الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المدرسة العليا للأساتذة
القبة القديمة -الجزائر
قسم فيزياء

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique
Ecole Normale Supérieur
Vieux Kouba -Alger
Département physique



الأعمال التطبيقية للكيمياء الكهربائية



من اعداد الأستاذة : سايجي نوال

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المدرسة العليا للأساتذة
القبة القديمة -الجزائر
قسم فيزياء

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique
Ecole Normale Supérieur
Vieux Kouba -Alger
Département physique

الأعمال التطبيقية للكيمياء الكهربائية

من إعداد الأستاذة : سايجي نوال

الفهرس

العنوان	الصفحة
مقدمة	1
التجربة 01: تحضير محلول هيدروكسيد الصوديوم	2
الحل النموذجي لتحضير محلول هيدروكسيد الصوديوم	4
التجربة 02: تحضير محلول نقي كلور الهيدروجين	6
الحل النموذجي لتحضير محلول كلور الهيدروجين	7
التجربة 03: تحضير محلول كلور الهيدروجين (37%)	9
الحل النموذجي لتحضير محلول كلور الهيدروجين (37%)	11
التجربة 04: ثابت الخلية	13
الحل النموذجي : ثابت الخلية	18
التجربة 05: انحلالية ملح صعب الذوبان	20
الحل النموذجي : انحلالية ملح صعب الذوبان	24
التجربة 06: الناقلية المكافئة	27
الحل النموذجي : الناقلية المكافئة	34
التجربة 07: الناقلية المكافئة للإلكتروليتات القوية و الضعيفة	39
الحل النموذجي : الناقلية المكافئة للإلكتروليتات القوية و الضعيفة	44
التجربة 08: دراسة حركة تصبن أسيتات الإثيل باستعمال مقياس التوصيل الكهربائي	47
الحل النموذجي : دراسة حركة تصبن أسيتات الإثيل باستعمال مقياس التوصيل الكهربائي	52
التجربة 09: معايرة حمض قوي و حمض ضعيف بأساس قوي باستعمال طريقة التوصيل الكهربائي	59
الحل النموذجي : معايرة حمض قوي و حمض ضعيف بأساس قوي باستعمال	66

طريقة التوصيل الكهربائي
التجربة 10: معايرة حمض قوي و حمض ضعيف بأساس ضعيف باستعمال طريقة التوصيل الكهربائي 74

الحل النموذجي : معايرة حمض قوي و حمض ضعيف بأساس ضعيف باستعمال طريقة التوصيل الكهربائي 79

التجربة 11: الطلاء الكهروكيميائية للمعادن 86
الحل النموذجي : الطلاء الكهروكيميائية للمعادن 90
التجربة12: التفاعلات الكيميائية الكهروكيميائية 92
الحل النموذجي : التفاعلات الكيميائية الكهروكيميائية 96
التجربة 13: قياس جهد الأقطاب و المحاليل باستخدام قطب قياسي 100
الحل النموذجي : قياس جهد الأقطاب و المحاليل باستخدام قطب قياسي 103
الخاتمة 105

مقدمة

تُعد الكيمياء الكهربائية أحد الفروع الأساسية لعلم الكيمياء، حيث تهتم بدراسة العلاقة بين التفاعلات الكيميائية والظواهر الكهربائية. فهي تركز على العمليات التي يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والعكس، مما يجعلها ذات أهمية كبيرة في العديد من التطبيقات العلمية والصناعية والتكنولوجية.

إن الكيمياء الكهربائية لا تقتصر فقط على التحليل النظري للتفاعلات الكيميائية، بل تمتد إلى مجالات واسعة مثل تصنيع البطاريات والمكثفات الفائقة، وتقنيات الطلاء الكهربائي، ومعالجة المياه، وحماية المعادن من التآكل، بالإضافة إلى دورها في الكيمياء التحليلية عبر طرق المعايرة الكهروكيميائية مثل المعايرة بالترسيب. كما أن لها تطبيقات بيئية هامة في إزالة الملوثات الكيميائية من المياه والتربة باستخدام العمليات الكهروكيميائية.

تهدف هذه المطبوعة إلى تقديم مجموعة من التجارب التطبيقية في الكيمياء الكهربائية، التي تساعد الطلاب من الربط بين المفاهيم النظرية والتجربة العلمية، مما يعزز فهمهم للكيمياء الكهربائية ويمكنهم من تطوير مهاراتهم في التحليل والتفسير العلمي. كما ستساهم هذه التجارب في إعدادهم لاستخدام هذه التقنيات في التطبيقات العملية مستقبلاً، سواء في مجال البحث العلمي أو في القطاعات الصناعية المختلفة. تتضمن هذه التجارب دراسة التحليل الكهربائي، قياس الناقلية الكهربائية، تحديد ثابت الخلية، حساب الانحلالية، وفهم تأثير العوامل المختلفة على التفاعلات الكهروكيميائية.

التجربة 01:

تحضير محلول هيدروكسيد الصوديوم

تحضير محلول نقي 100% من هدروكسيد الصوديوم بتركيز مولي $C_M = 0.1M$ و حجم $V= 1000ml$.

- **تذكير:**

✓ **تحضير محلول انطلاقا من مادة صلبة:**

1- تحضير محلول ذو تركيز مولي C_M :

لدينا:

$$n = \frac{m}{M}$$

n : كمية المادة للمادة المذابة تقدر بالمول (mol).

m : كتلة المادة المذابة بالغرام (g).

M : الكتلة المولية للمادة المذابة (g/mol).

و لدينا :

$$C_M = \frac{n}{V}$$

C_M : التركيز المولي للمحلول.

V (mol/L): حجم المحلول بالتر (l).

من العلاقتين (1) و (2) يمكن حساب كتلة المادة الازم اذابتها.

$$C_M = \frac{m}{M.V}$$

و منه

$$m = C_M.M.V$$

2- تحضير محلول ذو تركيز نظامي C_N :

لدينا العلاقة بين التركيز المولي و التركيز النظامي :

$$C_M = \frac{C_N}{n_{eq}}$$

و مما سبق لدينا:

$$m = C_M .M.V$$

و منه كتلة المادة الازم إذابتها

$$m = \frac{M .V.C_N}{n_{eq}}$$

C_N : التركيز النظامي للمحلول (eqg/l) .

n_{eq} : عدد المكافئات الغرامية.

الحل النموذجي: تحضير محلول هيدروكسيد الصوديوم

- **الهدف:** - تحضير محلول نقي 100% من هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز مولي $C_M = 0.1M$ و حجم $V= 1000ml$.

- **الأدوات والمحاليل المستعملة :**

- ميزان دقيق لوزن المسحوق.
- دورق قياس سعة 1 لتر (1000 مل).
- جهاز تحريك لخلط المحلول.
- ماء مقطر لإذابة NaOH.
- هيدروكسيد الصوديوم.

- **خطوات العمل:**

1)- حساب كمية المسحوق التي يجب إذابتها في كمية محددة من الماء لتحضير محلول بتركيز 0.1 مول/ل.

$$C_M = \frac{n}{V} = \frac{m}{M.V}$$

و منه : $m = C_M . M.V$

$$m=0.1.40.1= 4g$$

2)- نزن 4g من هيدروكسيد الصوديوم باستعمال ميزان دقيق.

3)- ضع هيدروكسيد الصوديوم في دورق قياس سعة 1 لتر.

4)- أضف كمية قليلة من الماء المقطر إلى الدورق وامزج جيدًا لإذابة NaOH بشكل كامل.

5) - بعد إذابة هيدروكسيد الصوديوم تمامًا، أضف الماء المقطر إلى الدورق حتى يصل الحجم الكلي إلى 1 لتر.

6) - اغلق الدورق جيدًا و م بالتحريك ق حتى يصبح المحلول متجانسًا.

التجربة 02:

تحضير محلول نقي كلور الهدروجين.

- **تذكير:**

1- تحضير محلول انطلاقا من مادة سائلة : تحضير محلول كلور الهيدروجين ذو تركيز مولي C_M =0.002M انطلاقا من محلول كلور الهدروجين ذو تركيز C_M=0.1M

من قانون التخفيف لدينا :

$$n_1=n_2$$

$$C_1V_1= C_2V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 .V_2}{C_1}$$

n_1 : كمية المادة الموجودة في محلول الأم mol.

n_2 : كمية المادة الموجودة في محلول البنت mol.

C_1 : التركيز المولي لمحلول الأم mol/l.

C_2 : التركيز المولي لمحلول البنت mol/l.

V_1 : حجم محلول الأم l.

V_2 : حجم محلول البنت l.

الحل النموذجي : تحضير محلول نقي لكلور الهيدروجين.

- **الهدف:** - تحضير محلول كلور الهيدروجين ذو تركيز مولي C_M =0.002M

  انطلاقا من محلول كلور الهدروجين ذو تركيز C_M=0.1M .

- **الأدوات والمحاليل المستعملة :**

  - ميزان دقيق لوزن المسحوق.
  - دورق قياس سعة 1 لتر (1000 مل).
  - جهاز تحريك لخلط المحلول.
  - ماء مقطر لإذابة HCl.
  - حمض كلور الهيدروجين.

- **خطوات العمل:**

1)- لتحضير 1 لتر من محلول كلور الهيدروجين بتركيز 0.002 مول/لتر باستخدام محلول بتركيز 0.1 مول/لتر، يمكننا استخدام قانون التخفيف الذي ينص على:

$$n_1=n_2$$

$$C_1V_1= C_2V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 . V_2}{C_1}$$

C_1 : هو تركيز محلول كلور الهدروجين 0.1 مول/ل.

C_2 : هوتركيز محلول كلور الهدروجين المراد تحضيره 0.1 مول/ل.

V_1 : هوالحجم الذي نأخذه من المحلول المركز.

V_2 : حجم محلول كلور الهدروجين الذي نريد تحضيره 1 لتر.

نحسب V_1:

$$V_1 = 1.0.002 /0.1 = 0.02l = 20ml$$

2) - نأخذ بواسطة ماصة 20 مل من المحلول المركّز(0.1M) و وضعها في حوجلة سعتها 1 لتر .

3) - ثم أضف ماء مقطر حتى يصل الحجم إلى ثلاث أرباع الحجم.

4)- أغلق الحوجلة و حرك جيدا ثم أكمل ملأ ها بالماء المقطر حتى يصل الحجم النهائي للمحلول إلى 1 لتر ورج جيدا.

تأكد من إضافة المحلول المركز إلى الماء وليس العكس لتقليل احتمال حدوث تفاعل عنيف.

التجربة 03:

تحضير محلول نقي كلور الهيدروجين(37%)

- **تذكير:**

تحضير محلول انطلاقا من محلول ذو نسبة كتلية مئوية (P%) :

لدينا :

$$P = \frac{m \ .100}{m'}$$

$$m = n.\ M$$

$$m' = \rho\ .V$$

$$p = \frac{n.M}{\rho.V}\ .100$$

$$V = \frac{n\ .M}{\rho\ .p}\ .100 \qquad (1)$$

و لدينا :

$$n_1 = n_2$$

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$n = C_2V_2$$

$$V = \frac{n\ .M}{\rho\ .p}\ .100$$

ومنه الحجم الازم أخده من محلول الأم:

$$V = \frac{C_2 V_2 .M}{\rho .p}.100 .$$

M : الكتلة المولية g/mol.

ρ : الكتلة الحجمية للمحلول g/l.

p : نسبة كتلية مئوية.

الحل النموذجي : تحضير محلول انطلاقا من محلل ذو نسبة كتلية مئوية (P%)

- **الهدف:**

- تحضير محلول كلور الهيدروجين ذو نقاوة (37%) بتركيز مولي $C_M = 0.1M$.

- **الأدوات و المحاليل المستعملة :**

- ماصة لقياس حجم دقيق من المحلول المركز.
- حوجلة (دورق قياس) سعة 1 لتر.
- ميزان دقيق لقياس الكتلة.
- جهاز تحريك لخلط المحلول.
- نظارات واقية وقفازات لحماية اليدين والعينين عند التعامل مع المواد الكيميائية.
- ماء مقطر.
- محلول HCl مركز بتركيز 37% (وهو المحلول المركز).

- **خطوات العمل:**

1) - حساب كتلة HCl في المحلول المركز لتحضير 1لترمن محلول كلور الهدروجين بتركيز 0.1 مول/ل.

الكتلة المطلوبة من HCl هي:

$$m = C \cdot V \cdot M$$

C : تركيز محلول كلور الهدروجين 0.1 مول/ل.

V : حجم محلول كلور الهدروجين 1 لتر.

M : الكتلة المولية لحمض كلور الماء 36.46 g/mol.

$$m= 36.46.0.1.1=3.646g$$

2) - حساب حجم المحلول المركز الذي يحتوي على 3.646 غرام من.HCl

بما أن المحلول المركز يحتوي على 37غرام من HCl لكل 100 مل، فإن كمية المحلول المطلوب استخدامها هي :

$$V = \frac{3.646.100}{37} = 9.85ml$$

3) -اسحب بواسطة ماصة 9.85 مل من المحلول المركز و ضعه في حوجلة سعتها 1لتر.

4) - ثم أضف ماء مقطر حتى يصل الحجم إلى ثلاث أرباع الحجم.

5)- أغلق الحوجلة و حرك جيدا ثم أكمل ملأ الحوجلة بالماء المقطر ثم أضف ماء مقطر حتى يصل الحجم النهائي للمحلول إلى 1 لتر ورج جيدا.

تأكد من إضافة المحلول المركز إلى الماء وليس العكس لتقليل احتمال حدوث تفاعل عنيف.

التجربة 04:

ثابت الخلية

- **تذكير:**

- تنقسم النواقل الكهربائية إلى نوعين

1- **نواقل من الدرجة الأولى:** هي نواقل كهربائية ذوي جودة رفيعة، يتم نقل الكهرباء فيها عبر حركة الإلكترونات . مثال الأسلاك المعدنية .

2- **نواقل من الدرجة الثانية**: هي نواقل كهربائية أقل جودة من النواقل من الدرجة الأولى، يتم نقلالكهرباء فيها عبر حركة الشوارد .

- **الناقلية**: تتمثل الناقلية الكهربائية في قدرة المادة على توصيل التيار الكهربائي. تعتمد هذه القدرة على عدد الأيونات أو الإلكترونات الحرة التي يمكنها التحرك في المادة. المواد التي تحتوي على عدد كبير من الشحنات الحرة (مثل الإلكترونات في المعادن أو الأيونات في المحاليل) تُعتبر موصلات جيدة، بينما المواد التي تحتوي على عدد قليل من الشحنات الحرة (مثل المواد العازلة) تكون موصلاتها ضعيفة.

✓ تُقاس الناقلية الكهربائية بوحدات تسمى **سيمنس(Siemens)** ، وغالبًا ما يُستخدم المعكوس لهذه الوحدة، وهو المقاومة الكهربائية **(أوم)**، حيث أن الناقلية هي مقلوب المقاومة. نرمز لها ب χ وحدتها (Ω^{-1})

- ✓ **الناقلية النوعية** :هي قدرة المادة على توصيل الكهرباء عند وجود فرق جهد معين، وتعتمد على تركيبة المادة ودرجة حرارتها. تُعبر عنها بوحدة **سيمنس لكل متر**
- ✓ **ثابت الخلية** :هو معلمة تُستخدم لتحويل قراءة المقاومة المقاسة في خلية كهربائية إلى الناقلية الكهربائية للمحلول الذي يتم قياسه. ويعتمد هذا الثابت على تصميم الخلية وأبعادها.

- **الهدف:** - قياس ناقلية خلية بها محلول معاير لكلوريد البوتاسيوم.
  - استعمال النتائج لحساب ثابت الخلية

- **المبدأ النظري:** يعطى ثابت الخلية بالعلاقة التالية:

$$\lambda = K \times \chi \qquad (1)$$

$$\lambda_{(\text{محلول})} = \lambda_{(\text{مذاب})} - \lambda_{(\text{مذيب})}$$

حيث:

λ : الناقلية النوعية للمحلول في الخلية $(\Omega^{-1}\ cm^{-1})$

K : ثابت الخلية (cm^{-1})

χ : الناقلية (Ω^{-1})

- **الأدوات و المحاليل المستعملة :**

- خلية التوصيل.
- بيشر بسعة 100 مل.
- ميزان دقيق لوزن كميات الملح.
- حمام حراري ترموستاتي لضبط درجة الحرارة عادة 25°C.
- ورقة لتجفيف الخلية.
- جهاز قياس الناقلية.
- ماء مقطر.
- محلول KCl (كلوريد البوتاسيوم) بتركيز M0.02 محلول معياري.



- **خطوات العمل:**

1)- قم بإزالة الغطاء المملوء بالماء المقطر من خلية التوصيل (المستخدمة للحفاظ على ترطيب البلاتين عندما لا تكون الخلية قيد الاستخدام).

