

## مراقبة تطور جملة كيميائية

### 1 - التطور التلقائي لجملة كيميائية :

1-1 - جهة التطور التلقائي لجملة كيميائية :

1-1-1 - كسر التفاعل :

\*\* نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :  $\alpha A_{(aq)} + \beta B_{(aq)} = \gamma C_{(aq)} + \delta D_{(aq)}$

حيث  $A$  ،  $B$  ،  $C$  ،  $D$  . الأنواع الكيميائية .  $\alpha$  ،  $\beta$  ،  $\gamma$  ،  $\delta$  المعاملات الستوكيومترية .

$$Q_r = \frac{[C]^\gamma \cdot [D]^\delta}{[A]^\alpha \cdot [B]^\beta}$$

يعطى كسر التفاعل بالعلاقة :

1-1-2 - كسر التفاعل كمعيار لتعيين جهة التطور :

\* كل جملة كيميائية تتطور تلقائياً نحو حالة التوازن .

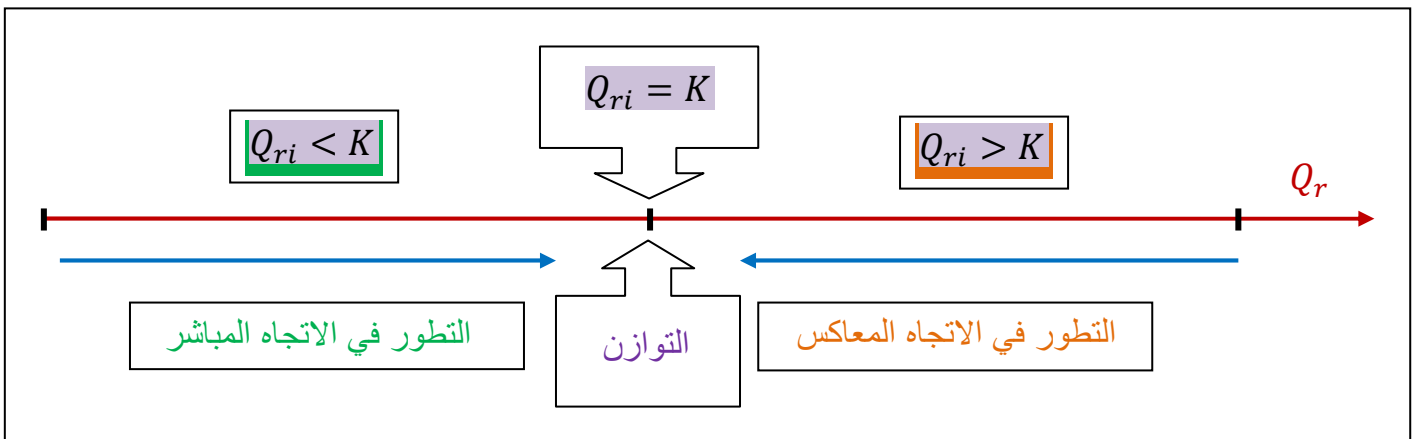
\* يمثل كسر التفاعل  $Q_r$  معياراً لتحديد وتوقع اتجاه تطور جملة كيميائية ، حيث إذا كان :

أ -  $Q_{ri} = K$  الجملة لا تتطور لأنها في حالة توازن . حيث  $K$  : ثابت التوازن .

ب -  $Q_{ri} < K$  الجملة تتطور في الاتجاه المباشر لمعادلة التفاعل .

ج -  $Q_{ri} > K$  الجملة تتطور في الاتجاه المعاكس لمعادلة التفاعل .

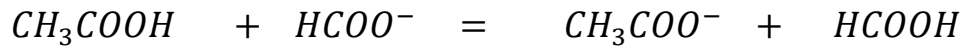
نلخص النتائج السابقة في المخطط التالي :



## 2 - التنبؤ بتطور جملة كيميائية :

كيف يتغير كسر التفاعل  $Q_r$  بدلالة التقدم  $x$  ؟

**مثال :** لناخذ تفاعل حمض الإيثانويك  $CH_3COOH$  مع ميثانوات الصوديوم  $(Na^+ + HCOO^-)$  .



$$Q_r = \frac{[CH_3COO^-].[HCOOH]}{[CH_3COOH].[HCOO^-]} \quad \text{كسر التفاعل هو :}$$

