

## ما يجب أن أعرفه حتى أقول : إنني استوعبت هذا الدرس

- 1 – يجب أن أعرف أن تحليل حمض ضعيف أو أساس ضعيف في الماء يؤدي إلى توازن كيميائي يمكن التحكم فيه خارجيا .
- 2 – يجب أن أعرف أن ثابت الحموضة يميز ثنائية أساس / حمض سواء حللنا حمضا أو أساسا أو ملحا في الماء .
- 3 – يجب أن أعرف أن التوازن حمض – أساس يَختلّ بتغيّر  $pH$  المحلول ، وأن تغيير الـ  $pH$  يكون بإضافة شوارد الهيدروكسيد أو شوارد الهيدرونيوم للمحلول .
- 4 – يجب أن أعرف أنه بواسطة ثابت الحموضة  $K_a$  أو  $pK_a$  يمكن أن نقارن بين قوتي حمضين ضعيفين أو أساسين ضعيفين بغض النظر عن تركيزيهما الموليين ، بشرط أن يكونا في نفس درجة الحرارة .
- 5 – يجب أن أعرف أن مخطط مجال التغلب يحدّد فقط مجالات الـ  $pH$  يكون فيها أحد الأفراد الكيميائية في الثنائية متغلبا ، أما مخطط توزيع الصفة الغالبة فيعطينا من أجل كل قيمة للـ  $pH$  النسبة المئوية لكل فرد كيميائي .
- 6 – يجب أن أعرف أن للكاشف الملون ثنائية أساس/حمض ، وأن لوني الصفة الأساسية والصفة الحمضية مختلفان .
- 7 – يجب أن أعرف أن مجالات تغيير ألوان الكواشف تُعطى لنا في الامتحانات .
- 8 – يجب أن أعرف كيفية وضع الثنائيات أساس / حمض على محور الـ  $pK_a$  والتنبؤ بالثنائيتين المتفاعلتين .

## ملخص الدرس

- 1 - ثابت الحموضة لثنائية أساس / حمض هو ثابت توازن تفاعل الصفة الحمضية في الثنائية مع الماء .

$$K_a = \frac{[H_3O^+]_f \times [A^-]_f}{[HA]_f}$$

إذا كانت الثنائية هي  $HA / A^-$  ، فإن ثابت الحموضة هو

$$pK_a = -\text{Log } K_a \quad \text{أو} \quad K_a = 10^{-pK_a}$$

نعرف  $pK_a$  لثنائية أساس / حمض بـ

$$pH = pK_a + \text{Log} \frac{[A^-]_f}{[HA]_f}$$

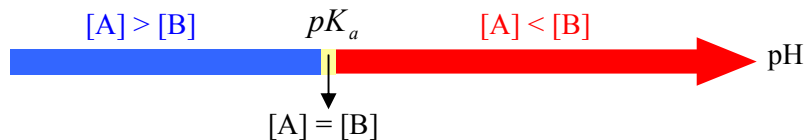
2 – العلاقة بين  $pH$  المحلول و  $pK_a$  الثنائية  $HA / A^-$  هي (علاقة أندرسون)

- 3 – مقارنة قوتي حمضين ضعيفين : الحمض الذي له ثابت حموضة أكبر هو الحمض الأقوى ، أي الذي له  $pK_a$  الأصغر .

- 4 – مقارنة قوتي أساسين ضعيفين : الأساس الذي له ثابت حموضة أصغر هو الأساس الأقوى ، أي الذي له  $pK_a$  الأكبر

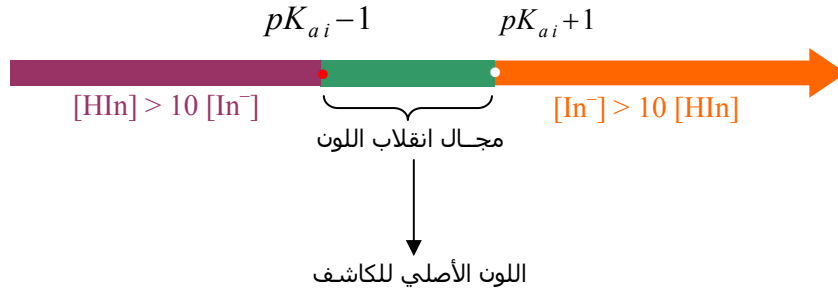
- 5 – مخطط مجالات تغلب الأفراد الكيميائية :

