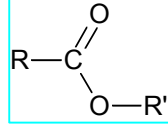


## حلول تمارين تفاعلات الأسترة و الحلمأة

### تمرين 1

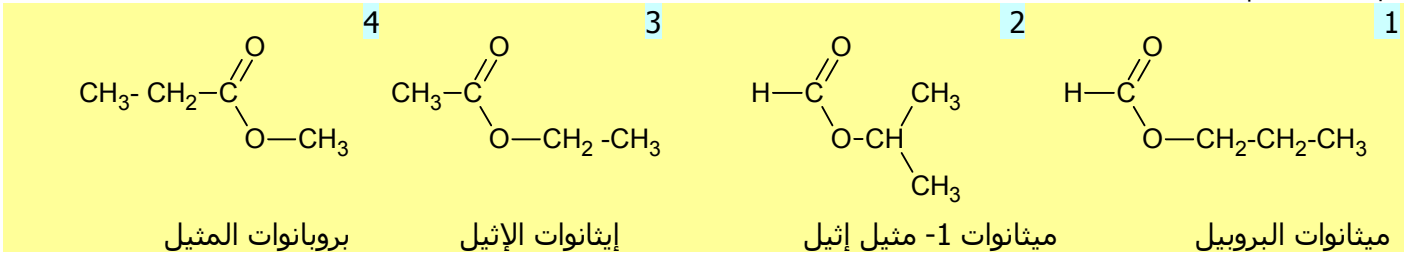
- 1- ت
- 2- ب و ث
- 3- أ
- 4- ب
- 5- أ و ت

### تمرين 2



1- الإسترات المتماكية للصيغة  $C_4H_8O_2$

نذكر بأن الصيغة نصف المنشورة العامة لإستر هي:  
حيث R ذرة هيدروجين أو جذر ألكيل، و R' جذر ألكيل.  
لتحديد جميع المتماكبات نوزع ذرات الكربون (3 ذرات) بين R و R' مع اعتبار التفرعات الممكنة.  
نجد 4 متماكبات:

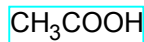
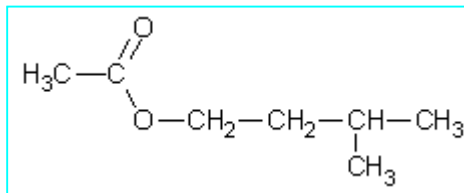


2- صيغتا الكحول و الحمض الموافقتين لكل إستر

رقم الإستر	صيغة و اسم الكحول الموافق له	صيغة و اسم الحمض الموافق له
1	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ بروبان 1- أول	$\text{HCOOH}$ حمض الميثانويك
2	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ بروبان 2- أول	$\text{HCOOH}$ حمض الميثانويك
3	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ إيثانول	$\text{CH}_3\text{COOH}$ حمض الإيثانويك
4	$\text{CH}_3\text{OH}$ ميثانول	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ حمض البروبانويك

### تمرين 3

1- الصيغة نصف المنشورة للإستر

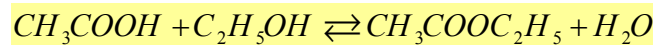


حمض الإيثانويك

2- صيغة و اسم المتفاعل الثاني  
يتعلق الأمر بـ حمض كربوكسيلي و هو:

### تمرين 4

1- معادلة تفاعل الأسترة



2- أ- حالة المجموعة:

خارج التفاعل البدئي هو:

$$Q_{ri} = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]_i \cdot [\text{H}_2\text{O}]_i}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_i \cdot [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]_i}$$

$$Q_{ri} = \frac{1 \cdot 10}{\frac{3}{V} \cdot \frac{2}{V}} = \frac{10}{6} = 1,67$$

ت.ع.

نلاحظ أن  $Q_{r_i} \neq K$ ، إذن المجموعة ليست في حالة توازن.

• منحنى تطور المجموعة:

بما أن  $Q_{r_i} < K$  فإن، حسب معيار التطور التلقائي، المجموعة تتطور في المنحنى المباشر و هو تفاعل الأسترة.

ب- التركيبة النهائية للمجموعة

نشئ جدول التقدم.

