

الجزء الثاني :

التحولات غير الكلية لمجموعة كيميائية

التحولات الكيميائية التي تحدث في المنحين

الوحدة 3

Transformations chimiques s'effectuant dans les deux sens

I (التفاعلات حمض - قاعدة les réactions acido-basiques)

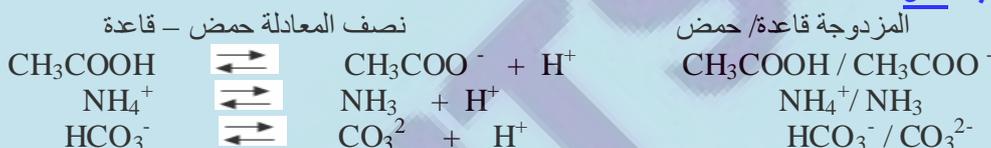
1 - المزدوجة قاعدة / حمض couple acide/base

أ - تعريف

- نسمي حمضا ، حسب برونشتيد ، كل نوع كيميائي قادر على فقدان بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي .
- نسمي قاعدة ، حسب برونشتيد ، كل نوع كيميائي قادر على فقدان بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي .
- النوعان الكيميائيان حمض و قاعدة يرافقان دائما بعضهما البعض و يكونان مزدوجة قاعدة / حمض نرمز لها ب AH/A^- أو ب BH^+/B

ومرتبطان بنصف المعادلة حمض - قاعدة : $AH \rightleftharpoons A^- + H^+$ أو $BH^+ \rightleftharpoons B + H^+$

ب - مثال



ج - ملحوظة

تنصرف بعض الأنواع الكيميائية تارة كحمض و تارة كقاعدة ، نقول بأنها أمفوليتات ampholytes مثال أيون هيدروجينوكربونات يلعب دور حمض في المزدوجة HCO_3^- / CO_3^{2-} و يلعب دور قاعدة في المزدوجة $CO_2, H_2O / HCO_3^-$.

2 - التحول حمض - قاعدة transformation acide - base

1.2 - نشاط تجريبي

مناولة 1

حضّر كأسين (1) و (2) ، بحيث تحتوي الكأس (1) على حمض الإيثانويك الخالص و تحتوي الكأس (2) على حمض الإيثانويك المخفف بالماء. بنجز التركيب المبين جانبه ، فنلاحظ أن الأمبيرمتر (A) لا يشير إلى أي تيار كهربائي بالنسبة للماء الخالص و لحمض الإيثانويك الخالص ، بينما يشير إلى مرور تيار كهربائي مهم بالنسبة لحمض الإيثانويك المخفف .

مناولة 2

نصب قليلا من المحلول المخفف لحمض الإيثانويك في أنبوب اختبار و نضيف إليه بعض القطرات من الكاشف الملون أزرق البروموتيمول BBT ، فنلاحظ أن المحلول يأخذ لون أصفر .

أ - كيف تفسر مرور التيار الكهربائي في حمض الإيثانويك المخفف ؟

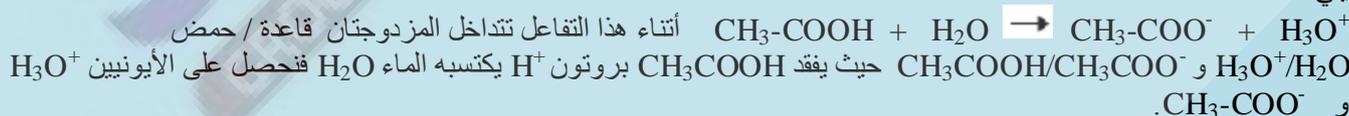
ب - ما هي الخاصية التي يتميز بها المحلول المائي لحمض الإيثانويك ؟

ج - عمم هذه النتيجة و اكتب معادلة التفاعل حمض - قاعدة بالنسبة لمزدوجتين متداخلتين HA_1/A_1^- و HA_2/A_2^- .

استثمار

1 - نفسر مرور التيار الكهربائي في المحلول المائي لحمض الإيثانويك بكون هذا المحلول يحتوي على أيونات ، بينما حمض الإيثانويك الخالص فإنه مركب جزيئي لا يحتوي على أيونات .

