

المستوى : السنة الثانية ثانوي (ع ت + ت ر + ر) ..... الوحدة : 08

العنوان الرئيسي للوحدة : ..... تعيين كمية المادة بواسطة المعايرة

الجزء الأول : ..... الأحماض والأسس

DAHEL MT – Lycée benalioui salah SETIF \*\*\*\*\*

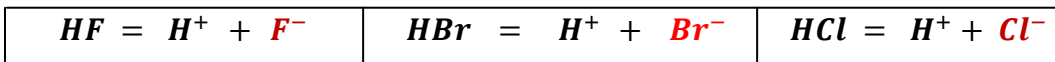
تعيين كمية مادة حمض ورأسس بواسطة المعايرة

1- تعريف الحمض والأسس :

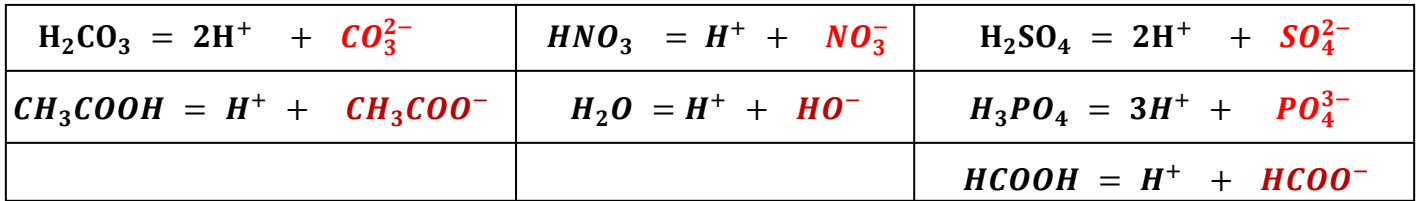
أولاً الأحماض :

\* تعريف الحمض حسب برونستد : الحمض هو كل فرد كيميائي (جزئ - شاردة) قادر على التخلي عن بروتون  $H^+$  أو أكثر خلال تفاعل كيميائي.

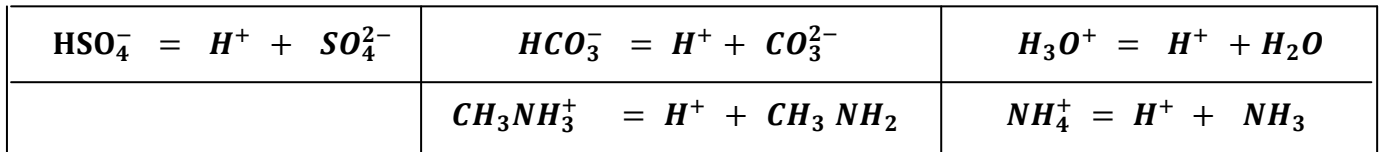
- أمثلة لأحماض ذات شاردة سالبة بسيطة :  $HCl$  ,  $HBr$  ,  $HF$



- أمثلة لأحماض ذات شاردة سالبة مركبة :  $HCOOH$  ,  $CH_3COOH$  ,  $H_2O$  ,  $H_3PO_4$  ,  $H_2CO_3$  ,  $HNO_3$  ,  $H_2SO_4$



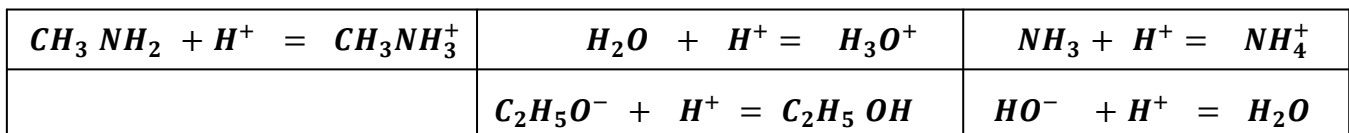
- أمثلة لأحماض على شكل شوارد :  $CH_3NH_3^+$  ,  $NH_4^+$  ,  $HSO_4^-$  ,  $HCO_3^-$  ,  $H_3O^+$



ثانياً الأسس :

\* تعريف الأساس حسب برونستد : الأساس هو كل فرد كيميائي (جزئ - شاردة) قادر على اكتساب بروتون  $H^+$  أو أكثر خلال تفاعل كيميائي.

