

التحولات المقرونة بتفاعلات حمض - قاعدة  
تصحيح التمارين

#### التمرين 4

##### 1 - دراسة المزدوجة $\text{HIn} / \text{In}^-$

1 - 1 قيمتي pH التي تحدد منطقة انعطاف الكاشف الملون الفينول الفتالين :

$$\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \Rightarrow \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} = 10^{\text{pH} - \text{pK}_A}$$

$$\frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}^-]} = 10^{\text{pK}_A - \text{pH}}$$

الحالة الأولى :

$$\frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}^-]} > 8 \Rightarrow 10^{\text{pK}_A - \text{pH}} > 8$$

$$\text{pK}_A - \text{pH} > \log 8 \Rightarrow \text{pH} < \text{pK}_A - \log 8$$

$$\text{pH} < 8,9 - 0,9 \Rightarrow \boxed{\text{pH} < 8}$$

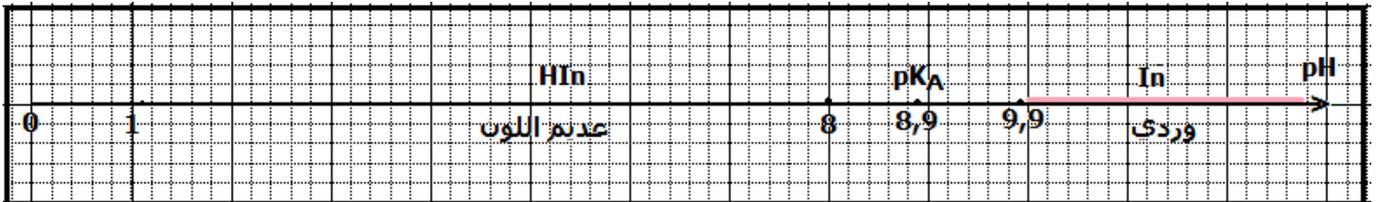
الحالة الثانية

$$\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} > 10 \Rightarrow 10^{\text{pH} - \text{pK}_A} > 10$$

$$\text{pH} - \text{pK}_A > 1 \Rightarrow \text{pH} > \text{pK}_A + 1$$

$$\text{pH} > 8,9 + 1 \Rightarrow \boxed{\text{pH} > 9,9}$$

1 - 2 لنمثل على محور pH مجال هيمنة صيغتي الكاشف الملون (PP)



##### 2 - دراسة المحلول المائي $\text{S}_1$

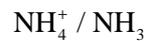
معادلة التفاعل بين الأمونياك والماء هي كالتالي :  $\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$  (1)

2 - 1 أنظر الدرس

$$2 - 2 \text{ حساب النسبة } \frac{[\text{NH}_3]_{\text{eq}}}{[\text{NH}_4^+]_{\text{eq}}}$$

$$\frac{[\text{NH}_3]_{\text{eq}}}{[\text{NH}_4^+]_{\text{eq}}} = 10^{\text{pH} - \text{pK}_A} = 10^{10,6 - 9,2} = 25$$

أي أن  $[\text{NH}_3]_{\text{eq}} > 25[\text{NH}_4^+]_{\text{eq}}$  وبالتالي فإن النوع المهيمن في هذه الحالة هو الصيغة القاعدية للمزدوجة

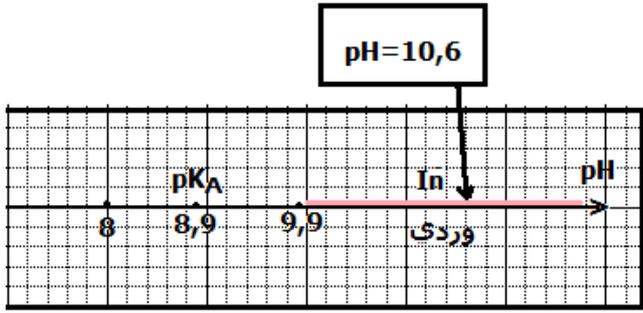


2 - 3 باستعمال مخطط مجال الهيمنة لصيغتي الكاشف الملون ،

من خلال مخطط مجال الهيمنة يتبين أن لون المحلول

سيكون وردي . أي أن النوع المهيمن هو الصيغة

## التحولات المقرونة بتفاعلات حمض - قاعدة - تصحيح التمارين



القاعدية للمزدوجة  $NH_4^+ / NH_3$  وهذا يتوافق مع السؤال السابق .

