

## التحولات الكيميائية التي تحدث في منحيين

### 1. مفهوم المزدوجة حمض-قاعدة:

#### تعريف:

\* نسمي حمض برونشتيد كل نوع كيميائي بإمكانه فقدان بروتون  $H^+$  أو أكثر خلال تفاعل كيميائي أمثلة:

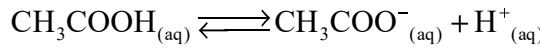
HCl	CH <sub>3</sub> COOH	HCOOH
حمض الكلوريدريك	حمض الإيثانويك	حمض الميثانويك

\* قاعدة برونشتيد كل نوع كيميائي بإمكانه اكتساب بروتون  $H^+$  أو أكثر خلال تفاعل كيميائي أمثلة:

NH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	OH <sup>-</sup>
أمونياك	أيون الإيثانوات	أيون الهيدروكسيد

#### المزدوجات حمض قاعدة::

- جزيئة حمض الإيثانويك CH<sub>3</sub>COOH بإمكانها فقدان بروتون  $H^+$  لكي تتحول إلى  $CH_3COO^-$   
 - وأيون الإيثانوات  $CH_3COO^-$  بإمكانه اكتساب بروتون  $H^+$  لكي يتحول إلى CH<sub>3</sub>COOH  
 - الحمض CH<sub>3</sub>COOH والقاعدة المرافقة له  $CH_3COO^-$  مرتبطان بنصف المعادلة:



ونرمز للمزدوجة حمض - قاعدة بما يلي: CH<sub>3</sub>COOH/ CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>

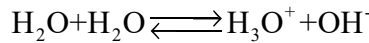
#### أمثلة لبعض المزدوجات حمض قاعدة:

الجدول التالي يتضمن بعض المزدوجات حمض قاعدة:

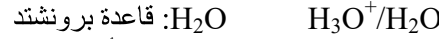
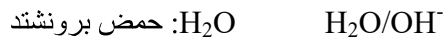
المعادلة	القاعدة	الحمض	المزدوجة حمض-قاعدة
$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	$CH_3COO^-$ أيون الإيثانوات	CH <sub>3</sub> COOH حمض الإيثانويك	CH <sub>3</sub> COOH/ CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>
$C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	$C_6H_5COO^-$ أيون البنزوات	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH حمض البنزويك	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH/ C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COO <sup>-</sup>
$NH_4^+_{(aq)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H^+_{(aq)}$	NH <sub>3</sub> الأمونياك جزيئة	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> أيون الأمونيوم	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /NH <sub>3</sub>
$H_3O^+_{(aq)} \rightleftharpoons H_2O_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	H <sub>2</sub> O الماء جزيئة	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> أيون الأوكسونيوم	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> /H <sub>2</sub> O

#### الأمفوليتات:

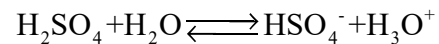
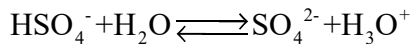
الأمفوليت كل نوع كيميائي بإمكانه و حسب ظروف التجربة أن يكون إما حمض أو قاعدة برونشتيد أمثلة:



المزدوجات :



و بالتالي فالجزيئة H<sub>2</sub>O: أمفوليت



المزدوجة  $HSO_4^-/SO_4^{2-}$  و  $HSO_4^-$  حمض برونشتيد

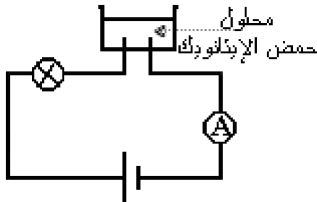
المزدوجة  $H_2SO_4/HSO_4^-$  و  $HSO_4^-$  قاعدة برونشتيد

وبالتالي فالأيون  $HSO_4^-$ : أمفوليت

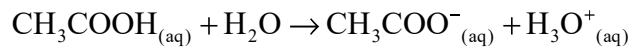
### 2. التحول حمض قاعدة:

#### تجربة:

تتحرف إبرة الأمبير متر و منه فالمحلول المائي لحمض الإيثانويك موصل للتيار الكهربائي و بالتالي يحتوي على أيونات الإيثانوات  $CH_3COO^-$  كما يحتوي على أيونات الأوكسونيوم  $H_3O^+$  (أزرق البروموتيمول يأخذ لونا أزرق).