- أمثلة لأسس برونستد :  $C_2H_5O^-$  ,  $HO^-$  ,  $CH_3NH_2$  ,  $H_2O$  ,  $NH_3$



- كما توجد أسس أخرى تعرف بأسس أرينيوس وهي عبارة عن أنواع كيميائية تعطي شوارد المئات (الهيدروكسيد)  $OH^-$  عند انحلالها في

الماء مثل :  $NaOH$  ,  $KOH$  ,  $Ca(OH)_2$  ,  $Mg(OH)_2$  . وبما أن محاليل هذه الأسس تحتوي على شوارد  $OH^-$

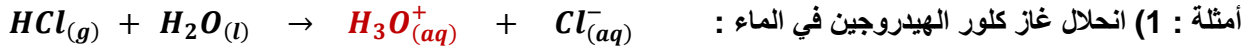
التي هي عبارة عن أساس برونستد لذا تعتبر أسس أرينيوس هي أسس لبرونستد في محاليلها المائية .

الأستاذ : واهل محمر الطاهر

|   |   |
|---|---|
| $KOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$           | $NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$         |
| $Mg(OH)_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Mg^{2+}_{(aq)} + 2 HO^-_{(aq)}$ | $Ca(OH)_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}_{(aq)} + 2 HO^-_{(aq)}$ |

## 2- المحاليل الحمضية والمحاليل الأساسية :

يمكن الحصول على محلول حمضي أو محلول أساسي وذلك بإذابة حمض أو أساس في الماء .

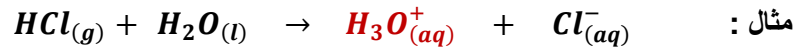


**ملاحظة :** في جميع المحاليل الحمضية نلاحظ تشكل شوارد **الهيدرونيوم**  $H_3O^+$  وفي جميع المحاليل الأساسية نلاحظ تشكل شوارد

**الهيدروكسيد**  $HO^-$  .

## 3- 1- الأحماض القوية والأحماض الضعيفة :

أ - **الأحماض القوية :** الحمض القوي هو الحمض الذي يتفكك كلياً في الماء .



إذن المحلول الناتج يحتوي على الشوارد الناتجة من التفكك ولا وجود لجزيئات الحمض  $HCl_{(g)}$

ب - **الحمض الضعيف :** الحمض الضعيف هو الحمض الذي لا يتفكك كلياً في الماء .

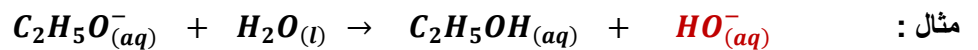


إذن المحلول الناتج يحتوي على الشوارد الناتجة من التفكك بالإضافة إلى جزيئات الحمض  $CH_3COOH_{(l)}$  الغير متفككة .

**ملاحظة :** عموماً تكون الأحماض المعدنية قوية والأحماض العضوية ضعيفة .

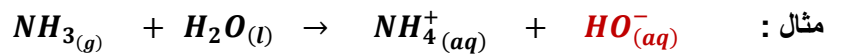
## 3- 2- الأسس القوية والأسس الضعيفة :

أ - **الأسس القوية :** الأساس القوي هو الأساس الذي يتفكك كلياً في الماء .



- تعتبر أسس أرينيوس مثل  $NaOH$  ،  $KOH$  ،  $Ca(OH)_2$  قوية في محاليلها المائية .

ب - **الأسس الضعيفة :** الأساس الضعيف هو الأساس الذي يتشرد جزئياً في الماء .

