

التحولات الكيميائية التي تحدث في المنحنين  
Transformations chimiques s'effectuant dans les deux sens

## I - التفاعلات الحمضية - القاعدة في محلول مائي.

### 1 - محلول المائي

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

### 2 - نظرية برونشتاد للأحماض والقواعد Brönsted

#### أ - الأحماض والقواعد حسب برونشتاد

- ❖ 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 رمزها  $AH/A^-$  ونقرن بها نصف المعادلة حمض - قاعدة:

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

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

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

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



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



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

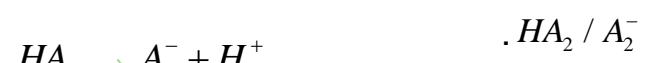
**مثال:** الماء

$H_2O$  حمض المزدوجة  $H_2O \rightleftharpoons HO^- + H^+$  نصف معادلتها المرافقة:  $H_2O_{aq} \rightleftharpoons HO_{aq}^- + H^+$

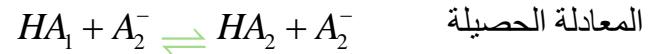
$H_2O$  قاعدة المزدوجة  $H_2O \rightleftharpoons H_3O^+$  نصف معادلتها المرافقة:  $H_2O_{aq} \rightleftharpoons H_3O_{aq}^+ + H^+$

#### 3 - التفاعل حمض - قاعدة و معادلته

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



نصف المعادلتين المرافقتين:



## II - تعريف وقياس pH محلول مائي.

### 1 - تعريف pH محلول مائي.

يعرف pH بالنسبة للمحاليل المائية المخففة بالعلاقة

يتمثل  $[H_3O^+]$  العدد الذي يقيس تركيز أيونات الأوكسونيوم  $H_3O^+$  في محلول، ويعبر عنه بالوحدة:  $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ .

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

تعريف تطبيقي:

توفر على أربعة محلائل مائية A ، B ، C و D .

- تركيز أيونات الأوكسونيوم في محلولين A و B ، تباعاً، هو:

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

المحلولين C و D ، تباعاً، هو:  $\text{pH}_C = 2,8$  و  $\text{pH}_D = 8,9$

1 - ما  $\text{pH}$  محلولين A و B ؟

2 - ماقيمه تركيز الأيونات  $H_3O^+$  في محلولين C و D ؟

3 - كيف يتغير تركيز الأيونات  $H_3O^+$  عند تزايد قيمة  $\text{pH}$  ؟

تذكير بعض 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  $\text{pH}$  محلول مائي:

يمكن إنجاز قياس  $\text{pH}$  تقربياً لمحلول بواسطة ورق  $\text{pH}$  أو بواسطة الكواشف الملونة، ولإنجاز قياس أدق نستعمل مقياس  $\text{pH}$  - متر.

### III - التحولات الكلية وغير الكلية

1 - ابراز تحول غير كلي

نعتبر محلولاً مائياً لحمض الإيثانويك ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) حجمه  $V = 500 \text{ mL}$  وتركيزه  $C = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  .  
أعطي قياس  $\text{pH}$  محلول القيمة  $\text{pH} = 3,10$  .

استئثار:

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

2 - حدد انتلاقاً من قيمة  $\text{pH}$  ، التقدّم النهائي.

3 - قارن التقدّم النهائي والتقدّم الأقصى. ماذا تستنتج؟

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

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

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

### 2 - نسبة التقدم النهائي $\tau$

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

مثال:

ذوبان غاز كلورور الهيدروجين ( $\text{HCl}_{(g)}$ ) في الماء:  $\text{HCl}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}_{aq}^+ + \text{Cl}_{aq}^-$  .

هذا التحول كلي بحيث نجد  $X_f = X_{\max}$  وبالتالي  $\tau = 100\%$  .

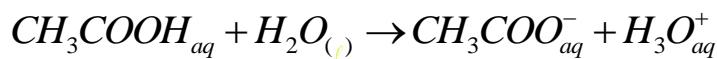
في النشاط السابق نجد:

$$\tau = \frac{X_f}{X_{\max}} = \frac{0.1}{0.2} = 0.5 = 50\%$$

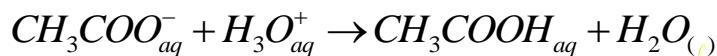
أي أن ..... من حمض الإيثانويك هي التي تفاعلت مع الماء أي التفاعل

### 3 - منحى تطور مجموعة كيميائية

في النشاط السابق، أدت إضافة كمية صغيرة من حمض الإيثانويك الخالص لمحلول حمض الإيثانويك إلى تناقص  $\text{H}^+$  المحلول، أي حدث تطور المجموعة الكيميائية في منحى تكون أيونات الأوكسونيوم  $\text{H}_3\text{O}^+$ :



إذا أضفنا كمية من أيونات  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  يؤدي إلى تزايد  $\text{pH}$  أي تناقص تركيز الأيونات  $\text{H}_3\text{O}^+$  ويحدث تطور المجموعة في منحى اختفاء  $\text{H}_3\text{O}^+$ ، ويسمى هذا المنحى بالمنحى المعاكس للتفاعل:



نستنتج أن التفاعل المعاكس لهذا التحول يحدث في المنحىين:



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



### تمرين تطبيقي:

نحضر، بالتخفيض، حجما  $V$  من محلول حمض الإيثانويك  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$  تركيزه المولي:  $0,10\text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$  .

1 - اكتب معادلة التفاعل بين حمض الإيثانويك والماء.

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

نعطي: الموصليات المولية الأيونية عند  $25^\circ\text{C}$   $\lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} = 4,1 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$  :

3 - احسب نسبة التقدم النهائي للتفاعل. استنتاج.

4 - احسب قيمة  $\text{pH}$  المحلول.