

# مجلة المتفوق

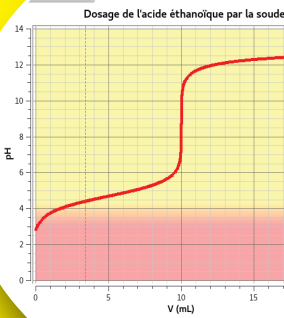
الوحدة 4: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

تجميع وإعداد : الأستاذ بلغيث أيمن

العلوم الفيزيائية

علوم تجريبية - رياضيات - تقني رياضي

The pH Scale



دروس وملخصات شاملة ✓  
تمارين ووضعيّات محلولة ✓

perte d'un ion  $H^+$

ACIDE


BASE

gain d'un ion  $H^+$


BAC

## فهرس الوحدة 04:


### تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

 **الدرس (01):** في هذا الدرس سنتطرق إلى


- **تذكير .**

 **الدرس (02):** في هذا الدرس سنتطرق إلى


- **ph محلول مائي**

 **الدرس (03):** في هذا الدرس سنتطرق إلى

- **تأثير حمض و أساس على الماء**

 **الدرس (04):** في هذا الدرس سنتطرق إلى

- **تعريف وعلاقات هامة**

 **الدرس (05):** في هذا الدرس سنتطرق إلى

- **المعايرة pH مترية ( قيد الإنجاز تنشر في وقت لاحق )**

### تمرينات شاملة على الوحدة 04

## الدرس (01)

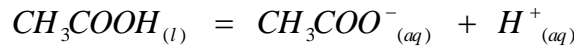
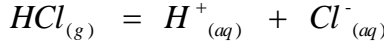
- تذكير :

1- تعريف الحمض و الاساس حسب برونشتد - لوري :

- تعريف الحمض (AH) :

هو كل فرد كيميائي قادر على فقدان بروتون  $H^+$  أو أكثر خلال تحول كيميائي و نكتب :

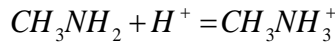
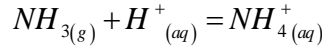
امثلة :



- تعريف الاساس (B) :

هو كل فرد كيميائي بإمكانه اكتساب بروتون  $H^+$  أو أكثر خلال تحول كيميائي و نكتب :

امثلة :



2- الحمض القوي / الضعيف - الاساس القوي / الضعيف :

- الحمض :

الحمض القوي :	الحمض الضعيف :
ينحل كلياً في الماء وفق تفاعل تام	ينحل جزئياً في الماء وفق تفاعل غير تام

- الاساس :

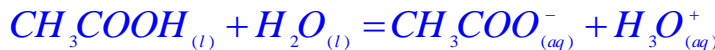
الاساس القوي :	الاساس الضعيف :
ينحل كلياً في الماء وفق تفاعل تام	ينحل جزئياً في الماء وفق تفاعل غير تام

3- المحلول الحمضي والمحلل الاساسي :

- المحلول الحمضي :

هو كل محلول يحتوي على شوارد الهيدرونيوم  $H_3O^+$  ويكون  $[H_3O^+] < [HO^-]$  ونتحصل عليه بإذابة الحمض في الماء

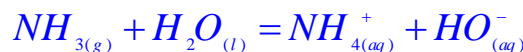
مثال :



- المحلول الاساسي :

هو كل محلول يحتوي على شوارد الهيدروكسيد  $HO^-$  ويكون  $[HO^-] > [H_3O^+]$  ونتحصل عليه بإذابة الاساس في الماء

مثال :



ملاحظة 01 :

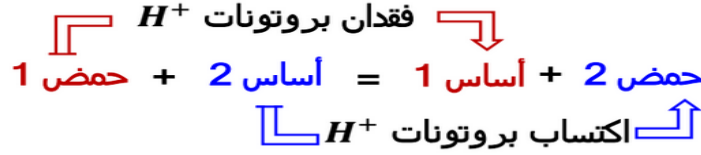
- إذا كان :  $[HO^-] = [H_3O^+]$  نقول عن المحلول أنه معتدل .

## ملاحظة 02:

- الماء نوع كيميائي متذبذب يمكن أن يلعب دور حمض أو أساس. الثنائيتان  $(H_3O^+ / H_2O)$  أو  $(H_2O / HO^-)$ .

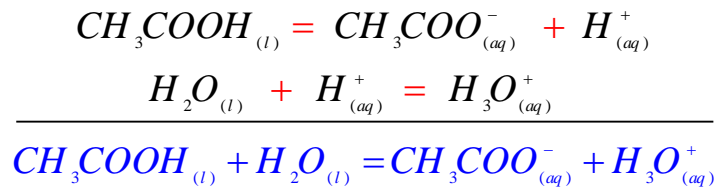
## 4- التفاعلات حمض - أساس .

التفاعل حمض - أساس هو تفاعل يحدث فيه انتقال البروتونات من حمض ثنائية (أساس 1 / حمض 1) إلى أساس ثنائية أخرى (أساس 2 / حمض 2) ، بصفة عامة :



## مثال 01 :

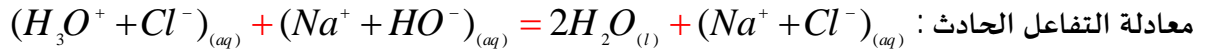
اكتب معادلة تفاعل حمض الإيثانويك  $CH_3COOH_{(l)}$  مع الماء محددًا الثنائيتين (أساس / حمض) المشاركتين فيه .



الثنائيتين (أساس / حمض) المشاركتين فيه :  $(CH_3COOH / CH_3COO^-)$  و  $(H_3O^+ / H_2O)$ .

## مثال 02 :

اكتب معادلة تفاعل حمض كلور الماء  $(H_3O^+ + Cl^-)_{(aq)}$  مع محلول هيدروكسيد الصوديوم  $(Na^+ + HO^-)_{(aq)}$ .



وبما الشاردين  $Na^+$  و  $Cl^-$  غير فعالتين فلا تدخلان في التفاعل ومنه معادلة التفاعل تصبح :  $H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = 2H_2O_{(l)}$

## 5- علاقات رياضية :

- خصائص الدالة log :

خاصية 01 : $\log(A \times B) = \log A + \log B$	خاصية 02 : $\log\left(\frac{A}{B}\right) = \log A - \log B$
خاصية 03 : $-\log\left(\frac{A}{B}\right) = \log\left(\frac{B}{A}\right)$	خاصية 04 : $\log\left(\frac{1}{A}\right) = -\log A$
خاصية 05 : $10^x = a \Rightarrow \log 10^x = \log(a)$ $\Rightarrow x = \log(a)$	خاصية 06 : $\log x = a \Rightarrow 10^{\log x} = 10^a$ $\Rightarrow x = 10^a$

## الدرس (02)

II - pH محلول مائي :

1- pH محلول مائي :

- تعريفه :

الـ pH هو مقدار يحدد طبيعة الوسط في محلول مائي ويعرف بالعلاقة التالية :



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

- حيث :  $[H_3O^+]$  تركيز شوارد الهيدرونيوم بوحدة  $mol / L$ .

- هذه العلاقة صالحة من أجل المحاليل المخففة حيث :  $[H_3O^+] < 5 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$

- قياسه :

من أجل قياس pH محلول مائي نستخدم على :

ورق pH .	جهاز pH متر .
	

