

## البطاقة التربوية لعمل مخبري

المستوى : 2+2 ت ر +2 ع ت

رقم المذكرة : 02

الوحدة : تعيين كمية المادة بواسطة المعايرة

المجال : المادة وتحولاتها

عنوان التجربة : المعايرة اللونية والمعايرة عن طريق قياس الناقلية في التفاعلات حمض-أساس

### مؤشرات الكفاءة :

- فهم مبدأ المعايرة حمض-أساس اعتمادا على خاصية تغير لون كاشف
- مفهوم مدلول نقطة التكافؤ
- حساب تركيز مجهول ( $c_a$ ) لمحلول HCl بواسطة معايرته بمحلول NaOH تركيزه معلوم .
- فهم مبدأ المعايرة حمض-أساس اعتمادا على قياس ناقلية محلول
- تحديد نقطة التكافؤ على البيان  $G=f(V)$  . وحساب تركيز محلول مجهول .
- التعرف على نقطة التكافؤ اعتمادا على تغير اللون.

### البروتوكول التجريبي :

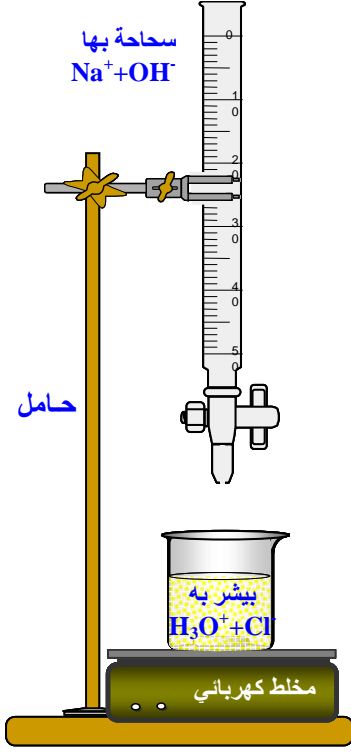
<p><b>الأدوات:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- حامل</li> </ul> <p><b>الزجاجيات:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- بيشر</li> <li>- سحاحة مدرجة</li> <li>- ماصة</li> <li>- كؤوس</li> </ul>	
<p><b>المواد الكيميائية :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- محلول HCl</li> <li>- محلول NaOH</li> <li>- كاشف BBT</li> </ul>	<p><b>الأجهزة:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- مخلط مغناطيسي</li> <li>- محرك مغناطيسي</li> <li>- GBF</li> <li>- خلية قياس الناقلية</li> </ul>

## المعايرة اللونية حمض – أساس

القيام بتجربة المعايرة يهدف إلى البحث عن كمية المادة لنوع كيميائي في محلول مائي .  
يسمى المحلول المعايير الذي يحدث له تفاعل كلي وأني ، مع نوع كيميائي في محلول آخر تركيزه معلوم نسميه محلول معايير

إن استعمال هذه الطريقة في تحديد كمية المادة لا بد أن تتوفر فيها بعض الشروط ، مثل الأنية في التفاعل عند مزج المحلولين أي التفاعل يجب أن يحدث بسرعة بمجرد التقاء المتفاعلين ، والشرط الثاني أن يكون التفاعل تام وكلي أي أن كل أفراد المتفاعلات تشارك في التفاعل ولا تبقى كميات أخرى في حالة توازن ( غير متفاعلة ) .

### التجربة 1 :



ضع  $V_a = 20\text{mL}$  من محلول HCl في بيشر سعته 100mL مع محراك مغناطيسي وأضف قطرتين من محلول BBT ، قم بتحضير محلول NaOH تركيزه معلوم  $C_b = 10^{-2}\text{mol.L}^{-1}$  .

- املاً السحاحة بالمحلول المحضر من NaOH .
- اضبط سطح المحلول داخل السحاحة على إشارة الصفر .
- شغل المحراك المغناطيسي ، ثم ابدأ في إضافة قطرات من محلول NaOH بواسطة السحاحة .
- ما هي الأدوات الزجاجية اللازمة لأخذ 20mL من محلول HCl .
- ماصة سعتها 20mL
- ما هو لون المحلول في البيشر عند إضافة كاشف BBT ؟ ( قبل إضافة المحلول الأساسي من السحاحة )
- لون المحلول في البيشر عند إضافة كاشف BBT أصفر .
- عند إضافة الأساس على الحمض فإنه يحدث تفاعل يسمى تفاعل حمض – أساس بواسطة الثنائيتين حمض / أساس لكل محلول وهو سريع وتام .
- ماهما الثنائيتان أساس/ حمض الداخلتان في التفاعل ؟
- الثنائيتين هما :  $(\text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-)$  ،  $(\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O})$  .
- أكتب معادلة التفاعل الكيميائي الحادث بينهما .



