

ملخص الوحدة

أولاً) التطور التلقائي لجملة كيميائية:

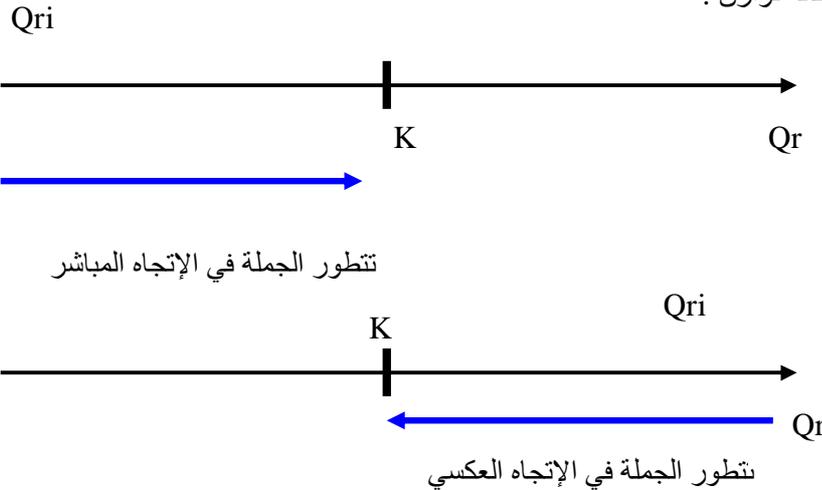
جهة تطور جملة كيميائية :

من أجل معرفة جهة تطور جملة كيميائية يجب مقارنة كسر التفاعل Q_r و ثابت التوازن K .

الجملة تتطور في الإتجاه المباشر . $Q_r < K$

الجملة تتطور في الإتجاه العكسي . $Q_r > K$

الجملة في حالة توازن . $Q_r = K$



ثانياً) الأعمدة (خاص بشعبة تقني رياضي):

- (1) التحول التلقائي: هو تحول يحدث تلقائياً ويكون بتحويل الكتروني مباشر أو غير مباشر .
- (2) العمود: يتكون من نصفي عمود موصلين بجسر ملحي يسمح بمرور التيار الكهربائي وذلك بانتقال الشوارد بين نصفي العمود .

نصف العمود الأول: يتكون من صفيحة معدنية M_1 مغمورة في محلول يحتوي على شوارد نفس المعدن M_1^{n1+}

نصف العمود الثاني: يتكون من صفيحة معدنية M_2 مغمورة في محلول يحتوي على شوارد نفس المعدن M_2^{n2+}

الجسر الملحي: أنبوب على شكل حرف U يربط بين نصفي العمود يحتوي على محلول ملحي يضمن النقل الكهربائي بين نصفي العمود .

(3) المسريين:

أ) المسرى (+) : يتم عنده إرجاع الشوارد الموجبة يسمى المهبط .

ب) المسرى (-) : يتم عنده أكسدة المعدن يسمى المصعد .

الرمز الإصطلاحي للعمود:

إذا كان المسرى M_1 هو القطب الموجب ، والمسرى M_2 هو القطب السالب ، يرمز اصطلاحاً للعمود بالرمز:



مثال: عمود دانيال : يعطى رمزه الإصطلاحي : $Zn / Zn^{2+} // Cu^{2+} / Cu \oplus$

(4) القوة المحركة الكهربائية للعمود: تمثل فرق الكمون بين مسريي العمود ، تقاس بجهاز فولطمتر الذي يسمح بتحديد قطبي العمود.

تعطى بالعلاقة: $E = V^+ - V^-$ حيث: V^+ : يمثل كمون القطب الموجب ، V^- : يمثل كمون القطب السالب .

ملاحظة: العمود خارج التوازن ينتج تيار كهربائي: $I \neq 0 \Leftrightarrow Q_r \neq K$

العمود في حالة توازن لا ينتج تيار كهربائي: $I = 0 \Leftrightarrow Q_r = K$

(5) كمية الكهرباء التي ينتجها العمود خلال اشتغاله :

(أ) تعريف الفاراداي (F): الفاراداي هو كمية الكهرباء التي ينتجها 1 mol من الإلكترونات خلال حركتها: $1F = N_A \times e$ حيث: N_A يمثل عدد أفوغادرو ، e : الشحنة العنصرية .

في جملة الوحدات الدولية تعطى قيمة الفاراداي: $1F = 96500 \text{ C/mol}$

(ب) كمية الكهرباء التي ينتجها العمود خلال مدة زمنية Δt :

إذا كان x هو تقدم التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي الذي يحدث في العمود خلال مدة زمنية Δt .

تعطى عبارة كمية الكهرباء Q المنتجة خلال مدة زمنية Δt بالعلاقة:

$$Q = z \cdot x \cdot F$$

حيث: z عدد الإلكترونات المتبادلة خلال التحويل الكيميائي في العمود.

ومن جهة أخرى لدينا: $Q = I \cdot \Delta t$ حيث: I شدة التيار المار في العمود .

ملاحظة: في نهاية التحويل تعطى كمية الكهرباء النهائية:

$$Q = z \cdot x_f \cdot F$$

إذا كان التحويل تام يكون: $x_f = x_{\max}$ تكون كمية الكهرباء أعظمية:

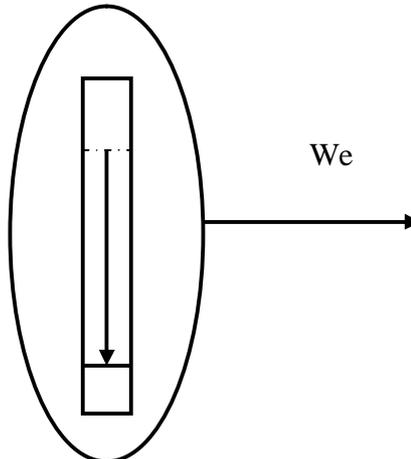
$$Q_{\max} = z \cdot x_{\max} \cdot F$$

(6) الحصيلة الطاقوية في عمود كهربائي:

عند اشتغال العمود الكهربائي ، يحدث تغير في الطاقة الداخلية للجملة بسبب التحويل الكيميائي الذي يكون مصحوبا بتحويل كهربائي

$\cdot W_e$

معادلة انحفاظ الطاقة: $E_{i1} - W_e = E_{i2}$



ثالثا: الأسترة وإماهة الأسترة

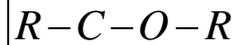
(1) تعريف: الأسترات هي مركبات عضوية تحتوي على الأكسجين والكربون والهيدروجين ، نجدها في الفواكه والأزهار ، يمكن اصطناعها من الكحولات والأحماض الكربوكسيلية .



(2) الصيغة العامة :

(3) الصيغة المجملة :

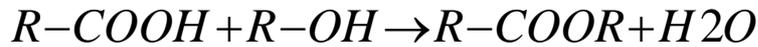
حيث R و R جذران ألكيليان



(2) تفاعل الأسترة :

هو تفاعل يتم بين حمض كربوكسيلي وكحول فينتج أسترة وماء .

(1-2) معادلة التفاعل :
 ماء + أسترة \longrightarrow حمض كربوكسيلي + كحول



(2-2) خواص التفاعل :

(أ) تفاعل عكوس ، (ب) تفاعل بطيء ، (ج) تفاعل لاجراري ، (د) تفاعل محدود .

(3-2) مردود التفاعل (r) :

$$r = \frac{Xf}{X \max} = \frac{n}{n_0}$$

في حالة المزيج الإبتدائي متساوي المولات فإن مردود التفاعل يتعلق بصنف الكحول المستعمل :

حيث: n كمية الأسترة الناتج ، n_0 كمية الحمض أو الكحول الإبتدائية .

(أ) إذا كان الكحول أوليا : $r=67\%$

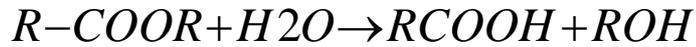
(ب) إذا كان الكحول ثانويا : $r=60\%$

(ج) إذا كان الكحول ثالثيا : $r=5\%$ أو $r=10\%$

(3) تفاعل إماهة الأسترة :

هو تفاعل يتم بين أسترة وماء فينتج حمض كربوكسيلي وكحول .

(1-3) معادلة التفاعل :



(2-3) خواص التفاعل : نفس خواص تفاعل الأسترة .

(3-3) مردود الإماهة (r) :

$$r = \frac{Xf}{X \max} = \frac{n}{n_0}$$

في حالة المزيج الإبتدائي متساوي المولات فإن مردود التفاعل يتعلق بصنف الكحول المستعمل :

حيث: n كمية الحمض الناتج ، n_0 كمية الأسترة أو الماء الإبتدائية .

(أ) إذا كان الكحول أوليا : $r=33\%$

(ب) إذا كان الكحول ثانويا : $r=40\%$

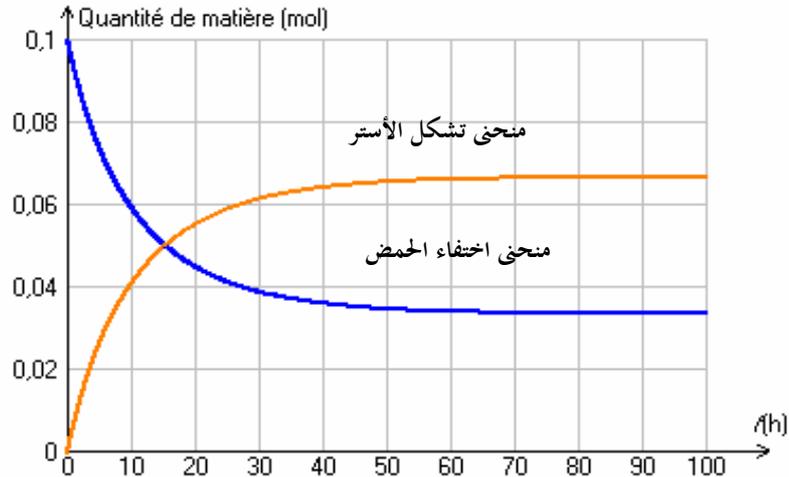
(ج) إذا كان الكحول ثالثيا : $r=90\%$ أو $r=95\%$

(4) ثابت التوازن K :

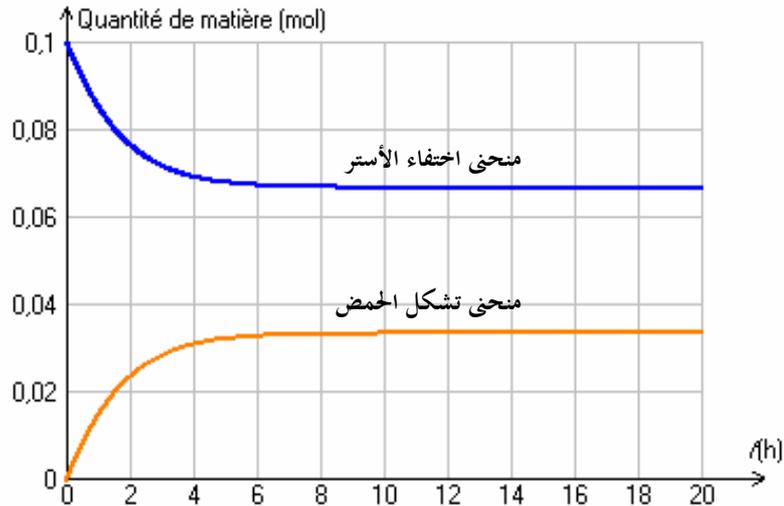
$$K = \frac{(n_{ester})(n_{eau})}{(n_{acid})(n_{alcol})}$$

في حالة تفاعل الأسترة :

(4) منحنى تطور تطور تفاعل الأسترة :



(5) منحنى تطور تطور تفاعل إمهاء الأسترة :



(6) مراقبة سرعة تفاعل الأسترة (أو إمهاء الأسترة) : تزداد سرعة التفاعل دون تغيير المردود :

أ - إذا زادت درجة حرارة المزيج .

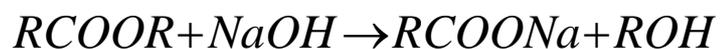
ب - إضافة قطرات من حمض الكبريت المركز (زيادة شوارد H_3O^+)

(7) مراقبة مردود التفاعل : يزداد مردود التفاعل في الحالات التالية :

أ) استعمال مزيج ابتدائي غير متناسوي المولات .

ب) استعمال كلور الأسيل في مكان الحمض الكربوكسيلي مما يجعل التفاعل تاما .

