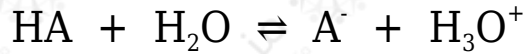


## الاتزان في محاليل الحموض الضعيفة

### 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 كالتالي:



يعبر عن ثابت تأين الحمض الضعيف كالتالي:

$$K_a = [A^-] [H_3O^+] / [HA]$$

ولكل حمض ضعيف ثابت تأين عند درجة (25°C)، ويستخدم:

1- لمقارنة قدرة الحمض على التآين.

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.



pH قوة القاعدة المرافقة

$[OH^-]$  قوة الحمض  $[H_3O^+]$  تأين الحمض  $K_a$

**الحسابات في محاليل الحموض الضعيفة**

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

<b>HA</b>	+	<b>H<sub>2</sub>O</b>	$\rightleftharpoons$	<b>A<sup>-</sup></b>	+	<b>H<sub>3</sub>O<sup>+</sup></b>	
y				0		0	التركيز عند البداية
-x				+x		+x	التغير في التركيز
y-x				x		x	التركيز عند الاتزان

أكتب قانون ثابت تأين الحمض:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{HA}]} \longrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{A}^-]$$

أعوض التراكيز عند الاتزان:

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

↑  
تُهمل (x) لضآلتها

وبالضرب التبادلي تصبح العلاقة:

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

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

$$x = K_a \cdot y$$

وعليه يمكن إطلاق التعميم التالي:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a \cdot [\text{HA}]}$$

↑  
ثابت تأين الحمض

↑  
تركيز الحمض

مثال (1):

أحسب تركيز أيونات  $\text{H}_3\text{O}^+$  في محلول حمض الإيثانويك  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ، الذي تركيزه 0.1 M علماً أن  $K_a = 1.7 \times 10^{-5}$

الحل:

أكتب معادلة تأين الحمض:

<b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	+	<b>H<sub>2</sub>O</b>	⇌	<b>H<sub>3</sub>O<sup>+</sup></b>	+	<b>CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup></b>	
0.1				0		0	البداية
-x				+x		+x	التغير
0.1 - x				x		x	عند الاتزان

أكتب تعبير  $K_a$ :

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

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:

$$x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1.7 \times 10^{-6} = 1.3 \times 10^{-3} \text{ M}$$

مثال (2):

أحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول حمض البنزويك  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$  تركيزه 2 M

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

الحل:

أكتب معادلة تأين الحمض:

$C_6H_5COOH$	+	$H_2O$	$\rightleftharpoons$	$H_3O^+$	+	$C_6H_5COO^-$	
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  $K_a$ :

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

تُهمل ( $x$ ) لضآلتها

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

وبأخذ جذر الطرفين:

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

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 التآين ( $K_a$ ) لبعض الحموض الضعيفة عند درجة  $25^\circ C$ ، أدرس الجدول ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

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

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. أي 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

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

### سؤال (3):

يبين الجدول التالي قيم ثوابت التأيّن ( $K_a$ ) لحمضين، أجب عن الأسئلة الآتية:

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

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 أجب عن الأسئلة الآتية:

الحمض	[OH <sup>-</sup> ] (M)
HX	$7 \times 10^{-10}$
HY	$4 \times 10^{-8}$
HZ	$4 \times 10^{-10}$
HQ	$2 \times 10^{-9}$

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 التآين.
7. أي محاليل الحموض يوصل التيار الكهربائي بشكل أكبر؟
8. أي محلولي الحمضين: ( HX أم HQ ) يمتلك [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] أقل؟
9. أكتب صيغ الدقائق الموجودة في محلول HZ عند الاتزان.

### سؤال (5):

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

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

سؤال (6):

أحسب تركيز محلول حمض  $\text{HNO}_2$  الذي رقمه الهيدروجيني pH 2.53  
علماً أن ثابت تأين الحمض ( $K_a$ ) يساوي  $\log 3 = 0.47$ . ( $4.5 \times 10^{-4}$ )

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	$4.9 \times 10^{-10}$	0.1	X
HB	$4 \times 10^{-4}$	Y	2.4
HC	Z	0.2	4