2)- غسل الخلية عدة مرات بالماء المقطر وتجففها برفق، دون تمرير الورقة بين الألواح حتى لا تفرك البلاتين المطلي.

3)- أدخل الخلية في بيشر يحتوي على 100ml ماء مقطر، مع الحرص على عدم

اصطدام الشريط المغناطيسي بها. اغلقها و تركها حتى تصل درجة الحمام الترموستاتي (25°C)

4)- قياس ناقلية الماء المقطر

5)- تخضير المحلول المعياري من KCl (0.02M) بماء الناقلية (يحتوي على 0.1491غ من ملح KCl يذوب في 100ml ماء مقطر).

تنبيه : يجب أن يكون الملح من النوع الجيد وجاف.

6)- ملأ بيشر سعته 100ml بمحلول KCl و غمر الخلية فيه لقياس الناقلية ،إعادة التجربة عدة مرات حتى تصبح النتائج متقاربة.

7)- غسل الخلية جيدا ثم ملؤها بالمحلول المعياري.

تعطى الناقلية النوعية لمحلول KClعند 25°م بالعلاقة التالية:

$$\lambda_{KCl} = 0.1498c - 0.09385c^{1.5} + 0.0949c^{2} - 0.02159c^{2.5} \quad (2)$$

إذا كان تركيز $c = 0.02M$ فإن

$$\lambda_{KCl} = 0.002765\ \Omega^{-1}cm^{-1}$$

في التجربة نجد أن الناقلية لمحلول KCl $\leq$ الناقلية النوعية للملح KCl لفعل المذيب (الماء) .

إذن نستطيع التصحيح الطريقة التالية:

من العلاقة (2) نحسب λ_{KCl} و نستعمل العلاقة (1) لحساب K بالتقريب و ذلك باستعمال ثابت الخلية المتحصل عليه بالتقريب.

نحسب الناقلية النوعية للماء لتصحيح الناقلية النوعية للمحلول المعيار

$$\lambda_{(\text{المحلول})} = \lambda_{KCl} + \lambda_{\text{ماء}}$$

- **الأسئلة:**

1)- املأ الجدول التالي:

الجدول1: قيم الناقلية

القيمة المتوسطة	التجربة الثالثة	التجربة الثانية	التجربة الأولى	قيمة الناقلية
				χ_{H2O} (µs)
				χ_{KCl} (ms)

2)- حساب ثابت الخلية التقريبي بعد اهمال ناقلية الماء المقطر. علما أن:

$$\lambda_{\text{محلول}} = \lambda_{\text{مذاب}} + \lambda_{\text{مذيب}}$$

3)- حساب ثابت الخلية المصحح بعدم اهمال ناقلية الماء المقطر.

الحل النموذجي : ثابت الخلية

- **الهدف:** - قياس ناقلية خلية بها محلول معاير لكلوريد البوتاسيوم.

  - استعمال النتائج لحساب ثابت الخلية

- **مناقشة النتائج:**

1)- ملأ الجدول :

الجدول 2: قيم الناقلية المقاسة للماء و كلور الكالسيوم.

قيمة الناقلية	التجربة الأولى	التجربة الثانية	التجربة الثالثة	القيمة المتوسطة
χ_{H2O} (µs)	3.6	3.4	3.6	3.53
χ_{KCl} (ms)	1.3	1.3	1.4	1.33

2)- حساب ثابت الخلية التقريبي بعد اهمال ناقلية الماء المقطر. علما أن:

$$\lambda = K \times \chi$$

λ : هو الناقلية النوعية للمحلول.

χ: هو الناقلية للمحلول .

$$\lambda_{محلول} = \lambda_{مذاب} = K_{التقريبي} \times \chi_{kCl}$$

و منه $K_{\text{التقريبي}} = \frac{\lambda_{KCl}}{\chi_{KCl}}$

حيث عند 25°م و C=0.02M لدينا

$\lambda_{KCl} = 0.002765 \Omega^{-1}cm^{-1}$

اذن :

$$K_{\text{التقريبي}} = \frac{0.002765}{1.33.10^{-3}}$$

$$K_{\text{التقريبي}} = 2.078 cm^{-1}$$

3)- حساب ثابت الخلية المصحح بعدم اهمال ناقلية الماء المقطر.

$$K_{\text{المصحح}} = \frac{\lambda_{KCl} + \lambda_{H2O}}{\chi_{KCl}}$$

$\lambda_{H2O} = K_{\text{التقريبي}} . \chi_{H2O} = 2.078x\ 3.53x10^{-6} = 7.33.10^{-6}\ \Omega^{-1}cm^{-1}$

$$\lambda_{KCl\ \text{محلول}} = \lambda_{KCl\ \text{ملح}} + \lambda_{H2O}$$

$\lambda_{KCl\ \text{محلول}} = 0.002765 + 7.33.10^{-6} = 0.002772\ \Omega^{-1}cm^{-1}$

$$K_{\text{المصحح}} = \frac{0.002772 + (7.33.10^{-6})}{1.33.10^{-3}}$$

$$K_{\text{المصحح}} = 2.089 cm^{-1}$$

القيمة التقريبية لثابت الخلية يساوي تقريبا القيمة المصححة.

التجربة 05:

انحلالية ملح صعب الذوبان

- **تذكير:**

✓ **الإنحلالية**: هي قدرة المادة على الذوبان في السائل.

✓ **محلول الملح المشبع :**هو المحلول الذي يحتوي على أكبر كمية من الملح التي يمكن إذابتها في المذيب في درجة حرارة معينة، وأي ملح إضافي سيبقى غير مذاب ويترسب.

- **الهدف**:

- تعيين ناقلية محلول مشبع لملح صعب الذوبان$PbSO_4$ عند درجة حرارة ثابتة.
- استغلال النتائج لتعيين الانحلالية.

- **المبدأ النظري:**

$$PbSO_4 \longleftrightarrow Pb^{2+} + SO_4^{2-}$$

$$Ks = [Pb^{2+}].[SO_4^{2-}]$$

يعطى ثابت الخلية بالعلاقة التالية:

$$\lambda = K \times \chi$$

$$\Lambda = \frac{1000\ x\ \lambda_{ملح}}{C}$$

حيث: λ : الناقلية النوعية للملح ($\Omega^{-1}\ cm^{-1}$)

K : ثابت الخلية (cm^{-1})

χ : الناقلية (Ω^{-1})

Λ: الناقلية المكافئة ($\Omega^{-1}.cm^2.eqg^{-1}$).

C: التركيز(mol/L).

- **الأدوات و المحاليل المستعملة :**

- بيشر
- حوجلة زجاجية .
- خلايا قياس الناقلية.
- حمام ترموستاتي لضبط درجة الحرارة.
- ميزان دقيق لقياس كتلة$PbSO_4$.
- ماصة لتحضير المحاليل.
- حمض الكلور المخفف لغسل الخلايا .
- ملح $PbSO_4$ كبريتات الرصاص.
- ماء مقطر.

- **خطوات العمل:**

1)- نضع في حوجلة نظيفة و جافة 5g من ملح $PbSO_4$ نضيف 100ml من ماء مقطر، بعد التحريك لمدة 15 دقيقة، نقوم بتصفية المحلول (نرمي المادة السائلة و نحتفظ بالراسب)، ثم نعيد عملية الاستخلاص مرتين على نفس العينة .

هدفنا هو ازالة الشوائب من المحلول.

2)- نضيف من جديد 100ml من الماء المقطر نترك الحوجلة مغلقة لمدة 15 دقيقة في حمام ترموستاتي ،نخلط المزيج جيدا يجب تحريك الحوجلة من حين إلى أخر.

3)- بعد التصفية نصب المحلول في بشر نغمرالخلية يجب أن تكون نظيفة وجافة ثم نغلقها باحكام ،يجب معرفة ثابت الخلية.

4)- عند التوازن الحراري، نقيس ناقلية المحلول المشبع.

5) - نعيد التجربة ثلاث مرات.

6) - نقيس ناقلية الماء المقطر المستعمل لتحضير المحاليل.

يجب غسل الخلية بحمض الكلور المخفف لإزالة راسب الملح المتشكل على جدرانها.

- **الأسئلة :**

1)- املأ الجدول.

الجدول 3: قيم الناقلية

قيمة الناقلية	التجربة الأولى	التجربة الثانية	التجربة الثالثة	القيمة المتوسطة
χ_{H2O} (µs)				
χ_{PbSO4} µs)				

2)- تعين الناقلية النوعية للملح.

3)- حساب الناقلية المكافئة Λ و ذلك بجمع الناقليات الشاردية الحدية. نستعمل جدول القيم.

4)- تعيين الانحلالية للملح.

5)- عبر على النتائج بالوحدات mol/L و g/L.

6)- اشرح كل الافتراضات المطروحة في الحسابات التي قمت بها.

الحل النموذجي: انحلالية ملح صعب الذوبان

- **الأجوبة :**

1- ملأ الجدول.

الجدول 4: قيم ناقلية الماء و ملح كبريتات الرصاص

قيمة الناقلية	التجربة الأولى	التجربة الثانية	التجربة الثالثة	القيمة المتوسطة
χ_{H2O} (µs)	3.6	3.4	3.6	3.53
χ_{PbSO4} (µs)	27.2	27.2	27.3	27.23

2- تعين الناقلية النوعية للملح.

يعطى الناقلية النوعية للمحلول بالعلاقة التالية:

$$\lambda_{PbSO4\,محلول} = K \times \chi_{PbSO4\,محلول}$$

$$\lambda_{PbSO4\,محلول} = 2.089 \times 27.23 \times 10^{-6} = 56.88.10^{-6}\ cm^{-1}\Omega^{-1}$$

$$\lambda_{PbSO4\,محلول} = \lambda_{ملح} + \lambda_{H2O}$$

$$\lambda_{ملح} = \lambda_{PbSO4\,محلول} - \lambda_{H2O}$$

$$\lambda_{ملح} = 56.88 \times 10^{-6} - 7.33 \times 10^{-6} = 49.55 \times 10^{-6}\ \Omega^{-1}cm^{-1}$$

$$\lambda_{PbSO4} = 10^{3} \times C_{eq} \times \Lambda_{oPbSO4}$$

$$C_{eq} = 2S$$

$$S = \frac{10^{-3}\ x\ \lambda_{PbSO4}}{2\ x\ \Lambda_{oPbSO4}}$$

حيث: λ : الناقلية النوعية للمحلول في الخلية $(\Omega^{-1}\ cm^{-1})$

K : ثابت الخلية (cm^{-1})

χ : الناقلية (Ω^{-1})

Λ: الناقلية المكافئة $(\Omega^{-1}.cm^2.eqg^{-1})$.

C_{eq}: التركيز المكافئ (mol/L)

S : الانحلالية (mol/L)

3- حساب الناقلية المكافئة Λ و ذلك بجمع الناقليات الشاردية الحدية. نستعمل جدول القيم.

$$\Lambda_{oPbSO4} = \Lambda_{oPb+2} + \Lambda_{oSO4^{-2}}$$

عند25°C

$$\mathbf{\Lambda}_{oPbSO4} = 151\Omega^{-1}cm^2eqg^{-1}$$

4- تعيين الانحلالية للملح.

$$S = \frac{10^{-3}\ x\ 49.55x\ 10^{-6}}{2\ x\ 151}$$

$$S= 2.10^{-10}\ mol/L$$

5- عبر على النتائج بالوحدات mol/L و g/L.

$$S\ (g/L) = M \times S = 303.26 \times 2 \times 10^{-10} = 606.52 \times 10^{-10}\ g/L$$

6- الافتراضات المطروحة في الحسابات التي قمت بها.

- التفاعل بين $PbSO_4$ والماء يتبع التفكك الكامل إلى الأيونات Pb^{2+} و SO_4^{2-}
- الملح مشبع
- التركيزات المتساوية للأيونات Pb^{2+} و SO_4^{2-} في المحلول المشبع.

التجربة 06:

الناقلية المكافئة

- **تذكير:**

✓ **الكهروليت :** يطلق مصطلح "إلكتروليت" على المادة التي بكون لمحلولها القدرة على توصيل التيار الكهربائي. وقد تكون هذه المادة حمضاً أو قاعدةً أو ملح.

✓ **الكهروليت القوي:** الإلكتروليتات القوبة هي تلك المواد التي تتفكك تمام (كلية تقريبا) إلى أيونات في محاليلها، وتكون درجة توصيلها للكهرباء عالية جداً .وهي تشمل الأحماض القوية، القواعد القوية، وأملاحهما.

في حالة الكهروليت القوي تعطى الناقلية المكافئة بالعلاقة التالية:

$$\Lambda_c = \Lambda_0 - (a\,\Lambda_0 + b)\sqrt{C}$$

$T = 25°C$ للمحاليل المائية عند $b = 59.79$ و $a = 0.2274$

✓ **الكهروليت الضعيف:** هي تلك المواد التي تتفكك جزئيا إلى أيوناتها في محاليلها. حيث تكون درجة توصيلها للكهرباء ضعيفة، نتيجة قلة عدد الأيونات الناتجة عن تفككها . وهي تشمل الأحماض والقواعد الضعيفة، وتعتبر جميع الأحماض العضوية أحماض ضعيفة.

معادلة تفكك الكهروليت الضعيف :

$$MA \longrightarrow M^+ + A^-$$

t=0	C	0	0
t	C(1-α)	Cα	Cα

α : درجة التفكك

$$\alpha = \frac{\Lambda_c}{\Lambda_0}$$

Ka : ثابت التوازن أو ثابت التفكك.

$$Ka = \frac{[A^-].[M^+]}{[MA]}$$

و منة :

$$\Lambda_c.C = k(\Lambda_0^2).\frac{1}{\Lambda_C} - k\Lambda_0$$

نرسم المنحنى ($\Lambda_c.C = f(\frac{1}{\Lambda_C})$ ، نجد مستقيم ميله $k\Lambda_0^2$ و نقطة تقاطع مع محور التراتيب $-k\Lambda_0$ مما يساعدنا على تعين k و Λ_0.

و من جهة أخرى نستعمل قانون Kohlrausch لتعين Λ_0 للكهروليت الضعيف و ذلك حسب مايلي:- $\Lambda_{0MA} = \Lambda_{0M^+} + \Lambda_{0A^-}$

Λ_{0A^-} و Λ_{0M^+} الناقلية المكافئة الحدية للأيونات M^+ و A^-.

- **الهدف:**

- تعين الناقلية المكافئة لمحلول حمض الخل (CH_3COOH) و محلول كلوريد الصوديوم ($NaCl$).
- تعين تركيز محلولي حمض الخل (CH_3COOH) و كلوريد الصوديوم ($NaCl$).
- استنتاج ثابت تفكك الحمض CH_3COOH (Ka).
- التفريق بين الكهروليت القوي و الكهروليت الضعيف.
- التحقق من معادلة أونساجر Onsager و كهلرولش Kohlrausch .

الأدوات المستعملة و المحاليل :

- خلايا كهربائية لقياس الناقلية.
- بيشر لتحضير المحاليل.
- حمام ترموستاتي لضبط درجة الحرارة عند $25°C$
- ماء مقطر لتنظيف الخلايا.
- محلول حمض الخل (CH_3COOH) بتركيز $0.105M$
- محلول كلوريد الصوديوم ($NaCl$) بتركيز $0.1 mol/L$.

- **المبدأ النظري:** ينص المبدأ حساب الناقلية النوعية λ لكل محلول

$$\lambda = K\ \chi$$

حيث:

λ : الناقلية النوعية للمحلول في الخلية $(\Omega^{-1}\ cm^{-1})$

K : ثابت الخلية (cm^{-1})

χ : الناقلية (Ω^{-1})

في حالة المحاليل المخففة نقوم بالتصحيح حسب مايلي:

$$\lambda_{محلول} = \lambda_{الكهرو ليت} + \lambda_{ماء}$$

تعطى الناقلية المكافئة للكهر وليت Λc بالعلاقة:

$$\Lambda_c = \frac{1000.\lambda}{C}$$

C : تركيز الكهروليت (mol/L).

λ : الناقلية النوعية للكهروليت $(\Omega^{-1}\ cm^{-1})$.

- **الأدوات و المحاليل المستعملة :**

- خلايا كهربائية لقياس الناقلية.
- بيشر.
- حمام ترموستاتي لضبط درجة الحرارة عند 25°C.
- ماء مقطر لتنظيف الخلايا.

- محلول حمض الخل (CH_3COOH) بتركيز 0.1 N.

- محلول كلوريد الصوديوم (NaCl) بتركيز 0.105 mol/L

- **خطوات العمل:**

1)- تحضير محلولي حمض الخل CH_3COOH و كلوريد الصوديوم ذو تراكيز0.1N.

2)- غسل الخلية بماء مقطر و تجفيفها.