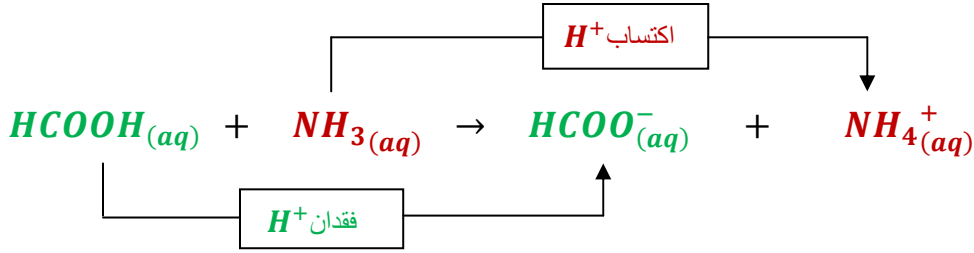


إذن المحلول الناتج يحتوي على الشوارد الناتجة من التفكك بالإضافة إلى جزيئات الأساس  $NH_{3(g)}$  الغير متشردة .

- تعتبر الأمينات المشتقة من النشادر أسس ضعيفة أيضاً

#### 4- (التنايـات) أساس / حمض : A/B

ليكن التفاعل بين محلولين حمضي وأساسي :



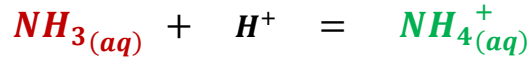
من خلال هذا المخطط الموضح في المعادلة : نلاحظ أن الحمض  $\text{HCOOH}$  عندما فقد  $\text{H}^+$  تحول إلى أساسه المرافق  $\text{HCOO}^-$  لذا

فهما يشكلان ثنائية تكتب بالشكل :  $\text{HCOOH}_{(aq)} / \text{HCOO}^-_{(aq)}$  ، كما نلاحظ أيضا أن الأساس  $\text{NH}_3$  عندما اكتسب  $\text{H}^+$  تحول

إلى حمضه المرافق  $\text{NH}_4^+$  فهما يشكلان ثنائية تكتب بالشكل :  $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3_{(aq)}$  .

**نتيجة :** كل فردين كيميائيين يتحولان لبعضهما بعضا عن طريق تبادل البروتونات  $\text{H}^+$  يشكلان ثنائية نسميها الثنائية : (أساس / حمض)

ويمكن كتابة المعادلتين الخاصتين بهذا التحول للثنائيتين  $\text{HCOOH}_{(aq)} / \text{HCOO}^-_{(aq)}$  ،  $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3_{(aq)}$  كما يلي :



نسمي هاتين المعادلتين بـ : المعادلتان النصفيتان وتكتب عموما :



- الثنائيتان الخاصتان بالماء :

- عند انحلال حمض في الماء : يسلك الماء سلوك أساس بالثنائية .  $\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ = \text{H}_3\text{O}^+$  :  $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$
- عند انحلال أساس في الماء : يسلك الماء سلوك حمض بالثنائية .  $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{HO}^-$  :  $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$

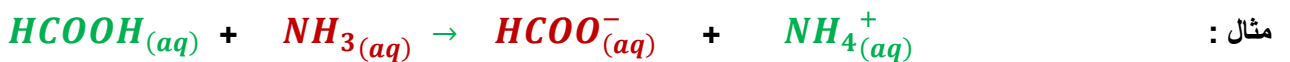
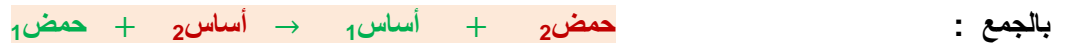
**نتيجة :** الماء نوع كيميائي متذبذب ، أي يلعب دور حمض ودور أساس.

#### 5- (التفاعلات) حمض - أساس :

هو تحول كيميائي يحدث فيه انتقال البروتونات  $\text{H}^+$  من الحمض للثنائية : أساس<sub>1</sub> / حمض<sub>1</sub> إلى الأساس من الثنائية : أساس<sub>2</sub> / حمض<sub>2</sub>

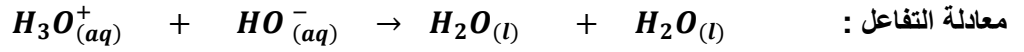
بحيث تكون عدد البروتونات التي يتخلى عنها الحمض تساوي عدد البروتونات التي يكتسبها الأساس .

