

## التحولات الكيميائية التي تحدث في منحنين

### Transformations chimiques s'effectuant dans les deux sens

3

#### I - التحولات حمض - قاعدة :

##### 1 - تعريف الحمض و القاعدة حسب برونشتاد :

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

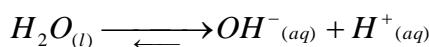
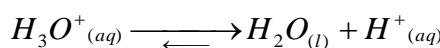
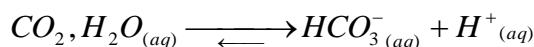
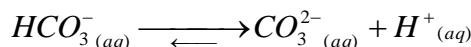
عندما تكتسب القاعدة  $A^-$  بروتون  $H^+$  ينتج عنها حمض م Rafiq  $HA$ .

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 :

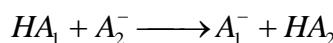
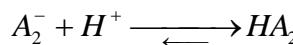
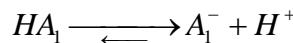


❖ ملحوظة :

الأمفوليت :  $\text{ampholyte}$  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 :



سوق أرباعي الغرب

الأستاذ : خالد المكاوي  
 الفيزياء و الكيمياء 2 bac  
 ب - حمض المزدوجة  $\cdot NH_{4(aq)}^+ / NH_{3(aq)}^-$  و قاعدة المزدوجة  $H_3O^{+(aq)} / H_2O_{(l)}$

## pH - II محلول مائي :

### 1 - محلول الماء :

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 محلول حيث :  $0 < pH < 14$

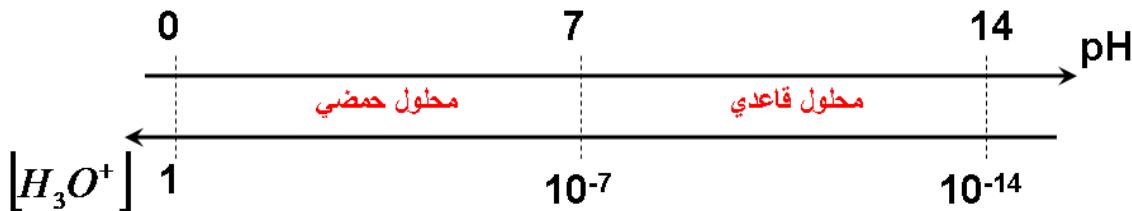
$pH = -\log[H_3O^+]$  يعبر عن pH بالنسبة للتراكيز الضعيفة ذات التركيز  $[H_3O^+] > 5.10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$  بالعلاقة :

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

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

❖ ملاحظة :

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 محلول 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  $[6 - 7,6]$   
 وهذا المجال يسمى بمنطقة انعطاف الكاشف الملون . ب

#### ب - استعمال ورق pH :

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

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

❖ كيفية استعمال جهاز pH - متر :

- يجب غسل الإلكترود المركب بالماء المقطر قبل أي استعمال.
- تعيير جهاز pH - متر بمحلول عيار إذا كان محلول حمضي تستعمل محلول  $pH = 4$  إذا كان محلول قاعدي تستعمل 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 للمحلول القيمة  $pH = 3,2$  علما أن هذا القياس يصاحبه ارتياح  $\Delta pH = 0,05$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3,2}$$

❖ تركيز أيونات  $H_3O^+$  :

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

❖ الارتباط المطلق  $\Delta [H_3O^+]$  :

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

لدينا

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

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

$$5,623 \cdot 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1} [H_3O^+] \leq 7,079 \cdot 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$$

$$\Delta [H_3O^+] = \frac{7,079 \cdot 10^{-4} - 5,623 \cdot 10^{-4}}{2} = 0,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$$

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

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

$$\frac{\Delta [H_3O^+]}{[H_3O^+]} = \frac{0,7 \cdot 10^{-4}}{6,3 \cdot 10^{-4}} = 0,11 = 11\%$$

❖ تطبيق :

III - التحولات الكلية و التحولات المحدودة (غير الكلية) :

1 - التحول الكلى :

نذيب  $3,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  من غاز كلورور الهيدروجين في  $V = 1l$  من الماء فنحصل على محلول حمض الكلوريديك تركيزه

و  $pH = 1,45$  و  $C_1 = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$  نعبر عن هذا التحول بالمعادلة التالية :

# هذا الملف تم تحميله من موقع Talamid.ma

سوق أرباعي الغرب

الفيزياء والكيمياء 2 bac

الأستاذ : خالد المكاوي



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

$$n_i(HCl) = C_1 V_1 = 3,5 \cdot 10^{-2} \times 100 \cdot 10^{-3} = 3,5 \cdot 10^{-3} mol$$

تنشئ 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	$C_1 V_1$	وغير	0	0
خلال التفاعل	x	$C_1 V_1 - x$	وغير	x	x
حالة اختفاء كلي HCl	X <sub>max</sub>	$C_1 V_1 - x_{max}$	وغير	X <sub>max</sub>	X <sub>max</sub>
الحالة النهائية	X <sub>f</sub>	$C_1 V_1 - x_f$	وغير	X <sub>f</sub>	X <sub>f</sub>

\* التقدم الأقصى : X<sub>max</sub>

الماء موجود بوفرة و المتفاعله المحددة هو غاز HCl :

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

$$x_{max} = C_1 V_1 \quad \Rightarrow \quad x_{max} = 3,5 \cdot 10^{-3} mol$$

\* التقدم النهائي X<sub>f</sub>

$$\left[ H_3O^+ \right]_f = 10^{-pH} = 10^{-1,45} = 3,5 \cdot 10^{-2} mol \quad \text{لدينا}$$