3)-.نضع 22ml من حمض الخل في بيشر،نغمر الخلية فيه و نثبت درجة الحرارة إلى 25°C ذلك بوضع الكل في حمام ترموستاتي.

4)- في نفس الحمام، نضع حوجلة فيها ماء لمتابعة التخفيف.

5)- عند توازن درجة الحرارة، نقوم بالقراءة الأولى للناقلية ل 22ml من الحمض.

6)- نأخذ 10ml من الحمض CH_3COOH و نستبدلها ب 10ml من الماء المقطر بعد عملية التحريك نترك المحلول يرتاح ثم نقيس الناقلية من جديد، و نستمر هكذا حتى 8قياسات.

7)- نقوم بنفس العملية بالنسبة لكلوريد الصوديوم NaCl (0.1mol/L).

- **الأسئلة:**

1)- املأ الجدول التالي بالنسبة لمحلول كلور الصوديوم (NaCl) :

لملأ الجدول لدينا :

الجدول5: قيم التركيز و الناقلية لكلوريد الصوديوم

NaCl	C(mol/L)	$\chi(\Omega^{-1})$	$\sqrt{C}$	λ	Λc
1					
2					
3					
4….8					

2)- نكرر نفس العملية مع محلول حمض الخل (CH_3COOH):

الجدول6: قيم التركيز و الناقلية لحمض الأسيتيك

CH_3COOH	C(mol/L)	$\chi(\Omega^{-1})$	$\sqrt{C}$	λ	Λc
1					
2					
3					
4….8					

3) - أرسم المنحنى($\Lambda_c = f(\sqrt{c})$ بالنسبة لحمض الأسيتيك (CH_3COOH) و كلوريد الصوديوم ($NaCl$).

4) - برهن على صحة العلاقة الخاصة بالكهروليتات الضعيفة.

$$\Lambda_c.C = k(\Lambda_0^2).\frac{1}{\Lambda_C} - k\Lambda_0$$

5)- ماذا يمثل k.

6)- عين Λ_0 و k للكهروليت حمض الخل CH_3COOH.

ملاحظة: الناقلية المكافئة الحدية للحمض CH_3COOH هي :

$$\Lambda_{0\ (CH3COO^-)} = 40.9\Omega^{-1}cm^2.eqg^{-1}$$

الناقلية الحدية لH^+ هي : $\Lambda_{0\ (H^+)} = 349.8\Omega^{-1}cm^2.eqg^{-1}$

عند $T= 25°C$ لدينا : $a= 0.2274$ و $b= 59.97$

الحل النموذجي : الناقلية المكافئة

- **الأجوبة:**

1)- نملأ الجدول: محلول حمض الخل (CH_3COOH):

$0.105mol \longrightarrow 1000ml$

$n \longrightarrow 12ml$

$n = \frac{0.105.12}{1000} = 1.26.10^{-3}mol$

$C = \frac{n}{V}$

$C = \frac{1.26.10^{-3}}{12+10} . 10^3$

$= 0.0572mol/l$

الجدول 7: قيم التركيز و الناقلية المقاسة لحمض الأسيتيك

C(eqg/L)	$\sqrt{C}$(eqg/L)	χ(ms)	$\lambda_{محلول}.10^6$	$\lambda_{مذاب}$	Λc ($ms.cm^2/eqg$)
0.105	0.324	33.3	589.4	585.3	5.57
0.0572	0.2395	24.7	437.1	433.07	7.56
0.0312	0.1765	18.35	324.7	320.67	10.46
0.0170	0.1303	13.4	237.18	233.06	13.7

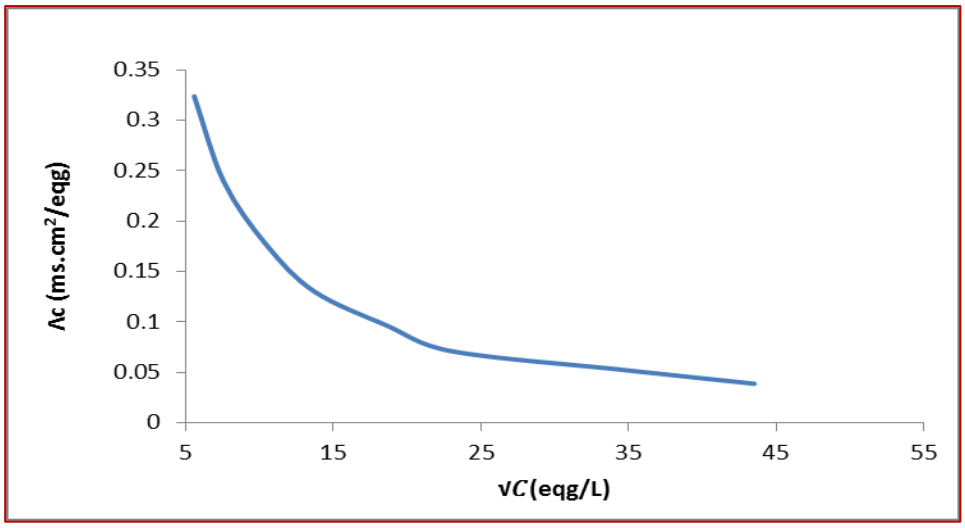
0.00926	0.0962	10	177.0	172.88	18.65
0.0050	0.071	7.4	119.9	115.86	23
0.00275	0.0525	5.35	94.69	90.52	34.6
0.00150	0.0387	3.92	69.38	65.26	43.5

$$\Lambda c = \frac{10^3 \; x \; \lambda_{\text{مذاب}}}{C}$$

$$\lambda_{\text{مذاب}} = \lambda_{\text{محلول}} - \lambda_{\text{ماء}}$$

$$\lambda_{\text{ماء}} = 4.12.10^{-6}\ \Omega^{-1}cm^{-1}$$

2) - رسم المنحنى($\Lambda_c = f(\sqrt{c}$) بالنسبة لحمض الأسيتيك

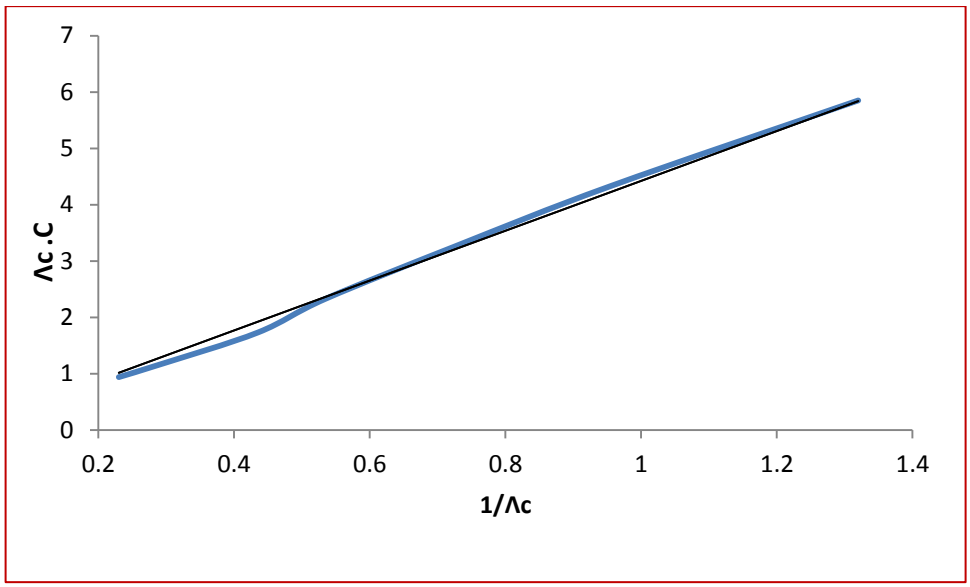


الشكل 1 : يبن تغير($\Lambda_c = f(\sqrt{c}$)

3) - لرسم المنحنى $\Lambda_c . C = f\left(\frac{1}{\Lambda_c}\right)$ نملأ الجدول 8 لحمض الأسيتيك

الجدول8: جدول يبين قيم $\Lambda_c . C$ و $\frac{1}{\Lambda_c}$

$\alpha = \frac{\Lambda_c}{\Lambda_0}$	0.0142	0.0193	0.0267	0.035	0.0477	0.0388	0.0885
$\frac{1}{\Lambda_c}.10^2$	1.3	1.32	0.95	0.73	0.53	0.43	0.29
$\Lambda_c . C. 10^2$	5.85	4.33	3.28	2.33	1.73	1.16	0.9



الشكل 2 : يبن تغير $\Lambda c.C=f(1/\Lambda c)$

المنحنى عبارة عن خط مستقيم لا يمر بالمبدأ ميله $k\Lambda_0^2$.

$k\Lambda_0^2 = 31.25.10^{-1}$

4) - بالنسبة للكهروليتات الضعيفة لدينا:

$$CH_3COOH \longleftrightarrow CH_3COO^- + H^+$$

t=0	C	0	0
t	C(1-α)	αC	αC

$$K = \frac{[CH3COO^-].[H^+]}{[CH3COOH]} = \frac{\alpha^2.C}{1-\alpha}$$

$$\alpha = \frac{\Lambda_c}{\Lambda_0}$$

$$\Lambda c.C = K(\Lambda_0^2) .\frac{1}{\Lambda_c} - K\Lambda_0$$

5) K يمثل ثابت التوازن.

$$\Lambda_0 = 312.5\Omega^{-1}cm^2eqg^{-1}$$

$$k = 8.94.10^{-6}$$

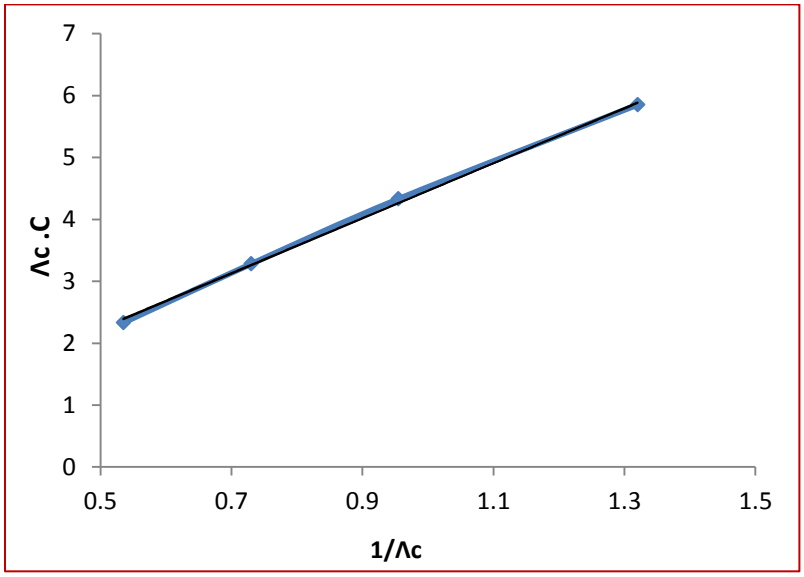
6) – ملأ الجدول بالنسبة للكهروليت القوي NaCl.

الجدول 9: قيم التركيز و الناقلية المقاسة لمحلول كلور الصوديوم

C(eqg/L)	$\sqrt{C}$(eqg/L)	χ(ms) .10^3	$\lambda_{محلول}.10^3$	$\lambda_{مذاب}.10^3$	Λc (ms.cm^2/eqg)
0.1	0.316	55.0	9.735	9.7308	97.5
00545	0.233	31.25	5.522	5.5182	101.2

0.0297	0.172	18.50	3.2745	3.2704	110.3
0.0162	0.127	10.50	1.852	1.8542	114.4
0.0088	0.0938	5.95	1.0531	1.0490	119.2
0.0048	0.0693	3.30	0.6195	0.6153	120.9
0..00142	0.0378	1.02	0.1809	0.1767	124.5
0.00077	0.0278	0.57	0.1008	0.0957	125.7

7)- نرسم المنحنى($\Lambda_c = f(\sqrt{c}$) بالنسبة لكلوريد الصوديوم (NaCl).



الشكل 3: يبين تغير ($\Lambda_c = f(\sqrt{c}$)

المنحنى عبارة عن خط مستقيم نقطة تقاطعه مع محور التراتيب يعطي Λ_0.

$$\Lambda_0 = 130\Omega^{-1}\ cm^2eqg^{-1}$$

التجربة 07:

الناقلية المكافئة للإلكتروليتات القوية و الضعيفة

- **تذكير**:
  - ✓ **الناقلية المكافئة** تشير إلى القدرة على توصيل التيار عند تركيز 1 مول/لتر، وهي تأخذ في اعتبارها التأثيرات المرتبطة بتوزيع الأيونات في المحلول.
  - ✓ في حالة الإلكتروليتات القوية مثل حمض الهيدروكلوريك(HCl) ، يتم التأين الكامل، مما يؤدي إلى توصيل مولي عالي. أما في الإلكتروليتات الضعيفة مثل حمض الأسيتيك(CH_3COOH) ، حيث يكون التأين جزئيًا، فإن التوصيل المولي يكون أقل.

- **الهدف:** - لتحديد الناقلية المكافئة للإلكتروليتات باستخدام جهاز قياس الناقلية، يمكن إجراء التجربة على نوعين من الإلكتروليتات: الأول هو حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي يُعتبر إلكتروليتًا قويًا، والثاني هو حمض الأسيتيك (CH_3COOH) الذي يُعد إلكتروليتًا ضعيفًا.

- **المبدأ النظري:** يعطى ثابت الخلية بالعلاقة التالية:

$$\lambda = K \times \chi$$

حيث:

λ : الناقلية النوعية للمحلول في الخلية $(\Omega^{-1}\ cm^{-1})$

K : ثابت الخلية (cm^{-1})

χ : الناقلية (Ω^{-1})

$\lambda_{محلول} = \lambda_{مذاب} + \lambda_{مذيب}$

الناقلية المكافئة تعطي بالعلاقة التالية :

$$\Lambda = \frac{1000.\lambda}{C}$$

Λ :الناقلية المكافئة للمحلول $(\Omega^{-1}.cm^2mol^{-1})$

C :التركيز المولي .(mol/L).

- **الأدوات و المحاليل المستعملة :**

- جهاز لقياس الناقلية.
- بيشر لتحضير المحاليل.
- ماء مقطر لتنظيف الخلايا.
- محلول حمض الخل (CH_3COOH) بتركيز 0.1N.
- محلول كلوريد الصوديوم (HCl) بتركيز 0.1N

- **خطوات العمل:**

1)- تحضّير 250ml من محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) ومحلول حمض الأسيتيك (CH_3COOH) بتركيز 0.1N.

2)- تحضّير 100ml من محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) ومحلول حمض الأسيتيك (CH_3COOH) بالتراكيز التالية: 0.002M ، 0.006M ،0.012M ، 0.020M، 0.060M.

3)- استخدم جهاز قياس الناقلية الكهربائية (الموصلية) لقياس توصيل المحاليل.

4)- تأكد من معايرة الجهاز باستخدام محلول مرجعي معروف التوصيل.

5)- يتم قياس ناقلية الماء المقطر و من تم المحاليل أعلاه .

- **الأسئلة:**

1)- املأ الجدول التالي: بالنسبة لمحلول حمض الهيدروكلوريك (HCl)

الجدول10: قيم التركيز و الناقلية النوعية لحمض قوي

المحلول	C	$\sqrt{C}$	$\lambda_{محلول}$	$\lambda_{محلول}-\lambda_{H2O}$	Λ_{HCl}
1					
2					
3					
4					
5					

2) - بالنسبة لمحلول حمض الأسيتيك (CH_3COOH).

الجدول 11: قيم التركيز و الناقلية النوعية لحمض ضعيف

المحلول	C	$\sqrt{C}$	$\lambda_{محلول}$	$\lambda_{محلول}-\lambda_{H2O}$	$\Lambda_{CH3COOH}$
1					
2					
3					
4					
5					

3)- استنتج الناقلية المكافئة عند التخفيف اللانهائي للإلكتروليتين بيانيا (Λ_0) .

4)- استنتج من النتائج المتحصلة عليها درجة التفكك α وثابت التأين Ka لحمض الخل عند تراكيز مختلف (ملأ الجدول التالي).

الجدول 12: قيم Ka و α لحمض ضعيف:

C_0	α	Ka
0.002M		
0.006M		
0.012M		
0.020M		
0.060M		

الحل النموذجي: الناقلية المكافئة للإلكتروليتات

القوية و الضعيفة

- **الأجوبة:**

1)- ملأ الجدول: بالنسبة لمحلول حمض الهيدروكلوريك (HCl)

λ_{H2O} =22µs/cm

الجدول 13: قيم التركيز و الناقلية النوعية و المكافئة لحمض قوي

المحلول	C(M)	$\sqrt{C}$	$\lambda_{محلول}$ ($\mu s.cm^{-1}$)	$\lambda_{محلول}-\lambda_{H2O}$ ($\mu s.cm^{-1}$)	Λ_{HCl} (scm^2/mol)
1	0.02	0.0447	806	784	392
2	0.006	0.0774	1555	1533	255.5
3	0.012	0.1095	3830	3808	317.33
4	0.020	0.1414	6710	6688	334.4
5	0.060	0.2449	18540	18518	308.63

2)- بالنسبة لمحلول حمض الأسيتيك (CH_3COOH).

