الاتزان في محاليل الحموض الضعيفة

Equilibrium of Weak Acids

- تتأين الحموض الضعيفة في الماء جزئياً في الماء، ويعبر عن ثابت الاتزان لمحاليل الحموض الضعيفة بدلالة ثابت تأين الحمض الضعيف (K_a).
- ينزاح الاتزان في محاليل الحموض الضعيفة جهة اليسار (نحو المتفاعلات)، وهذا يعني أن القاعدة المرافقة الناتجة من تأين الحمض له قدرة على الارتباط مع البروتون لإعادة تكوين المتفاعلات.
- يكون تركيز الحمض أعلى بكثير من تراكيز الأيونات الناتجة عن تأينه.

فإذا رمزنا للحمض الضعيف بالرمز HA ، فإن معادلة تأين الحمض تكتب كالآتي:

$$HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$$

يعبر عن ثابت تأين الحمض الضعيف كالآتي:

$$K_a = [A-]\ [H3O+][HA]$$

ولكل حمض ضعيف ثابت تأين عند درجة (25^oC)، ويستخدم:

1- لمقارنة قدرة الحمض على التأين.

2- حساب تركيز H_3O^+ في محلول الحمض الضعيف.

ولمقارنة حمضين ضعيفين:

بزيادة قيمة K_a للحمض، يزداد تأينه في الماء، فيزداد تركيز أيون الهيدرونيوم في محلوله، ويقل تركيز أيون الهيدروكسيد في محلوله، وتقل قيمة pH في محلوله.

الحسابات في محاليل الحموض الضعيفة

لنرفض أن لدينا حمضاً ضعيفاً ولنرمز له بالرمز (HA).

HA	+	H_2O	⇌	A^-	+	H_3O^+	
y				0		0	التركيز عند البداية
$-x$				$+x$		$+x$	التغير في التركيز
$y-x$				x		x	التركيز عند الاتزان

أكتب قانون ثابت تأين الحمض:

$$K_a = \frac{[H_3O^+]\,[A^-]}{[HA]} = \frac{[H_3O^+]^2}{[HA]} \longrightarrow [H_3O^+] = [A^-]$$

أعوض التراكيز عند الاتزان:

$$K_a = \frac{x^2}{y-x} = \frac{x^2}{y}$$

تهمل (x) لضآلتها

وبالضرب التبادلي تصبح العلاقة:

$$x^2 = K_a \cdot y$$

وبأخذ جذر الطرفين نحسب قيمة (x) والتي تساوي تركيز أيون الهيدرونيوم.

$$x = Ka \cdot y$$

وعليه يمكن إطلاق التعميم التالي:

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \cdot [HA]}$$

ثابت تأين الحمض — تركيز الحمض

مثال (1):

أحسب تركيز أيونات H_3O^+ في محلول حمض الإيثانويك CH_3COOH، الذي تركيزه 0.1 M علماً أن $K_a = 1.7 \times 10^{-5}$

الحل:

أكتب معادلة تأين الحمض:

CH_3COOH	+	H_2O	⇌	H_3O^+	+	CH_3COO^-	
0.1				0		0	البداية
$-x$				$+x$		$+x$	التغير
$0.1 - x$				x		x	عند الاتزان

أكتب تعبير K_a :

$$K_a = \frac{[H_3O^+]\,[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{[H_3O^+]^2}{[CH_3COOH]} \longrightarrow [H_3O^+] = [CH_3COO^-]$$

أعوض التراكيز عند الاتزان، وقيمة K_a :

$$1.7 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1 - x} = \frac{x^2}{0.1}$$

تهمل (x) لضآلتها

$$x^2 = 1.7 \times 10^{-5} \times 0.1 = 1.7 \times 10^{-6}$$

وبأخذ جذر الطرفين:

$$x = [H_3O^+] = 1.7 \text{ x } 10\text{-}6 = 1.3 \times 10^{-3}\ M$$

مثال (2):

أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول حمض البنزويك C_6H_5COOH تركيزه 2 M

علماً أن $K_a = 6.3 \times 10^{-5}$, $\log 1.12 = 0.05$

الحل:

أكتب معادلة تأين الحمض:

C_6H_5COOH	+	H_2O	⇌	H_3O^+	+	$C_6H_5COO^-$	
2				0		0	البداية
$-x$				$+x$		$+x$	التغير
$2-x$				x		x	عند الاتزان

