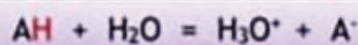


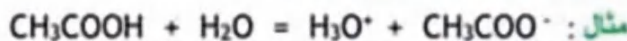
1. انحلال حمض أو أساس في الماء

1. الحمض (Acide)

• تعريف الحمض حسب برونستد : هو كل فرد كيميائي قادر على فقدان بروتون H^+ أو أكثر .



• معادلة تفاعل الحمض مع الماء :



• التناحية (اساس / حمض) :



(AH / A⁻)



برونستد - لوري

2. جدول التقدم

• جدول التقدم

مثال :

| المعادلة | $CH_3COOH + H_2O = H_3O^+ + CH_3COO^-$ | | | |
|----------|--|-------|-----------|-----------|
| ح.! | $C_0 \cdot V$ | بوفرة | 0 | 0 |
| ح.! | $C_0 \cdot V - x$ | | x | x |
| ح.ن | $C_0 \cdot V - x_{max}$ | | x_{max} | x_{max} |

| المعادلة | $AH + H_2O = H_3O^+ + A^-$ | | | |
|----------|----------------------------|-------|-----------|-----------|
| ح.! | n_0 | بوفرة | 0 | 0 |
| ح.! | $n_0 - x$ | | x | x |
| ح.ن | $n_0 - x_{max}$ | | x_{max} | x_{max} |

3. الحمض القوي و الحمض الضعيف و نسبة التقدم النهائي τ_f

• الحمض القوي : يتشرد كلياً في الماء (تفاعل تام) .
أمثلة : حمض كلور الهيدروجين HCl ، حمض الأزوت HNO_3 ، حمض الكبريت H_2SO_4 ...

• الحمض الضعيف : يتشرد جزئياً في الماء (تفاعل غير تام) .
أمثلة : حمض الميثانويك HCOOH ، حمض الايثانويك CH_3COOH ، حمض البنزويك C_6H_5COOH ...

$$[H_3O^+]_f = \frac{x_f}{V} \Rightarrow x_f = [H_3O^+]_f \cdot V$$

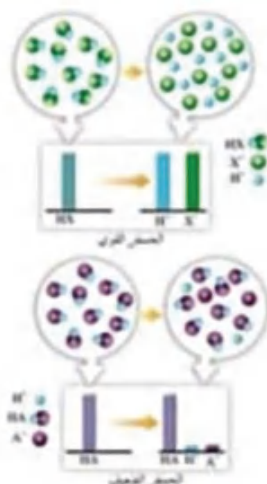
• التقدم النهائي x_f : هو التقدم الذي من اجله تتوقف الجملة عن التطور (تجريبياً)

$$x_{max} - C_0 \cdot V = 0 \Rightarrow x_{max} = C_0 \cdot V$$

• التقدم الاقصى x_{max} : هو التقدم الذي من اجله تتعدم كمية مادة المتفاعل المحد (نظرياً)

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Rightarrow \tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_0}$$

• نسبة التقدم النهائي :
• $\tau_f = 1$: التفاعل تام و الحمض قوي
• $\tau_f < 1$: التفاعل غير تام و الحمض ضعيف

4. كسر التفاعل Q_r و ثابت التوازن للحموضة K_a و pKa للتناحية (AH/A⁻)

مثال : انحلال حمض الايثانويك في الماء

1. معادلة انحلال حمض الايثانويك في الماء



2. كسر التفاعل Q_r

$$Q_r = \frac{[H_3O^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

3. ثابت التوازن للحموضة K_a

$$K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}$$

4. pKa للتناحية (CH_3COOH/CH_3COO^-)

$$pKa = -\log K_a$$

• معادلة انحلال حمض في الماء



• كسر التفاعل Q_r

$$Q_r = \frac{[H_3O^+] \cdot [A^-]}{[AH]}$$

• ثابت التوازن للحموضة K_a

$$Q_{rf} = K_a \Rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$$

• pKa للتناحية (AH/A⁻)

$$K_a = 10^{-pKa} \Rightarrow pKa = -\log K_a$$



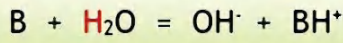
I . انحلال أساس في الماء

1 . الأساس (Base)

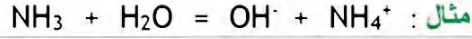
■ تعريف الأساس حسب برونستد : هو كل فرد كيميائي قادر على اكتساب بروتون H^+ أو أكثر .