(7) تفاعل التصبن : يتم بين أستر ومحلول الصود ($Na^+ + OH^-$) :



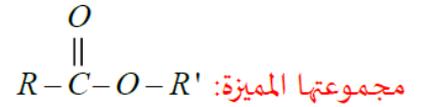
كحول صابون الصود أستر

النوع	عدد ذرات الكربون	الصيغة المجمعة	الصيغة نصف المفصلة	التسمية على وزن ألكيل
1-الجزور الألكيلية	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	$C_4H_9 -$	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 -$	بوتيل
النوع	عدد ذرات الكربون	الصيغة المجمعة	الصيغة نصف المفصلة	التسمية على وزن حمض الألكانويك
2-الاحماض الكربوكسيلية	0	$H - COOH$	$H - COOH$	حمض الميثانويك
	1	$CH_3 - COOH$	$CH_3 - COOH$	حمض الايثانويك
	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 البوتانويك
	4	$C_4H_9 - COOH$	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COOH$	حمض البنتانويك
النوع	عدد ذرات الكربون	الصيغة المجمعة	الصيغة نصف المفصلة	التسمية على وزن ألكانول
3-الكحولات	1	$CH_3 - OH$	$CH_3 - OH$	ميثانول (أولي)
	2	$C_2H_5 - OH$	$CH_3 - CH_2 - OH$	إيثانول (أولي)
	3	$C_3H_7 - OH$	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$	بروبان-1-ول (ثانوي)
			$\begin{array}{c} OH \\ \\ CH_3 - C - H - CH_3 \end{array}$	بروبان-2-ول (ثانوي)
	4	$C_4H_9 - OH$	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$	بوتانول-1-ول (أولي)
			$\begin{array}{c} OH \\ \\ CH_3 - C - H - CH_2 - CH_3 \end{array}$	بوتانول-2-ول (ثانوي)
	2-ميثيل بروبان-2-ول (كحول ثالثي)		$\begin{array}{c} OH \\ \\ CH_3 - C - CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$	
صنف الكحول	الصيغة العامة	ملاحظات		
أصناف الكحولات	$R - CH_2 - OH$	الكربون الوظيفي مرتبط بذرتي هيدروجين	R'' , R', R جزور ألكيلية	
	$R - \underset{\substack{ \\ R'}}{C} H - OH$	الكربون الوظيفي مرتبط بذرة هيدروجين		
	$\begin{array}{c} R'' \\ \\ R - C - OH \\ \\ R' \end{array}$	الكربون الوظيفي لا يرتبط بأي ذرة هيدروجين		

2-مراقبة تحول كيميائي:

1-2-تفاعل الأسترة

أ-الإسترات: هي مركبات عضوية أوكسيجينية يمكن الحصول عليها من تفاعل حمضا كربوكسيليا وكحول. وتوجد الإسترات في الزيوت والخضر والفواكهالخ.



صيغتها الجزيئية المجملية: $C_nH_{2n}O_2$ حيث $2 \leq n$.

تسميتها: يشتق إسم الإستر من جزأين.

الجزء الأول: من إسم الحمض بإستبدال النهاية " **يك** " بالنهاية " **وات** " .

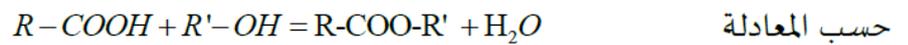
الجزء الثاني: من إسم الكحول بإستبدال النهاية " **ول** " بالنهاية " **ويل** " .

ليصبح اسم الاستر: ألكانات الألكيل "

أمثلة:

ايثانوات البروبيل	${}^2CH_3 - {}^1\overset{O}{\parallel}C - O - {}^1CH_2 - {}^2CH_2 - {}^3CH_3$
2-ميثيل بروبانوات الميثيل	${}^3CH_3 - {}^2\overset{CH_3}{ }CH - {}^1\overset{O}{\parallel}C - O - CH_3$
ايثانوات 1-ميثيل البروبيل	${}^2CH_3 - {}^1\overset{O}{\parallel}C - O - {}^1\overset{CH_3}{ }CH - {}^2CH_2 - {}^3CH_3$

ب-خصائص تفاعل الأسترة: تفاعل الأسترة هو تفاعل يتم بين حمض كربوكسيل وكحول ويعطى إستروما.



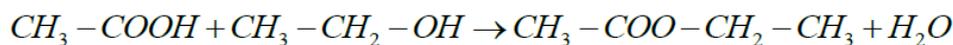
تجربة: نكون مزيجا متساوي المولات يتكون من 1mol من حمض الإيثانويك و 1mol من الكحول الإيثيلي (كحول أولي).

يوزع هذا المزيج بالتساوي على 10 أنابيب إختبار ثم نضعها في حمام مائي درجة حرارته ثابتة $100^\circ C$

نتابع تطور التفاعل بحديد كمية الحمض المتبقي $n_{(acid)}$ وذلك بمعايرة محتوى كل أنبوب بعد خلال ازمنة نتائج التجربة مدونة في الجدول التالي.

$t(\text{min})$	0	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160
$n_{(Acid)}$	1	0,62	0,51	0,44	0,39	0,37	0,36	0,33	0,33	0,33	0,33
$n_{(ester)}$	0	0,38	0,49	0,56	0,61	0,63	0,64	0,67	0,67	0,67	0,67

1-أكتب معادلة التفاعل الحاصلة. سم المركب العضوي الناتج



اسم الاستر الناتج ايثانوات الايثيل

المعادلة		$CH_3COOH + CH_3CH_2 - OH \rightarrow CH_3COO - CH_2CH_3 + H_2O$			
حالة الجملة	التقدم	كمية المادة			
ح. الابتدائية	0	1mol	1mol	0	0
ح. الانتقالية	x	1-x	1-x	x	x
ح. النهائية	x_f	1- x_f	1- x_f	x_f	x_f
ح. النهائية	0,67mol	0,33mol	0,33mol	0,67mol	0,67mol

3-أكمل الجدول.

عدد مولات استر متشكل = عدد مولات الحمض الابتدائية - عدد مولات الحمض المتبقي

4-أحسب نسبة التقدم النهائي (مردود الأستر):

$$\left\{ \begin{array}{l} x_f = 0.67 \text{ mol} \\ x_{\max} = n_0 = 1 \text{ mol} \end{array} \right\} \Rightarrow \tau_f = \frac{x_f}{x_m} = \frac{0.67}{1} \Rightarrow \tau_f = 0.67$$

ومنه مردود التفاعل هو: $r = 67\%$ نلاحظ أن $r < 100\%$

6-ماذا تستنتج؟

نفاعل الأستر تفاعل غير تام (محدود) ; يحدث في إتجاهين متعاكسين بحيث في النهاية يحدث توازن كيميائي

6-عين ثابت التوازن الكيميائي K

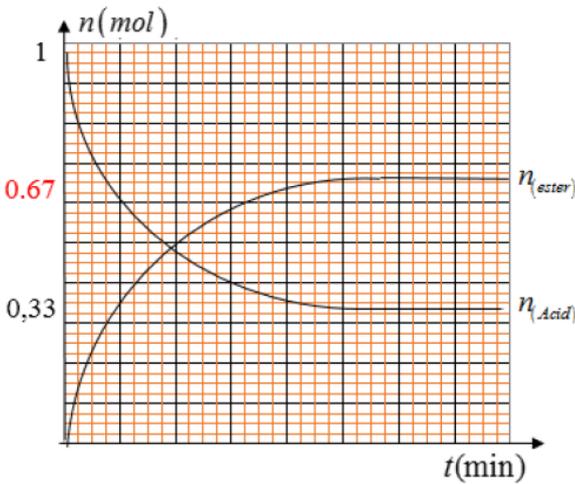
$$K = \frac{[CH_3COOCH_2CH_3]_f \cdot [H_2O]_f}{[CH_3COOH]_f \cdot [CH_3CH_2OH]_f}$$

حجم المزيج V ومنه تصبح العلاقة

$$K = \frac{(n_{ester})_f \times (n_{eau})_f}{(n_{alcol})_f \times (n_{acide})_f} = \frac{0.67 \times 0.67}{0.33 \times 0.33} \Rightarrow K = 4$$

في حالة كحول أولي ثابت التوازن $K = 4$

7-أرسم البيانيين $n_{(Acid)} = g(t), n_{(ester)} = f(t)$.



أنظر الشكل المقابل

8-عرف سرعة تشكل النوع الكيميائي (الأستر) ثم عين قيمتها عند اللحظات $(140s - 0s)$

هي مشتقة التقدم $x(t)$ بالنسبة للزمن أي ميل المماس للبيان في كل لحظة t

$$v = \frac{dn_{(ester)}}{dt}$$

$$v(t=0) = \left(\frac{dn_{(ester)}}{dt} \right)_0 = \frac{0.67}{10} = 0.067 \text{ mol} / \text{min}$$

$$v(t=140) = \left(\frac{dn_{(ester)}}{dt} \right)_{140} = 0 \text{ mol} / \text{min}$$

- سرعة التفاعل عند اللحظات:

ماذا تستنتج: ميل المماس في البداية يكون كبير ويتناقص مع مرور الزمن أي أن سرعة التفاعل تكون كبيرة في البداية ثم تتناقص مع مرور الزمن إلى أن تنعدم

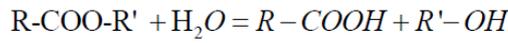
9- من هذه الدراسة استنتج خصائص تفاعل الأسترة.

تفاعل الأسترة:

- تفاعل غير تام (محدود) وينمذج بتفاعل يحدث في اتجاهين متعاكسين وتكون الجملة في النهاية في حالة توازن أي أنه تفاعل عكوس
- التفاعل يتم بعد مدة كبيرة نقول إنه تفاعل بطيء.
- التحول لا ينشر حرارة نقول إن التفاعل لا حراري

2-2- تفاعل إمامة الأسترة

تفاعل إمامة أسترة هو تفاعل بين إستر وماء ليعطي كحول وحمض وهو التفاعل المعاكس لتفاعل الأسترة.



كحول حمض كربوكسيلي ماء إستر

تجربة: نمزج مزيج متساوي المولات يتكون من 1mol من إيثانوات

الإيثيل مع 1mol من الماء ثم نوزع هذا المزيج على عشرة أنابيب

إختبار ثم نضع الأنابيب في حمام مائي درجة حرارته $100^{\circ}C$

بعد دقائق نعاير في كل مرة كمية الحمض الناتجة بنفس

طريقة النشاط الأول فتحصلنا على البيانات التالية.

خصائص تفاعل الإمامة:

من النتائج التجريبية تفاعل الإمامة هو أيضا له نفس

خصائص الأسترة وهي:

لا حراري - بطيء - عكوس - محدود (غير تام).

$$K_2 = \frac{[ester] \times [eau]}{[acide] \times [alcool]} \Rightarrow K_2 = \frac{1}{K_1}$$

ثابت التوازن لتفاعل الإمامة:

مردود الأسترة والإمامة:

$$r = \tau_f \times 100 = \frac{n_f(ester)}{n_0(acid)} \times 100$$

مردود الأسترة: في حالة مزيجا إبتدائيا متساوي المولات من الحمض والكحول فإن:

$$r = \tau_f \times 100 = \frac{n_f(acid)}{n_0(ester)} \times 100$$

مردود الإمامة: في حالة مزيجا إبتدائيا متساوي المولات من الأستروالماء فإن:

$$r_1 + r_2 = 100\%$$

ملاحظة مجموع مردودي الأسترة والإمامة يساوي

3-العوامل المؤثرة في تفاعل الأسترة والاماهة:

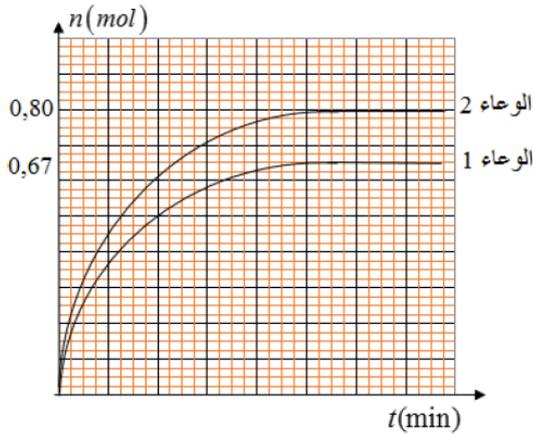
أ-تأثير الكميات الابتدائية للمتفاعلات:

نحقق التجريبتين التاليتين:

- الوعاء (1) يتكون من 1mol من حمض الإيثانويك و 1mol من الإيثانول وقطرات من حمض الكبريت المركز.

- الوعاء (2) يتكون من 1mol من حمض الإيثانويك و 2mol من الإيثانول وقطرات من حمض الكبريت المركز.

وضعنا الوعائين في حمام مائي درجته 85°C عند اللحظة (t = 0) ثم راقبنا تطور التفاعل فتحصلنا على النتائج التالية:



1-أحسب مردود تفاعل الأسترة في كل وعاء؟

$$r_1 = \frac{n_f(ester)}{n_0(acid)} \times 100 = \frac{0,67}{1} \times 100 = 67\%$$

$$r_2 = \frac{n_f(ester)}{n_0(acid)} \times 100 = \frac{0,80}{1} \times 100 = 80\%$$

2-ماذا تستنتج؟

أن إستعمال مزيجاً إبتدائياً غير متساوي المولات فإن مردود الأسترة والإماهة يزداد.

ب-تأثير صنف الكحول:

نضع في 3 كؤوس بيشر مايلي:

- الكأس الأول: يتكون من 1mol من حمض الإيثانويك و 1mol من بوتان-1-أول. (كحول أولي)

- الكأس الثاني: يتكون من 1mol من حمض الإيثانويك و 1mol من بوتان-2-أول. (كحول ثانوي)

- الكأس الثالث: يتكون من 1mol من حمض الإيثانويك و 1mol من 2-مethyl بروبان-2-أول. (كحول ثالثي)

إن متابعة تطور كمية المادة للإستر المتشكلة بدلالة الزمن في كل

مزيج سمحت بالحصول على البيان المقابل:

1-ما هو مردود الأسترة في كل مزيج؟

$$r_1 = \frac{n_f(ester)}{n_0(acid)} \times 100 = \frac{0,67}{1} \times 100 = 67\%$$

$$r_1 = \frac{n_f(ester)}{n_0(acid)} \times 100 = \frac{0,60}{1} \times 100 = 60\%$$

$$r_1 = \frac{n_f(ester)}{n_0(acid)} \times 100 = \frac{0,05}{1} \times 100 = 5\%$$

2-ماذا تستنتج؟

مردود الأسترة أو الإماهة يتعلق بصنف الكحول

4-مراقبة تحول كيميائي

1-4-مراقبة نواتج التفاعل:

من أجل منع حدوث تفاعل الإماهة العكسي في تحول الأسترة يجب حذف الماء المتشكل أو الأستر المتشكل.

