كلية العلوم

قسم الكيمياء

المقرر: ٣٥٣كيم - طرق التحليل الكهروكيميائية

التجربة الخامسة:

المُعايرة التوصيليّة لحمض قوي (HCl) مع قاعدة قوية (NaOH) & وقياس TDS لعيّنات مُختلفة من الماء .

Conductivity Titration Of Strong Acid (HCl) with Strong Base (NaOH) & Measure TDS for Different Samples Of Water .

عمل الطلاب:

1- فايز بن محمد العنزي 441101708 .

2- خالد العتيبي 441103099 .

3- سعود اليوسف 441102825 .

أستاذ المقرر: عبدالعزيز بن محمد السلمان .

المقدمة

المُعايرة التوصيليّة (Conductivity Titration) : هي عملية قياس وتحديد قيمة توصيليّة محلول أو مادة كيميائية بواسطة قياس التوصيل الكهربائي . تُستخدم هذه العملية لتحديد تركيز المواد المُذابة في المحلول، مثل الأيونات أو المُركبات الكيميائية الأخرى.

والمقصود بالتوصيلية الكهربائية : هي قُدرة المحلول على تمرير تيّار كهربائي .

وهذا النوع من المُعايرات يُستخدم فيه أجهزة مُخصّصة لقِياس التوصيليّة الكهربائية وكذلك بعض أجهزة الـ pH Meter يوجد فيها قياس التوصيليّة الكهربائية ووحدة التوصيليّة في النظام الدولي (SI) هي سيمنز لكل متر (S / m) وفي بعض الأجهزة يتم قياسها بوحدة مايكروسيمنز لكل سنتيمتر ($\mu S / cm$) .

أثناء المُعايرة، تتغير التوصيليّة الكهربائية للمحلول بناءًا على تركيز محلول المُعايرة وتفاعلها مع المحلول الذي يتم قياس التوصيلية له . وكذلك يتم تحديد نُقطة إنتهاء المُعايرة عندما تصل التوصيليّة الكهربائية للمحلول إلى نُقطة مُحدّدة أو عند ظهور تغيّر كبير فيها . عند هذه النُقطة يمكن حساب تركيز المحلول من خلال حجم المحلول المُضاف لمحلول المُعايرة .

تُستخدم المُعايرة التوصيليّة بشكل شائع في العديد من الصناعات، مثل التحليل البيئي، والمُستحضرات الصيدلانية، ومُعالجة المياه، لتحديد تركيز الأيونات أو المُركبات في المحلول. إنها طريقة سريعة وموثوقة توفر نتائج كميّة.

*** صورة توضيحيّة لجهاز pH Meter بإمكانه قياس الـ Conductivity .**

*** وكذلك صورة توضيحيّة للمحلول القياسي ويكون مُسجّل على العبوة توصيليّة المحلول القياسي ويُستخدم لمُعايرة الجهاز والتأكد من سلامة القراءة .**

مزايا المُعايرة التوصيليّة:

ـ **دقّة القياس :** تُعتبر التوصيليّة الكهربائية طريقة قياس دقيقة لتحديد تركيز المواد المُتفاعلة بالمحاليل ويُمكن الحصول منها على نتائج دقيقة وموثوقة .

ـ **سُرعة القياس :** تعتبر التوصيليّة الكهربائية طريقة قياس سريعة وفعّالة لتحديد تركيز المواد الكيميائية ويُمكن الحصول منها على النتائج في وقت قصير مُقارنة بطُرق القياس الأُخرى .

ـ **تطبيقات واسعة:** تُستخدم المُعايرة التوصيليّة الكهربائية في العديد من المجالات والصناعات مثل التحليل البيئي ، الصناعة الدوائية ، ومعالجة المياه ، يُمكن استخدامها لتحديد تركيز الأيونات والمُركبات الأخرى في المحاليل .

عيوب المُعايرة التوصيليّة:

ـ **ليست إنتقائية :** المُعايرة التوصيلية الكهربائية ليست عملية إنتقائية في الغالب ، إنها تحدّد مدى قُدرة مادة أو محلول على نقل الكهرباء بالإستناد إلى قراءة التوصيل الكهربائي ، هذا يعتمد على الأيونات الموجودة في المحلول وليس على نوعها بشكل مُحدّد .

