

التحولات المحدودة و التامة

1. التفاعلات الحمضية القاعدية

1.1. الحمض ، القاعدة و مزدوجة حمض قاعدة

الحمض هو نوع كيميائي يقصد بروتونا H^+ أثناء تفاعله
القاعدة هي نوع كيميائي اكتسب بروتونا H^+ أثناء تفاعله.

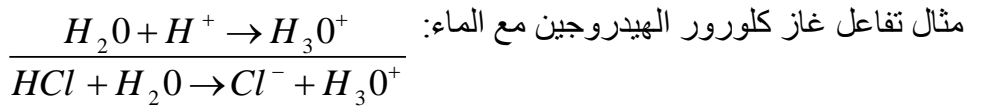
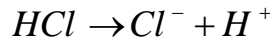
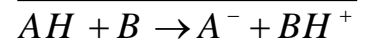
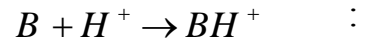
كل حمض AH فقد H^+ يتحول للقاعدة A^- وكل قاعدة B اكتسبت بروتونا تتحول لحمض BH^+ ،
يكون الحمض AH والقاعدة A^- مزدوجة قاعدة / حمض رمزها AH / A^- . A^- تكون القاعدة المرافقة للحمض
AH.

نومز للمرور من الحمض إلى القاعدة المرافقة او العكس بنصف معادلة حمض قاعدة التالية:



1.2. التفاعل الحمضي القاعدي ومعادلته

يقع التفاعل الحمضي القاعدي بين حمض مزدوجة وقاعدة مزدوجة ثنائية. AH / A^- و BH^+ / B حسث يتم انتقال
بروتون من حمض مزدوجة نحو قاعدة المزدوجة الأخرى.
لكتابة التفاعل نستعين بنصفي المعادلة حيث يكتبان حسب منحى التفاعل:



2. pH محلول وقياسه

2.1. تعريف ال pH

بالنسبة للمحاليل المائية المخففة pH المحلول هو عكس اللوغاريتم العشري لعدد حقيقي بدون وحدة يساوي قيمة تركيز
أيونات الأوكسونيوم . $pH = -\log[H_3O^+]$. عكسيا $[H_3O^+] = 10^{-pH} \text{ mol.L}^{-1}$

2.2. قياس ال pH

لقياس pH محلول مائي نستعمل إحدى الطريقتين:

- ورق pH : حيث نضع بضع قطرات المحلول على الورق ثم يتم مقارنة لون الورق مع سلم ألوان. حيث كل لون
يشير لقيمة معينة ل pH .
- كما نستعمل جهاز pH متر مدرج. حيث يتم غمر مجسه داخل المحلول فتتم قراءة قيمة pH على العتبة
الإلكترونية.

3. التحولات التامة و المحدودة

3.1. تعريف

يكون التفاعل تام إذا اختفى المتفاعل المجد عند نهاية تطور المجموعة الكيميائية.
يكون التفاعل محدود حينما لا يختفي المتفاعل المجد عند نهاية التفاعل.
نرمز لتفاعل محدود بالرمز (=) . عند كتابة معادلة التفاعل.
حينما نجعل هل التفاعل تام أو محدود نستعمل الرمز (=) ثم يتم تعويضه بالسهم عند معرفة ان التفاعل تام.

نقول إن المجموعة الكيميائية في حالة توازن كيميائي عند درجة الحرارة T والضغط P حينما تكف تراكيز المتفاعلات والنواتج عن التطور أي تبقى ثابتة، وهو ما يوافق الحالة النهائية للتفاعل.

3.2 تحديد الميزة التامة أو المحدودة للتفاعل

لنتصور تحول كيميائي حيث الحالة البدئية معروفة تماما. يمكن دراسة التقدم ب mol أو $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. التقدم الحجمي، يتم حساب التقدم القصوي x_m باعتبار التفاعل تام .
يتم التعرف تجريبيا على التقدم عند التوازن x_{eq} بحساب كمية مادة أو تركيز أحد المتفاعلات أو النواتج.

إذا كان $x_{eq} = x_{max}$ التحول تام.

إذا كان $x_{eq} < x_{max}$ التحول محدود.

المتفاعل المجد لم يستهلك كليا، والمجموعة الكيميائية تتوقف عن التطور.

مثال : عند إذابة $1.10^{-2} \text{ mol / L}$ من حمض الإيثانويك CH_3COOH في لتر من الماء الخالص. معادلة الذوبان هي :



جدول تطور المجموعة حيث التقدم الحجمي:

معادلة التفاعل		$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$			
حالة المجموعة	التقدم الحجمي $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	التركيز ب mol/L			
الحالة البدئية	0	1.0010^{-2}	-	0	0
الحالة البينية	x	$1.0010^{-2}-x$	-	x	x
الحالة النهائية	x_m	$1.0010^{-2}-x_m$	-	x_m	x_m

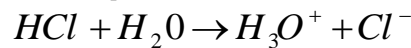
لدينا $x_{eq} = [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 7,9.10^{-4} \text{ mol / L} < x_{eq} < 5,0.10^{-4} \text{ mol / L}$ أي

المتفاعل المجد هو CH_3COOH . التقدم الحجمي الأقصى هو حل المعادلة $1.10.10^{-2} - x_m = 0$.

$$\text{أي } x_m = 10^{-2} \text{ mol / L}$$

$x_{eq} < x_m$. العدد الأكبر من جزيئات حمض الإيثانويك لم تتفاعل التحول إذن محدود.