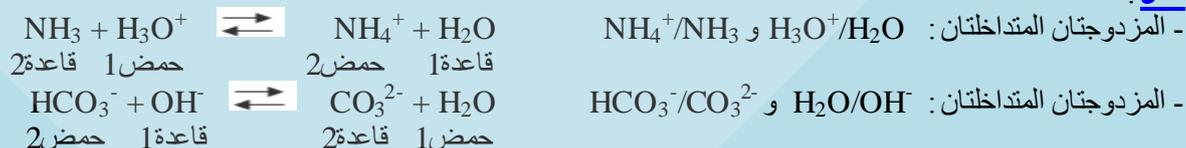
ب - الخاصية التي يتميز بها المحلول المائي المخفف لحمض الإيثانويك هي احتوائه على أيونات الأوكسونيوم H_3O^+ و التي تجعل المحلول يأخذ اللون الأصفر بوجود الكاشف الملون أزرق البروموتيمول BBT . و نكتب معادلة التفاعل بين حمض الإيثانويك و الماء كما يلي



ج - نعم النتيجة بالنسبة لمزدوجتين HA_1/A_1^- و HA_2/A_2^- حيث يفقد الحمض HA_1 بروتون H^+ يكتسبه القاعدة A_2^- فنحصل على الحمض HA_2 و القاعدة A_1^- حسب المعادلة التالية.



مثال :



pH d'une solution aqueuse محلول مائي (II**1 - تعريف**

نعرف pH محلول مائي بواسطة العلاقة $pH = -\log[H_3O^+]$ أو $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ بحيث اللوغاريتم العشري و $[H_3O^+] \leq 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

2 - تمرين تطبيقي

نتوفر على أربعة محاليل مائية S_A, S_B, S_C, S_D .

pH- المحلولين المائين S_A و S_B بالتتابع $pH_A = 2,8$ و $pH_B = 8,9$.

- تركيز أيونات الأوكسونيوم في المحلولين S_C و S_D بالتتابع $[H_3O^+] = 2,0.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ و $[H_3O^+] = 5,1.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

أ - ما هو pH المحلولين S_C و S_D ؟

ب - ما قيمة تركيز أيونات الأوكسونيوم في المحلولين S_A و S_B ؟

ج - كيف يتغير تركيز أيونات الأوكسونيوم في محلول ما عندما تتزايد قيمة pH ؟

الحل

أ - $pH_C = 2,7$ $pH_D = 4,3$ ب - $[H_3O^+]_A = 1,6.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ $[H_3O^+]_B = 1,3.10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$

ج - عند تزايد قيمة pH يتناقص $[H_3O^+]$ لأن $[H_3O^+] = 10^{-pH}$.

3 - قياس pH محلول مائي**1.3 - القياس بواسطة الكواشف الملونة**

➤ عند استعمال قطرات من كاشف ملون في محلول ما فإن هذا المحلول يأخذ لون معين. مثلا بالنسبة للكاشف الملون أزرق

البروموثيمول BBT فإن المحلول يأخذ لون أصفر إذا كان $pH < 6$ و يأخذ لون أزرق إذا كان $pH > 7,6$ و يأخذ اللون الحساسة

(لون أخضر) إذا كان pH يوجد في مجال منطقة الانعطف $[6,0 ; 7,6]$.

➤ عندما نغمر ورق pH (ورق مشبع بخليط من الكواشف الملونة) في محلول مائي فإنه يأخذ لون معين و بمقارنة هذا اللون

مع اللون النموذجي نحصل على قيمة تقريبية ل pH هذا المحلول بفارق وحدة.

2.3 - القياس بواسطة pH متر

جهاز pH متر يعطي قياس محلول مائي بدقة كبيرة.

نشاط تجريبي

نعتبر محلولاً مائياً، حيث يشير جهاز pH متر إلى القيمة

$pH = 4,30$. حسب هذه القيمة تكون دقة القياس من رتبة 0,05

أي أن $4,25 \leq pH \leq 4,35$

أ - ما هو تأطير تركيز الأيونات H_3O^+ ؟

ب - ما هي دقة تحديد تركيز الأيونات H_3O^+ ؟

استثمار

أ - بما أن $4,25 \leq pH \leq 4,35$ فإن $10^{-4,35} \leq 10^{-pH} \leq 10^{-4,25} \Leftrightarrow 5,623.10^{-5} \leq [H_3O^+] \leq 4,467.10^{-5}$

ب - دقة تحديد تركيز أيونات الأوكسونيوم

- بالنسبة ل $pH = 4,30$ فإن $[H_3O^+] = 5,012.10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

- الارتياح المطلق لقيمة تركيز أيونات الأوكسونيوم $\Delta[H_3O^+] = 0,6.10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

