1-الأسترات:

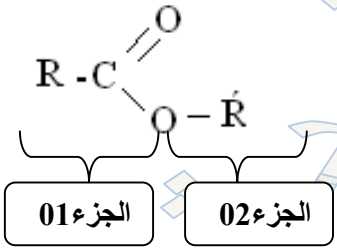
مركبات عضوية صغتها العامة $C_nH_{2n}O_2$ حيث: $n \geq 2$ ونتحصل عليها بتفاعل حمض كربوكسيلي مع كحول في وجود حمض الكبريت الذي يلعب دور وسيط يساعد على تسريع التحول والذي ينمذج بتفاعل بصيغة التالي:

ماء + أستر = كحول + حمض كربوكسيلي

$$R_1-COOH + R_2-OH = R_1-COO-R_2 + H_2O$$

2- تسمية الأسترات:

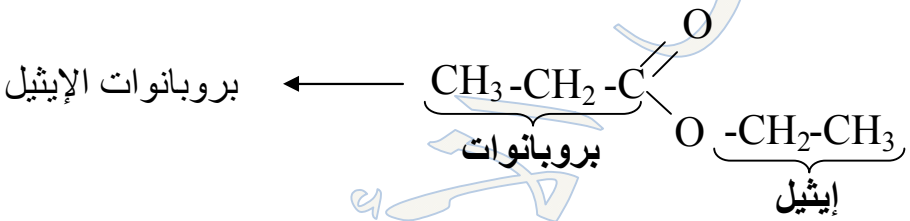
يشتق أسمها من الحمض العضوي والكحول الموافقين، لذلك يحتوي على جزأين:



- **الجزء01** الشق الحمضي : نطلق عليه إسم الكانوات.
- **الجزء 02:** الشق الكحولي: نطلق عليه إسم الألكيل.

ويكون أسم الأستر على الشكل: الكانوات الألكيل

مثال:



أمثلة بسيطة للتوضيح -01- :

أكمل التفاعلات التالية مع تسمية الأستر المتشكل:

-1 $CH_3COOH + C\ H_3 - OH = \ldots\ldots\ldots\ldots + H_2O$

-2 $HCOOH + C_2H_5 - OH = \ldots\ldots\ldots\ldots + H_2O$

-3 $C_6H_5COOH + C\ H_3 - OH = \ldots\ldots\ldots\ldots + H_2O$

-4 $C_2H_5COOH + C_2H_5 - OH = \ldots\ldots\ldots\ldots + H_2O$

-5 $CH_3COOH + C\ H_3 - CH_2 - CH_2 - OH = \ldots\ldots\ldots\ldots + H_2O$

الحل:

إكمال التفاعلات مع تسمية الأستر المتشكل:

-1 $CH_3COOH + CH_3 - OH = CH_3COOCH_3 + H_2O$

إسم الأستر: CH_3COOCH_3 **إيثانوات الميثيل**

-2 $HCOOH + C_2H_5 - OH = HCOOC_2H_5 + H_2O$

إسم الأستر: $HCOOC_2H_5$ **ميثانوات الإيثيل**

-3 $C_6H_5COOH + CH_3 - OH = C_6H_5COOCH_3 + H_2O$

إسم الأستر: $C_6H_5COOCH_3$ **بنزوات الميثيل**

-4 $C_2H_5COOH + C_2H_5 - OH = C_2H_5COOC_2H_5 + H_2O$

إسم الأستر: $C_2H_5COOC_2H_5$ **بروبانوات الإيثيل**

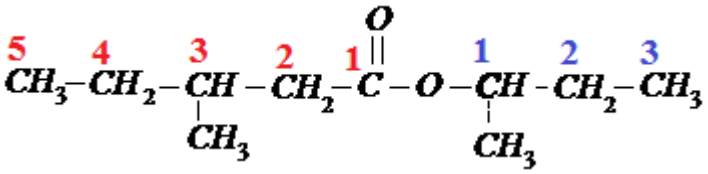
-5 $CH_3COOH + C\ H_3 - CH_2 - CH_2 - OH = CH_3COO - CH_2 - CH_2 - CH_3. + H_2O$

إسم الأستر: $CH_3COO - CH_2 - CH_2 - CH_3$ **إيثانوات البروبيل.**

ملاحظة:

في حالة وجود تفرعات فإن الجزء 1 يرقم إنطلاقا من ذرة الكربون الوظيفية

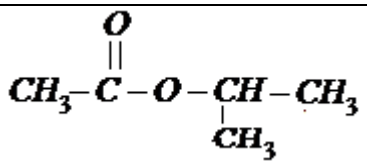
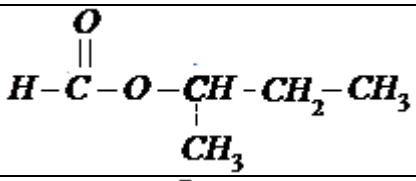
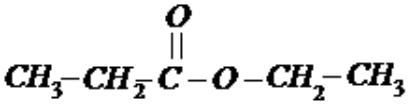
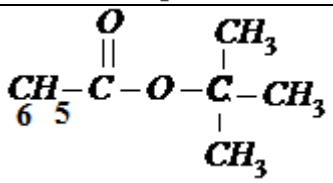
الجزء 2 يرقم إنطلاقا من ذرة الكربون المتصلة بذرة الأوكسجين



3-مثيل بنتانوات-1- ميثيل البروبيل

تمرين تطبيقي01:

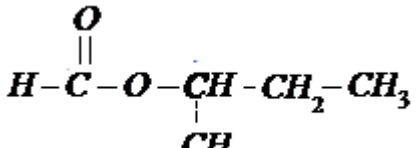
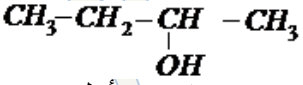
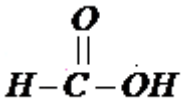
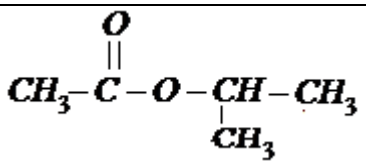
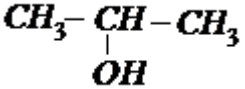
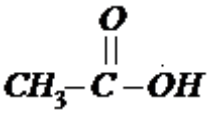
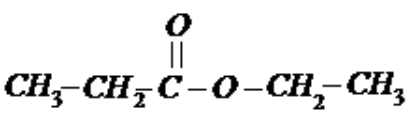
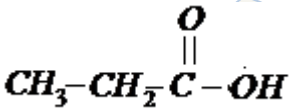
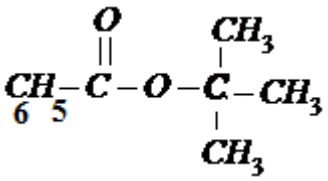
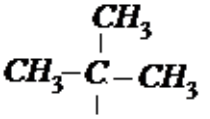
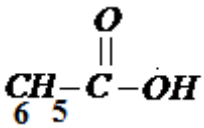
لتكن لدينا الأسترات التالية:

1- أكتب الإسم النظامي مع تحديد الصيغ النصف مفصلة للحمض الكربوكسيلي و الكحول الموافقان لكل أستر .

2- صنف الكحولات

الحل:

الأستر	الكحول		الحمض الكربوكسيلي
	الصيغة نصف مفصلة	الصنف	
 ميثانوات-1-ميثيل البروبيل	 بوتان-2- أول	ثانوي	 حمض الميثانويك
 إيثانوات ميثيل إيثيل	 بروبان -2- أول	ثانوي	 حمض الإيثانويك
 بروبانوات الإيثيل	 إيثانول	أولي	 حمض البروبانويك
 بنزوات ثنائي ميثيل إيثيل	 2- مثيل بروبان-2- أول	ثالثي	 حمض البنزويك

موقع الجزائري
WWW.DZPEN.COM

تذكير:

1- **الكحولات:** مركبات عضوية صيغتها العامة $R-OH$ أو $C_nH_{2n+1}-OH$ حيث n عدد طبيعي غير معدوم وتصنف إلى ثلاث اصناف:

كحولات أولية	كحولات ثانوية	كحولات ثالثية
$R-CH_2-OH$	$R-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-R'$	$R_1-\underset{\underset{OH}{|}}{C}-R_2$ (R)

تمرين تطبيقي02:

لتكن لدينا الكحولات التالية: C_4H_9-OH ، C_3H_7-OH ، C_2H_5-OH ، CH_3-OH

أكتب جميع الصيغ النصف مفصلة لكل كحول مع تسميتها وتصنيفها.

الحل:

$C_nH_{2n+1}-OH$	المماكبات	الإسم	الصنف
C_4H_9-OH	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	بوتان-1- أول	أولي
	$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-OH$	2- مثيل بروبان-1- أول	اولي
	$CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$	بوتان-2- اول	ثانوي
	$CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_3$	2- مثيل بروبان-2- أول	ثالثي
C_3H_7-OH	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	بروبان-1-اول	أولي
	$CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$	بروبان-2-أول	ثانوي
C_2H_5-OH	CH_3-CH_2-OH	إيثانول	أولي
CH_3-OH	CH_3-OH	ميثانول	أولي

2- **الأحماض الكربوكسيلية:**

مركبات عضوية صيغتها العامة $R-COOH$ أو $C_nH_{2n+1}-COOH$ حيث n عدد طبيعي.