ولكتابة معادلة التفاعل في الحالة العامة نكتب المعادلتان النصفيتان كما يلي :



- تفاعل حمض قوي مع أساس قوي : مثال تفاعل :  $(Na^+ + HO^-)$  مع  $(H_3O^+ + Cl^-)$

الثنائيتان المتفاعلتان هما :  $H_3O^+_{(aq)}/H_2O_{(l)}$  و  $H_2O_{(l)}/HO^-_{(aq)}$



حمض<sub>1</sub> أساس<sub>2</sub> أساس<sub>1</sub> حمض<sub>2</sub>

وتكون المعادلة الإجمالية بالشكل:  $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}) + (Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}) \rightarrow 2H_2O_{(l)} + (Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$

ملاحظة : الشارديتان  $Na^+$  ،  $Cl^-$  شارديتان غير فاعلتان تبقى في المحلول دون تفاعل .

## 6- الكواشف الملونة :

- الكواشف الملونة هي حموض أو أسس ضعيفة جدا تنحل في الماء جزئيا وهي تشكل ثنائيات : أساس/ حمض وباعتبار الكاشف حمض نرسم له بـ  $HI_n/I_n^-$  ثنائيته هي  $HI_n/I_n^-$

معادلة انحلاله في الماء :  $HI_n + H_2O = H_3O^+ + I_n^-$  بحيث لون الجزيئات  $HI_n$  تختلف عن

لون الشوارد  $I_n^-$  ويكون لون الكاشف هو لون المزيج المتوازن .

مثال : كاشف أزرق البروموتيمول BBT لونه أخضر الناتج من لون الجزيئات الأصفر ولون الشوارد الأزرق حسب مزج الألوان .

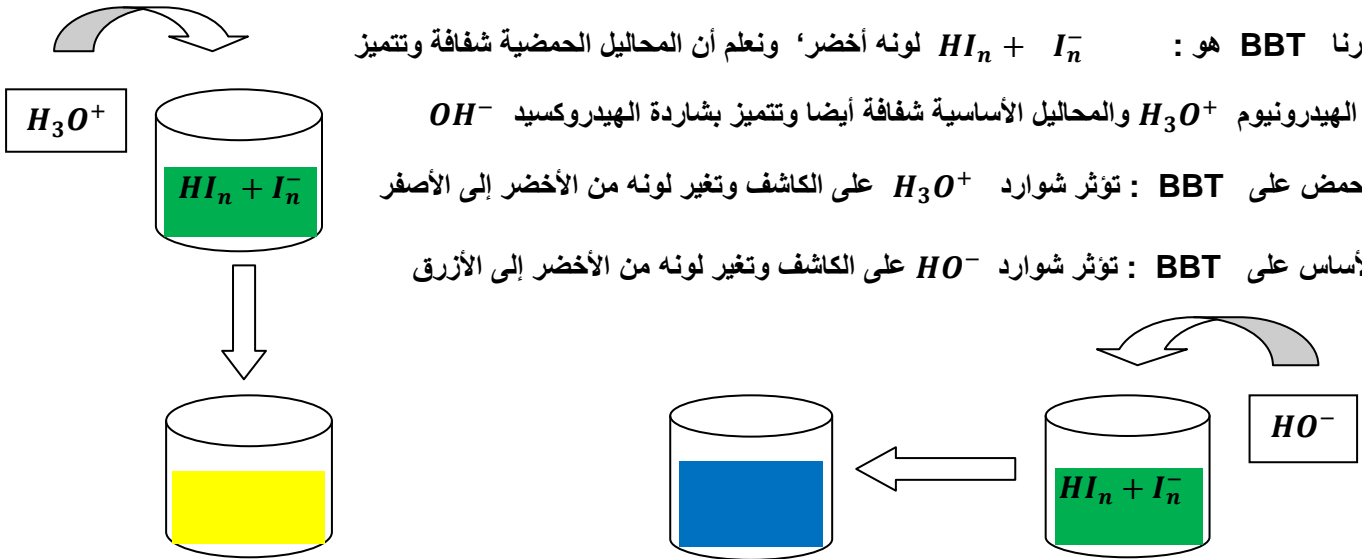
- متى يتغير لون BBT من الأخضر إلى الأصفر ومتى يتغير من الأخضر إلى الأزرق ؟

إذا اعتبرنا BBT هو :  $HI_n + I_n^-$  لونه أخضر ، ونعلم أن المحاليل الحمضية شفافة وتتميز