ننشئ جدول التقدم للتفاعل :

$CH_3COOH + HCOO^- = CH_3COO^- + HCOOH$			
$n_1$	$n_2$	$0$	$0$
$n_1 - X$	$n_2 - X$	$X$	$X$
$n_1 - x_f$	$n_2 - x_f$	$x_f$	$x_f$

لدينا الأفراد الكيميائية الأربعة :



كلها في نفس الحجم  $V$  الذي يمثل حجم المزيج ، وبالتالي :

$$Q_r = \frac{\frac{n_{CH_3COO^-}}{V} \times \frac{n_{HCOOH}}{V}}{\frac{n_{CH_3COOH}}{V} \times \frac{n_{HCOO^-}}{V}} = \frac{n_{CH_3COO^-} \times n_{HCOOH}}{n_{CH_3COOH} \times n_{HCOO^-}}$$

من جدول التقدم لدينا في اللحظة  $t$  :  $n_{CH_3COOH} = n_1 - X$  ،  $n_{HCOO^-} = n_2 - X$  ،

وبالتالي  $n_{HCOOH} = x$  ،  $n_{CH_3COO^-} = x$

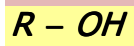
$$Q_{rf} = \frac{x_f^2}{(n_1 - x_f).(n_2 - x_f)} \quad \text{، أما في نهاية التفاعل يكون :} \quad Q_r = \frac{x^2}{(n_1 - x).(n_2 - x)}$$

### الأسطرة وإمالة الأستر

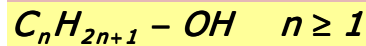
مكتسبات قبلية في الكيمياء العضوية :

### 1 - الكحولات

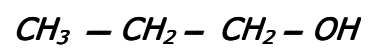
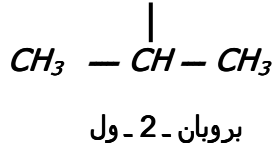
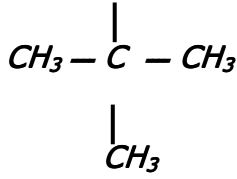
الكحول الأحادي هو الكحول الذي يحتوي في جزيئه على زمرة وظيفية واحدة  $(-OH)$



أو



أ - الصيغة العامة :

ب - التسمية : **ألكانول** ( اسم الألكان + رقم ذرة الفحم التي تحتوي المجموعة الوظيفية + ول )

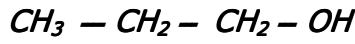
أمثلة :

بروبان - 1 - ول

2 - ميثيل بروبان - 2 - ول

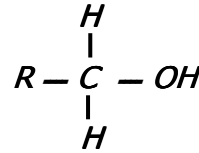
ج - أصناف الكحولات : توجد ثلاثة اصناف :

ج - 1 - الكحولات الأولية :



\* مثال :

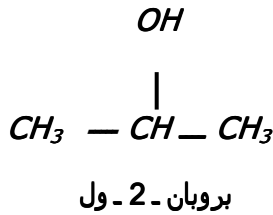
بروبان - 1 - ول



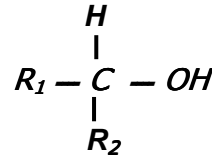
\* الصيغة العامة :

ملاحظة : يمكن أن يكون  $R = H$ 

ج - 2 - الكحولات الثانوية :

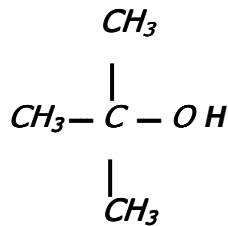


\* مثال :

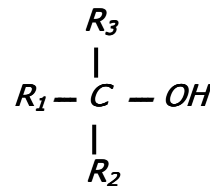


\* الصيغة العامة :

ج - 3 - الكحولات الثالثية :



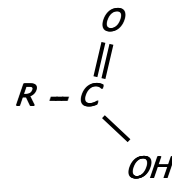
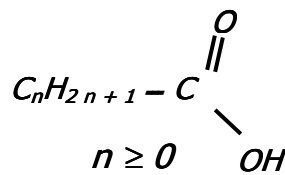
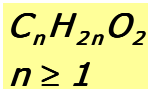
\* مثال :



\* الصيغة العامة :