### 3 - دراسة المحلول المائي $S_2$

3 - 1 الجدول الوصفي للتفاعل بالنسبة للمحلول  $S_2$

معادلة التفاعل		$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + HO^-(aq)$			
الحالة	التقدم	كميات المادة			
البدئية	0	$C_2 V_B$	وفير	0	0
خلال التفاعل	x	$C_2 V_B - x$	وفير	x	x
النهائية	$x_{eq}$	$C_2 V_B - x_{eq}$	وفير	$x_{eq}$	$x_{eq}$

3 - 2 نضع  $\frac{[NH_3]_{eq}}{[NH_4^+]_{eq}} = q$  ، من خلال الجدول الوصفي لنبين أن  $C_2 = (q+1) \times 10^{pH-pK_e}$  :

حسب العلاقة التالية  $pH = pK_{A1} + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$  لدينا  $pH = pK_{A1} + \log q$   $\frac{[NH_3]_{eq}}{[NH_4^+]_{eq}} = 10^{pH-pK_{A1}} = q$

حسب الجدول الوصفي لدينا :  $[NH_4^+]_{eq} = [HO^-]_{eq}$  وحسب الجداء الأيوني للماء :

$[NH_3]_{eq} = (C_2 - [HO^-]_{eq})$  ومن جهة ثانية لدينا :  $[NH_4^+]_{eq} = \frac{K_e}{[H_3O^+]_{eq}} = \frac{10^{-pK_e}}{10^{-pH}} = 10^{pH-pK_e}$

$q = \frac{[NH_3]_{eq}}{[NH_4^+]_{eq}} = \frac{C_2 - [HO^-]}{[HO^-]} \Rightarrow q \times [HO^-] = C_2 - [HO^-]$

$C_2 = (q+1) \times [HO^-] \Rightarrow C_2 = (q+1) \times 10^{pH-pK_e}$

3 - 3 ليكن  $C_2$  التركيز المولي الدنوي للأمونياك في المحلول  $S_2$  لكي يأخذ لونا ورديا .

حسب q واستنتج قيمة  $C_2$

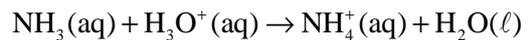
من خلال مجال الهيمنة يتبين أن البركيز المولي الدنوي لكي يأخذ المحلول لونا ورديا يوافق  $pH = 9,9$

وبالتالي فإن

$C_2 = (q+1) \times 10^{pH-pK_e} = 6 \times 10^{9,9-14} = 4,8 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  و  $q = 10^{pH-pK_{A1}} = 10^{9,9-9,2} = 5$

### 4 - دراسة الخليط $S_3$ ( سؤال اختياري )

4 - 1 معادلة التفاعل الحاصل في الكأس III :



4 - 2 الجدول الوصفي لهذا التحول

معادلة التفاعل		$NH_3(aq) + H_3O^+(aq) \rightarrow NH_4^+(aq) + H_2O(l)$			
الحالة	التقدم	كميات المادة			
البدئية	0	$C_3 V_B$	$n_0(H_3O^+)$	0	0
خلال التفاعل	x	$C_3 V_B - x$	$n_0(H_3O^+) - x$	x	x
النهائية	$x_{max}$	$C_3 V_B - x_{max}$	$n_0(H_3O^+) - x_{max}$	$x_{max}$	$x_{max}$

## التحولات المقرونة بتفاعلات حمض - قاعدة - تصحيح التمارين

4 - 3 نعتبر أن الأمونياك هو المتفاعل المحد ، حساب الحجم الدنوي  $V_A$  المضاف من غاز كلورور الهيدروجين لكي يأخذ المحلول لويئة الصيغة الحمضية لفينول الفتالين :  
الحجم الدنوي  $V_A$  المضاف من غاز كلورور الهيدروجين لكي يأخذ المحلول لويئة الصيغة الحمضية لفينول الفتالين يكون  $pH$  المحلول في هذه الحالة  $pH=8$  وحسب الجدول الوصفي للتفاعل لدينا :

$$\text{بما أن الأمونياك هو المتفاعل المحد فإن } x_{\max} = C_3 V_B \text{ أي أن } [H_3O^+]_f = \frac{n(H_3O^+) - x_{\max}}{V_A}$$

$$\text{وبما ان } n(H_3O^+) = \frac{V}{V_m} \text{ ومنه } [H_3O^+]_f = \frac{n(H_3O^+) - C_3 V_B}{V_A}$$

$$[H_3O^+]_f \times V_T = \frac{V}{V_m} - C_3 V_B \Rightarrow [H_3O^+]_f \times V_T \times V_m + C_3 \times V_B \times V_m = V$$

$$\boxed{V = V_m (10^{-pH} \times V_T + C_3 \times V_B)}$$

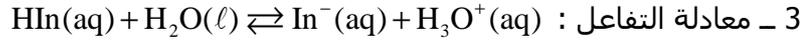
$$V = 24(10^{-8} \times 1 + 0,1 \times 1) = 2,4L$$