ـ **تأثير درجة حرارة المحلول :** قد يكون لدرجة المحلول تأثير على توصيليّة الأيونات وبالتالي على النتائج ، فـ يجب مراعاة ومُعايرة درجة حرارة المحلول في القياسات للحصول على نتائج صحيحة .

ـ **الحاجة إلى محاليل المُعايرة المُنتظمة :** يتطلب إستخدام المُعايرة التوصيليّة الكهربائية ، المُعايرة المُنتظمة بإستخدام محاليل معروفة التوصيليّة وقد يكون ذلك مُكلفًا ويستغرق وقتًا وجُهدًا لإعداد وتحضير هذه المحاليل .

العوامل المُؤثرة على التوصيليّة:

١ـ درجة الحرارة .

٢ـ التركيز .

٣ـ المُذيب .

٤ـ حجم الأيون (كُلما زاد حجم الأيون قلّت التوصيلية) .

٥ـ شُحنة الأيون (كُلما زادت شُحنة الأيون زادت التوصيلية) .

قنطرة ويتستون:

إكتشف الإنجليزي صمويل كريستي قنطرة كهربائية لقياس المُقاومات في عام 1833 م وتم تحسينها وإستكمالها مِن قِبل شارلز ويهتستون يتم إجراء عملية قياس المُقاومة الكهربية المجهولة عن طريق تركيبها في دائرة كهربائية ذات فرعين (قنطرة) ثم مُوازنة التيّار بينهما ، تعمل القنطرة بطريقة مُشابهة لجهاز قياس الجُهد ، (Potentiometer) ولكن بإختلاف إستخدام جلفانومتر حسّاس في دائرة قياس الجُهد .

تتكون قنطرة ويتستون من أربعة مقاومات:

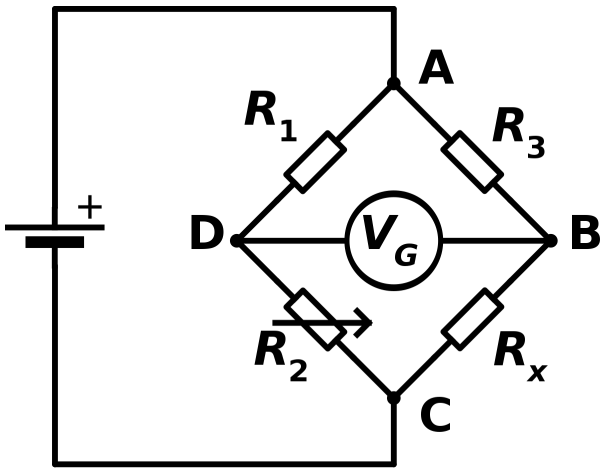
R_1 و R_3 = هما مُقاومتان معلومتين القيمة .

R_2 = هي مُقاومة مُتغيّرة .

R_x = هي المُقاومة المجهولة المُراد قياسها .

يتم توصيل نُقطتين مُتقابلتين بمصدر كهربائي مثل : البطارية ، ويتم توصيل الجلفانومتر بين النُقطتين الأُخرى ، ثُم نقوم بتغيير قيمة المُقاومة المُتغيّرة R_3 حتى تُصبح قيمة التيّار المار في الجلفانومتر تساوي صفر، عندئذٍ يُمكن إستخدام النسبة بين المُقاومات المعروفة (R_1 & R_2) والمُقاومة المُتغيّرة (R_3) لحِساب المُقاومة المجهولة (R_x) بإستخدام القانون التالي :

$$Rx = \frac{R2}{R1} \times R3$$



*** صورة توضيحيّة لقنطرة ويتستون .**

الهدف من التجربة :

* التعرّف على المُعايرات التوصيلية .

* إيجاد تركيز حمض HCl المجهول عن طريق المُعايرة التوصيليّة بإستخدام قاعدة قويّة معلومة التركيز 0.01 M .

المواد المُستخدمة:

- السحاحة.