في ثنائية أساس / حمض  $A / B$  ، حيث  $B$  هي الصفة الأساسية و  $A$  هي الصفة الحمضية يكون مخطط مجالات التغلب كما يلي :



- 6 – مجال تغيير لون كاشف ملون

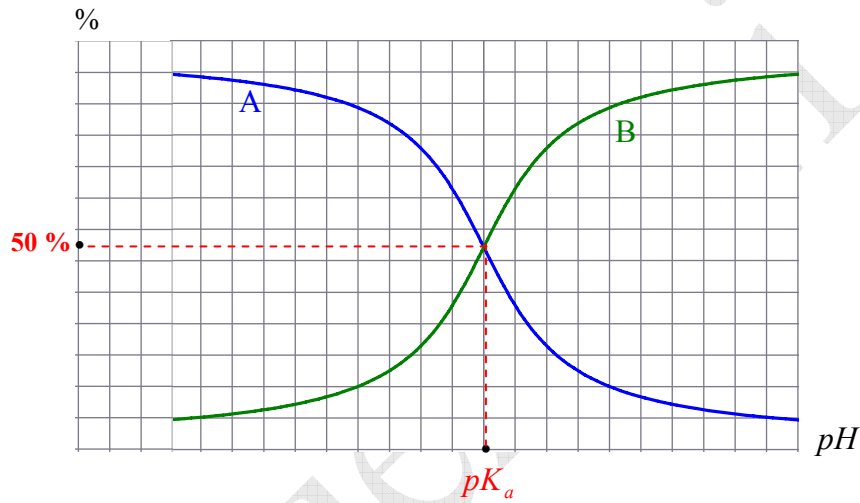
يتغير لون الكاشف الملون حسب  $pH$  المحلول الذي يوجد فيه . فإذا رمزنا للثنائية الخاصة بالكاشف  $HIn/In^-$  يكون مجال تغير لون الكاشف كما يلي :



### 7 - مخطط توزيع الصفة في ثنائية :

عبارة عن تمثيل النسبتيين المؤنيتين للفردين الكيميائيين في ثنائية بدلالة  $pH$  المحلول .

من أجل الثنائية أساس / حمض  $A/B$  يكون مخطط توزيع الصفة كما يلي :



### 8 - الثنائيتان الخاصتان بالماء :

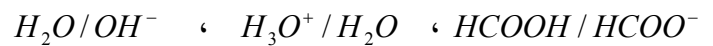
في حالة الماء أساس  $H_3O^+ / H_2O$   $pK_a = 0$

في حالة الماء حمض  $H_2O / OH^-$   $pK_a = 14$

### 9 - محور الـ $pK_a$ : هو محور نضع عليه قيم الـ $pK_a$ لكل الثنائيات الموجودة في المحلول بالترتيب ، ومن ذلك يمكن التنبؤ

بالتفاعل الحاصل .

مثلا وجود حمض الميثانويك في الماء . في هذه الحالة لدينا ثلاث ثنائيات أساس / حمض هي :

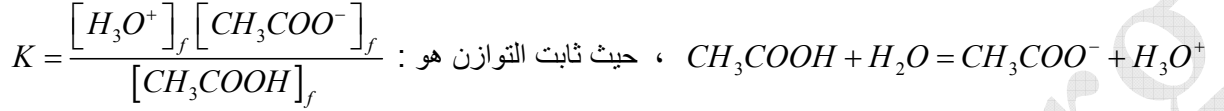


يحدث التفاعل بين أقوى حمض موجود بكثرة ( $HCOOH$ ) مع أقوى أساس موجود بكثرة ( $H_2O$ ).

## 1 - ثابت الحموضة $K_a$

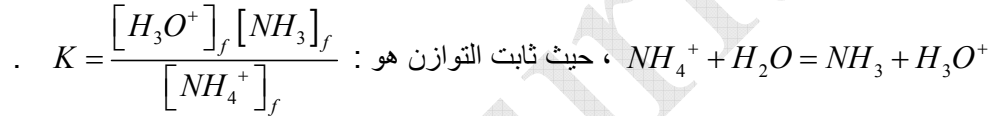
يعبر هذا الثابت عن حالة التوازن التي يصلها التفاعل الكيميائي بين الصفة الحمضية لثنائية أساس / حمض مع الماء ، وهو عدد مجرد من الوحدة .

