z. Wasser - Abwasserforsch. (2) 1980"
13- CLESCERI,L.S;EATON,A.D.*STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATERANDWASTEWATER*.AmericanPublicHealth Association, DC20005, WASHINGTON,1992.
14- LAGUNA,N.R;HERNADES,A.R;SILVA,M.R;GARCIA,L.H;ROMO,M.R. *An Exact Method to Determine the Conductivity of Aqueous Solutions in Acid-Base Titrations.* Journal of Chemistry ,hindwai, Volume 2015, Article ID 540368.
15-Nasser Hajar, rolling shop Walid. Automated analysis 1 practical part. The first edition, Tishreen University College of Science, Syria, 87.81, 2011