برونستد - لوري



■ معادلة تفاعل الأساس مع الماء :



(BH^+ / B)

■ الثنائية (أساس / حمض) : لكل حمض أساس مرافق و لكل أساس حمض مرافق
مثال : (H_2O / OH^-) ، (NH_4^+ / NH_3)

2. جدول التقدم

■ جدول التقدم

| المعادلة | NH_3 | $+ H_2O =$ | OH^- | $+ NH_4^+$ | المعادلة | B | $+ H_2O =$ | OH^- | $+ BH^+$ |
|----------|-----------------|------------|--------|------------|----------|-----------------|------------|--------|----------|
| ا. ح | n_b | | 0 | 0 | ا. ح | n_b | | 0 | 0 |
| ب. ح | $n_b - x$ | بوفرة | x | x | ب. ح | $n_b - x$ | بوفرة | x | x |
| ج. ح | $n_b - x_{max}$ | | x_f | x_f | ج. ح | $n_b - x_{max}$ | | x_f | x_f |

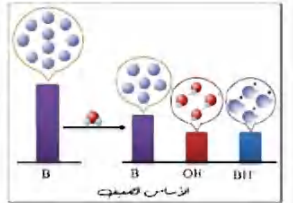
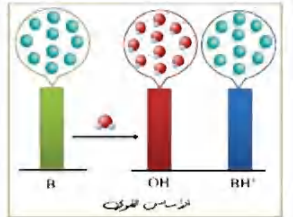
3. الحمض القوي و الحمض الضعيف و نسبة التقدم النهائي τ_f

■ الأساس القوي : يتشرد كلياً في الماء (تفاعل تام) .

أمثلة : هيدروكسيد الصوديوم NaOH ، هيدروكسيد البوتاسيوم KOH ...

■ الأساس الضعيف : يتشرد جزئياً في الماء (تفاعل غير تام) .

أمثلة : النشادر NH_3 ، الايثانوات CH_3COO^- ...



$$[OH^-]_f = \frac{x_f}{V} \Rightarrow x_f = [OH^-]_f \cdot V$$

■ التقدم النهائي x_f : هو التقدم الذي من اجله تتوقف الجملة عن التطور (تجريبياً)

$$x_{max} - C_0 \cdot V = 0 \Rightarrow x_{max} = C_0 \cdot V$$

■ التقدم الاعظمي x_{max} : هو التقدم الذي من اجله تتعدم كمية مادة المتفاعل المحد (نظرياً)

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Rightarrow \tau_f = \frac{[OH^-]_f}{C_0}$$

■ نسبة التقدم النهائي :

■ $\tau_f = 1$: التفاعل تام و الأساس قوي

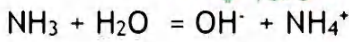
■ $\tau_f < 1$: التفاعل غير تام و الأساس ضعيف

ملاحظة : نسبة التقدم النهائي τ_f تتعلق بالتراكيز الابتدائية (الحالة الابتدائية للجملة)

4. كسر التفاعل Q_r و ثابت التوازن للحموضة K_a و pKa للثنائية (BH^+ / B)

مثال : انحلال الامونيوم في الماء

1. معادلة انحلال الامونيوم في الماء



2. كسر التفاعل Q_r

$$Q_r = \frac{[OH^-] \cdot [NH_4^+]}{[NH_3]}$$

3. ثابت التوازن للحموضة K_a

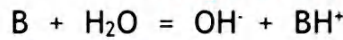
$$K = \frac{[OH^-]_f \cdot [NH_4^+]_f}{[NH_3]_f} = \frac{K_e}{K_a}$$

$$\Rightarrow K_a = K_e \cdot \frac{[NH_3]_f}{[OH^-]_f \cdot [NH_4^+]_f}$$

4. pKa للثنائية (NH_4^+ / NH_3)

$$pKa = -\log K_a$$

■ معادلة انحلال الأساس في الماء



■ كسر التفاعل Q_r

$$Q_r = \frac{[OH^-] \cdot [BH^+]}{[B]}$$

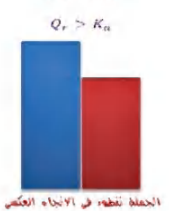
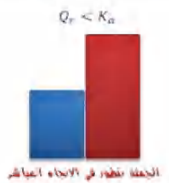
■ ثابت التوازن للحموضة K_a

$$Q_{rf} = K \Rightarrow K = \frac{[OH^-]_f \cdot [BH^+]_f}{[B]_f} = \frac{K_e}{K_a}$$

■ pKa للثنائية (BH^+ / B)

$$K_a = 10^{-pKa} \Rightarrow pKa = -\log K_a$$

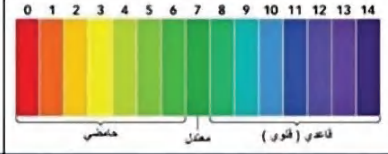
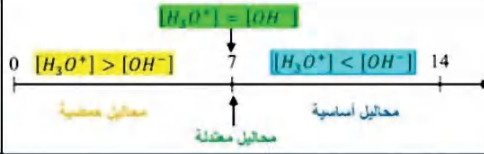
ملاحظة : ثابت التوازن K_a لا يتعلق بالتراكيز الابتدائية (الحالة الابتدائية للجملة)



1. pH محلول مائي

1. سلم ال pH

- إذا كان $pH < 7$ فإن الوسط حامضي
- إذا كان $pH > 7$ فإن الوسط قاعدي
- إذا كان $pH = 7$ فإن الوسط معتدل



2. ال pH

الأس الهيدروجيني : pH
تركيز شوارد الهيدرونيوم : $[H_3O^+]$ (mol/L)

المحاليل الممددة و عند $\theta = 25^\circ C$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