### أ - بداية المعايرة :

- في بداية المعايرة نبدأ بإضافة قطرات من محلول NaOH الموجود في السحاحة على محلول HCl الموجود في البيشر .
- هل يحدث تغير في لون المحلول ؟ علل إجابتك .
- يختفي اللون الأصفر تدريجياً بسبب تفاعل  $\text{HIn}$  و  $\text{HO}^-$
- ما هو المتفاعل المحدد للتفاعل حمض – أساس الحادث في بداية المعايرة ؟
- في البداية يكون الأساس  $(\text{HO}^-)$  هو المتفاعل المحدد .
- حدد المتفاعل الموجود بزيادة وأملاً جدول تقدم التفاعل من أجل حجم مضاف من الأساس قدره  $V_b$  .
- المتفاعل الموجود بزيادة هو الحمض  $(\text{H}_3\text{O}^+)$  .

$(\text{H}^+_{\text{aq}} + \text{Cl}^-_{\text{aq}}) + (\text{Na}^+_{\text{aq}} + \text{OH}^-_{\text{aq}}) = \text{H}_2\text{O} + (\text{Na}^+_{\text{aq}} + \text{Cl}^-_{\text{aq}})$		التقدم (x) مول		الحالة
$n_a = C_a V_a$	$n_b = C_b V_b$	0	0	الحالة الابتدائية
$C_a V_a - x$	$C_b V_b - x$	x	x	الحالة الانتقالية
$C_a V_a - x_{\text{max}}$	0	$x_{\text{max}}$	$x_{\text{max}}$	الحالة النهائية

حيث :

$C_a$  : تركيز محلول الحمض

$C_b$  : تركيز محلول الأساس

$V_b$  : حجم المحلول الأساسي المضاف من السحاحة إلى البيشر .

### ب- نقطة التكافؤ :

- أكمل إضافة قطرات من محلول NaOH حتى تلاحظ تغير في اللون ولا يزول بالتحريك ، عندها توقف عن الإضافة .
- ما هو اللون الجديد للمحلول في البيشر ؟ اشرح لماذا تحدث هذه الظاهرة .
- عند هذه النقطة يستهلك كل المتفاعل المعايير والمتفاعل المعايير، لذا يأخذ المحلول اللون الأخضر، لأن:  $[HIn]=[In^-]$
- احسب التقدم  $x$  باستخدام جدول تقدم التفاعل السابق ، بدلالة  $V_a$  و  $C_a$  ثم بدلالة  $V_b$  و  $C_b$  إذا علمت أنه في هذه الحالة المتفاعلات تفاعلت كلية .

$$\begin{aligned} C_a V_a - X &= 0 & \implies & X = C_a V_a \\ C_b V_b - X &= 0 & \implies & X = C_b V_b \end{aligned}$$

ارمز لـ  $V_b$  بالرمز  $V_{beq}$  وأوجد العلاقة بين  $C_a$  ،  $V_a$  ،  $V_{beq}$  ،  $C_b$  ، حيث :  $C_a V_a = C_b V_{beq}$

$$\text{العلاقة : } n_0(H_3O^+) = n_E(HO^-) \Rightarrow C_a V_a = C_b V_{bE} \Rightarrow C_a = \frac{C_b V_{bE}}{V_a}$$

- احسب التركيز  $C_a$  لمحلول HCl
- احسب النسبة بين كمية مادة المتفاعلين عند نقطة التكافؤ وقارنها مع النسبة بين الأعداد الستوكيومترية

### ج- بعد التكافؤ :

- استمر في إضافة الأساس .
- هل يتغير اللون ؟ علل إجابتك . - ما هو المتفاعل المحد الآن ؟
- يتحول اللون إلى الأزرق وذلك لإستهلاك كل شوارد  $(H_3O^+)$  وزيادة شوارد  $(HO^-)$