- نعبر عن تركيز أيونات الأوكسونيوم كما يلي: $[H_3O^+] = (5,0 \pm 0,6).10 \text{ mol.L}^{-1}$

- الارتياح النسبي لقيمة تركيز أيونات الأوكسونيوم: $\frac{\Delta[H_3O^+]}{[H_3O^+]} = \frac{0,6.10^{-5}}{5,0.10^{-5}} = 0,12 = 12\%$

استنتاج

عند قياس محلول مائي بارتياح من رتبة 0,05 وحدة، يكون تحديد قيمة تركيز الأيونات الموافقة بارتياح نسبي من رتبة 10%. لذلك

يجب أن لا يتجاوز عدد الأرقام المعبرة عن تركيز مستنتج من قياس pH، رقمين دالين.

III (تقدم تحول كيميائي) advancement d'une transformation chimique**1 - التقدم النهائي و التقدم الأقصى advancement final et advancement maximal****1.1 - نشاط تجريبي**

نصب في كأس مملوء ب $V_0 = 500 \text{ mL}$ من الماء المقطر، $V = 1,00 \text{ mL}$ من حمض الإيثانويك. بعد تجانس المحلول المحصل عليه

، نغمر فيه إلكترود ال pH متر و ننتظر إلى أن تستقر قيمة ال pH، فنجد $pH = 3,10$.

أ - أكتب معادلة تفاعل حمض - قاعدة الذي يحدث بين حمض الإيثانويك و الماء.

ب - حدد كمية المادة البدئية لحمض الإيثانويك $n_0(\text{CH}_3\text{COOH})$.

ج - أنشئ جدول التقدم و استنتج قيمة التقدم الأقصى X_{max} .

د - حدد التقدم النهائي X_f و قارنه بالتقدم الأقصى X_{max} . ماذا تستنتج ؟

Nitro Software, Inc.

100 Portable Document Lane

Wonderland

www.students.ma

نعطي الكتلة المولية لحمض الإيثانويك $M = 60 \text{g.mol}^{-1}$ و كثافته $d = 1,05$.

2.1 - استثمار



$$n_0(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{\rho_0 \cdot d \cdot V}{M} = \frac{1.1,05.1}{60} = 1,75.10^{-2} \text{mol.L}^{-1}$$

ج - جدول التقدم

معادلة التفاعل				التقدم	الحالة	
كميات المادة						
CH_3COOH	+	H_2O	\rightarrow	CH_3COO^-	+	H_3O^+
n_0		بوفرة		0		0
$n_0 - x$		بوفرة		x		x
$n_0 - x_f$		بوفرة		x_f		x_f

نحصل على التقدم الأقصى إذا كان التفاعل كلياً أي إذا اختفى المتفاعل المدد ، في هذه الحالة نكتب $x_{\max} = n_0$ أي $n_0 - x_{\max} = 0$

$$x_{\max} = 1,75.10^{-2} \text{mol.}$$

د - قيمة التقدم النهائي

$$x_f = n_f(\text{H}_3\text{O}^+) = [\text{H}_3\text{O}^+](V + V_0) \approx 7,9.10^{-4}.0,5 \approx 4.10^{-4} \text{mol.}$$

لدينا $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 7,9.10^{-4} \text{mol.L}^{-1}$ إذن $x_f < x_{\max}$ إذن المتفاعل المدد لم يختف كلياً و بالتالي فإن التحول المدروس ليس كلياً ، فجميع النواتج و المتفاعلات توجد

2 - نسبة التقدم النهائي

نسبة التقدم النهائي لتفاعل كيميائي هو خارج قسمة التقدم النهائي x_f للتفاعل على تقدمه الأقصى x_{\max} $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$

إنه عدد بدون وحدة ومحصور بين 0 و 1 و يمكن أن نعبر عنه بنسبة مائوية .

- بالنسبة للنشاط التجريبي السابق $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{4.10^{-4}}{1,75.10^{-2}} = 2,3.10^{-2}$. إذن التفاعل محدود و فقط 2,3% من جزيئات حمض الأيثانويك

هي التي تفاعلت مع الماء .

3 - منحياً تطور تحول كيميائي .

1.3 - نشاط تجريبي

- نحضر محلولاً مائياً S لحمض الإيثانويك تركيزه المولي $C = 1,0.10^{-2} \text{mol.L}^{-1}$ بإذابة حمض الإيثانويك CH_3COOH في الماء الخالص .

- نقيس المحلول S فنجد $\text{pH}_i = 3,40$.