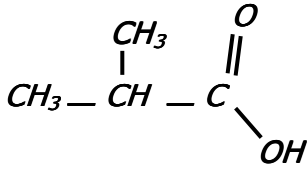
2 - ميثيل بروبان - 2 - ول

2 - الاحماض الكربوكسيلية :

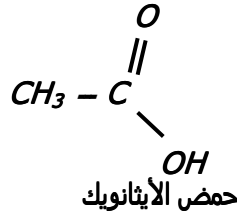


أ - الصيغة العامة :

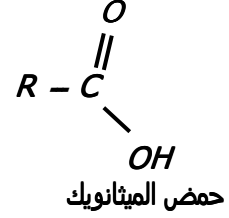
ب - التسمية : حمض الالكانويك



حمض - 2 - ميثيل البروبانويك



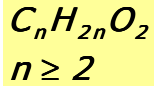
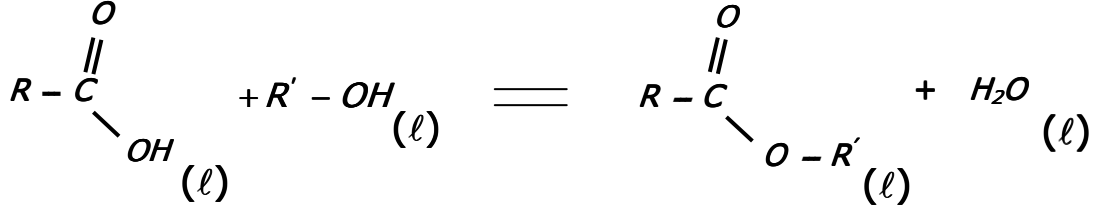
حمض الأيثانويك



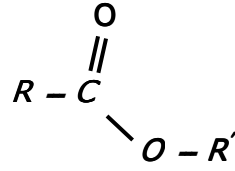
حمض الميثانويك

أمثلة :

### 3 - الأسترات :



R : جذر ألكيلي أو ذرة هيدروجين

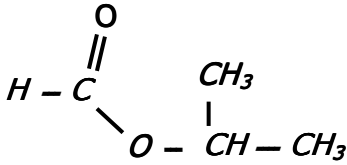


أ - الصيغة العامة :

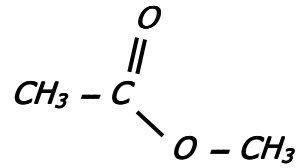
R' : جذر ألكيلي

ملاحظة : الحموض الكربوكسيلية والأسترات هي متماكبات وظيفية

ب - التسمية : الكانوات الالكيل

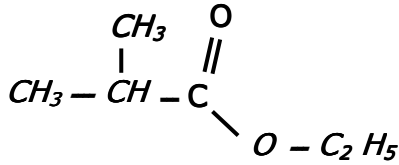


ميثانات ، ميثيل ، الايثيل

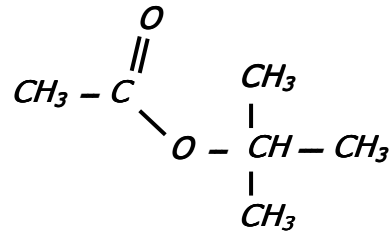


ايثانات الميثيل

أمثلة :