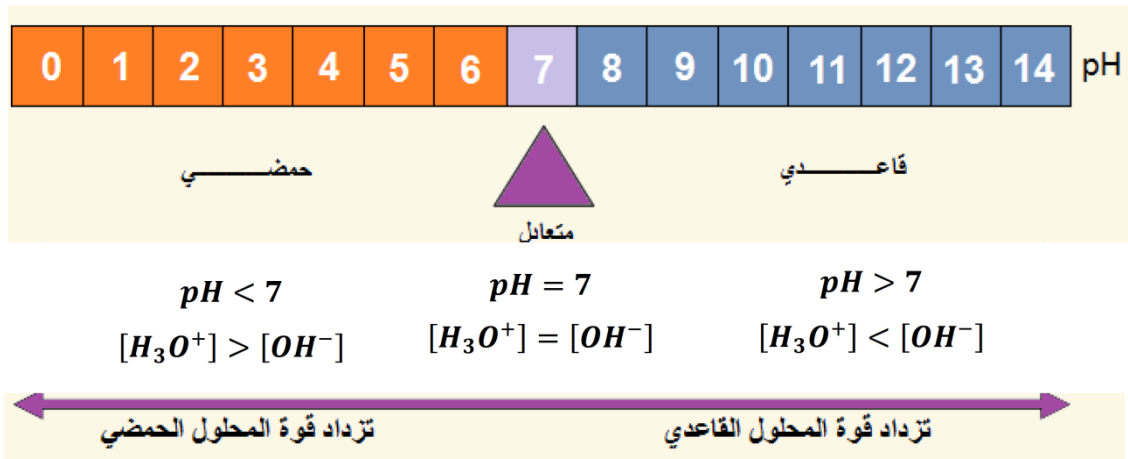
ملاحظة :

لقياس pH محلول مائي بواسطة جهاز الـ pH متر :

- نغمر مسبار الـ pH ثم نغسل مسباره بالماء المقطرو نجففه.

- نغمر مسبار الجهاز داخل المحلول بشكل شاقولي ونقرأ قيمة الـ pH عليه .

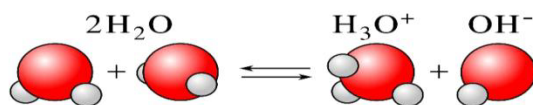
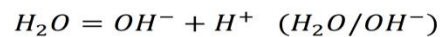
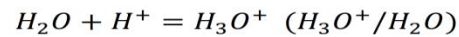
- سلم pH :



2- الجداء الشاردي للماء  $K_e$  :



التفكك الذاتي  
للماء



يعرف الجداء الشاردي للماء بالعلاقة :

$$[H_3O^+][HO^-] = K_e$$

- عند 25°C يكون :  $K_e = 10^{-14}$

$$[H_3O^+][HO^-] = 10^{-14}$$

ومنه

**ملاحظة :**

$$K_e = 10^{-pK_e}$$

أو

$$pK_e = -\log K_e$$

نعرف المقدار  $pK_e$  بالعلاقة :

**إضافات :**

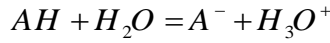
<p><b>البرهان :</b></p> <p>لدينا <math>pH = -\log[H_3O^+]</math> ومنه <math>-pH = \log[H_3O^+]</math></p> $\Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH}$	$[H_3O^+] = 10^{-pH}$	<b>العلاقة 01</b>
<p><b>البرهان :</b></p> <p>لدينا <math>[H_3O^+].[HO^-] = 10^{-14}</math></p> <p>ومنه :</p> $[HO^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-pH}} = 10^{-14} \cdot 10^{pH}$ $\Rightarrow [HO^-] = 10^{pH-14}$	$[HO^-] = 10^{pH-14}$	<b>العلاقة 02</b>
<p><b>البرهان :</b></p> <p>لدينا <math>[HO^-] = 10^{pH-14}</math></p> <p>بإدخال <math>\log</math> على الطرفين نجد :</p> $\log[HO^-] = \log 10^{pH-14}$ <p>ومنه :</p> $pH - 14 = \log[HO^-]$ $\Rightarrow pH = 14 + \log[HO^-]$	$pH = 14 + \log[HO^-]$	<b>العلاقة 03</b>

## الدرس (03)

### III- تأثير حمض و أساس على الماء :

#### 1- تأثير حمض على الماء (تصنيف الحمض الى حمض قوي أو ضعيف )

**أولا :** كتابة معادلة تفاعل الحمض AH مع الماء H<sub>2</sub>O



#### ثانيا : انجاز جدول تقدم التفاعل

المعادلة		AH + H <sub>2</sub> O = A <sup>-</sup> + H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>			
الحالة	التقدم	كميات المادة بـ ( mol )			
ح !	0	n <sub>0</sub> (AH) = CV		0	0
ح إن	X	CV - x	بوفرة	x	x
ح ن	x <sub>f</sub>	CV - x <sub>f</sub>		x <sub>f</sub>	x <sub>f</sub>

#### ثالثا : إيجاد عبارة المقادير التالية

النسبة النهائية للتقدم τ <sub>f</sub>	التقدم النهائي x <sub>f</sub>	التقدم الاعظمي x <sub>max</sub>
<p>لدينا :</p> $\tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}}$ <p>ومنه :</p> $\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f V}{CV} = \frac{[H_3O^+]_f}{C}$	<p>لدينا :</p> $n_f(H_3O^+) = x_f$ $\Rightarrow x_f = [H_3O^+]_f V$	<p>نفرض أن التفاعل تام معناه AH متفاعل محد ومنه :</p> $CV - x_{\max} = 0$ <p>إذن :</p> $x_{\max} = CV = n_0(AH)$

**ومنه :**

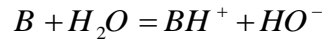
الحمض ضعيف (تفاعل غير تام)	الحمض قوي (تفاعل تام)
<p><b>ط01 :</b></p> $x_f < x_{\max}$ <p><b>ط02 :</b></p> $[H_3O^+]_f < C$ <p><b>ط03 :</b></p> $\tau_f < 1$	<p><b>ط01 :</b></p> $x_f = x_{\max}$ <p><b>ط02 :</b></p> $[H_3O^+]_f = C$ <p><b>ط03 :</b></p> $\tau_f = 1$

**إضافة :** إيجاد تراكيز الانواع الكيميائية في المزيج التفاعلي في الحالة النهائية :

من جدول التقدم لدينا	
$[AH]_f = \frac{CV - x_f}{V} = \frac{CV}{V} - \frac{x_f}{V} = C - \frac{x_f}{V}$ $\Rightarrow [AH]_f = C - [H_3O^+]_f = C - 10^{-pH}$	$[A^-]_f = [H_3O^+]_f = \frac{x_f}{V} = 10^{-pH}$

## 2- تأثير اساس على الماء (تصنيف الاساس الى اساس قوي أو ضعيف) .

**أولا :** كتابة معادلة تفاعل الاساس B مع الماء H<sub>2</sub>O



**ثانيا :** انجاز جدول تقدم التفاعل

المعادلة		$B + H_2O = BH^+ + HO^-$			
الحالة	التقدم	كميات المادة بـ ( mol )			
ح !	0	$n_0(B) = CV$		0	0
ح إن	X	$CV - x$	بوفرة	x	x
ح ن	$x_f$	$CV - x_f$		$x_f$	$x_f$

**ثالثا :** إيجاد عبارة المقادير التالية :

النسبة النهائية للتقدم $\tau_f$	التقدم النهائي $x_f$	التقدم الاعظمي $x_{max}$
<p>لدينا :</p> $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}}$ <p>ومنه :</p> $\tau_f = \frac{[HO^-]_f \cdot V}{CV} = \frac{[HO^-]_f}{C}$	<p>لدينا :</p> $n_f(HO^-) = x_f$ $\Rightarrow x_f = [HO^-]_f \cdot V$	<p>نفرض أن التفاعل تام معناه B متفاعل محدود ومنه :</p> $CV - x_{max} = 0$ <p>إذن :</p> $x_{max} = CV = n_0(B)$