حذف الماء: باستعمال عملية التقطير أو باستعمال كمية كافية من شوارد الهيدرونيوم الذي يتفاعل مع الماء.

حذف الأستر: باستعمال عملية التقطير الجزأ (درجة غليان الأستر أصغر) أو بإضافة هيدروكسيد الصوديوم المركز ليصبح

تفاعل (التصبن). حسب المعادلة التالية: $R-COO-R'+(Na^+ + OH^-) \rightarrow (R-COO-Na) + R'-OH$

2-4-مراقبة السرعة:

سرعة التفاعل تتأثر بعدة عوامل حركية منها درجة الحرارة وتراكيز المتفاعلات والوسيط.... الخ (درسناها في الوحدة 1)

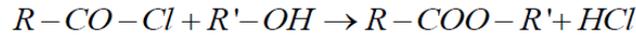
3-4-استعمال كلور الأسيل بدل الحمض الكربوكسيلي:

كلور الأسيل نوع كيميائي عضوي يشق من حمض كربوكسيلي باستبدال OH بـ Cl

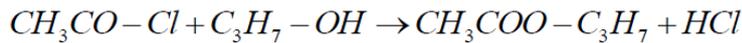
التسمية تستبدل **وك** في الحمض بـ كلور الأسيل **ويل**

مثال $CH_3COOH \leftarrow CH_3CO-Cl$ ويسمى من حمض الايثانويك يصبح كلور الايثانويل

استعماله بدل الحمض الكربوكسيلي يجعل التفاعل تام ومردود هذا التفاعل $r = 100\%$ ، وفق للمعادلة التالية:



مثال تفاعل حمض كلور الايثانويل مع البروبانول

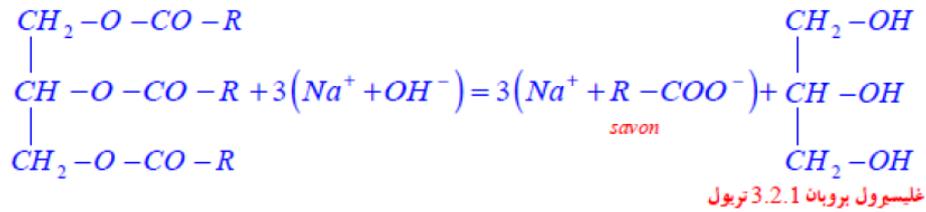


ملاحظة مهمة جدا: عند استعمال كلور الأسيل بدل الحمض الكربوكسيلي يكون تفاعل الأسترة تام وسريع وناشر للحرارة

5-أهمية الاسترات في الحياة اليومية

* **صناعة الصابون:** خصائص الصابون الناتج تتعلق بطبيعة الأحماض الدهنية التي يدخل في تحضير ثلاثي الغليسريد وكذلك الملونات والمعطرات.

نتحصل على الصابون لما نمزج كمية من زيت الزيتون مع بضع قطرات من $(NaOH)$ المركز ثم نضيف اليه بضعة مليمترات من الايثانول و قليلا من الحجر الهش ونسخن المزيج لمدة 15 min بالتقطير المرتد معادلة التفاعل



* **الوقود:** الأستر المتواجد في زيت الكولزا له خصائص تماثل خصائص المازوت وأقل تلوث

* **صناعة بعض الأجبان و صناعة العطور والصناعات الغذائية والصيدلانية**

رقم الأنبوب	01	02	03	04	05	06	07	08
t (min)	0	1	2	3	4	5	6	7
n_{acid} (mol)	0,2	0,114	0,084	0,074	0,068	0,067	0,067	0,067
n_{ester} (mol)								

4-استنتج من البيان:
 أ-سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 2 \text{ min}$
 ب-في أي لحظة يمكن اعتبار أن التحويل قد انتهى؟
 ج-مردود الأسترة.
 د-صنف الكحول المستعمل، ثم أكتب مختلف الصيغ نصف المفصلة للكحول المستعمل
 5-أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الحاصل بين الحمض والكحول ذي الصيغة المنفرعة مع تسمية الأستر الناتج.
 6-لو فرضنا أننا أخرجنا الأنبوب رقم 07 عند اللحظة $t = 6 \text{ min}$ ثم أضفنا له مباشرة $0,2 \text{ mol}$ من الأستر المتشكل - في أي جهة نتوقع تطور الجملة الكيميائية

التمرين تقويمي الشامل حول الأسترة

نريد دراسة التفاعل الكيميائي الذي يحدث بين حمض الميثانويك $HCOOH$ وكحول صيغته العامة $C_nH_{2n}O$. نضع في ثمانية أنابيب اختبار مرقمة من 01 إلى 08 نفس المزيج المتكون من $0,2 \text{ mol}$ من الحمض و $0,2 \text{ mol}$ من الكحول. تدخل هذه الأنابيب في حمام مائي درجة حرارته $180^\circ C$ وبعد كل ساعة نخرج أحد هذه الأنابيب بالترتيب من 01 إلى 08 ونعاير كمية مادة الحمض المتبقي فيه بواسطة محلول لبيدروكسيد الصوديوم، فنحصل على النتائج المدونة في الجدول التالي:

1-أكمل الجدول أعلاه، مبينا العلاقة المعتمدة.
 2-أرسم المنحنى البياني $n_{ester} = f(t)$
 3-أنتهى جدول تقدم التفاعل.

نجمية الأستر-إماهة .

التمرين 01 : بكالوريا 2009 - ع ت

نمذج التحول الكيميائي الحاصل بين حمض الأيتانويك (CH_3COOH) و الإيثانول (C_2H_5OH) بالمعادلة:
 $CH_3COOH + C_2H_5OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$
 لدراسة تطور التفاعل بدلالة الزمن ، نسكب في إناء موضوع داخل الجليد مزججا مؤلفا من $0,2 mole$ من حمض الأيتانويك (CH_3COOH) و $0,2 mole$ من الكحول (C_2H_5OH) ، بعد الرج والتحرك نقسم المزيج على 10 أنابيب اختبار مرقمة من 1 إلى 10 ، بحيث يحتوي كل منها على نفس الحجم V_0 من المزيج. تُسَدُّ الأنابيب وتوضع في حمام مائي درجة حرارته ثابتة ونشعل المتبقي.
 في اللحظة $t = 0$ نخرج الأنبوب الأول ونعير الحمض المتبقي فيه بواسطة محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم ($Na^+ + OH^-$) تركيزه المولي $C = 1,0 mol.L^{-1}$ ، فيلزم بلوغ نقطة التكافؤ إضافة حجم من هيدروكسيد الصوديوم (V_{be}) لنستنتج (V'_{be}) اللازم لمعايرة الحمض المتبقي الكلي.
 بعد مدة نكرر العملية مع أنبوب آخر وهكذا، لنجمع القياسات في الجدول التالي :

$t(h)$	0	4	8	12	16	20	32	40	48	60
$V'_{be} (mL)$	200	168	148	132	118	104	74	66	66	66
x (mol)										

- أ/ ما اسم الأستر المتشكل؟
 ب/ أنشئ جدولا لتقدم التفاعل بين الحمض (CH_3COOH) و الكحول (C_2H_5OH) .
 ج/ اكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الحاصل بين حمض الأيتانويك (CH_3COOH) ومحلول هيدروكسيد الصوديوم ($Na^+ + OH^-$) .
 د/ أكتب العلاقة بين كمية الحمض المتبقي (n) و (V'_{be}) حجم الأساس اللازم للتكافؤ.
 ه/ بالاستعانة بجدول التقدم السابق أصب قيمة (x) تقدم التفاعل ثم أكمل الجدول أعلاه.
 ج/ ارس المنحنى البياني $x = f(t)$.
 د/ احسب نسبة التقدم النهائي τ ، ماذا تستنتج؟
 ه/ عبر عن كسر التفاعل النهائي Q_p في حالة التوازن بدلالة التقدم النهائي x_f . ثم احسب قيمته.

التمرين 02 : بكالوريا 2009 - ت ر

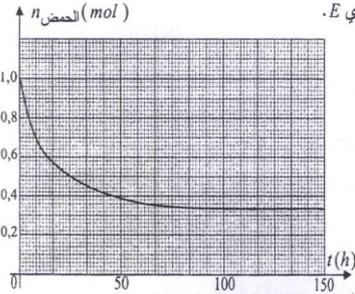
لغرض متابعة تطور التحول الكيميائي بين حمض الأيتانويك CH_3COOH و الإيثانول C_2H_5OH نأخذ 7 أنابيب اختبار وعند اللحظة ($t=0$) نمزج في كل واحد منها $n_0(mol)$ من الحمض و $n_0(mol)$ من الكحول السابقين. بنمذج التحول الحادث بالتفاعل ذي المعادلة :
 $CH_3COOH + C_2H_5OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$
 عايرنا عند درجة حرارة ثابتة وفي لحظات زمنية متعاقبة محتوى الأنابيب الواحد تلو الآخر من أجل معرفة كمية مادة الحمض المتبقي (n) بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم ($Na^+ + OH^-$) .
 سمحت هذه العملية بالحصول على جدول القياسات التالي :

$t(h)$	0	1	2	3	4	5	6	7
$n(mol)$	1,00	0,61	0,45	0,39	0,35	0,34	0,33	0,33
$n'(mol)$								

- أ- أنجز جدولا لتقدم التفاعل و احسب التقدم الأعظم x_{max} .
 2- استنتج العلاقة التي تعطي كمية مادة الأستر المتشكل (n') بدلالة كمية مادة الحمض المتبقي (n) .
 3- أكمل الجدول أعلاه ، و باختيار سلم مناسب أرس المنحنى الذي يمثل تغيرات كمية مادة الأستر المتشكل بدلالة الزمن ($n' = f(t)$) .
 4- احسب قيمة سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 3h$. كيف تتطور سرعة التفاعل مع الزمن؟ علل.
 5- احسب النسبة النهائية للتقدم (τ_p) ، وماذا تستنتج؟

التمرين 03 : بكالوريا 2011 - ت ر

لغرض متابعة ومراقبة تطور جملة كيميائية مكونة من حمض الأيتانويك و الإيثانول ، نمزج في اللحظة $t = 0s$ وفي درجة حرارة ثابتة، $1,0 mol$ من حمض الأيتانويك و $1,0 mol$ من الإيثانول. يتطور التحول الكيميائي مباشرة بعد لحظة المزج، ينتج عنه الماء ومركب عضوي E.



الشكل 1-

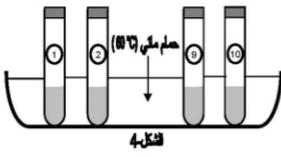
- أ- ما اسم هذا التحول؟ اذكر خصائصه.
 ب- اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الحادث.
 ج- أعط اسم المركب العضوي E.
 2- لمتابعة تطور المزيج التفاعلي نأخذ منه عينة حجمها V من الحجم الكلي، نبرد العينة المأخوذة آنيا، ثم نعير حمض الأيتانويك المتبقي في العينة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي معلوم.
 نكرر العملية في لحظات زمنية محددة، البيان (الشكل 1-)
 يلخص مختلف النتائج التجريبية المتحصل عليها.
 أ- أوجد السرعة اللحظية للتفاعل في اللحظة $t = 25 h$.
 ب- احسب مردود التفاعل عند التوازن.
 3- لزيادة مردود التفاعل ، هل نقوم بـ:

- زيادة حرارة المزيج التفاعلي ؟
- استخدام مزيج ابتدائي غير متساوي المولات ؟
- إضافة قطرات من حمض الكبريت المركز ؟
- 4- أ- احسب كسر التفاعل ، للجملة الكيميائية السابقة، عند التوازن Q_p ، ثم استنتج ثابت التوازن K .
 ب- عند التوازن نضيف إلى المزيج التفاعلي $0,2 mol$ من حمض الأيتانويك، حدد جهة تطور الجملة. علل.

التمرين 04 : بكالوريا 2014 - ع ت

التمرين التجريبي: (04 نقاط)

مزجنا عند اللحظة $t = 0$ ، $n_0 = 0,4 mol$ من الإيثانول C_2H_5OH و $m_0 = 38,4 g$ من حمض كربوكسيلي $C_nH_{2n+1}COOH$ ، ويضع قطرات من حمض الكبريت المركز .



فسمنا المزيج بالتساوي على عشرة أنابيب اختبار تسد بإحكام وتوضع في حمام مائي درجة حرارته ثابتة $\theta = 60^\circ C$ (الشكل-4).

1- اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث .

- ما هي خصائص هذا التفاعل؟

2) قمنا بإجراء تجربة مكنتنا من قياس كمية مادة الأستر المتشكل في كل أنبوب خلال الزمن ورسم

المنحنى $n_{ester} = f(t)$ (الشكل-5).

