

التحولات الكيميائية التي تحدث في منحنيين

3

Transformations chimiques s'effectuant dans les deux sensI – التحولات حمض – قاعدة :1 – تعريف الحمض و القاعدة حسب برونشند :

- الحمض حسب برونشند هو كل نوع كيميائي قادر على فقدان بروتون  $H^+$  خلال التحول الكيميائي.
- القاعدة حسب برونشند هي كل نوع كيميائي قادر على اكتساب بروتون  $H^+$  خلال التحول الكيميائي.

2 – المزدوجة قاعدة / حمض :

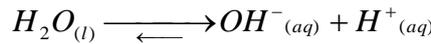
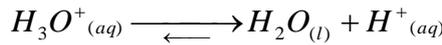
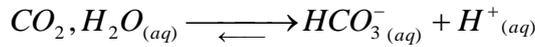
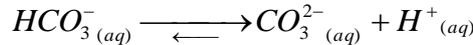
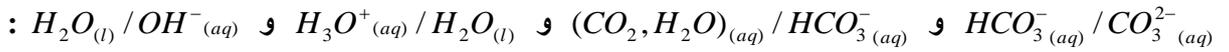
عندما يفقد الحمض HA بروتون  $H^+$  ينتج عنه قاعدة مرافقة  $A^-$ .

عندما تكتسب القاعدة  $A^-$  بروتون  $H^+$  ينتج عنه حمض مرافق HA.

إذن المزدوجة قاعدة / حمض هي مجموعة مكونة من الحمض HA و القاعدة المرافقة له و نقرن بها نصف معادلة تفاعل حمض – قاعدة

❖ **تطبيق :**

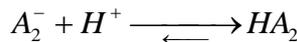
أكتب نصف المعادلات للمزدوجات قاعدة / حمض التالية :

❖ **ملحوظة :**

الأمفوليت ampholyte : نوع كيميائي يلعب دور الحمض و القاعدة حسب الظروف التجريبية.

3 – التحولات حمض – قاعدة :

التحول حمض قاعدة هو تحول يتم خلاله تبادل بروتوني  $H^+$  بين حمض المزدوجة  $HA_1 / A_1^-$  و قاعدة مزدوجة أخرى  $HA_2 / A_2^-$  :

❖ **تطبيق :**

أكتب معادلة التفاعل التي يمكن أن تحدث بين :



ب - حمض مزدوجة  $H_3O^+_{(aq)} / H_2O_{(l)}$  و قاعدة مزدوجة  $NH_4^+_{(aq)} / NH_3_{(aq)}$ .

## II - pH محلول مائي :

### 1 - المحلول المائي :

المحلول المائي خليط متجانس نحصل عليه بإذابة نوع كيميائي ( جزيئي أو أيوني ) صلب أو سائل أو غاز في الماء.  
- يسمى الماء بالمذيب.

- يسمى النوع الكيميائي المذاب.

- في محلول مائي تعويض البروتون  $H^+$  بأيونات الأوكسونيوم  $H_3O^+$ .

### 2 - تعريف pH محلول مائي :

تتعلق الميزة الحمضية و القاعدية لمحلول مائي بالتركيز المولي لأيونات الأوكسونيوم حيث  $H_3O^+$  حيث :

$$10^{-14} \text{ mol.l}^{-1} < [H_3O^+] < 10^{-1} \text{ mol.l}^{-1}$$

و يعتبر هذا المجال جد واسع يصعب استعماله لهذا ندرج الدالة اللوغاريتمية العشرية للحصول على مقدار عملي.

✓ تعريف :

pH محلول مائي مقدار فيزيائي مقدار بدون وحدة يعبر عن حمضية أو قاعدية المحلول حيث :  $0 < pH < 14$

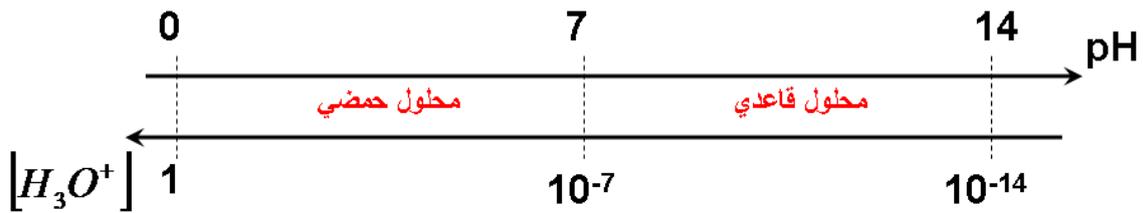
بالنسبة للتراكيز الضعيفة ذات التركيز  $[H_3O^+] > 5.10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$  يعبر عن pH بالعلاقة :  $pH = -\log[H_3O^+]$

حيث يمثل  $[H_3O^+]$  عدد مساوي لتركيز أيونات الأوكسونيوم  $H_3O^+$  معبر عنه وبوحدة  $\text{mol.l}^{-1}$  يمكن استعمال كذلك العلاقة :

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

❖ ملحوظة :

عندما تزداد قيمة pH ينقص تركيز أيونات  $H_3O^+$  و العكس صحيح .