$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$				معادلة التفاعل
3	2	1	10	كميات المادة بالمول في الحالة البدئية
$3-x_f$	$2-x_f$	$1+x_f$	$10+x_f$	كميات المادة بالمول في الحالة النهائية (حالة التوازن)

خارج التفاعل في الحالة النهائية، أي حالة التوازن، هو:  $Q_{req} = \frac{(1+x_f) \cdot (10+x_f)}{(3-x_f) \cdot (2-x_f)}$  (بعد الاختزال بالحجم V)

و حيث أن  $Q_{req} = K = 4$ ، نستنتج المعادلة التالية:

$$3x_f^2 - 31x_f + 14 = 0$$

$$x_f = 0,75 \text{ mol}$$

$$x_f = 6,25 \text{ mol}$$

$$x_f = 0,75 \text{ mol}$$

و هي معادلة من الدرجة الثاني لها حلان هما:

و بالنظر إلى كميات المادة البدئية، فإن الحل المناسب هو:

و بالتالي التركيبة النهائية هي:

$3-x_f = 2,25 \text{ mol}$ من الحمض	$2-x_f = 1,25 \text{ mol}$ من الكحول	$1+x_f = 1,75 \text{ mol}$ من الإستر	$10+x_f = 10,75 \text{ mol}$ من الماء
--	---	---	--

## تمرين 5

1- السلسلة الكربونية الرئيسية لبنزوات المثيل هي مجموعة بنزنية، و جذر مثيل كسلسلة ثانوية. و بالتالي الصيغة هي (ب).

2- يؤدي حمض الكبريتيك دور الحفاز لتفاعل الأسترة و الحلمأة، فهو يمكن إذن من الزيادة في سرعة التفاعل، لكنه لا يؤثر على حالة التوازن أي الحالة النهائية. الجواب الصحيح هو (ب).

3- التركيب المناسب هو (أ). التركيب (ب) هو للتقطير. و التركيب (ج) ليس صحيحا لأن التيار المائي لا يمر في المنحنى الصحيح. أما التركيب (د) فهو تركيب لتسخين عادي بدون ارتداد، و لا يصلح للتسخين عند الغليان.

4- لمعرفة التركيبة البدئية، نحسب كميات المادة البدئية.

• كمية المادة البدئية حمض البنزويك:

$$n_i(ac) = \frac{m}{M} \quad \text{ت.ع.} \quad n_i(ac) = \frac{12,2}{122} = 0,1 \text{ mol}$$

• كمية المادة البدئية للميثانول:

$$n_i(al) = \frac{m'}{M'} \quad \leftarrow \quad d = \frac{\rho}{\rho_{eau}} \text{ و } m' = \rho \cdot V$$

$$n_i(al) = \frac{0,80 \times 1 \times 40,0}{32} = 1,0 \text{ mol} \quad \text{ت.ع.}$$

نلاحظ أن الكحول وافر، إذن الجواب (ب) هو الصحيح.

5- • كمية مادة الإستر الناتجة هي:  $n_f(es) = \frac{m_e}{M_e}$  ت.ع.  $n_f(es) = \frac{10,2}{136} = 0,075 \text{ mol}$

$$x_{\max} = 0,1 \text{ mol}$$

• المتفاعل الحدي هو الحمض إذن التقدم الأقصى هو:

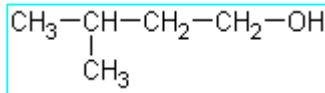
$$r = \frac{0,075}{0,1} = 75\% \quad \text{ت.ع.} \quad r = \frac{n_e}{x_{\max}}$$

نستنتج مردود التفاعل:  $r = \frac{n_e}{x_{\max}}$

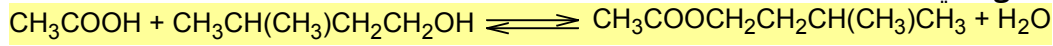
و بالتالي فالأجوبة الصحيحة هي (أ) و (د).

## تمرين 6

1.1- صيغة حمض الإيثانويك هي:  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
 صيغة 3- ميثيل بوتان 1- أول هي:



1.2- معادلة التفاعل هي:



1.3- تفاعل أسترة، و هو بطيء و غير كلي و لا حراري.

2.1- استعمال كمية وافرة من أحد المتفاعلات يزيح التوازن في منحى تفاعل الأسترة.

2.2- يؤدي حمض الكبريتيك دور الحفاز.

2.3- التسخين يزيد في سرعة التفاعل و الارتداد يحول دونما فقد للمادة.

