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:

$HCOOH$	CH_3COOH	HCl
حمض الميثانويك	حمض الإيثانويك	حمض الكلوريدريك

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

أمثلة:

OH^-	CH_3COO^-	NH_3
أيون الهيدروكسيد	أيون الإيثانوات	أمونياك

المزدوجات حمض قاعدة::

- جزيئةحمض الإيثانويك CH_3COOH بإمكانها فقدان بروتون H^+ لكي تتحول إلى CH_3COO^-
- وأيون الإيثانوات CH_3COO^- بإمكانه اكتساب بروتون H^+ لكي يتحول إلى CH_3COOH
- الحمض CH_3COOH والقاعدة المرافقة له CH_3COO^- مرتبطان بنصف المعادلة:

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

ونرمز للمزدوجة حمض – قاعدة بما يلي: $CH_3COOH/\ CH_3COO^-$

أمثلة لبعض المزدوجات حمض قاعدة:

الجدول التالي يتضمن بعض المزدوجات حمض قاعدة:

المزدوجة حمض-قاعدة	الحمض	القاعدة	المعادلة
$CH_3COOH/\ CH_3COO^-$	CH_3COOH حمض الإيثانويك	CH_3COO^- أيون الإيثانوات	$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$
$C_6H_5COOH/\ C_6H_5COO^-$	C_6H_5COOH حمض البنزويك	$C_6H_5COO^-$ أيون البنزوات	$C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$
NH_4^+/NH_3	NH_4^+ أيون الأمو نيوم	NH_3 الأمونياك جزيئة	$NH_4^+_{(aq)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H^+_{(aq)}$
H_3O^+/H_2O	H_3O^+ أيون الأوكسونيوم	H_2O الماء جزيئة	$H_3O^+_{(aq)} \rightleftharpoons H_2O_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

الأمفوليتات:

الأمفوليت كل نوع كيميائي بإمكانه و حسب ظروف التجربة أن يكون إما حمض أو قاعدة برونشتد

أمثلة:

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

المزدوجات :

H_2O/OH^- H_2O: حمض برونشتد

H_3O^+/H_2O H_2O: قاعدة برونشتد

و بالتالي فالجزيئة H_2O: أمفوليت

$$H_2SO_4 + H_2O \rightleftharpoons HSO_4^- + H_3O^+$$

المزدوجة $H_2SO_4/\ HSO_4^-$ و HSO_4^- قاعدة برونشتد

$$HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons SO_4^{2-} + H_3O^+$$

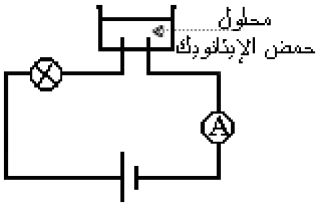
المزدوجة $HSO_4^-/\ SO_4^{2-}$ و HSO_4^- حمض برونشتد

وبالتالي فالأيون HSO_4^- : 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 CH_3COO^- كما يحتوي على أيونات الأوكسونيوم H_3O^+ (أزرق البروموتيمول يأخذ لونا أزرق).



معادلة التفاعل الحاصل بين حمض الإيثانويك والماء:

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

وهو تفاعل بين المزدوجتين : H_3O^+/H_2O و CH_3COOH/CH_3COO^-

هام:

حمض الإيثانويك الخالص ليس بموصل للتيار الكهربائي

تعميم:

أثناء التفاعل حمض قاعدة يتم تبادل بروتون H^+ بين مزدوجتين حمض-قاعدة A_1H/B_1 و A_2H/B_2

المزدوجة

$$A_1H \rightleftharpoons B_1 + H^+ \qquad A_1H/B_1$$

$$B_2 + H^+ \rightleftharpoons A_2H \qquad A_2H/B_2$$

الحمض A_1H يتفاعل مع القاعدة B_2.

$$A_1H + B_2 \rightleftharpoons B_1 + A_2H$$

مثال : التفاعل بين المزدوجتين NH_4^+/NH_3 و H_3O^+/H_2O

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$$

3. تعريف و قياس pH محلول مائي:

تعريف الpH:

تتعلق الخاصية الحمضية أوالقاعدية لمحلول مائي بتركيز أيونات الأوكسونيوم $H_3O^+_{(aq)}$ الذي تربطه ب pH العلاقة التالية

$$\left[H_3O^+\right] = 10^{-pH} \quad \text{أو} \quad \mathbf{pH=-\log[H_3O^+]}$$

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 الأكسونيوم الموجودة في كل من المحلولين .

