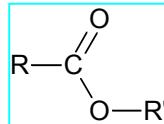


حلول تمارين تفاعلات الأسترة و الحلمأة

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

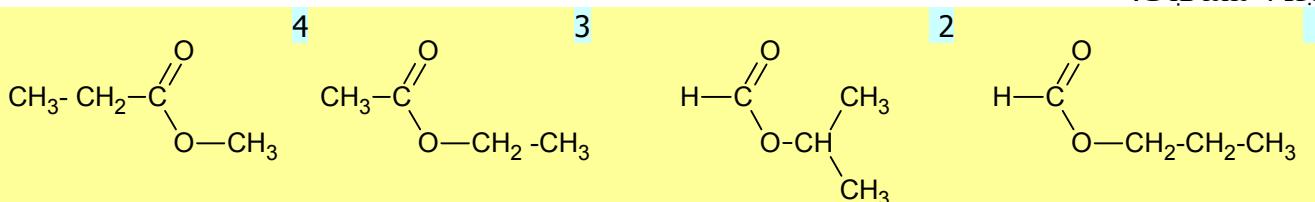
تمرين 2



1- الإسترات المتماكبة للصيغة $C_4H_8O_2$

نذكر بأن الصيغة نصف المنشورة العامة لاستر هي:
حيث R ذرة هيدروجين أو جدر ألكيل، و R' جدر ألكيل.

لتحديد جميع المتماكبات نوزع ذرات الكربون (3 ذرات) بين R و R' مع اعتبار التفرعات الممكنة.
نجد 4 متماكبات:



بروبيانوات الميثيل

إيثانوات الإيثيل

ميثانوات 1- مثيل إيثيل

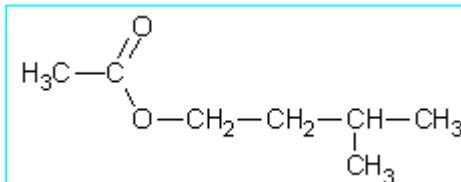
ميثانوات البروبيل

2- صيغتا الكحول و الحمض الموقفتين لكل إستر

رقم الإستر	صيغة و اسم الكحول الموقف له	صيغة و اسم الكحول الموقف له	صيغة و اسم الحمض الموقف له
1	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ بروبان -1- أول	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ بروبان -1- أول	HCOOH حمض الميثانيك
2	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{O}}{\text{CH}}}-\text{CH}_3$ بروبان -2- أول	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{O}}{\text{CH}}}-\text{CH}_3$ بروبان -2- أول	HCOOH حمض الميثانيك
3	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ إيثanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ إيثanol	CH_3COOH حمض الإيثانيك
4	CH_3OH ميثانول	CH_3OH ميثانول	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ حمض البروبيانيك

تمرين 3

1- الصيغة نصف المنشورة للاستر



CH_3COOH

حمض الإيثانيك

2- صيغة و اسم المتفاعل الثاني

يتعلق الأمر بحمض كربوكسيلي و هو:

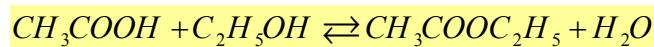
تمرين 4

1- معادلة تفاعل الأسترة

2- أ- حالة المجموعة:

خارج التفاعل البدئي هو:

ت.ع.



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

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

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

• منحى تطور المجموعة:

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

ب- التركيبة النهائية للمجموعة

نشئ جدول التقدم.

				معادلة التفاعل
CH_3COOH	+	C_2H_5OH	\rightleftharpoons	$CH_3COOC_2H_5 + H_2O$
3		2		1 10
$3-x_f$		$2-x_f$		$1+x_f 10+x_f$

خارج التفاعل في الحالة النهائية، أي حالة التوازن، هو: $Q_{r_{eq}} = \frac{(1+x_f) \cdot (10+x_f)}{(3-x_f) \cdot (2-x_f)}$ (بعد الاختزال بالحجم 7)

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

$$\begin{cases} x_f = 0,75 \text{ mol} \\ x_f = 6,25 \text{ mol} \end{cases}$$

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

و هي معادلة من الدرجة الثانية 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. وبالتالي الصيغة هي (ب).

2- يؤدي حمض الكبريتيك دور الحفاز لتفاعل الأسترة و الحلمة، 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 المنحى 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:

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

• كمية المادة البدئية للميثanol:

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

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

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

5- • كمية مادة الإستر الناتجة هي: $n_f(es) = \frac{m_e}{M_e}$

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

• المتفاعل الحدي هو الحمض إذن التقدم الأقصى هو:

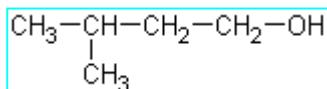
$$r = \frac{0,075}{0,1} = 75\% \quad \text{ت.ع.}$$

نستنتج مردود التفاعل:

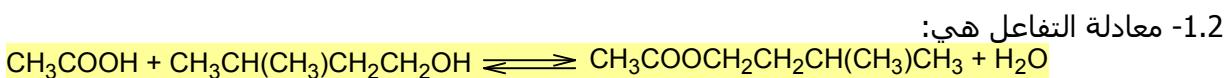
و بالتالي فال POSSIBILITY الصحيحة هي (أ) و (د).