3- مردود التفاعل

يساوي خارج كمية مادة الإستر المحصل عليها على كمية مادة الإستر الناتجة إذا كان التفاعل كليا:

$$r = \frac{n_e}{n_{\max}} = \frac{n_e}{x_{\max}}$$

• كمية مادة الإستر الناتجة هي:  $n_e = \frac{m}{M} = \frac{\mu \cdot V}{M}$

$$M = 7M(C) + 2M(O) + 14M(H) = 130 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{ت.ع.}$$

$$n_e = \frac{0,87 \times 13,0}{130} = 8,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad \leftarrow$$

• المتفاعل الحدي هو الكحول إذن التفرغ الأقصى هو:  $x_{\max} = 0,1 \text{ mol}$

$$r = 87\% \quad \text{أي} \quad r = \frac{8,7 \cdot 10^{-2}}{0,1} = 0,87 \quad \text{و بالتالي مردود التفاعل هو:}$$

## تمرين 7

1- المجموعة التي ينتمي إليها المركب E و اسمه المركب E إستر و اسمه بوتانوات الميثيل.

2.1- دور الماء المثليج

درجة الحرارة عامل حركي يؤثر على السرعة حيث ترتفع السرعة بارتفاع درجة الحرارة، و تنخفض بانخفاضها. الماء المثليج يبرد الخليط التفاعلي و بالتالي يوقف التفاعل.

2.2- دور حمض الكبريتيك

يحتوي محلول حمض الكبريتيك المركز على الأيونات  $\text{H}_3\text{O}^+$  التي تؤدي دور الحفاز في هذا التفاعل.

3.1- تعبير تقدم التفاعل

لننشئ الجدول الوصفي لتفاعل الأسترة بالنسبة للخليط.

$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_7\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$				معادلة التفاعل
0,1	0,1	0	10	كميات المادة بالمول في الحالة البدئية
0,1-x	0,1-x	x	x	كميات المادة بالمول في لحظة t

في لحظة t كمية المادة المتبقية من الحمض في الخليط هي:  $0,1-x$ ،

و في عينة هي:  $\frac{0,1-x}{10}$ ، باعتبار أن الخليط قسم إلى 10 عينات متساوية الحجم.

لننشئ جدول التقدم لتفاعل المعايرة بالنسبة لعينة.

$C_3H_7COOH + HO^- \rightarrow C_3H_7COO^- + H_2O$				معادلة التفاعل
$\frac{0,1-x}{10}$	$c \cdot V_B$	0	وافرة	كميات المادة بالمول في الحالة البدئية
$\frac{0,1-x}{10} - x'_E$	$c \cdot V_{BE} - x'_E$	$x'_E$	وافرة	كميات المادة بالمول عند التكافؤ

عند التكافؤ يختفي كلياً المعايير و المعايير :  $c \cdot V_{BE} - x'_E = 0$  و  $\frac{0,1-x}{10} - x'_E = 0$

نستنتج علاقة التكافؤ:  $\frac{0,1-x}{10} = c \cdot V_{BE}$

و منها نستنتج تعبير التقدم:  $x = 0,1 - 10c \cdot V_{BE}$   
3.2- أ- السرعة الحجمية

تعرف السرعة الحجمية بالعلاقة التالية:  $v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$  حيث  $V$  حجم الخليط الكلي، و  $\frac{dx}{dt}$  المشتقة بالنسبة للزمن

لتقدم التفاعل  $x$ .

مبانيا  $\frac{dx}{dt}$  تساوي ميل المماس للمنحنى  $x = f(t)$ .

• عند  $t_0 = 0$  : نحسب ميل المماس  $T$  ، باعتبار نقطتين منه:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6,7 \cdot 10^{-2} - 0}{5 - 0} = 1,34 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

نستنتج سرعة التفاعل:  $v_0 = \frac{1}{400 \times 10^{-3}} \times 1,34 \cdot 10^{-2}$  ←  $v_0 = 3,35 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

• عند  $t_1 = 50 \text{ min}$  : المماس يصير أفقياً أي ميله منعدم:  $\frac{dx}{dt} = 0$  ، إذن سرعة التفاعل منعدمة:  $v_1 = 0$

ب- زمن نصف التفاعل:

زمن نصف التفاعل يساوي المدة  $t_{1/2}$  اللازمة لكي يصل التقدم نصف قيمته النهائية.

مبانيا  $t_{1/2}$  تمثل أفصول النقطة التي أرتوبها  $\frac{x_f}{2}$ .