لتكن الثنائية  $CH_3COOH / CH_3COO^-$  . يتفاعل الحمض  $CH_3COOH$  مع الماء حسب المعادلة :



$$K_a = \frac{[H_3O^+]_f [CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} \text{ : ثابت الحموضة هو : } \text{ ومنه } K = K_a$$

لتكن الثنائية  $NH_4^+ / NH_3$  . يتفاعل الحمض  $NH_4^+$  مع الماء حسب المعادلة :



$$K_a = \frac{[H_3O^+]_f [NH_3]_f}{[NH_4^+]_f} \text{ : ثابت الحموضة هو : } \text{ ومنه } K = K_a$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+]_f [B]_f}{[A]_f} \text{ : ثابت الحموضة لثنائية } A/B \text{ هو :}$$

تُعرف  $pK_a$  ثنائية أساس / حمض باللوغاريتم العشري لمقلوب ثابت الحموضة ،  $pK_a = \log \frac{1}{K_a} = -\log K_a$

**بالنسبة للماء :**

$$K_a = \frac{[H_3O^+]_f}{[H_3O^+]_f} = 1 \text{ ، ويكون بذلك } H_3O^+ / H_2O \text{ حمض هي}$$

$$\text{ ومنه } pK_a = -\log K_a = 0$$

$$K_a = [H_3O^+] [OH^-] = 10^{-14} \text{ ، ويكون بذلك } H_2O / OH^- \text{ حمض هي}$$

$$\text{ ومنه } pK_a = -\log K_a = 14$$

$$pK_a(H_2O / OH^-) = 14 \quad pK_a(H_3O^+ / H_2O) = 0$$

**خصائص ثابت الحموضة**

- قيمة كبيرة لثابت الحموضة تدل على أن الحمض يتقدم أكثر في تفاعله مع الماء .

$$\text{ لاحظ مثلا النسبة } K_a = \frac{[H_3O^+]_f [CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} \text{ ، فلكي تكون قيمة } K_a \text{ أكبر يجب أن يكون المقام أصغر والبسط أكبر .}$$

**المقام أصغر :** معناه كمية مادة الحمض الباقية قليلة أي أن هذا الحمض قد تشرّد كثيرا .

**البسط أكبر :** هذا منطقي لأن كلما تناقصت جزيئات الحمض تزايدت شوارد الهيدرونيوم وشوارد الإيثانوات في المحلول .

- قيمة كبيرة لثابت الحموضة تدل على أن الأساس لا يتقدّم كثيرا في تفاعله مع الماء .

لاحظ مثلا النسبة  $K_a = \frac{[H_3O^+]_f [NH_3]_f}{[NH_4^+]_f}$  ، فلكي تكون قيمة  $K_a$  أكبر يجب أن يكون المقام أصغر والبسط أكبر .

**المقام أصغر** : معناه كمية مادة الحمض المرافق للأساس قليلة أي أن هذا الأساس قليل التشرّد في الماء .

**البسط أكبر** : معناه أن كمية مادة الأساس  $NH_3$  كثيرة ، وهي الباقية بدون تشرّد .

- من أجل حمضين ضعيفين تركيزهما الموليّان متساويان فإن الحمض المنتسب للثنائية ذات الـ  $K_a$  الأكبر هو الذي تكون من أجله النسبة النهائية للتقدم  $\tau_r$  أكبر .

- ثابت الحموضة يتعلّق بدرجة حرارة المحلول المائي .

**ملاحظة** : في طرح التمارين عادة نعتبر المحاليل المائية في الدرجة  $25^\circ C$  ، وبالتالي قيم الـ  $K_a$  التي تُعطى توافق هذه الدرجة .

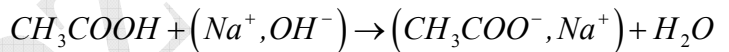
لما نقول ثابت حموضة حمض الميثانويك  $K_a = 1,6 \times 10^{-4}$  ، يكون قصدنا الحمض المنتسب للثنائية  $HCOOH / HCOO^-$  ودرجة الحرارة هي  $25^\circ C$  .

## 2 - مخطط مجالات التغلب

يفيدنا هذا المخطط في معرفة الأفراد المتغلبة من أجل كل قيمة لـ  $pH$  المحلول . فمثلا نضيف شيئا فشيئا محلول هيدروكسيد

الصوديوم لمحلول حمض الإيثانويك .