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

3. الناقلية النوعية σ

تركيز شوارد الهيدرونيوم : $[H_3O^+]$ (mol/L)
الناقلية النوعية : σ (S/m)
ناقلية نوعية شاردية : $\lambda_{H_3O^+}$ (mS.m²/mol)
ناقلية نوعية شاردية : λ_{A^-} (mS.m²/mol)

$$\sigma = [H_3O^+] \cdot \lambda_{H_3O^+} + [A^-] \cdot \lambda_{A^-}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = \frac{\sigma}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-})}$$

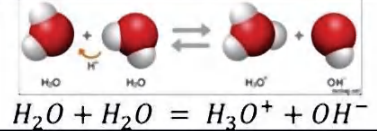


4. الجداء الشاردي للماء

ثابت توازن الماء : K_e
تركيز شوارد الهيدرونيوم : $[H_3O^+]$ (mol/L)
تركيز شوارد الهيدروكسيد : $[OH^-]$ (mol/L)

$$K_e = [H_3O^+] \cdot [OH^-]$$

$$K_e = 10^{-14}$$



5. الصفة الغالبة

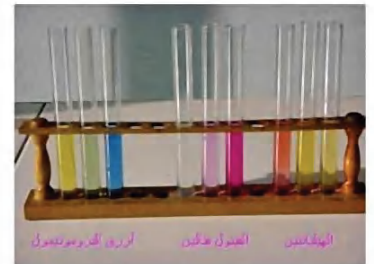
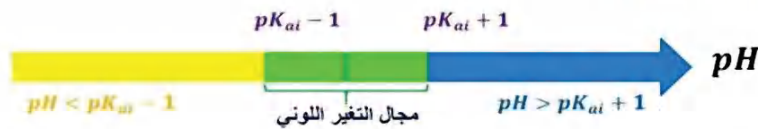


$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$$

- إذا كان $pH > pKa$ فإن $[AH] < [A^-]$: الصفة الغالبة قاعدية و الفرد الغالب الأساس A^-
- إذا كان $pH < pKa$ فإن $[AH] > [A^-]$: الصفة الغالبة حمضية و الفرد الغالب الحمض AH
- إذا كان $pH = pKa$ فإن $[AH] = [A^-]$: لا توجد صفة غالبة ولا يوجد فرد غالب .

6. الكاشف الملون HIn

- الكاشف الملون : عبارة عن ثنائية (أساس/ حمض) يتغير لونه حسب الوسط الموجود فيه حمض أو أساس.
- رمز الثنائية (أساس / حمض) للكاشف الملون : (HIn/In^-)
- معادلة تفكك الكاشف الملون في الماء : $HIn + H_2O = H_3O^+ + In^-$
- مجال تغير لونه الكاشف الملون :



| لون الأساس | مجال التغير اللوني | لون الحمض | الكاشف الملون |
|------------|--------------------|-----------|-------------------|
| أصفر | 3,1 - 4,4 | أحمر | الهيلانثين |
| أزرق | 6 - 7,6 | أصفر | أزرق البروموتيمول |
| بنفسجي | 8,2 - 10 | شفاف | الفينول فتالين |