$C_nH_{2n+1}-COOH$		الإسم	ملاحظة
$HCOOH$	$H-\overset{\overset{O}{||}}{C}-OH$	حمض ميثانويك	الحمض الكربوكسيلي C_6H_5COOH عبارة عن حمض عطري يدعى حمض البنزويك
CH_3COOH	$CH_3-\overset{\overset{O}{||}}{C}-OH$	حمض إيثانويك	
C_2H_5COOH	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{||}}{C}-OH$	حمض بروبانويك	$C_6H_5-\overset{\overset{O}{||}}{C}-OH$

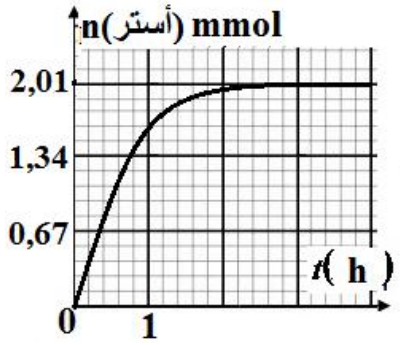
موقع الجزائري
WWW.DZPEN.COM

3- خصائص تفاعل الأسترة: لتفاعل الأسترة مميزات نختصرها في كلمة ((ملاعب))

1- محدود (غير تام). 2- لا حراري 3- عكوس 4- بطيء

تمرين تطبيقي03

نحقق تجريبيا أسترة بتفاعل خليط متساوي المولات $n_{0acid}=n_{0alchol}=3mmol$ من حمض الإيثانويك CH_3COOH والإيثانول C_2H_5-OH في وجود حمض الكبريت. إن المتابعة الزمنية لهذا التحول تمكننا من رسم بيان تغيرات كمية مادة الأستر المتشكل بدلالة الزمن **الشكل-01-**



الشكل-01-

1- أكتب معادلة التفاعل وسم الأستر الناتج.

2- مثل جدول تقدم التفاعل.

3- عرف التقدم الأعظمي x_{max} وأحسب قيمته.

4- عرف التقدم النهائي x_f وأحسب قيمته.

5- أحسب نسبة التقدم النهائي τ_f ماذا تستنتج؟

الحل:

1- كتابة معادلة التفاعل:

$$CH_3COOH + C_2H_5-OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

إسم الأستر: $CH_3COOC_2H_5$ **إيثانوات الإيثيل**

2- تمثيل جدول تقدم التفاعل الأسترة يجب أن يؤخذ الماء بعين الإعتبار.

المعادلة		$CH_3COOH + C_2H_5-OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة			
إبتدائية	0	$3mmol$	$3mmol$	0	0
إنتقالية	x	$3-x$	$3-x$	x	x
نهائية(حالة توازن)	x_f	$3-x_f$	$3-x_f$	x_f	x_f

3- تعريف التقدم الأعظمي x_{max}:

التقدم الأعظمي x_{max} هو التقدم الموافق لإستهلاك أحد المتفاعلين أو كلاهما ويحسب على إعتبار التفاعل تام.

حساب التقدم الأعظمي x_{max}:

$$\begin{cases} 3-x=0 \\ 3-x=0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x=3mmol \\ x=3mmol \end{cases}$$

إذن التقدم الأعظمي هو: $x_{max}=3mmol$

4- تعريف التقدم النهائي x_f:

التقدم النهائي x_f هو التقدم الموافق لتوقف الجملة عن التطور ويحسب من النتائج التجريبية.

حساب التقدم النهائي x_f:

من البيان نجد: كمية مادة الأستر النهائية المتشكلة هي: $n_f(este)=2,01mmol$

من الجدول نجد: كمية مادة الأستر النهائية المتشكلة هي: $n_f(este)=x_f$

إذن قيمة التقدم النهائي هي : $x_f=2,01mmol$

5- حساب نسبة التقدم النهائي τ_f:

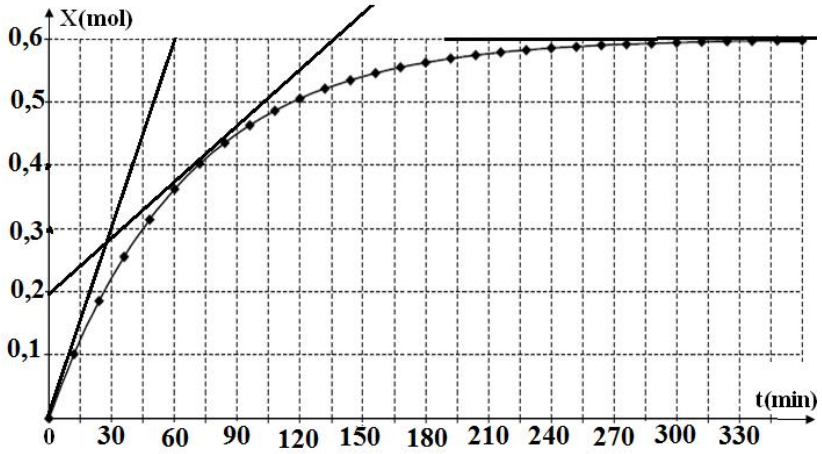
$$\tau_f=\frac{x_f}{x_{max}}=\frac{2,01}{3}=0,67$$

بما أن $\tau_f<1$ نستنتج أن تفاعل الأسترة غير تام.

موقع الجزائري
WWW.DZPEN.COM

تمرين تطبيقي04

نحقق تجريبيا أسترة بتفاعل خليط متساوي المولات $n_{0acid}=n_{0alchol}=1mol$ من حمض الميثانويك $HCOOH$ وكحول صيغته المجملة C_4H_9-OH في وجود قطرات من حمض الكبريت. إن المتابعة الزمنية لهذا التحول تمكننا من رسم بيان تغيرات التقدم x بدلالة الزمن $x=f(t)$



1- أكتب معادلة التفاعل.

2- مثل جدول تقدم التفاعل مع تقديم حصلة كمية المادة للحالة النهائية.

3- أحسب سرعة التفاعل عند اللحظات الزمنية $t=0$ ، $t=75\min$ ، $t=330\min$
ناقش النتائج المتحصل عليها ماذا تستنتج؟

4- أحسب نسبة التقدم النهائي τ_f ماذا تستنتج؟

5- ماذا تستخلص عن تحول الأسترة.

الحل:

1- كتابة معادلة التفاعل: $HCOOH+C_4H_9-OH=HCOOC_4H_9+H_2O$

2- تمثيل جدول تقدم التفاعل الأسترة:

(من خلال البيان نلاحظ أن $x_f=0,6mol$ نعوض في الحالة النهائية من أجل تحديد حصيلة كمية المادة).

المعادلة		$HCOOH + C_4H_9-OH = HCOOC_4H_9 + H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية	0	1	1	0	0
إنتقالية	x	$1-x$	$1-x$	x	x
نهائية(حالة توازن)	x_f	$1-x_f$	$1-x_f$	x_f	x_f
	$x_f=0,6$	0,4	0,4	0,6	0,6

3- **حساب سرعة التفاعل: لدينا عبارة سرعة التفاعل هي:** $v=\frac{dx}{dt}$

- **عنداللحظة** $t=0$ $v=\frac{dx}{dt}=\frac{0,6-0}{60-0}=10^{-2}mol/\min$
- **عنداللحظة** $t=75\min$ $v=\frac{dx}{dt}=\frac{0,6-0,2}{135-0}=2,96\times10^{-3}mol/\min$
- **عنداللحظة** $t=330\min$ $v=0$

مناقشة النتائج: السرعة عند اللحظة t=0 اعظمية ثم تتناقص بمرور الزمن حتى تنعدم بعد مدة طويلة وذلك لأن الجملة تتطور نحو حالة التوازن.

الإستنتاج: نستنتج أن تحول الأسترة بطئ

4- **حساب نسبة التقدم النهائي** τ_f : $\tau_f=\frac{x_f}{x_{\max}}$ **التقدم النهائي** x_f **: من البيان نجد:** $x_f=0,6mol$

بينما التقدم الأعظمي من خلال الجدول نجد $x_{\max}=1mol$ وعليه: $\tau_f=\frac{x_f}{x_{\max}}=\frac{0,6}{1}=0,6$

بما أن $\tau_f<1$ نستنتج أن تفاعل الأسترة غير تام.

5- **الإستخلاص:**

نستخلص بأن تحول الأسترة بطئ وغير تام فهو ينمذج بتفاعل يحدث في إتجاهين متعاكسين بحيث في النهاية تكون الجملة في حالة توازن كيميائي.

موقع الجزائري
WWW.DZPEN.COM

4- حالة التوازن:

إن تفاعل الأسترة يتطور تلقائيا نحو حالة التوازن فبعد مدة كافية نحصل على مزيج في حالة « توازن حركي » و تعني هذه العبارة أن السرعة الظاهرية معدومة بينما يستمر التفاعل في الإتجاهين حيث تكون سرعة الأسترة مساوية لسرعة إماهة الإستر.

1- ثابت التوازن K: يمثل ثابت التوازن كسر التفاعل للحالة النهائية K

ماء + أستر = كحول+ حمض كربوكسيلي

(الماء في هذه الحالة يعتبر ناتج فلذلك تركيزه يؤخذ بعين الإعتبار).