معادلة التفاعل هي :



كلما أضفنا محلول هيدروكسيد الصوديوم يتناقص التركيز المولي للفرد  $CH_3COOH$  ويزداد التركيز المولي للفرد  $CH_3COO^-$  .

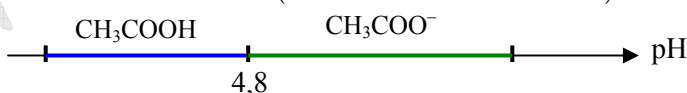
لدينا علاقة أندرسون  $pH = pK_a + \text{Log} \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$  ، ومنه  $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = 10^{pH - pK_a}$

- من أجل  $pH = pK_a$  يكون  $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = 10^0 = 1$  ، أي أن  $[CH_3COOH] = [CH_3COO^-]$

- من أجل  $pH > pK_a$  يكون  $[CH_3COO^-] > [CH_3COOH]$

- من أجل  $pH < pK_a$  يكون  $[CH_3COOH] > [CH_3COO^-]$

ويكون مخطط مجال التغلب كما يلي : مع العلم أن  $pK_a(CH_3COOH / CH_3COO^-) = 4,8$

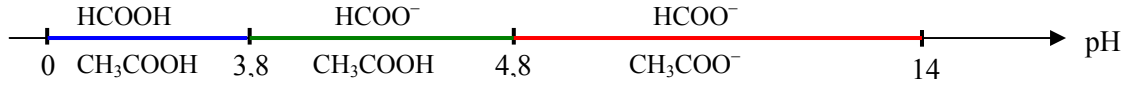


مثلا : نمزج إيثانوات الصوديوم مع حمض الميثانويك لنكوّن بذلك محلولاً مائياً . إن الثنائيات الموجودة في هذا المحلول هي :

$H_2O / OH^-$  ،  $CH_3COOH / CH_3COO^-$  ،  $HCOOH / HCOO^-$  ،  $H_3O^+ / H_2O$  ( $Na^+$  شاردة غير فعالة)

قيم الـ  $pK_a$  الخاصة بهذه الثنائيات هي على الترتيب 0 ، 3,8 ، 4,8 ، 14

تواجد الأنواع الكيميائية على المخطط يكون كما يلي : (السلم غير محترم في هذا التمثيل)



**ملاحظة :**

الفردان الكيميائيان  $H_3O^+$  و  $OH^-$  نحددتهما بواسطة قيمة  $pH$  المحلول ، لأن جداءهما يساوي دائما  $10^{-14}$  في الدرجة  $25^\circ C$  .

### 3 - مخطط توزيع الصفة الحمضية والأساسية في ثنائية

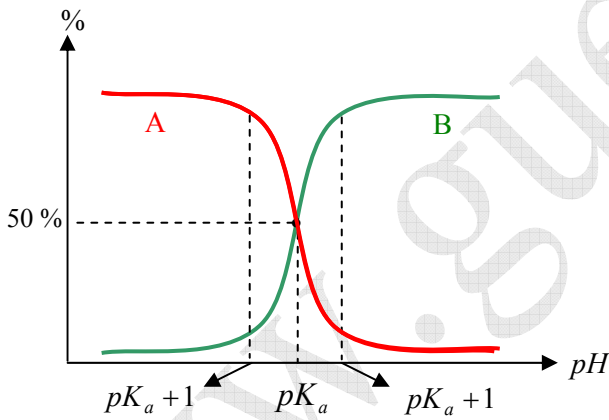
في محلول مائي لحمض ضعيف أو أساس ضعيف يمكن متابعة تطور تركيزي الفردين الكيميائيين بدلالة  $pH$  المحلول ، من أجل هذا نمثل على الترتيب النسبتين المئويتين لتركيزي الفردين في مزيجهما ، وعلى الفواصل نمثل  $pH$  المحلول .

مثلا ندرس تغيير تركيزي الإيثانوات وحمض الإيثانويك في محلول مائي لحمض الإيثانويك ، وذلك عند إضافة محلول مائي لأساس قوي مثل هيدروكسيد الصوديوم شيئا فشيئا .