I. أهم براهين العلاقات

| الوسط الحمضي | | الوسط الأساسي | |
|---|----------------------------|--|---------------------------------|
| 1. جدول تقدم التفاعل : | | 1. جدول تقدم التفاعل : | |
| <ul style="list-style-type: none"> محلل مائي لحمض HA حجمه V_a تركيزه المولي C_a. | | <ul style="list-style-type: none"> محلل مائي لأساس B حجمه V_b تركيزه المولي C_b. | |
| المعادلة | $AH + H_2O = H_3O^+ + A^-$ | المعادلة | $B + H_2O = OH^- + BH^+$ |
| ح. ! | $C_a \cdot V_a$ | ح. ! | $C_b \cdot V_b$ |
| ح. ! | $C_a \cdot V_a - x$ | ح. ! | $C_b \cdot V_b - x$ |
| ح. ن | $C_a \cdot V_a - x_{max}$ | ح. ن | $C_b \cdot V_b - x_{max}$ |
| | بوفرة | | بوفرة |
| | 0 | | 0 |
| | x | | x |
| | x_{max} | | x_{max} |
| 2. الافراد الكيميائية المتواجدة في المحلول | | 2. الافراد الكيميائية المتواجدة في المحلول | |
| OH^- , AH , A^- , H_3O^+ | | H_3O^+ , B , BH^+ , OH^- | |
| 3. إيجاد تراكيز الافراد الكيميائية | | 3. إيجاد تراكيز الافراد الكيميائية | |
| $[A^-] = [H_3O^+]$ | $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ | $[BH^+] = [OH^-]$ | $[OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]}$ |
| $[OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]}$ مهمل | $[AH] = C_a - [A^-]$ | $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ مهمل | $[B] = C_b - [BH^+]$ |
| 4. نسبة التقدم النهائي τ_f | | 4. نسبة التقدم النهائي τ_f | |
| أ. بيه أه : $\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_a}$ | | أ. بيه أه : $\tau_f = \frac{[OH^-]_f}{C_b}$ | |
| <ul style="list-style-type: none"> $C_a \cdot V_a - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_a \cdot V_a$ $n(H_3O^+)_f = x_f \Rightarrow x_f = [H_3O^+]_f \cdot V_a$ $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Rightarrow \tau_f = \frac{[H_3O^+]_f \cdot V_a}{C_a \cdot V_a} \Rightarrow \tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_a}$ | | <ul style="list-style-type: none"> $C_b \cdot V_b - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_b \cdot V_b$ $n(OH^-)_f = x_f \Rightarrow x_f = [OH^-]_f \cdot V_b$ $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Rightarrow \tau_f = \frac{[OH^-]_f \cdot V_b}{C_b \cdot V_b} \Rightarrow \tau_f = \frac{[OH^-]_f}{C_b}$ | |
| ب. بيه أه : $\tau_f = \frac{10^{-pH}}{C_a}$ | | ب. بيه أه : $\tau_f = \frac{10^{pH-14}}{C_b}$ | |
| <ul style="list-style-type: none"> $C_a \cdot V_a - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_a \cdot V_a$ $n(H_3O^+)_f = x_f \Rightarrow x_f = [H_3O^+]_f \cdot V_a$ $\Rightarrow x_f = 10^{-pH} \cdot V_a$ $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Rightarrow \tau_f = \frac{10^{-pH} \cdot V_a}{C_a \cdot V_a} \Rightarrow \tau_f = \frac{10^{-pH}}{C_a}$ | | <ul style="list-style-type: none"> $C_b \cdot V_b - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_b \cdot V_b$ $n(OH^-)_f = x_f \Rightarrow x_f = [OH^-]_f \cdot V_b$ $\Rightarrow x_f = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]_f} \cdot V_b \Rightarrow x_f = \frac{10^{-14}}{10^{-pH}} \cdot V_b$ $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Rightarrow \tau_f = \frac{10^{pH-14} \cdot V_b}{C_b \cdot V_b} \Rightarrow \tau_f = \frac{10^{pH-14}}{C_b}$ | |
| 5. ثابت التوازن K | | 5. ثابت التوازن K | |
| أ. بيه أه : $Q_{rf} = K_a = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C - [H_3O^+]_f}$ | | أ. بيه أه : $Q_{rf} = K = \frac{[OH^-]_f^2}{C - [OH^-]_f}$ | |
| <ul style="list-style-type: none"> $Q_{rf} = K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$ $[A^-]_f = [H_3O^+]_f$ $[AH]_f = C_a - [A^-]_f = C_a - [H_3O^+]_f$ $\Rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C_a - [H_3O^+]_f}$ | | <ul style="list-style-type: none"> $Q_{rf} = K = \frac{[OH^-]_f \cdot [BH^+]_f}{[B]_f}$ $[BH^+]_f = [OH^-]_f$ $[B]_f = C_b - [BH^+]_f = C_b - [OH^-]_f$ $\Rightarrow K = \frac{[OH^-]_f^2}{C_b - [OH^-]_f}$ | |

I. اهم براهين العلاقات

| | |
|--|---|
| $Q_{rf} = K = \frac{K_e}{K_a} : \text{ب. بيه أه} :$ | $K_a = \frac{10^{-2pH}}{C_a - 10^{-pH}} : \text{ب. بيه أه} :$ |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ $Q_{rf} = K = \frac{[OH^-]_f \cdot [BH^+]_f}{[B]_f}$ ▪ $K_e = [H_3O^+]_f \cdot [OH^-]_f$ $\Rightarrow K = \frac{[OH^-]_f \cdot [BH^+]_f}{[B]_f} \cdot \frac{[H_3O^+]_f}{[H_3O^+]_f}$ $\Rightarrow K = \frac{K_e \cdot [BH^+]_f}{[B]_f \cdot [H_3O^+]_f} \Rightarrow K = \frac{K_e}{K_a}$ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ $Q_{rf} = K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$ ▪ $[H_3O^+]_f = 10^{-pH}$ ▪ $[A^-]_f = [H_3O^+]_f = [A^-]_f = 10^{-pH}$ ▪ $[AH]_f = C_a - [A^-]_f = C_a - 10^{-pH}$ $K_a = \frac{10^{-pH} \cdot 10^{-pH}}{C_a - 10^{-pH}} \Rightarrow K_a = \frac{10^{-2pH}}{C_a - 10^{-pH}}$ |
| $K = \frac{C_b \cdot \tau_f^2}{1 - \tau_f} : \text{ب. بيه أه} :$ | $K_a = \frac{C_a \cdot \tau_f^2}{1 - \tau_f} : \text{ب. بيه أه} :$ |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ $Q_{rf} = K = \frac{[OH^-]_f \cdot [BH^+]_f}{[B]_f}$ ▪ $\tau_f = \frac{[OH^-]_f}{C_b} \Rightarrow [OH^-]_f = \tau_f \cdot C_b$ ▪ $[BH^+]_f = [OH^-]_f = \tau_f \cdot C_b$ ▪ $[B]_f = C_b - [BH^+]_f = C_b - \tau_f \cdot C_b = C_b(1 - \tau_f)$ $\Rightarrow K = \frac{\tau_f \cdot C_b \cdot \tau_f \cdot C_b}{C_b(1 - \tau_f)} \Rightarrow K = \frac{\tau_f^2 \cdot C_b}{1 - \tau_f}$ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ $Q_{rf} = K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$ ▪ $\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_a} \Rightarrow [H_3O^+]_f = \tau_f \cdot C_a$ ▪ $[A^-]_f = [H_3O^+]_f = \tau_f \cdot C_a$ ▪ $[AH]_f = C_a - [A^-]_f = C_a - \tau_f \cdot C_a = C_a(1 - \tau_f)$ $\Rightarrow K_a = \frac{\tau_f \cdot C_a \cdot \tau_f \cdot C_a}{C_a(1 - \tau_f)} \Rightarrow K_a = \frac{\tau_f^2 \cdot C_a}{1 - \tau_f}$ |