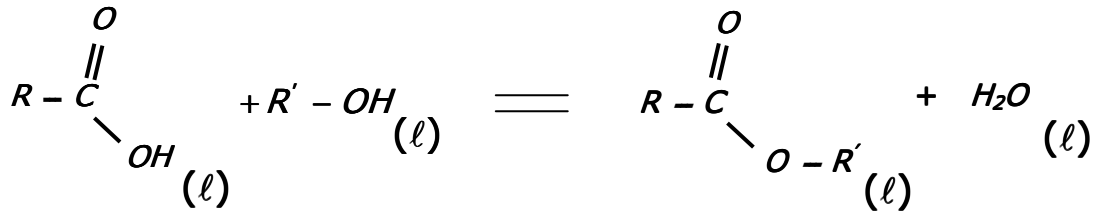


2 - ميثيل ، بروبانوات ، الايثيل

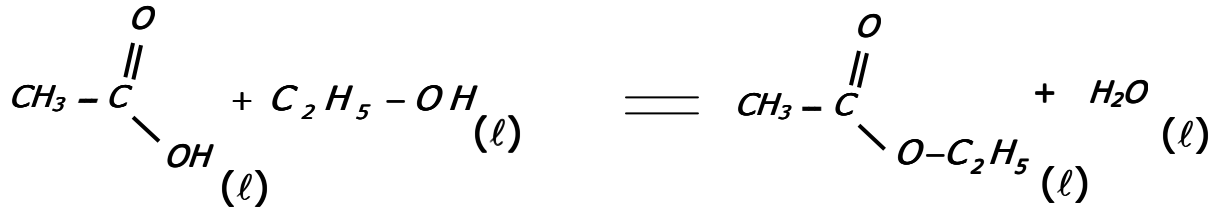


ايثانات ، ثاني ميثيل ، الايثيل

\*\* نحصل على الأسترات عموما من تفاعل حمض كربوكسيلي مع كحول وفق المعادلة الكيميائية التالية :



**مثال :** تفاعل حمض الإيثانويك مع الإيثانول



**خصائص تفاعل الأسترة :**

- تفاعل غير تام (محدود) ، لأن النواتج ( الماء والاستر) تتفاعل في نفس الوقت وتؤدي بالتفاعل لحالة التوازن .
- تفاعل بطيء جدا في البرودة ( يمكن تنشيطه بالحرارة أو بشوارد الهيدرونيوم  $H_3O^+$  ) .
- تفاعل لا حراري ( نسبة التقدم النهائي لا تتأثر بدرجة الحرارة ) .

**متابعة تطور التفاعل :**

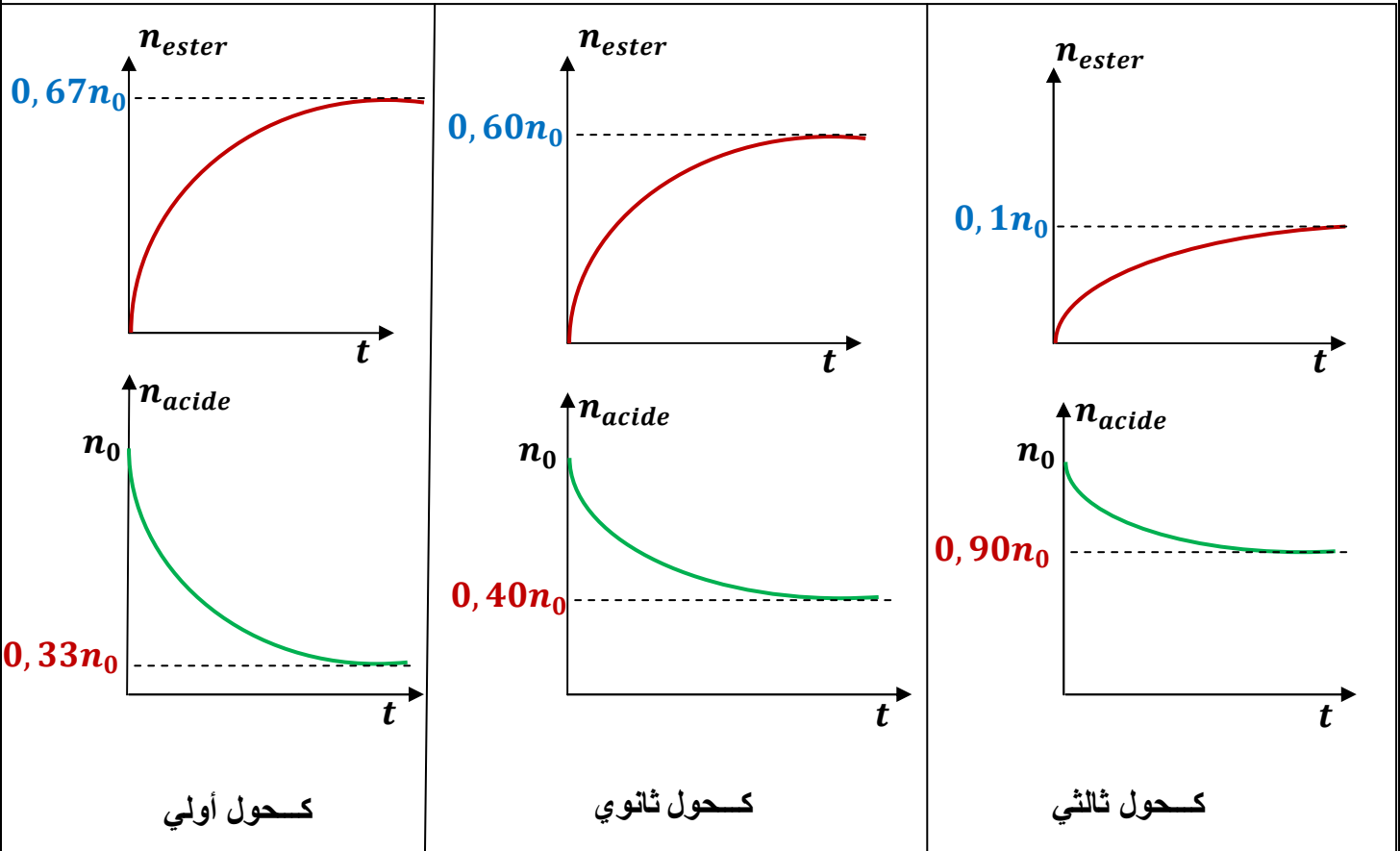
نشكل مزيجا متساوي المولات ( $n_0$ ) من حمض كربوكسيلي وكحول .