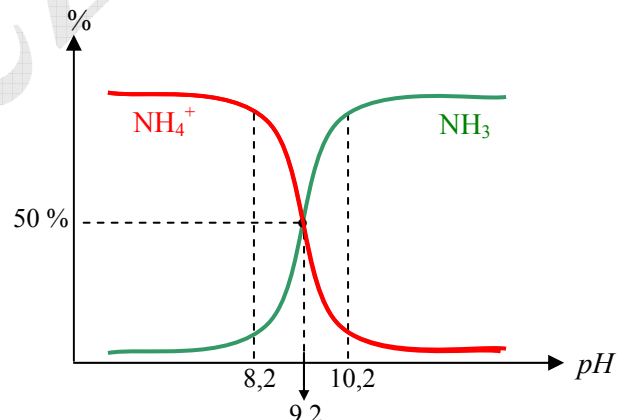
إذا اعتبرنا أن من أجل ثنائية  $A / B$  يكون الفرد  $A$  متغلبا على الفرد  $B$  إذا كان  $[A] > 10 [B]$  ، ويكون الفرد  $B$  متغلبا على الفرد  $A$  إذا كان  $[B] > 10 [A]$  .

**عندما يكون B متغلبا :** يكون  $\frac{[B]}{[A]} > 10$  ، وبالتالي :  $\text{Log} \frac{[B]}{[A]} > 1$  ، أي  $pH - pK_a > 1$  ، ومنه :  $pH > pK_a + 1$

**عندما يكون A متغلبا :** يكون  $\frac{[B]}{[A]} < \frac{1}{10}$  ، وبالتالي :  $\text{Log} \frac{[B]}{[A]} < -1$  ، أي  $pH - pK_a < -1$  ، ومنه :  $pH < pK_a - 1$



مخطط توزيع الصفة للثنائية A / B



مخطط توزيع الصفة للثنائية  $NH_4^+ / NH_3$

### 4 - الكواشف الملونة

هي حموض أو أسس ضعيفة تتميز بالثنائية أساس / حمض  $HIn / In^-$  ، حيث لون الجزيء  $HIn$  يختلف عن لون الشاردة  $In^-$  الصيغة المجملية لأزرق البروموثيمول هي  $C_{27}H_{28}Br_2O_5S$  ، وصيغته المفصلة معقدة جدا ، لا نستفيد منها في هذا الموضوع ونفس الشيء بالنسبة للكواشف الملونة الأخرى . كان هذا فقط تبريرا للرمز  $HIn / In^-$  لكل الكواشف .

بما أن الكاشف يتلون حسب  $pH$  الوسط الموجود فيه ، فإنه حتما يمر بمرحلة لونية ، نسمي هذه المرحلة **مجال تغير لون الكاشف** .

يمكن لعين سليمة أن تميز لون الصفة الأساسية ( $In^-$ ) عن لون الصفة الحمضية ( $HIn$ ) للكاشف إذا كان التركيز المولي لإحدهما عشر مرات أكبر من الأخرى .

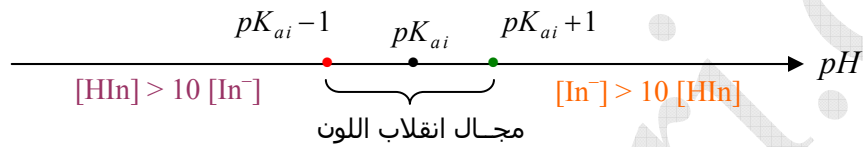
نكتب علاقة أندرسون بالنسبة لثنائية كاشف ملون  $pH = pK_{ai} + \text{Log} \frac{[In^-]}{[HIn]}$  ، ونبحث عن مجال تغيّر لون الكاشف .

نشاهد لون  $In^-$  إذا كان  $\frac{[In^-]}{[HIn]} > 10$  ، وبالتالي  $\text{Log} \frac{[In^-]}{[HIn]} > 1$  ، أي  $pH - pK_a > 1$  ، ومنه :

$$pH > pK_a + 1$$

نشاهد لون  $HIn$  إذا كان  $\frac{[In^-]}{[HIn]} < \frac{1}{10}$  ، وبالتالي  $\text{Log} \frac{[In^-]}{[HIn]} < -1$  ، أي  $pH - pK_a < -1$  ، ومنه :

$$pH < pK_a - 1$$



**ملاحظة:** مخطط توزيع الصفة بالنسبة لكاشف ملون يكون مثل باقي الثنائيات أساس / حمض الأخرى .

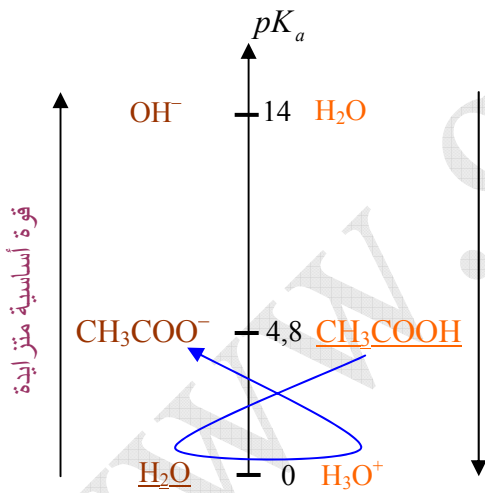
### 5 - التنبؤ بتفاعل ثنائيتين في محلول مائي

