

التحولات الكيميائية التي تحدث في منحنيين

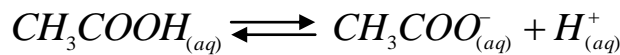
1) مفهوم المزدوجة حمض-قاعدة

(أ) تعريف:

نسمي حمض برونشتيد كل نوع كيميائي بإمكانه فقدان بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي، وقاعدة برونشتيد كل نوع كيميائي بإمكانه اكتساب بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي.

(ب) أمثال:

جزئية حمض 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:



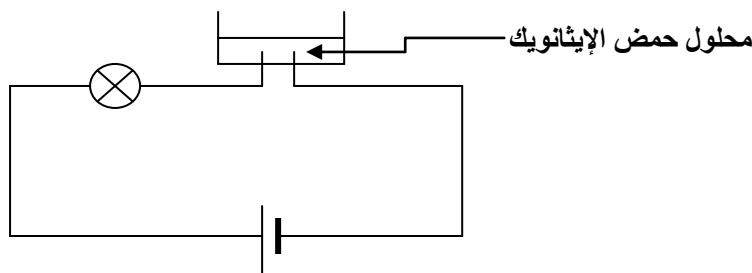
ونرمز للمزدوجة حمض - قاعدة بما يلي: CH_3COOH/CH_3COO^-

(ج) أمثلة لبعض المزدوجات حمض قاعدة

الجدول التالي يتضمن بعض المزدوجات حمض قاعدة:

المزدوجة حمض-قاعدة	الحمض	القاعدة
CH_3COOH/CH_3COO^-	حمض الإيثانويك CH_3COOH	أيون الإيثانوات CH_3COO^-
$C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$	حمض البنزويك C_6H_5COOH	أيون البنزوات $C_6H_5COO^-$
NH_4^+/NH_3	أيون الأمونيوم NH_4^+	جزئية الأمونياك NH_3
H_3O^+/H_2O	أيون الأوكسونيوم H_3O^+	جزئية الماء H_2O

ملحوظة: تنتصرف بعض الأنواع الكيميائية تارة كحمض وتارة أخرى كقاعدة برونشتيد، نسمي هذه الأنواع بالأمفوليتات. **فمثلا الماء (H_2O)** عبارة عن أمفوليت لأنه يلعب دور حمض برونشتيد في المزدوجة: H_2O/HO^- بينما يلعب دور قاعدة برونشتيد في المزدوجة H_3O^+/H_2O .



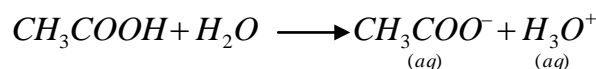
2) التحول حمض قاعدة:

(أ) تجربة:

باستعمال حمض **الإيثانويك الخالص** في المحلل الكهربائي لا يتوهج المصباح، و **بإضافة الماء** يتوهج المصباح. تبين التجربة أن حمض الإيثانويك الخالص ليس بموصل للتيار الكهربائي بينما المحلول المائي لحمض الإيثانويك موصل للتيار الكهربائي.

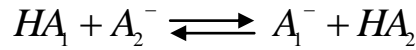
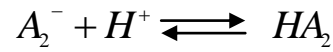
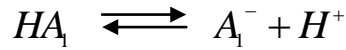
(ب) تحليل:

تعزى موصلية المحلول المائي لحمض الإيثانويك إلى كونه يحتوي على أيونات الإيثانوات كما يحتوي على أيونات الأوكسونيوم وهذه الأخيرة يمكن إبرازها بإستعمال أزرق البروموتيمول. معادلة التفاعل الحاصل بين حمض الإيثانويك والماء:

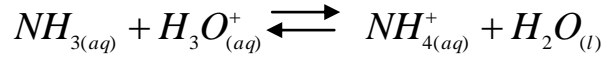


وهو تفاعل يتم بين المزدوجتين: H_3O^+/H_2O و CH_3COOH/CH_3COO^-

وبصفة عامة أثناء التفاعل حمض قاعدة يتم تبادل بروتون H^+ بين مزدوجتين حمض-قاعدة HA_1/A_1^- و HA_2/A_2^-



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



II-تعريف وقياس pH محلول مائي:

(1) تعريف pH :

تتعلق الخاصية الحمضية و القاعدية لمحلول مائي **بتركيز أيونات الأوكسونيوم** $H_3O_{(aq)}^+$ الذي تربطه ب pH المحلول العلاقة التالية:

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

(2) قياس pH محلول مائي:

نعمد لتحديد pH محلول مائي عدة تقنيات أهمها:

استعمال الكواشف الملونة: وهي عبارة عن مواد عضوية تتميز بكون لونها يتغير بوضوح عند تغير pH .

استعمال ورق pH: وهو ورق مشبع بالكواشف الملونة ومجفف.

استعمال جهاز pH متر: وهو الجهاز المفضل المستعمل لقياس pH



ورق pH

جهاز pH متر

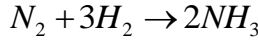
(III) تقدم تحول كيميائي:

(1) التقدم والتقدم الأقصى لتفاعل كيميائي:

* تقدم تفاعل كيميائي هو كمية مادة المتفاعلات x التي تختفي أو النواتج التي تتكون حسب المعاملات الستوكيومترية.
* التقدم الأقصى x_{max} هو تقدم التفاعل الذي يوافق الاختفاء الكلي للمتفاعل المحد.