2)ما المحلول الأكثر حمضية؟

3)نمزج المحلولينS_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 pH<6 ولونا أزرقا في محلول ذي pH>7.6 ولونا أخضرا في المجال [6-7.6] وهذا المجال يسمى بمنطقة انعطاف الكاشف الملون واللون الذي يأخذه فيه الكاشف يسمى باللوينة الحساسة.

استعمال ورقpH :

وهو ورق مشبع بالكواشف الملونة ومجفف.

استعمال جهازpH متر:

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

ويجب دائما تعييره بمحاليل عيار ذاتpH معروف قبل الإستعمال.

4. تقدم تحول كيميائي:

التقدم النهائي والتقدم الأ قصى:

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

نسبة التقدم النهائي:

نسبة التقدم النهائي : $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$

$x_f < x_{max}$: التقدم النهائي x_f ، أصغر من التقدم الأقصى x_{max} بالنسبة للتحولات الكيميائية غير الكلية (أي المحدودة)

$$0 < \tau \leq 1$$

τ عدد بدون وحدة و يعبر عنه أحيانا بنسبة مئوية.

ملحوظة:

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

الإبراز التجريبي لنسبة التقدم النهائي لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء:

نصب في كأس حجما $V_0 = 500cm^3$ من الماء المقطر. ثم نضيف إليه حجما $V = 1cm^3$ من حمض الإيثانويك (d=1.05). باستعمال جهاز pH متر نقيس pH الخليط فنحصل على pH=3.1

الكتلة الحجمية للماء : $\varphi_0 = 1g/cm^3$

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 : CH_3COOH/CH_3COO^- و H_3O^+/H_2O

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

كمية مادة حمض الإيثانويك البدئية هي: $n_i = \frac{m_i}{M} = \frac{\rho.V}{M} = \frac{d.\rho_{eau}.V}{M} = \frac{1,05 \times 1g/cm^3 \times 1cm^3}{60} = 1,75 \times 10^{-2} mol$

بما أن الماء موجود بوفرة فإن المتفاعل المحد هو حمض الإيثانويك.

جدول التقدم:

معادلة التفاعل		$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	$n(H_3O^+)$	$n(CH_3COO^-)$	$n(H_2O)$	$n(CH_3COOH)$
الحالة البدئية	0	0	0	بوفرة	n_i
حالة التحول	x	x	x	بوفرة	n_i-x
الحالة النهائية	x_f	x_f	x_f	بوفرة	n_i-x_f

بما أن التقدم الأقصى x_{max} هو تقدم التفاعل الذي يوافق الإختفاء الكلي للمتفاعل المحد.

فإن: $n_i - x_{max} = 0$ ومنه: $n_i = x_f = 1.75\ 10^{-2} mol$

$\left[H_3O^+\right] = 10^{-3.1} mol\ell/\ell = 7.9.10^{-4} mol\ell/\ell$ استقرار pH يدل على أن المجموعة توجد في حالتها النهائية و بالتالي

من خلال جدول التقدم لدينا :

$$x_f = n(H_3O^+) = \left[H_3O^+\right] \times (V + V_O) = 7,9 \times 10^{-4} mol/\ell \times 501 \times 10^{-3} \ell \approx 4 \times 10^{-4} mol$$

إذن: $x_f = 4\ 10^{-4} mol$

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:

$$n(CH_3COOH) = n_i - n_f = 1,75 \times 10^{-2} - 4 \times 10^{-4} = 1,71 \times 10^{-2} mol$$

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

ونسبة التقدم النهائي لهذا التفاعل: $\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{4 \times 10^{-4}}{1,75 \times 10^{-2}} = 2,3 \times 10^{-2} = 2,3\%$

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

استنتاج:
يمكن خلال تحول كيميائي أن يكون التقدم النهائي xf 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 التجربةأن تفاعل الأيونات H_3O^+ و CH_3COO^- كذلك محدود وهو معاكس لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء

$$CH_3COO^- + H_3O^+ \rightarrow CH_3COOH + H_2O$$

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

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

تتميزحالة التوازن الكيميائي بكون جميع المتفاعلات والنواتج تتواجد في الخليط عند نهاية التفا عل وفي حالة توازن ديناميكي

معادلة التفاعل			$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$		
الحالة	التقدم	$n(H_3O^+)$	$n(CH_3COO^-)$	$n(H_2O)$	$n(CH_3COOH)$
الحالة البدئية	0	0	0	بوفرة	$1.75\ 10^{-3}$mol
حالة التحول	x	x	x	بوفرة	n_i-x
الحالة النهائية	$1.75\ 10^{-2}$mol	$1.75\ 10^{-2}$mol	$1.75\ 10^{-2}$mol	بوفرة	$n_i-x_f=1.71\ 10^{-2}$mol

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

هام:

$$A + B \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} C + D$$

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)