معادلة التفاعل الحاصل بين حمض الإيثانويك والماء:



وهو تفاعل بين المزدوجتين:  $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$

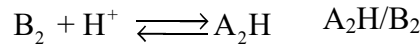
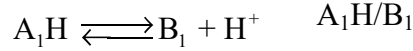
هام:

حمض الإيثانويك الخالص ليس بموصل للتيار الكهربائي

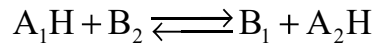
### تعميم:

أثناء التفاعل حمض قاعدة يتم تبادل بروتون  $\text{H}^+$  بين مزدوجتين حمض-قاعدة  $\text{A}_1\text{H}/\text{B}_1$  و  $\text{A}_2\text{H}/\text{B}_2$

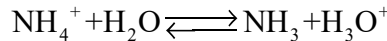
المزدوجة



الحمض  $\text{A}_1\text{H}$  يتفاعل مع القاعدة  $\text{B}_2$ .



مثال : التفاعل بين المزدوجتين  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$  و  $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$



### 3. تعريف وقياس pH محلول مائي:

#### تعريف الـ pH:

تتعلق الخاصية الحمضية أو القاعدية لمحلول مائي بتركيز أيونات الأوكسونيوم  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  الذي تربطه بـ pH العلاقة التالية

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad \text{أو} \quad \text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

#### تطبيق:

نتوفر على 0.5l من محلول  $\text{S}_1$  ذي  $\text{pH}=5.8$  و 20ml من محلول  $\text{S}_2$  ذي  $\text{pH}=3.2$ .

(1) حدد كمية مادة أيونات الأوكسونيوم الموجودة في كل من المحلولين .

(2) ما المحلول الأكثر حمضية؟

(3) نمزج المحلولين  $\text{S}_1$  و  $\text{S}_2$  حدد كمية مادة أيونات الأوكسونيوم الموجودة في الخليط علما أنه لا يحدث أي تفاعل .

#### قياس محلول مائي:

##### استعمل الكواشف الملونة:

وهي عبارة عن مواد عضوية تتميز بكون لونها يتغير بوضوح عند تغير pH مثلا ، أزرق البروموثيمول: يأخذ لونا أصفرا في محلول ذي  $\text{pH}<6$  ولونا أزرقا في محلول ذي  $\text{pH}>7.6$  ولونا أخضرا في المجال [6-7.6] وهذا المجال يسمى بمنطقة انعطاف الكاشف الملون واللون الذي يأخذه فيه الكاشف يسمى باللونية الحساسة.

#### استعمال ورق pH:

وهو ورق مشبع بالكواشف الملونة ومجفف.

#### استعمال جهاز pH متر:

وهو يشتمل على إلكترودين إحداهما مرجعية ذات جهد ثابت والأخرى من الزجاج للقياس.

ويجب دائما تعبيره بمحاليل عيار ذات pH معروف قبل الإستعمال.

### 4. تقدم تحول كيميائي:

#### التقدم النهائي والتقدم الأقصى:

- \* ليست التحولات الكيميائية كلها كلية
- \* التقدم x لتفاعل كيميائي هو كمية مادة المتفاعلات التي تختفي أو النواتج التي تتكون حسب المعاملات الستوكيومترية.
- \* التقدم الأقصى  $x_{\text{max}}$  هو تقدم التفاعل الذي يوافق الإختفاء الكلي للمتفاعل المحد.
- \* التقدم النهائي هو أكبر قيمة للتقدم التي توافقت وصول التفاعل المحدود إلى نهايته.

## نسبة التقدم النهائي:

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

$X_f < X_{\max}$ : التقدم النهائي  $X_f$ ، أصغر من التقدم الأقصى  $X_{\max}$  بالنسبة للتحويلات الكيميائية غير الكلية (أي المحدودة)  
 $0 < \tau \leq 1$

$\tau$  عدد بدون وحدة و يعبر عنه أحيانا بنسبة مئوية.

ملحوظة:

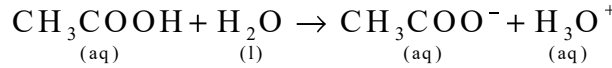
إذا كان  $\tau=1$ : فالنتقال كلي و التقدم لنهايو التقدم الأقصى متساويين

## الإبراز التجريبي لنسبة التقدم النهائي لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء:

نصب في كأس حجما  $V_0=500\text{cm}^3$  من الماء المقطر. ثم نضيف إليه حجما  $V=1\text{cm}^3$  من حمض الإيثانويك ( $d=1.05$ ). باستعمال جهاز pH متر نقيس pH الخليط فنحصل على  $\text{pH}=3.1$   
 $\rho_0=1\text{g/cm}^3$ : الكتلة الحجمية للماء

1. أكتب معادلة ذوبان حمض الإيثانويك في الماء
2. أحسب كمية مادة حمض الإيثانويك البدئية
3. أنجز الجدول الوصفي و استنتج التقدم القدم الأقصى
4. أحسب التقدم النهائي و أحسب كمية مادة حمض الإيثانويك المتبقية و استنتج
5. أحسب نسبة التقدم

يحدث تفاعل بين المزدوجتين  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$  و  $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$



$$n_i = \frac{m_i}{M} = \frac{\rho \cdot V}{M} = \frac{d \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V}{M} = \frac{1,05 \times 1\text{g/cm}^3 \times 1\text{cm}^3}{60} = 1,75 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

كمية مادة حمض الإيثانويك البدئية هي:  $1,75 \times 10^{-2} \text{ mol}$   
 بما أن الماء موجود بوفرة فإن المتفاعل المد هو حمض الإيثانويك.

