

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:

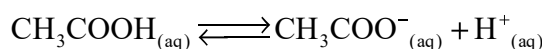
HCl	CH ₃ COOH	HCOOH
حمض الكلوريدريك	حمض الإيثانويك	حمض الميثانويك

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

NH ₃	CH ₃ COO ⁻	OH ⁻
أمونياك	أيون الإيثانوات	أيون الهيدروكسيد

المزدوجات حمض قاعدة::

- جزيئة حمض الإيثانويك CH₃COOH بإمكانها فقدان بروتون H^+ لكي تتحول إلى CH₃COO⁻
- وأيون الإيثانوات CH₃COO⁻ بإمكانه اكتساب بروتون H^+ لكي يتحول إلى CH₃COOH
- الحمض CH₃COOH والقاعدة المرافقة له CH₃COO⁻ مرتبطان بنصف المعادلة:



ونرمز للمزدوجة حمض - قاعدة بما يلي: CH₃COOH/ CH₃COO⁻

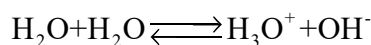
أمثلة لبعض المزدوجات حمض قاعدة:

الجدول التالي يتضمن بعض المزدوجات حمض قاعدة:

المعادلة	القاعدة	الحمض	المزدوجة حمض-قاعدة
$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	أيون الإيثانوات	CH ₃ COOH حمض الإيثانويك	CH ₃ COOH/ CH ₃ COO ⁻
$C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	أيون البنزوات	C ₆ H ₅ COOH حمض البنزويك	C ₆ H ₅ COOH/ C ₆ H ₅ COO ⁻
$NH_4^+_{(aq)} \rightleftharpoons NH_3_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	الأمونياك جزيئة	NH ₄ ⁺ أيون الأمونيوم	NH ₄ ⁺ /NH ₃
$H_3O^+_{(aq)} \rightleftharpoons H_2O_{(aq)} + H^+_{(aq)}$	الماء جزيئة	H ₂ O أيون الأوكسونيوم	H ₃ O ⁺ /H ₂ O

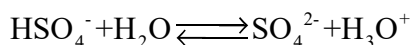
الأمفوليتات:

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

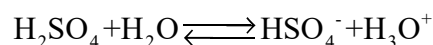


المزدوجات :

H₂O : حمض برونشتيد
H₂O : قاعدة برونشتيد
و بالتالي فالجزيئة H₂O : أمفوليت



المزدوجة HSO₄⁻/ SO₄²⁻ و HSO₄⁻ حمض برونشتيد



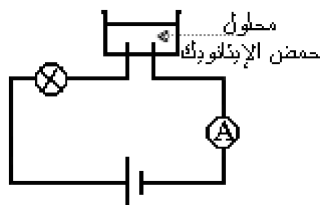
المزدوجة H₂SO₄/ HSO₄⁻ و HSO₄⁻ قاعدة برونشتيد

وبالتالي فالأيون HSO₄⁻ : أمفوليت

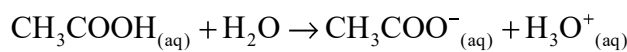
2. التحول حمض قاعدة:

تجربة:

تنحرف إبرة الأمبير متر و منه فالمحلول المائي لحمض الإيثانويك موصل للتيار الكهربائي و بالتالي يحتوي على أيونات الإيثانوات CH₃COO⁻ كما يحتوي على أيونات الأوكسونيوم H₃O⁺ (أزرق البروموتيمول يأخذ لونا أزرق).



معادلة التفاعل الحاصل بين حمض الإيثانويك والماء:



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

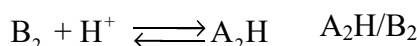
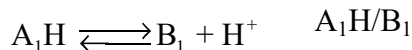
هام:

حمض الإيثانويك الخالص ليس بموصل للتيار الكهربائي

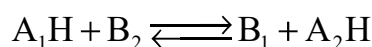
تعميم:

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

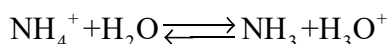
المزدوجة



الحمض A_1H يتفاعل مع القاعدة 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 و قياس 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 S_1 ذي pH=5.8 و 20ml من محلول S_2 ذي pH=3.2.

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

(2) ما المحلول الأكثر حمضية؟

(3) نمزج المحلولين S_1 و 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 البروموتيمول: 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 بمحالييل 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 الستوكيوميتريّة.
- * التقدم الأقصى x_{max} هو تقدم التفاعل الذي يوافق **الاختفاء 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)
 $0 < \tau \leq 1$

τ عدد بدون وحدة و يعبر عنه أحيانا بنسبة مئوية.

ملحوظة:

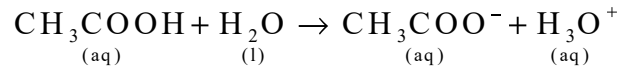
إذا كان $\tau=1$: فالنتقال كلي و التقدم لنهايو التقدم الأقصى متساويين

الإبراز التجريبي لنسبة التقدم النهائي لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء:

نصب في كأس حجمًا $V_0=500\text{cm}^3$ من الماء المقطر. ثم نضيف إليه حجمًا $V=1\text{cm}^3$ 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 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 $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$



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

كمية مادة حمض الإيثانويك البدئية هي: $1,75 \times 10^{-2} \text{mol}$

بما أن الماء موجود بوفرة فإن المتفاعل المحد 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 المحد.

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

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,1} \text{mol} / \ell = 7,9 \cdot 10^{-4} \text{mol} / \ell$$

من خلال جدول التقدم لدينا :

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

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

نلاحظ أن التقدم النهائي أصغر من التقدم الأقصى مما يدل على أن حمض الإيثانويك لم يختف كلياً 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 والنواتج 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:

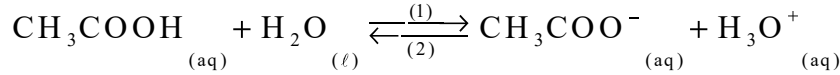
يمكن خلال تحول كيميائي أن يكون التقدم النهائي x_f مغايرا للتقدم الأقصى، في هذه الحالة لا يختفي أي من المتفاعلات عند توقف المجموعة عن التطور $x_f < x_{\max}$

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

$$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$$

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

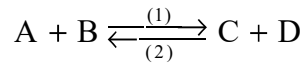


تتميز حالة التوازن الكيميائي بكون جميع المتفاعلات والنواتج تتواجد في الخليط عند نهاية التفاعل وفي حالة توازن ديناميكي

معادلة التفاعل					
$\underset{(aq)}{\text{CH}_3\text{COOH}} + \underset{(\ell)}{\text{H}_2\text{O}} \rightleftharpoons \underset{(aq)}{\text{CH}_3\text{COO}^-} + \underset{(aq)}{\text{H}_3\text{O}^+}$					
$n(\text{CH}_3\text{COOH})$	$n(\text{H}_2\text{O})$	$n(\text{CH}_3\text{COO}^-)$	$n(\text{H}_3\text{O}^+)$	التقدم	الحالة
$1.75 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	بوفرة	0	0	0	الحالة البدئية
$n_i - x$	بوفرة	x	x	x	حالة التحول
$n_i - x_f = 1.71 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	بوفرة	$1.75 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	$1.75 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	$1.75 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	الحالة النهائية

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 المختلفة بالتفاعل ف المنحى المباشر (1) مساويا لعدد الدقائق المتكونة في المنحى غير المباشر (2)