- حمض HCl مجهول التركيز (تم تحضيره مُسبقًا من قِبل أستاذ المُقرّر) .

- قاعدة NaOH معلومة التركيز 0.1 M .

- المِخبار المُدرّج .

- جهاز pH Meter .

- قُطب خاص لقياس التوصيليّة .

- محلول قياسي معلوم التوصيليّة لمُعايرة الجِهاز .

- كأس سعة 100 مل .

- دورق حجمي سعة 50 مل وأيضًا سعة 200 مل .

خُطوات العمل :

- تشغيل الجهاز ومن ثُم تركيب القُطب الخاص بالتوصيلية .

- مُعايرة الجهاز بالمحلول القياسي معلوم التوصيلية للتأكد من صحّة قراءة الجهاز .

- تحضير قاعدة NaOH بتركيز 0.1 M في دورق حجمي سعته 50 مل ثُم تخفيف التركيز إلى 0.01 M في دورق حجمي سعته 200 مل .

- إملأ السحّاحة بالقاعدة NaOH .

- أخذ 20 مل من حمض HCl مجهول التركيز في كأس سعته 100 مل وإضافة 30 مل ماء مُقطّر حتى يكون القُطب مغمور في المحلول لأن الحسّاس في القُطب مكانه في مُنتصف القُطب .

- إبدأ بإضافة 3 مل من القاعدة إلى الحمض ، وضع قُطب الجهاز وقُم بتسجيل قراءة قياس التوصيلية وثم إغسل القُطب وجفّفه بإستخدام المنديل .

- قُم بتكرار العملية 6 مرات تقريبًا (إضافة 3 مل من القاعدة – قياس التوصيلية - غسل القُطب وتجفيفه) .

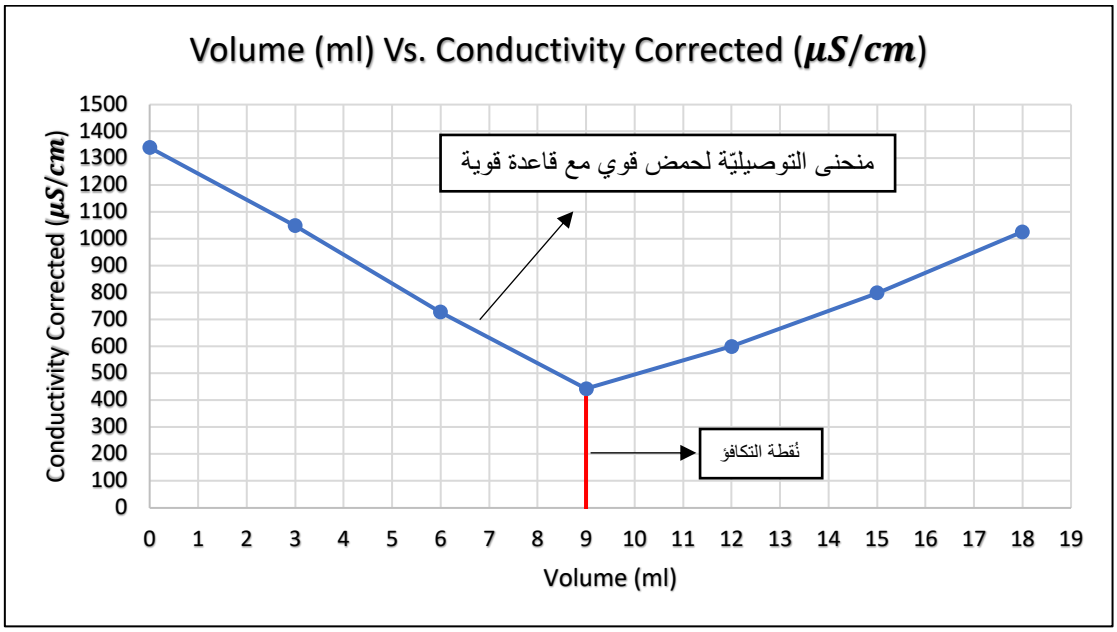
- قُم بتسجيل القراءات في جدول لتتمكن من رسم وإجراء العمليات الحسابيّة .