بشاردة الهيدرونيوم  $H_3O^+$  والمحاليل الأساسية شفافة أيضا وتتميز بشاردة الهيدروكسيد  $OH^-$

- تأثير الحمض على BBT : تؤثر شوارد  $H_3O^+$  على الكاشف وتغير لونه من الأخضر إلى الأصفر

- تأثير الأساس على BBT : تؤثر شوارد  $HO^-$  على الكاشف وتغير لونه من الأخضر إلى الأزرق



ملاحظة : إن تفسير هذه التقنيات بشكل مفصل للكواشف الملونة سنتطرق إليه في السنة الثالثة ثانوي (تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن)

## 7- المعايرة :

المعايرة هي تقنية نستعملها في تحديد كمية مادة النوع الكيميائي الذي نريد معايرته . ولتحقيق هذا الغرض يوجد نمطين يعتمدان على تفاعل

كيميائي . هما المعايرة باستعمال كاشف ملون والمعايرة بقياس الناقلية

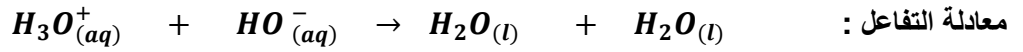
7-1 - المعايرة باستعمال كاشف ملون :

- معايرة محلول مائي لحمض قوي بواسطة محلول مائي لأساس قوي :

الأستاذ : واهل محمد الطاهر

مثال معايرة :  $(Na^+ + HO^-)$  بواسطة  $(H_3O^+ + Cl^-)$

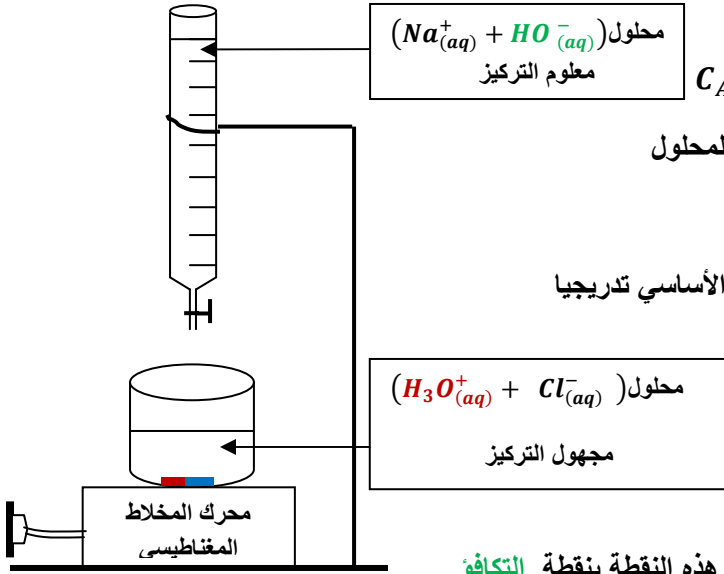
الثنائيتان المتفاعلتان هما :  $H_3O^+_{(aq)}/H_2O_{(l)}$  و  $H_2O_{(l)}/HO^-_{(aq)}$



حمض 1      أساس 2      أساس 1      حمض 2

والمعادلة الإجمالية :  $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}) + (Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}) \rightarrow 2H_2O_{(l)} + (Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$

**البروتوكول التجريبي :** نحقق التجهيز المبين في الشكل :



نضع في البيشر حجم معلوم  $V_A$  من محلول حمض كلور الماء تركيزه  $C_A$  مجهول ثم نضيف إليه قطرات من كاشف ملون مناسب ، نملأ السحاحة بالمحلول الأساسي تركيزه  $C_B$  معلوم.