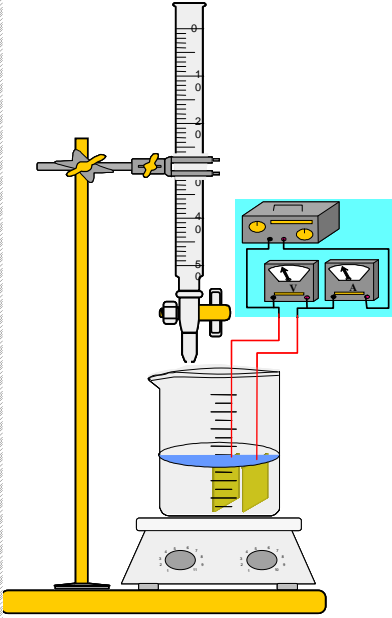
### الاستنتاج :

محلول HCl يتلون بالأصفر مع BBT وعند إضافة حجوم من الأساس له ، يتفاعل الحمض والأساس فتتقص شدة اللون الأصفر الذي يتحول تدريجيا إلى الأخضر وعند نقطة التكافؤ التي تتميز بأن كمية المواد المتفاعلة تكون بنسب الأعداد الستوكيومترية لمعادلة التفاعل الحادث . في هذه النقطة تكون المتفاعلات قد تفاعلت كلية . قبل نقطة التكافؤ كان المتفاعل المحد هو هيدروكسيد الصوديوم وبعد نقطة التكافؤ أصبح المتفاعل المحد هو حمض كلور الماء إذن نقطة التكافؤ هي النقطة التي يتغير فيها المتفاعل المحد .

## المعايرة عن طريق قياس الناقلية في تفاعلات حمض - أساس

### التجربة 2 :

- خذ 2mL من المحلول التجاري لهيدروكسيد الصوديوم بواسطة ماصة، وأضف إليها ماء مقطر حتى يصبح لحجم 500mL وأفرغها في بيشر .
- أضف إلى المحلول قطرتين من أزرق البرموتيمول BBT
- املأ السحاحة بمحلول  $HCl(H_3O^+ + Cl^-)$  تركيزه 0,1mol/L .
- ركب الدارة كما في النشاط السابق ، أدخل
- خلية القياس في البيشر الذي يحتوي محلول NaOH(100mL) وقس شدة التيار I و فرق الكمون بين طرفي الخلية U ، سجل لون كاشف أزرق البرموتيمول .
- أضف حجما V من المحلول الحمضي في السحاحة وفي كل مرة قس U ، I وسجل لون المحلول في البيشر كما في الجدول :



V(mL)	0	4	8	12	16	20	22	23	24	25	27	35
U(V)	6,5	6,45	6,48	6,55	6,55	6,56	6,5	6,52	6,48	6,49	6,49	6,45
I(mA)	92,5	82,7	71,7	59,7	49,3	41,4	40,6	42,1	44	45,1	51,3	103
G(mS)												
لون الكاشف												

- 1- أكتب معادلة التفاعل الحادث بعد مزج المحلولين . ما هو نوع هذا التفاعل ؟
- 2- احسب قيم الناقلية G(m.S) للجزء من المحلول المحصور بين لبوسي خلية قياس الناقلية ، املأ الجدول ثم ارسم  $G=f(V)$  و اشرح البيان .
- 3- اشرح تغيرات لون الكاشف BBT .
- 4- أنشئ جدول تقدم التفاعل من أجل  $V < V_{eq}$  ،  $V = V_{eq}$  : الحجم عند نقطة التكافؤ ، ثم من أجل  $V > V_{eq}$  .
- 5- كيف نميز نقطة التكافؤ في البيان  $G=f(V)$  .
- 6- عين نقطة التكافؤ ثم احسب  $[OH^-]_{aq}$  في المحلول المعاير ، ثم  $[OH^-]_{aq}$  في المحلول التجاري ( المنظف ) .

### الحل :

- 1- معادلة التفاعل الحادث هي :

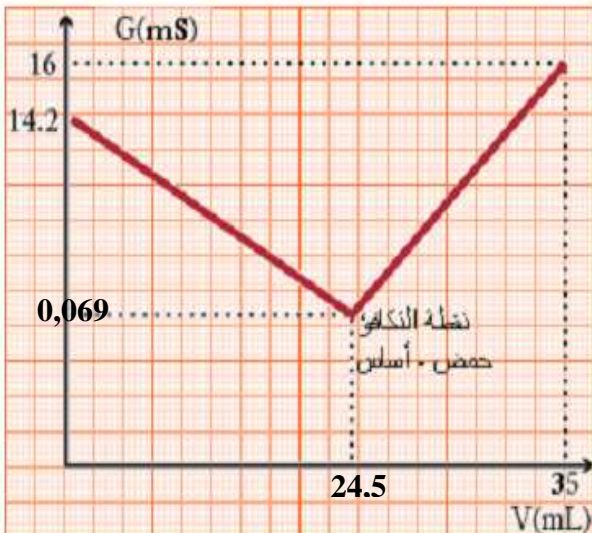


نوع التفاعل : هو تفاعل حمض - أساس .