و حسب المبيان:  $x_f = 6,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  ←  $\frac{x_f}{2} = 3,35 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

$$t_{1/2} \approx 3,5 \text{ min}$$

و بالإسقاط على المنحنى نجد:

ج- خارج التفاعل عند حالة التوازن خارج التفاعل لتفاعل الأسترة ذي المعادلة:



$$Q_{r_{\acute{e}q}} = \frac{[C_3H_7COOCH_3]_{\acute{e}q} \cdot [H_2O]_{\acute{e}q}}{[C_3H_7COOH]_{\acute{e}q} \cdot [CH_3OH]_{\acute{e}q}} \quad \text{هو:}$$

$$Q_{r_{\acute{e}q}} = \frac{n_{\acute{e}q}(C_3H_7COOCH_3) \cdot n_{\acute{e}q}(H_2O)}{n_{\acute{e}q}(C_3H_7COOH) \cdot n_{\acute{e}q}(CH_3OH)} \quad \text{و بعد الاختزال بالحجم الكلي } V :$$

$$x_{\acute{e}q} = x_f = 6,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad \text{ت.ع.}$$

$$Q_{r_{\acute{e}q}} = \frac{6,7 \cdot 10^{-2} \times 6,7 \cdot 10^{-2}}{(0,1 - 6,7 \cdot 10^{-2}) \times (0,1 - 6,7 \cdot 10^{-2})} \quad \leftarrow$$

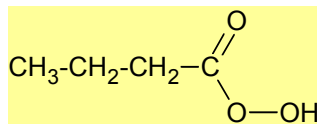
$$Q_{r_{\acute{e}q}} = 4,1 \quad \leftarrow$$

## تمرين 8

### 1.1- مميزات التفاعل

يتعلق الأمر بتفاعل أسترة وهو تفاعل محدود و بطيء و لا حراري.

1.2- • صيغة الحمض الكربوكسيلي A :



• صيغة الكحول B :  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$

2.1- أ- قيمة K ثابتة التوازن

جدول التقدم للتفاعل:

معادلة التفاعل	الماء	+ الإستر	⇌	الكحول	+ الحمض
كميات المادة بالمول في الحالة البدئية	0	0		0,30	0,30
كميات المادة بالمول عند التوازن	$x_f$	$x_f$		$0,30 - x_f$	$0,30 - x_f$

حسب جدول التقدم كمية مادة الإستر عند التوازن (الحالة النهائية) هي:  $n_e = x_f$

$$n_e = \frac{m}{M}$$

و باعتبار أن الكتلة الناتجة منه هي m فإن:

$$x_f = \frac{m}{M}$$

نستنتج التقدم النهائي:

$$x_f = \frac{23,2}{116} = 0,2 \text{ mol}$$

ت.ع.

نستنتج التركيب النهائي للخليط التفاعلي عند حالة التوازن:

$x_f = 0,2 \text{ mol}$ من الماء	$x_f = 0,2 \text{ mol}$ من الإستر	$0,30 - x_f = 0,1 \text{ mol}$ من الكحول	$0,30 - x_f = 0,1 \text{ mol}$ من الحمض
-------------------------------------	--------------------------------------	---	--

و بالتالي نستنتج ثابتة التوازن التي هي قيمة خارج التفاعل عند حالة التوازن (الحالة النهائية):

$$K = 4 \leftarrow K = \frac{[\text{ester}]_{\text{éq}} \cdot [\text{eau}]_{\text{éq}}}{[\text{acide}]_{\text{éq}} \cdot [\text{alcool}]_{\text{éq}}} = \frac{\left(\frac{0,2}{V}\right)^2}{\left(\frac{0,1}{V}\right)^2}$$

ب- مردود التحول

$$r = \frac{n_e}{n_{\text{max}}} = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$$

$$r = 67\%$$

$$\leftarrow r = \frac{0,2}{0,3} = 0,67$$

ت.ع.

2.2- كمية المادة البدئية للحمض A

باعتبار مردود التحول  $r' = \frac{x'_f}{x_{\text{max}}}$  لدينا:  $x'_f = r' \cdot x_{\text{max}}$  ت.ع.  $x'_f = 0,80 \times 0,3 = 0,24 \text{ mol}$

نستنتج التركيب النهائي للخليط التفاعلي عند حالة التوازن:

$x'_f = 0,24 \text{ mol}$ من الماء	$x'_f = 0,24 \text{ mol}$ من الإستر	$0,30 - x'_f = 0,06 \text{ mol}$ من الكحول	$(n - 0,24) \text{ mol}$ من الحمض
---------------------------------------	--	---	--------------------------------------

$$K = \frac{\left(\frac{0,24}{V}\right)^2}{\left(\frac{n-0,24}{V}\right) \cdot \left(\frac{0,06}{V}\right)} = \frac{(0,24)^2}{0,06 \times (n-0,24)}$$

و منه نستنتج تعبير ثابتة التوازن:

و باعتبار أن  $K = 4$  (K لا تتعلق بالتركيب البدئي)، نستنتج قيمة  $n$ :  $n = 0,48 \text{ mol}$