- نشغل المخلوط المغناطيسي ثم نبدأ في عملية المعايرة بإضافة المحلول الأساسي تدريجياً من السحاحة إلى المحلول الحمضي في البيشر حتى يتغير لون الكاشف إلى لونه الأصلي ، نقرأ حجم المحلول الأساسي المضاف  $V_{BE}$

- عند هذه النقطة تكون كمية مادة  $H_3O^+$  الموجودة في البيشر قد استهلكت بواسطة كمية مادة  $HO^-$  النازلة من السحاحة وتسمى هذه النقطة بنقطة التكافؤ

$$n_{H_3O^+} = n_{HO^-} \quad \text{حيث يتحقق عند هذه النقطة :}$$

وبما أن كل من الحمض والأساس قويان يكون :  $n_{HCl} = n_{H_3O^+}$  وأيضاً  $n_{NaOH} = n_{HO^-}$

إذن يمكن كتابة :  $n_{H_3O^+} = C_A \times V_A$  و  $n_{HO^-} = C_B \times V_{BE}$  حيث  $V_{BE}$  هو حجم المحلول الأساسي عند التكافؤ .

$$C_A \times V_A = C_B \times V_{BE} \quad \text{نتيجة : عند نقطة التكافؤ يكون :}$$

**تنبيه :** في حالة حمض ثنائي مثل حمض الكبريت  $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})$  يكون لدينا :  $n_{H_3O^+} = 2C_A \times V_A$

$$2C_A \times V_A = C_B \times V_{BE} \quad \text{وعند التكافؤ يكون :}$$

ونفس الشيء بالنسبة للأساس مثلاً ماءات الكالسيوم  $(Ca^{2+} + 2HO^-)$  يكون لدينا :  $n_{OH^-} = 2C_B \times V_{BE}$

$$C_A \times V_A = 2C_B \times V_{BE} \quad \text{وعند التكافؤ يكون :}$$

**مناقشة مراحل المعايرة :**

- **قبل التكافؤ :** \* المزيج الموجود في البيشر حامضياً والمتفاعل المحد هو  $HO^-$

\* الأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج :  $H_3O^+$  التي مازالت لم تتفاعل ،  $Cl^-$  شاردة عاطلة كمية مادتها ثابتة ،  $Na^+$

شاردة عاطلة التي ترافق  $HO^-$  عند نزولها من السحاحة كمية مادتها تساوي كمية مادة  $H_3O^+$  المتفاعلة .

- عند التكافؤ : \* المزيج الموجود في البيشر يكون معتدلا لأن كل شوارد  $H_3O^+$  تكون قد استهلكت من طرف شوارد  $HO^-$

\* الأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج :  $Na^+$  كمية مادتها تساوي كمية مادة  $H_3O^+$  المتفاعلة ،  $Cl^-$  كمية مادتها لا تتغير مهما كان حجم الأساس المضاف .

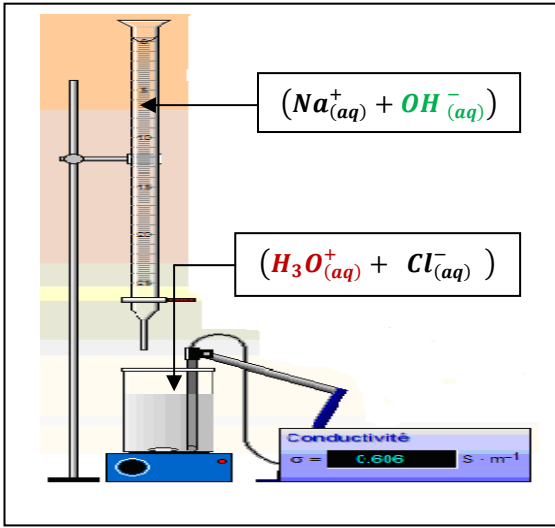
- بعد التكافؤ : \* المزيج الموجود في البيشر يكون أساسيا والمتفاعل المحد هو  $H_3O^+$

\* الأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج :  $HO^-$  النازلة من السحاحة بعد نقطة التكافؤ ،  $Na^+$  كمية مادتها تساوي كمية

مادة  $HO^-$  النازلة من السحاحة منذ بداية التفاعل ،  $Cl^-$  كمية مادتها لا تتغير مهما كان حجم الأساس المضاف .

- معايرة محلول مائي لأساس قوي بواسطة محلول مائي لحمض قوي : بالمماثلة وبالعكس ما ورد في الفقرة السابقة .

## 7-2 - المعايرة بقياس الناقلية :



بما أن الناقلية تعتمد أساسا على الشوارد المتواجدة في المحلول وتركزها المولية نقوم بنفس البروتوكول التجريبي السابق بإضافة جهاز قياس الناقلية ودون استعمال الكاشف الملون .