الجدول 14: قيم التركيز و الناقلية النوعية و المكافئة لحمض ضعيف.

المحلول	C(M)	$\sqrt{C}$	$\lambda_{محلول}$ ($\mu s.cm^{-1}$)	$\lambda_{محلول}-\lambda_{H2O}$ ($\mu s.cm^{-1}$)	$\Lambda_{HCl}(scm^2/mol)$
1	0.02	0.0447	752	730	365
2	0.006	0.0774	737	715	119.16
3	0.012	0.1095	693	671	55.91
4	0.020	0.1414	600	638	31.9
5	0.060	0.2449	508	486	8.1

3)- استنتاج الناقلية المكافئة عند التخفيف اللانهائي للإلكتروليتين بيانيا.

$$\Lambda_0(HCl) = 400(S.cm^2/mol)$$

$$\Lambda_0(CH3COOH) = 690(S.cm^2/mol)$$

4)- النتائج المتحصلة عليها درجة التفكك α وثابت التأين Ka لحمض الخل عند تراكيز مختلف) .

الجدول 15: قيم Ka و α لحمض ضعيف.

C_0	α	Ka
0.002M	0.52	$1.16.10^{-3}$
0.006M	0.17	$2.08.10^{-4}$
0.012M	0.08	0.0000334
0.020M	0.04	0.0000443
0.060M	0.01	0.00000734

التجربة 08:

دراسة حركة تصبن أسيتات الإثيل باستعمال مقياس التوصيل الكهربائي

- **تذكير:**

✓ تفاعل التصبن هو تفاعل أستر مع أساس.

- **الهدف:** - دراسة حركية تفاعل تصبن أسيتات الإثيل باستعمال طريقة فزيائية و هي التوصيل الكهربائي عند درجة حرارة 30°C و 25°C.

- تعين طاقة التنشيط.

يعطي الأستر إيتانوات الإيثيل مع الصودا تفاعل التصبن وفق المعادلة التالية :

$$CH_3COOC_2H_5 + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$$

- التفاعل من الرتبة الثانية.

- التراكيز الإبتدائية للمتفاعلين متساوية.

- **الأدوات و المحاليل المستعملة :**

- محلول أسيتات الإثيل تركيز 0.02 مول/لتر .
- محلول الصودا تركيز0.02 مول/لتر و 0.01 مول /لتر.
- جهاز لقياس الناقلية الكهربائية للمحلول.
- خلية تستخدم لقياس التوصيل الكهربائي للمحلول داخل جهاز قياس التوصيل.

- ميقاتية لضبط توقيت القياسات الدقيقة للناقلية على فترات محددة.
- دورق لتحضير المزيج التفاعلي من أسيتات الإثيل والصودا.
- حوض مائي يستخدم لتسخين المزيج المتفاعل بعد اكتمال التفاعل للحصول على التوصيل النهائي.($\infty\chi$)
- ماء مقطرلغسل الخلية والآلات قبل وبعد الاستخدام.

- **المبدأ النظري:**

- يمكن حساب ثابت السرعة k عند درجة حرارة ثابتة من العلاقة التالية :

$$k = \frac{x}{ta(a-x)}$$

حيث x تركيز الأستر المتفاعل عند الزمن a،t تركيز الصودا و أسيتات الإثيل مقدرة ب مول / ل.

يمكن دراسة حركية هذا التفاعل باستعمال جهاز التوصيل الكهربائي (الناقلية) نظرا لتغير ناقلية المزيج المتفاعل مع تقدم التفاعل.

نحسب الناقلية النوعية للمحلول من العلاقة التالية :

$$\lambda = K \times \chi$$

حيث: λ : الناقلية النوعية للمحلول في الخلية $(\Omega^{-1}\ cm^{-1})$

K : ثابت الخلية (cm^{-1})

χ : الناقلية (Ω^{-1}).

تتغير ناقلية المحلول بتغير تراكيز مكونات التفاعل ،في بداية التفاعل توجد أيونات Na^+و OH^- أما عند نهاية التفاعل يحتوي المحلول على أيونات Na^+ و $CH3COO^-$ ، يكون التغير في الناقلية ناتجا عن اختفاء أيونات OH^- و تكون أيونات $CH3COO^-$

إذا كان:

χ_0 : ناقلية المحلول عند الزمن t=0.

χ_t : ناقلية المحلول عند الزمن t.

χ_∞ : ناقلية المحلول عند الزمن t_∞.

يمكن حساب ثابت السرعة من العلاقة :

$$K = \frac{1}{at}.\left(\frac{\chi_0 - \chi_t}{\chi_t - \chi_\infty}\right)$$

- **خطوات العمل:**

1)- التعرف على كيفية تشغيل جهاز التوصيل الكهربائي.

2)- تحضير محلولي المتفاعلين أسيتات الإثيل0.02M و الصودا0.02M .

3)- لقياس χ_0 نملأ بيشر بمحلول الصودا 0.01M و نغمس خلية القياس داخل البيشر و نجري القياس عند درجة حرارة الغرفة.

4)- نضع دورق الذي يحتوي على 50ml من أسيتات الإثيل و الدورق الذي يحتوي على 50ml من محلول الصودا في اناء به ماء درجة حرارته T=25°C.

5)- نمزج في دورق واحد 50ml من أسيتات الإثيل و 50ml من محلول الصودا و

نشغل مقياس الزمن لحظة المزج، نغمس خلية الجهاز في المزيج و نقيس قيمة الناقلية χ_t للتفاعل.

6) - تقاس الناقلية في البداية كل 5 دقائق لمدة ساعة.

7)- باستخدام طريقة التخفيف نحضر محلول NaOH (0.01M) و نقيس الناقلية χ_0 التي تمثل الناقلية الإبتدائية للمزيج و تكون درجة حرارته T= 25°C.

8) - لقياس χ_∞ نضيف الى دورق يغلق بإحكام 30ml من المزيج المتفاعل يسخن في حوض مائي لمدة نصف ساعة حتى يتم التصبن الكلي، نبرد السائل و نقيس الناقليةχ_∞.

9)- نعيد نفس المراحل السابقة من أجل T=30°C.

- **الأسئلة :**1) - املأ الجدول التالي:

الجدول19 : قيم الناقلية عند 25°C.

t(min)	2	4	6	8	10	12	14	…	30	40	50	60
χ_t **(s)**												
χ_o-χ_t**(s)**												
χ_t-χ_∞**(s)**												
$\frac{\chi_0-\chi_t}{\chi_t-\chi_\infty}$**(s)**												

2)- أرسم المنحنى $\chi_t = f(t)$.

3)- برهن على صحة علاقة ثابت السرعة k بدلالة χ.

4)- أرسم المنحنى التالي:

$$f(t) = \frac{\chi_0 - \chi_t}{\chi_t - \chi_\infty}$$

5)- أحسب زمن نصف التفاعل بيانيا و حسابيا $t_{1/2}$؛

6)- –املأ الجدول: التفاعل عند T = 30°C:

الجدول20 : قيم الناقلية عند 30°C.

t(min)	2	4	6	8	10	12	14	…	30	40	50	60
χ_t **(s)**												
χ_0-χ_t**(s)**												
χ_t-χ_∞**(s)**												
$\frac{\chi_0-\chi_t}{\chi_t-\chi_\infty}$**(s)**												

7) – أرسم المنحنى $\chi_t = f(t)$.

8)- أرسم المنحنى $f(t) = \frac{\chi_0-\chi_t}{\chi_t-\chi_\infty}$.

9)- أحسب زمن نصف التفاعل بيانيا و حسابيا .

10) - ايجاد طاقة التنشيط .

الحل النموذجي : دراسة حركة تصبن أسيتات الإثيل باستعمال مقياس التوصيل الكهربائي

- **الأجوبة :**

1)- ملأ الجدول عند درجة حرارة T= 25°C.

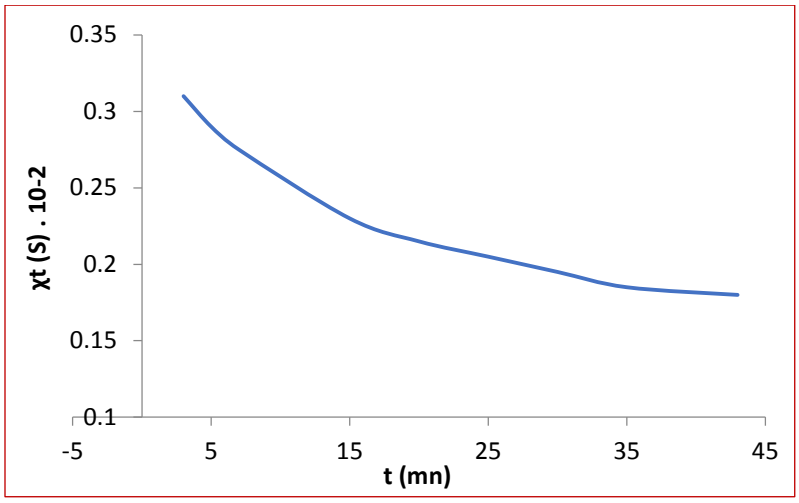
χ_0 : ناقلية محلول NaOH (0.01M) هي $\chi_0 = 0.345.10^{-2}s$

χ_∞ : ناقلية المزيج لما t يؤول الى ∞ و يساوي $\chi_\infty = 0.125.10^{-2}s$

الجدول21 : قيم الناقلية المقاسة للمزيج عند 25°C.

t(min)	χ_t (S) . 10^{-2}	$\chi_0-\chi_t$ (s) .10^{-2}	$\chi_t-\chi_\infty$ (s).10^{-2}	$\frac{\chi_0-\chi_t}{\chi_t-\chi_\infty}$(s)
3	0.310	0.035	0.185	0.189
5	0.290	0.055	0.165	0.333
7	0.275	0.70	0.140	0.500
15	0.230	0.115	0.105	1.095
20	0.215	0.130	0.090	1.444
25	0.205	0.140	0.080	1.750
30	0.195	0.150	0.070	2.142
35	0.185	0.160	0.060	2.666
43	0.180	0.195	0.055	3
55	0.170	0.175	0.045	3.888

2)- المنحنى $\chi_t = f(t)$.



الشكل4: يبين تغير الناقلية بدلالة الزمن

3)- برهن على صحة علاقة ثابت السرعة k بدلالة χ.

$$CH_3COOC_2H_5 + (Na^+, OH^-) \longrightarrow (CH3COO^-, Na^+) + C_2H_5OH$$

t=0	a	a	0	0
t=t	a-x	a-x	x	x
t=∞	0	0	a	a

$$v = \frac{dX}{dt} = k(a-x)^2$$

$$k = \frac{1}{at} \cdot \frac{x}{a-x}$$

المحلول يحتوي على الشوارد التالية:

- Na^+: تركيز ثابت أثناء التفاعل و يساوي a.
- OH^-: شاردة تتميز بناقلية كبيرة تركيزها يتناقص من a إلى 0.

- $CH3COO^-$: تركيزها يزداد من الصفر حتى القيمة a.

و عموما ناقلية الوسط تتناقص مع سير التفاعل.

$$\chi_{المحلول} = \lambda_{0(OH^-)}[OH^-] + \lambda_{0(Na^+)}[Na^+] + \lambda_{0(CH3COO^-)}[CH3COO^-]$$

$$t=0 : \chi_0 = \lambda_{0(OH^-)}.a + \lambda_{0(Na^+)}.a$$

$$t=t : \chi_t = \lambda_{0(OH^-)}(a-x) + \lambda_{0(Na^+)}.a + \lambda_{0(CH3COO^-)}.x$$

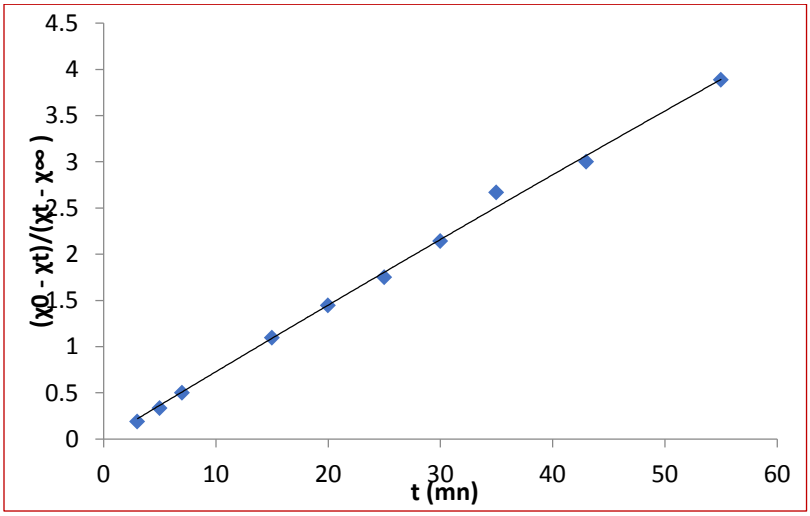
$$t=\infty : \chi_\infty = \lambda_{0(OH^-)}(0) + \lambda_{0(Na^+)}.a + \lambda_{0(CH3COO^-)}.a$$

من خلال هذه العلاقة نجد :

$$\frac{\chi_0-\chi_t}{\chi_t-\chi_\infty} = \frac{x}{a-x}$$

و منه $$a.k.t = \frac{\chi_0-\chi_t}{\chi_t-\chi_\infty}$$

4)- أرسم المنحنى التالي: $$f(t) = \frac{\chi_0-\chi_t}{\chi_t-\chi_\infty}$$



الشكل 5: يبين $f(t) = \frac{\chi_0-\chi_t}{\chi_t-\chi_\infty}$

منحنى $f(t) = \frac{\chi_0 - \chi_t}{\chi_t - \chi_\infty}$ هو ميل المستقيم k.a ،يعطى بالعلاقة :

$$k.a = 0.0624 min^{-1}$$

$$k = 6.24\ min^{-1}.mol^{-1}.l$$

5)- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: بيانيا لدينا عند هذه اللحظة يكون:

$$\chi_{t1/2} = \frac{\chi_0 + \chi_\infty}{2} = \frac{(0.345+0.125).10^{-2}}{2}$$

بالإسقاط نجد: $\chi_{t1/2} = 0.235.10^{-2}\ s$

ومنه : $t_{1/2} = 14.5\ min$

حسابيا : $t_{1/2} = \frac{1}{k.a} = \frac{1}{0.01\ .6.24}$

$$t_{1/2} = 16.02\ min$$

6) – التفاعل عند T = 30°C:

χ_0 : ناقلية محلول NaOH (0.01) و تساوي $\chi_0 = 0.38.10^{-2}\ s$

χ_∞ : ناقلية المزيج لما t يؤول الى ∞ و تساوي $\chi_\infty = 0.14.10^{-2} s$

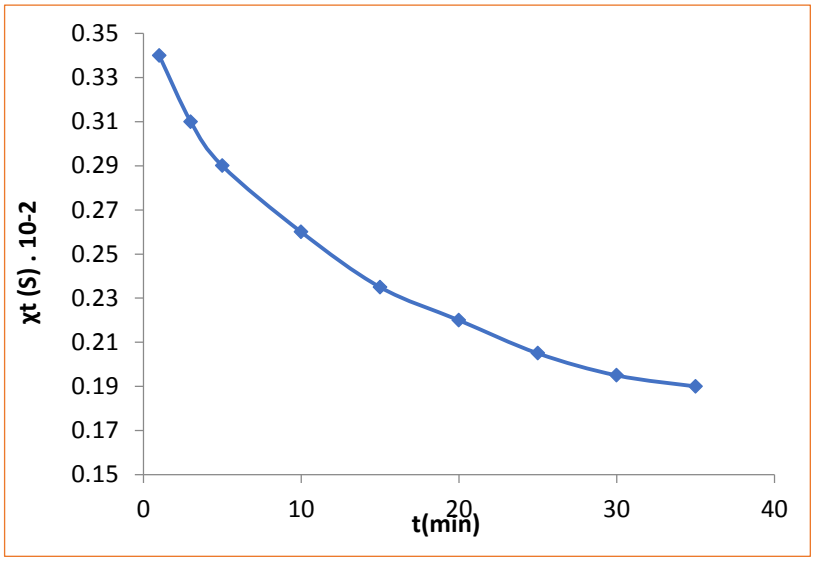
النتائج مدونة في الجدول التالي:

الجدول22 : قيم الناقلية المقاسة للمزيج عند 30°C.

t(min)	χ_t (S) . 10^{-2}	$\chi_0-\chi_t$ (s) .10^{-2}	$\chi_t-\chi_\infty$ (s).10^{-2}	$\frac{\chi_0-\chi_t}{\chi_t-\chi_\infty}$(s)
1	0.340	0.040	0.200	0.20
3	0.310	0.070	0.170	0.41

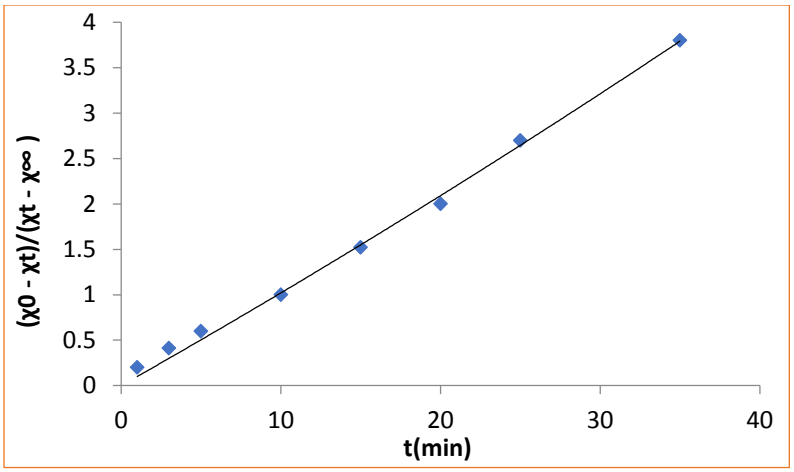
5	0.290	0.090	0.150	0.60
10	0.260	0.120	0.120	1.00
15	0.235	0.145	0.095	1.52
20	0.220	0.160	0.080	2.00
25	0.205	0.175	0.065	2.70
30	0.195	0.185	0.055	3.35
35	0.190	0.190	0.050	3.80

7) – المنحنى $\chi_t = f(t)$.