- الماء ناتج وليس مذيب
- حجم الوسط التفاعلي V يعتبر ثابت

$$K=\frac{[\text{أستر}]_f \cdot [\text{ماء}]_f}{[\text{حمض}]_f \cdot [\text{كحول}]_f}$$

$$* \quad K=\frac{n_{f\ (\text{أستر})}\ n_{f\ (\text{ماء})}}{n_{f\ (\text{كحول})}\ n_{f\ (\text{حمض.ك})}}$$

ملاحظات مهمة جدا

1- **إن ثابت توازن تفاعل الأسترة لايتعلق بدرجة الحرارة لأن تفاعل الأسترة لاحراري.**
وكذلك لايتعلق بالحالة الإبتدائية للجملة سواء كان المزيج الإبتدائي متساوي المولات أم غير متساوي المولات .

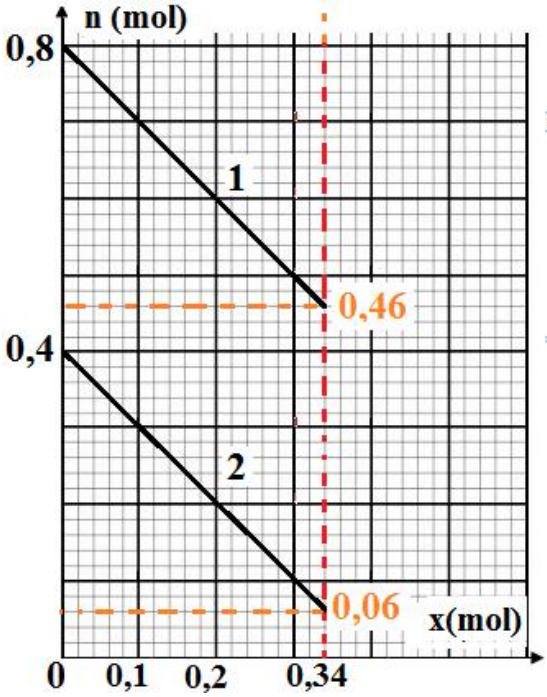
2- **إن ثابت التوازن يتعلق بصنف الكحول المستعمل فقط مهما كان المزيج الإبتدائي ودرجة الحرارة.**

صنف الكحول المستعمل	ثابت التوازن K	
كحول أولي : $R-CH_2-OH$	$K \approx 4$	**إذاكان الكحول المستعمل اولي فإن:** $K \approx 4$ **ولايتعلق بدرجة الحرارة أو باحالة الإبتدائية للجملة.**
كحول ثانوي: $R-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-R$	$K = 2,25$	**إذاكان الكحول المستعمل ثانوي فإن** $K = 2,25$ **ولايتعلق بدرجة الحرارة أو باحالة الإبتدائية للجملة.**

تمرين تطبيقي05:

نخضر مزيجا في اللحظة t=0 يتكون من $n_1 = 0,8mol$ من حمض البروبانويك C_2H_5COOH و $n_2 = 0,4mol$ من كحول صيغته C_3H_7-OH في وجود حمض الكبريت.

إن المتابعة الزمنية لهذا التحول تمكننا من رسم **البيان 1 و 2** الشكل المقابل



1- أكتب معادلة التفاعل .

2- إعتماد على البيانات أكمل جدول تقدم التفاعل التالي:

المعادلة		$C_2H_5COOH + C_3H_7-OH = \ldots\ldots + \ldots\ldots$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية	0				
إنتقالية	x				
	$x = 0,1$				
	$x = 0,2$				
	$x = 0,3$				
نهائية (توازن)	$x_f = \ldots$				

3- أكتب عبارة كسر التفاعل Q_r بدلالة التقدم x ، ثم إستنتج عبارة كسر التفاعل للحالة النهائية Q_{rf}

4- ماذا يمثل كسر التفاعل للحالة النهائية؟ أحسب قيمته وإستنتج صنف الكحول المستعمل.

5- أحسب كسر التفاعل من أجل قيم التقدم x التالية: $x = 0$ ، $x = 0,1$ ، $x = 0,2$ ، $x = 0,3$ ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

WWW.DZPEN.COM

الحل:

1- كتابة معادلة التفاعل: $C_2H_5COOH + C_3H_7 - OH = C_2H_5COOC_3H_7 + H_2O$

2- إكمال الجدول (من خلال البيان نلاحظ أن $x_f = 0{,}34mol$).

3- كتابة عبارة Q_r بدلالة x:

المعادلة		$C_2H_5COOH + C_3H_7 - OH = C_2H_5COOC_3H_7 + H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية	0	0,4	0,8	0	0
إنتقالية	x	$0{,}4 - x$	$0{,}8 - x$	x	x
	$x = 0{,}1$	0,3	0,7	0,1	0,1
	$x = 0{,}2$	0,2	0,6	0,2	0,2
	$x = 0{,}3$	0,1	0,5	0,3	0,3
نهائية (توازن)	$x_f = 0{,}34$	0,06	0,46	0,34	0,34

لدينا: $Q_r = \frac{n_{estr} \times n_{eau}}{n_{al} \times n_{ac}}$

وعليه نجد:

$$Q_r = \frac{x^2}{(0{,}4 - x)(0{,}8 - x)}$$

إذن عبارة : Q_{rf}

$$Q_{rf} = \frac{x_f^2}{(0{,}4 - x_f)(0{,}8 - x_f)}$$

4- يمثل كسر التفاعل للحالة النهائية ثابت التوازن $Q_{rf} = K$

حساب قيمة ثابت التوازن: $K = \frac{x_f^2}{(0{,}4 - x_f)(0{,}8 - x_f)} = \frac{(0{,}34)^2}{(0{,}4 - 0{,}34) \times (0{,}8 - 0{,}34)} = 4{,}18$

بمأن ثابت التوازن $K \approx 4$ فإن صنف الكحول أولي

5- أحسب كسر التفاعل من أجل قيم التقدم x التالية: $x = 0$ ، $x = 0{,}1$ ، $x = 0{,}2$ ، $x = 0{,}3$ ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

من أجل $x = 0$ نجد: $Q_{ri} = \frac{x^2}{(0{,}4 - x)(0{,}8 - x)} = 0$

من أجل $x = 0{,}1$ نجد: $Q_{r1} = \frac{x^2}{(0{,}4 - x)(0{,}8 - x)} = \frac{(0{,}1)^2}{(0{,}4 - 0{,}1) \times (0{,}8 - 0{,}1)} = 4{,}76 \times 10^{-2}$

من أجل $x = 0{,}2$ نجد: $Q_{r2} = \frac{x^2}{(0{,}4 - x)(0{,}8 - x)} = \frac{(0{,}2)^2}{(0{,}4 - 0{,}2) \times (0{,}8 - 0{,}2)} = 3{,}33 \times 10^{-1}$

من أجل $x = 0{,}3$ نجد: $Q_{r3} = \frac{x^2}{(0{,}4 - x)(0{,}8 - x)} = \frac{(0{,}3)^2}{(0{,}4 - 0{,}3) \times (0{,}8 - 0{,}3)} = 1.8$

نلاحظ أن: $Q_{ri} \prec Q_{r1} \prec Q_{r2} \prec Q_{r3} \prec K$

وعليه نستنتج بأن الجملة تتطور تلقائيا نحو حالة التوازن وذلك في الإتجاه المباشر للتفاعل (تشكل الأستر).

$$Q_{ri} \prec Q_{r1} \prec Q_{r2} \prec Q_{r3} \prec K \longrightarrow Q_r$$

5- معيار التطور التلقائي:

يمثل كسر التفاعل Q_r معيار التحديد وتوقع جهة تطور التلقائي لجملة كيميائية :

1- $Q_{ri} < k$ الجملة تتطور تلقائيا في الاتجاه المباشر للتفاعل تشكل الأستر.

2- $Q_{ri} = k$ الجملة في حالة توازن (الجملة لا تتطور).

3- $Q_{ri} > k$: الجملة تتطور تلقائيا في الاتجاه العكسي للتفاعل إماهة الأستر.

6- التأثير على حالة التوازن الكيميائي لتفاعل الأسترة:

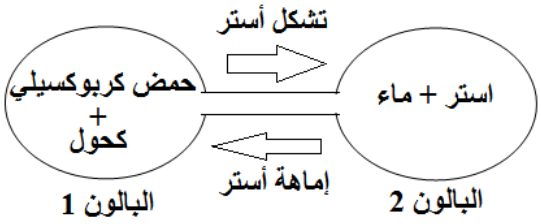
في حالة النهائية تمتلك الجملة توازن حركي بحيث سرعة تشكل الأستر تساوي سرعة إماهة الأستر وتبقى الجملة على هذه الحالة إن لم نحدث تغيرا فيها.

WWW.DZPEN.COM

نماثل حالة التوازن بـ بالونين بهما كمية معتبرة من الهواء في حالة التوازن.