- جدول حجم القاعدة NaOH المُضاف مع قراءة التوصيليّة للحمض HCl :

V_{NaOH} (ml)	Conductivity ($\mu S/cm$)	Volume Corrected	Conductivity Corrected
0	1340	1	1340
3	990	1.06	1049.4
6	650	1.12	728
9	376	1.18	443.6
12	458	1.24	567.9
15	615	1.3	799.5
18	755	1.36	1026.8

الرسم البياني:

- قُم برسم حجم القاعدة على محور X والتوصيلية المُصحّحة على محور Y:



* في الرسم أعلاه نجد أن لدينا الحجم عند نُقطة التكافؤ يساوي 9 ml .

العمليّات الحسابيّة:

- حساب تحضير قاعدة NaOH بتركيز 0.1 M في دورق حجمي سعته 50 مل :

$$m = \frac{M \times V \times Mw.t}{1000}$$

m = الحجم اللازم لتحضير القاعدة بالجرام (g) .

M = تركيز القاعدة المطلوب (M) .

V = حجم الدورق الحجمي الذي سيتم تحضير القاعدة فيه (ml) .

Mw.t = الوزن الجُزيئي للقاعدة (g/mol) .

تعويض مُباشر بالقانون أعلاه :

$$m = \frac{0.1\ M \times 50\ ml \times 40\ g/mol}{1000}$$

$$m = 0.2\ g$$

- حساب تحضير قاعدة NaOH بتركيز مُخفف 0.01 M من قاعدة NaOH بتركيز 0.1 M بإستخدام قانون التخفيف:

$$M \times V = M' \times V'$$

M = تركيز القاعدة 0.1 M .

M' = تركيز القاعدة المُخفّفة 0.01 M .

V = الحجم اللازم لتحضير المُخفّفة من القاعدة ذات التركيز 0.1 M .

V' = الحجم الذي سيتم تحضير فيه القاعدة المُخفّفة 0.01 M .

بعد إعادة ترتيب القانون يُصبح كالتالي :

$$V' = \frac{M \times V}{M'}$$

$$V = \frac{M' \times V'}{M}$$

$$V = \frac{0.01\ M \times 200\ ml}{0.1\ M} = V = 20\ ml$$

وبذلك نجد أن الحجم اللازم أخذه لتحضير القاعدة المُخفّفة يساوي 20 ml .

- عملية حساب الحجم المُصحّ (Volume Corrected) :

$$\mathbf{V_{Corrected}} = \frac{VHCl + VNaOH}{VHCl}$$

تعويض مُباشر للقانون بالقِيم الموجودة في الجدول :

$$V_{0Corrected} = \frac{50 + 0}{50} = V_{0Corrected} = 1$$

$$V_{3Corrected} = \frac{50 + 3}{50} = V_{3Corrected} = 1.06$$

$$V_{6Corrected} = \frac{50 + 6}{50} = V_{6Corrected} = 1.12$$

$$V_{9Corrected} = \frac{50 + 9}{50} = V_{9Corrected} = 1.18$$

$$V_{12Corrected} = \frac{50 + 12}{50} = V_{12Corrected} = 1.24$$

$$V_{15Corrected} = \frac{50 + 15}{50} = V_{15Corrected} = 1.3$$

$$V_{18}Corrected = \frac{50 + 18}{50} = V_{18Corrected} = 1.36$$

- عملية حساب الحجم المُصحّ (Conductivity Corrected) :

$$\mathbf{Conductivity_{Corrected}} = \mathbf{Conductivity} \times \mathbf{V_{Corrected}}$$

تعويض مُباشر للقانون بالقِيم الموجودة في الجدول :

$$C_{0Corrected} = 1340 \times 1 = C_{0Corrected} = 1340$$

$$C_{3Corrected} = 990 \times 1.06 = C_{3Corrected} = 1049.4$$

$$C_{6Corrected} = 650 \times 1.12 = C_{6Corrected} = 728$$

$$C_{9Corrected} = 376 \times 1.18 = C_{9Corrected} = 443.6$$

$$C_{12Corrected} = 458 \times 1.24 = C_{12Corrected} = 567.9$$

$$C_{15Corrected} = 615 \times 1.3 = C_{15Corrected} = 799.5$$

$$C_{18Corrected} = 755 \times 1.36 = C_{18Corrected} = 1026.8$$

ـ حساب تركيز حمض HCl المجهول بإستخدام الحجم عند نُقطة التكافؤ بإستخدام قانون التخفيف :

$$M \times V = M' \times V'$$

M = تركيز الحمض HCl المجهول M.