بعد كل إضافة من السحاحة نقيس ناقلية المزيج ، ونمثل بيانيا الناقلية  $G$  بدلالة

$$G = f(V_B) \text{ أي } V_B \text{ حجم المحلول الأساسي المضاف}$$

البيان المحصل عليه يكون بالشكل المقابل :

نهمل ناقلية الماء ، وكذلك نهمل تغير تراكيز الشوارد في المزيج بفعل التمديد .

تكون عبارة الناقلية  $G$  في المزيج :

$$G = K\delta = K ( \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] + \lambda_{HO^-}[HO^-] + \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] )$$

مناقشة مراحل البيان:

قبل المعايرة : لا وجود لشوارد  $Na^+$  في المزيج قيمة الناقلية هي :

$$G_1 = K(\lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]) \text{ قيمة عظمى .}$$

الجزء الذي تتناقص فيه الناقلية : تعوض شوارد  $Na^+$  بشوارد  $H_3O^+$  المتفاعلة

مع شوارد  $HO^-$  فتصبح قيمة الناقلية هي :

$$G_2 = K(\lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] + \lambda_{Na^+}[Na^+])$$

وبما أن :  $\lambda_{H_3O^+} > \lambda_{Na^+}$  مع استهلاك  $H_3O^+$  أثناء المعايرة لذا تتناقص  $G$

القيمة الصغرى للناقلية : توافق استهلاك كل شوارد  $H_3O^+$  (نقطة التكافؤ) تكون قيمة الناقلية  $G_{min} = K(\lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-])$  الجزء الذي تتزايد فيه الناقلية : بعد التكافؤ يصبح المزيج يحتوي على شوارد  $HO^-$  التي لا تجد مع من تتفاعل عندها تزداد الناقلية وتصبح

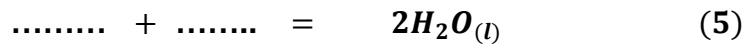
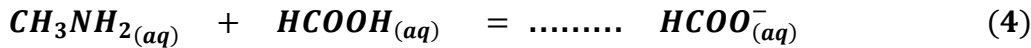
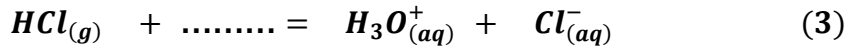
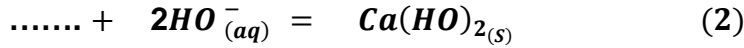
$$G_3 = K(\lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{HO^-}[HO^-] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]) \text{ قيمتها :}$$

تطبيق : التمرين رقم 16 ص 283 من الكتاب المدرسي .

أُسئلة تطبيقية :

التسرين الأول :

أكمل التفاعلات الكيميائية التالية ثم بين التفاعلات حمض - أساس مع تبرير الإجابة :



التسرين الثاني :

1 - غاز كلور الهيدروجين هو حمض ، وغاز النشادر هو أساس .

1 - 1 . أكتب صيغتهما الجزيئية .

1 - 2 . أكتب معادلتى تفاعليهما مع الماء .

1 - 3 . ما هي الثنائيات (أساس/حمض) الداخلة في كل تفاعل ؟

1 - 4 . ما هو الدور الذي لعبه الماء في كل تفاعل ؟ علل .

1 - 5 . نفاعل محلول من حمض كلور الهيدروجين مع محلول من النشادر .

- أكتب معادلة التفاعل المنمذجة لهذا التحول .

2 - لتعيين التركيز المولي  $C_a$  لمحلول حمض كلور الهيدروجين ، نعايره بمحلول هيدروكسيد الصوديوم  $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$

تركيزه المولي  $C_b = 1mol/L$  .

2 - 1 . ما هو المحلول الذي يجب وضعه في كأس بيشر ؟ كيف يسمى ؟ وما هو المحلول الذي يجب وضعه في السحاحة ؟ وكيف يسمى ؟

2 - 2 . أكتب معادلة التفاعل المنمذجة لعملية المعايرة .