**ومنه :**

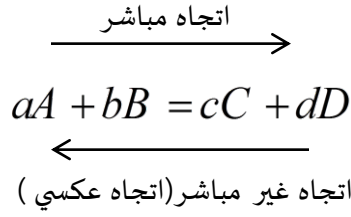
الحض قوي (تفاعل تام)	الحض ضعيف (تفاعل غير تام)
<b>ط01 :</b> $x_f = x_{max}$	<b>ط01 :</b> $x_f < x_{max}$
<b>ط02 :</b> $[HO^-]_f = C$	<b>ط02 :</b> $[HO^-]_f < C$
<b>ط03 :</b> $\tau_f = 1$	<b>ط03 :</b> $\tau_f < 1$

**اضافة :** إيجاد تراكيز الانواع الكيميائية في المزيج التفاعلي في الحالة النهائية :

من جدول التقدم لدينا	
$[B]_f = \frac{CV - x_f}{V} = \frac{CV}{V} - \frac{x_f}{V} = C - \frac{x_f}{V}$ $\Rightarrow [B]_f = C - [HO^-]_f$ $[B]_f = C - 10^{pH-14}$	$[BH^+]_f = [HO^-]_f = \frac{x_f}{V} = 10^{pH-14}$



IV- تعريف وعلاقات هامة :



1- الفرق بين التفاعل التام والغير تام :

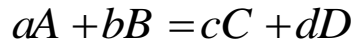
- نفس التفاعل تام بأن التفاعل يسري في اتجاه واحد.
- نفس التفاعل الغير تام بأن التفاعل عكوس يسري في الاتجاهين .

2- مفهوم حالة التوازن :

نقول عن جملة كيميائية انها وصلت لحالة التوازن اذا كانت كمية مادة المتفاعلات والنواتج تبقى ثابتة عند لحظات زمنية مختلفة ونفس ذلك بحدوث تفاعلين كيميائيين متزامنين ومتعاكسين حيث سرعة التفاعل المباشر تساوي سرعة التفاعل العكسي عند التوازن .

3- كسر التفاعل  $Q_r$  :

هو مقدار بدون وحدة من خلاله يمكن من معرفة جهة تطور الجملة الكيميائية ( مباشر - غير مباشر - حالة التوازن )



عبارة كسر التفاعل :

حالة نهائية	حالة انتقالية	حالة ابتدائية	حالة الجملة
$Q_{rf} = \frac{[C]_f^c \cdot [D]_f^d}{[A]_f^a \cdot [B]_f^b}$	$Q_{ri} = \frac{[C]_i^c \cdot [D]_i^d}{[A]_i^a \cdot [B]_i^b}$	$Q_{ri} = \frac{[C]_i^c \cdot [D]_i^d}{[A]_i^a \cdot [B]_i^b}$	كسر التفاعل $Q_r$

4- ثابت التوازن K :

هو كسر التفاعل في الحالة النهائية :

$$K = Q_{rf} = \frac{[C]_f^c \cdot [D]_f^d}{[A]_f^a \cdot [B]_f^b}$$

ملاحظات :

- 1- ثابت التوازن K لا يتعلق بالتركيز المولية الابتدائية .
- 2- ثابت التوازن K يتعلق بدرجة الحرارة .
- 3- اذا كان :  $K > 10^4$  فإن التفاعل تام .
- اذا كان :  $K < 10^4$  فإن التفاعل غير تام .

5- ثابت الحموضة  $K_a$  والثابت  $pK_a$  للشائية (أساس  $A^-$  / حمض  $AH$ ) :

عبارة ثابت الحموضة $K_a$	عبارة الثابت $pK_a$
$K_a = \frac{[H_3O^+]_f [A^-]_f}{[AH]_f}$	$pK_a = -\log K_a$ ومنه : $K_a = 10^{-pK_a}$

ملاحظة 01 :

1- العلاقة بين  $K$  و  $K_a$

حالة تفاعل حمض مع الماء	حالة تفاعل اساس مع الماء
$AH + H_2O = A^- + H_3O^+$ لدينا : $K_a = \frac{[H_3O^+]_f [A^-]_f}{[AH]_f}$ ولدينا ثابت التوازن : $K = \frac{[H_3O^+]_f [A^-]_f}{[AH]_f}$ ومنه نجد : $K_a = K$	$B + H_2O = BH^+ + HO^-$ لدينا : $K_a = \frac{[H_3O^+]_f [B]_f}{[BH^+]_f}$ ولدينا ثابت التوازن : $K = \frac{[BH^+]_f \cdot [HO^-]_f}{[B]_f}$ $\Rightarrow \frac{1}{K} = \frac{[B]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[BH^+]_f [HO^-]_f}$ $\frac{1}{K} = \frac{K_a}{K_e}$ $\Rightarrow K_a = \frac{K_e}{K}$ ومنه نجد :

ملاحظة 02 :

1- المقارنة بين الاحماض الضعيفة ( معرفة الحمض الاقوى والحمض الاضعف ) :

الطريقة 01 :	الطريقة 02 :
الحمض الاقوى الذي لديه : - قيمة $K_a$ كبيرة ( $\uparrow$ ) - قيمة $pK_a$ صغيرة ( $\downarrow$ ) والعكس صحيح	اذا كان للاحماض نفس التركيز المولي $C$ فإن الحمض الاقوى الذي لديه : - قيمة $\tau_f$ كبيرة ( $\uparrow$ ) - قيمة $pH$ صغيرة ( $\downarrow$ ) والعكس صحيح

2- المقارنة بين الاسس الضعيفة ( معرفة الاساس الاقوى والاساس الاضعف ) :

الطريقة 01 :	الطريقة 02 :
الاساس الاقوى الذي لديه : - قيمة $K_a$ صغيرة ( $\downarrow$ ) - قيمة $pK_a$ كبيرة ( $\uparrow$ ) والعكس صحيح	اذا كان للأسس نفس التركيز المولي $C$ فإن الاساس الاقوى الذي لديه : - قيمة $\tau_f$ كبيرة ( $\uparrow$ ) - قيمة $pH$ كبيرة ( $\uparrow$ ) والعكس صحيح

6- العلاقة بين الـ  $pH$  و الـ  $pK_a$  ( علاقة اندرسون ) :

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} \quad \text{العلاقة هي}$$

**البرهان :**

$$\log Ka = \log [H_3O^+]_f + \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} \quad \text{لدينا} \quad K_a = \frac{[H_3O^+]_f [A^-]_f}{[AH]_f} \quad \text{بإدخال log على الطرفين نجد}$$

$$-\log Ka = -\log [H_3O^+]_f - \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} \quad \text{ثم نضرب الطرفين في (-1) فنجد :}$$