- أعط البروتوكول التجريبي الموافق .

3) أ- علما أن ثابت التوازن لتفاعل الأستر المدروس

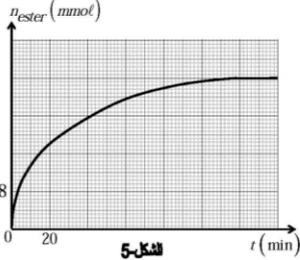
هو $K = 4$. حدد كمية مادة الحمض في المزيج

الابتدائي.

ب- جد الصيغة المجرىة للحمض الكربوكسيلي

واستنتج الصيغة نصف المفصلة للأستر وأعط

اسمه النظامي .



الشكل 5-

ج- احسب مردود التفاعل وقارنه بمردود التفاعل لمزيج ابتدائي متساوي المولات، كيف تفسر ذلك؟

4) جد التركيب المولي للمزيج التفاعلي في كل أنبوب عند اللحظة $t = 120 min$.

تعطي: $M(O) = 16g \cdot mol^{-1}$; $M(C) = 12g \cdot mol^{-1}$; $M(H) = 1g \cdot mol^{-1}$

التمرين 05 : بكالوريا 2014 - ت ر

في حصة للأعمال التطبيقية تم تحضير أستر من مزيج يتكون من $0,2 mol$ من الكحول (C_2H_5-OH) و $0,2 mol$ من حمض الأيتانويك CH_3COOH ، وقطرات من حمض الكبريت المركز .

وضع المزيج في دورق وتم تسخينه لمدة كافية (الشكل - 3) .

1- اكتب معادلة التفاعل .

2- أنجز جدول تقدم التفاعل .

3- إذا علمت أن ثابت التوازن لهذا التفاعل هو $K = Q_p = 4$.

أ- احسب كمية المادة للأستر الناتج عند بلوغ التوازن الكيميائي .

ب- احسب المردود النهائي لهذا التفاعل، هل يؤثر التسخين على هذا المردود؟

ج- حدد الصيغة نصف المفصلة للأستر الناتج ثم أعط تسميته النظامية .

4- لتحسين مردود تفاعل الأستر، توجد عدة طرق:

أ- اذكر طريقتين لتحسين مردود هذا التفاعل .

ب- نضيف للوسط التفاعلي عند التوازن $0,2 mol$ من نفس الحمض، حدد جهة تطور الجملة الكيميائية وجد

التركيب المولي للمزيج عند التوازن الكيميائي الجديد .

التمرين 06 : بكالوريا 2015 - ع ت

التمرين التجريبي: (04 نقاط)

في حصة للأعمال المخبرية قام فوج من التلاميذ بدراسة تحول الأستر بين حمض الأيتانويك

CH_3COOH و الإيثانول C_2H_5OH .

أخذ التلاميذ 8 أنابيب اختبار ووضعوا في كل أنبوب مزججا يتكون من $1,40 mol$ من حمض الأيتانويك

و $1,40 mol$ من الإيثانول، ويضع قطرات من حمض الكبريت المركز ، ثم وضعت الأنابيب في حمام

مائي درجة حرارته $\theta = 190^\circ C$ ، بعد سدها بإحكام في اللحظة $t = 0$.

في اللحظة $t = 60 min$ ، قام التلاميذ بإخراج أحد الأنابيب ووضعه في الماء المبرد ومعايرة كمية

الحمض المتبقي بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم . ثم تكررت نفس العملية مع باقي الأنابيب

في لحظات زمنية مختلفة، فكانت النتائج المدونة في الجدول التالي:

$t (min)$	0	60	120	180	240	300	360	420
$n_{a,ok} (mol)$	1,40	0,80	0,59	0,52	0,48	0,47	0,46	0,46
$n_{ester} (mol)$								

1- أ- اكتب معادلة التفاعل المنمذج لتحول الأستر الحادث، وسم الأستر المتشكل .

ب- ما دور حمض الكبريت في هذه التجربة ؟

2- أكمل الجدول وارسم البيان الذي يمثل تطور كمية مادة الأستر المتشكل بدلالة الزمن: $n_{ester} = f(t)$

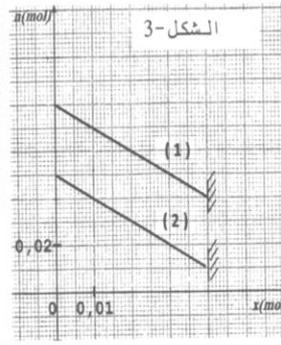
على ورقة ميليمترية ترفق مع ورقة الإجابة .

3- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل، ثم بين أن تحول الأستر غير تام .

4- عين بيانيا زمن نصف التفاعل .

5- مثل كيفيا المنحنى $n_{ester} = g(t)$ ، من أجل درجة حرارة الحمام المائي $\theta = 100^\circ C$.

التمرين 07 : بكالوريا 2016 - ع ت



1- نحضر جملة كيميائية في اللحظة $t=0$ تتكون من n_1 مول من حمض الإيثانويك CH_3COOH و n_2 مول من كحول صيغته العامة C_3H_7OH و قطرات من حمض الكبريت المركز. سمحت الدراسة التجريبية لتطور التفاعل الحادث برسم المنحنيين (1) و (2) الممثلين بالشكل-3.

يمثل المنحنى (1) تغيرات كمية مادة الكحول بدلالة التقدم x .
يمثل المنحنى (2) تغيرات كمية مادة الحمض بدلالة التقدم x .
أ - اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الحادث.
ب - انشئ جدول التقدم لهذا التفاعل.
ج - احسب قيمة نسبة التقدم النهائي τ_f للتفاعل.

د - احسب ثابت التوازن K للتفاعل ثم حدد صنف الكحول المستخدم.
هـ - كيف يمكن تحسين مردود تشكّل الأستر في هذا التفاعل؟

2 - بعد بلوغ حالة التوازن وتبريد المزيج مكنت المتابعة الـ pH مترية معايرة كمية المادة n للحمض المتبقي في المزيج بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq)+OH^-(aq))$ تركيزه المولي $C = 0,5 mol/L$ من استخراج المعلومة الآتية:

عند إضافة الحجم $V = 10 mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم تكون قيمة pH المزيج هي 4,8 .
المعطيات: عند درجة الحرارة $25^\circ C$ - الجداء الشاردي للماء $K_e = 10^{-14}$

- ثابت الحموضة للتثائية (CH_3COOH/CH_3COO^-) هو $pK_a = 4,8$
أ - اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الحادث.
ب - احسب قيمة n .
ج - اوجد عبارة ثابت التوازن K بدلالة K_e و K_e .
د - احسب قيمة K ، ماذا تستنتج؟

التمرين 08 : بكالوريا 2016 - ع ت-2

التحريبي: (04 نقاط)

لمعرفة صنف كحول A صيغته المجملية $C_nH_{2n}OH$ ، نشكل في اللحظة $t=0$ مزيجا متكافئا في كمية المادة يتكون من الكحول A وحمض الإيثانويك صيغته المجملية CH_3COOH ونسخن المزيج بطريقة التقطير المرند. في لحظات معينة نأخذ نفس الحجم V من المزيج التفاعلي ونبرده ثم نعاير الحمض المتبقي بمحلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq)+HO^-(aq))$ تركيزه المولي $c_b = 1 mol \cdot L^{-1}$ فيزاج بلوغ التكافؤ إضافة حجم V_{be} ثم نستنتج الحجم V_{be} اللازم لمعايرة الحمض المتبقي الكلي. دؤنا النتائج ورسمنا البيان $V_{be} = f(t)$ الممثل في الشكل-5.

1- ما الهدف من التسخين بطريقة التقطير المرند؟

2- بالاستعانة بالبيان جد ما يلي:

أ. كمية المادة الابتدائية للحمض المستعمل.

ب. كمية مادة الحمض المتبقي عند حالة التوازن الكيميائي.

3- أ. اكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج لتحويل الأسترة.

ب. أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل ثم استنتج التركيب المولي للمزيج عند بلوغ حالة التوازن الكيميائي.

ج. احسب ثابت التوازن الكيميائي K لهذا التفاعل.

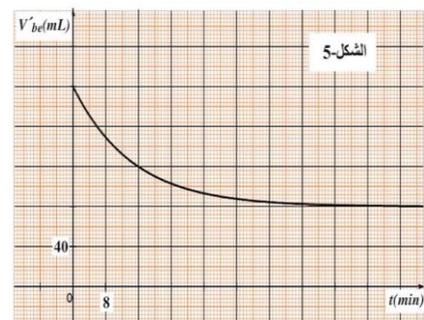
4- أ. احسب مردود التفاعل واستنتج صنف الكحول المستعمل.

ب. أعط الصيغة نصف المفصلة لكل من الكحول A والإستر المتشكل، مع ذكر اسم كل منهما.

5- عند بلوغ التوازن، نضيف للمزيج السابق $0,02 mol$ من حمض الإيثانويك و $0,08 mol$ من الإستر السابق.

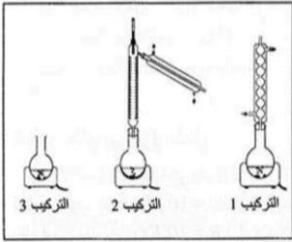
أ. احسب كسر التفاعل الابتدائي.

ب. استنتج جهة تطور التفاعل.



التمرين 09 : بكالوريا 2016 - ت ر

أستر خلات البنزيل $benzyl\ acetat$ سائل عديم اللون موجود في عدة زيوت زهرية مثل الجاردينيا والياسمين بنسبة تزيد عن 65%، و يستعمل لتقوية رائحة المواد والمركبات العطرية النباتية، صيغته نصف المفصلة هي $CH_3-COO-CH_2-C_6H_5$ ويمكن تحضيره من أسترة حمض الإيثانويك CH_3COOH بالكحول البنزيلي. نضع في دورق كروي موضوع في حمام ماري مزيجا مكونا من $m = 24 g$ من حمض الإيثانويك و $V = 41,6 mL$ من الكحول البنزيلي النقي السائل وقطرات من حمض الكبريت المركز.



الشكل-4

تُعطي - الكتلة الحجمية للكحول البنزيلي $\rho = 1,039 g/mL$
و كتلته المولية الجزيئية $108 g/mol$

- الكتلة المولية الجزيئية لحمض الإيثانويك: $60 g/mol$

- 1- عين من الشكل-4 التركيب المناسب لتحضير الأستر.
- 2- احسب كمية المادة الابتدائية لكل من الحمض والكحول.
- 3- استنتج الصيغة نصف المفصلة للكحول البنزيلي وصنفه.
- 4- اكتب معادلة التفاعل الحادث في الدورق.
- 5- انشئ جدول التقدم لهذا التفاعل.
- 6- استنتج التركيب المولي للمزيج عند حالة التوازن.
- 7- يمكن تحسين مردود الأسترة بعدة طرق نذكر منها:
أ- نزع الماء من المزيج السابق. علل.
ب- نستبدل في المزيج الابتدائي حمض الإيثانويك بـ كلور الإيثانويل CH_3COCl . علل.

التحريبي: (07 نقاط)

تهدف هذه الدراسة إلى كيفية تحسين مردود تفاعل، من أجل ذلك:

I- نفاعل $0,02 mol$ من المركب $(A) CH_3COOC_3H_7$ مع $0,02 mol$ من الماء في درجة حرارة مناسبة وبإضافة قطرات من حمض الكبريت المركز.
يُنمذج هذا التحويل بمعادلة كيميائية من الشكل:



(A)

(C)

- 1) ما الفائدة من إضافة قطرات من حمض الكبريت المركز؟
- 2) حدد الوظيفة الكيميائية للمركب (A).
- 3) بماذا يسمى هذا التفاعل؟
- 4) حدد الوظيفة الكيميائية للمركب (C).
- 5) أنجز جدولاً لتقدم التفاعل.

II- بعد مدة زمنية كافية يصل فيها التفاعل السابق إلى حالة التوازن، نضيف له بالتدريج محلولاً من هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq), OH^-(aq))$ تركيزه المولي $C_b = 0,4 mol/L$ بوجود كاشف ملون مناسب (فينو فتالين) من أجل معايرة الحمض المتشكل في التفاعل السابق.
نلاحظ أن لون المزيج يتغير عند إضافة حجم من محلول هيدروكسيد الصوديوم قدره $V_b = 20 mL$ ، نوقف عندها عملية المعايرة اللونية.

- 1) ارسم التجهيز التجريبي لعملية المعايرة اللونية موضحاً عليه البيانات الكافية.
- 2) اكتب معادلة تفاعل المعايرة الحادث.
- 3) احسب كمية مادة الحمض المتشكل عند توازن التفاعل (1).
- 4) احسب مردود التفاعل السابق (1) واستنتج صنف الكحول الناتج.
- 5) أعط التركيب المولي للمزيج السابق عند التوازن ثم احسب ثابت التوازن K له.
- 6) سمّ المركبين (A)، (C).

III- بعد عملية المعايرة نسخن المزيج من جديد مدة كافية فنلاحظ زوال اللون الذي ظهر عند التكافؤ السابق (يصبح المزيج شفافاً).

- 1) فتر ما حدث في المزيج.
- 2) هل تتوقع زيادة أو نقصان في مردود التفاعل السابق؟ علّل، ماذا تستنتج؟

التحريبي: (06 نقاط)

I- نُحضر محلولاً مائياً (S) لحمض الإيثانويك CH_3-COOH بإذابة كتلة $m = 0,60 g$ من حمض الإيثانويك النقي في حجم $V = 1,0 L$ من الماء المقطر.