الشكل6: المنحنى $\chi_t = f(t)$

8)- المنحنى $f(t) = \frac{\chi_0 - \chi_t}{\chi_t - \chi_\infty}$.



الشكل 7: المنحنى $f(t) = \frac{\chi_0 - \chi_t}{\chi_t - \chi_\infty}$

المنحنى $f(t) = \frac{\chi_0 - \chi_t}{\chi_t - \chi_\infty}$ عبارة عن خط مستقيم يمر من المبدأ ميله $k_1.a$

$$k_1.a = 0.094$$

$$k_1 = 9.4\ min^{-1}mol^{-1}l$$

9)- زمن نصف التفاعل :

بيانيا:

$$\chi_{t_{1/2}} = \frac{\chi_0 + \chi_\infty}{2} = 0.26.10^{-2}\ s$$

بالإسقاط نجد:

$$\chi_{t1/2} = 0.235.10^{-2}\ s$$

ومنه : $t_{1/2} = 10\ min$

حسابيا : $t_{1/2} = \frac{1}{k1.a}$

$t_{1/2} = 10.63$ min

10)- ايجاد طاقة التنشيط :

$$K = A\exp\left(-\frac{E_a}{R.T_1}\right)$$

$$K_1 = A\exp\left(-\frac{E_a}{R.T_2}\right)$$

Ea = 61.5 kj/mol

التجربة 09 :

معايرة حمض قوي و حمض ضعيف بأساس قوي

باستعمال طريقة التوصيل الكهربائي

- **تذكير:**

✓ **المعايرة:** من بين الطرق الفزيائية المتبعة في تحديد التركيز المولي لمحلول بواسطة معرفة تركيز محلول أخر هي طريقة المعايرة عن طريق قياس الناقلية.

✓ **الحمض (Acide) :**هو عبارة عن نوع كيميائي (شاردة او جزيء) له القدرة على تحرير بروتون.

✓ **الأساس (Base) :** هو عبارة عن نوع كيميائي(شاردة او جزيء)له القدرة على اكتساب بروتون.

اذا يمكن كتابة جملة التفاعلات حمض – اساس بتفاعل عام من الشكل:

$$Acide \longleftrightarrow base + H^+$$

و منه من غير الممكن وجود حمض دون قاعدته المرافقة : مما يؤدي الى كتابة توازن تتفكك الحمض في الماء وفق التفاعل التالي:

$$HA + H_2O \longleftrightarrow A^- + H_3O^+$$

حيث:

$$Ka = \frac{[A^-].[H3O^+]}{HA}$$

Ka :هو ثابت توازن الحمض و يسمى ثابت الحموضة للزوج المترافق (HA/A) .

بينما يعطي تفكك القاعدة في الماء التفاعل التالي:

$$B + H2O \longleftrightarrow BH^+ + OH^-$$

Kb :هو ثابت توازن الأساس و يسمى ثابت القاعدية للزوج المترافق .

- **هدف التجربة:**

- متابعة معايرة حمض كلور الماء HCl وحمض الأسيتيك CH_3COOH بواسطة أساس قوي، الصودا NaOH عن طريق قياس الناقلية.
- متابعة معايرة خليط من حمض كلور الماء و حمض الأسيتيك بواسطة الصودا
- معرفة نقطة التكافؤ(حمض أساس) وتحديد ها بيانيا.
- ايجاد تركيز محلولي حمض كلور الماء وحمض الأسيتيك.

.

- **.المبدأ النظري:** يحدث تعادل الحمض مع الاساس وفق التفاعل التالي:

بالنسبة لتفاعل حمض كلور الماء و الصودا:

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

أما بالنسبة لتفاعل حمض الأسيتيك و الصودا كما يلي:

$$CH_3COOH + NaOH \longleftrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

- **الأدوات و المحاليل المستعملة :**

- جهاز قياس الناقلية.

- جهاز الرج المغناطيسي.

- أنبوب مدرج 50ملل.

- بيشر 250 ملل.

- سحاحة.

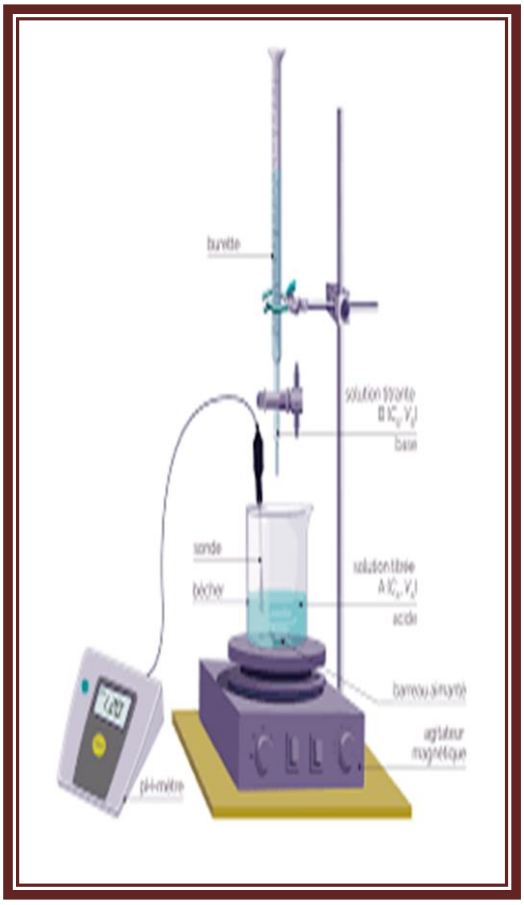
- ماصة.

- محلول هيدروكسيد الصوديوم (0.5N) NaOH.

- محلول كلور الهيدروجين HCl .

- محلول حمض الأسيتيك CH_3COOH.

- كاشف فينولفتالين.



الشكل 8: يبين جهاز المعايرة

- **خطوات العمل:**

1- معايرة حمض كلور الهيدروجين بهدروكسيد الصوديوم.

1)- تنظيف الخلية بغطسها في الماء المقطر و توصيلها بجهاز التوصيل الكهربائي.

2)- نقوم بتثبيت السحاحة جيدا على الحامل و ذلك بعد غسلها جيدا بماء الحنفية ثم الماء المقطر و تجفيفها

3)-.نتأكد من غلق صنبور السحاحة ثم و بواسطة قمع نملأ السحاحة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم 0.5N.

4)- بواسطة مخبار مدرج نأخذ 25 مل من المحلول الحمضي HCl مجهول التركيز.

5)- ضف قطرتين الى ثلاث من كاشف الفينولفتالين قس الناقلية.

6)- ضع البيشر اسفل السحاحة و إبدأ عملية المعايرة بفتح صمام السحاحة لينسكب 0.5 مل من محلول الصودامع التحريك، نقيس الناقلية عند كل اضافة مع استمرارية الإضافة الى غاية تغير اللون.

7)-عند تغير اللون اغلق الصمام وسجل حجم الأساس المضاف.

2- معايرة حمض الأسيتيك بهيدروكسيد الصوديوم.

1) - تنظيف الخلية بغطسها في الماء المقطر و توصيلها بجهاز التوصيل الكهربائي.

2)- نقوم بتثبيت السحاحة جيدا على الحامل و ذلك بعد غسلها جيدا بماء الحنفية ثم الماء المقطر و تجفيفها

3)-.نتأكد من غلق صنبور السحاحة ثم و بواسطة قمع نملأ السحاحة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم 0.5N.

4)- بواسطة مخبار مدرج نأخذ 25 مل من المحلول الحمضي CH_3COOH مجهول التركيز.

5)- ضف قطرتين الى ثلاث من كاشف الفينولفتالين قس الناقلية.

6)- ضع البيشر اسفل السحاحة و إبدأ عملية المعايرة بفتح صمام السحاحة لينسكب 0.5مل من محلول الصودامع التحريك، نقيس الناقلية عند كل اضافة مع استمرارية الإضافة الى غاية تغير اللون.

7)-عند تغير اللون اغلق الصمام وسجل حجم الأساس المضاف.

3- معايرة مزيج من حمض كلور الهيدروجين مع حمض الأسيتيك بهيدروكسيد الصوديوم.

1)- تنظيف الخلية بغطسها في الماء المقطر و توصيلها بجهاز التوصيل الكهربائي.

2)- نقوم بتثبيت السحاحة جيدا على الحامل و ذلك بعد غسلها جيدا بماء الحنفية ثم الماء المقطر و تجفيفها

3)-.نتأكد من غلق صنبور السحاحة ثم و بواسطة قمع نملأ السحاحة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم 0.5N.

4)- بواسطة مخبار مدرج نأخذ 25 مل من المحلول الحمضي CH_3COOH و 25 مل من حمض كلور الهيدروجين مجهول التركيز.

5)- ضف قطرتين الى ثلاث من كاشف الفينولفتالين قس الناقلية.

6)- ضع البيشر اسفل السحاحة و إبدأ عملية المعايرة بفتح صمام السحاحة لينسكب 0.5 مل من محلول الصودامع التحريك، نقيس الناقلية عند كل اضافة مع استمرارية

الإضافة الى غاية تغير اللون.

7)-عند تغير اللون اغلق الصمام وسجل حجم الأساس المضاف.

ملاحظة: معايرة الخليط يعطي نقطتي تكافؤ.

- **الأسئلة:**

1)- املأ الجدول التالي:

الجدول23 : قيم الناقلية للمعايرة

V_{NaOH}(ml)	0.5	1	1.5	2	2.5….
χ_{HCl} (ms)					
$\chi_{CH3COOH}$ (ms)					
$\chi_{HCl+CH3COOH}$ (ms)					

2)- أرسم التركيب التجريبي للمعايرة.

3)- أكتب التفاعلات الشاردية التي تحدث في التفاعل.

4)- أرسم منحنى تغير الناقلية بدلالة حجم محلول الصودا المضاف.

5) - أكتب الأفراد الكيميائية الموجودة في البيشر في كل مرحلة من مراحل المعايرة.

6)- حدد نقطة التكافؤ بيانيا.

7)- أحسب تركيز كل من حمض الكلور و حمض الأسيتيك.

8)- فسر و اشرح شكل المنحنيات المتحصل عليها بأخذ بعين الاعتبار ناقلية الأيونات الموجودة في المحلول.

الحل النموذجي : معايرة حمض قوي و حمض ضعيف بأساس قوي

باستعمال طريقة التوصيل الكهربائي

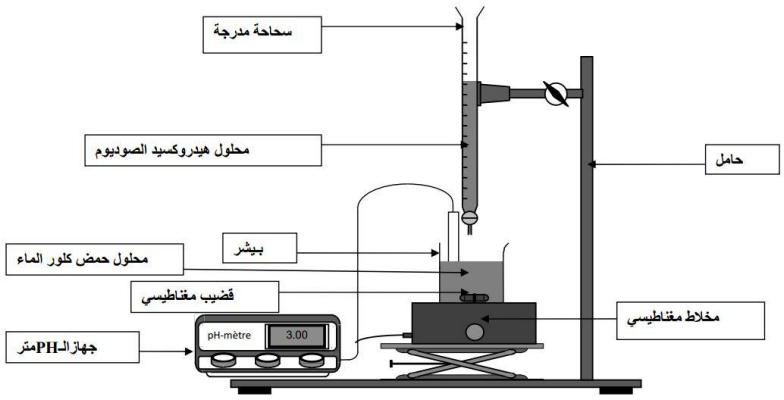
- **الأجوبة:**

I- معايرة حمض كلور الماء بالصودا

1)- ملأ الجدول : **الجدول24 :** قيم الناقلية لمعايرة حمض قوي بأساس قوي.

$V_{NaOH}(ml)$	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
$\chi_{HCl}(ms)$	16	14.61	12.49	10.80	9.24	7.79	6.2	4.63	5.4
$V_{NaOH}(ml)$	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5
$\chi_{HCl}(ms)$	6.67	8.08	9.30	10.06	10.85	12.25	13.38	14.45	15.38

2)- رسم التركيب التجريبي للمعايرة.

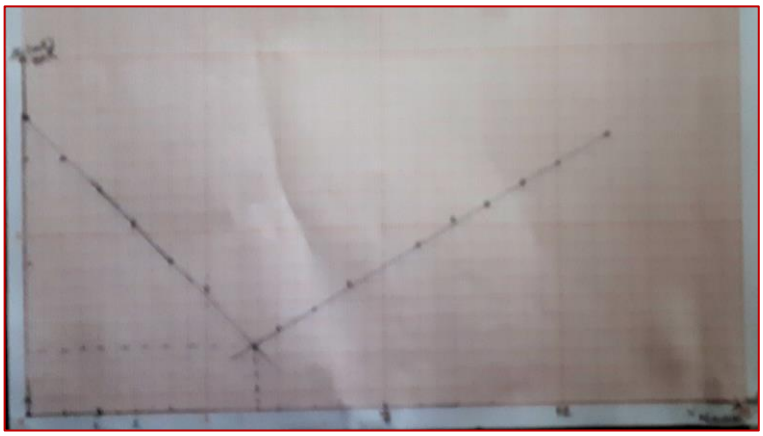


الشكل 9 : يبين التركيب التجريبي للمعايرة

3)- كتابة التفاعلات الشاردية التي تحدث في التفاعل.

$$(H_3O^+,Cl^-) + (Na^+,OH^-) \longrightarrow (Na^+,Cl^-) + 2H_2O$$

4)- رسم منحنى تغير ناقلية حمض كلور الماء بدلالة حجم محلول الصودا المضاف.



الشكل 10: يبين تغير الناقلية بدلالة الحجم

5)- الأفراد الكيميائية الموجودة في البيشر في كل مرحلة من مراحل المعايرةمع الشرح:

- قبل عملية المعايرة: البيشر يحتوي على حمض HCl فقط، ولذلك ستكون الأيونات الموجودة في المحلول هي أيونات الكلور و أيونات الهيدروجين (H_3O^+,Cl^-) من الحمض.
- في بداية المعايرة تستبدل بشوارد H_3O^+ بشوارد Na^+ مما يجعل ناقلية المحلول تتناقص.
- عند نقطة التكافؤ يحدث التفاعل التام بين الحمض والقاعدة. في هذه المرحلة، تتفاعل كل أيونات H^+مع أيونات OH^-لتكوين الماء، وتكون النتيجة محلولًا متعادلًا تقريبًا. الناقلية تكون عند أدنى مستوى لها.

- بعد نقطة التكافؤ: يصبح المحلول قلويًا بفائض من شوارد Na^+ و شوارد OH^- فتزداد الناقلية.

6)- حدد نقطة التكافؤ بيانيا.