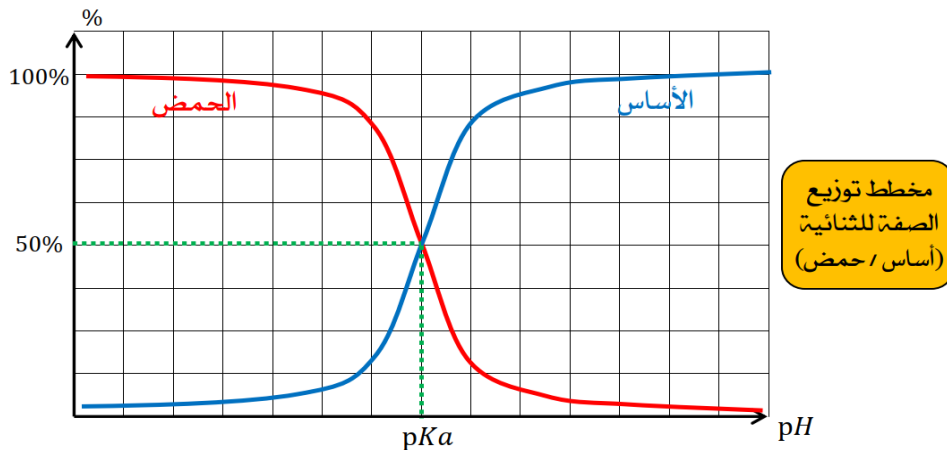
$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} \quad \text{ومننه :} \quad \begin{cases} pK_a = -\log K_a \\ pH = -\log [H_3O^+]_f \end{cases} \quad \text{ونعلم أن}$$

7- تحديد الصفة الغالبة للثنائية ( أساس  $A^-$  / حمض  $AH$  ) :

لا توجد صفة غالبة .	صفة الحمض $A^-$ هي الغالبة .	صفة الحمض $AH$ هي الغالبة .
$[A^-]_f > [AH]_f$ $\Rightarrow \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} = 1$ $\Rightarrow \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} = 0$ $\Rightarrow pK_a + \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} = pK_a$ $\Rightarrow pH = pK_a$	$[A^-]_f > [AH]_f$ $\Rightarrow \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} > 1$ $\Rightarrow \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} > 0$ $\Rightarrow pK_a + \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} > pK_a$ $\Rightarrow pH > pK_a$	$[AH]_f > [A^-]_f$ $\Rightarrow 1 > \frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$ $\Rightarrow 0 > \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$ $\Rightarrow pK_a > pK_a + \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$ $\Rightarrow pK_a > pH$ $\Rightarrow pH < pK_a$

8- مخطط توزيع الصفة الغالبة للثنائية ( أساس  $A^-$  / حمض  $AH$  ) :

عبارة عن تمثيل نسبة تواجد الحمض والاساس في ثنائية ( أساس / حمض ) بدلالة  $pH$  المحلول وهو معطى في درجة حرارة ثابتة .



## 9- الكواشف اللونية :

- تعريفه :

• هي أحماض أو أسس ضعيفة تتميز بثنائية (HIn / In<sup>-</sup>) حيث لون الحمض HIn يختلف عن لون الاساس In<sup>-</sup>

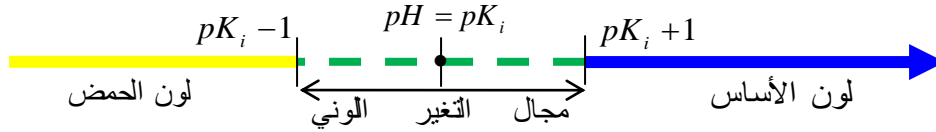
- عبارة الثابت  $K_i$  و  $pK_i$  لثنائية (HIn / In<sup>-</sup>):

عبارة الثابت $pK_i$	عبارة ثابت $K_i$
$pK_i = -\log K_i$	$K_i = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [In^-]_f}{[HIn]_f}$

- العلاقة بين الـ  $pH$  و الـ  $pK_i$  :

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

- مجال التغير اللوني :



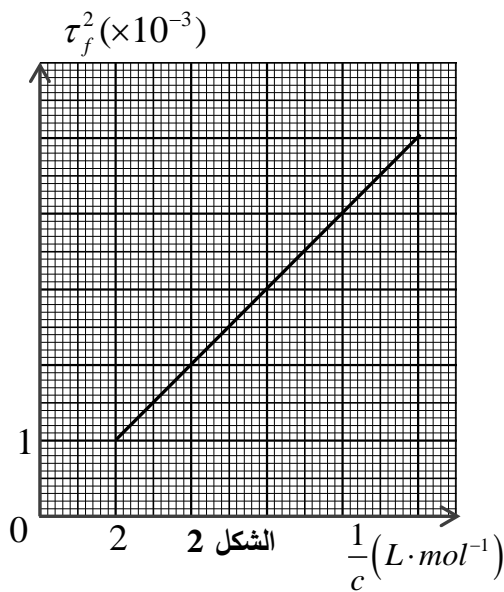
مجال التغير اللوني	$pK_i$	اسم الكاشف
6,0 – 7,6	7,0	أزرق البروموتيمول B.B.T
8,2 – 10,0	9,4	الفينول فتالين P.P
3,1 – 4,4	3,4	برتقالي الميثيل (الهيلاننتين) M.O

- ملاحظة مهمة :

تستخدم الكواشف في المعايرة اللونية ويكون الكاشف المناسب منها هو الذي مجال تغيره اللوني يشمل  $pH_E$

## التدريب (01):

حمض الأزوتيد (النيتروز) صيغته الكيميائية  $HNO_2$  يتواجد على شكل محلول ذي لون أزرق فاتح، يُستخدم في الصناعات الورقية والنسيجية.



نُحَضِّر محلولاً مائياً ( $S_0$ ) لحمض الأزوتيد  $HNO_2$  تركيزه المولي  $c_0 = 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$  وحجمه  $V_0$ ، قسنا  $pH$  المحلول ( $S_0$ ) فوجدنا القيمة  $pH = 1,8$  عند درجة حرارة  $\theta = 25^\circ C$ .

1. أعط تعريف الحمض حسب برونشستد.
2. اكتب معادلة التفاعل المنمذجة للتحويل الحادث بين حمض الأزوتيد والماء.
3. أنجز جدول تقدم التفاعل.
4. جِدْ عبارة نسبة التقدم النهائي  $\tau_f$  بدلالة  $pH$  و  $c_0$  واحسب قيمتها. هل حمض الأزوتيد قوي أم ضعيف؟ علِّل.
5. نُحَضِّر عدّة محاليل مُمدّدة انطلاقاً من المحلول ( $S_0$ ).

قياس  $pH$  هذه المحاليل وحساب  $\tau_f$  في كل محلول مكّنتنا من رسم المنحنى البياني (الشكل 2) الممثل لتغيرات

$\tau_f^2$  بدلالة مقلوب التركيز المولي للمحلول الحمضي  $\frac{1}{c}$ ، من أجل التقريب التالي:  $1 - \tau_f \approx 1$ .

1.5. جِدْ عبارة ثابت التوازن  $K$  للتفاعل الحادث بين حمض الأزوتيد والماء بدلالة  $\tau_f$  و  $c$  تركيز المحلول المُمدّد.

## التدريب (02):

تُعتبر الأحماض الكربوكسيلية من المركبات العضوية التي تُظهر الخاصية الحمضية في المحاليل المائية وتُستعمل في إنتاج مواد مختلفة صيغتها العامة  $C_nH_{2n+1}COOH$  ( $n$  عدد ذرات الكربون). يوجد في مخبر ثانوية قارورة لمحلول تجاري تحتوي على حمض عضوي مجهول، كُتِب على مُلصقتها كثافة المحلول التجاري  $d = 1,05$ ، أمّا باقي المعلومات المُتمثلة في: الصيغة الجزيئية للحمض، كتلته المولية  $M$  ونسبة نقاوة الحمض في المحلول التجاري  $p\%$ ، فهي غير واضحة. قام تلاميذ الفوج بالعمليات الآتية:

- تمديد حجم  $V_0 = 2 \text{ mL}$  من مُحتوى القارورة 175 مرّة لتحضير محلول مائي ( $S$ ) تركيزه المولي  $c$ .
- قياس  $pH$  المحلول ( $S$ ) عند درجة الحرارة  $25^\circ C$  أعطى القيمة  $pH = 2,9$ .
- مُعايرة عيّنة من المحلول ( $S$ ) حجمها  $V_a = 10 \text{ mL}$  بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم ( $Na^+(aq) + OH^-(aq)$ ) تركيزه المولي  $c_b = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  باستعمال كاشف الفينول فتالين. تمّ الحصول على التكافؤ حمض-أساس عند إضافة حجم  $V_{BE} = 10 \text{ mL}$  من المحلول الأساسي.