### التمرين 9

#### I - مخطط التوزيع

$$pK_A (HIn / In^-) = 3,5 + 0,375 = 3,875 = 3,9 \quad 1 -$$

2 -



#### II - دراسة المحلول $S_0$

1 - 1  $pH > pK_A$  ، فحسب مخطط الهيمنة فإن النوع القاعدي هو المهيمن أي  $In^-$

1 - 2 تعبير الثابتة الحمضية  $K_A$  :  $K_A = \frac{[In^-] \cdot [H_3O^+]}{[HIn]}$

1 - 3 إثبات العلاقة :

$$K_A = \frac{[In^-] \cdot [H_3O^+]}{[HIn]} \Rightarrow \log K_A = \log \frac{[In^-] \cdot [H_3O^+]}{[HIn]}$$

$$\log [H_3O^+] = \log [H_3O^+] + \log \frac{[In^-]}{[HIn]}$$

$$-\log [H_3O^+] = -\log [H_3O^+] + \log \frac{[In^-]}{[HIn]}$$

$$pH = pK_A + \log \frac{[In^-]}{[HIn]}$$

1 - 4 حسب العلاقة السابقة لدينا :

## التحولات المقرونة بتفاعلات حمض - قاعدة - تصحيح التمارين

$$\log \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} = \text{pH} - \text{pK}_A \Rightarrow \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} = 10^{\text{pH} - \text{pK}_A}$$

$$\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \approx 40$$

1 - 5 الجدول الوصفي للتفاعل :

المعادلة الكيميائية		$\text{HIn(aq)} + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightleftharpoons \text{In}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$				
بداية التفاعل	0	$n_0$	وفير	0	0	
خلال التفاعل	x	$n_0 - x$	وفير	x	x	
نهاية التفاعل	$x_f$	$n_0 - x_f$	وفير	$x_f$	$x_f$	

1 - 6 : التقدم الأقصى :  $x_{\max} = n_0 = C_0 V = 3,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$

التقدم النهائي :

$$x_f = n(\text{H}_3\text{O}^+)_f = [\text{H}_3\text{O}^+]_f \cdot V = 10^{-\text{pH}} \cdot V$$

$$x_f = 3,16 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$$

1 - 7 نسبة التقدم النهائي :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = 0,1 = 10\%$$

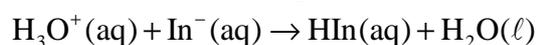
$\tau < 100\%$  أي أن التفاعل محدود .

2 - دراسة تفاعل حمض الكلوريدريك ومحلول أزرق البروموفينول :

2 - 1 الكاشف المهيم في المحلول :

$\text{pH} < \text{pK}_A$  أي أن النوع الحمضي هو المهيم (HIn) وبالتالي فلون المحلول سيكون أصفر .

2 - 2 معادلة التفاعل :



2 - 3 حساب النسبة :

$$\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} = 10^{\text{pH} - \text{pK}_A} \Rightarrow \frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}^-]} = 10^{\text{pK}_A - \text{pH}}$$

$$\frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}^-]} = 79$$

2 - 4 الجدول الوصفي لتطور التفاعل الكيميائي :

المعادلة الكيميائية		$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{In}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{HIn(aq)} + \text{H}_2\text{O}(\ell)$			
بداية التفاعل	0	$C_A V_A$	$C_0 V_B$	0	0
خلال التفاعل	x	$C_A V_A - x$	$C_0 V_B - x$	x	x
نهاية التفاعل	$x_f$	$C_A V_A - x_f$	$C_0 V_B - x_f$	$x_f$	$x_f$

تحديد التقدم النهائي :

حسب الجدول الوصفي لدينا :

$$[\text{In}^-]_f = \frac{C_0 V_B - x_f}{V_T} \text{ و } [\text{HIn}]_f = \frac{x_f}{V_T}$$

$$\frac{[\text{HIn}]_f}{[\text{In}^-]_f} = \frac{x_f}{C_0 V_B - x_f} = 80$$

$$x_f = 2,96 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

2 - 5 نسبة التقدم النهائي للتفاعل :  
التقدم الأقصى :

$$C_0 V_B = 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$C_A V_A = 1 \times 10 \cdot 10^{-3} = 10^{-2} \text{ mol}$$

أي أن المتفاعل المحد هو  $\text{In}^-$  وبالتالي  $x_{\text{max}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$

$$\tau = \frac{2,96 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-5}} = 0,98 \text{ : نسبة التقدم النهائي}$$

نستنتج أن التفاعل كلي ، مما يدل على أن النوع الحمضي هو المسيطر مما يبرز لونه الأصفر .  
2 - 6 ثابتة التوازن المقرونة بهذا التفاعل :

$$K = \frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}^-][\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1}{K_A} = 10^{3,9} = 7,94 \cdot 10^3$$