جدول التقدم:

$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$				معادلة التفاعل	
(aq)	(l)	(aq)	(aq)	التقدم	الحالة
$n(\text{CH}_3\text{COOH})$	$n(\text{H}_2\text{O})$	$n(\text{CH}_3\text{COO}^-)$	$n(\text{H}_3\text{O}^+)$	0	الحالة البدئية
$n_i$	بوفرة	0	0	0	
$n_i - X$	بوفرة	X	X	X	حالة التحويل
$n_i - X_f$	بوفرة	$X_f$	$X_f$	$X_f$	الحالة النهائية

بما أن التقدم الأقصى  $X_{\max}$  هو تقدم التفاعل الذي يوافق الإختفاء الكلي للمتفاعل المد.

$$n_i - X_{\max} = 0 \text{ ومنه: } n_i = X_f = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

استقرار pH يدل على أن المجموعة توجد في حالتها النهائية و بالتالي  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3.1} \text{ mol/l} = 7,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$

من خلال جدول التقدم لدينا :

$$x_f = n(\text{H}_3\text{O}^+) = [\text{H}_3\text{O}^+] \times (V + V_0) = 7,9 \times 10^{-4} \text{ mol/l} \times 501 \times 10^{-3} \text{ l} \approx 4 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$x_f = 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \quad \text{إذن:}$$

نلاحظ أن التقدم النهائي أصغر من التقدم الأقصى مما يدل على أن حمض الإيثانويك لم يختف كليا عند نهاية التفاعل . وكمية مادة حمض الإيثانويك المتبقية عند نهاية التفاعل هي:

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n_i - n_f = 1,75 \times 10^{-2} - 4 \times 10^{-4} = 1,71 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

وبالتالي التفاعل المدروس ليس كلياً، فجميع المتفاعلات و النواتج تتواجد معا في الحالة النهائية رغم أن التفاعل قد توقف عن التطور، نقول أن هذا التفاعل محدود.

$$\tau = \frac{X_f}{X_{\max}} = \frac{4 \times 10^{-4}}{1,75 \times 10^{-2}} = 2,3 \times 10^{-2} = 2,3\%$$

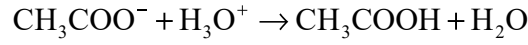
وهذا يعني أن 2.3% من حمض الإيثانويك هو الذي تفاعل مع الماء أي أن التفاعل محدود

### استنتاج:

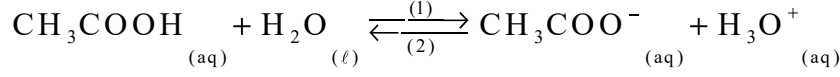
يمكن خلال تحول كيميائي أن يكون التقدم النهائي  $x_f$  مغايرا للتقدم الأقصى، في هذه الحالة لا يختفي أي من المتفاعلات عند توقف المجموعة عن التطور  $x_f < x_{max}$

### 5. التوازن الكيميائي لمجموعة كيميائية:

و تبين التجربة أن تفاعل الأيونات  $CH_3COO^-$  و  $H_3O^+$  كذلك محدود وهو معاكس لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء



إذن تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء تفاعل محدود ويؤدي إلى توازن كيميائي يكتب على النحو التالي:

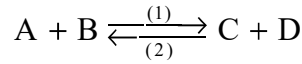


تتميز حالة التوازن الكيميائي بكون جميع المتفاعلات والنواتج تتواجد في الخليط عند نهاية التفاعل وفي حالة توازن ديناميكي

معادلة التفاعل			
$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	$n(CH_3COO^-)$	$n(H_3O^+)$
الحالة البدئية	0	0	0
حالة التحول	x	x	x
الحالة النهائية	$1.75 \cdot 10^{-2} mol$	$1.75 \cdot 10^{-2} mol$	$1.75 \cdot 10^{-2} mol$

عندما يتحقق التوازن الديناميكي تبقى تراكيز المتفاعلات والنواتج ثابتة خلال الزمن .

هام:



في حالة توازن مجموعة كيميائية تتواجد المتفاعلات و النواتج معا بنسب تبقى ثابتة خلال الزمن و يكون في كل لحظة عدد الدقائق المختفية بالتفاعل ف المنحى المباشر (1) مساويا لعدد الدقائق المتكونة في المنحى غير المباشر (2)