نلاحظ :  $\left[ H_3O^+ \right]_f = C_1$

و لدينا من خلال الجدول :  $n_f(H_3O^+) = x_f$

$$\left[ H_3O^+ \right]_f \cdot V_1 = x_f$$

$$x_f = 3,5 \cdot 10^{-2} \times 100 \cdot 10^{-3} = 3,5 \cdot 10^{-3} mol$$

نلاحظ :  $x_f = x_{max}$

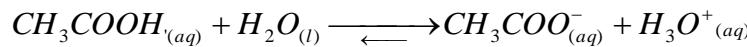
✓ التحول الكلي : تحول يتوقف تطوره بإختفاء كلي لأحد المتفاعلات على الأقل و تكون قيمة التقدم النهائي x<sub>f</sub> مساوية لقيمة التقدم

$$x_f = x_{max} : x_{max}$$

2 - التحول المحدود :

نذيب 2 ml من حمض الإيثانيوك الخالص في 1l من الماء فنحصل على محلول تركيزه C<sub>2</sub> = 3,5 · 10<sup>-2</sup> mol.l<sup>-1</sup> و نقيس 1,1

نعبر عن هذا التحول بالمعادلة التالية :



نحدد كمية المادة الموجودة في  $V_2 = 100ml$

$$n_i(CH_3COOH) = C_2 V_2 = 3,5 \cdot 10^{-2} \times 100 \cdot 10^{-3} = 3,5 \cdot 10^{-3} mol$$

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	$C_2V_2$	وغير	0	0
خلال التفاعل	x	$C_2V_2 - x$	وغير	x	x
الحالة النهائية	$x_f$	$C_2V_2 - x_f$	وغير	$x_f$	$x_f$

❖ التقدم الأقصى :  $x_{max}$

الماء موجود بوفرة إذا فرضنا أن التحول فإن المتفاعل المحس 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  $x_f$

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

$$[H_3O^+]_f < C_2 \quad \text{نلاحظ :}$$

$$n_f(H_3O^+) = x_f \quad \text{ولدينا من خلال الجدول :}$$

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

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

$$x_f < x_{max} \quad \text{نلاحظ :}$$

✓ التحول الكلي : تحول يتوقف تطوره دون احتفاء كلي لأي متفاعله 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 :

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

❖ أمثلة :

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

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

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

- نقول أن  $\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{7,9 \cdot 10^{-5}}{3,5 \cdot 10^{-3}} = 0,02 = 2\%$  حمض ضعيف (2% فقط من الجزيئات تفككت في الماء)

❖ ملحوظة :

سوق أربعة الغرب

الفيزياء و الكيمياء 2 bac

الأستاذ : خالد المكاوي

- تحول كلي  $\tau = 1$

- تحول محدود  $1 < \tau$

❖ تطبيق :

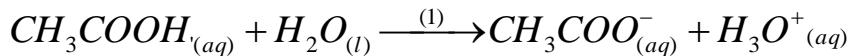
## 4 - منحى تطور مجموعة كيميائية :

نصب في كأس (1) و (2) ml 20 من محلول حمض الإيثانويك ثم نقيس  $pH = 3,4$

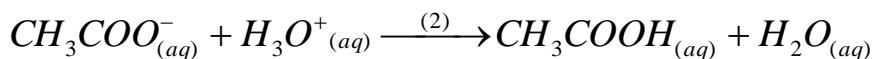
- نضيف في كأس (1) قطرتين من حمض الإيثانويك الخالص فنجد :  $pH = 3,16$

- نذيب في كأس (2) 0,5 g إيثانوات الصوديوم اللامائي فنجد  $pH = 3,9$

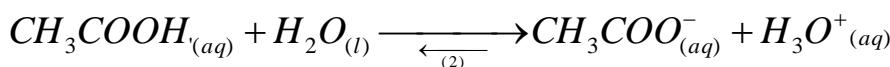
✓ في كأس (1) نلاحظ تناقص  $pH$  أي تزايد أيونات  $H_3O^+$  مما يدل على تطور المجموعة في نفس المنحى المباشر :



✓ في كأس (2) نلاحظ تزايد  $pH$  أي تناقص أيونات  $H_3O^+$  مما يدل على تطور المجموعة في المنحى المعاكس :



بما أن تحول حمض الإيثانويك والماء تحول محدود نستنتج أن التحول يحدث في منحى :



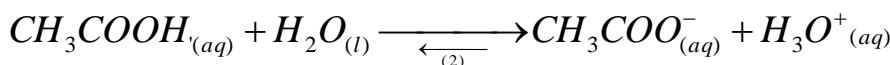
❖ بصفة عامة :

نقرن كل تحول كيميائي محدود تحول يحدث في المنحىين.

## 5 - حالة توازن مجموعة كيميائية :

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

## 6 - التفسير الميكروسكوبى لحالة التوازن :



خلال تفاعل الحمض مع الماء يتناقص تركيز الحمض فتقل التصادمات بين جزيئات الحمض و الماء و تنقص السرعة  $V_1$  لتكون نواتج

التفاعل في المحي (1) في حين يؤدي تزايد تركيز  $CH_3COO^-$  و  $H_3O^+$  إلى ترجيح التفاعل في المنحى (2) فتزداد السرعة  $V_2$

حتى تصل المجموعة الكيميائية إلى حالة توازن كيميائي عندما يحدث التفاعل في المنحىين (1) و (2) بنفس السرعة ( $V_1 = V_2$ ) نقول أن التوازن الكيميائي ديناميكي (حركي).

❖ تطبيق :

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