بينما بالنسبة لتفاعل حمض كلورور الهيدروجين HCl في الماء نجد $x_m = x_{eq}$. التحول تام. ومعادلة التفاعل تكتب



3.3 نسبة التقدم النهائي لتفاعل

نسبة التقدم النهائي (τ أو عند التوازن) لتفاعل هو خارج فسمة التقدم عند التوازن على التقدم القصوي :

$$\tau = \frac{x_{eq}}{x_m}$$

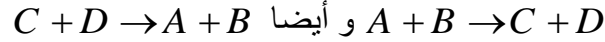
إذا كان $\tau = 1$ التحول تام

إذا كان $\tau < 1$ التحول محدود.

4. نمذجة التوازن الكيميائي :

4.1. التآويل الحركي

لنعتبر تحول كيميائي معادلة تفاعله كالتالي : $A + B = C + D$
عند التوازن لا تعرف المجموعة أي تطور أي تغيير في المقادير المراقبة عيانيا. (درجة الحرارة. اللون . التركيز، pH) رغم ذلك هناك الرج الحراري ومن المنطقي أن تحدث تصادمات فعالة بين A,B,C,D . ومنه عند التوازن تكون المجموعة الكيميائية مقرا للتفاعلين المتعاكسين التاليين.



التركيز المولي للأنواع الكيميائية لا يتغير أي في مدة زمنية مثلا تكون كمية مادة النوع A المختفية هو نفسه الذي يظهر وهو ما يحدث بالنسبة ل (B,C,D) . التفاعلين المتعاكسين يتمان بنفس السرعة.
يكون التوازن الكيميائي ديناميكيًا وهو ما يعني عدم غياب التفاعل ولكن وجود تفاعلين متعاكسين. لهما نفس السرعة

4.2. تبرير الرمز يساوي

بالنسبة ل تحول محدود كتابة المعادلة الكيميائية باستعمال الرمز = تعني أن التحول الكيميائي يتم وفق تفاعلين في منحنيين متعاكسين.

تمرين تطبيقي:

تفاعل بين حمض والماء : لدينا محلولين لحمضيين لهما نفس التركيز $C_A = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
الأولى لحمض النتريك ذات $pH_1 = 1,3$ والثانية لحمض البروبانويك ذات $pH_2 = 3,1$.

1. أ. أعط صيغة كل من حمض النتريك و حمض البروبانويك
ب حدد المزدوجتين حمض قاعدة الموافقة لهما .

2. أ. أكتب معادلة تفاعل حمض AH مع الماء

ب. أعط جدول تطور المجموعة الكيميائية باستعمال التقدم الحجمي.

3. أ. بالاستعانة بالجدول أثبت أن تفاعل حمض النتريك مع الماء تام.

ب. أكتب المعادلة الكيميائية للتفاعل المنمذج للتحول.

4. أ. أحسب التقدم الحجمي القصوي، والتقدم الحجمي عند التوازن ونسبة التقدم النهائي للتفاعل بي حمض البروبانويك والماء.

ب. استنتج واكتب معادلة التفاعل بين الحمض والماء.

5. أ. يؤدي تفاعل السؤال 4 إلى توازن كيميائي. أجرد الأنواع الكيميائية المتواجدة واحسب تركيزها.

ب. ما هو السب الميكروسكوبي للتوازن الديناميكي.

التمرين رقم 2 . خليط محلولي: لدينا محلول مائي A لحمض الكلوريدريك تركيزه $C_A = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
ومحلول مائي B لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه $C_B = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

نضيف لحجم $V_A = 200 \text{ mL}$ من A حجما $V_B = 300 \text{ mL}$ من B . نحرك الخليط. فنلاحظ ارتفاع في درجة الحرارة. وبعد عودة درجة الحرارة لقيمتها الابتدائية نقيس pH حيث نجد 1,9.

1. ما هي المعدات اللازمة لقياس pH.

2. أ. أكتب معادلة ذوبان الصودا في الماء

ب. أعط صيغة حمض الكلوريدريك.

3. أ. ما الذي يسمح لنا باعتبار حدوث تفاعل عند مزج المحلولين؟

ب. أكتب معادلة التفاعل الحمضي القاعدي بين ايون الهيدروكسيد وايون الهيدرونيوم.

4. أحسب التركيز البدئي $[OH^-]_i$; $[H_3O^+]_i$ في الخليط . واعط جدول تطور المجموعة باستعمال التقدم الحجمي.
5. أحسب التركيز الحجمي $[H_3O^+]_{eq}$ في الخليط عند التوازن. استنتج التقدم الحجمي عند التوازن.
6. أعط التقدم الحجمي القصوي وقارنه مع التقدم الحجمي عند التوازن. ماذا تستنتج؟