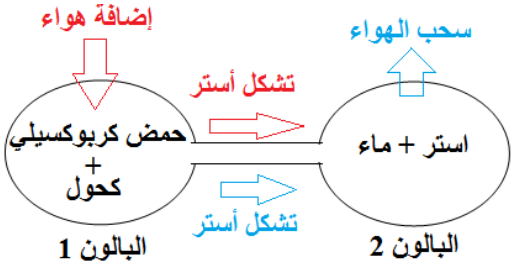
(بالون 1 يحتوي متفاعلات) و **(بالون 2 يحتوي نواتج)** ، ننمذج التغيرات الحادثة في الأشكال التالية:

حالة التوازن



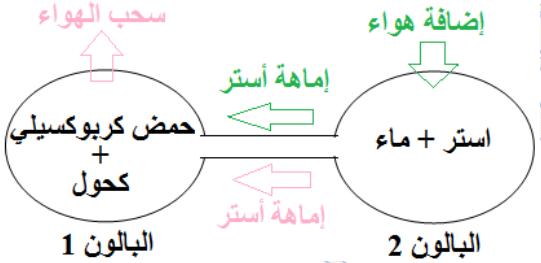
تبقى الجملة في حالة توازن سرعة تشكل الأستر تساوي سرعة إماهة الأستر

*** في حالة إضافة هواء للبالون 1 فإن الهواء ينزاح من بالون 1 إلى2.**
*** سحب الهواء من البالون2 يؤدي إلى إنزياح الهواء من البالون 1 إلى 2.**



من أجل تطور الجملة تلقائيا في الإتجاه المباشر تشكل الأستر نقوم بـ:
1- إضافة أحد المتفاعلات.
2- نزع احد النواتج.

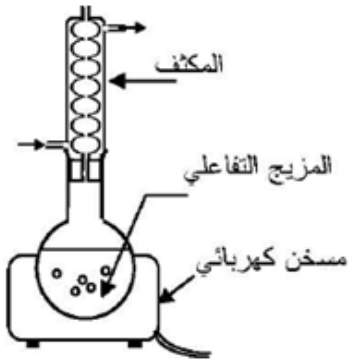
*** في حالة إضافة هواء للبالون 2 فإن الهواء ينزاح من بالون 2 إلى1.**
*** سحب الهواء من البالون 1 يؤدي إلى إنزياح الهواء من البالون 2 إلى 1.**



من أجل تطور الجملة تلقائيا في الإتجاه العكسي إماهة الأستر نقوم بـ:
1- إضافة أحد النواتج.
2 - نزع احد المتفاعلات.

تمرين تطبيقي06

نمزج $0,6mol$ من حمض الإيثانويك CH_3COOH و $0,6mol$ من C_4H_9-OH في وجود قطرات من حمض الكبريت المركز وبالتسخين المرتد لمدة من الزمن بعد ذلك يسكب المزيج في ماء مالح نلاحظ طفو مادة عضوية إذا علمت أن ثابت التوازن هو $K=4$.



1- ماهودور التسخين المرتد؟ ولماذا نستعمل الماء المالح؟

2- مثل جدول تقدم التفاعل.

3- أحسب التقدم النهائي x_f .

4- حدد حصيلة كمية المادة للحالة النهائية.

5- نضيف لحالة التوازن $0,2mol$ من نفس الكحول أحسب عندئذ كسر التفاعل للحالة الإبتدائية وحدد جهة تطور الجملة ثم جد التركيب المولي لحالة التوازن الجديدة.

الحل:

1- التسخين المرتد يعمل على تسريع التفاعل والمحافظة على كمية المادة أما الماء المالح من أجل فصل المادة العضوية.

2- جدول تقدم التفاعل:

المعادلة		$CH_3COOH + C_4H_9-OH = C\ H_3COOC_4H_9 + H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية	0	0,6	0,6	0	0
إنتقالية	x	$0,6-x$	$0,6-x$	x	x
نهائية	x_f	$0,6-x_f$	$0,6-x_f$	x_f	x_f

3- حساب التقدم النهائي x_f

لدينا: $K=\dfrac{n_{f\,estr}\times n_{f\,eau}}{n_{f\,al}\times n_{f\,ac}}$

$$K=\frac{x_f{}^2}{(0,6-x_f)^2}$$

موقع الجزائري
WWW.DZPEN.COM

$$4=\frac{x_f^{.2}}{(0,6-x_f)^2}$$

بجذر الطرفين نجد

$$2=\frac{x_f.}{(0,6-x_f)}$$

إذن: $2(0,6-x_f)=x_f$

$1,2-2x_f=x_f$

$1,2=3x_f$

$x_f=\frac{1,2}{3}=0,4mol$

4- حصيلة كمية المادة النهائية:

$n_f(al)=0,6-x_f=0,2mol$

$n_f(acid)=0,6-x_f=0,2mol$

$n_f(ester)=x_f=0,4mol$

$n_f(eau)=x_f=0,4mol$

5- عند إضافة $0,2mol$ من نفس الكحول لحالة التوازن تصبح لدينا حالة إبتداية جديدة موضحة في الجدول الموالي:

المعادلة		$CH_3COOH+C_4H_9-OH=C\ H_3COOC_4H_9+H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائيةجديدة	0	0,2	$0,2+0,2$	0,4	0,4
إنتقالية	x	$0,2-x$	$0,4-x$	$0,4+x$	$0,4+x$
توازن جديد	x_f	$0,2-x_f$	$0,4-x_f$	$0,4+x_f$	$0,4+x_f$

حساب كسر التفاعل الإبتدائي

$$Q_{ri}=\frac{n_i(estr)\times n_i(eau)}{n_i(al)\times n_i(ac)}$$

$$Q_{ri}=\frac{(0,4)^2}{.0,2\times 0,4}$$

$$Q_{ri}=2$$

تحديد جهة التطور التلقائي للجملة

بما أن: $Q_{r,i}<K$ تتطور الجملة تلقائيا في الاتجاه المباشر، تشكل الأستر

وعليه :

- يحدث تناقص في كمية المادة للحمض الكربوكسيلي والكحول
- زيادة في كمية مادة الماء والأستر

إيجاد التركيب المولي لحالة التوازن الجديدة: نقوم بحساب التقدم النهائي x_f للحالة الجديدة:

لدينا ثابت التوازن K:

$$K=\frac{(0,4+x_f)^2}{(0,2-x_f)(0,4-x_f)}$$

$$4=\frac{0,16+0,8x_f+x_f^2}{0,08-0,2x_f-0,4x_f+x_f^2}$$

$$4=\frac{0,16+0,8x_f+x_f^2}{0,08-0,6x_f+x_f^2}$$

وعليه نجد:

$4x_f^2-2,4x_f+0,32=x_f^2+0,8x_f+0,16$

$3x_f^2-3,2x_f+0,16=0$

$\Delta=(-3,2)^2-4(3\times 0,16)$

$\Delta=8,32$

$\sqrt{\Delta}=2,88$

بما أن: $\sqrt{\Delta}=2,88\succ 0$

يوجد حلين هما:

$$x_{f(1)}=\frac{-(-3,2)+2,88}{2\times 3}=1,013mol$$

$$x_{f(2)}=\frac{-(-3,2)-2,88}{2\times 3}=0,0533mol$$

القيمة الصغرى تقبل أما الكبرى ترفض لأنها تجعل كمية المادة سالبة.

إذن التقدم النهائي لحالة التوازن الجديدة هو: $x_f=0,0533mol$ بالتعويض في الحالة النهائية للجدول السابق نجد:

المعادلة		$CH_3COOH+C_4H_9-OH=C\ H_3COOC_4H_9+H_2O$			
حالة التوازن جديد	التقدم	كمية المادة (mol)			
	$x_f=0,0533mol$	$0,2-x_f$	$0,4-x_f$	$0,4+x_f$	$0,4+x_f$
		0,1467	0,3467	0,4533	0,4533

WWW.DZPEN.COM

7- مردود الأسترة:

يمثل المردود النسبة بين كمية مادة الأستر المتحصل عليها تجريبيا $n_{\exp}$ و كمية مادة الأستر التي يتم الحصول عليها لوكان التفاعل تاما n_{Th} و نكتب $r=\frac{n_{\exp}}{n_{th}}\times 100$ ويمكننا كتابته بالشكل $r=\frac{x_f}{x_{\max}}\times 100$

ملاحظة:

مردود الأسترة لايتعلق بدرجة الحرارة ولايتعلق بإضافة وسيط ((حمض الكبريت)) إنما يتعلق بصنف الكحول المستعمل إذا كان المزيج الإبتدائي متساوي المولات.

صنف الكحول المستعمل	المردود من اجل مزيج متساوي المولات	المردود من اجل مزيج غير متساوي المولات	عملية التسخين أو إضافة قطرات من حمض الكبريت
كحول أولي : $R-CH_2-OH$	$r=67\%$	$r\succ 67\%$	لا تؤثر على المردود
كحول ثانوي: $R-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-R'$	$r=60\%$	$r\succ 60\%$	لا تؤثر على المردود
كحول ثالثي: $R_1-\overset{\overset{R}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}-R_2$	$r=5\%$	$r\succ 5\%$	لا تؤثر على المردود

تمرين تطبيقي07

لتحضير ميثانوات البروبيل نمزج في اللحظة t=0 $n_0=0,4mol$ من حمض كربوكسيلي **A** مع $n_0=0,4mol$ كحول **B**

1- أكتب الصيغة النصف مفصلة للأستر (ميثانوات البروبيل) .