ليكن لدينا مثلا محلول مائي لحمض الإيثانويك  $CH_3COOH$  . إن الثنائيات الموجودة في المحلول هي :

$$H_2O/OH^- \quad , \quad H_3O^+/H_2O \quad , \quad CH_3COOH/CH_3COO^-$$

ذات الـ  $pK_a$  على الترتيب :

$$14,0 \quad \quad \quad 0,0 \quad \quad \quad 4,8$$



نرتب هذه الثنائيات مع قيم الـ  $pK_a$  الموافقة لها على محور نسميه محور الـ  $pK_a$  .

نضع الحموض مثلا على اليمين والأسس على اليسار ، ونعلم أن القوة الحمضية

تتناسب عكسيا مع الـ  $pK_a$  ، وأن القوة الأساسية تتناسب طريرا مع الـ  $pK_a$  .

نضع خطأ أسفل أقوى حمض موجود بكثرة في بداية التفاعل .

في مثالنا ، الحمض هو  $CH_3COOH$  . حيث رغم أن الحمض  $H_3O^+$

أقوى منه ، لكن هذا الأخير يشكل نسبة قليلة في المحلول إذا ما قورنت بالحمض

$CH_3COOH$  .

نضع خطأ أسفل أقوى أساس موجود بكثرة في بداية التفاعل .

في مثالنا ، الأساس هو  $H_2O$  . حيث رغم أن الأساسين  $OH^-$  و  $CH_3COO^-$  أقوى منه ، لكن الأساس  $H_2O$  هو الذي يشكل

أكبر نسبة في المزيج . يحدث التفاعل دائما بين أقوى حمض وأقوى أساس موجودين بكثرة .



## أسئلة قصيرة من أجل استيعاب الدرس

### الماء :

- 1 - لماذا الماء المقطر موصل ضعيف جدا للتيار الكهربائي؟
- 2 - اذكر تعريف الجداء الشاردي للماء ، هل يتعلق هذا الجداء بدرجة حرارة المحلول؟
- 3 - ما هو التركيز المولي للماء؟
- 4 - ما هو شرط إهمال التفكك الذاتي للماء عندما نحلل فيه حمضا أو أساسا؟

### ثابت الحموضة :

- 1 - اكتب معادلة التفاعل بين  $NH_4^+$  والماء ، ثم اكتب عبارة ثابت الحموضة وعبارة ثابت التوازن . ما هي العلاقة بين الثابتين؟
- 2 - اكتب معادلة التفاعل بين  $NH_3$  والماء ، ثم اكتب عبارة ثابت التوازن وعبارة ثابت الحموضة . ما هي العلاقة بين الثابتين؟
- 3 - حمضان ضعيفان  $HA_1$  و  $HA_2$  حيث ثابتا حموضة الثنائيتين  $HA_1 / A_1^-$  و  $HA_2 / A_2^-$  هما على الترتيب  $K_{a1}$  ،  $K_{a2}$  حيث  $K_{a1} > K_{a2}$  . هذان الحمضان لهما نفس التركيز المولي  $C$  .  
(أ) ما هو الحمض الذي محلوله المائي له أصغر قيمة لـ  $pH$  ؟ علل  
(ب) من أجل  $pH = 2,5$  ما هو الفرد المتغلب في الثنائية  $HA_1 / A_1^-$  إذا كان  $pK_{a1} = 3,8$  ؟  
(ج) اوجد علاقة بين  $K_a$  ،  $C$  ،  $\tau_f$  حيث  $\tau_f$  هي نسبة التقدم النهائي لتفاعل الحمض  $HA$  مع الماء .