$R-COOH + R'-OH = R-COO-R' + H_2O$			
$n_0$	$n_0$	0	0
$n_0 - x$	$n_0 - x$	$x$	$x$
$n_0 - x_f$	$n_0 - x_f$	$x_f$	$x_f$
$n_0 - x_m$	$n_0 - x_m$	$x_m$	$x_m$

إذا كان الكحول أوليا يكون  $x_f = 0.67 \times n_0$

إذا كان الكحول ثانويا يكون  $x_f = 0.60 \times n_0$

إذا كان الكحول ثالثيا يكون  $x_f \in [0.05 \times n_0 ; 0.1 \times n_0]$



و

$$\tau = \frac{n_{ester}}{n_0 \text{ acide}}$$

نسبة التقدم النهائي : نسبة التقدم النهائي ومردود الأسترة متكافئان أي أن :

$$r = \frac{n_{ester}}{n_0 \text{ acide}} \times 100$$

ملاحظة : في حالة مزيج غي متساوي المولات نقسم على كمية المادة الأصغر من بين الكحول والحمض ( أي المتفاعل المحد ) .

\*\* هذه النسب خاصة فقط بمزيج متساوي المولات أي أن كمية مادة الكحول تساوي كمية مادة الحمض .

\*\*\* نسبة التقدم النهائي  $\tau$  لا تتأثر بدرجة الحرارة لكنها تتأثر بالمزيج الابتدائي .

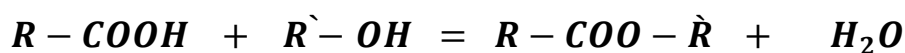
• بالنسبة لكحول أولي :  $\tau = \frac{0,67n_0}{n_0} = 0,67$

• بالنسبة لكحول ثانوي :  $\tau = \frac{0,60n_0}{n_0} = 0,67$

• بالنسبة لكحول ثالثي :  $\tau \in [0,05 ; 0,1]$

**كسر التفاعل :**

ليكن تفاعل الأسترة التالية :



$$Q_r = \frac{[R-COO-\dot{R}] \times [H_2O]}{[R-COOH] \times [\dot{R}-OH]} = \frac{n_{ester} \times n_{H_2O}}{n_{acide} \times n_{Al}}$$

$$Q_{rf} = \frac{[R-COO-\dot{R}]_f \times [H_2O]_f}{[R-COOH]_f \times [\dot{R}-OH]_f} = K$$

ملاحظة : 1 - تركيز الماء يظهر في عبارة ثابت التوازن لأن الماء في هذا التفاعل ليس حالا ، بل هو أحد الناتجين .