1. حدّد الزجاجية المناسبة لأخذ الحجم  $V_0 = 2 \text{ mL}$  من القارورة مع ذكر الاحتياطات الأمنية الواجب توفيرها.
2. اكتب المعادلة الكيميائية المنمذجة للتحويل الحادث أثناء المُعايرة بين الحمض  $C_nH_{2n+1}COOH$  والأساس.
3. عرّف نقطة التكافؤ ثمّ استنتج التركيز المولي  $c$  للمحلول الحمضي ( $S$ ) المُعاير.
4. أنجز جدول تقدم التفاعل الحادث بين الحمض  $C_nH_{2n+1}COOH$  والماء ثم بيّن أنّه حمض ضعيف.

5. جِدْ عبارة الثابت المُميّز للتثاينية (أساس/حمض) بالشكل:  $K_a = \frac{10^{-pH}}{c - 10^{-pH}}$  . احسب قيمته عند  $25^\circ C$  .

6. بالاستعانة بالجدول الآتي لقيم ثابت الحموضة  $pK_a$  لبعض الثنائيات (أساس/حمض) عند  $25^\circ C$  .

(أساس/حمض)	( $HCOOH / HCOO^-$ )	( $CH_3COOH / CH_3COO^-$ )	( $C_2H_5COOH / C_2H_5COO^-$ )
$pK_a$	3,80	4,80	4,87

1.6. استنتج الصيغة الجزيئية للحمض المجهول.

2.6. استكمل المعلومات غير الواضحة على مُلصقة القارورة (الكتلة المولية  $M$  ، نسبة النقاوة  $p\%$ ).

**التمرين الأول:****الجزء الأول:**

محلل للمثيل الأمين  $CH_3NH_2$  تركيزه المولي  $C = 10^{-2} mol/l$  وحجمه  $V = 100 ml$ ، نقيس  $pH$  المحلول نجده 11,3.

1. أكتب معادلة تفاعل المثيل أمين مع الماء ثم حدد الثنائيات (acide/base) الداخلة في التفاعل.

2. أنجز جدول تقدم التفاعل.

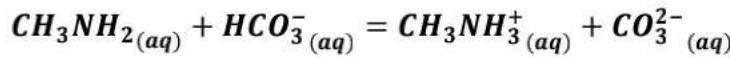
3. أحسب نسبة التقدم النهائية  $\tau_f$ ، ماذا تستنتج

$$4. \text{بين أن: } \tau_f = \frac{1}{1+10^{pH-pKa}}$$

5. استنتج أن قيمة  $pKa$  للثنائية  $\left(\frac{H_3NH_3^+}{CH_3NH_2}\right)$  هي: 10.6

**الجزء الثاني:**

نحقق مزيج ستوكيومتري بين الميثيل أمين  $CH_3NH_2$  وكربونات الصوديوم  $(Na^+_{(aq)} + HCO_3^-_{(aq)})$ ، حيث  $n = CV$  و ينمذج التفاعل الحادث بالمعادلة التالية:



1. بين أن التفاعل الحادث هو تفاعل حمض-أساس ثم أنجز جدول تقدمه.

2. أحسب ثابت التوازن  $K$  للتفاعل.

$$3. \text{بين أن ثابت التوازن للتفاعل يعطى بالعلاقة: } K = \frac{x_f^2}{(CV-x_f)^2}$$

4. أحسب قيمة  $x_f$  ثم استنتج قيمة  $\tau_f$ .

5. ماهي قيمة  $pH$  المزيج التفاعلي؟

يعطى:  $pKa_2(HCO_3^-/CO_3^{2-}) = 10,3$  ،  $Ke = 10^{-14}$

**التمرين الثاني:** كل القياسات مأخوذة عند درجة حرارة  $25^\circ C$ ،  $M(C_6H_5COOH) = 122 g/mol$

يستعمل حمض البنزويك الصلب  $C_6H_5COOH$  كحافظ للمواد الغذائية، نحضر منه محلولاً مائياً (S) حجمه  $V = 50 ml$  وتركيزه

$C = 0.01 mol/l$  انطلاقاً من محلول تجاري ذي التركيز  $C_0 = 0.025 mol/l$

1. حدد حجم المحلول التجاري  $V_0$  الواجب استعماله للتحضير المحلول (S)، مع ذكر البروتوكول التجريبي لتحضيره.

2. أكتب معادلة تفاعل الحمض في الماء.

3. أحسب كسر التفاعل النهائي  $Q_{rf}$ . علماً أن قياس  $pH$  المحلول (S) هو 3,12

4. نسكب  $10 ml$  من المحلول (S) في بيشر ونضع هذا الأخير فوق **مخلوط مغناطيسي** ونضيف له كل مرة حجماً من الماء ثم نقيس  $pH$

المحلول الناتج فنحصل على النتائج في الجدول التالي:



حجم الماء المضاف $V_e$	0	10	40
$C (mol/l)$	.	.	.
$pH$	3.12	3.28	3.49
$\tau_f$	.	.	.

▪ لماذا نستخدم مخلوط مغناطيسي في هذه العملية؟

▪ اكمل الجدول أعلاه واستنتج تأثير إضافة الماء للمحاليل الحمضية على  $C$  و  $\tau_f$ .

**التمرين الثالث:**

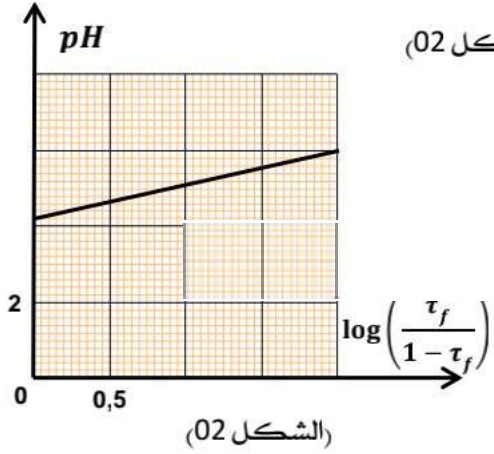
أكتب معادلة انحلال حمض البنزويك في الماء.

1. أنشئ جدول التقدم.

2. أكتب نسبة التقدم النهائية  $\tau_f$  بدلالة  $C_0$  و  $pH$ .

3. بين أن  $pH$  المحلول  $S_0$  يعطى من الشكل:  $pH = pKa + \log\left(\frac{\tau_f}{1-\tau_f}\right)$

II. لغرض تحديد التركيز  $C_0$  نقوم بتحضير مجموعة محاليل ممددة مختلفة التركيز انطلاقا من المحلول  $S_0$ .



قياس الـ  $pH$  لكل محلول سمح لنا برسم البيان:  $pH = f\left(\log\left(\frac{\tau_f}{1-\tau_f}\right)\right)$  (الشكل 02)

1. باستغلال البيان استنتج  $pK_a$  للثنائية  $(C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-)$

2. حدد الصفة الغالبة من أجل:  $\tau_f = 0.7$ .

3. اعط قياس  $pH$  لأحد المحاليل الممددة  $S'$  القيمة  $pH = 4.2$ .

▪ حدد تركيز  $C'$  للمحلول الممد  $S'$ .