عند التكافؤ $V_{NAOH} = 6.5$ ml و الناقلية $\chi e = 4.2$ ms

7)- حساب تركيز حمض الكلور .

$$C_a V_a = C_b V_b$$

$$C_a = \frac{6.5.10^{-3}0.5}{25.10^{-3}}$$

$$C_a = 0.13 mol/l$$

II)- معايرة حمض الأسيتيك بالصودا

1)- ملأ الجدول

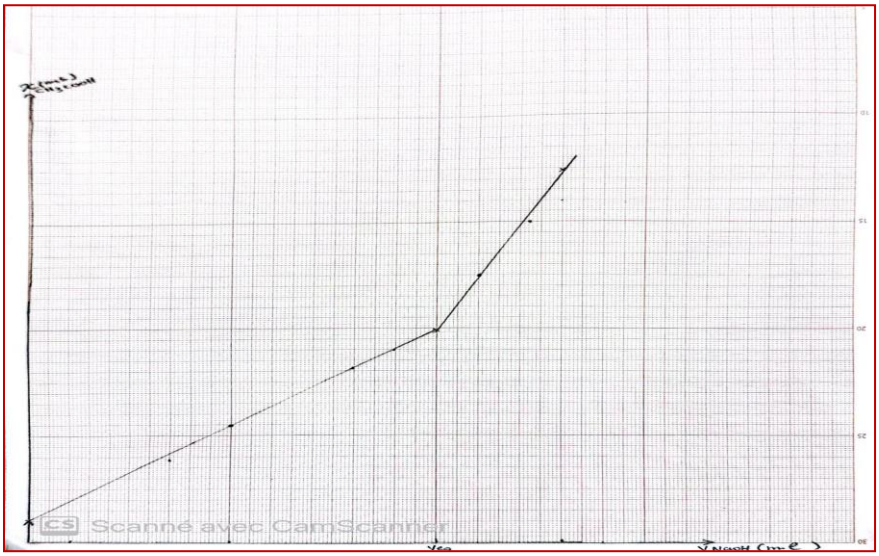
الجدول25 : قيم الناقلية لمعايرة حمض ضعيف بأساس قوي.

V_{NaOH}(ml)	0	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
$\chi_{CH3COOH}$(ms)	0.6	1.22	1.80	2.36	2.87	3.58	4.17	4.71	5.2
V_{NaOH}(ml)	5	5.5	6	6.5					
$\chi_{CH3COOH}$(ms)	5.78	7.41	8.58	10.40					

3) - كتابة التفاعلات الشاردية التي تحدث في التفاعل.

$$(CH3COO^-,H^+) + (Na^+,OH^-) \longrightarrow (CH3COO^-,Na^+) + 2H_2O$$

4)- رسم منحنى تغير ناقلية حمض الأسيتيك بدلالة حجم محلول الصودا المضاف.


Scanné avec CamScanner

الشكل 11: تغير ناقلية حمض الأسيتيك بدلالة حجم محلول الصودا

5)- الأفراد الكيميائية الموجودة في البيشر في كل مرحلة من مراحل المعايرة هي:

- **قبل نقطة التكافؤ:** قبل إضافة NaOH يحتوي المحلول فقط على حمض الأسيتيك (CH_3COOH)في الماء، وجود أيونات الهيدروجين (H_3O^+) وأيونات الأسيتات(CH_3COO^-).

الناقلية في هذه المرحلة ستكون متوسطة، لأن هناك أيونات H^+ و CH_3COO^- في المحلول، لكن بما أن الحمض ضعيف، فإن نسبة الأيونات المتفككة ليست عالية.في بداية المعايرة تستبدل بشوارد H_3O^+ بشوارد Na^+ مما يجعل ناقلية المحلول تتناقص.

-**عند نقطة التكافؤ:** يتم تفاعل كل الأحماض (H^+) مع القاعدة (OH^-) وتكوين

الماء(H_2O).في هذه النقطة يتم تحويل حمض الأسيتيك إلى ملح أسيتات الصوديوم (CH_3COONa)في المحلول.والشوارد الموجودة عند نقطة التكافؤ هي أيونات Na^+ أتية من NaOH و أيونات CH_3COO^- التي أتت من حمض الأسيتيك (CH_3COOH)، حيث يتم تحويله إلى أسيتات الصوديوم.($NaCH_3COO$) .

الناقلية في هذه المرحلة تكون في أدنى مستوياتها تقريبًا، لأن المحلول يحتوي فقط على الملح (CH_3COONa) والماء، وكلاهما لا يساهم بشكل كبير في الناقلية مقارنة بالحمض أو القاعدة.

-بعد نقطة التكافؤ: يتبقى في المحلول فائض من NaOH، مما يؤدي إلى زيادة في تركيز أيونات الهيدروكسيد (OH^-). في هذه المرحلة، تصبح المحلول الشوارد الموجودة بعد نقطة التكافؤ:أيوناتNa^+ المتفككة من NaOH وCH_3COONa. أيونات CH_3COO^- المتفككة من أسيتات الصوديوم و أيونات OH^- من فائض الصودا.

الناقلية في هذه المرحلة تبدأ الناقلية في الزيادة بشكل ملحوظ بعد نقطة التكافؤ، حيث أن تركيز أيونات OH^- يزداد بسبب فائض NaOH في المحلول، مما يزيد من قدرة المحلول على توصيل الكهرباء.

- 6)- تحدد نقطة التكافؤ بيانيا.

عند التكافؤ $V_{NAOH} = 5\ ml$ و الناقلية $\chi e = 5.88ms$

7)- حساب تركيز حمض الأسيتسك.

$$C_a V_a = C_b V_b$$

$$C_a = \frac{5.10^{-3} 0.5}{25.10^{-3}}$$

$$C_a = 0.1 mol/l$$

III)- معايرة مزيج من حمض كلور الماء وحمض الأسيتيك بالصودا

1)- ملأ الجدول .

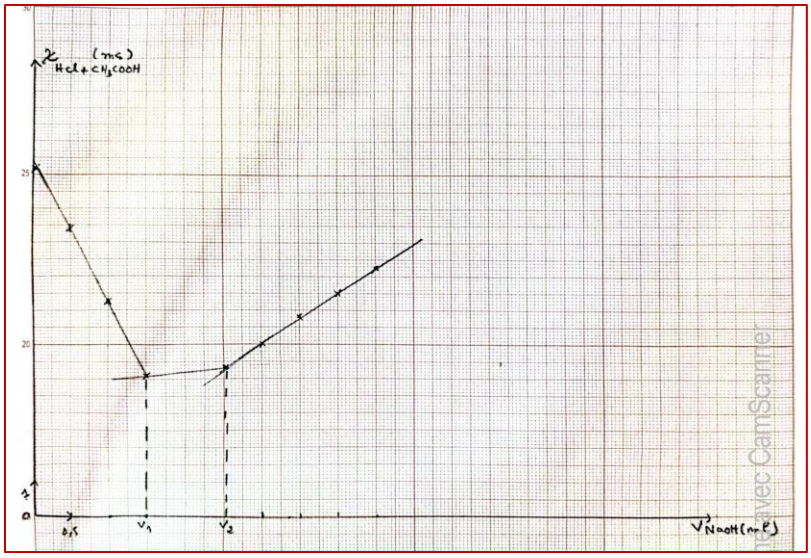
الجدول26 : قيم الناقلية لمعايرة المزيج بأساس قوي.

$V_{NaOH}(ml)$	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
$\chi_{المزيج}(ms)$	11.03	9.14	6.55	4.14	3.75	4.30	4.82	5.40
$V_{NaOH}(ml)$	4	4.5	5					
$\chi_{المزيج}(ms)$	5.86	7.20	8.69					

3) - كتابة التفاعلات الشاردية التي تحدث في التفاعل.

$$(CH3COO^-,H^+) + (H^+,Cl^-) + (Na^+,OH^-) \longrightarrow (CH3COO^-,Na^+) + (Na^+,Cl^-) + 2H_2O$$

4)- رسم منحنى تغير ناقلية المزيج بدلالة حجم محلول الصودا المضاف.



الشكل 12: تغير ناقلية المزيج بدلالة حجم محلول الصودا

5)- الأفراد الكيميائية الموجودة في البيشر في كل مرحلة من مراحل المعايرة هي:

-**قبل نقطة التكافؤ :** يحتوي المحلول على أيونات H^+ و $CH3COO^-$ و أيونات Cl^- و OH^- .في هذه المرحلة ، يحتوي المحلول على مزيج من أيونات H^+ و OH^- التي ستبدأ في التفاعل، لذلك تكون الناقلية عالية

.-**عند نقطة التكافؤ:** يحتوي المحلول على NaCl ملح كلوريد الصوديوم و CH_3COONa أسيتات الصوديوم بالإضافة إلى الماء(CH_3COONa .ستكون الناقلية منخفضة، حيث يتم استهلاك جميع أيونات H^+ و OH^- تمامًا ويتكون الماء وملح أسيتات الصوديوم وكلوريد الصوديوم

-.**بعد نقطة التكافؤ**: يحتوي المحلول على فائض من OH^- من NaOH الزائدة و أيونات Na^+ و $CH3COO^-$.

تبدأ الناقلية في الزيادة مرة أخرى، حيث يصبح هناك فائض من أيونات OH^- من NaOH الزائد في المحلول

6) .- تحدد نقطة التكافؤ بيانيا.

عند نقطة التكافؤ الأولى $V_{1NAOH} = 1.5$ ml و الناقلية $\chi e_1 = 4.1ms$

عند نقطة التكافؤ الثانية $V_{2NAOH} = 2.5$ ml و الناقلية $\chi e_2 = 5ms$

التجربة 10:

معايرة حمض قوي و حمض ضعيف بأساس ضعيف

باستعمال طريقة التوصيل الكهربائي

- **هدف التجربة:**

- متابعة معايرة حمض كلور الماء HCl وحمض الأسيتيك CH_3COOH بواسطة أساس ضعيف، الأمونياك NH_4OH عن طريق قياس الناقلية.

- متابعة معايرة خليط من حمض كلور الماء و حمض الأسيتيك بواسطة الأمونياك.

- معرفة نقطة التكافؤ(حمض أساس) وتحديد ها بيانيا.

- ايجاد تركيز محلولي حمض كلور الماء وحمض الأسيتيك.

- **.المبدأ النظري:**

✓ تفاعل حمض كلور الماء (HCl) مع الأمونياك (NH_4OH) يتفاعل وفق المعادلة التالية:

$$HCl + NH_4OH \longrightarrow NH_4Cl + H_2O$$

في هذا التفاعل، يتفاعل الأمونياك (NH_4OH) مع حمض كلور الماء (HCl) لتكوين الأمونيوم كلوريد (NH_4Cl) الذي يكون في شكل محلول مائي.

✓ أما بالنسبة تفاعل حمض الأسيتيك (CH_3COOH) مع الأمونياك (NH_4OH) هي كما يلي:

$$CH_3COOH + NH_4OH \longrightarrow CH_3COONH_4 + H_2O$$

- **الأدوات و المحاليل المستعملة :**

- جهاز قياس الناقلية.

- جهاز الرج المغناطيسي.

- أنبوب مدرج 50ملل.

- بيشر 250 ملل.

- سحاحة.

- ماصة.

- محلول الأمونياك NH_4OH (0.5N).

- محلول كلور الهيدروجين HCl .

- محلول حمض الأسيتيك CH_3COOH .

- كاشف فينولفتالين.

- **خطوات العمل:**

1- معايرة حمض كلور الهيدروجين بالأمونياك

1)- تنظيف الخلية بغطسها في الماء المقطر و توصيلها بجهاز التوصيل الكهربائي.

2)- نقوم بتثبيت السحاحة جيدا على الحامل و ذلك بعد غسلها جيدا بماء الحنفية ثم الماء

المقطر و تجفيفها

3)-.نتأكد من غلق صنبور السحاحة ثم و بواسطة قمع نملأ السحاحة بمحلول الأمونياك 0.5N.

4)- بواسطة مخبار مدرج نأخذ 25 مل من المحلول حمض كلور الهيدروجين مجهول التركيز.

5)- ضف قطرتين الى ثلاث من كاشف الفينول فتالين قس الناقلية.

6)- ضع البيشر اسفل السحاحة و إبدأ عملية المعايرة بفتح صمام السحاحة لينسكب 0.5 مل من محلول الأمونياك مع التحريك، نقيس الناقلية عند كل اضافة مع استمرارية الإضافة الى غاية تغير اللون.

7)-عند تغير اللون اغلق الصمام وسجل حجم الأساس المضاف.

2- معايرة حمض الأسيتيك بالأمونياك :

1)- تنظيف الخلية بغطسها في الماء المقطر و توصيلها بجهاز التوصيل الكهربائي.

2)- نقوم بتثبيت السحاحة جيدا على الحامل و ذلك بعد غسلها جيدا بماء الحنفية ثم الماء المقطر و تجفيفها

3)-.نتأكد من غلق صنبور السحاحة ثم و بواسطة قمع نملأ السحاحة بمحلول الأمونياك 0.5N.

4)- بواسطة مخبار مدرج نأخذ 25 مل من المحلول حمض الأسيتيك مجهول التركيز.

5)- ضف قطرتين الى ثلاث من كاشف الفينول فتالين قس الناقلية.

6)- ضع البيشر اسفل السحاحة و إبدأ عملية المعايرة بفتح صمام السحاحة لينسكب 0.5مل من محلول الأمونياك مع التحريك، نقيس الناقلية عند كل اضافة مع استمرارية الإضافة الى غاية تغير اللون.

7)-عند تغير اللون اغلق الصمام وسجل حجم الأساس المضاف.

3- معايرة مزيج من حمض الكلورالهيدروجين و حمض الأسيتيك بالأمونياك:

1)- تنظيف الخلية بغطسها في الماء المقطر و توصيلها بجهاز التوصيل الكهربائي.

2)- نقوم بتثبيت السحاحة جيدا على الحامل و ذلك بعد غسلها جيدا بماء الحنفية ثم الماء المقطر و تجفيفها

3)-.نتأكد من غلق صنبور السحاحة ثم و بواسطة قمع نملأ السحاحة بمحلول الأمونياك 0.5N.

4)- بواسطة مخبار مدرج نأخذ 25 مل من المحلول حمض كلور الهيدروجين و25 مل من حمض الأسيتيك مجهولا التركيز.

5)- ضف قطرتين الى ثلاث من كاشف الفينول فتالين قس الناقلية.

6)- ضع البيشر اسفل السحاحة و إبدأ عملية المعايرة بفتح صمام السحاحة لينسكب 0.5مل من محلول الأمونياك مع التحريك، نقيس الناقلية عند كل اضافة مع استمرارية الإضافة الى غاية تغير اللون.

7)-عند تغير اللون اغلق الصمام وسجل حجم الأساس المضاف.

ملاحظة: معايرة الخليط يعطي نقطتي تكافؤ.

- **الأسئلة:**

1)- املأ الجدول التالي:

الجدول27 : قيم الناقلية للمعايرة .

V_{NaOH}(ml)	0.5	1	1.5	2	2.5….
χ_{HCl} (ms)					
$\chi_{CH3COOH}$ (ms)					
$\chi_{HCl+CH3COOH}$ (ms)					

2)- أكتب التفاعلات الشاردية التي تحدث في التفاعل.

3)- أرسم منحنى تغير الناقلية بدلالة حجم محلول الأمونياك المضاف.

4)- أكتب الأفراد الكيميائية الموجودة في البيشر في كل مرحلة من مراحل المعايرة.

5)- حدد نقطة التكافؤ بيانيا.

6)- أحسب تركيز كل من حمض الكلور و حمض الأسيتيك.

7)- فسر و اشرح شكل المنحنيات المتحصل عليها بأخذ بعين الاعتبار ناقلية الأيونات الموجودة في المحلول

الحل النموذجي : معايرة حمض قوي و حمض ضعيف بأساس ضعيف

باستعمال طريقة التوصيل الكهربائي

- **الأجوبة:**

1- معايرة حمض كلور الهيدروجين بالأمونياك

1) - ملأ جدول لمعايرة حمض كلور الماء بالأمونياك NH_4OH.

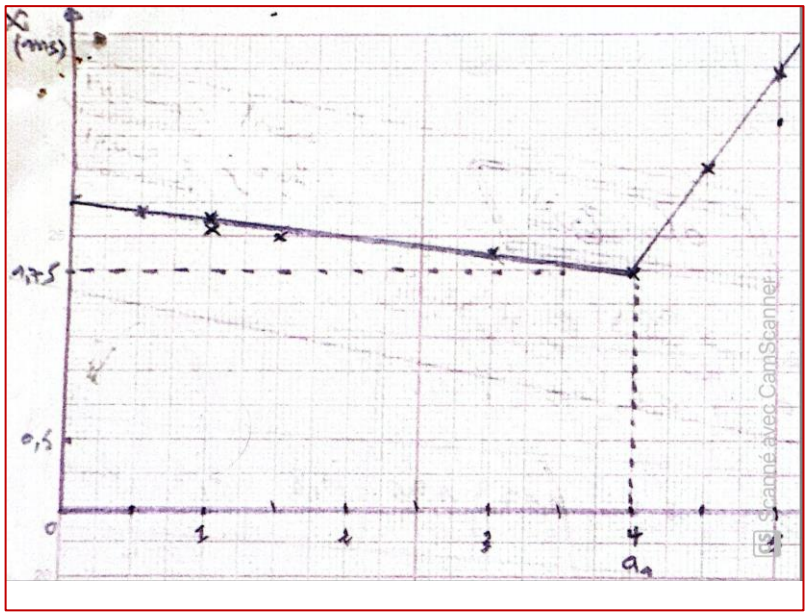
الجدول28 : قيم الناقلية المقاسة لمعايرة حمض قوي بأساس ضعيف.

