

**لتحولات الكيميائية التي تحدث في المنحيين  
T ransformations chimiques s'effectuant  
dans les deux sens**

**I - التفاعلات الحمضية - القاعدية في محلول مائي.**

**1 - المحلول المائي**

المحلول المائي خليط متجانس، ناتج عن إذابة نوع كيميائي أو أكثر في الماء. يسمى الماء **مذيبا** (Solvent)، والنوع الذي تمت إذابته **مذابا** (Soluté).

**2 - نظرية برونشتد للأحماض والقواعد Brönsted**

**أ - الأحماض والقواعد حسب برونشتد**

❖ الحمض نوع كيميائي قادر على تحرير بروتون  $H^+$  رمزه  $AH$  أو  $BH^+$ .

❖ القاعدة نوع كيميائي قادر على تثبيت بروتون  $H^+$  رمزه  $A^-$  أو  $B$ .

**ب - المزدوجة قاعدة / حمض**

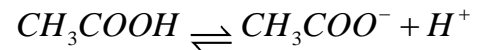
يشكل الحمض والقاعدة المرافقة، مزدوجة قاعدة / حمض رمزا  $AH/A^-$  ونقرن بها نصف المعادلة حمض - قاعدة:

- إذا كان  $HA$  متفاعل:  $HA \rightleftharpoons A^- + H^+$  القاعدة المرافقة  $A^-$

أو:  $BH^+ \rightleftharpoons B + H^+$  القاعدة المرافقة  $B$

- إذا كانت  $A^-$  متفاعلة:  $A^- + H^+ \rightleftharpoons HA$

**أمثلة:** \*  $CH_3COOH$  حمض الإيثانويك، المزدوجة:  $CH_3COOH/CH_3COO^-$



\*  $NH_4^+$  أيون الأمونيوم، المزدوجة:  $NH_4^+/NH_3$



**ملحوظة:** الأمفوليت نوع كيميائي يمكن أن يتصرف كحمض أو كقاعدة.

**مثال:** الماء

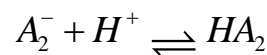
$H_2O$  حمض المزدوجة  $H_2O_{(l)} / HO_{aq}^-$  نصف معادلتها المرافقة:  $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HO_{aq}^- + H^+$

$H_2O$  قاعدة المزدوجة  $H_3O_{aq}^+ / H_2O_{(l)}$  نصف معادلتها المرافقة:  $H_3O_{aq}^+ \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + H^+$

**3 - التفاعل حمض - قاعدة ومعادلته**

يتميز التفاعل حمض - قاعدة بتبادل بروتون  $H^+$  بين الحمض  $HA_1$  للمزدوجة  $HA_1 / A_1^-$  مع القاعدة  $A_2^-$  للمزدوجة

$HA_1 \rightleftharpoons A_2^- + H^+$   $HA_2 / A_2^-$  نصف المعادلتين المرافقتين:



المعادلة الحصيلة  $HA_1 + A_2^- \rightleftharpoons HA_2 + A_1^-$

**II - تعريف وقياس pH محلول مائي.**

**1 - تعريف pH محلول مائي.**

يعرف pH بالنسبة للمحاليل المائية المخففة بالعلاقة  $pH = -\log [H_3O^+]$ .

يمثل  $[H_3O^+]$  العدد الذي يقيس تركيز أيونات الأوكسونيوم  $H_3O^+$  في المحلول، ويعبر عنه بالوحدة:  $mol.l^{-1}$ .

إن هذه العلاقة مكافئة لـ:  $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

## تمرين تطبيقي:

نتوفر على أربعة محاليل مائية A، B، C و D .

- تركيز أيونات الأوكسونيوم في المحلولين A و B، تباعا، هو:

$$[H_3O^+]_B = 5,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}, [H_3O^+]_A = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$$

- pH المحلولين C و D ، تباعا، هو:  $pH_C = 2,8$  و  $pH_D = 8,9$ .

1 - ما pH المحلولين A و B؟

2 - ما قيمة تركيز الأيونات  $H_3O^+$  في المحلولين C و D ؟

3 - كيف يتغير تركيز الأيونات  $H_3O^+$  عند تزايد قيمة pH ؟

تذكير لبعض خاصيات الدالة اللوغاريتمية

$$\log 10 = 1$$

$$\log 1 = 0$$

$$\log a \cdot b = \log a + \log b$$

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

$$\log 10^x = x \log 10 = x$$

$$y = 10^x \Leftrightarrow x = \log y$$

2 - قياس pH محلول مائي:

يمكن إنجاز قياس pH تقريبي لمحلول بواسطة ورق pH أو بواسطة الكواشف الملونة، ولأنجاز قياس أدق نستعمل مقياس pH - متر.