2- ماهي الصيغة النصف مفصلة لكل من A و B مع التسمية المنهجية ؟ ماهو صنف الكحول؟

3- مثل جدول تقدم التفاعل وأحسب حصيلة كمية المادة عند بلوغ التوازن. ثم أحسب ثابت التوازن K .

الحل:

1- الصيغة النصف مفصلة للأستر: $H-\overset{\overset{O}{||}}{C}-O-CH_2-CH_2-CH_3$

2- الصيغة النصف مفصلة للمركب A: $H-\overset{\overset{O}{||}}{C}-OH$ الإسم النظامي: حمض الميثانويك

الصيغة النصف مفصلة للمركب **B**: $CH_3-CH_2-CH_2-OH$ الإسم النظامي: بروبان-1-أول الصنف: كحول أولي

3- جدول التقدم:

لتحديد حصيلة كمية المادة نحسب التقدم النهائي: بما أن الكحول المستعمل أولي والمزيج الإبتدائي متساوي المولات فإن مردود هذا التفاعل هو $r=67\%$

إذن $\frac{x_f}{x_{\max}}=0,67$ ومنه $x_f=0,67.x_{\max}$

بالتعويض $x_f=0,67\times 0,4=0,268mol$

الحالة النهائية للجدول نجد حصيلة كمية المادة عند بلوغ التوازن

المعادلة		$HCOOH+C_3H_7OH=HCOOC_3H_7+H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية	0	0,4	0,4	0	0
إنتقالية	x	$0,4-x$	$0,4-x$	x	x
نهائية	x_f	$0,4-x_f$	$0,4-x_f$	x_f	x_f
الحصيلة عند التوازن	$x_f=0.268$	0,132	0,132	0,268	0,268

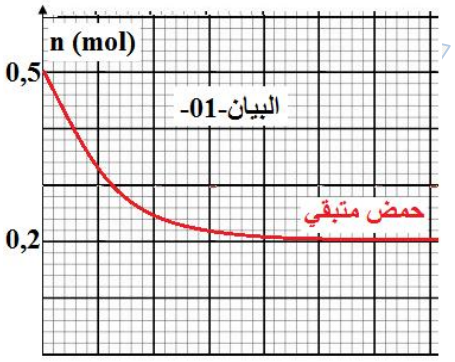
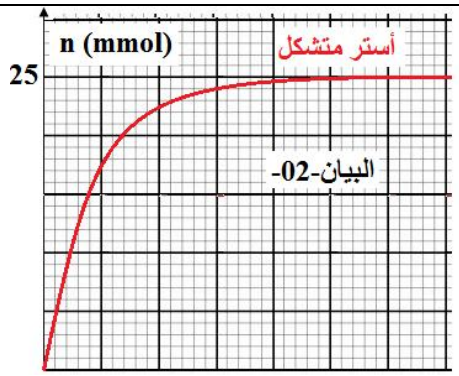
حساب ثابت التوازن K :

$$K=\frac{n_{f\,estr}\times n_{f\,eau}}{n_{f\,al}\times n_{f\,ac}}=\frac{(0,268)^2}{(0,132)^2}\Rightarrow K=4,12$$

موقع الجزائري WWW.DZPEN.COM

تمرين تطبيقي08

يوجد في مخبر الثانوية قارورتان لمتماكبين **A** و **B** صغتهما الإجمالية C_4H_9OH لمعرفة صنف كل منهما نجري أسترة بتفاعل $0,5mol$ من كل مماكب مع $0,5mol$ من حمض الميثانويك $HCOOH$ ونتحصل على البيانين التاليين:

كمية مادة حمض البنزويك المتبقي أثناء إستعمال المماكب A	كمية مادة الأستر المتشكل أثناء إستعمال المماكب B
	

1- أكتب معادلة التفاعل. ثم مثل جدول تقدم التفاعل.

2- حدد التقدم النهائي الموافق لكل بيان، ثم أحسب مردود تفاعل الأسترة الخاص بكل مماكب ثم إستنتج صنف الكحول المستعمل في كل حالة مع كتابة التسمية النظامية لكل مماكب.

3- أكتب الصيغة النصف مفصلة للأستر الناتج في كل حالة مع التسمية النظامية.

الحل:

1- كتابة معادلة التفاعل: $HCOOH + C_4H_9 - OH = HCOOC_4H_9 + H_2O$

تمثيل جدول تقدم التفاعل الأسترة:

المعادلة		$HCOOH + C_4H_9 - OH = HCOOC_4H_9 + H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية	0	0,5	0,5	0	0
إنتقالية	x	$0,5-x$	$0,5-x$	x	x
نهائية(حالة توازن)	x_f	$0,5-x_f$	$0,5-x_f$	x_f	x_f

2- ...

البيان	حساب التقدم النهائي x_f	حساب مردود الأسترة وتحديد صنف الكحول المستعمل	الصيغة النصف مفصلة للكحول والصيغة النصف مفصلة للأستر والتسمية النظامية
البيان 01	من خلال البيان نجد: $n_f(acid)=0,2mol$ ومن جدول التقدم نلاحظ $n_f(acid)=0,5-x_f$ إذن: $0,2=0,5-x_f$ ومنه $x_f=0,5-0,2$ $x_f=0,3mol$	$r=\frac{x_f}{x_{max}}\times 100$ $r=\frac{0,3}{0,5}\times 100=60\%$ بما أن المزيج الإبتدائي متساوي المولات فإن الكحول صنفه ثانوي	$CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$ بوتان-2- أول (المماكب **A**) $H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$ **ميثانوات-1-مثيل البروبيل**
البيان 02	من خلال البيان نجد: $n_f(ester)=25mmol$ ومن جدول التقدم نلاحظ $n_f(ester)=x_f$ إذن: $x_f=25mmol$	$r=\frac{x_f}{x_{max}}\times 100$ $r=\frac{25\times 10^{-3}}{0,5}\times 100=5\%$ بما أن المزيج الإبتدائي متساوي المولات فإن الكحول صنفه ثالثي	$CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_3$ 2-مثيل بروبان-2- أول (المماكب **B**) $H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_3$ **ميثانوات ثنائي مثيل إيثيل**

موقع الجزائري
WWW.DZPEN.COM

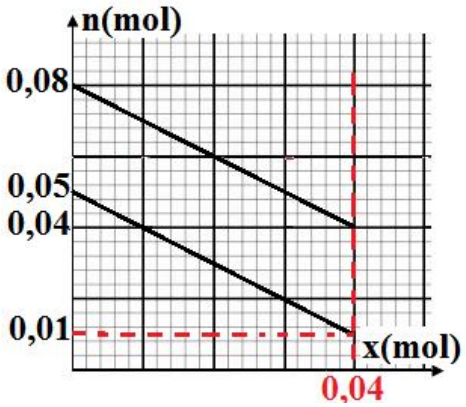
8- تحسين مردود الأسترة:

لتحسين مردود الأسترة نقوم بـ:

1- ننطلق من مزيج إبتدائي غير متساوي المولات. **2-** زيادة أحد المتفاعلات. **3-** نزع أحد النواتج.

تمرين تطبيقي09:

نحقق تفاعل إنطلاقا من **0,08mol** حمض البنزويك C_6H_5COOH و**0,05mol** من C_3H_7-OH في وجود قطرات من حمض الكبريت المركز. إن المتابعة الزمنية سمحت برسم البيانين **1** و **2**.



1- ما إسم التفاعل المدروس، أكتب معادلته.

2- إعتمادا على البيانين مثل جدول تقدم التفاعل.

3- أحسب ثابت التوازن K ثم إستنتج صنف الكحول المستعمل.

4- أكتب الصيغة النصف مفصلة للكحول المستعمل مع التسمية النظامية.

5- ما إسم الأستر الناتج.

6- أحسب مردود تفاعل الأسترة ثم قارنه مع مردود لنفس التفاعل بمزيج إبتدائي متساوي المولات. ماذا تستنتج؟

الحل:

1- إسم التفاعل تفاعل أسترة معادلته: $C_6H_5COOH + C_3H_7-OH = C_6H_5COOC_3H_7 + H_2O$

2- جدول تقدم التفاعل:

المعادلة		$C_6H_5COOH + C_3H_7-OH = C_6H_5COOC_3H_7 + H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية	0	0,08	0,05	0	0
إنتقالية	x	$0,08-x$	$0,05-x$	x	x
نهائية	$x_f = 0,04$	0,04	0,01	0,04	0,04

3- حساب ثابت التوازن K:

لدينا: $K = \dfrac{n_{f\,estr} \times n_{f\,eau}}{n_{f\,al} \times n_{f\,ac}}$ إذن $K = \dfrac{(0,04)^2}{(0,04)\times(0,01)} = 4$

بما أن ثابت التوازن $K = 4$ فإن صنف الكحول أولي.

4- الصيغة النصف مفصلة للكحول: $CH_3-CH_2-CH_2-OH$ الإسم النظامي: بروبان-1- أول.