نقيس الناقلية النوعية σ للمحلول (S) في درجة الحرارة $25^\circ C$ فنجدها $\sigma = 1,64 \times 10^{-2} S \cdot m^{-1}$.

1- أ) اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي الحادث بين حمض الإيثانويك النقي والماء.

ب) هل التفاعل السابق تمّ بين: حمض وأساسه المرافق أو حمض لتثائية وأساس لتثائية أخرى؟

ج) احسب التركيز المولي c للمحلول (S).

2- أ) قَدِّم جدولاً لتقدم التفاعل الحادث في المحلول (S).

ب) جدّ عبارة التركيز المولي لشاردات الهيدرونيوم $[H_3O^+]$ في المحلول (S) بدلالة σ والناقليتين الموليتين

$$\lambda_{H_3O^+} \text{ و } \lambda_{CH_3COO^-}$$

(ج) استنتج قيمة الـ pH للمحلول الحمضي (S).

3-1 أ) اكتب عبارة كسر التفاعل النهائي $Q_{r,f}$ للتفاعل الحادث في المحلول (S) وبين أنها تكتب على الشكل:

$$Q_{r,f} = \frac{10^{-2pH}}{c - 10^{-pH}}$$

(ب) احسب ثابت التوازن K للتفاعل السابق. ماذا تستنتج؟

II - تحقق مزجاً متساوي المولات يتكون من n_0 (mol) من

حمض الأيثانويك النقي CH_3-COOH مع n_0 (mol) من

كحول صيغته الجزيئية المجملة C_3H_7OH .

(1) سمّ التفاعل الحادث في المزيج وأذكر خصائصه.

(2) اكتب معادلة التفاعل الكيميائي الحادث.

(3) يمثل البيان (الشكل-8) تغيرات الكتلة m للحمض المتبقى

أثناء التفاعل بدلالة الزمن t.

(أ) حدّد التركيب المولي للمزيج عند التوازن الكيميائي.

(ب) احسب مردود التفاعل وحدّد من بين الصيغتين التاليتين:



(ج) اكتب الصيغة نصف المنشورة للمركب العضوي الناتج واتكر اسمه.

4-1 أ) عند حدوث التوازن الكيميائي حيث ثابت التوازن للتفاعل السابق $K = 2,25$ ، نضيف $0,1 \text{ mol}$ من الماء إلى

المزيج التفاعلي. اعتماداً على كسر التفاعل Q_r حدّد جهة تطور حالة الجملة.

(ب) حدّد التركيب المولي للمزيج عند التوازن الكيميائي الجديد.

$$\lambda_{H_3O^+} = 35,0 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} ; \lambda_{CH_3COO^-} = 4,1 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(H) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} ; M(O) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} ; M(C) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

التمرين 12 : بكالوريا 2018 - ع 2

التمرين الثاني: (07 نقاط)



صورة jpg : فواكه الغليظة

تحتوي العديد من الفواكه على استرات ذات نكهة متميزة، فمثلاً نكهة فواكه الغليظة تعود إلى

ميثانوات الإيثيل الذي يمكن تحضيره في المختبر بتفاعل حمض كربوكسيلي مع كحول.

1. الدراسة الحركية لتحويل إمامة الأستر.

$$\lambda_{H_3O^+} = 35 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} ; \lambda_{HCOO^-} = 5,46 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

يُعطى: المتابعة الزمنية لتفاعل مزيج ابتدائي متكافئ في كمية المادة يتكون من $0,03 \text{ mol}$ لكل

من ميثانوات الإيثيل والماء، مكثت من الحصول

على منحنى الشكل-2.

1.1. اكتب معادلة التفاعل المنمذج لتحويل الحادث.

2.1. أنجز جدولاً لتقدم التفاعل.

3.1. استخرج من المنحنى خاصيتين يتميز بهما

التفاعل ميزراً إيجابياً.

4.1. احسب مردود التفاعل. كيف يمكن جعل هذا

التفاعل شبه تام؟

5.1. عيّن التركيب المولي للمزيج عند التوازن.

6.1. احسب السرعة اللحظية للتفاعل عند اللحظتين:

$t_1 = 10 \text{ min}$ و $t_2 = 30 \text{ min}$. ماذا تستنتج؟

2. معايرة الحمض الكربوكسيلي بأساس.

يُحضّر محلول (S) بجل $n = 0,01 \text{ mol}$ من حمض الميثانويك النقي في حجم $V = 1 \text{ L}$ من الماء.

قيس ناقليته النوعية في 25°C فوجت $\sigma = 0,049 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$.

1.1. أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل الحادث بين الحمض والماء.

2.2. احسب التركيز المولي c_A للمحلول (S) وبين أنّ

حمض الميثانويك ضعيف.

3.2. احسب قيمة الـ pH للمحلول (S).

3. معايرة حجم $V_A = 10 \text{ mL}$ من المحلول (S) بمحلول

هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq) + OH^-(aq))$ تركيزه

المولي c_B . مكثت القياسات التجريبية من رسم المنحنى

البياني $pH - pK_a = f(V_B)$ الممثل في الشكل-3-3.

1.3. استنتج قيمة pK_a للثنائية $HCOOH(aq)/HCOO^-(aq)$.

2.3. جد التركيز المولي c_B .

التمرين 13 : بكالوريا 2019 - ع 2

تُصنّف التحولات الكيميائية إلى تامة وغير تامة.

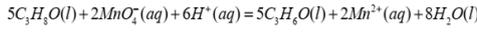
فقرح في هذا التمرين دراسة تحولين أحدهما تام والآخر غير تام.

أولاً: دراسة تفاعل الكحول (B) ذي الصيغة المجملة C_3H_7O مع شوارد البرمنغنات MnO_4^-

المعطيات:

$$\llcorner \text{ الكتلة المولية الجزيئية للكحول (B) } M(B) = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

نضع في إبريلينة ماير موضوعة فوق مخلوط مغناطيسي حجمها $V_0 = 50 \text{ mL}$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+(aq) + MnO_4^-(aq))$ تركيزه المولي $c_0 = 0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ، المحمض بحمض الكبريت المركز. في اللحظة $t = 0$ نضيف للمزيج كتلة قدرها $m = 3,75 \text{ g}$ من الكحول (B) ذي الصيغة الجزيئية المجملة C_3H_7O ، حيث يصبح حجم الوسط التفاعلي $V_T = 60 \text{ mL}$. التحول الكيميائي الحادث بطيء، تُنمذجة بالمعادلة الكيميائية:



1. عرّف كل من المؤكسد والمُرَجِع.

2. بين أنّ التفاعل الحادث هو تفاعل أكسدة-إرجاع، ثم اكتب التاليتين Ox/Red المشاركين في التفاعل.

3. وضّح دور حمض الكبريت المركز في هذا التفاعل.

4. أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل واحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .

5. المتابعة الزمنية لتطور كمية مادة الكحول (B)، مكثت من رسم المنحنى البياني الممثل بالشكل 3.

1.5. حدّد قيمة التقدم النهائي x_r . ثم أثبت أنّ هذا التفاعل تام.

2.5. عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ثم حدّد بيانياً قيمته.

3.5. احسب السرعة الحجمية لاختفاء الكحول (B) في اللحظة $t = 0$.

ثانياً: دراسة تفاعل الكحول (B) مع حمض الأيثانويك (CH_3COOH).

لتحديد صنف الكحول (B)، نجري تفاعل أسطرة لمزيج ابتدائي متساوي المولات (50 mmol من الكحول (B) و 50 mmol من حمض الأيثانويك (A)) مع إضافة قطرات من حمض الكبريت المركز.

نُسخّن المزيج بالازدياد لمدة ساعة.

1. وضّح دور حمض الكبريت المركز في هذا التفاعل.

2. اكتب معادلة التفاعل الحادث.

3. أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل واحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .

4. المنحنى البياني الممثل بالشكل 4 يُمَثّل تطور كمية مادة الكحول (B) بدلالة الزمن:

1.4. اكتب بروتوكولاً تجريبياً توضح فيه كيفية الحصول على المنحنى البياني الشكل 4.

2.4. حدّد قيمة التقدم النهائي x_r وأثبت أنّ هذا التفاعل غير تام.

3.4. احسب مردود التفاعل واستنتج صنف الكحول (B).

5. دَعْم هذه الجملة بالتفسير أكثر «يمكن الحصول على الإستر السابق بتفاعل آخر تام، سريع وناشر للحرارة».

التمرين 14 : بكالوريا 2019 - ع 2

توجد الإسترات العضوية في مختلف الصناعات الغذائية، النسيجية، العطرية... إلخ، من بينها إيثانوات الإيثيل ذو

الصيغة الكيميائية $CH_3COOC_2H_5$.

يهدف هذا التمرين إلى تحضير إيثانوات الإيثيل في المختبر انطلاقاً من تفاعل حمض عضوي وكحول.

$$\text{المعطيات: } M(CH_3COOC_2H_5) = 88 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1. تشكل مزيج متساوي المولات من حمض عضوي (A) وكحول (B) بإضافة قطرات من حمض الكبريت المركز عند

درجة حرارة ثابتة 100°C لاصطناع إيثانوات الإيثيل.

1.1. حدّد الصيغة الجزيئية نصف المفصلة مع التسمية لكل من الحمض العضوي (A) والكحول (B).

2.1. اكتب معادلة التفاعل الحادث بين كل من الحمض (A) والكحول (B)، اذكر خصائصه.

3.1. اختر قيمة ثابت التوازن K لهذا التحول من بين القيم الآتية: $K = 4$ ، $K = 2,25$ ، $K = 10^{-3}$ مع التعليل.

4.1. إن متابعة كمية مادة الإستر المتشكل في التحول السابق مكثت من الحصول على الشكل 7 الذي يمثل

تطور كمية مادة الإستر المتشكل في المزيج بدلالة الزمن $n_{ester} = f(t)$.

بالاعتماد على الشكل 7:

1.4.1. بين أنّ الكمية الابتدائية

للمتفاعل:

$$n_0(A) = n_0(B) = 2 \text{ mol}$$

2.4.1. استنتج مردود التفاعل %.

5.1. أذكر طريقتين يمكن من خلالهما

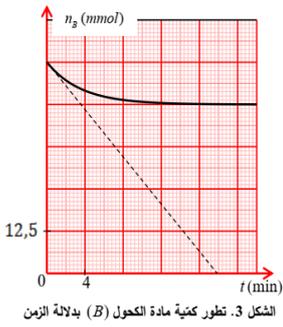
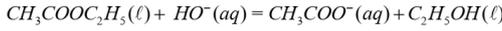
تحسين مردود هذا التفاعل.

2. نأخذ كتلة m من الإستر السابق

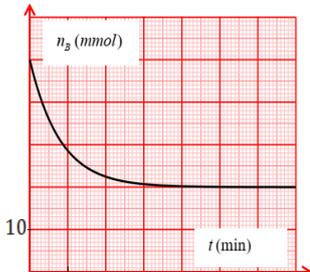
ونضعها في حجم $V = 100 \text{ mL}$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم

المحلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq) + HO^-(aq))$ تركيزه المولي

$c = 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ وبالتسخين المرشد يحدث التفاعل التام المنمذج بالمعادلة الآتية:



الشكل 3. تطور كمية مادة الكحول (B) بدلالة الزمن



الشكل 4. تطور كمية مادة الكحول (B) بدلالة الزمن

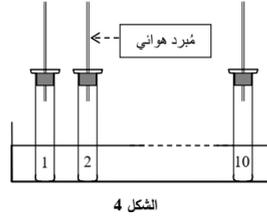


التمرين 15 : بكالوريا 2022 - ع ت

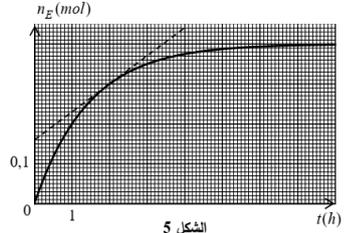
توجد الأسترات العضوية في الفواكه، الخضار، الأزهار، الزيوت ... ويُمكن اصطناعها من الكحولات والأحماض الكربوكسيلية بسهولة في المخابِر. يُحضَر الكيمائي الشروط التجريبية المناسبة ثم يُراقب التحول الحادث من حيث سرعته، ونواتجه ومرودده.

يهدف هذا التمرين إلى متابعة تفاعل الأسترة زمنياً ومراقبة مرودده.

يُحضَر مزجاً ابتدائياً في أرنينة ماير يتكون من $0,6 \text{ mol}$ من حمض الإيثانويك (CH_3COOH) و $0,6 \text{ mol}$ من كحول صيغته $(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH})$. نُوزعه بالتساوي على عشرة (10) أنابيب اختبار ونُضيف إليها بضع قطرات من حمض الكبريت المركز ثم نُسخها بسدادات مَزُوْدَة بمَبْرَدٍ هوائي (الشكل 4). عند اللحظة $t=0$ ، نضع الأنابيب في حمام مائي درجة حرارته 80°C . مُعايرة كمية مادة الحمض المتبقية في لحظات مختلفة مُكْتَم من رسم منحنى تغيرات كمية مادة الأستر المتشكلة في المزيج الابتدائي بدلالة الزمن (الشكل 5).