## III - التحولات الكلية وغير الكلية

1 - إبراز تحول غير كلي

نعتبر محلولاً مائياً لحمض الإيثانويك ( $CH_3COOH$ ) حجمه  $V = 500 \text{ mL}$  وتركيزه  $C = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . أعطى قياس pH المحلول القيمة  $pH = 3,10$ .

استثمار:

1 - اكتب معادلة التفاعل حمض - قاعدة الذي يحدث بين حمض الإيثانويك والماء.

2 - حدد انطلاقاً من قيمة pH ، التقدم النهائي.

3 - قارن التقدم النهائي والتقدم الأقصى. ماذا تستنتج؟

كميات المادة بالمول				المعادلة الكيميائية	
				تقدم التفاعل	حالة المجموعة
				0	الحالة البدئية
				X	الحالة البينية
				$X_E$	الحالة النهائية

## خلاصة:

التحول غير الكلي أو المحدود، تحول يتوقف تطوره دون اختفاء كلي لأي متفاعل من المجموعة الكيميائية. بالنسبة لتحول محدود، تكون قيمة التقدم النهائي  $X_f$  أصغر من قيمة التقدم الأقصى للتفاعل  $X_{max}$  :  $X_f < X_{max}$

### 2 - نسبة التقدم النهائي $\tau$

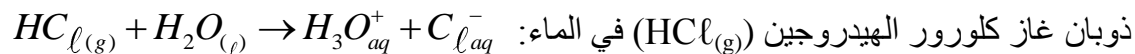
$$\tau = \frac{X_f}{X_{max}}$$

نسبة التقدم النهائي  $\tau$  لتفاعل كيميائي هي خارج قسمة التقدم النهائي  $X_f$  على التقدم الأقصى  $X_{max}$  لهذا التفاعل:

$\tau$ : مقدار بدون وحدة يمكن التعبير عنه بالنسبة المئوية.

إذا كان  $\tau = 1$  أي  $X_f = X_{max}$  يكون التفاعل أو التحول كلي.

مثال:



ذوبان غاز كلورور الهيدروجين ( $HC\ell_{(g)}$ ) في الماء:  $X_f = X_{max}$  وبالتالي  $\tau = 100\%$ .

في النشاط السابق نجد:

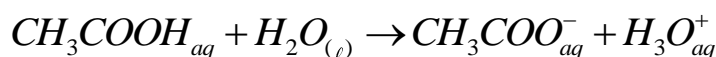
$$\tau = \frac{X_f}{X_{max}} = \frac{X_{max}}{X_{max}} = 1$$

أي أن ..... من حمض الإيثانويك هي التي تفاعلت مع الماء أي التفاعل .....

### 3 - منحنى تطور مجموعة كيميائية

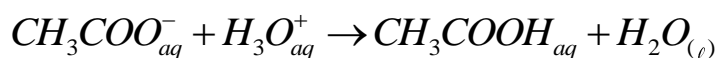
في النشاط السابق، أدت إضافة كمية صغيرة من حمض الإيثانويك الخالص لمحلول حمض الإيثانويك إلى تناقص pH

المحلول، أي حدث تطور المجموعة الكيميائية في منحنى تكون أيونات الأوكسونيوم  $H_3O^+$ :

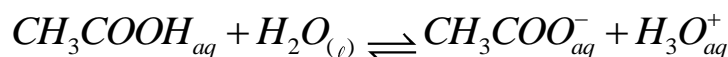


إذا أضفنا كمية من أيونات  $CH_3COO^-$  يؤدي إلى تزايد pH أي تناقص تركيز الأيونات  $H_3O^+$  ويحدث تطور

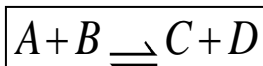
المجموعة في منحنى اختفاء  $H_3O^+$ ، ويسمى هذا المنحنى بالمنحنى المعاكس للتفاعل:



نستنتج أن التفاعل الموافق لهذا التحول يحدث في المنحنيين:



بصفة عامة، يقترن بكل تحول كيميائي محدود، تفاعل يحدث في المنحنيين نعبر عنه بالمعادلة الكيميائية التالية:



### تمرين تطبيقي:

نحضر، بالتخفيف، حجما  $V$  من محلول حمض الإيثانويك  $CH_3CO_2H$  تركيزه المولي:  $C = 0,10 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ .

1 - اكتب معادلة التفاعل بين حمض الإيثانويك والماء.

2 - تساوي موصلية المحلول  $\sigma = 4,9 \cdot 10^{-1} \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ . احسب تراكيز مختلف الأيونات في المحلول.

نعتي: الموصليات المولية الأيونية عند  $25^\circ\text{C}$ :  $\lambda_{CH_3CO_2^-} = 4,1 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\lambda_{H_3O^+} = 35 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$ .

3 - احسب نسبة التقدم النهائي للتفاعل. استنتج.

4 - احسب قيمة pH المحلول.