6. الصفة الغالبة

| | |
|---|--|
| $pH = pK_a + \log\left(\frac{\tau_f}{1 - \tau_f}\right) : \text{ب. بيه أه} :$ | $pH = pK_a + \log\left(\frac{[A^-]_f}{[AH]_f}\right) : \text{أ. بيه أه} :$ |
| <ul style="list-style-type: none"> • $K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$ • $K_a = 10^{-pK_a}$ • $[H_3O^+]_f = 10^{-pH}$ • $[A^-]_f = [H_3O^+]_f = \tau_f \cdot C_a$ • $[AH]_f = C_a - [A^-]_f = C_a \cdot (1 - \tau_f)$ $\Rightarrow 10^{-pK_a} = \frac{10^{-pH} \cdot \tau_f \cdot C_a}{C_a \cdot (1 - \tau_f)}$ $\Rightarrow \log 10^{-pK_a} = \log 10^{-pH} + \log \frac{\tau_f}{1 - \tau_f}$ $\Rightarrow pH = pK_a + \log\left(\frac{\tau_f}{1 - \tau_f}\right)$ | <ul style="list-style-type: none"> • $K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$ • $K_a = 10^{-pK_a}$ • $[H_3O^+]_f = 10^{-pH}$ $\Rightarrow 10^{-pK_a} = \frac{10^{-pH} \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$ $\Rightarrow \log 10^{-pK_a} = \log 10^{-pH} + \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$ $\Rightarrow pH = pK_a + \log\left(\frac{[A^-]_f}{[AH]_f}\right)$ |

II . مراقبة تطور جملة كيميائية

1. تذكير : مكتسبات قبلية

1. الألكانات

| عدد ذرات C | الصيغة المجملة C_nH_{2n+2} | الصيغة النصف مفصلة | التسمية على وزن "الكان" |
|------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 1 | CH_4 | CH_4 | ميثان |
| 2 | C_2H_6 | $CH_3 - CH_3$ | إيثان |
| 3 | C_3H_8 | $CH_3 - CH_2 - CH_3$ | بروبان |
| 4 | C_4H_{10} | $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ | بيوتان |
| 5 | C_5H_{12} | $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ | بنتان |

2. الجذور الألكيلية

| عدد ذرات C | الصيغة المجملة C_nH_{2n+1} | الصيغة النصف مفصلة | التسمية على وزن "الكيل" |
|------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | $CH_3 -$ | $CH_3 -$ | ميثيل |
| 2 | $C_2H_5 -$ | $CH_3 - CH_2 -$ | إيثيل |
| 3 | $C_3H_7 -$ | $CH_3 - CH_2 - CH_2 -$ | بروبيل |
| 4 | $C_4H_9 -$ | $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 -$ | بيوتيل |

3. الأحماض الكربوكسيلية

| عدد ذرات C | الصيغة المجملة $C_nH_{2n+1} - COOH$ | الصيغة النصف مفصلة | التسمية على وزن "حمض الألكانويك" |
|------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 0 | $H - COOH$ | $H - COOH$ | حمض الميثانويك |
| 1 | $CH_3 - COOH$ | $CH_3 - COOH$ | حمض الإيثانويك |
| 2 | $C_2H_5 - COOH$ | $CH_3 - CH_2 - COOH$ | حمض البروبانويك |
| 3 | $C_3H_7 - COOH$ | $CH_3 - CH_2 - CH_2 - COOH$ | حمض البيوتانويك |
| 4 | $C_4H_9 - COOH$ | $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COOH$ | حمض البنتانويك |

4. الكحولات

| عدد ذرات C | الصيغة المجملة $C_nH_{2n+1} - OH$ | الصيغة النصف مفصلة | التسمية على وزن "الكانول" |
|------------------------------|---|---|---------------------------|
| 1 | CH_3OH | $CH_3 - OH$ | ميثانول (أولي) |
| 2 | C_2H_5OH | $CH_3 - CH_2 - OH$ | إيثانول (أولي) |
| 3 | C_3H_7OH | $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$ | بروبان-1-أول (أولي) |
| 4 | C_4H_9OH | $CH_3 - \overset{OH}{CH} - CH_3$ | بروبان-2-أول (ثانوي) |
| | | $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$ | بيوتان-1-أول (أولي) |
| | | $CH_3 - \overset{OH}{CH} - CH_2 - CH_3$ | بيوتان-2-أول (ثانوي) |
| 2-ميثيل بروبان-2-أول (ثالثي) | $CH_3 - \overset{OH}{C} - CH_3$ CH_3 | | |