مثال:

نعتبر التفاعل الكيميائي التالي:



نمزج في الحالة البدئية 1mol من غاز ثنائي الأزوت (N_2) و 2mol من غاز ثنائي الهيدروجين (H_2):
ليكن x تقدم التفاعل .

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$		
1	2	0
$1-x$	$2-3x$	$2x$

جدول تقدم التفاعل :

تحديد التقدم الأقصى للتفاعل نعتبر كأن التفاعل كليا، و من تم نحدد المتفاعل المحد و التقدم الأقصى:

إذا كان N_2 هو المتفاعل المحد : $1-x_{max} = 0 \Leftrightarrow x_{max} = 1mol$

إذا كان H_2 هو المتفاعل المحد : $2-3x_{max} = 0 \Leftrightarrow x_{max} = 2mol$ ولدينا : $1mol < 2mol \Leftrightarrow x_{max} = 1mol$

وبالتالي N_2 هو المتفاعل المحد.

(2) التقدم النهائي و نسبة التقدم النهائي:

بالنسبة للتحويلات الكيميائية غير الكلية (أي المحدودة) يكون التقدم النهائي x_f أصغر من التقدم الأقصى x_{max} ، وفي هذه الحالة تعرف

نسبة التقدم النهائي τ بالعلاقة: $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$ ، وهو عدد بدون وحدة $0 \leq \tau \leq 1$ لذلك نغير عنه أحيانا بنسبة مئوية.

(3) تحديد نسبة التقدم النهائي لمحلول مائي لحمض الايثانويك

نعتبر محلولاً مائياً لحمض CH_3COOH حجمه $V=50mL$ وتركيزه $c=3,5 \cdot 10^{-2} mol/L$ نقيس pH هذا المحلول الايثانويك

فنحصل على $pH=3,1$.

(1) أعط تعبير كمية المادة البدئية لحمض الايثانويك CH_3COOH .

(2) ارسم جدول تقدم التفاعل واستنتج قيمة التقدم الأقصى للتفاعل.

(3) أوجد كمية مادة H_3O^+ عند نهاية التفاعل.

(4) استنتج تعبير التقدم النهائي للتفاعل واحسب قيمته.

(5) عبر عن نسبة التقدم النهائي للتفاعل بدلالة pH و V ثم احسب قيمته. ماذا تستنتج؟

(1) . كمية المادة البدئية لحمض الايثانويك:

$$n_o(CH_3COOH) = CV = 3,5 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1} \times 0,5L = 1,75 \cdot 10^{-2} mol$$

(2) جدول التقدم

$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$				معادلة التفاعل	
$n(CH_3COOH)$	$n(H_2O)$	$n(CH_3COO^-)$	$n(H_3O^+)$	التقدم	الحالة
CV	بوفرة	0	0	0	الحالة البدئية
$CV - x$	بوفرة	x	x	x	حالة التحول

بما أن الماء مستعمل بإفراط فإن التفاعل ينتهي عندما يكون: $CV - x_{\max} = 0$ أي: $x_{\max} = CV = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
 (3) استقرار قيمة pH المحلول يدل على أن تطور التفاعل قد وصل إلى نهايته.
 $[H_3O^+]_f = 10^{-pH} = 10^{-2,9} = 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

ومنه نحدد كمية مادة H_3O^+ :

$$n(H_3O^+)_f = [H_3O^+]_f \cdot V = 10^{-pH} \cdot V = 10^{-3,1} \cdot \text{mol/L} \cdot 0,5L \approx 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

(4) من خلال جدول تقدم التفاعل لدينا: $n(H_3O^+)_f = x_f$

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

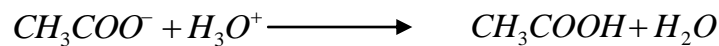
(5) نسبة التقدم النهائي للتفاعل

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{10^{-pH} \cdot V}{CV} = \frac{10^{-pH}}{C} = \frac{10^{-3,1}}{3,5 \cdot 10^{-2}} \approx 0,023 = 2,3\%$$

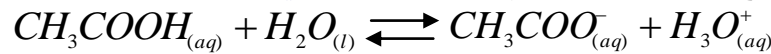
$\tau < 1$ التفاعل محدود.

(4) التوازن الكيميائي لمجموعة كيميائية:

تبيين التجربة أن تفاعل الأيونات CH_3COO^- كذلك محدود وهو معاكس لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء .



إذن تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء محدود ويؤدي إلى توازن كيميائي يعبر عنه بسهمين عكوسين.



تتميز حالة التوازن الكيميائي بكون جميع المتفاعلات والنواتج تتواجد في الخليط عند نهاية التفاعل وهي حالة توازن ديناميكي، ويتضح ذلك من خلال جدول التقدم .

$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$				معادلة التفاعل	
$n(CH_3COOH)$	$n(H_2O)$	$n(CH_3COO^-)$	$n(H_3O^+)$	التقدم	الحالة
$1,75 \times 10^{-2} \text{ mol}$	بوفرة	0	0	0	الحالة البدئية
$n_i - x$	بوفرة	x	x	x	حالة التحول
$n_i - x_f = 1,71 \times 10^{-2}$	بوفرة	$1,75 \times 10^{-2} \text{ mol}$	$1,75 \times 10^{-2} \text{ mol}$	$1,75 \times 10^{-2} \text{ mol}$	الحالة النهائية

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

Abdelkrim SBIRO