### 3 - قياس pH محلول مائي :

#### أ - استعمال الكواشف الملونة :

الكواشف الملونة عبارة عن مزدوجة قاعدة / حمض يتعلق لونها بقيمة pH المحلول المائي المستعمل.

❖ مثال :

أزرق البروموتيمول يأخذ لون أصفر في محلول ذي  $pH < 6$  و لون أزرق في محلول ذي  $pH > 7,6$  و لون أخضر في المجال  $[6 - 7,6]$

و هذا المجال يسمى بمنطقة انعطاف الكاشف الملون .ب

#### ب - استعمال ورق pH :

ورق pH مشرب (مبلل) بعدة كواشف ملونة يأخذ ألوان مختلفة حسب قيمة pH المحلول المائي المستعمل و تضم علبة ورق pH سلما للألوان تقابل كل لون قيمة pH معينة.

ج - استعمال جهاز pH - متر :

يتكون جهاز pH متر من مجس يتكون من غالبا من إلكترود مركب من إلكترود مرجعي ذو جهد ثابت و إلكترود من الزجاج للقياس. يمكن فرق الجهد الكهربائي من قياس pH حيث  $U = a - bpH$  مع a و b معاملان موجبان يتعلقان بدرجة الحرارة و حالة الإلكترود المركب.

❖ **كيفية استعمال جهاز pH - متر :**

- يجب غسل الإلكترود المركب بالماء المقطر قبل أي استعمال .  
- تعبير جهاز pH - متر بمحلول عيار إذا كان المحلول حمضي نستعمل محلول  $pH = 4$  إذا كان المحلول قاعدي نستعمل محلول عيار  $pH = 9$  .

- بعد انتهاء القياسات نغسل الإلكترود المركب بالماء المقطر ثم نضعها في غمدها الوقائي.

❖ **دقة القياس :**

نعتبر محلول مانيا حيث يعطي قياس pH المحلول القيمة  $pH = 3,2$  علما أن هذا القياس يصاحبه ارتياب  $\Delta pH = 0,05$  :

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3,2} \quad \text{❖ تركيز أيونات } H_3O^+ :$$

$$[H_3O^+] = 6,310^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$$

❖ **الارتياب المطلق  $\Delta[H_3O^+]$  :**

$$3,15 \leq pH \leq 3,25$$

$$-3,15 \leq -pH \leq -3,25$$

$$10^{-3,25} \leq 10^{-pH} \leq 10^{-3,15}$$

$$5,623.10^{-4} \text{ mol.l}^{-1} [H_3O^+] \leq 7,079.10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$$

$$\Delta[H_3O^+] = \frac{7,079.10^{-4} - 5,623.10^{-4}}{2} = 0,7.10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$$

$$\Delta[H_3O^+] = (6,3 \pm 0,7).10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$$

❖ **الارتياب النسبي  $\frac{\Delta[H_3O^+]}{[H_3O^+]}$  :**

$$\frac{\Delta[H_3O^+]}{[H_3O^+]} = \frac{0,7.10^{-4}}{6,3.10^{-4}} = 0,11 = 11\%$$

❖ **تطبيق :**III - التحولات الكلية و التحولات المحدودة (غير الكلية) :1 - التحول الكلي :

نذيب  $3,5.10^{-2} \text{ mol}$  من غاز كلورور الهيدروجين في  $V = 1l$  من الماء فنحصل على محلول حمض الكلوريدريك تركيزه

$C_1 = 3,5.10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$  و  $pH = 1,45$  و نعبّر عن هذا التحول بالمعادلة التالية :



كمية المادة الموجودة في  $V_1 = 100ml$  من المحلول :

$$n_i(HCl) = C_1V_1 = 3,5.10^{-2} \times 100.10^{-3} = 3,5.10^{-3} mol$$

ننشئ جدول التقدم :