2 - ثابت التوازن  $K$  لا يتأثر بدرجة الحرارة ولا بالمزيج الابتدائي ، سواء كان متساوي المولات أو

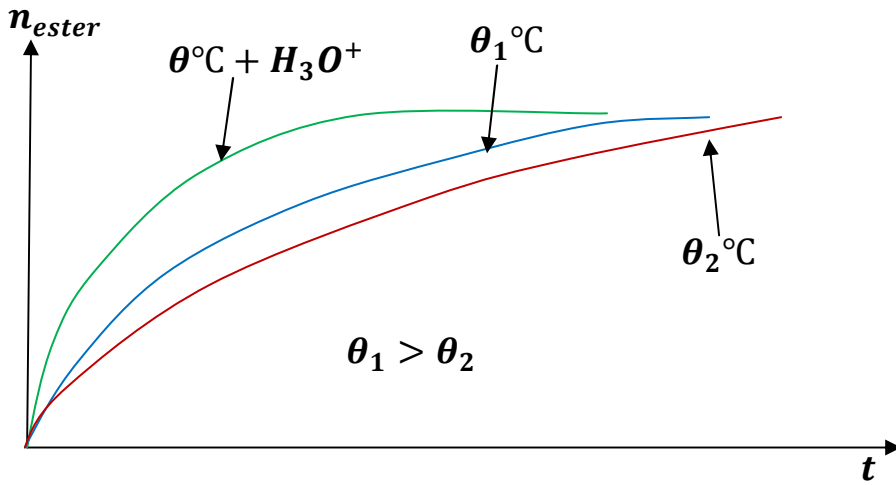
غير متساوي المولات .

$$K = \frac{(0,67n_0)^2}{(0,33n_0)^2} = 4 \quad \text{** بالنسبة لكحول أولي :}$$

$$K = \frac{(0,60n_0)^2}{(0,40n_0)^2} = 2,25 \quad \text{** بالنسبة لكحول ثانوي :}$$

### كيف نسرّع تفاعل الأسترة :

من أجل تسريع تفاعل الأسترة ، نتبع إحدى الطريقتين ، إما نرفع درجة حرارة المزيج أو نضيف بعض القطرات من حمض الكبريت أو الإثنيين معا .



### كيف نرفع (نحسن) مردود الأسترة :

نرفع مردود الأسترة بإحدى الطريقتين التاليين :

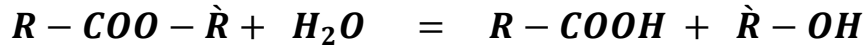
- نستعمل مزيجا غير متساوي المولات ( مثلا  $1\text{ mol}$  من الكحول و  $5\text{ mol}$  من الحمض ) ، في هذه الحالة

الكحول يتأستر تقريبا كله .

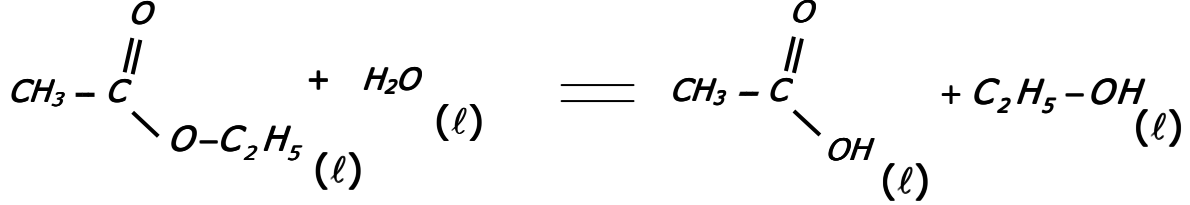
- نسحب الماء أو الأستر خلال التفاعل ، لكي لا نسمح لتفاعل الإماهة بالحدوث .

## تفاعل الإماهة :

تفاعل الإماهة هو التفاعل العكسي للأسترة ، أي التفاعل بين الأستر والماء .



مثال : تفاعل إيثانوات الإيثيل مع الماء



- تفاعل غير تام (محدود) ، لأن النواتج ( الكحول والحمض ) تتفاعل في نفس الوقت وتؤدي بالتفاعل لحالة التوازن.

- تفاعل بطيء جدا في البرودة (يمكن تنشيطه بالحرارة أو بشوارد الهيدرونيوم  $H_3O^+$  ) .

- تفاعل لاجراري ( نسبة التقدم النهائي لا تتأثر بدرجة الحرارة ) .

## متابعة تطور التفاعل :

نشكل مزيجا متساوي المولات ( $n_0$ ) من أستر وماء .