M' = تركيز القاعدة المُخفّفة 0.01 M .

V = حجم الحمض HCl 50 ml.

V' = حجم القاعدة عند نُقطة التكافؤ من الرسم 9 ml .

بعد إعادة ترتيب القانون يُصبح كالتالي :

$$M = \frac{M' \times V'}{V}$$

$$M' = \frac{0.01\ M \times 9\ ml}{50\ ml}$$

$$M' = 0.0018\ M$$

وبذلك نجد أن تركيز الحمض HCl المجهول يساوي 0.0018 M .

TDS

- **تعريف الـ TDS :** هي إختصار لـ (Total Dissolved Salts) وتعني مجموع الأملاح المُذابة في المحلول وهو مقياس يُستخدم لقياس كميّة الأملاح والمعادن المُذابة في محلول مائي بما في ذلك مياه الأنهار والبُحيرات والآبار ومياه الصنبور لما تحتويه من أملاح ومعادن ، يُجرى هذا القياس في جهاز مُخصّص يقيس التوصيلية الكهربائية للمحلول وعند زيادة الأملاح في المحلول تزداد التوصيليّة الكهربائية وبالتالي تُستخدم هذه التوصيليّة كمؤشر لكميّة الأملاح المُذابة في الماء .

ووحدة قياس الـ TDS عادةً ما تكون المليغرام لكل لتر (mg/L) وكذلك تُقاس بوحدة الـ (ppm) لأن الـ 1 mg/L تُساوي 1 ppm جُزء في المليون .

ويُستخدم الـ TDS في تحاليل المياه لتقدير نوعية المياه ومعرفة إذا كانت مياه الشُّرب آمنة للإستهلاك أو مُناسبة للإستخدام في الصناعة أو الزراعة .

مزايا TDS :

- **تقديم لمحة عن نوعية المياه :** يُساعد في تقدير نوعية المياه عن طريق قياس مُستوى الأملاح المُذابة ، قد تُشير مستويات TDS المُنخفضة إلى أن المياه مُناسبة للشرب ومستويات TDS العالية تعني أن كميّة الأملاح مُرتفعة ممّا يستدعي الإنتباه والحذر .

- **تقدير ملوحة التُّربة :** يُستخدم في الزراعة لقياس ملوحة التُّربة ، ممَّا يُساعد المُزارعين في معرفة مُتطلبات الريّ والتسميد .

- **مُتابعة جودة المياه :** يُمكن إستخدامه لمُراقبة جودة المياه في الصناعة ، وخاصّة في صناعات مثل تكرير المياه والصناعات الكيميائية حيثُ يتطلّب التحكم في مُستويات المعادن والأملاح أن يكون دقيق .

- **تقدير التلوّث :** يُمكن إستخدامه لتقدير درجة التلوّث في المياه السطحية والتحليلات البيئية للمياه .

عيوب TDS :

- **ليس إنتقائي :** لا يُمكن معرفة نوعية الأملاح المُذابة ، قد تتضمّن هذه الأملاح مواد ضارّة .

- **التأثر دون توضيح :** يُمكن أن يتأثر القياس بالعوامل البيئية مثل درجة الحرارة والضغط ممّا يتطلّب التعويض والتصحيح .

- **تقديم إشارة غير دقيقة في بعض الحالات :** في بعض الأحيان لا يكون دقيق في تقدير الأملاح المُذابة .

- **تقدير المواد العُضوية :** لا يأخذ بالإعتبار المواد العضوية المُذابة في الماء وهي مُكونات مُهمّة لنوعية المياه .