معادلة التفاعل		$HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow Cl^{-}_{(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$			
حالة التفاعل	تقدم التفاعل	كمية المادة ب mol			
الحالة البدئية	0	$C_1V_1$	وفير	0	0
خلال التفاعل	x	$C_1V_1 - x$	وفير	x	x
حالة اختفاء كلي HCl	$X_{max}$	$C_1V_1 - x_{max}$	وفير	$X_{max}$	$X_{max}$
الحالة النهائية	$x_f$	$C_1V_1 - x_f$	وفير	$x_f$	$x_f$

❖ التقدم الأقصى  $X_{max}$  :

الماء موجود بوفرة و المتفاعل المحد هو غاز HCl :

$$n_i(HCl) - x_{max} = 0$$

$$x_{max} = C_1V_1 \Rightarrow x_{max} = 3,5.10^{-3} mol$$

❖ التقدم النهائي  $x_f$

$$[H_3O^{+}]_f = 10^{-pH} = 10^{-1,45} = 3,5.10^{-2} mol$$

لدينا

$$[H_3O^{+}]_f = C_1$$

نلاحظ :

$$n_f(H_3O^{+}) = x_f$$

و لدينا من خلال الجدول :

$$[H_3O^{+}]_f \cdot V_1 = x_f$$

$$x_f = 3,5.10^{-2} \times 100.10^{-3} = 3,5.10^{-3} mol$$

$$x_f = x_{max}$$

نلاحظ :

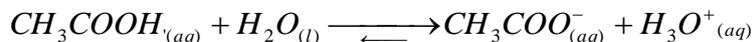
✓ **التحول الكلي** : تحول يتوقف تطوره باختفاء كلي لأحد المتفاعلات على الأقل و تكون قيمة التقدم النهائي  $x_f$  مساوية لقيمة التقدم

$$x_f = x_{max} : x_{max} \text{ الأقصى}$$

## 2 - التحول المحدود :

نذيب 2 ml من حمض الإيثانويك الخالص في 1l من الماء فنحصل على محلول تركيزه  $C_2 = 3,5.10^{-2} mol.l^{-1}$  و نقيس  $pH = 3,1$

نعبر عن هذا التحول بالمعادلة التالية :



نحدد كمية المادة الموجودة في  $V_2 = 100ml$

$$n_i(CH_3COOH) = C_2V_2 = 3,5.10^{-2} \times 100.10^{-3} = 3,5.10^{-3} mol$$

معادلة التفاعل		$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
حالة التفاعل	تقدم التفاعل	كمية المادة ب mol			
الحالة البدئية	0	$C_2V_2$	وفير	0	0
خلال التفاعل	x	$C_2V_2 - x$	وفير	x	x
الحالة النهائية	$x_f$	$C_2V_2 - x_f$	وفير	$x_f$	$x_f$

❖ التقدم الأقصى  $x_{max}$  :

الماء موجود بوفرة إذا فترضنا أن التحول فإن المتفاعل المحد هو حمض الإيثانويك :

$$n_i(CH_3COOH) - x_{max} = 0$$

$$x_{max} = C_2V_2 \Rightarrow x_{max} = 3,5 \cdot 10^{-3} mol$$

❖ التقدم النهائي  $x_f$

$$[H_3O^+]_f = 10^{-pH} = 10^{-3,1} = 7,9 \cdot 10^{-4} mol$$

لدينا

$$[H_3O^+]_f < C_2$$

نلاحظ :

$$n_f(H_3O^+) = x_f$$

و لدينا من خلال الجدول :

$$[H_3O^+]_f \cdot V_2 = x_f$$

$$x_f = 7,9 \cdot 10^{-4} \times 100 \cdot 10^{-3} = 7,9 \cdot 10^{-5} mol$$

$$x_f < x_{max}$$

نلاحظ :

✓ التحول الكلي : تحول يتوقف تطوره دون إختفاء كلي لأي متفاعل حيث تكون قيمة التقدم النهائي  $x_f$  أصغر لقيمة التقدم الأقصى

$$x_f < x_{max} : x_{max}$$

3 - نسبة التقدم النهائي (معامل التفكك) :

نسبة التقدم النهائي  $\tau$  لتفاعل كيميائي هي خارج قسمة التقدم النهائي  $x_f$  على التقدم الأقصى  $x_{max}$  لهذا التفاعل :  $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$

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

❖ أمثلة :

- في حالة تحول غاز كلورور الهيدروجين  $HCl_{(g)}$  مع الماء  $x_{max} = 3,5 \cdot 10^{-3} mol$