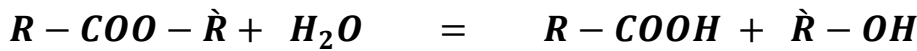
$R - COO - \dot{R} + H_2O$		$=$		$R - COOH + \dot{R} - OH$	
$n_0$	$n_0$	0	0	$n_0$	$n_0$
$n_0 - x$	$n_0 - x$	$x$	$x$	$n_0 - x_f$	$n_0 - x_f$
$n_0 - x_f$	$n_0 - x_f$	$x_f$	$x_f$	$n_0 - x_m$	$n_0 - x_m$
$n_0 - x_m$	$n_0 - x_m$	$x_m$	$x_m$		

\* إذا كان الحول الناتج أوليا يكون :  $x_f = 0,33 \times n_0$

\*\* إذا كان الحول الناتج ثانويا يكون :  $x_f = 0,40 \times n_0$

\*\*\* إذا كان الحول الناتج ثالثيا يكون :  $x_f \in [0,90 \times n_0 ; 0,95 \times n_0]$

## كسر التفاعل :



$$Q_{rf} = \frac{[R-COOH]_f \times [\dot{R}-OH]_f}{[R-COO-\dot{R}]_f \times [H_2O]_f} = \dot{K} \quad \text{و} \quad Q_r = \frac{[R-COOH] \times [\dot{R}-OH]}{[R-COO-\dot{R}] \times [H_2O]} = \frac{n_{acide} \times n_{Al}}{n_{ester} \times n_{H_2O}}$$



$$\dot{K} = \frac{(0,33n_0)^2}{(0,67n_0)^2} = 0,25 \quad \text{عندما ينتج كحول أولي :}$$

$$\dot{K} = \frac{(0,40n_0)^2}{(0,60n_0)^2} = 0,44 \quad \text{عندما ينتج كحول ثانوي :}$$

### نسبة التقدم النهائي :

هذه النسبة تمثل كذلك مردود الإماهة .

في حالة مزيج غير متساوي المولات نقسم على

كمية المادة الأصغر من بين الماء والأستر ( المتفاعل المحد )

$$r = \frac{n_{acide}}{n_{0 ester}} \times 100$$

$$\tau = \frac{n_{acide}}{n_{0 ester}}$$

نسبة التقدم النهائي  $\tau$  لا تتأثر بدرجة الحرارة لكنها تتأثر بالمزيج الابتدائي .

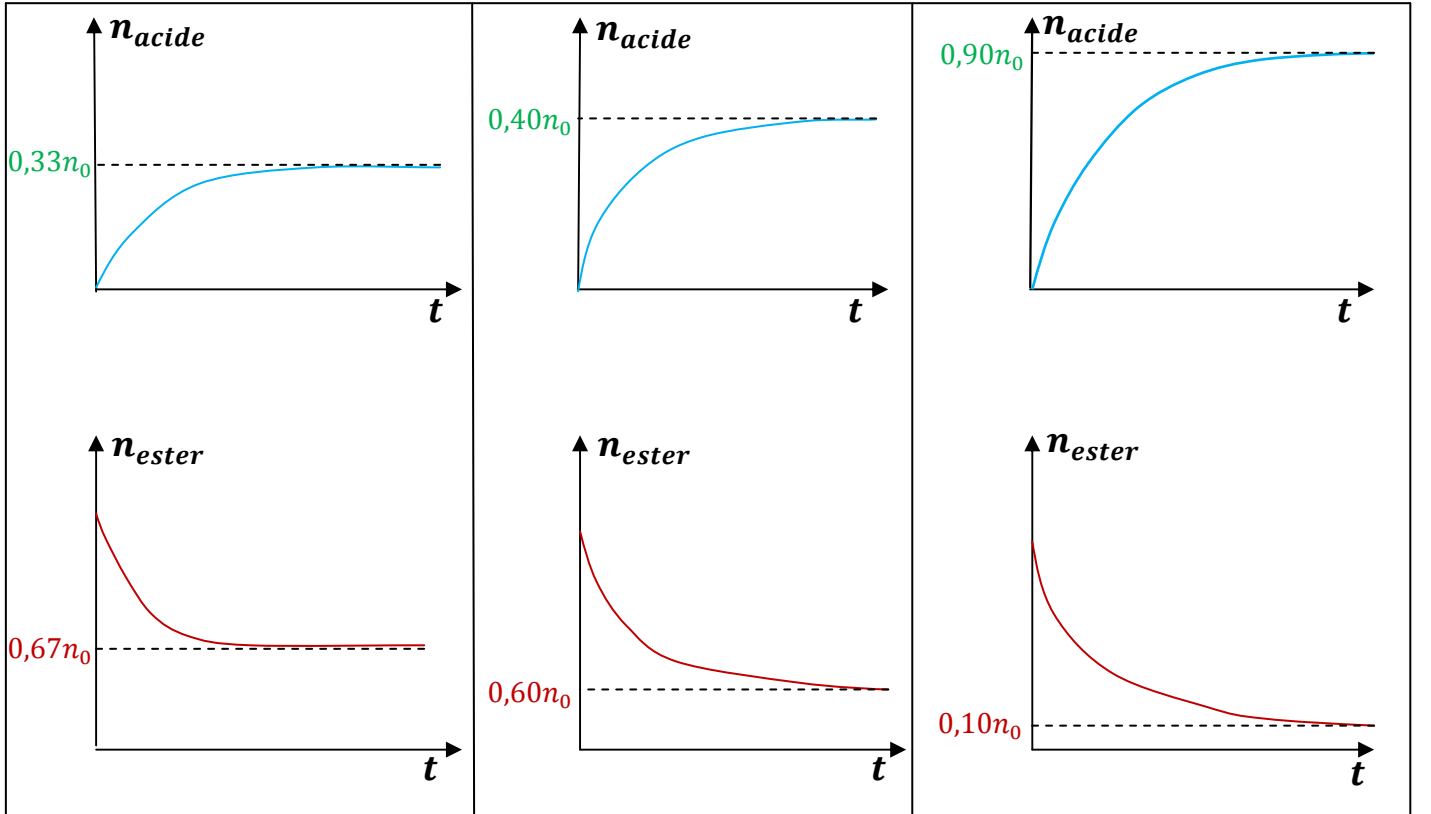
القيم الموجودة على اليمين في الأطار خاصة فقط بمزيج متساوي المولات ، أي كمية مادة الأستر تساوي كمية مادة الماء .