تمرين 6

• صيغة حمض الإيثانويك هي: CH3COOH



• صيغة 3- مثيل بوتان-1- أول هي:



1.3- تفاعل أسترة، وهو بطيء وغير كلي ولا 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 والارتداد يتحول دونما فقد للمادة.

3- مردود التفاعل

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

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

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

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

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

• المتفاعل الحدي هو الكحول إذن التقدم الأقصى هو:

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

تمرين 7

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

2.1- دور الماء المثلج

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

2.2- دور حمض الكبريتيك

يحتوي محلول حمض الكبريتيك المركز على الأيونات H_3O^+ التي تؤدي دور الحفاز في هذا التفاعل.

3.1- تغير تقدم التفاعل

لتنشئ الجدول الوصفي لتفاعل الأسترة بالنسبة للخلط.

				معادلة التفاعل
C_3H_7COOH	+	CH_3OH	\rightleftharpoons	$C_3H_7COOCH_3$ + H_2O
0,1		0,1		كميات المادة بالمول في الحالة البدئية
$0,1-x$		$0,1-x$		كميات المادة بالمول t في لحظة t

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

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

لتنشئ جدول التقدم لتفاعل المعايرة بالنسبة لعينة.

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

$$\frac{0,1-x}{10} - x'_{E} = 0 \quad \text{و} \quad c \cdot V_{BE} - x'_{E} = 0$$

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

$$x = 0,1 - 10c \cdot V_{BE}$$

نستنتج علاقة التكافؤ:

و منها نستخرج تعبير التقدم:
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 .

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

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

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

$$v_0 = 3,35 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot l^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \leftarrow v_0 = \frac{1}{400 \times 10^{-3}} \times 1,34 \cdot 10^{-2}$$

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

ب- زمن نصف التفاعل:

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

مبيانياً $t_{1/2}$ تمثل أقصول النقطة التي أرتواها $\frac{x_f}{2}$.

$$\frac{x_f}{2} = 3,35 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \leftarrow x_f = 6,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$t_{1/2} \approx 3,5 \text{ min} \quad \text{و بالإسقاط على المنحنى نجد:}$$

ج- خارج التفاعل عند حالة التوازن

خارج التفاعل لتفاعل الأسترة ذي المعادلة:



$$Q_{eq} = \frac{[C_3H_7COOCH_3]_{eq} \cdot [H_2O]_{eq}}{[C_3H_7COOH]_{eq} \cdot [CH_3OH]_{eq}}$$

$$Q_{eq} = \frac{n_{eq}(C_3H_7COOCH_3) \cdot n_{eq}(H_2O)}{n_{eq}(C_3H_7COOH) \cdot n_{eq}(CH_3OH)}$$

$$x_{eq} = x_f = 6,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad \text{بعد الاختزال بالحجم الكلي } V : \text{ت.ع.}$$

$$Q_{eq} = \frac{6,7 \cdot 10^{-2} \times 6,7 \cdot 10^{-2}}{(0,1 - 6,7 \cdot 10^{-2}) \times (0,1 - 6,7 \cdot 10^{-2})} \leftarrow$$

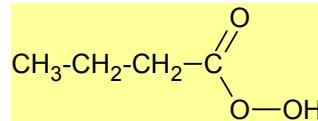
$$Q_{eq} = 4,1 \leftarrow$$

تمرين 8

1.1 - مميزات التفاعل

يتعلق الأمر بتفاعل أسترة و هو 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 لتفاعل:

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

حسب جدول التقدم كمية مادة الإستر عند التوازن (الحالة النهائية) هي:

$n_e = x_f$ و باعتبار أن الكتلة الناتجة منه هي m فإن:

$$x_f = \frac{m}{M} \quad \text{نستنتج التقدم النهائي:}$$

$$x_f = \frac{23,2}{116} = 0,2 \text{ mol} \quad \text{ت.ع.}$$

نستنتج التركيب النهائي للخلط التفاعلي عند حالة التوازن:

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

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

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

b - مردود التحول

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

$$r = 67 \% \quad \leftarrow \quad r = \frac{0,2}{0,3} = 0,67 \quad \text{ت.ع.}$$

2.2 - كمية المادة البدئية للحمض A

باعتبار مردود التحول $r' = \frac{x'_f}{x_{\max}}$ لدينا: $x'_f = r' \cdot x_{\max}$ ت.ع.

نستنتج التركيب النهائي للخلط التفاعلي عند حالة التوازن:

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

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

و منه نستنتج تعبير ثابتة التوارن:
و باعتبار أن $K = 4$ لا تتعلق بالتركيب البدئي)، نستنتج قيمة n :

$$n = 0,48 \text{ mol}$$