- نصب في كأسين A و B نفس الحجم $V = 20 \text{mL}$ من المحلول S .

- نضيف إلى الكأس A بعض القطرات من حمض الإيثانويك الخالص CH_3COOH فنلاحظ أن pH يأخذ القيمة $\text{pH}_A = 2,60$.

- نضيف إلى الكأس B قليلاً من بلورات إيثانوات الصوديوم NaCH_3COO ، فنلاحظ أن pH يأخذ القيمة $\text{pH}_B = 5,10$.

أ - أكتب معادلة التفاعل حمض - قاعدة الذي حدث خلال تحضير المحلول S .

ب - في أي منحنى تطورت المجموعة الكيميائية الموجودة في الكأس A ؟

ج - في أي منحنى تطورت المجموعة الكيميائية الموجودة في الكأس B ؟

د - قارن منحنى التطور .

- استثمار

أ - عند إضافة حمض الإيثانويك إلى الماء يحدث تفاعل بين حمض الإيثانويك و الماء حسب المعادلة :

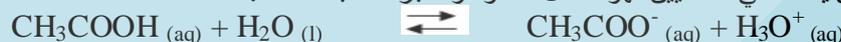


ب - بإضافة بعض القطرات من حمض الإيثانويك إلى المحلول S ، نلاحظ تناقص pH و بالتالي تزايد $[\text{H}_3\text{O}^+]$.

و بما أن الحجم لم يتغير تقريباً فإن تزايد $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ناتج عن تزايد H_3O^+ التي تكونت خلال التحول الكيميائي . إذن لقد تطورت المجموعة في منحنى تكون الأيونات H_3O^+ أي في المنحنى المباشر .

ج - بإضافة بلورات إيثانوات الصوديوم ، نلاحظ تزايد pH المحلول أي تناقص $[\text{H}_3\text{O}^+]$. و بما أن الحجم لم يتغير تقريباً فإن تناقص $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ناتج عن تناقص H_3O^+ . إذن لقد تطورت المجموعة في منحنى تناقص الأيونات H_3O^+ أي في المنحنى غير المباشر .

د - يمكن للتفاعل الحاصل أن يحدث في المنحنيين فهو تفاعل محدود و نعبر عنه بالمعادلة :



2.3 - خلاصة

يحدث خلال كل تحول كيميائي غير كلي ، تفاعل في المنحنيين (المباشر و غير المباشر لمعادلة التفاعل)

(IV) حالة توازن مجموعة كيميائية

1 - نشاط تجريبي

- نذيب $n_i = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ من حمض الميثانويك HCOOH في لتر من الماء الخالص ، فنحصل على محلول S. بعد استقرار المحلول S نقيس pH المحلول فنجد $\text{pH} = 3,06$.
 أ - بين أن التفاعل بين حمض الميثانويك و الماء محدود .
 ب - أنشئ جدول التقدم ثم أحسب تركيب المجموعة في الحالة النهائية .
 ج - استنتج مفهوم التوازن الكيميائي .

2 - استثمار

- أ - في حالة تحول كلي فإن $x_f = x_{\text{max}} = n_i$ من خلال pH فإن $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,06} = 8,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ إذن $x_f = 8,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ لأن حجم المحلول $V_S = 1\text{L}$.
 ب - جدول التقدم

معادلة التفاعل				معدلات التفاعل	
$\text{HCOOH}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{HCOO}^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$				التقدم	الحالة
كميات المادة					
n_i	بوفرة	0	0	0	الحالة البدئية
$n_i - x_f = 0,00413 \text{ mol}$	بوفرة	$x_f = 0,00413 \text{ mol}$	$x_f = 0,00413 \text{ mol}$	x_f	الحالة النهائية

- ج - تتركب المجموعة في الحالة النهائية ، من المتفاعلات و النواتج التي تبقى كمياتها ثابتة خلال الزمن ، أي أن المجموعة توجد في حالة توازن كيميائي .

3 - تعميم

- يمكن خلال التحول الكيميائي لبعض المجموعات ، أن نحصل على حالة تتواجد فيها المتفاعلات و النواتج معا بنسب ثابتة .نسمي هذه الحالة النهائية ، حالة التوازن الكيميائي .
 عند إضافة أحد المتفاعلات أو أحد النواتج فإن تتطور في المنحى المباشر أو عكس المنحى المباشر للمعادلة و يحصل توازن كيميائي جديد للمجموعة ، نقول إن التوازن الكيميائي ديناميكي .