$$\bullet \quad \tau = \frac{0,33n_0}{n_0} = 0,33 \quad \text{عندما ينتج كحول أولي :}$$

$$\bullet \quad \tau = \frac{0,40n_0}{n_0} = 0,40 \quad \text{عندما ينتج كحول أولي :}$$

$$\bullet \quad \tau \in [0,90 ; 0,95] \quad \text{عندما ينتج كحول أولي :}$$

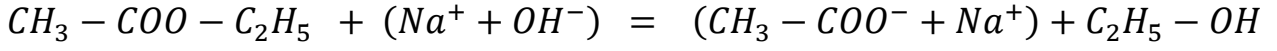
### البيانات الخاصة بمزيج متساوي المولات من الماء والأستر :



## تفاعل التصبن :

هو تفاعل أستر مع محلول مائي لأساس قوي .

مثال : تفاعل إيثانوات الإيثيل مع هيدروكسيد الصوديوم  $(Na^+ + OH^-)$

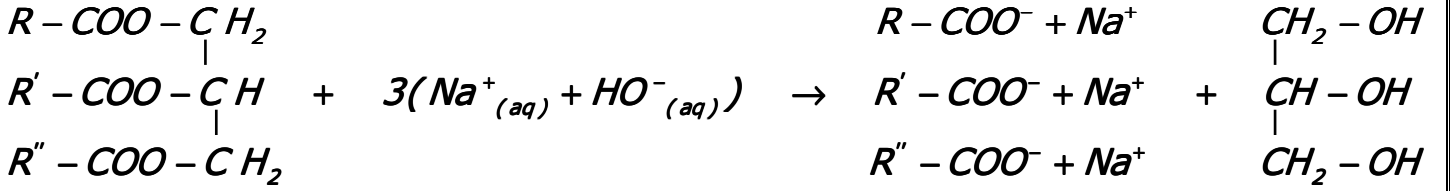


ينتج كحول وملح إيثانوات الصوديوم

يستعمل هذا التفاعل لصناعة الصابون ، وذلك باستعمال حموض دهنية ، فيكون الناتج عبارة عن صابون .

ومن خصائص هذا التفاعل أي تفاعل التصبن : سريع - تام - حراري

كحول ( ثلاثي الوظيفة ) + ملح ( صابون ) → أساس + أستر ( ثلاثي الوظيفة )



ثلاثي غليسريد

( جسم دسم )

ألكانولات الصوديوم

( صابون )

غليسيرول

( كحول ثلاثي الوظيفة )