5. أصناف الكحولات

| صنف الكحول | الصيغة العامة | الكربون الوظيفي |
|------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| كحول أولي | $R - CH_2 - OH$ | الكربون الوظيفي مرتبط بذرتي H |
| كحول ثانوي | $R - \overset{R'}{CH} - OH$ | الكربون الوظيفي مرتبط بذرة واحدة من H |
| كحول ثالثي | $R - \overset{R'}{C} - OH$ R'' | الكربون الوظيفي لا يرتبط بأي ذرة H |

ملاحظة: R'' , R' , R : جذور ألكيلية

6. الأستر E

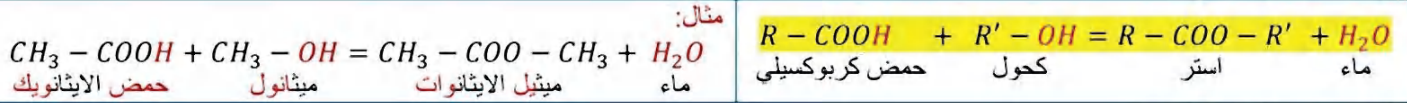
تعريف الأستر : هو مركب عضوي يمكن اصطناعه من تفاعل حمض كربوكسيلي مع كحول.

| الصيغة العامة للأستر $C_nH_{2n}O_2$ | الصيغة النصف مفصلة : $R - COO - R'$ | التسمية: على وزن "الكانوات الألكيل" |
|---|--|---|
| مثال : $C_5H_{10}O_2$ حيث : $n \geq 2$ الكتلة المولية للأستر : $M = 14n + 32$ | مثال : O 2 1 1 2 3 $CH_3 - C - O - CH_2 - CH_2 - CH_3$ | <ul style="list-style-type: none"> من الحمض : نحذف حمض و نستبدل ويك بوات من الكحول : نستبدل انول بويل مثال : إيثانوات البروب - 1 - يل |

II . مراقبة تطور جملة كيميائية

2. تفاعلات الأسترة

1. معادلة تفاعل الأسترة



2. خصائص تفاعل الأسترة

تلخصها في كلمة "ملا ب". محدود ، لا حراري ، بطيء

3. جدول التقدم

المزيج متساوي المولات : $n_0(\text{كحول}) = n_0(\text{حمض كربوكسيلي})$

| | | $R - COOH$ | + | $R' - OH$ | = | $R - COO - R'$ | + | H_2O |
|--------------|-------|-------------|---|-------------|---|----------------|---|--------|
| ح . ابتدائية | 0 | n_0 | | n_0 | | 0 | | 0 |
| ح . إنتقالية | x | $n_0 - x$ | | $n_0 - x$ | | x | | x |
| ح . نهائية | x_f | $n_0 - x_f$ | | $n_0 - x_f$ | | x_f | | x_f |

4. مردود الأسترة r

- كحول اولي : $r = 67\%$
- كحول ثانوي : $r = 60\%$
- كحول ثالثي : $r \in [5\% ; 10\%]$

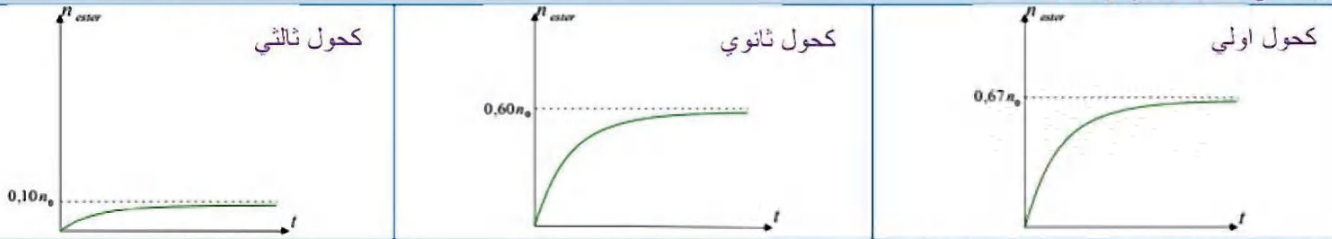
$$r = \tau_f \cdot 100 = \frac{x_f}{x_{max}} \cdot 100 \Rightarrow r = \frac{n_f(\text{استر})}{n_0(\text{حمض})} \cdot 100$$