- 2- نتائج القياس لقيم G(s) من العلاقة  $G=I/U$  كما يلي :

G(mS)	14,2	12,8	11,0	9,1	7,5	6,3
V(ml)	0	4	8	12	16	20
لون الكاشف	أزرق	أزرق	أزرق	أزرق	أزرق	أزرق
G(mS)	6,2	6,5	6,8	6,9	7,95	16
V(ml)	22	23	24	25	27	35
لون الكاشف	أزرق	أزرق	أزرق	أصفر	أصفر	أصفر

- البيان  $G=f(V)$



**شرح البيان :** نميز في البيان ثلاثة مراحل :

**أ- قبل التكافؤ :**

عند إضافة الحمض تتفاعل شوارد الهيدرونيوم مع شوارد الهيدروكسيد لتعطي الماء، فيتناقص تركيز شوارد الهيدروكسيد أكبر من عدد مولات الهيدرونيوم المضافة من السحاحة إذن تبقى شوارد الهيدروكسيد في البيشر بعد تفاعل حمض-أساس ، ولذلك المحلول الناتج أساسي ، فيكون لون الكاشف أزرق في المحلول .

**ب- عند نقطة التكافؤ :**

يكون عندها كل الشوارد  $\text{OH}^-$  قد تفاعلت مع الشوارد  $\text{H}_3\text{O}^+$  وينتج الماء لذلك الناقلية تكون لها أدنى قيمة لأن عدد الشوارد أقل ما يمكن . تعني نقط التكافؤ نقطة تقاطع المستقيمين الناتجين من البيان  $G=f(V)$  قبل التكافؤ وبعد التكافؤ . كما في البيان

**ج- بعد نقطة التكافؤ :**

نضيف محلول الحمض فتضاف شوارد  $\text{H}_3\text{O}^+$  في الكأس وتبقى في المحلول إلا أنها لا تتفاعل مع  $\text{OH}^-$  التي تفاعلت كلية عند نقط التكافؤ . فتزداد الناقلية للمحلول بسرعة لأن شوارد  $\text{H}_3\text{O}^+$  ذات ناقلية نوعية مولية عالية ، وعليه يكون المحلول في الكأس حمضي ولذلك فإن لون الكاشف أصفر .

3 - شرح تغير اللون :

**قبل التكافؤ :** لون المحلول أزرق لأن المحلول أساسي .

**عند نقطة التكافؤ :** لون المحلول أخضر لأن المحلول معتدل .

**بعد نقطة التكافؤ :** لون المحلول أصفر لأن المحلول حمضي .

**4- جدول تقدم التفاعل :**

عدد مولات المحلول الأساسي التجاري	عدد مولات الحمض المضاف	
$0,1 \times C$	0	المرحلة الابتدائية
$0,1 \times C - 0,1V$	$0,1 \times V$	قبل التكافؤ
$0,1 \times C - 0,1 \cdot V_{eq} = 0$	$0,1V_{eq} = 0,1 \times 0,0245 \times 10^{-3} \text{mol}$	نقطة التكافؤ
0	$0,1(V - 0,0245) \text{ mol}$	بعد نقطة التكافؤ

5- عند نقطة التكافؤ تكون كمية مادة الحمض وكمية مادة الأساس في المنظف في تناسب مع الأعداد الستوكيومترية وهي بيانها النهائية الحدية الصغرى للدالة  $G = f(V)$  ، أوهي النقطة التي يأخذ عندها المحلول اللون الأخضر .

$$0,1.C = 0,1V_{eq} = 2,45 \times 10^{-2} \text{mol}$$

حيث نقرأ من البيان  $V_{eq} = 24,5 \text{ml}$

$$C = 2,45 \times 10^{-2} \text{mol/L} \quad \text{ومنه :}$$

**6- حساب تركيز المحلول المنظف :**

بما أننا عايرنا محلول مخفف من المنظف ووجدنا تركيزه المولي  $C_1 = 2,45 \times 10^{-2} \text{mol/L}$  ، باستخدام قانون التخفيف :

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad \text{ومنه : } C_2 = V_2 / C_1 V_1$$

$$\text{فنجد : } C_2 = 0,45 \times 10^{-2} \times 500 / 2 = 6,12 \text{mol/L}$$