الشكل 4



الشكل 5

I- المتابعة الزمنية لتحول الأسترة:

1. اذكر دور كل من إضافة بضع قطرات من حمض الكبريت المركز وتسخين المزيج التفاعلي.
2. لماذا زدنا أنابيب الاختبار بمبرد هوائي؟ كيف تُسمى هذه العملية؟
3. اكتب معادلة التفاعل الحادث ثم أنجز جدولاً لتقدمه.
4. بالاعتماد على المنحنى البياني (الشكل 5):
 - 1.4. استنتج خصائص تفاعل الأسترة.
 - 2.4. حدّد قيمة زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
 - 3.4. احسب سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 2 \text{ h}$ ثم قيّر كيف تتطور السرعة خلال الزمن.
5. بناءً على ما درستَه هل السرعة الحجمية لتفاعل الأسترة في المزيج الابتدائي عند اللحظة $t = 2 \text{ h}$ تكون أكبر، أصغر أم تساوي السرعة الحجمية للتفاعل في أنبوبة اختبار عند نفس اللحظة t ؟ علّل.

II- مُراقبة تحول الأسترة:

إن دراسة تحول الأسترة أبرزت عدة عوامل تُؤثر على مرودد التفاعل المُتمذج له.

1. اعتماداً على جدول تقدم التفاعل الحادث في المزيج الابتدائي جُد:
 - 1.1. التركيب المولي للمزيج التفاعلي عند حالة التوازن الكيميائي.
 - 2.1. قيمة ثابت التوازن الكيميائي K لتفاعل الأسترة.
 - 3.1. قيمة مرودد التحول الحادث r ثم استنتج صنف الكحول المُستعمل.
2. اكتب الصيغة نصف المنشورة والاسم النظامي لكل من الكحول والأستر علماً أنَّ السلسلة الفحمية للكحول خطية غير مُتفرعة.
3. احسب كمية مادة حمض الإيثانويك $n_{(ac)}$ التي يجب إضافتها للمزيج الابتدائي في نفس شروط التجربة ليكون مرودد تصنيع الأستر هو $r = 95\%$.

التمرين 16 : بكالوريا 2022 - ت ر

تُعتبر الأحماض الكربوكسيلية من المركبات العضوية التي تُظهر الخاصية الحمضية في المحاليل المائية وتُستعمل في إنتاج مواد مختلفة كالأسترات المُميّزة بنكهاتها الخاصة. صيغتها العامة $(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH})$ (عدد ذرات الكربون). يوجد في مخبر ثانوية قارورة لمحلول تجاري تحتوي على حمض عضوي مجهول، كُتِب على مُلصقتها كثافة المحلول التجاري $d = 1,05$ ، أما باقي المعلومات المُتمثلة في: الصيغة الجزيئية للحمض، كتلته المولية M ونسبة نقارة الحمض في المحلول التجاري $p\%$ ، فهي غير واضحة.

اقترح الأستاذ على فوجين من التلاميذ التجريبيين الآتيتين:

I. الفوج الأول: كُتِف باستكمال المعلومات غير الواضحة في مُلصقة قارورة المحلول التجاري.

قام تلاميذ الفوج بالعمليات الآتية:

1. تمديد حجم $V_0 = 2 \text{ mL}$ من محتوَى القارورة 175 مرة لتحضير محلول مائي (S) تركيزه المولي c .
2. قياس pH المحلول (S) عند درجة الحرارة 25°C أعطى القيمة $\text{pH} = 2,9$.
3. مُعايرة عيّنة من المحلول (S) حجمها $V_0 = 10 \text{ mL}$ بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم $(\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}))$ تركيزه المولي $c_0 = 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$ باستعمال كاشف الفينول فتالين. تم الحصول على التكافؤ حمض-أساس عند إضافة حجم $V_{\text{eq}} = 10 \text{ mL}$ من المحلول الأساسي.
1. حدّد الزجاجية المناسبة لأخذ الحجم $V_0 = 2 \text{ mL}$ من القارورة مع ذكر الاحتياطات الأمنية الواجب توفيرها.
2. اكتب المعادلة الكيميائية المُتمنجة للتحول الحادث أثناء المُعايرة بين الحمض $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ والأساس.
3. عرّف نقطة التكافؤ ثم استنتج التركيز المولي c للمحلول الحمضي (S) المُعاير.
4. أنجز جدول تقدم التفاعل الحادث بين الحمض $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ والماء ثم بيّن أنه حمض ضعيف.
5. جُد عبارة الثابت المُميّز للتثائية (أساس/حمض) بالشكل: $K_a = \frac{10^{-\text{pH}}}{c - 10^{-\text{pH}}}$. احسب قيمته عند 25°C .
6. بالاستعانة بالجدول الآتي لقيم ثابت الحموضة $\text{p}K_a$ لبعض الثنائيات (أساس/حمض) عند 25°C .

(أساس/حمض)	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH} / \text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-)$	$(\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-)$	$(\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-)$
$\text{p}K_a$	4,87	4,80	3,80

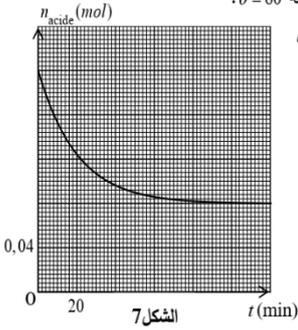
1.6. استنتج الصيغة الجزيئية للحمض المجهول.

2.6. استكمل المعلومات غير الواضحة على مُلصقة القارورة (الكتلة المولية M ، نسبة نقارة $p\%$).

II. الفوج الثاني: كُتِف بالتحقق من الصيغة الجزيئية للحمض ومُراقبة تفاعله مع كحول.

قام تلاميذ الفوج بالعمليات الآتية:

1. تحضير مزيج ابتدائي يتكون من كمية المادة $n = 0,2 \text{ mol}$ للحمض مأخوذة من القارورة مع كمية مادة $n_0 = 0,2 \text{ mol}$ من كحول نقي صيغته العامة $(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})$ وإضافة قطرات من حمض الكبريت المركز.
2. وضع المزيج الابتدائي عند $t = 0$ في حمام مائي درجة حرارته $\theta = 60^\circ$.



الشكل 7

3. متابعة تطور كمية مادة الحمض المتبقي $n_{(acide)}$ خلال الزمن مُكّن التلاميذ من رسم المنحنى البياني المُتمثل في (الشكل 7).

1. كيف نسمي هذا التحول الحادث؟

2. اذكر العاملين الحركيين المُستعملين لتسريع التفاعل.

3. اكتب معادلة التفاعل الحادث بين الحمض $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ والكحول $(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})$.

4. استنتج من البيان (الشكل 7):

1.4. خاصيتين للتحول الكيميائي الحادث.

2.4. مرودد التفاعل r ثم استنتج صنف الكحول المُستعمل.

صيغته نصف المنشورة واسمه النظامي.

5. تحقّق من الصيغة الجزيئية للحمض إذا علمت أنه في نهاية التفاعل كانت كتلة الكحول والحمض متساويتين.

6. اكتب الصيغة نصف المنشورة للمركب العضوي الناتج ثم أعط اسم النظامي.

7. طلب الأستاذ اقتراحات لتحسين مرودد تصنيع المركب العضوي الناتج. قيّم هذه الاقتراحات.

تعطى: $M(H) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(C) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(O) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

حل نجمية: الأستر-إماهة -

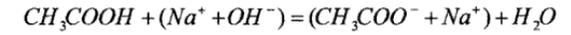
التمرين 01 : بكالوريا 2009 ع ت

1 أ - لإيثانوات الإيثيل .

ب - جدول التقدم :

الحالة	$CH_3COOH + C_2H_5OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$			
ح . ابتدائية	0,2	0,2	0	0
ح . إنتقالية	$0,2-x$	$0,2-x$	x	x
ح . النهائية	$0,2-x_f$	$0,2-x$	x_f	x_f

ج - معادلة المعايرة :



2 أ - عند التكافؤ في تفاعل المعايرة : $n_A = n_B = CV'_{be}$

في المزيج الكلي : $n_a = V'_{be}$

من جدول تقدم الأسرة : $n_a = 0,2 - x$

ومنه : $x = 0,2 - n_a$

حساب التقدم x في الجدول في كل زمن t :

$t(h)$	0	4	8	16	20	32	40	48	60
$x(mol)$	0	0,03	0,05	0,08	0,10	0,12	0,13	0,13	0,13

رسم المنحنى : $x = f(t)$ (أنظر الشكل)

ب - $\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{0,13}{0,2} = 0,65 = 65\%$ أو $\tau = 0,65$

نستنتج أن التفاعل غير تام .

ج - $Q_{rev} = \frac{(x_f)^2}{(0,2-x_f)^2} = 3,14$

التمرين 02 : بكالوريا 2009 ع ت ر

1-جدول التقدم:

ح	$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} = CH_3COOC_2H_5_{(l)} + H_2O_{(l)}$			
ح !	n_o	n_o	0	0
ح !	$n_o - x$	$n_o - x$	x	x
ح ن	$n_o - x_f$	$n_o - x_f$	x_f	x_f

استنتاج x_{max} : $x_{max} = n_o - x_{max} = 0$ ومنه $x_{max} = n_o = 1mol$

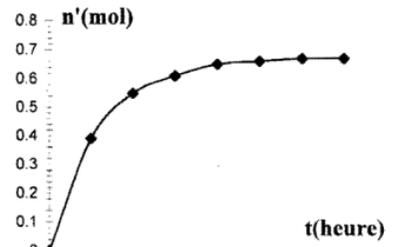
2 - العلاقة التي تعطي كمية مادة الأستر المتشكل $n' = 1 - n$

3- اكمال الجدول:

$n'(mol)$	0	0.39	0.55	0.61	0.65	0.66	0.67	0.67
-----------	---	------	------	------	------	------	------	------

رسم البيان :

$$n' = f(t)$$



4- حساب قيمة سرعة التفاعل عند $t = 3h$

ممثلة بميل المماس عند $t = 3h$

$$V_3 = \frac{\Delta n'}{\Delta t} = \frac{(3,5 - 5,9) \cdot 0,1}{6 - 2,5} = \frac{0,16}{3,5} = 0,046 mol \cdot h^{-1}$$

. تتناقص مع الزمن

التعليق : بما أن الجملة تؤول إلى حالة التوازن فإن السرعة تتناقص إلى أن تتعدم

كحساب النسبة النهائية للتقدم . من البيان $x_f \approx 0,67 mol$

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{0,67}{1} = 67\%$$

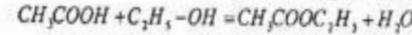
الاستنتاج : التحول غير تام

التمرين 03 : بكالوريا 2011 ع ت ر

1. ا) اسم التحول: أسترة

خصائصه: محدود، بطيء، لا حراري.

ب) المعادلة الممنجة للتحول:



ج) اسم المركب العضوي E: إيثانوات الإيثيل

2. أ) السرعة اللحظية للتفاعل $t = 25h$: $v = 8 \times 10^{-3} mol \cdot h^{-1}$

ب) مردود التفاعل عند التوازن : $\eta = 0,67 \Rightarrow 67\%$

3. لزيادة مردود التفاعل نستخدم مزيجا تقاطعا غير متساوي المولات

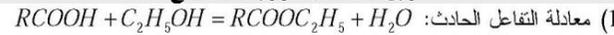
$$4. أ) حساب كسر التفاعل عند التوازن : $Q_{r,eq} = \frac{[CH_3COOC_2H_5][H_2O]}{[CH_3COOH][C_2H_5OH]} = 4,12$$$

ومنه ثابت التوازن : $K = Q_{r,eq} = 4,12$

ب) جهة التطور التلقائي: تتطور الجملة في جهة تشكيل الأستر

التعليق: $Q_{r,i} = 2,56 < 4,12$

التمرين 04 : بكالوريا 2014 ع ت



خصائص التفاعل: بطيء - لا حراري - محدود.

2) معايرة مختلف كميات المادة للحمض المتبقّي بواسطة محلول من الصودا معلوم التركيز

$$(n_{ester})_{eq} = n_0(acide) - n_{reste}(acide)$$

3 أ - حسب البيان فإن : $n_f = x_f = 0,032 mol$ بالتالي:

$$(n_{alcohol})_{eq} = 0,04 - 0,032 = 0,008 mol \text{ و } (n_{acide})_{eq} = \frac{n_0(acide)}{10} - 0,032$$

$$\text{و } (n_{eau})_{eq} = (n_{ester})_{eq} = 0,032 mol$$

$$K = \frac{(n_{ester})_{eq} \times (n_{eau})_{eq}}{(n_{acide})_{eq} \times (n_{alcohol})_{eq}} = 4 \text{ حيث أن:}$$

$$\frac{0,032^2}{\left(\frac{n_0}{10} - 0,032\right) \times 0,008} = 4 \text{ فإن:}$$

$$n_0 = \left(\frac{0,032^2}{4 \times 0,008} + 0,032\right) \times 10 = 0,64 mol \leftarrow$$

ب- الصيغة المجملة للحمض $RCOOH$:

$$M(RCOOH) = \frac{m_0}{n_0} = \frac{38,4}{0,64} = 60 g \cdot mol^{-1} \text{ ومنه: } n_0 = \frac{m_0}{M}$$

صيغة الحمض $RCOOH$: $C_nH_{2n+1}COOH$

$$\text{و منه: } M(RCOOH) = (14n + 46) g \cdot mol^{-1}$$

$$\text{بالتالي: } n = \frac{60 - 46}{14} = 1 \text{ ومنه: } CH_3COOH$$

صيغة و اسم الأستر المتشكل: $CH_3COOC_2H_5$ إيثانوات الإيثيل.

$$\text{ج- } r = \frac{(n_{ester})_{eq}}{0,1 \times (n_{alcohol})_0} = \frac{0,032}{0,1 \times 0,4} = 0,80 = 80\%$$

المقارنة: في حالة مزيج متساوي المولات مردود التفاعل هو: 67% وهو أصغر من المردود السابق.