المواد المُستخدمة:

- جهاز pH Meter .
- قُطب خاص لقياس التوصيليّة .
- محلول قياسي معلوم التوصيلية لمُعايرة الجِهاز .
- كأس سعة 100 مل .
- ٣ عُلب مياه من شركات مُختلفة (أفنان ، أروى ، صفا) .
- ماء مُقطّر .
- ماء الصنبور .

خُطوات العمل :

- تشغيل الجهاز ومن ثُم تركيب القُطب الخاص بالتوصيلية .
- مُعايرة الجهاز بالمحلول القياسي معلوم التوصيلية للتأكد من صحّة قراءة الجهاز .
- قُم بإضافة 50 مل من مياه أفنان في كأس سعة 100 مل ثُم قم بتسجيل قراءة التوصيليّة.
- قُم بغسل القُطب ثُم تجفيفه وقُم بتكرار العمليّة للشركتين الأخرى والماء المُقطّر وماء الصنبور وتسجيل قراءة التوصيليّة .

* مُلاحظة مُهمّة : بعد الإنتهاء من القياس قُم بوضع القُطب مُدّة بسيطة في الماء المُقطّر ثُم قم بتجفيفه للحفاظ على سلامة القُطب وحسّاس القراءة بداخله .

- جدول حجم الماء المُضاف مع قراءة التوصيليّة و TDS:

Type Of Water	Conductivity ($\mu S/cm$)	$TDS_{Measured}$ (ppm)	$TDS_{Recored}$ (ppm)
Afnan Water	206	123	120
Arwa Water	171	102	121
Safa Water	179	107	110
Distilled Water	2.47	1.4	-
Tap Water	646	387	-

- في الجدول أعلاه نُلاحظ الإختلاف في مجموع الأملاح المُذابة عند قياسها في المعمل والمُسجلّة مُسبقًا من الشركة المُصنّعة ، وأقرب قراءة للمُسجلّة من قبل هي شركة أفنان وشركة صفا .

ـ العمليات الحسابيّة :

ـ عملية التحويل من مايكروسيمنز ($\mu S/cm$) إلى جُزء في المليون (ppm) :

$$\text{ppm} = \text{Conductivity} \times 0.6$$

تعويض مُباشر في القانون :

$$\text{ppm}_{\text{Afnan}} = 206 \times 0.6 = 123 \text{ ppm}$$

$$\text{ppm}_{\text{Arwa}} = 171 \times 0.6 = 102 \text{ ppm}$$

$$\text{ppm}_{\text{Safa}} = 179 \times 0.6 = 107 \text{ ppm}$$

$$\text{ppm}_{\text{DistilledWater}} = 2.47 \times 0.6 = 1.4 \text{ ppm}$$

$$\text{ppm}_{\text{TapWater}} = 646 \times 0.6 = 387 \text{ ppm}$$

ـ الخاتمة :

في الختام أصبحنا على معرفة بما هي المُعايرات التوصيليّة وآلية عملها ، بالإضافة إلى مزاياها وعيوبها وكذلك أوجدنا تركيز الحمض المجهول من مُنحنى التوصيليّة بين حمض قوي وقاعدة قوية ، وتعلّمنا ما هي TDS أو مجموع الأملاح الذائبة وكيف يتم تقديرها في المحلول المائي ومزاياها وعيوبها .

المراجع :

١- (الهيئة العامة للغذاء والدواء)

https://www.sfda.gov.sa/ar/podcasts/6301

(HOGENTOGLER) -٢

https://www.hogentogler.com/thermo-orion/stara2150-star-a215-benchtop-ph-conductivity-meter.asp

(DesertCart) -٣

https://sar-saudiarabia.desertcart.com/products/443867039-oakton-conductivity-and-tds-standard-1413-s-500-ml?gclid=Cj0KCQjwhL6pBhDjARIsAGx8D5-1RKVqbDtRFuC_zcokyBhjjH5WBCSbPnaQKHi3KAL6kfsuv04FDBgaAm9wEALw_wcB

٤- (كتاب الكيمياء التحليلية ، التحليل الآلي) (أ.د/ إبراهيم الزامل)

إنتهت التجربة ..