معتمداً على المعلومات الواردة في الجدول، أجد قيم كل من  $\log 7$ ،  $\log 4 = 0.6$ ،  $\log 2 = 0.3$ ،  $\log 3 = 0.47$ ،  $\log 5 = 0.7$ ،  $\log 6 = 0.8$ ،  $\log 8 = 0.9$ ،  $\log 9 = 1.0$ ،  $\log 10 = 1.0$ ،  $\log 11 = 1.04$ ،  $\log 12 = 1.08$ ،  $\log 13 = 1.11$ ،  $\log 14 = 1.15$ ،  $\log 15 = 1.18$ ،  $\log 16 = 1.20$ ،  $\log 17 = 1.23$ ،  $\log 18 = 1.26$ ،  $\log 19 = 1.28$ ،  $\log 20 = 1.30$ ،  $\log 21 = 1.32$ ،  $\log 22 = 1.34$ ،  $\log 23 = 1.36$ ،  $\log 24 = 1.38$ ،  $\log 25 = 1.40$ ،  $\log 26 = 1.41$ ،  $\log 27 = 1.43$ ،  $\log 28 = 1.45$ ،  $\log 29 = 1.46$ ،  $\log 30 = 1.48$ ،  $\log 31 = 1.49$ ،  $\log 32 = 1.51$ ،  $\log 33 = 1.52$ ،  $\log 34 = 1.53$ ،  $\log 35 = 1.55$ ،  $\log 36 = 1.56$ ،  $\log 37 = 1.57$ ،  $\log 38 = 1.58$ ،  $\log 39 = 1.59$ ،  $\log 40 = 1.60$ ،  $\log 41 = 1.61$ ،  $\log 42 = 1.62$ ،  $\log 43 = 1.63$ ،  $\log 44 = 1.64$ ،  $\log 45 = 1.65$ ،  $\log 46 = 1.66$ ،  $\log 47 = 1.67$ ،  $\log 48 = 1.68$ ،  $\log 49 = 1.69$ ،  $\log 50 = 1.70$ ،  $\log 51 = 1.71$ ،  $\log 52 = 1.72$ ،  $\log 53 = 1.73$ ،  $\log 54 = 1.74$ ،  $\log 55 = 1.75$ ،  $\log 56 = 1.76$ ،  $\log 57 = 1.77$ ،  $\log 58 = 1.78$ ،  $\log 59 = 1.79$ ،  $\log 60 = 1.80$ ،  $\log 61 = 1.81$ ،  $\log 62 = 1.82$ ،  $\log 63 = 1.83$ ،  $\log 64 = 1.84$ ،  $\log 65 = 1.85$ ،  $\log 66 = 1.86$ ،  $\log 67 = 1.87$ ،  $\log 68 = 1.88$ ،  $\log 69 = 1.89$ ،  $\log 70 = 1.90$ ،  $\log 71 = 1.91$ ،  $\log 72 = 1.92$ ،  $\log 73 = 1.93$ ،  $\log 74 = 1.94$ ،  $\log 75 = 1.95$ ،  $\log 76 = 1.96$ ،  $\log 77 = 1.97$ ،  $\log 78 = 1.98$ ،  $\log 79 = 1.99$ ،  $\log 80 = 2.00$ ،  $\log 81 = 2.01$ ،  $\log 82 = 2.02$ ،  $\log 83 = 2.03$ ،  $\log 84 = 2.04$ ،  $\log 85 = 2.05$ ،  $\log 86 = 2.06$ ،  $\log 87 = 2.07$ ،  $\log 88 = 2.08$ ،  $\log 89 = 2.09$ ،  $\log 90 = 2.10$ ،  $\log 91 = 2.11$ ،  $\log 92 = 2.12$ ،  $\log 93 = 2.13$ ،  $\log 94 = 2.14$ ،  $\log 95 = 2.15$ ،  $\log 96 = 2.16$ ،  $\log 97 = 2.17$ ،  $\log 98 = 2.18$ ،  $\log 99 = 2.19$ ،  $\log 100 = 2.20$ .

سؤال (9):

محلول الحمض الضعيف HY تركيزه 1 M، وتركيز أيون  $\text{H}_3\text{O}^+$  فيه  $2 \times 10^{-2}$  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  $8 \times 10^{-4} M$  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. أجب عن الأسئلة التي تليه:

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

- أي الحمضين: HD أم HC هو الأقوى؟
- أي محلولي الحمضين: HZ أم HB<sup>+</sup> يمتلك [OH<sup>-</sup>] أعلى؟
- أي الحمضين: HQ أم HX يمتلك قيمة  $K_a$  أعلى؟
- أي محلولي الحمضين: HQ أم HZ يمتلك قيمة pH أقل؟
- أي الحمضين: HX أم HZ أكثر تأيناً في الماء؟
- كم تبلغ قيمة pH لمحلول الحمض HB<sup>+</sup> ؟ ( $\log 2 = 0.3$ )
- كم تبلغ قيمة pH لمحلول الحمض HB<sup>+</sup> تركيزه (1 M) ؟

$$(\log 2 = 0.3)$$

### سؤال (12):

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



HB <sup>-</sup>	HZ	HQ	H <sub>2</sub> A	HY	XH <sup>+</sup>	محلول الحمض
6.3	6	4.5	3	4	5	pH

1. أي الحمضين أقوى: HY أم HQ ؟
2. أكتب معادلة تفاعل Y<sup>-</sup> مع H<sub>2</sub>A .
3. أكتب معادلة تفاعل HB<sup>-</sup> مع الماء.
4. أي حموض الجدول يمتلك قيمة K<sub>a</sub> أعلى؟
5. كم تبلغ قيمة K<sub>a</sub> للحمض HZ ؟
6. ما صيغة القاعدة المرافقة لكل من الحمضين H<sub>2</sub>A و XH<sup>+</sup> ؟

**سؤال (13):**

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