يفسر ذلك بتأثير التركيب المولي الابتدائي للمزيج على مردود التفاعل.

4- التركيب المولي عند اللحظة $t = 120 min$ في كل أنبوب:

النوع الكيميائي	C_2H_5OH	CH_3COOH	$C_4H_8O_2$	H_2O
بعد اللحظة $t = 120 min$	$0,008 mol$	$0,032 mol$	$0,032 mol$	$0,032 mol$

التمرين 05 : بكالوريا 2014 ع ت ر



2-جدول التقدم :

معادلة التفاعل	$CH_3COOH + C_2H_5-OH = CH_3COO-C_2H_5 + H_2O$				
الحالة	التقدم (x)	كمية المادة بـ (mol)			
الابتدائية $t=0$	$x=0$	0,2	0,2	0	0
الوسطية $t>0$	$x>0$	$0,2-x$	$0,2-x$	x	x
التوازن t_f	$x_f = x_{eq}$	$0,2-x_f$	$0,2-x_f$	x_f	x_f

3-حساب n_f أستر: عند التوازن الكيميائي ومن جدول التقدم:

$$Q_{\sigma} = K = \frac{[CH_3COOC_2H_5]_f [H_2O]_f}{[CH_3COOH]_f [C_2H_5-OH]_f} \Rightarrow K = \frac{x_f^2}{(0,2-x_f)^2} \Rightarrow \sqrt{4} = \frac{x_f}{(0,2-x_f)}$$

$$2 = \frac{x_f}{(0,2-x_f)} \Rightarrow x_f = n_f = 0,133 mol \text{ ومنه}$$

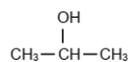
ب- جدول التقدم

معادلة التفاعل	$CH_3COOH(l) + C_3H_7OH(l) = CH_3COO-C_3H_7(l) + H_2O(l)$				
التقدم	كميات المادة بـ : mol				
ح.ج	0	0,2	0,2	0	0
ح.و	x	0,2 - x	0,2 - x	x	x
ح.ن	x_f	$0,2 - x_f$	$0,2 - x_f$	x_f	x_f

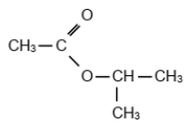
التركيب المولي للمزيج التفاعلي:

الكحول	الحمض	الأستر	الماء
0,08 mol	0,08 mol	0,12 mol	0,12 mol

ج- ثابت التوازن: $k = 2,25$
 أ- مردود التفاعل: $r = \frac{x_f}{x_{max}} \times 100 = \frac{0,12}{0,2} \times 100 = 60\%$
 كحول ثانوي



propan-2-ol ب-



Etanoate de methylethyl

أ- كسر التفاعل الابتدائي: $Q_{ri} = \frac{0,2 \times 0,12}{0,1 \times 0,08} = 3$
 ب- $Q_{ri} < k$ يتطور التفاعل في اتجاه الإمامة.

التمرين 09 : بكالوريا 2016 ت ر

- 1- كمية المادة الابتدائية: $n_0(acid) = \frac{m_0}{M} = \frac{24}{60} = 0,4 mol$, $n_0(alcool) = \frac{\rho V_0}{M} = \frac{1,039 \times 41,6}{108} = 0,4 mol$
- 2- الصيغة نصف المفصلة للكحول: $C_6H_5-CH_2-OH$ كحول أولي
- 3- معادلة التفاعل:
- $$CH_3COOH + C_6H_5-CH_2-OH = CH_3COO-CH_2-C_6H_5 + H_2O$$
- 4- جدول التقدم:
- | | | | | | |
|------------|--|------------------|--------------|--------|--------|
| المعادلة | $CH_3COOH + C_6H_5-CH_2-OH = CH_3COO-CH_2-C_6H_5 + H_2O$ | | | | |
| الحالة | التقدم | كميات المادة mol | | | |
| الابتدائية | $x = 0$ | 0,4 | 0,4 | 0 | 0 |
| الوسطية | $x(t)$ | $0,4 - x(t)$ | $0,4 - x(t)$ | $x(t)$ | $x(t)$ |
| النهائية | x_f | $0,4 - x_f$ | $0,4 - x_f$ | x_f | x_f |
- 5- كحول أولي والمزيج الابتدائي متساوي المولات \Rightarrow مردود الأستر $r = 0,67$ أو انطلاقا من $K = 4$

التركيب المولي للمزيج عند التوازن	ماء	أستر	كحول	حمض
	0,27	0,27	0,13	0,13

ملاحظة: قبل الإجابات مهما كان عدد الأرقام المعنوية.

6- أ. عند نزع الماء من المزيج يصبح $Q_r < K$ وبالتالي تتزاح الجملة في الاتجاه المباشر (تزايد الأستر).

ب. يصبح التفاعل تام عند استبدال الحمض بـ كلور الأسيل.

ب- جدول التقدم:

المعادلة	$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} = CH_3COOC_2H_5_{(l)} + H_2O_{(l)}$				
التقدم	كمية المادة بوحدة (mol)				
ح.ج	0	$n_0 = 1,40$	$n_0 = 1,40$	0	0
ح.و	x	$n_0 - x$	$n_0 - x$	x	x
ح.ن	x_f	$n_0 - x_f$	$n_0 - x_f$	x_f	x_f

باعتبار التحول تام: $x_{max} = n_0 = 1,4 mol$ و بيانيا: $x_f = 1,40 - 0,46 = 0,94 mol$

أو بحسب $\tau_f = x_f / x_{max} = 67\%$

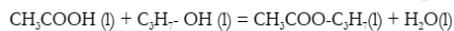
تعيين زمن نصف التفاعل: $x_f(t_{1/2}) = x_f / 2 = 0,94 / 2 = 0,47 mol$

بيانيا: $t_{1/2} \in [38 ; 42](min)$

5- تمثيل $n_{ester} = g(t)$ كيفيا عند $\theta_2 = 100^\circ C$ (انظر الشكل السابق)

التمرين 07 : بكالوريا 2016 ع ت

1- أ - معادلة التفاعل:



ب - جدول التقدم: من البيان

الحالة	$CH_3COOH(l) + C_2H_5-OH(l) = CH_3COO-C_2H_5(l) + H_2O(l)$			
الابتدائية	0,05	0,08	0	0
الانتقالية	$0,05 - x$	$0,08 - x$	x	x
النهائية	0,01	0,04	0,04	0,04

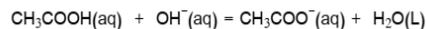
ج - نسبة التقدم النهائي: من البيان: $x_f = 0,04 mol$, $x_{max} = 0,05 mol$
 د - بحسب ثابت التوازن:

$$K = \frac{[CH_3COO-C_2H_5]_f [H_2O]_f}{[CH_3COOH]_f [C_2H_5OH]_f} = \frac{x_f^2}{(0,05 - x_f)(0,08 - x_f)} = 4$$

إذن صنف الكحول: أولي

هـ - لتحسين مردود التفاعل: - نزع الماء و/أو - إضافة الكحول

2- أ - معادلة تفاعل المعايرة:



ب - $pH = 4,8 = pK_a$ \leftarrow يمثل V حجم نصف التكافؤ $\leftarrow V_E = 2V = 20 mL$

$$n(OH^-) = C \cdot V_E = 0,01 mol$$

$$K = \frac{[CH_3COO^-]_f [H_3O^+]_f}{[CH_3COOH]_f [HO^-]_f} = \frac{K_a}{K_c} \rightarrow K = 10^{(pK_c - pK_a)} = 1,6 \cdot 10^9 \Rightarrow \text{تفاعل تام}$$

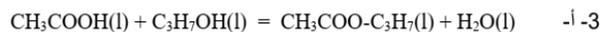
التمرين 08 : بكالوريا 2016 د-2

1- الهدف تسريع التفاعل بالتسخين دون فقدان كمية المادة.

أ- $n_0(a) = C_b V_{be}(t=0) = 1 \times 0,2 = 0,2 mol$

ب- عند التوازن:

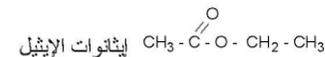
$$n_f(a) = C_b V_{be} = 1 \times 0,08 = 0,08 mol$$



ب- حساب المردود: $r = \frac{x_f}{x_{max}} \times 100 = \frac{0,133}{0,2} \times 100 = 66,6\%$ حيث:

$$r = 66,6\% \quad x_{max} = 0,2 mol$$

ج- الصيغة نصف المفصلة للأستر:



4- أ- ذكر طريقتين لتحسين (r):

- تحقيق مزيج ابتدائي غير متكافئ.

- نزع أحد النواتج.

ب- تحديد جهة التطور: $Q_{ri} = \frac{[ماء]_f [أستر]_f}{[كحول]_f [حمض]_f} = 0,99 < 4$

$$Q_{ri} < K$$

يتطور التفاعل في الاتجاه المباشر (تفاعل الأستر).

• التركيب المولي الجديد عند التوازن:

$$K = \frac{x_f^2}{(0,4 - x_f)(0,2 - x_f)} = 4 \quad x_f = 0,17 mol$$

ماء	أستر	كحول	حمض
0,17 mol	0,17 mol	0,03 mol	0,23 mol

التمرين 06 : بكالوريا 2015 ع ت



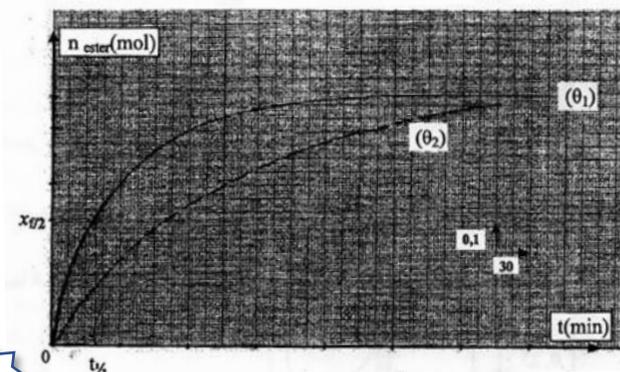
- الأستر: إيثانوات الإيثيل

ب) دور الحمض: تسريع التفاعل (وسيط)

2- الجدول:

t (min)	0	60	120	180	240	300	360	420
$n_{acide} (mol)$	1,40	0,80	0,59	0,52	0,48	0,47	0,46	0,46
$n_{ester} (mol)$	0	0,60	0,81	0,88	0,92	0,93	0,94	0,94

البيان: $n_{ester} = f(t)$



التمرين 10 : بكالوريا 2017 ع ت

التعريف التحريبي: (07 نقاط)

1-1 الفائدة من إضافة قطرات من حمض الكبريت هو تسريع التفاعل

2- تحديد الوظيفة الكيميائية لـ (A): وظيفة أسترية

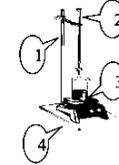
3- يسمى التفاعل إمامة أستر.

4- تحديد الوظيفة الكيميائية لـ (C): وظيفة كحولية.

5- جدول التقدم:

المعادلة	$CH_3COOC_3H_7(l) + H_2O(l) = CH_3COOH(l) + C_3H_7OH(l)$			
	n (mol)			
الحالة	التقدم			
الابتدائية	0	0.02	0.02	0
الانتقالية	x	0.02-x	0.02-x	x
النهائية	x _f	0.02-x _f	0.02-x _f	x _f

1-II- رسم التجهيز التجريبي للمعايرة:



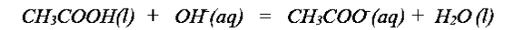
1: حامل

2: ساحة مترجة تحتوي على المحلول الأساسي

3: بيشر يحتوي على المحلول الحمضي

4: مخلط مغناطيسي

2- معادلة تفاعل المعايرة:



3- كمية مادة الحمض المتشكل: عند التحديد يتحقق $n_A = C_B \cdot V_{BE}$ ومنه

$$n_A = 0.08 \text{ mol}$$

4- حساب مردود التفاعل: لدينا $\rho = \frac{n_f}{n_0} \times 100 = \frac{0.008}{0.02} \times 100 = 40\%$

بما ان مردود الإمامة 40% والمزيج الابتدائي متساوي المولات فإن الكحول ثانوي

5- تركيب المزيج بالمول عند التوازن:

كحول	حمض	ماء	أستر
0.008	0.008	0.012	0.012

- حساب ثابت التوازن: لدينا $K = \frac{[CH_3COOH]_f \cdot [C_3H_7OH]_f}{[CH_3COOC_3H_7]_f \cdot [H_2O]_f} = 0.4$

6- تسمية المركبين A, C:

المركب A: إيثانوات 1- ميثيل أنيل
المركب C: بروبان-2- أول

III-1- تفسير ما يحدث: يتغير لون المزيج من الأحمر البنفسجي إلى عديم اللون بسبب انزياح

تفاعل الإمامة من جديد نحو نقطة توازن جديدة يتشكل عندها كمية جديدة من الحمض تجعل الوسط

حامضي فيكون عديم اللون بوجود

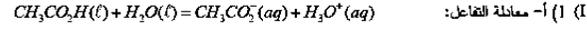
كاشف الفينول فتالين.