### مجال التغلب :

- 1 -  
(أ) اكتب معادلة تفاعل الإيثان أمين ( $C_2H_5NH_2$ ) مع الماء .  
(ب) إذا كانت كتلة الإيثان أمين المنحلة في لتر من المحلول  $m = 0,45g$  ، وأن  $pH$  هذا المحلول هو 11,3 - احسب  $pK_a$  الثنائية  $C_2H_5NH_3^+ / C_2H_5NH_2$  - مثل مخطط مجالات التغلب لفردية هذه الثنائية .
- 2 - (أ) اكتب معادلة تفاعل حمض البروبانويك ( $C_2H_5COOH$ ) مع الماء .  
(ب) إذا كانت كتلة حمض البروبانويك المنحلة في لتر من المحلول  $m = 74mg$  ، وأن  $pH$  هذا المحلول هو 3,95 - احسب  $pK_a$  الثنائية  $C_2H_5COOH / C_2H_5COO^-$  - مثل مخطط مجالات التغلب لفردية هذه الثنائية .

## أجوبة الأسئلة القصيرة

### الماء

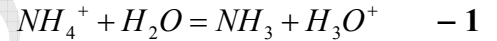
- 1 - لتر من الماء المقطر يحتوي على  $10^{-7} mol$  من شوارد الهيدرونيوم و  $10^{-7} mol$  من شوارد الهيدروكسيد ، ونعلم أن الأفراد الكيميائية المسؤولة عن مرور التيار الكهربائي في المحاليل هي الشوارد ، إذن حسب هذه التراكيز تكون ناقلية الماء شبة معدومة .
- 2 - المقصود بالجاء الشاردي للماء هو جداء تركيز شوارد الهيدروكسيد بشوارد الهيدرونيوم . كلما رفعا درجة حرارة الماء يزداد تفككه الذاتي ، وبالتالي يزداد تركيزا كل من الهيدرونيوم والهيدروكسيد ، ومنه إرتفاع الجداء الشاردي للماء .

3 - التركيز المولي للماء : نعلم أن لترا من الماء كتلته  $1000g$  وبالتالي  $[H_2O] = \frac{m}{MV} = \frac{1000}{18 \times 1} = 55,5 mol / L$

هذا التركيز لا يتغير عمليا عندما نحلل في الماء حمضا أو أساسا أو ملحا .

- 4 - حتى نهمل التفكك الذاتي للماء (معناه نهمل تركيزي شاردتي الهيدرونيوم والهيدروكسيد الموجودتين في الماء قبل وضع الحمض أو الأساس في الماء ) يجب أن يكون  $pH < 6$  للمحلول الذي نتحصل عليه عندما نحلل أساسا في الماء ، و  $pH > 8$  للمحلول الذي نتحصل عليه عندما نحلل أساسا في الماء . المقصود من هذا هو أنه عندما نحسب التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم أو شوارد الهيدروكسيد في المحلول المائي يجب أن تكون أكبر على الأقل بعشر مرات من تركيزها في الماء المقطر لوحده .

### ثابت الحموضة



ثابت الحموضة هو  $K_a = \frac{[H_3O^+]_f [NH_3]_f}{[NH_4^+]_f}$  ، وثابت التوازن هو نفسه ، أي  $K = \frac{[H_3O^+]_f [NH_3]_f}{[NH_4^+]_f}$



ثابت الحموضة هو  $K_a = \frac{[H_3O^+]_f [NH_3]_f}{[NH_4^+]_f}$  ، وثابت التوازن هو  $K = \frac{[OH^-]_f [NH_4^+]_f}{[NH_3]_f}$

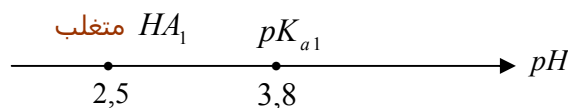
من عبارة  $K_a$  نستنتج  $\frac{[NH_4^+]_f}{[NH_3]_f} = \frac{[H_3O^+]_f}{K_a}$  ، ثم نعوض في عبارة ثابت التوازن نجد

$$K_a K = K_e \quad \text{، ومنه} \quad K_a K = [H_3O^+]_f \times [OH^-]_f$$

3 - أ) ثابت الحموضة الأكبر يوافق النسبة النهائية للتقدم الأكبر (نفس التركيز المولي) ، ولدينا  $\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C}$  ، هذا يعني

$[H_3O^+]_f$  أكبر ، ولدينا  $pH = -\text{Log} [H_3O^+]_f$  ، إذن الـ  $pH$  الأصغر .