أكتب تعبير K_a :

$$K_a = \frac{[H_3O^+]\,[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]} = \frac{[H_3O^+]^2}{[C_6H_5COOH]} \longrightarrow [H_3O^+] = [C_6H_5COO^-]$$

أعوض التراكيز عند الاتزان، وقيمة K_a :

$$6.3 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{2-x} = \frac{x^2}{2}$$

تهمل (x) لضآلتها

$$x^2 = 6.3 \times 10^{-5} \times 2 = 1.26 \times 10^{-4}$$

وبأخذ جذر الطرفين:

$$x = [H_3O^+] = 1.26 \times 10\text{-}4 = 1.12 \times 10^{-2}\,M$$

أحسب قيمة الرقم الهيدروجيني من تركيز الهيدرونيوم:

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

$$pH = -\log (1.12 \times 10^{-2}) = 2 - \log 1.12 = 2 - 0.05 = 1.95$$

سؤال (1):

يبين الجدول التالي قيم ثوابت التأين (K_a) لبعض الحموض الضعيفة عند درجة 25^oC، أدرس الجدول ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

اسم الحمض	صيغة الحمض	K_a
حمض الكبريتيت	H_2SO_3	1.3×10^{-2}
حمض الهيدروفلوريك	HF	6.8×10^{-4}
حمض النيتروجين III	HNO_2	4.5×10^{-4}
حمض الميثانويك	HCOOH	1.7×10^{-4}
حمض البنزويك	C_6H_5COOH	6.3×10^{-5}
حمض الإيثانويك	CH_3COOH	1.7×10^{-5}
حمض الكربونيك	H_2CO_3	4.3×10^{-7}
حمض أحادي الهيبوكلوريك	HClO	3.5×10^{-8}
حمض الهيدروسيانيك	HCN	4.9×10^{-10}

1. أكتب صيغة الحمض الأقوى والحمض الأضعف في الجدول، ثم أكتب صيغة القاعدة المرافقة لكل منهما.
2. أي محلولي الحمضين: H_2CO_3 أم HNO_2 المتساويين في التركيز يكون تركيز H_3O^+ أعلى؟
3. أيهما له أعلى رقم هيدروجيني: محلول HF أم HClO (لهما التركيز نفسه)؟
4. أيّ الحمضين: HCOOH أم C_6H_5COOH أكثر تأيناً في الماء؟
5. هل تتوقع أن تكون قيمة pH لمحلول حمض الإيثانويك الذي تركيزه 0.01 M أكبر أم أقل من 2 ؟ ولماذا؟

سؤال (2):

أحسب قيمة pH في محلول حمض الميثانويك HCOOH بتركيز 0.1 M

علماً أنّ: $K_a = 1.6 \times 10^{-4}$, $\log 4 = 0.6$

سؤال (3):

يبين الجدول التالي قيم ثوابت التأين (K_a) لحمضين، أجيب عن الأسئلة الآتية:

الحمض	K_a	تركيز محلول الحمض M
HA	4×10^{-5}	0.004
HB	1×10^{-5}	0.9

1. أي الحمضين أقوى؟
2. أي الحمضين أقل تأيناً في الماء؟
3. في أي محلولي الحمضين يكون تركيز أيون الهيدرونيوم أعلى؟
4. أي محلولي الحمضين أعلى pH ؟

سؤال (4):

يبين الجدول الآتي تركيز أيون الهيدروكسيد لأربعة حموض ضعيفة متساوية التركيز. أدرس الجدول ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

الحمض	$[OH^-]$ (M)
HX	7×10^{-10}
HY	4×10^{-8}
HZ	4×10^{-10}
HQ	2×10^{-9}

1. أكتب صيغة الحمض الأقوى.
2. أكتب صيغة القاعدة المرافقة في محلول الحمض الأضعف.
3. أكتب صيغة القاعدة المرافقة للحمض الذي يمتلك محلوله قيمة pH أعلى.
4. ما القاعدة المرافقة لكل من الحموض المذكورة؟
5. أي محاليل الحموض المذكوره تمتلك قيمة pH أقل؟
6. أرتب الحموض الموجودة في الجدول حسب قدرتها على التأين.
7. أي محاليل الحموض يوصل التيار الكهربائي بشكل أكبر؟
8. أي محلولي الحمضين: (HX أم HQ) يمتلك $[H_3O^+]$ أقل؟
9. أكتب صيغ الدقائق الموجودة في محلول HZ عند الاتزان.