$\tau = 1 = 100\%$  نقول أن  $HCl$  حمض قوي ( جميع الجزيئات تفككت في الماء )

- في حالة حمض الإيثانويك  $CH_3COOH$  مع الماء  $x_f < x_{max}$

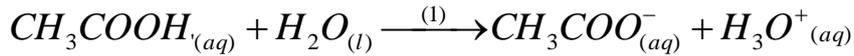
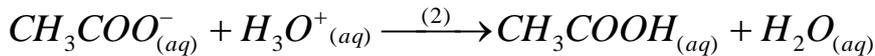
$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{7,9 \cdot 10^{-5}}{3,5 \cdot 10^{-3}} = 0,02 = 2\%$$

نقول أن حمض الإيثانويك حمض ضعيف ( 2% فقط من الجزيئات تفككت في الماء )

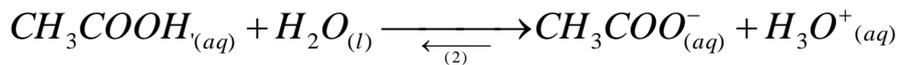
❖ ملحوظة :

- تحول كلي  $\tau = 1$ - تحول محدود  $\tau < 1$ 

❖ تطبيق :

4 – منحنى تطور مجموعة كيميائية :نصب في كأس (1) و (2) 20 ml من محلول حمض الإيثانويك ثم نقيس  $\text{pH} = 3,4$ - نضيف في كأس (1) قطرتين من حمض الإيثانويك الخالص فنجد :  $\text{pH} = 3,16$ - نذيب في كأس (2) 0,5 g إيثانوات الصوديوم اللاماني فنجد  $\text{pH} = 3,9$ ✓ في كأس (1) نلاحظ تناقص  $\text{pH}$  أي تزايد أيونات  $\text{H}_3\text{O}^+$  مما يدل على تطور المجموعة في نفس المنحنى المباشر :✓ في كأس (2) نلاحظ تزايد  $\text{pH}$  أي تناقص أيونات  $\text{H}_3\text{O}^+$  مما يدل على تطور المجموعة في المنحنى المعاكس :

بما أن تحول حمض الإيثانويك و الماء تحول محدود نستنتج أن التحول يحدث في منحين :

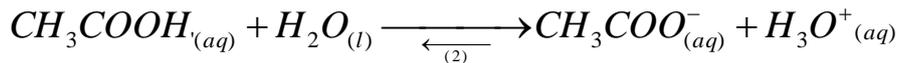


❖ بصفة عامة :

نقرن كل تحول كيميائي محدود تحول يحدث في المنحين.

5 – حالة توازن مجموعة كيميائية :

عندما يكون التحول الكيميائي محدود تُكوّن الحالة النهائية للمجموعة حالة توازن كيميائي و تتميز بتزامن وجود جميع المتفاعلات و النواتج و كمية مادتها ثابتة مع الزمن.

6 – التفسير الميكروسكوبي لحالة التوازن :خلال تفاعل الحمض مع الماء يتناقص تركيز الحمض فتقل التصادمات بين جزيئات الحمض و الماء و تنقص السرعة  $V_1$  لتكون نواتجالتفاعل في المحي (1) في حين يؤدي تزايد تركيز  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  و  $\text{H}_3\text{O}^+$  إلى ترجيح التفاعل في المنحنى (2) فتزداد السرعة  $V_2$ حتى تصل المجموعة الكيميائية إلى حالة توازن كيميائي عندما يحدث التفاعل في المنحين (1) و (2) بنفس السرعة ( $V_1 = V_2$ ) نقول أن

التوازن الكيميائي ديناميكي (حركي).

❖ تطبيق :

Incertitude absolue	ارتياب مطلق	Solution aqueuse	محلول مائي
Avancement maximal	تقدم أقصى	Incertitude relative	ارتياب نسبي
Avancement final	تقدم نهائي	Transformation totale	تحول كلي
pur	خالص	Transformation limitée	تقدم محدود
Anhydre	لا مائي	Equilibre chimique	نوترن كيميائي
Solvent	مذيب	Dissolution	ذوبان
Soluté	مذاب	Electrode	إلكترود
Echange	تبادل	Conjugué	مرافق
Zone de virage	انعطاف	Indicateur coloré	كاشف ملون
Bilan	حصيلة	Electrode combinée	إلكترود
Sens direct	منحى مباشر	Taux d'avancement final	نسبة التقدم النهائي
		Sens inverse	منحى معاكس