5- إسم الأستر هو بنزوات البروبيل: $C_6H_5COO-C\ H_2-CH_2-CH_3$

6- حساب المردود: $r = \dfrac{x_f}{x_{\max}} \times 100$

لدينا التقدم النهائي $x_f = 0,04mol$

التقدم الأعظمي يوافق القيمة الصغرى $x_{\max} = 0,05mol$

وعليه يكون المردود $r = \dfrac{x_f}{x_{\max}} \times 100 = \dfrac{0,04}{0,05} \times 100 = 80\%$

المقارنه مع مردود لنفس التفاعل بمزيج إبتدائي متساوي المولات:

بما أن الكحول أولي لوكان المزيج الإبتدائي متساوي المولات لكان المردود $r = 67\%$

نلاحظ أن مردود مزيج إبتدائي غير متساوي المولات أكبر من مردود مزيج إبتدائي متساوي المولات

الإستنتاج:

من أجل تحسين المردود ننطلق من مزيج إبتدائي غير متساوي المولات.

WWW.DZPEN.COM

تمرين تطبيقي10:

نحقق تجريبيا أسترة بتفاعل خليط متساوي المولات من حمض الإيثانويك والإيثانول $n_{0acid}=n_{0alchol}=0,3mol$ في وجود قطرات من حمض الكبريت.

بينت المعايرة للخليط المتفاعل عند التوازن أن كمية المادة المتبقية لحمض الإيثانويك هي $n'_{acid}=0,1mol$.

1- أكمل جدول تقدم التفاعل.

2- عرف مردود تفاعل الأستر.

3- ماهي كمية مادة الأستر المتشكل خلال التجربة.

4- ماهي كمية مادة الأستر التي تتشكل لوكان التفاعل تام.

5- أحسب مردود التفاعل.

6- نضيف للمزيج السابق عند حالة التوازن **0.1 mol** من الإيثانول، ثم عند التوازن الجديد نجد كمية الحمض المتبقية بعد المعايرة هي: **0.073mol**

6-1- أحسب الكسر الإبتدائي للتفاعل Q_{ri}، ثم حدد جهة تطور التفاعل.

6-2- أكمل جدول تقدم التفاعل المقابل

7- ماهي كمية الأستر النهائية المتشكلة خلال هذه التجربة ثم أحسب مردود الأسترة ماذا تستنتج؟

المعادلة		$CH_3COOH + C_2H_5-OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$			
حالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية	0	0,3	0,3	0	0
إنتقالية	x				
توازن	$x_{éq}=....$	0,1			

المعادلة		$CH_3COOH + C_2H_5-OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$			
حالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية جديدة	0	0,1			
إنتقالية	x'				
توازن جديد	$x'_{éq}=..$	0,073			

الحل:

1- إكمال الجدول: كمية مادة الحمض الإبتدائية هي $n_0(acid)=0,3mol$ وعند بلوغ التوازن نجد $n_f(acid)=0,01mol$

وعليه تقدم التفاعل عند التوازن هو $x_{éq}=0,3-0,1=0,2mol$

والجدول يكون بالشكل المقابل:

المعادلة		$CH_3COOH + C_2H_5-OH = CH_3COOH + H_2O$			
حالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية	0	0,3	0,3	0	0
إنتقالية	x	$0,3-x$	$0,3-x$	x	x
توازن	$x_{éq}=0,2$	0,1	0,1	0,2	0,2

2- المردود هو النسبة بين كمية مادة الأستر المتحصل عليها تجريبيا $n_{\exp}$ و كمية مادة الأستر التي يتم الحصول عليها لوكان التفاعل تاما n_{Th} و نكتب: $r=\frac{n_{\exp}}{n_{th}}\times 100$

3- كمية مادة الأستر المتشكل تجريبيا من خلال الجدول نجد: $n_{\exp}=x_{eq}=0,2mol$

4- كمية مادة الأستر المتشكلة نظريا (تفاعل تام) من خلال الجدول نجد: $n_{Th}=n_0=0,3mol$

5- حساب مردود التفاعل. $r=\frac{0,2}{0,3}\times 100=66,66\%$

6- 1- إضافة **0.1 mol** من الإيثانول إلى حالة التوازن السابقة تكون لدينا حالة إبتدائية جديدة $Q_{ri}=\frac{(0,2)^2}{(0,01).(0,11)}=2$

بما أن: $Q_{r,i}<K$ تتطور الجملة تلقائيا في اتجاه تشكل الأستر.

6-2-إكمال الجدول

$x'_{éq}=0,1-0,073=0,027mol$

المعادلة		$CH_3COOH + C_2H_5-OH = CH_3COOH + H_2O$			
حالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية جديدة	0	0,1	0,1+0,1	0,2	0,2
إنتقالية	x'	$0,1-x'$	$0,2-x'$	$0,2+x'$	$0,2+x'$
توازن جديد	$x'_{éq}=0,027$	0,073	0,173	0,227	0,227

7- بعد إضافة **0.1 mol** إنزاح التفاعل في الإتجاه المباشر وعليه إزدادت كمية مادة الأستر وتحصلنا على $n_{\exp}=0,227mol$

حساب المردود $r=\frac{n_{\exp}}{n_{Th}}\times 100=\frac{0,227}{0,3}\times 100=75,66$

الإستنتاج:

إضافة أحد المتفاعلات تحسن من المردود

موقع الجزائري
WWW.DZPEN.COM

ملاحظات:

الملاحظة01:

إن عملية نزع أحد النواتج تعمل على توجيه التفاعل في الإتجاه المباشر تشكل أستر وعليه زيادة في مردود الأسترة

أولا: حذف الماء المتشكل: توجد عدة طرق لحذف الماء المتشكل من بينها:

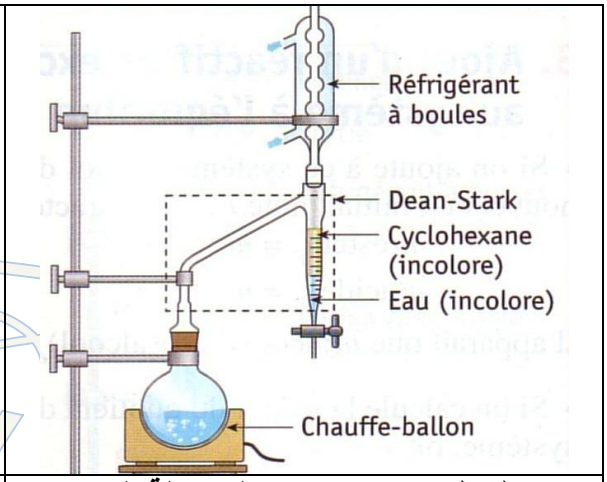
1- **وسائل التقطير الخاصة** مثل جهاز (الشكل-01-) **دين ستارك لإزالة الماء المتشكل** (إزالة الماء تؤدي الى تطور الجملة في الإتجاه المباشر أي تشكل الأسترة و بالتالي إرتفاع المردود).

2- **إستعمال كمية كافية من حمض الكبريت المركز:** نستعمل كمية كافية (وفيرة) من حمض الكبريت المركز جدا من أجل التفاعل مع الماء فقط ويجب التحكم في درجة حرارة الوسط التفاعلي لأن الكحولات تخضع لعملية نزع جزيئة ماء **(H_2O)** في وجود حمض الكبريت مع درجة حرارة مرتفعة فإذا كانت درجة الحرارة **140°C** يتشكل الإيثر $R-O-R'$ أما إذا كانت **180°C** يتشكل السان ($C=C$) وذلك حسب صنف الكحول المستعمل.

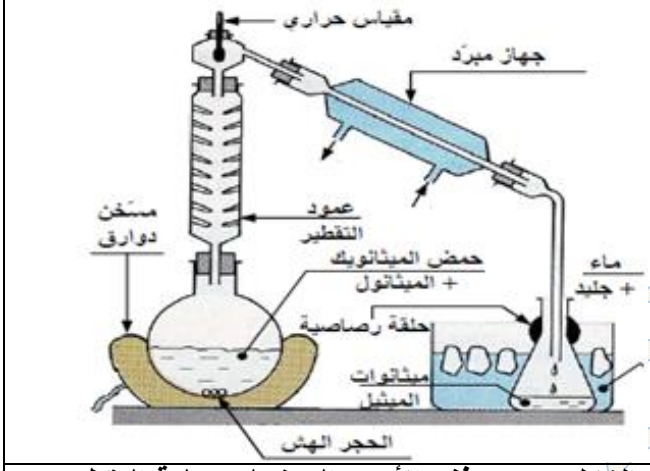
ثانيا: حذف الأسترالمتشكل: من بين طرق حذف الأستر نذكر:

1- إذا كانت درجة غليان الأستر أقل من درجة غليان الأصناف الأخرى نستعمل التقطير المجزأ. (الشكل-02-)

2- إضافة قاعدة قوية مثل الصود المركز للوسط التفاعلي مما يؤدي إلى حدوث عملية تصبن.



(الشكل-01-) **دين ستارك لإزالة الماء**



(الشكل-02-)**حذف الأستر المتشكل بعملية التقطير**

الملاحظة02:

للحصول على أستر بمردود 100 % نستعمل كلور الأسيل $RCOCl$ بدل الحمض الكربوكسيلي $RCOOH$ عندئذ يكون التفاعل تام، ناشر للحرارة وأسرع من تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع الكحول.