5. ثابت التوازن K

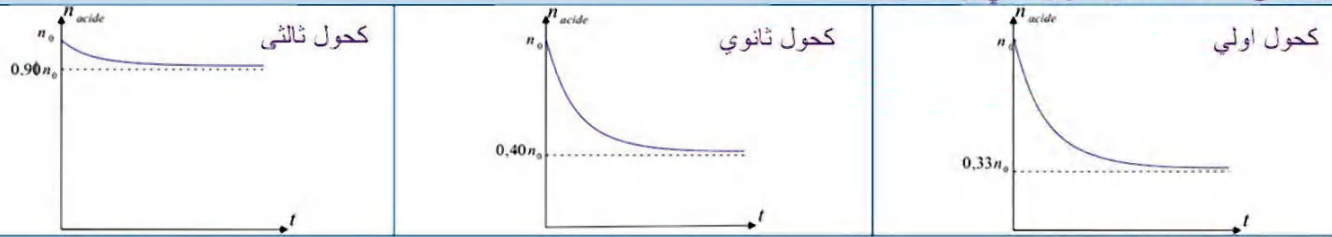
- كحول اولي : $K = 4$
- كحول ثانوي : $K = 2.25$

$$K = \frac{[R - COO - R']_f \cdot [H_2O]_f}{[R - COOH]_f \cdot [R' - OH]_f} \Rightarrow K = \frac{n_f(\text{استر}) \cdot n_f(\text{ماء})}{n_f(\text{حمض}) \cdot n_f(\text{كحول})}$$

6. منحني تشكل الأستر او الماء



7. منحني اختفاء الحمض الكربوكسيلي او الكحول



8. جهة تطور التفاعل

- إذا كان $Q_{ri} < K$ الجملة تتطور في الاتجاه المباشر (أسترة)
- إذا كان $Q_{ri} > K$ الجملة تتطور في الاتجاه المعاكس (اماهة)
- إذا كان $Q_{ri} = K$ الجملة في حالة توازن

9. مراقبة السرعة

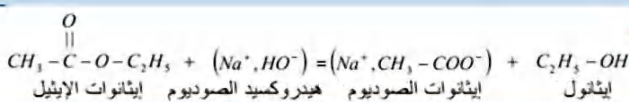
- تزداد سرعة التفاعل ب: 1. رفع درجة حرارة المزيج
2. إضافة وسيط مناسب
3. إضافة حمض الكبريت المركز

10. مراقبة المردود

- يزداد مردود التفاعل ب: 1. حذف احد النواتج مثلا : حذف الماء
2. تغيير صنف الكحول : كحول اولي $r = 67\%$ ، كحول ثانوي $r = 60\%$ ، ...
3. استعمال مزيج غير متساوي المولات : $n_0(\text{كحول}) \neq n_0(\text{حمض كربوكسيلي})$

$$r = \frac{n_f(\text{استر})}{n_0(\text{حمض})} \cdot 100$$

11. تفاعل التصبن



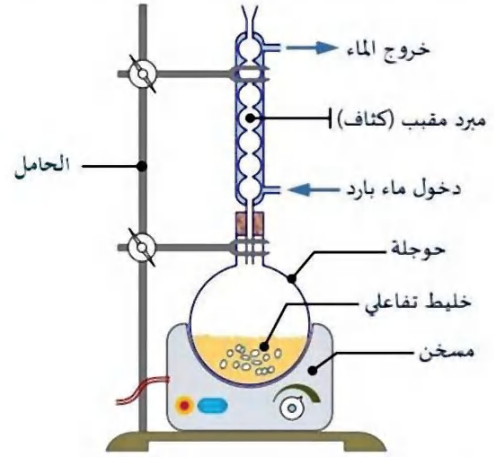
تفاعل التصبن : هو تفاعل استر مع محلول مائي لأساس قوي مثل هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + OH^-)$
 خصائصه : سريع ، تام ، حراري.

II . مراقبة تطور جملة كيميائية

3. اهم البرتوكولات التجريبية لتفاعلات الاسترة

1. عملية التسخين بالارتداد

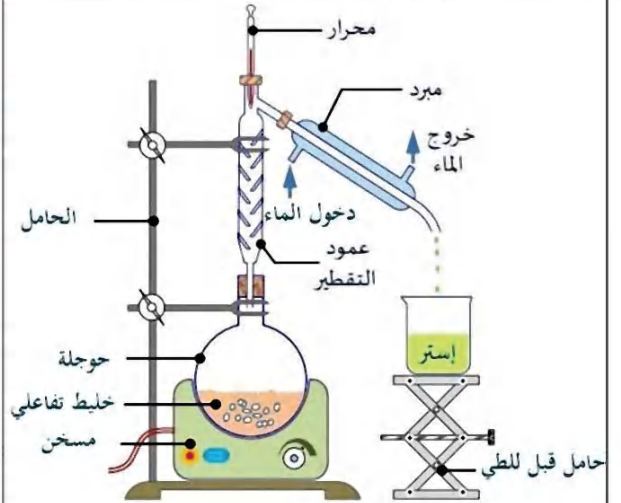
- البرتوكول التجريبي :**
- الهدف من التجربة :** تسريع التفاعل و عدم ضياع كمية مادة المتفاعلات و النواتج .
 - الادوات المستعملة :**
 - الزجاجيات :** حوجلة + سداة ، مكثف مقبب ، ماصة عيارية ، بيشر .
 - المحاليل :** الحمض الكربوكسيلي، الكحول ، الماء المقطر ، ماء الحنفية ، حمض الكبريت المركز ، الحجر الهش .
 - الاجهزة :** سخان كهربائي ، حامل .
 - خطوات العمل :** 1. نضع الحمض الكربوكسيلي و الكحول مع اضافة قطرات من حمض الكبريت المركز ونضيف الحجر الهش (لموازنة درجة حرارة المزيج) في حوجلة ثم نسدها بسداة و نوصلها بالمبرد (المكثف) .
 1. نضع الحوجلة فوق السخان الكهربائي و نبدأ في عملية التسخين فيبدأ تشكل الاستر .
 2. نوصل المبرد بماء الحنفية للتبريد والمحافظة على المتفاعلات و النواتج .
 3. لجمع الاستر الناتج بعد نهاية التفاعل نترك الحوجلة تبرد ثم نضيف لها الماء البارد مالح بكلور الصوديوم .
 4. نضيف كربونات الكالسيوم للتخلص من الاحماض ثم نضيف كبريتات المغنزيوم اللامائية لتجفيف الاستر ثم نقوم بعملية الترشيح فنحصل على استر نقي .