2 - 3 . تسمح دراستك لموضوع المعايرة أن تقترح طريقتين مختلفتين لتعيين تكافؤ المعايرة ، اذكرهما .

2 - 4 . عين كمية مادة شوارد الهيدرونيوم  $H_3O^+_{(aq)}$  في المحلول الحمضي ، إذا علمت أن الحجم المضاف من المحلول الأساسي عند

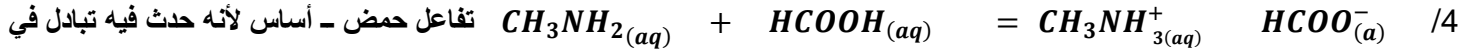
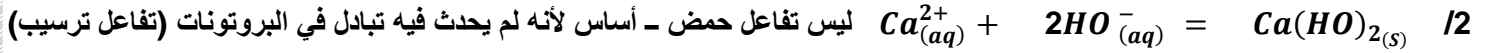
التكافؤ هو :  $V_{bE} = 6ml$

## الإجابة :

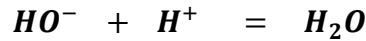
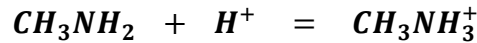
### التسريع الأول :



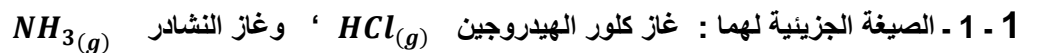
تفاعل حمض - أساس لأنه حدث فيه تبادل في البروتونات كما يلي :



البروتونات كما يلي :



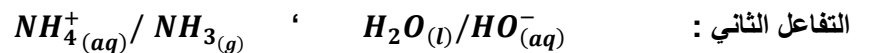
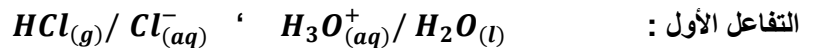
### التسريع الثاني :



2-1. كتابة معادلتى التفاعل مع الماء :

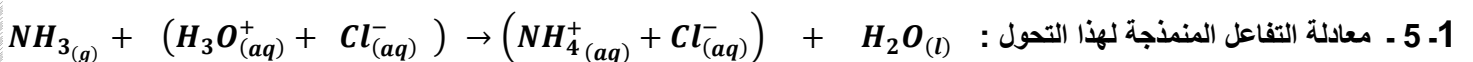


3-1. الثنائيات (أساس/حمض) الداخلة في كل تفاعل :



4-1. الدور الذي لعبه الماء :

في التفاعل الأول لعب دور أساس - وفي التفاعل الثاني لعب دور حمض

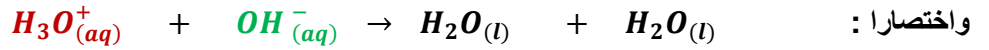




2 - 1 - المحلول الذي يجب وضعه في كأس بيشتر هو المحلول الحمضي لأنه مجهول التركيز ، يسمى المعاير (الذي نريد معايرته)

- المحلول الذي يجب وضعه في السحاحة هو المحلول الأساسي لأنه معلوم التركيز ، يسمى المعاير (الذي نعاير به )

2 - 2 - معادلة التفاعل المنمذجة لعملية المعايرة :



2 - 3 - ذكر طريقتي تعيين تكافؤ المعايرة :

\* / طريقة المعايرة اللونية والتي تعتمد في أساسها على تغير لون الكاشف المناسب .

\* / طريقة قياس الناقلية حيث نرسم البيان  $\delta = f(V_b)$  أو  $G = f(V_b)$  الذي تعبر نهايته الحدية الصغرى عن نقطة التكافؤ .

2 - 4 - تعيين كمية مادة شوارد الهيدرونيوم  $H_3O^+$  في المحلول الحمضي :

- عند نقطة التكافؤ يكون :

$$n(H_3O^+_{(aq)}) = n(OH^-_{(aq)}) \rightarrow n(H_3O^+_{(aq)}) = C_B \times V_{BE} \rightarrow n(H_3O^+_{(aq)}) = 6 \times 10^{-3} \times 10^{-1}$$

$$n(H_3O^+_{(aq)}) = 0,6 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0,6 \text{ m. mol} \quad \text{إذن :}$$