عند إستعمال الحمض الكربوكسلي حمض ألكانويك	$RCOOH + R'OH = RCOOR' + H_2O$ $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + R'-OH = R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OR' + H_2O$	**خصائص التفاعل:** **1- محدود 2- لاحراري** **3- عكوس 4- بطيء**
عند إستعمال كلور الأسيل كلور ألكانويل	$RCOCl + R'OH = RCOOR' + HCl$ $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-Cl + R'-OH = R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OR' + HCl$	**خصائص التفاعل:** **1- تام 2- ناشر للحرارة** **3- أسرع من تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع الكحول**

لتسمية كلور الأسيل نستبدل المقطع ويك في الحمض الكربوكسيلي المقابل له بالمقطع ويل وكلمة حمض بكلمة كلور

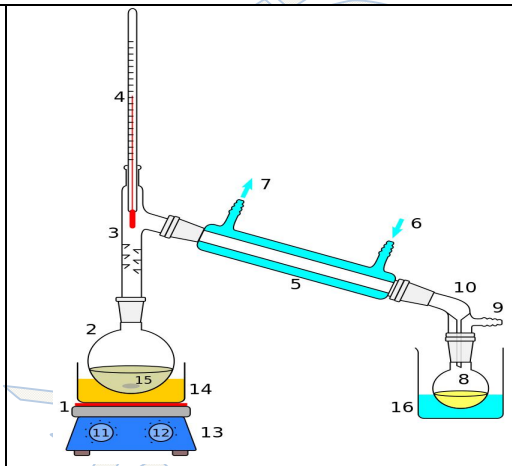
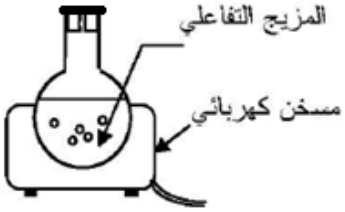
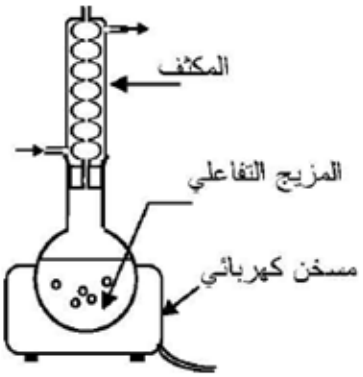
حمض كربوكسيلي	$HCOOH$ حمض ميثانويك	CH_3COOH حمض إيثانويك	C_2H_5COOH حمض بروبانويك	C_6H_5COOH حمض بنزويك
كلور الأسيل المقابل	$HCOCl$ كلور ميثانويل	CH_3COCl كلور إيثانويل	C_2H_5COCl كلور بروبانويل	C_6H_5COCl كلور بنزويل

موقع الجزائري
WWW.DZPEN.COM

تمرين تطبيقي11:

لتحضير ميثانوات الإيثيل درجة غليانه 54,5°C ننطلق من مزيج يتكون من **0, 2mol** حمض الميثانويك درجة غليانه 100°C **و0,2mol** من الإيثانول C_2H_5-OH درجة غليانه 78,5°C في وجود قطرات من حمض الكبريت المركز يوضع المزيج في دورق ثم يسد بإحكام ويتم التسخين تحت درجة حرارة ثابتة 50°C.

عند بلوغ التوازن تبين ان كمية مادة الحمض المتبقي تساوي $0,066mol$

التركيب-1-	التركيب-2-	التركيب-3-
		

1- حدد من التركيب المستخدم في هذه الحالة من بين التراكيب(1-2-3)

2- مالهدف من إستخدام التسخين وقطرات من حمض الكبريت؟

3- مثل جدول تقدم تفاعل الحادث. ثم أحسب مردود التفاعل.

4- من أجل تحسين المردود نقوم بـنزع الأستر المتشكل علل هذا الإختيار ثم حدد التركيب المناسب لنزع الأستر المتشكل مع التبرير.

5- من أجل تشكل أستر بمردود **100%** نستبدل في المزيج الإبتدائي أحد المتفاعلين بنوع كيميائي أذكر إسمه وأكتب معادلة التفاعل الحادث. ثم أذكر خصائص هذا التفاعل.

الحل:

1- التركيب المستخدم أثناء تحضير الأستر هو **التركيب-2-**

2- الهدف من التسخين وقطرات من حمض الكبريت هو تسريع التفاعل.

3- جدول تقدم التفاعل

المعادلة		$HCOOH + C_2H_5-OH = HCOOC_2H_5 + H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية	0	0,2	0,2	0	0
إنتقالية	x	$0,2-x$	$0,2-x$	x	x
نهائية	$x_f = 0,134$	0,066	0,066	0,134	0,134

حساب المردود:

$$r = \frac{x_f}{x_{max}} \times 100$$

$$r = \frac{0,134}{0,2} \times 100 = 67\%$$

4- عند نزع الأستر المتشكل فإن الجملة تتطور تلقائيا في الإتجاه المباشر تشكل الأستر وعليه الزيادة في مردود الأستر.

التركيب المناسب لحذف الأستر المتشكل هو التركيب-1- (التقطير المجزأ)

التعليل: درجة غليان الأستر(ميثانوات الإيثيل) أقل من درجة غليان الإيثانول وحمض الميثانويك.

5- من أجل تشكل الأستر بمردود **100%** نستبدل حمض الميثانويك $HCOOH$ بكلور الميثانويل $HCOCl$

كتابة معادلة التفاعل:

$$HCOCl + C_2H_5-OH = HCOOC_2H_5 + HCl$$

خصائص هذا التفاعل: 1- تام 2- ناشر للحرارة 3- أسرع من تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع الكحول.

موقع الجزائري WWW.DZPEN.COM

9- مراقبة سرعة تفاعل الأسترة:

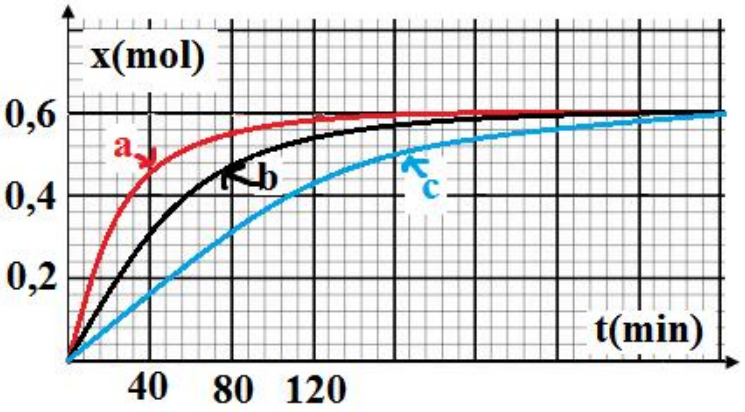
إن تفاعل الأسترة بطئ ولتسريعه نقوم بـ

1- **التسخين:** إن رفع درجة حرارة الوسط التفاعلي تزيد من سرعة التفاعل. ولا تؤثر على المردود.

2- **إضافة حمض الكبريت المركز كوسيط:** من إجل إستعمال حمض الكبريت المركز كوسيط نضيف كمية قليلة منه من أجل تسريع التفاعل في هذه الحالة لايتأثر مردود التفاعل.

تمرين تطبيقي12:

نحقق تجريبيا أسترة بتفاعل خليط متساوي المولات $n_{0acid}=n_{0alchol}=1mmol$ من حمض الإيثانويك CH_3COOH وكحول C_3H_7-OH مع تغيير في شروط التجربة. إن المتابعة الزمنية لهذا التحول تمكننا من رسم بيان تغيرات كمية مادة الأستر المتشكل بدلالة الزمن.



رقم التجربة	حجم حمض الكبريت	درجة الحرارة
a	2mL	80°C
b	0	80°C
c	0	60°C

1- أكتب معادلة التفاعل وسم الأستر الناتج.

2- مثل جدول تقدم التفاعل.

3- عرف زمن نصف التفاعل ثم حدد قيمته بالنسبة لكل تجربة. قارن ماذا تستنتج؟

4- احسب مردود التفاعل ثم إستنتج صنف الكحول المستعمل مع تسميته النظامية.

5- حدد تأثير كل من حمض الكبريت والتسخين على هذا المردود.

6- أكتب الصيغة النصف مفصلة للأستر مع التسمية النظامية

الحل:

1- معادلة التفاعل: $CH_3COOH+C_3H_7-OH=CH_3COOC_3H_7+H_2O$

2- جدول تقدم التفاعل:

المعادلة		$CH_3COOH+C_3H_7-OH=CH_3COOC_3H_7+H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية	0	1	1	0	0
إنتقالية	x	$1-x$	$1-x$	x	x
نهائية	x_f	$1-x_f$	$1-x_f$	x_f	x_f

3- تعريف زمن نصف التفاعل: زمن نصف التفاعل هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي:

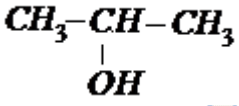
$$x(t_{1/2})=\frac{x_f}{2}$$

تحديد قيمته بالنسبة لكل تجربة $x(t_{1/2})=\frac{x_f}{2}=\frac{0,6}{2}=0,3mol$ بالإسقاط على المنحنيات نجد:

$$t_{1/2}(a)=20\min \prec t_{1/2}(b)=40\min \prec t_{1/2}(c)=80\min$$

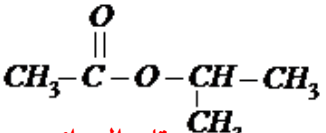
نستنتج أن التفاعل في التجربة أسرع من التفاعل في التجربة وهذا الأخير أسرع من التفاعل في التجربة وعليه درجة الحرارة وحمض الكبريت يعملان على تسريع التفاعل ولايؤثران على الحالة النهائية للجملة الكيميائية.