التجهيز التجريبي للتسخين بالارتداد

2. عملية التقطير المجزأ

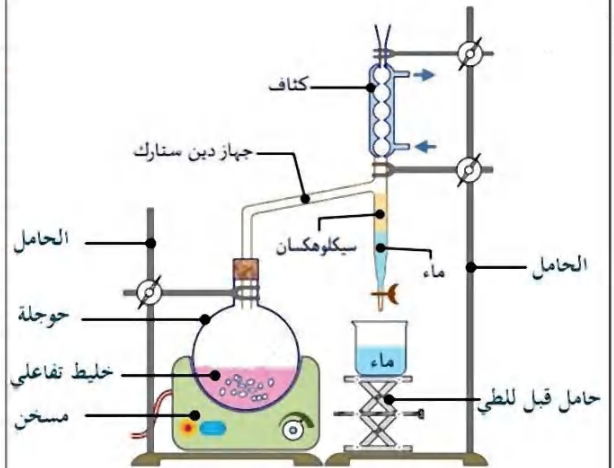
- البرتوكول التجريبي :**
- الهدف من التجربة :** نزع الاستر أثناء تشكله و رفع مردود الاسترة .
 - الادوات المستعملة :**
 - الزجاجيات :** حوجلة + سداة ، عمود التقطير ، مكثف (مبرد) ، ماصة عيارية ، بيشر .
 - المحاليل :** الحمض الكربوكسيلي، الكحول ، الماء المقطر ، ماء الحنفية ، حمض الكبريت المركز ، الحجر الهش .
 - الاجهزة :** سخان كهربائي ، حامل ، حامل قابل للطي .
 - خطوات العمل :** نستعمل هذه الطريقة اذا كانت درجة غليان الاستر اقل من درجة غليان الحمض و الكحول و الماء .
 1. نضع الحمض الكربوكسيلي و الكحول مع اضافة قطرات من حمض الكبريت المركز ونضيف الحجر الهش (لموازنة درجة حرارة المزيج) في حوجلة ثم نسدها بسداة و نوصلها بعمود التقطير ثم بالمبرد (المكثف) .
 2. نضع الحوجلة فوق السخان الكهربائي و نبدأ في عملية التسخين فيبدأ تفاعل الاسترة .
 3. نوصل المبرد بماء الحنفية للتبريد .
 4. يتبخر الاستر المتشكل ثم يتكاثف في المبرد و نجمعه في بيشر به ماء بارد مالح .
 5. نضيف كربونات الكالسيوم للتخلص من الاحماض ثم نضيف كبريتات المغنزيوم اللامائية لتجفيف الاستر ثم نقوم بعملية الترشيح فنحصل على استر نقي .



التجهيز التجريبي لتقطير الاستر

3. عملية التقطير (جهاز دين ستارك)

- البرتوكول التجريبي :**
- الهدف من التجربة :** نزع الماء أثناء تشكله و رفع مردود الاسترة .
 - الادوات المستعملة :**
 - الزجاجيات :** حوجلة + سداة، مكثف مقبب ، جهاز دين ستارك ، ماصة عيارية، بيشر .
 - المحاليل :** الحمض الكربوكسيلي، الكحول ، السيكلو هكسان ، الماء المقطر ، ماء الحنفية ، حمض الكبريت المركز ، الحجر الهش .
 - الاجهزة :** سخان كهربائي ، حامل ، حامل قابل للطي .
 - خطوات العمل :**
 1. نضع الحمض الكربوكسيلي و الكحول مع اضافة قطرات من حمض الكبريت المركز ونضيف الحجر الهش ثم نضيف السيكلو هكسان في حوجلة ثم نسدها بسداة و نوصلها بجهاز دين ستارك ثم بالمبرد (المكثف) .
 2. نضع الحوجلة فوق السخان الكهربائي و نبدأ في عملية التسخين فيبدأ تفاعل الاسترة .
 3. نوصل المبرد بماء الحنفية للتبريد .
 4. يتبخر الماء المتحد مع السيكلو هكسان لان درجة غليانه اقل ثم يتكاثف و ينزلان في جهاز دين ستارك بحيث يكون الماء في الاسفل .
 5. نفتح صنبور جهاز دين ستارك فينزل الماء في البيشر .



التجهيز التجريبي لتقطير الماء