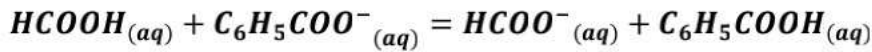
▪ استنتج قيمة التركيز  $C_0$ ، إذا علمت أن المحلول ممدد 150 مرة.

## التمرين الرابع:

يهدف هذا التمرين إلى دراسة تفاعل حمض الميثانويك ( $HCOOH$ ) مع شاردة البنزوات ( $C_6H_5COO^-$ ) ثم مع هيدروكسيد الصوديوم ( $Na^+(aq) + OH^-(aq)$ ) عند درجة الحرارة  $25^\circ C$ .

### I. تفاعل حمض الميثانويك مع شاردة البنزوات:

نحضر خليطا ( $S$ ) حجمه  $V$  بمزج  $n_1 = 10^{-3} mol$  من حمض الميثانويك و  $n_2 = 10^{-3} mol$  من بنزوات الصوديوم. فيحصل تحول كيميائي نمذجه بالمعادلة التالية:



1. أنشئ جدول تقدم التفاعل.

2. أوجد عبارة ثابت التوازن  $K$  للتفاعل بدلالة  $pK_{a2}$  و  $pK_{a1}$ ، ثم تحقق أن:  $K = 2,82$ .

3. بين أن عبارة نسبة التقدم النهائي  $\tau_f$  تكتب على الشكل التالي:

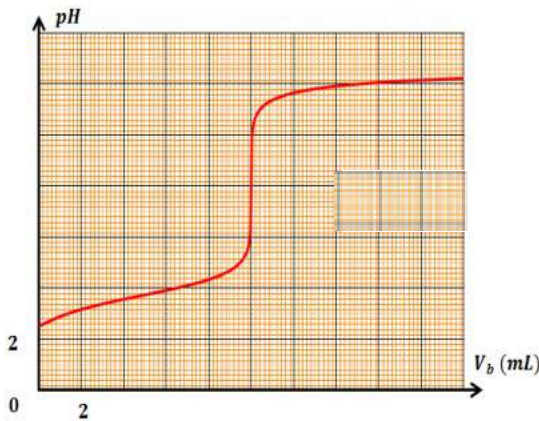
$$\tau_f = \frac{\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}}$$

ثم أحسب قيمة  $\tau_f$ . ماذا تستنتج؟

4. علما أن  $pH$  الخليط هو  $pH = 3,97$ ، حدد الأنواع الكيميائية الغالبة من بين:  $C_6H_5COOH$ ,  $C_6H_5COO^-$ ,  $HCOOH$ ,  $HCOO^-$ .

### II. تفاعل حمض الميثانويك مع هيدروكسيد الصوديوم:

لتحديد قيمة  $C_a$  تركيز حمض الميثانويك  $HCOOH$ ، نأخذ حجما  $V_a = 10 mL$  من هذا الحمض ونعايره بواسطة محلول مائي ( $S_b$ ) لهيدروكسيد الصوديوم ( $Na^+(aq) + OH^-(aq)$ ) ذي التركيز المولي  $C_b = 5 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$ . يمثل المنحنى تغير  $pH$  الخليط بدلالة الحجم  $V_b$  للمحلول ( $S_b$ ) المبين في الشكل (01).



1. اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

2. حدد بيانيا  $V_{BE}$  و  $pH_E$  إحداثيي نقطة التكافؤ.

3. استنتج قيمة  $C_a$  تركيز حمض الميثانويك.

4. اختر معللا جوابك، الكاشف الملون المناسب لهذه المعايرة.

5. حدد الحجم  $V_b$  من محلول هيدروكسيد الصوديوم الذي

يجب إضافته إلى الخليط لكي تتحقق العلاقة:  $[HCOO^-] = 5[HCOOH]$

### المعطيات:

$$pK_{a1}(HCOOH/HCOO^-) = 3,75$$

$$pK_{a2}(C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-) = 4,20$$

$$pK_{a1}(HCOOH/HCOO^-) = 3,75$$

$$pK_{a2}(C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-) = 4,20$$

العكاف اللون	الهياتين	أحمر الكريزول	أزرق البروميثيمول	الفيول فتالين
مجال تغير الـ $pH$	3,1-4,4	7,2-8,8	6-7,6	8,2-10



الجزء الأول:

1. معادلة تفاعل مثيل الأمين مع الماء:  $CH_3NH_2 + H_2O = CH_3NH_3^+ + OH^-$  الثنائيات:  $(CH_3NH_3^+/CH_3NH_2)(H_2O/OH^-)$

2. جدول التقدم:

	$CH_3NH_2 + H_2O = CH_3NH_3^+ + OH^-$			
0	$C_b V_b$	بوفرة	0	0
x	$C_b V_b - x$	بوفرة	x	x
$x_f$	$C_b V_b - x_f$	بوفرة	$x_f$	$x_f$

3. حساب التقدم:

نستنتج أن التفاعل غير تام والأساس ضعيف.  $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[OH^-]}{C_b} = \frac{10^{pH-pKe}}{C_b} \rightarrow \tau_f \approx 0.2$

4. تبين العبارة: نعلم أن عبارة ثابت الحموضة هي:

$$Ka = \frac{[CH_3NH_2]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[CH_3NH_3^+]_f} = \frac{(C_b - 10^{pH-pKe}) \cdot 10^{-pH}}{10^{pH-pKe}} \dots \dots \dots *$$

ومن السؤال 3 وجدنا:  $\tau_f = \frac{10^{pH-pKe}}{C_b}$  أي  $\tau_f \cdot C_b = 10^{pH-pKe}$  وبالتعويض في (\*):

$$Ka = \frac{(C_b - \tau_f \cdot C_b) \cdot 10^{-pH}}{\tau_f \cdot C_b} = \frac{(1 - \tau_f) \cdot 10^{-pH}}{\tau_f} \rightarrow Ka \cdot \tau_f = (1 - \tau_f) \cdot 10^{-pH} \rightarrow Ka \cdot \tau_f = 10^{-pH} - \tau_f \cdot 10^{-pH}$$

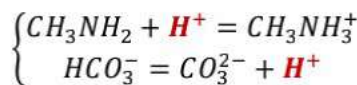
$$\rightarrow \tau_f \cdot (Ka + 10^{-pH}) = 10^{-pH} \rightarrow \tau_f = \frac{10^{-pH}}{Ka + 10^{-pH}} \rightarrow \tau_f = \frac{1}{1 + 10^{pKa-pH}}$$

5. استنتاج قيمة pKa:

$$Ka \cdot \tau_f = (1 - \tau_f) \cdot 10^{-pH} \rightarrow Ka = \frac{(1 - \tau_f)}{\tau_f} \cdot 10^{-pH} \rightarrow pKa = -\log\left(\frac{(1 - \tau_f)}{\tau_f} \cdot 10^{-pH}\right) \rightarrow pKa = 10.6$$

الجزء الثاني:

1. تبين أن التفاعل هو تفاعل حمض-أساس:



نلاحظ أنه يحدث تبادل بروتونات ومنه التفاعل الحادث هو تفاعل حمض-أساس.