4- حساب مردود التفاعل: $r=\frac{x_f}{x_{max}}\times 100=\frac{0,6}{1}\times 100=60\%$ بما أن المزيج الإبتدائي متساوي المولات والمردود 60% فإن الكحول صنفه ثانوي صيغته النصف مفصلة



بروبان-2-أول

5- بما أن قيمة التقدم النهائي ثابتة في جميع التجارب فإن إضافة حمض الكبريت المركز و والتسخين لايؤثران على المردود.

6- الصيغة النصف مفصلة للأستر هي:  إيثانوات مثيل إيثيل .

WWW.DZPEN.COM

10- تفاعل إماهة الأستر:

يمثل التفاعل العكسي لتفاعل الأستر بحيث يتفاعل الأستر مع الماء لينتج الحمض الكربوكسيلي والكحول وله نفس خصائص تفاعل الأسترة:

1- محدود (غير تام). 2- لا حراري 3- عكوس 4- بطيء

كحول + حمض كربوكسيلي = ماء + أستر

$$R_1 - COO - R_2 + H_2O = R_1COOH + R_2 - OH$$

أمثلة توضيحية

1- إماهة إيثانوات الميثيل: CH_3COOCH_3

$$CH_3COOCH_3 + H_2O = CH_3COOH + CH_3OH$$

2- إماهة ميثانوات الإيثيل: $HCOOC_2H_5$

$$HCOOC_2H_5 + H_2O = HCOOH + C_2H_5OH$$

3- إماهة بنزوات الميثيل: $C_6H_5COOCH_3$

$$C_6H_5COOCH_3 + H_2O = C_6H_5COOH + CH_3OH$$

4- إماهة بروبانوات الإيثيل: $C_2H_5COOC_2H_5$

$$C_2H_5COOC_2H_5 + H_2O = C_2H_5COOH + C_2H_5OH$$

5- إماهة إيثانوات البروبيل: $CH_3COO - CH_2 - CH_2 - CH_3$

$$CH_3COO - CH_2 - CH_2 - CH_3. + H_2O = CH_3COOH + CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$$

تسريع تفاعل الإماهة:

لتسريع تفاعل الإماهة نقوم بالتسخين او إضافة قطرات من حمض الكبريت كوسيط

مردود إماهة أستر:

يمثل المردود النسبة بين كمية مادة الحمض الكربوكسيلي أو (الكحول) المتحصل عليها تجريبيا $n_{\exp}$ و كمية مادة الحمض الكربوكسيلي أو (الكحول) التي يتم الحصول عليها لوكان التفاعل تاما n_{Th} و نكتب $r = \frac{n_{\exp}}{n_{th}} \times 100$

ويمكننا كتابته بالشكل $r = \frac{x_f}{x_{\max}} \times 100$

ملاحظة:

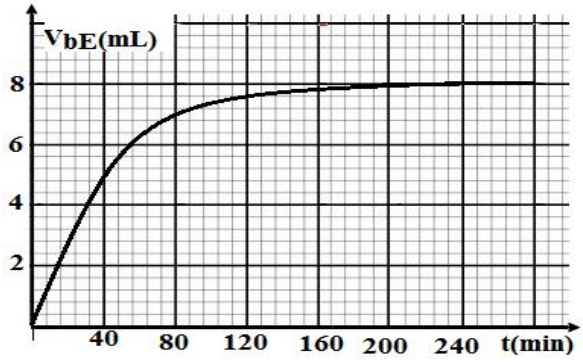
مردود الإماهة لايتعلق بدرجة الحرارة ولايتعلق بإضافة وسيط ((حمض الكبريت)) إنما يتعلق بصنف الكحول الناتج إذا كان المزيج الإبتدائي متساوي المولات.

صنف الكحول المستعمل	المردود من اجل مزيج متساوي المولات	المردود من اجل مزيج غير متساوي المولات	عملية التسخين أو إضافة قطرات من حمض الكبريت
كحول أولي : $R-CH_2-OH$	$r = 33\%$	$r \succ 33\%$	لا تؤثر على المردود
كحول ثانوي: $R-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-R'$	$r = 40\%$	$r \succ 40\%$	لا تؤثر على المردود
كحول ثالثي: $R_1-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{R}{|}}{C}}-R_2$	$r = 95\%$	$r \succ 95\%$	لا تؤثر على المردود

WWW.DZPEN.COM

تمرين تطبيقي13

نحضر مجموعة من أنابيب إختبار نضع في كل أنبوب حجما قدره $V = 0,6ml$ من الماء كتلته الحجمية $\rho = 1g/ml$ و حجما قدره $V' = 0,5ml$ من ميثانوات الإيثيل $HCOOC_2H_5$ كتلته الحجمية $\rho = 0,92g/ml$ ثم توضع الأنابيب في حمام مائي درجة حرارته ثابتة $\theta = 35°C$ يفرغ محتوى الأنبوب في بيشر ويوضع في حوض به ماء وجليد ثم نعاير الحمض المتشكل بواسطة هيدروكسيد الصوديوم تركيزه $C_b = 0,5mol/L$ وبواسطة كاشف لوني مناسب نتعرف على حجم التكافؤ تكرر العملية مع باقي الأنابيب ثم نرسم البيان $V_{bE} = f(t)$



1- ما إسم التفاعل الحادث في أنابيب الإختبار؟
2- أكتب معادلة التفاعل مع تسمية النواتج تسمية نظامية.
3- هل المزيج الإبتدائي متساوي المولات؟
4- مثل جدول تقدم التفاعل.
5- أكتب معادلة تفاعل المعايرة الحادث وحدد دور الكاشف اللوني
6- أكتب العلاقة بين التقدم x و حجم التكافؤ V_{bE}
7- أحسب مردود التفاعل، قارن بمردود مزيج إبتدائي متساوي المولات ماذا تستنتج؟

الحل:

1- التفاعل الحادث في أنابيب الإختبار هو: إماهة أستر.

2- معادلة التفاعل: $HCOOC_2H_5 + H_2O = HCOOH + C_2H_5OH$

تسمية النواتج: $HCOOH$ حمض الميثانويك C_2H_5OH إيثانول.

3- حساب كمية المادة للمتفاعلات:

كمية المادة الإبتدائية للماء: $n_1(H_2O) = \frac{\rho.V}{M} = \frac{1\times 0,6}{18} = 33,33\times 10^{-3}mol$

كمية المادة الإبتدائية للأستر: $n_2(HCOOC_2H_5) = \frac{\rho'.V'}{M} = \frac{0,92\times 0,5}{74} = 6,21\times 10^{-3}mol$

بما أن $n_2(HCOOC_2H_5) \prec n_1(H_2O)$ فإن المزيج الإبتدائي غير متساوي المولات

4- جدول تقدم التفاعل:

المعادلة		$HCOOC_2H_5 + H_2O = HCOOH + C_2H_5OH$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
إبتدائية	0	n_2	n_1	0	0
إنتقالية	x	$n_2 - x$	$n_1 - x$	x	x
نهائية	x_f	$n_2 - x_f$	$n_1 - x_f$	x_f	x_f

5- معادلة تفاعل المعايرة:

$HCOOH + HO^- = HCOO^- + H_2O$

دور الكاشف اللوني هو التعرف على نقطة التكافؤ ((عند التكافؤ يحدث تغير لوني))

6- العلاقة بين التقدم x و حجم التكافؤ V_{bE}: عند التكافؤ المتفاعلات تحقق الشروط الستوكيومترية $n_a = n_b$

إذن: $n_a = C_b.V_{bE}$ ومن الجدول نلاحظ أن $n_a = x$ وعليه تكون عبارة التقدم هي: $x = C_b.V_{bE}$ ومنه: $x = 0,5.V_{bE}$

7- حساب مردود التفاعل: $r = \frac{x_f}{x_{max}}\times 100$

- حساب التقدم النهائي x_f لدينا $x = 0,5.V_{bE}$ وعليه نجد: $x_f = 0,5.V_{bE}(f) = 0,5\times 8\times 10^{-3} = 4\times 10^{-3}mol$
- حساب التقدم الأعظمي x_{max} بما أن $n_2(HCOOC_2H_5) \prec n_1(H_2O)$ فإن: $x_{max} = n_2 = 6,21\times 10^{-3}mol$

نلاحظ أن المردود مرتفع على حالة مزيج متساوي المولات $r = \frac{x_f}{x_{max}}\times 100 = \frac{4\times 10^{-3}}{6,21\times 10^{-3}}\times 100 \Rightarrow r = 64,41\% \succ 33\%$

الإستنتاج : من أجل تحسين مردود إماهة أستر ننطلق من مزيج إبتدائي غير متساوي المولات