ب)  $2,5 < 3,8$



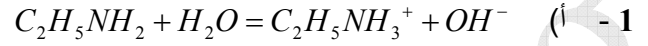
ج) لدينا  $K_a = \frac{[H_3O^+]_f [A^-]_f}{[HA]_f}$  ، مع العلم أن  $[H_3O^+]_f \approx [A^-]_f$  ، ومنه  $K_a = \frac{[H_3O^+]_f^2}{[HA]_f}$  (1)



لدينا  $\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C}$  ، ومنه  $[H_3O^+]_f = \tau_f \times C$  ، ولدينا كذلك  $[HA]_f = C - [H_3O^+]_f$

بالتعويض في العلاقة (1) نجد  $K_a = \frac{\tau_f^2 C^2}{C - \tau_f C} = \frac{\tau_f^2 C}{1 - \tau_f}$

### مجال التغلب



ب) (1)  $pK_a = pH - \text{Log} \frac{[C_2H_5NH_2]_f}{[C_2H_5NH_3^+]_f}$

التركيز المولي للأساس  $C = \frac{m}{M V} = \frac{0,45}{45 \times 1} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol / L}$

لدينا  $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-11,3} = 5,0 \times 10^{-12} \text{ mol / L}$  ، وبالتالي  $[OH^-] = 2 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$

جدول التقدّم :

| $C_2H_5NH_2 + H_2O = C_2H_5NH_3^+ + OH^-$ |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|
| $CV$                                      | بكترة | 0     | 0     |
| $CV - x$                                  | بكترة | $x$   | $x$   |
| $CV - x_f$                                | بكترة | $x_f$ | $x_f$ |
| $CV - x_m$                                | بكترة | $x_m$ | $x_m$ |

من جدول التقدّم :  $[C_2H_5NH_3^+]_f = \frac{x_f}{V} = [OH^-] = 2 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$

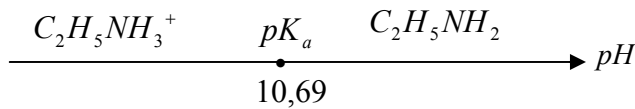
، وبالتالي :  $n(C_2H_5NH_2)_f = CV - x_f$  ، أي  $[C_2H_5NH_2]_f \times V = CV - x_f$

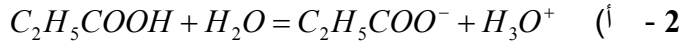
$[C_2H_5NH_2]_f = C - \frac{x_f}{V} = C - [OH^-] = 10^{-2} - 2 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$

بالتعويض في العلاقة (1) :

$pK_a = 11,3 - \text{Log} \frac{8 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}} = 11,3 - \text{Log} 4 = 10,69$

مخطط مجالات التغلب :





$$(2) \quad pK_a = pH - \text{Log} \frac{[C_2H_5COO^-]_f}{[C_2H_5COOH]_f} \quad (ب)$$

$$C = \frac{m}{M V} = \frac{0,074}{74 \times 1} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol / L} \quad \text{التركيز المولي للحمض}$$

$$\cdot [H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3,95} = 1,1 \times 10^{-4} \text{ mol / L} \quad \text{لدينا}$$

جدول التقدّم :

| $C_2H_5COOH + H_2O = C_2H_5COO^- + H_3O^+$ |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|
| $CV$                                       | بكترة | 0     | 0     |
| $CV - x$                                   | بكترة | $x$   | $x$   |
| $CV - x_f$                                 | بكترة | $x_f$ | $x_f$ |
| $CV - x_m$                                 | بكترة | $x_m$ | $x_m$ |

$$[C_2H_5COO^-]_f = \frac{x_f}{V} = [H_3O^+] = 1,1 \times 10^{-4} \text{ mol / L} \quad \text{من جدول التقدّم :}$$

$$: \text{وبالتالي ، } [C_2H_5COOH]_f \times V = CV - x_f \quad \text{أي ، } n(C_2H_5COOH)_f = CV - x_f$$

$$[C_2H_5COOH]_f = C - \frac{x_f}{V} = C - [H_3O^+] = 10^{-3} - 1,1 \times 10^{-4} = 8,9 \times 10^{-4} \text{ mol / L}$$

بالتعويض في العلاقة (2) :

$$pK_a = 3,95 - \text{Log} \frac{1,1 \times 10^{-4}}{8,9 \times 10^{-4}} = 4,86$$

مخطط مجالات التغلب :