سؤال (5):

أحسب قيمة الرقم الهيدروجيني pH لمحلول HF تركيزه 0.05 M. ($\log 6 = 0.78$)

علماً بأن ثابت تأين الحمض (K_a) يساوي 7.2×10^{-4}

سؤال (6):

أحسب تركيز محلول حمض HNO_2 الذي رقمه الهيدروجيني pH 2.53

علماً أن ثابت تأين الحمض (K_a) يساوي 4.5×10^{-4}. ($\log 3 = 0.47$)

سؤال (7):

أحسب قيمة K_a للحمض الضعيف HZ إذا كان الذي تركيز محلوله 0.2 M، ورقمه الهيدروجيني يساوي (4).

سؤال (8):

الجدول أدناه يمثل ثلاثة محاليل مائية لثلاثة حموض ضعيفة برموز افتراضية:

الحمض	K_a	تركيز الحمض (M)	pH
HA	4.9×10^{-10}	0.1	X
HB	4×10^{-4}	Y	2.4
HC	Z	0.2	4

معتمداً على المعلومات الواردة في الجدول، أجد قيم كل من (Z). ($\log 7$) (Y)، (X)
($\log 4 = 0.6$, $= 0.85$)

سؤال (9):

محلول الحمض الضعيف HY تركيزه 1 M، وتركيز أيون H_3O^+ فيه 2×10^{-2} M، أحسب قيمة pH لمحلول تركيزه 0.01 M من الحمض HY . ($\log 2 = 0.3$)

سؤال (10):

أذيب 1.22 g من حمض البنزويك (C_6H_5COOH) في لتر من الماء فتبين أن $[H_3O^+]$ يساوي 8×10^{-4} M أحسب قيمة K_a

(الكتلة المولية للحمض $Mr = 122$ g/mol).

سؤال (11):

يبين الجدول أدناه بعض محاليل الحموض الضعيفة بتركيز 0.01 M لكل منها، ومعلومات عن كل محلول. أجيب عن الأسئلة التي تليه:

الحمض	المعلومات
HD	$K_a = 2 \times 10^{-7}$
HC	$K_a = 4 \times 10^{-6}$
HZ	$[Z^-] = 5 \times 10^{-5}$
HB^+	$[B] = 2 \times 10^{-4}$
HQ	pH = 5
HX	pH = 3.4

1. أي الحمضين: HD أم HC هو الأقوى؟
2. أي محلولي الحمضين: HZ أم HB^+ يمتلك $[OH^-]$ أعلى؟
3. أي الحمضين: HQ أم HX يمتلك قيمة K_a أعلى؟
4. أي محلولي الحمضين: HQ أم HZ يمتلك قيمة pH أقل؟
5. أي الحمضين: HX أم HZ أكثر تأيناً في الماء؟
6. كم تبلغ قيمة pH لمحلول الحمض HB^+ ؟ (log 2 = 0.3)
7. كم تبلغ قيمة pH لمحلول الحمض HB^+ تركيزه (1 M)؟

(log 2 = 0.3)

سؤال (12):

يبيّن الجدول الآتي عدداً من محاليل الحموض الافتراضية الضعيفة متساوية التركيز (0.1 M) وقيم pH لها، أدرس الجدول، ثمّ أجيب عن الأسئلة التي تليه:

محلول الحمض	XH^+	HY	H_2A	HQ	HZ	HB^-
pH	5	4	3	4.5	6	6.3

1. أي الحمضين أقوى: HY أم HQ ؟
2. أكتب معادلة تفاعل Y^- مع H_2A .
3. أكتب معادلة تفاعل HB^- مع الماء.
4. أي حموض الجدول يمتلك قيمة K_a أعلى؟
5. كم تبلغ قيمة K_a للحمض HZ ؟
6. ما صيغة القاعدة المرافقة لكل من الحمضين H_2A و XH^+ ؟

سؤال (13):

أرتب محاليل الحموض التالية تصاعدياً وفق زيادة قيمة pH إذا كانت تراكيزها متساوية:

$(CH_3COOH\ (K_a = 1.8 \times 10^{-5})$ ، HCl ، $HCOOH\ \ (K_a = 1.7 \times 10^{-4}$