$V_{NH4OH}(ml)$	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
$\chi_{HCl}(ms)$	12.02	11.56	10.88	10.00	9.10	8.20	7.50	6.80	6.00
$V_{NH4OH}(ml)$	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	
$\chi_{HCl}(ms)$	5.00	4.20	3.70	3.70	3.60	3.60	3.60	3.60	

2)- التفاعلات الشاردية التي تحدث في التفاعل.

$$(H_3O^+,Cl^-) + (NH_4^+,OH^-) \longleftrightarrow (NH_4^+,Cl^-) + 2H_2O$$

3)- رسم منحنى تغير الناقلية بدلالة حجم محلول الأمونياك المضاف.



الشكل 13: تغير ناقلية حمض الكلور الهيدروجين بدلالة حجم محلول الأمونياك

4) - الأفراد الكيميائية الموجودة في البيشر في كل مرحلة من مراحل المعايرة مع الشرح:

قبل المعايرة البيشر يحتوي على حمض HCl فقط، ولذلك ستكون الأيونات الموجودة في المحلول هي أيونات الكلور و أيونات الهيدروجين (H_3O^+, Cl^-).

الناقلية تكون مرتفعة.

- **قبل نقطة التكافؤ** في بداية المعايرة تقل شوارد H_3O^+ و تتكون شوارد NH_4^+ و بالتالي تنخفض الناقلية تدريجياً بسبب اختفاء أيوناتH^+.

-**عند نقطة التكافؤ:** NH_4^+و Cl^- هما الأيونات الأساسية.تصل الناقلية إلى أقل قيمة، لأن معظم الأيونات H^+ قد استُهلكت.

- **بعد نقطة التكافؤ:** وجود أيوناتNH_4^+ و Cl^- بالزيادة، وكمية صغيرة منOH^- .

تبدأ الناقلية في الارتفاع تدريجياً بسبب زيادة أيونات NH_4^+ و OH^- .

5)- حدد نقطة التكافؤ بيانيا.

عند التكافؤ $V_{NAOH} = 5.5\ ml$ و الناقلية $\chi e = 3.7ms$

6)- حساب تركيز حمض الكلور .

$$C_aV_a = C_bV_b$$

$$C_a = \frac{5.5.10^{-3}.0.5}{25.10^{-3}}$$

$$C_a = 0.11mol/l$$

2- معايرة حمض الأسيتيك بالأمونياك

1) - ملأ جدول لمعايرة حمض الأسيتيك بالأمونياك NH_4OH.

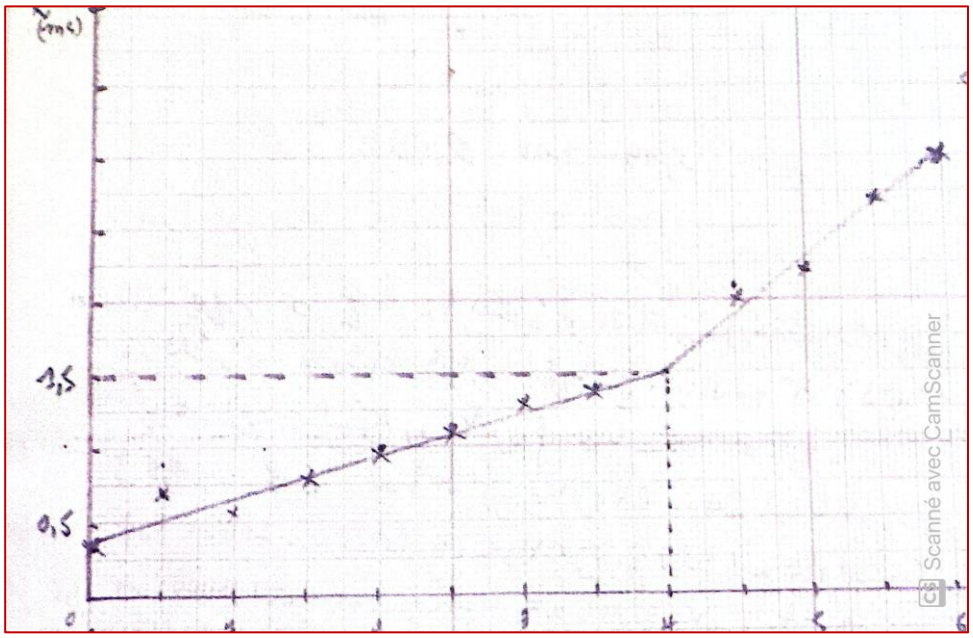
الجدول29 : قيم الناقلية المقاسة لمعايرة حمض ضعيف بأساس ضعيف.

$V_{NH4OH}(ml)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$X_{CH3COOH}(ms)$	0.05	0.08	0.12	0.15	0.16	0.19	0.20	0.21	0.23
$V_{NH4OH}(ml)$	9	10	11	12					
$X_{CH3COOH}(ms)$	0.25	0.26	0.26	0.26					

2)- التفاعلات الشاردية التي تحدث في التفاعل.

$$(CH_3COO^-,H^+) + (NH_4^+,OH^-) \longleftrightarrow (NH_4^+,CH_3COO^-) + 2H_2O$$

3)- رسم منحنى تغير الناقلية بدلالة حجم محلول الأمونياك المضاف.



الشكل 14: تغير ناقلية حمض الكلور الأسيتيك بدلالة حجم محلول الأمونياك

4)- الأفراد الكيميائية الموجودة في البيشر في كل مرحلة من مراحل المعايرة مع الشرح:

- قبل المعايرة البيشر يحتوي على حمض الأسيتيك غير المتأين بنسبة كبيرة. نسبة قليلة من أيونات الأسيتات $CH3COO^-$ وأيونات الهيدروجين H^+ بسبب التأين الجزئي. الناقلية ضعيفة لأن عدد الأيونات قليل.
- **قبل نقطة التكافؤ** في بداية المعايرة تزداد شوارد $CH3COO^-$ تدريجيا و تبدأ شوارد NH_4^+ في الظهورنتيجة التفاعل و شوارد $H+$ تنخفض تدريجيا مع التفاعل.

الناقلية ترتفع ببطء لأن أيونات $CH3COO^-$ و $NH4^+$ تتشكل، لكن ليس بقدر كبير لأن كلاهما ضعيف التوصيل.

- **عند نقطة التكافؤ:** شوارد $CH3COO^-$ و NH_4^+ موجودة بتركيز عالي. الناقلية الكهربائية تصل إلى قيمة شبه ثابتة.
- **بعد نقطة التكافؤ:** وجود أيونات NH_4^+ و $CH3COO^-$ الناقلية تبقى ثابتة تقريبًا مع زيادة طفيفة بسبب NH_3 الحر.
- 5)- تحدد نقطة التكافؤ بيانيا.

عند التكافؤ $V_{NAOH} = 9ml$ و الناقلية $\chi e = 0.26ms$

6)- حساب تركيز حمض الكلور .

$$C_a V_a = C_b V_b$$

$$C_a = \frac{9.10^{-3}.0.5}{25.10^{-3}}$$

$$C_a = 0.18mol/l$$

3- معايرة مزيج من حمض الأسيتيك و حمض كلور الماء بالأمونياك

1) - ملأ جدول لمعايرة حمض الأسيتيك بالأمونياك NH_4OH.

الجدول30 : قيم الناقلية المقاسة لمعايرة حمض قوي و حمض ضعيف بأساس ضعيف.

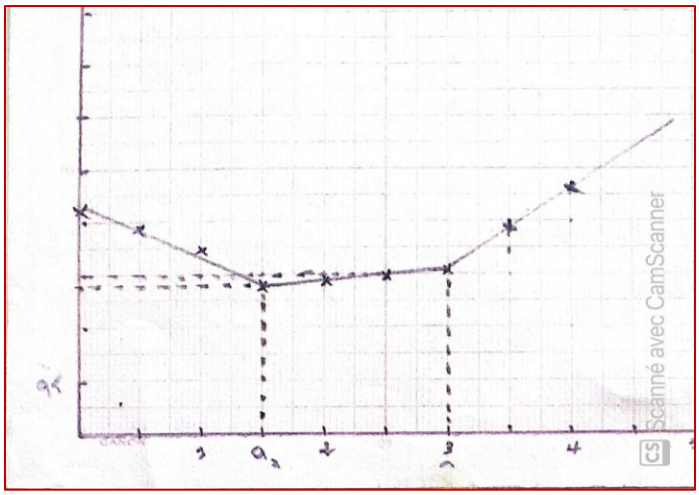
$V_{NaOH}(ml)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$\chi_{المزيج}(ms)$	6.15	4.36	3.07	2.01	2.07	2.05	2.03	2	1.99
$V_{NaOH}(ml)$	9	10	11						
$\chi(ms)$	1.97	1.97	1.97						

2)- التفاعلات الشاردية التي تحدث في التفاعل.

$$(CH_3COO^-,H^+)+(NH_4^+,OH^-)+(H^+,Cl^-) \longleftrightarrow (NH_4^+,Cl^-) +$$

$$(NH_4^+,CH_3COO^-) + 2H_2O$$

3)- رسم منحنى تغير الناقلية بدلالة حجم محلول الأمونياك المضاف.



الشكل 15: تغير ناقلية المزيج بدلالة حجم محلول الأمونياك

4)- الأفراد الكيميائية الموجودة في البيشر في كل مرحلة من مراحل المعايرة مع الشرح:

- قبل المعايرة البيشر يحتوي أيونات H^+ و أيونات Cl^- بنسبة كبيرة. نسبة قليلة من أيونات الأسيتات $CH3COO^-$ التأين الجزئي. الناقلية مرتفعة بسبب أيونات H^+.
- **قبل نقطة التكافؤ** تختفي شوارد H^+ تدريجيًا، مما يقلل الناقلية بشكل كبير أيونات الكلور Cl^- و بعض أيونات $CH3COO^-$. الناقلية تنخفض بشدة حتى نقطة التكافؤ الأولى.
- **عند نقطة التكافؤالأولى:** يختفي كل H^+ من HCl، ويبدأ NH3 في التفاعل مع CH3COOH. الناقلية تنخفض ببطء ثم تصبح ثابتة نسبيًا حتى التكافؤ الثانية.
- **بعد نقطة التكافؤ الأولى وحتى نقطة التكافؤ الثانية:** وجود أيونات الأسيتات CH_3COO^- من تأين CH3COOH بعد التفاعل مع NH3 . أيونات الأمونيوم NH_4^+ نتيجة التفاعل مع كل من HCl وCH3COOH و أيونات Cl^- الناقلية تتناقص ببطء ثم تستقر.
- **بعد نقطة التكافؤ الثانية :** وجود وجود أيونات الأسيتات CH_3COO^- وأيونات الأمونيوم NH_4^+ و أيونات Cl^-. الناقلية تزداد قليلًا جدًا.

5)- حدد نقطة التكافؤ بيانيا.

عند التكافؤ $V_{NAOH} = 3\ ml$ و الناقلية $\chi e = 4ms$

$V_{NAOH} = 4.02ml$ و الناقلية $\chi e = 4.3ms$

التجربة 11:

الطلاء الكهروكيميائي للمعادن

من المحاليل

- **تذكير:** تتم عملية الطلاء لمعدن مغمور في محلول بطريقتين:

الطلاء التلقائي: المعروف أيضًا بالطلاء الكهربائي أو **الطلاء بالكهرباء،** هو عملية يتم فيها ترسيب طبقة رقيقة من معدن على سطح معدن آخر باستخدام **التيار الكهربائي** .يعتمد هذا النوع من الطلاء على تفاعل أكسدة واختزال يحدث تحت تأثير التيار الكهربائي، حيث يتم تقليل أيونات المعدن في المحلول إلى معدن صلب وترسيبها على السطح المعدني.

الطلاء الغير التلقائي: هو عملية يتم فيها ترسيب طبقة من معدن أو مادة أخرى على سطح معدن آخر دون استخدام التيار الكهربائي، أي أن العملية تعتمد على **التفاعلات الكيميائية** وليس على **التيار الكهربائي** .يتم الطلاء غير التلقائي من خلال تفاعلات كيميائية حيث يتفاعل محلول يحتوي على أيونات معدنية مع سطح المعدن المغمور فيه لتقليل الأيونات المعدنية وترسيبها بشكل غير كهربائي.

- **الأجهزة و المواد المستعملة:**

  - بيشر
  - أسيتون
  - محلول كبريتات النحاس ($CuSO_4$) بتركيز 0.1 مول/ل.
  - صفائح من النحاس.(Cu)
  - قطع معدنية.
  - اسلاك توصيل.
  - صفيحة من حديد.
  - فرن التجفيف.
  - مصدر للتيار الكهربائي.
  - ميزان.

- **خطوات العمل:**

التجربة الأولى:

1- زن صفيحة الحديد بعد تنظيفها الماء المقطر و الكحول و جففها.

2- غطس الصفيحة في محلول كبريتات النحاس لمدة 5 دقائق.

3- قم بتجفيف الصفيحة و زنها.

التجربة الثانية :

1- زن قطعة معدنية بعد تنظيفها بالماء المقطر و الكحول ثم جففها.

2- ربط القطعة المعدنية بسلك و غطسها في محلول كبريتات مع قطب من النحاس.

3- يوصل القطب الموجب بقطب النحاس ويوصل الطرف السالب بالقطعة المعدنية المراد طلاؤها.

4- تمرير التيار الكهربائي لمدة معينة مع تدوين الزمن.

5- بعد مرور زمن معين نخرج القطعة المعدنية و تجفف.

6- زن القطعة المعدنية من جديد.

- **الأسئلة :**

1- ماهو هدف التجربة؟

2- أكتب معادلات التفاعل.

3- ماهي كمية المادة المترسبة على سطح صفيحة الحديد في التجربة الأولى ؟

4- ماهي كمية المادة المترسبة على سطح القطعة المعدنية ؟

5- أحسب كمية المادة المترسبة نظريا ؟

6- قارن بين النتيجتين.

علما أن:

$$Q = I.t = N.Z.F$$

حيث: Q : كمية المادة.

I : شدة التيار الكهربائي.

N : عدد المولات.

t : زمن مرور التيار الكهربائي.

Z : عدد الشحن.

F : ثابت فراداي

الحل النموذجي: الطلاء الكهروكيميائي للمعادن

من المحاليل:

- **الهدف من التجارب:** التعرف على تطبيقات فاراداي في عملية الطلاء الكهروكيميائي.
- **التجربة 01:**

1)- معادلة التفاعل : تم ارجاع النحاس و أكسدة الحديد بتلقائية.

$$Cu^{+2} + Fe \longrightarrow Cu + Fe^{+2}$$

$m_1 = 11,2300g$ $m_2 = 11,2343g$ $\Delta m = 0,0043g$

2)- كتلة المادة المترسبة هي : $\Delta m = 0,0043g$

- **التجربة 02:**

في التجربة التانية تم ارجاع النحاس عن طريق التيار الكهربائي.

$$Cu^{+2} + 2é \longrightarrow Cu$$

$m_1 = 1,5431g$ $m_2 = 1,5627g$ $\Delta m = 0,0196g$

3)- كتلة المادة المترسبة هي : $\Delta m = 0,0196g$

4) - حساب كتلة المادة المترسبة باستعمال قانون فاراداي :

$$m = \frac{i.t.M}{z.F}$$

$$m = \frac{0.6.84.63,5}{2.96500} = 0,0165g$$

5)- النتيجتين متقاربتين نسبيا.

التجربة 12:

التفاعلات الكيميائية الكهروكيميائية

- **تذكير:**

✓ **الكيمياء الكهربائية:** هي فرع من فروع الكيمياء يدرس العلاقة بين التفاعلات الكيميائية والظواهر الكهربائية. وتجمع بين مفاهيم الكيمياء والكهرباء، حيث تركز على كيفية تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والعكس، وكيفية تدفق الإلكترونات بين المواد خلال التفاعلات الكيميائية.

✓ **التفاعلات الكيميائية:** تتمثل في تغيير في التكوين الكيميائي للمركبات والمواد.