جدول التقدم:

	$CH_3NH_2 + HCO_3^- = CH_3NH_3^+ + CO_3^{2-}$			
0	$C_b V_b$	$C_a V_a$	0	0
x	$C_b V_b - x$	$C_a V_a - x$	x	x
$x_f$	$C_b V_b - x_f$	$C_b V_b - x_f$	$x_f$	$x_f$

2. حساب ثابت التوازن:

$$K = \frac{[CH_3NH_3^+]_f \cdot [CO_3^{2-}]_f}{[CH_3NH_2]_f \cdot [HCO_3^-]_f} = \frac{[CH_3NH_3^+]_f \cdot [CO_3^{2-}]_f}{[CH_3NH_2]_f \cdot [HCO_3^-]_f} \times \frac{[H_3O^+]_f}{[H_3O^+]_f} = \frac{Ka_2}{Ka_1} = 10^{pKa_1 - pKa_2} \rightarrow K \approx 1.99$$

3. تبين عبارة ثابت التوازن: (لدينا المزيج ستوكومتري)

$$K = \frac{[CH_3NH_3^+]_f \cdot [CO_3^{2-}]_f}{[CH_3NH_2]_f \cdot [HCO_3^-]_f} = \frac{[CH_3NH_3^+]_f^2}{(C - [CH_3NH_3^+]_f)^2} \times \frac{V^2}{V^2} = \frac{x_f^2}{(CV - x_f)^2}$$

4. حساب قيمة  $x_f$ :

$$K = \frac{x_f^2}{(CV - x_f)^2} \rightarrow \sqrt{K} = \frac{x_f}{(CV - x_f)} \rightarrow x_f = CV \cdot \frac{\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}} \rightarrow x_f = 0.58 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

ومنه نسبة التقدم النهائية  $\tau_f$ :

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{x_f}{CV} \rightarrow \tau_f = 0.58$$

5. قيمة  $pH$  المزيج التفاعلي (نعمد على  $pKa$  إحدى الثنائيتين):

$$pH = pKa_2 + \log\left(\frac{[base]_2}{[acide]_2}\right) \rightarrow pH = pKa_2 + \log\left(\frac{x_f}{(CV - x_f)}\right) \rightarrow pH = 10.45$$

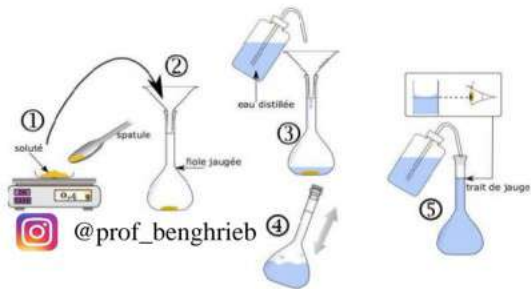
تصحيح التمرين الثاني:

1. تحديد حجم المحلول التجاري  $V_0$  الواجب استعماله:

$$C_0 V_0 = CV \rightarrow V_0 = \frac{CV}{C_0} \rightarrow V_0 = \frac{0.01 \times 50}{0.025} \rightarrow V_0 = 20 \text{ ml}$$

من علاقة التمديد:

البروتوكول التجريبي:



1. نحسب الكتلة الواجب استعمالها:  $m = M \cdot C \cdot V \rightarrow m = 61 \text{ mg}$

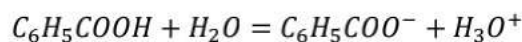
2. بواسطة ميزان الكتروني نزن الكتلة  $m = 61 \text{ mg}$  بواسطة جفنة.

3. نفرغ محتوى الجفنة في حوجلة عيارية فيها حجم قليل من الماء المقطر سعتها  $50 \text{ ml}$ .

4. نغلق الحوجلة بإحكام ونرج المزيج.

5. نكمل الماء حتى حجم العيار.

2. كتابة معادلة التفاعل:



3. حساب كسر التفاعل النهائي  $Q_{rf}$ :

$$Q_{rf} = \frac{[C_6H_5COO^-]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[C_6H_5COOH]_f} = \frac{(10^{-pH})^2}{(C - 10^{-pH})} \rightarrow Q_{rf} = \frac{(10^{-3.12})^2}{(0.01 - 10^{-3.12})} \rightarrow Q_{rf} = 6.23 \times 10^{-5}$$

4. أ. نستخدم مخلوط المغناطيسي في هذه العملية لجعل المزيج متجانس

ب. إكمال الجدول:

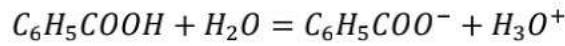
حجم الماء المضاف $V_e$	0	10	40
$C(\text{mol/l})$	0.010	0.005	0.002
$pH$	3.12	3.28	3.49
$\tau_f$	0.076	0.105	0.162

تأثير الماء:

● ينقص التركيز  $C$  كلما أضفنا الماء.

● تزداد نسبة التقدم النهائية كلما أضفنا الماء.

معادلة انحلال حمض البنزويك في الماء :



2. جدول التقدم :

0	$C_0V$	/	0	0
X	$C_0V - X$	/	X	X
$X_f$	$C_0V - X_f$	/	$X_f$	$X_f$

3. كتابة عبارة تقدم التفاعل:

$$\tau_f = \frac{X_f}{X_{max}}$$

من جدول التقدم، نجد:

$$\begin{cases} C_0V - X_{max} = 0 \rightarrow X_{max} = C_0 \cdot V \\ n_f(H_3O^+) = X_f \rightarrow X_f = [H_3O^+]_f \cdot V \end{cases}$$

ومنه :

$$\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f \cdot V}{C_0 \cdot V} \rightarrow \tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_0}$$

ونعلم أن :  $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ ، أي:

$$\tau_f = \frac{10^{-pH}}{C_0}$$

4. برهان العلاقة:

$$Ka = \frac{[C_6H_5COO^-]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[C_6H_5COOH]_f} \rightarrow pKa = -\log\left(\frac{[C_6H_5COO^-]_f \cdot [H_3O^+]_f}{[C_6H_5COOH]_f}\right) \rightarrow pKa = -\log\left(\frac{[C_6H_5COO^-]_f}{[C_6H_5COOH]_f}\right) - \log([H_3O^+]_f)$$

$$pKa = -\log\left(\frac{[C_6H_5COO^-]_f}{[C_6H_5COOH]_f}\right) + pH \rightarrow pH = pKa + \log\left(\frac{[C_6H_5COO^-]_f}{[C_6H_5COOH]_f}\right)$$

نجد من خلال جدول التقدم :

$$\frac{[C_6H_5COO^-]_f}{[C_6H_5COOH]_f} = \frac{[H_3O^+]_f}{C_0 - [H_3O^+]_f} = \frac{\tau_f \cdot C_0}{C_0 - \tau_f \cdot C_0} = \frac{\tau_f \cdot C_0}{C_0(1 - \tau_f)} = \frac{\tau_f}{(1 - \tau_f)} \rightarrow pH = pKa + \log\left(\frac{\tau_f}{(1 - \tau_f)}\right)$$

الجزء الثاني:

1. باستغلال البيان نجد :

$$\log\left(\frac{\tau_f}{(1 - \tau_f)}\right) = 0 \text{ من أجل } pH = pKa \text{ : من العلاقة السابقة نجد أن : } pH = pKa$$

$$\text{ومنه نجد من البيان أنه من أجل } 0 = \log\left(\frac{\tau_f}{(1 - \tau_f)}\right) :$$

$$pH = 4.2 \rightarrow pKa = 4.2$$



2. تحديد الصفة الغالبة:

$$\tau_f = 0.7 \rightarrow \log\left(\frac{\tau_f}{(1-\tau_f)}\right) \approx 0.37$$

بإسقاط القيمة على البيان نجد:

$$pH = 4.5 \rightarrow pH > pKa$$

ومنه لصفة الغالبة هي الصفة الأساسية.