✓ **التفاعلات الكهربائية:** تتمثل في استخدام أو توليد التيار الكهربائي من خلال التفاعلات الكيميائية أو في وجود تيار كهربائي يسبب تغييرات كيميائية.

- **الأجهزة و المواد المستعملة:**

- محلول كبريتات النحاس ($CuSO_4$) بتركيز 0.1 مول/ل.
- محلول كبريتات الزنك ($ZnSO_4$) بتركيز 0.1 مول/ل.
- محلول كبريتات النحاس ($FeSO_4$) بتركيز 0.1 مول/ل.
- صفيحة من الزنك و برادة الزنك (Zn) .
- صفيحة من الحديد و برادة الحديد (Fe) .

- صفيحة من النحاس(Cu) .
- صفيحة من الألومنيوم (Al) .
- الصودا (NaOH) 0.1مول/ل.
- نترات الفضة ($AgNO_3$) .
- برادة المغنيزيوم (Mg) .
- محرار.

- **خطوات العمل:**

التجربة 1 :

4- نضع في بيشر 50مل من كبريتات النحاس.

5- نغمس المحرار في محلول كبريتات النحاس و نقيس درجة حرارة المحلول T1 .

6- نضيف للمحلول برادة الحديد أو الزنك و نسجل درجة حرارة المحلول T2 .

7- نرج المزيج جيدا للحظات ثم نقيس درجة الحرارة T3 .

التجربة 2 :

1- نضع في بيشر 50مل من نترات الفضة.

2- نغمس في البيشر سلك من النحاس.

3- نترك المزيج مدة معينة و ندون الملاحظات كل 15 دقيقة.

التجربة 3 :

1- نضع في ثلاثة كؤوس بيشر 50مل من كبريتات الحديد.

2- نغمس صفيحة النحاس في البيشر رقم الأول وصفيحة أو برادة الزنك في البيشر الثاني أما البيشر الثالث نغمس فيه برادة المغنزيوم .

3- ندون الملاحظات كل 15 دقيقة .

التجربة 4 :

1- نضع في ثلاثة كؤوس بيشر 50مل من كبريتات الحديد ،كبريتات النحاس و كبريتات الزنك.

2- نغمس صفيحة الألومنيوم في الكؤوس الثلاث .

3- ندون الملاحظات كل 15 دقيقة.

- **الأسئلة :**
  - ماهو الهدف من التجارب؟

التجربة 1 : املأ الجدول :

الجدول 31:قيم درجة الحرارة .

درجة الحرارة	التجربة الأولى	التجربة الثانية	التجربة الثالثة	القيمة المتوسطة
T_1(°C)				
T_2(°C)				
T_3(°C)				

1- ماذا تلاحظ عند إضافة برادة الحديد و الزنك إلى محلول كبريتات النحاس؟

2- ماهي الأيونات المسؤولة عن اللون الأزرق؟

3- ماهي طبيعة المادة المتوضعة على الزنك؟

4- ماسبب الإختفاء التدريجي لمادة الزنك؟

5- ماهي المواد المتفاعلة و المواد الناتجة؟

6- ماذا تستنتج من دراجات الحرارة التي تحصلت عليها أثناء التجربة؟

7- أكتب معادلات التفاعلات.

التجربة 2 :

1- أكتب معادلات التفاعلات.

2- ماذا تلاحظ عند غمس سلك النحاس في نترات الفضة؟

3- ماهي المادة المتوضعة على سلك النحاس؟

التجربة 3 و 4 :

1- ماذا تلاحظ؟

2- أكتب معادلات التفاعل الحادثة في ثلاث من الكؤوس.

3- هل يمكن تخزين كبريتات الألومنيوم وكبريتات الزنك و النحاس؟

الحل النموذجي :

التفاعلات الكيميائية الكهروكيميائية

- **الأجوبة :**

- الهدف من التجارب هو معرفة التفاعلات الكيميائية و الكهروكيميائية.

التجربة 01:

1) – ملأ الجدول

الجدول32 : يبين قيم درجات الحرارة المقاسة.

درجة الحرارة	التجربة الأولى	التجربة الثانية	التجربة الثالثة	القيمة المتوسطة
T_1(°C)	20	19	21	20
T_2(°C)	21.7	20.5	22.6	21.6
T_3(°C)	27.9	26.4	28.6	27.63

2)- نلاحظ ارتفاع درجة الحرارة، مع اختفاء اللون الأزرق ، ظهور راسب أحمر أجوري. زوال الون الأزرق راجع لاختفاء أيونات النحاس.و ظهور الون الأحمر الأجوري دلالة لأرجاع أيونات النحاس.

3) - الأيونات المسؤولة على الون الأزرق هي أيونات النحاس الثنائية Cu^{+2}.

4) - المادة المتوضعة على الزنك هي النحاس بعد عملية الإرجاع.

5) - تناقص كمية الزنك أو تخنفي تماما و ذلك لأنها تتأكسد و تتحول الى أيونات في

المحلول معطية الكتروناتها لأيونات النحاس.

6)- المواد المتفاعلة هي مادة الزنك (Zn) و أيونات النحاس (Cu^{+2}) ، أما المواد الناتجة فهي أيونات الزنك (Zn^{+2}) و مادة النحاس (Cu).

7)- تغير درجة الحرارة أثناء التجربة دلالة على أن التفاعل الحادث هو تفاعل كيميائي ناشر للحرارة.

8)- معادلات التفاعل

معادلة أكسدة الزنك : $Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2\,é$

معادلة ارجاع النحاس: $Cu^{+2} + 2\,é \longrightarrow Cu$

التجربة 02:

1)- معادلات التفاعل

معادلة أكسدة النحاس : $Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2\,é$

معادلة ارجاع الفضة : $Ag^{+} + 1\,é \longrightarrow Ag$

2)- نلاحظ تشكل طبقة رمادية متجانسة على السلك.

3)- المادة المتوضعة على النحاس هي الفضة.

التجربة 03 :

1)- البشر الأول : لا يحدث تغيير

البيشر الثاني : تهافت الون الأخضر لمحلول كبريتات الحديد و الزنك و تشكل طبقة سوداء على صفيحة الزنك و ذلك راجع لأكسدة الزنك و ارجاع أيونات الحديد الثنائية.

معادلات التفاعل

معادلة أكسدة الزنك : $Zn^{+2} + 2é \longrightarrow Zn$

معادلة ارجاع الحديد الثنائي : $Fe \longrightarrow Fe^{+2} + 2é$

المعادلة النهائية: $Fe^{+2} + Zn \longrightarrow Fe + Zn^{+2}$

البيشر الثالث : ارتفاع درجة الحرارة و انطلاق أبخرة و ظهور راسب أسود يعود لأكسدة المغنيزيوم و ارجاع أيونات الحديد الثنائي.

معادلات التفاعل

معادلة أكسدة الزنك : $Mg^{+2} + 2é \longrightarrow Mg$

معادلة ارجاع الحديد الثنائي : $Fe \longrightarrow Fe^{+2} + 2é$

المعادلة النهائية: $Fe + Mg^{+2} \longrightarrow Fe^{+2} + Mg$

التجربة 04:

- **البشر الأول** : تشكل طبقة سوداء على صفيحة الألومنيوم.

المعادلة النهائية: $3Fe^{+2} + 2Al \longrightarrow 3Fe + 2Al^{+3}$

-**البيشر الثاني** : تشكل طبقة ذات لون أحمر أجوري على صفيحة الألومنيوم .

المعادلة النهائية: $3Cu^{+2} + 2Al \longrightarrow 3Cu + 2Al^{+3}$

-**البيشر الثالث** : تشكل طبقة سوداء على صفيحة الزنك.

المعادلة النهائية: $3Zn^{+2} + 2Al \longrightarrow 3Zn + 2Al^{+3}$

3)- لا يمكن تخزين كبريتات النحاس في أواني الحديد أو الزنك أو الألومنيوم لأن كمون

ارجاع النحاس أكبر من كمون ارجاع الحديد والزنك و الألومنيوم حسب السلسلة الكهروكيميائية.

الخلاصة :

1- يحدث تفاعل إذا كان كمون ارجاع الأيون أكبر من كمون ارجاع المادة ، أما إذا كان كمون ارجاع أليون أقل فانه لا يحدث تفاعل.

2- أي تفاعل ماص أو ناشر للحرارة فهو تفاعل كيميائي.

3- أي تفاعل يتبعة سريان للإلكترونات في مادة موصلة فهو تفاعل كهروكيميائي.

4- كل التفاعلات التي حدثت في التجارب السابقة هي تفاعلات كيميائية.

5- للحصول على تفاعل كهروكيميائي يجب أن يكون هناك مصعد و مهبط يسري بينهما تيار.

التجربة 13:

قياس جهد الأقطاب

و المحاليل باستخدام قطب قياسي

- **تذكير:**

✓ يمكن قياس الجهد النسبي لقطب النحاس والحديد عن طريق غمر القطب في محلول أيوناته، ثم توصيله بقطب قياسي آخر مثل قطب الكالوميل.

✓ يمثل قطب الكالوميل المهبط و قطب النحاس المصعد و يتم توصيل طرفي الخلية بجهاز الفولط متر.

✓ يمكن قياس الجهد القياسي للثنائية Ox/Red التي يكون فيها المؤكسد و المرجع في حالة أيونية و ذلك بمساعدة قطب البلاتين، حيث يتم غمر قطبي الكالوميل و البلاتين في المحلول الذي يحتوي أيونات الثنائية ، و يتم توصيل القطبين بجهاز الفولط متر.

✓ من معرفة جهد قطب الكالوميل من جدول السلسلة الكهروكيميائية و الذي يساوي $E°=+0.241V$ و جهد الخلية $E°$ الذي تم قياسه ، فإنه بالإمكان حساب جهد قطب النحاس أو الحديد أو ثنائية المدروسة.

- **الأجهزة و المواد المستعملة:**

- اثنان من البيشر
- محلول كبريتات النحاس ($CuSO_4$) بتركيز 0.1 مول/ل.
- صفيحة من النحاس.(Cu)
- محلول كبريتات الحديد ($FeSO_4$) بتركيز 0.1 مول/ل.
- قطب الكالوميل (ECS) .
- قطب البلاتين (Pt).
- محلول يحتوي على الثنائية (Fe^{+3} / Fe^{+2}).
- جهاز الفولط متر

- **خطوات العمل:**

1- نملأ البيشر رقم 1 بكبريتات النحاس، نغمر قطب النحاس و الكالوميل و نوصلهما بالفولط متر ثم نسجل قيمة الجهد.

2- نملأ البيشر رقم 2 بمحلول الذي يحتوي على الثنائية (Fe^{+3} / Fe^{+2})، نغمر قطب البلاتين و الكالومي و نوصلهما بالفولط متر و ندون قيمة الجهد.

- **الأسئلة :**

1- ماهي قيمة الجهد لكل خلية؟ ماذا تمثل هذه القيم ؟

2- ماهو جهد قطب النحاس المحسوب عمليا بالنسبة لقطب الهدروجين القياسي ؟

3- ماهو جهد قطب النحاس المحسوب نظريا بالنسبة لقطب الكالوميل القياسي ؟

4- ماهو جهد قطب الحديد المحسوب نظريا بالنسبة لقطب الكالوميل القياسي ؟

5- ماهو الكمون القياسي ل (Fe^{+3} / Fe^{+2}) المحسوب عمليا بالنسبة لقطب الهيدروجين القياسي؟

6-ماهو الكمون القياسي ل (Fe^{+3} / Fe^{+2}) المحسوب نظريا بالنسبة لقطب الكالوميل القياسي ؟

7- ماهو الكمون القياسي ل (I^- / I_2) المحسوب نظريا بالنسبة لقطب الكالوميل القياسي ؟

المعطيات:

الجهد القياسي للثنائية بالنسبة لقطب الهيدروجين القياسي و بمساعدة قطب البلاتين :

$$E°_{Cu+2/Cu} = +0.337V$$

$$E°_{Fe+2/Fe} = -0.44V$$

$$E°_{Fe+3/Fe+2} = +0.771V$$

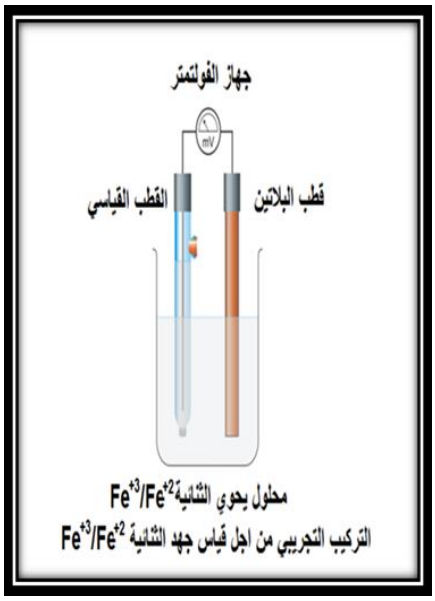
$$E°_{I-/I2} = +0.535V$$

الحل النموذجي: قياس جهد الأقطاب

و المحاليل باستخدام قطب قياسي

- **الأجوبة :**

1- تحديد قيمة الجهد القياسي للثنائيات التالية : Cu^{+2}/Cu و Fe^{+3}/Fe^{+2}





$E^0_{Fe^{+3}/Fe^{+2}} = 0.760$ v

$E^0_{Cu+2/Cu} = 0.009$ v

2- ايجاد جهد قطب النحاس المحسوب عمليا بالنسبة لقطب الهيدروجين القياسي.

$E^0_{(Cu+2/Cu)EH} = E^0_{(Cu+2/Cu+)ECS} + E^0_{ECS} = 0.009 + 0.241 = 0.250V$

3- جهد قطب النحاس المحسوب نظريا بالنسبة لقطب الكالوميل القياسي.

$E^0_{(Cu+2/Cu)ECS} = E^0_{(Cu+2/Cu+)EH} - E^0_{ECS} = 0.337 + 0.241 = 0.096V$

4- جهد قطب الحديد المحسوب نظريا بالنسبة لقطب الكالوميل القياسي.

$E^0_{(Fe+2/Fe)EH} = E^0_{(Fe+3/Fe\,)ECS} + E^0_{ECS}$ = -0.440 - 0.241 = - 0681V

5- ايجاد الكمون القياسي ل (Fe^{+3}/Fe^{+2}) المحسوب عمليا بالنسبة لقطب الهيدروجين القياسي.

$E^0_{(Fe+3/Fe+2)EH} = E^0_{(Fe+3/Fe+2\,)ECS} + E^0_{ECS}$ = 0.760 + 0.241 = 1.001V

6- الكمون القياسي(Fe^{+3}/Fe^{+2}) المحسوب نظريا بالنسبة لقطب الكالوميل القياسي.

$E^0_{(Fe+3/Fe+2)ECS} = E^0_{(Fe+2/Fe+2)EH} - E^0_{ECS}$ = 0.771 - 0241 = 0.530V

7- الكمون القياسي ل (I^- / I_2) المحسوب نظريا بالنسبة لقطب الكالوميل القياسي.

$E^0_{(I2/I-)ECS} = E^0_{(I2/I-)EH} - E^0_{ECS}$ = 0.535 - 0241 = 0.530V

الخاتمة

بعد تنفيذ ودراسة التجارب المختلفة المتعلقة بالكيمياء الكهربائية، يتضح أن هذا الفرع من الكيمياء ليس فقط موضوعًا نظريًا بل له تطبيقات عملية واسعة تؤثر على مجالات متعددة مثل تحليل المواد، تخزين الطاقة، والتفاعلات الكهروكيميائية في الخلايا الحية. من خلال هذه الأعمال التطبيقية، يتمكن الطلاب من تطوير مهاراتهم في التحليل والتجريب، مما يعزز من قدراتهم في البحث العلمي والتطبيقات العملية في مجالات الكيمياء والهندسة الكهربائية

المراجع باللغة العربية :

1- **النجار، محمد أمين** .(2005) .*الكيمياء الكهربية والتوصيل الكهربائي* .دار الفكر العربي.

2- **عبد العال، سمير** .(2010) .*أساسيات الكيمياء الكهروكيميائية* .دار الكتب العلمية.

3- **السرجاني، عبد الله** .(2017) .*الكهروكيمياء وتطبيقاتها* .جامعة الملك سعود.

المراجع باللغة الفرنسية :

1. **Bard, A. J., & Faulkner, L. R.** (2001). *Électrochimie : Principes, méthodes et applications*.
2. **De Levie, R. (1996).** *Chimie Électrochimique : Théorie et Applications*
3. **Bard, A. J., & Faulkner, L. R. (2001).** *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*
4. **Newman, J., & Thomas-Alyea, K. E. (2012).** *Electrochemical Systems*.
5. **Hamann, C. H., Hamnett, A., & Vielstich, W.** (2007). *Electrochemistry*.