3. تحديد التركيز المحلول الممدد :

$$pH = 4.2 \rightarrow \log\left(\frac{\tau_f}{(1-\tau_f)}\right) = 0 \rightarrow \frac{\tau_f}{(1-\tau_f)} = 1 \rightarrow \tau_f = 1 - \tau_f \rightarrow 2\tau_f = 1 \rightarrow \tau_f = 0.5$$

$$\tau_f = \frac{10^{-pH}}{C'} \rightarrow C' = \frac{10^{-pH}}{\tau_f} \rightarrow C' = \frac{10^{-4.5}}{0.5} \rightarrow C' = 6.32 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$$

استنتاج تركيز  $C_0$  :

$$F = \frac{C_0}{C'} \rightarrow C_0 = F \cdot C' \rightarrow C_0 = 150 \times 6.32 \times 10^{-5} \rightarrow C_0 = 9.5 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

حل التمرين الرابع:

I- تفاعل حمض الميثانويك مع شاردة البنزوات:

1- جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل		$HCOOH + C_6H_5COO^- = HCOO^- + C_6H_5COOH$			
الحالة	التقدم	$n(HCOOH)$	$n(C_6H_5COO^-)$	$n(HCOO^-)$	$n(C_6H_5COOH)$
الابتدائية	0	$n_1 = 10^{-3}$	$n_1 = 10^{-3}$	0	0
الوسطية	$x$	$n_1 - x$	$n_2 - x$	$x$	$x$
النهائية	$x_f$	$n_1 - x_f$	$n_2 - x_f$	$x_f$	$x_f$

2- إيجاد عبارة ثابت التوازن  $K$ :

لدينا:

$$K = \frac{[HCOO^-] \cdot [C_6H_5COOH]}{[HCOOH] \cdot [C_6H_5COO^-]} \times \frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]}$$

ونعلم أن:

$$\begin{cases} K_{a1} = \frac{[HCOO^-] \cdot [H_3O^+]}{[HCOOH]} \\ K_{a2} = \frac{[C_6H_5COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[C_6H_5COOH]} \end{cases}$$

ومنه:

$$K = \frac{K_{a1}}{K_{a2}} = \frac{10^{-pK_{a1}}}{10^{-pK_{a2}}}$$

إذن:

$$K = 10^{(pK_{a2} - pK_{a1})}$$

التأكد من قيمة  $K$ :

نعلم أن:

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}}$$

منه:

$$x_f = \tau_f \cdot x_{max}$$

ولدينا من جدول تقدم التفاعل:

$$\begin{cases} [HCOO^-] = [C_6H_5COOH] = \frac{x_f}{V} = \frac{\tau_f \cdot x_{max}}{V} \\ [HCOOH] = [C_6H_5COO^-] = \frac{n_1 - x_f}{V} = \frac{n_1 - \tau_f \cdot x_{max}}{V} \end{cases}$$

بالتعويض العبارات (1) و (2) في عبارة ثابت التوازن، نجد:

$$K = \frac{\frac{\tau_f \cdot x_{max}}{V} \times \frac{\tau_f \cdot x_{max}}{V}}{\frac{n_1 - \tau_f \cdot x_{max}}{V} \times \frac{n_1 - \tau_f \cdot x_{max}}{V}} = \frac{(\tau_f \cdot x_{max})^2}{(n_1 - \tau_f \cdot x_{max})^2}$$

بما أن  $n_1 = n_2$ ، فإن  $x_{max} = n_1 = n_2$ :  
منه:

$$K = \left( \frac{\tau_f \cdot n_1}{n_1(1 - \tau_f)} \right)^2$$

إذن:

$$\sqrt{K} = \frac{\tau_f}{1 - \tau_f}$$

نجد أن:

$$\tau_f = \frac{\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}}$$

حساب قيمة  $\tau_f$ :

$$\tau_f = \frac{\sqrt{2,82}}{1 + \sqrt{2,82}} = 0,62$$

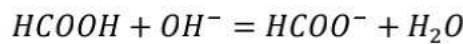
بما أن  $\tau_f < 1$ ، فإن التحول المدروس غير تام.

4. تحديد الأنواع الكيميائية الغالبة:

- ❖ بالنسبة للشثائية ( $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$ ): بما أن  $pH < 4,2$  النوع الغالب هو:  $C_6H_5COOH$ .
- ❖ بالنسبة للشثائية ( $HCOOH/HCOO^-$ ): بما أن  $pH > 3,75$  النوع الغالب هو:  $HCOO^-$ .

II- تفاعل حمض الميثانويك مع هيدروكسيد الصوديوم:

1. معادلة تفاعل المعايرة:

2. تحديد  $pH_E, V_{bE}$ :بيانيا نجد: ( $V_{bE} = 10ml ; pH_E = 8$ )3. استنتاج التركيز المولي  $C_a$ :

عند نقطة التكافؤ المزيج ستوكيومتري:

$$C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_{bE}$$

منه:

$$C_a = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_a} = \frac{5 \times 10^{-2} \times 10}{10} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$

إذن:

$$C_a = 5 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$



4. تحديد الكاشف الملون المناسب:

الكاشف المناسب لهذه المعايرة هو أحمر الكريزول، لأن  $pH_E$  ينتمي إلى المجال  $[7,2 - 8,8]$ .

5. تحديد الحجم  $b$  :

لدينا:

$$K_{a1} = \frac{[HCOO^-] \cdot [H_3O^+]}{[HCOOH]}$$

منه:

$$-\log K_{a1} = -\log \left( \frac{[HCOO^-] \cdot [H_3O^+]}{[HCOOH]} \right)$$

إذن:

$$pH = pK_{a1} + \log \left( \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} \right)$$

لدينا:

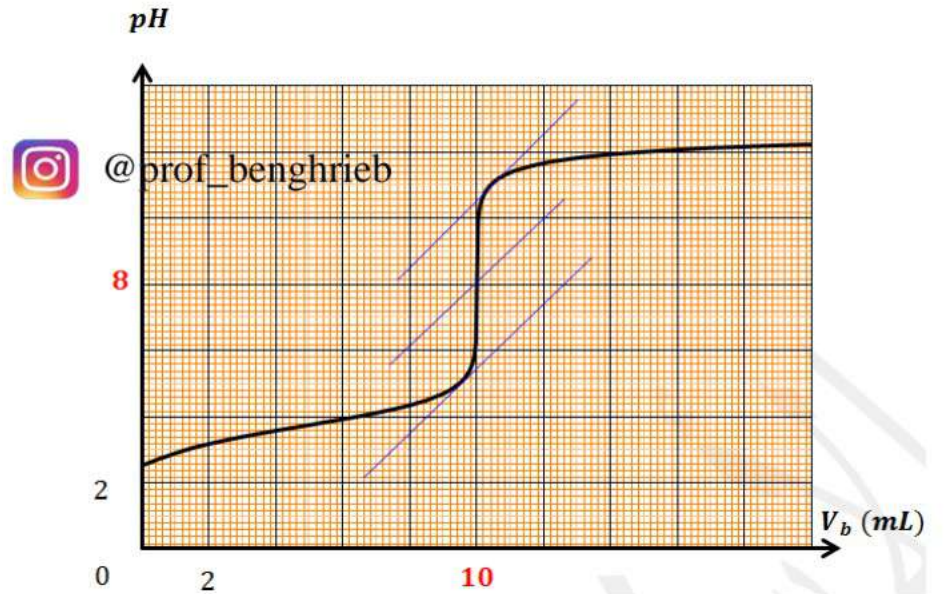
$$\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = 5$$

منه:


$$pH = 3,75 + \log(5) = 4,45$$

بالإسقاط على البيان  $pH = f(V_b)$  نجد:

$$V_b = 8 \text{ mL}$$



بالتوفيق للجميع ، إذا كان هناك خطأ أو شيء غير واضح فتواصلوا معنا لطلب

 @prof\_benghrieb