2- نتوقع زيادة في مردود التفاعل بسبب زيادة كمية الحمض والكحول ونقصان الأستر والماء.

نستنتج أن إضافة قاعدة قوية إلى تفاعل الإمامة يؤدي إلى زيادة مردودها.

التمرين 11 : بكالوريا 2017 ت ر

التعريف التحريبي: (06 نقاط)



1- أ- معادلة التفاعل:
ب- التفاعل السابق تم بين: حمض ثنائية وأساس ثنائية أخرى.

ج- التركيز المولي c للمحلول (S):

$$c = \frac{n_0}{V} = \frac{m}{M \cdot V} = 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

2- جدول تقدم التفاعل:

م. التفاعل	$CH_3CO_2H(aq) + H_2O(l) = CH_3CO_2^-(aq) + H_3O^+(aq)$		
	التقدم x (mol)	كميات المادة n (mol)	
الابتدائية	0	n ₀	0
الانتقالية	x	n ₀ -x	x
النهائية	x _f	n ₀ -x _f	x _f

ب- عبارة $[H_3O^+]_f$ بدلالة σ و $\lambda_{H_3O^+}$ و $\lambda_{CH_3CO_2^-}$:

$$\sigma = \sum \lambda_{x_i} \cdot [X_i] = \lambda_{H_3O^+} \cdot [H_3O^+]_f + \lambda_{CH_3CO_2^-} \cdot [CH_3CO_2^-]_f$$

$$\text{من الجدول: } [H_3O^+]_f = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3CO_2^-}}$$

ج- استنتاج قيمة لـ pH للمحلول الحمضي (S):

$$pH = -\text{Log} [H_3O^+] = -\text{Log} \left(\frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3CO_2^-}} \right)$$

$$\text{و منه: } pH = -\text{Log} \left(\frac{1.64 \times 10^{-2}}{(35.0 + 4.1) \times 10^{-3} \times 10^3} \right) = 3.4$$

3- أ- عبارة كسر التفاعل النهائي $Q_{r,f}$ للتفاعل الحادث في المحلول (S):

$$Q_{r,f} = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [CH_3CO_2^-]_f}{[CH_3CO_2H]_f}$$

$$Q_{r,f} = \frac{10^{-2pH}}{C - 10^{-2pH}}$$

ب- إثبات أن:

$$\text{من جدول التقدم لدينا: } [H_3O^+]_f = [CH_3CO_2^-]_f \text{ و } [CH_3CO_2H]_f = C - [H_3O^+]_f$$

$$\text{و منه: } Q_{r,f} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C - [H_3O^+]_f} = \frac{10^{-2pH}}{C - 10^{-2pH}}$$

$$K = Q_{r,f} = \frac{10^{-2pH}}{C - 10^{-2pH}}$$

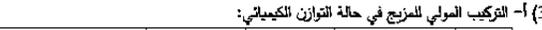
و منه: $K = \frac{10^{-3.4}}{10^{-2} - 10^{-3.4}} = 1.65 \times 10^{-5}$ الاستنتاج: التفاعل غير تام ($K < 10^4$).

(II)

1) التحول الحادث في المزيج: تحول أستر.

خصائصه: غير تام (محدود أو عكوس)، لا حراري، بطيء.

2) معادلة التفاعل الممتدج للتحول الحادث:



3- أ- التركيب المولي للمزيج في حالة التوازن الكيميائي:

النوع الكيميائي	CH_3CO_2H	C_3H_7OH	$CH_3CO_2C_3H_7$	H_2O
كمية المادة (ح. التوازن) n (mol)	0.08	0.08	0.12	0.12

$$\text{ب- المرود: } r = \frac{n_f(CH_3CO_2C_3H_7)}{n_0(CH_3CO_2H)} \times 100 = 60\%$$

و منه صيغة الكحول C_3H_7-OH في $CH_3-CHOH-CH_3$.

ج- الصيغة نصف المشورة للمركب الناتج واسمه: $CH_3CO_2CH(CH_3)_2$ إيثانوات 1- ميثيل الإثيل.

4- أ- جهة تطور الجملة:

$$Q_{r,f} = \frac{[CH_3CO_2CH(CH_3)_2]_f \cdot [H_2O]_f}{[CH_3CO_2H]_f \cdot [C_3H_7OH]_f}$$

$$Q_{r,f} = \frac{0.12 \times 0.22}{0.08 \times 0.08} = 4.125$$

و منه: $Q_{r,f} > K$ حالة الجملة تتطور باتجاه التفاعل غير المباشر.

(تقبل الإجابة: تتطور بجهة تشكل الحمض والكحول).

$$\text{ب- التركيب المولي عند التوازن الجديد: } K = 2.25 = \frac{(0.12-x_f) \times (0.22-x_f)}{(0.08+x_f)^2}$$

$$\text{و منه: } 1.25x_f^2 - 0.7x_f - 0.012 = 0 \Rightarrow x_f = 0.0168 \text{ mol} \approx 0.017 \text{ mol}$$

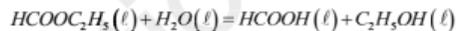
إذن:

النوع الكيميائي	CH_3CO_2H	C_3H_7OH	$CH_3CO_2C_3H_7$	H_2O
كمية المادة (ح. التوازن الجديد) n (mol)	0.097	0.097	0.103	0.203

التمرين 12 : بكالوريا 2018 ع ت

التمرين الثاني: (07 نقاط):

1.1 معادلة التفاعل الحادث:



2.1 جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل	$HCOOC_2H_5(l) + H_2O(l) = HCOOH(l) + C_2H_5OH(l)$			
الحالة الابتدائية	0.03mol	0.03mol	0	0
الحالة الانتقالية	0.03-x(t)	0.03-x(t)	x(t)	x(t)
الحالة النهائية	0.03-X _f	0.03-X _f	X _f	X _f

3.1 خاصيتا التحول:

- تفاعل بطيء لأن مدة انتهاء التحول كبيرة ($t_f \square 70 \text{ min}$)

- تفاعل غير تام لأن $X_f < X_{\text{max}}$ ($X_f = 0.01 \text{ mol}$, $X_{\text{max}} = 0.03 \text{ mol}$)

4.1 مردود التفاعل:

$$r = \frac{X_f}{X_{\text{max}}} \times 100 \square 33\%$$

يمكن جعل هذا التفاعل شبه تام ب نزع أحد النواتج (التقطير) (تقبل إجابات صحيحة أخرى)

5.1 التركيب المولي للمزيج عند التوازن:

النوع الكيميائي	الاستر	الماء	الحمض	الكحول
كمية المادة (mol)	0.02	0.02	0.01	0.01

6.1 حساب السرعة اللحظية للتفاعل في اللحظات: $t_1 = 10 \text{ min}$, $t_2 = 30 \text{ min}$

$$v(t_1) = \left(\frac{dx}{dt} \right)_A = \frac{(5-2) \times 10^{-3}}{(10-0)} = 3.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

التمرين 14 : بكالوريا 2019 ت ر

التمرين التجريبي: (06 نقاط)

(1)

1.1. الصيغ الجزيئية نصف المفصلة مع التسمية:

الحمض (A): CH_3COOH حمض الإيثانويك 0.25

الكحول (B): CH_3CH_2OH الإيثانول 0.25

2.1. معادلة التفاعل الحادث: $CH_3COOH(aq) + CH_3CH_2OH(aq) = CH_3COOC_2H_5(aq) + H_2O(l)$

خصائصه: محدود، لا حراري، بطيء.

3.1. الكحول أولي فإن ثابت التوازن: $k = 4$ 0.25

4.1

1.4.1. تبيان أن: $n_0(A) = n_0(B) = 2 \text{ mol}$

علاقة ثابت التوازن $k = \frac{x_f^2}{(n_0 - x_f)^2} \Rightarrow n_0 = x_f \left(\frac{1 + \sqrt{k}}{\sqrt{k}} \right)$

من البيان فإن $K = 4$ و $x_f = 1,34 \text{ mol}$ فنجد: $n_0 = 2 \text{ mol}$

2.4.1. مردود تفاعل الأسترة: 0.25

$r\% = \frac{x_f}{x_{max}} \times 100 = \frac{n_{f ester}}{n_0(A)} \times 100 = \frac{1,34}{2} \times 100 = 67\%$

يمكن الاستنتاج دون حساب

5.1. يمكن تحسين المردود: - استعمال مزيج ابتدائي غير متساوي المولات

- باستبدال حمض الإيثانويك بكلور الإيثانويل

(2)

1.1. يمكن انجاز متابعة زمنية عن طريق قياس الناقلية أو قياس الـ pH.

2.2. جدول التقدم للتفاعل

المعادلة	$CH_3COOC_2H_5(aq) + HO^-(aq) = CH_3COO^-(aq) + C_2H_5OH(l)$			
ح. الجملة	التقدم	كمية المادة (mol)		
ح. ابتدائية	0	$n_0 = \frac{m}{M}$	$n_0(HO^-) = cV$	0
ح. انتقالية	x	$n_0 - x$	$cV - x$	x
ح. نهائية	x_f	$cV - x_f$	$cV - x_f$	x_f

3.2. إثبات العلاقة: $x(t) = 10^{-3} - 0,1 \times [HO^-]$

من جدول التقدم: $[HO^-]V = cV - x(t) \Rightarrow x(t) = 10^{-3} - 0,1 [HO^-]$ 0.25

-8-

4. جدول التقدم: يعني ملء الحالة ح! وإحدى الحالات الأخرى 0.5

حالة الجملة	التقدم	$5C_3H_8O(l) + 2MnO_4^-(aq) + 6H^+(aq) = 5C_3H_6O(l) + 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$			
		كمية المادة ب (mmol)			
ح. إ.	$x = 0$	62,5	5	0	0
ح. و.	$x(t)$	$62,5 - 5x(t)$	$5 - 2x(t)$	$5x(t)$	$2x(t)$
ح. ن.	x_f	$62,5 - 5x_f$	$5 - 2x_f$	$5x_f$	$2x_f$

- حساب قيمة التقدم الأعظمي x_{max}

$$x_{max} = 2,5 \text{ mmol} \quad \text{ومنه: } \begin{cases} 62,5 - 5x_{max} = 0 \\ 5 - 2x_{max} = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x_{max} = 12,5 \text{ mmol} \\ x_{max} = 2,5 \text{ mmol} \end{cases}$$

1.1.5. إيجاد قيمة التقدم النهائي x_f والتحقق أن التفاعل تام:

من جدول التقدم لدينا: $n_f(B) = n_0(B) - 5x_f$ ومن المنحنى لدينا: $n_f(B) = 50 \text{ mmol}$ 0.25

ومنه نجد: $x_f = 2,5 \text{ mmol}$

بما أن $x_f = x_{max}$ فإن التفاعل تام. 0.25

2.5. تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: هو المدة الزمنية اللازمة لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته الأعظمية. 0.25

تحديد قيمة $t_{1/2}$ بيانيا: من العلاقة $n_B(t_{1/2}) = \frac{n_0(B) + n_f(B)}{2}$ وبالإسقاط نجد $t_{1/2} = 2,4 \text{ min}$ 0.25

3.5. حساب السرعة الحجمية لاختفاء الكحول (B) عند اللحظة $t = 0$:

$$v_{vol}(B) = -\frac{1}{V_f} \frac{dn(B)}{dt} \quad , \quad v_{vol}(B)(0) = -\frac{1}{0,06} \frac{0 - 62,5}{18 - 0} = 57,87 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

ثانيا: دراسة تفاعل الكحول C_3H_8O مع حمض الإيثانويك CH_3COOH

1. دور حمض الكبريت المركز: تسريع التفاعل ويُعتبر وسيطا. 0.25

2. كتابة معادلة التفاعل: $C_3H_8O(l) + CH_3COOH(l) = CH_3COOC_3H_7(l) + H_2O(l)$ 0.25

3. جدول تقدم التفاعل:

حالة الجملة	التقدم	ماء + إستر = حمض + كحول		
		كمية المادة (mmol)		
ح. إ.	$x = 0$	50	50	0
ح. ن.	x_f	$50 - x_f$	$50 - x_f$	x_f

- حساب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} : $50 - x_{max} = 0$ ومنه: $x_{max} = 50 \text{ mmol}$ 0.25

1.4. البروتوكول التجريبي

نقسم المزيج الابتدائي بالتساوي على عدة انابيب اختبار، نسدّها بإحكام ونضعها في حمام مائي

درجة حرارته ثابتة. نأخذ من حين لآخر أحد الأنابيب ونبرده ثم نعاير الحمض المتبقي بواسطة

محلول أساسي ذو تركيز مولي معلوم. 0.25

كمية الكحول المتبقية هي نفسها كمية الحمض المتبقية.

2.4. إيجاد قيمة التقدم النهائي x_f : من جدول التقدم لدينا: $n_f(B) = 50 - x_f$

ومن المنحنى لدينا: $n_f(B) = 20 \text{ mmol}$ ومنه نجد: $x_f = 30 \text{ mmol}$ 0.25

التحقق أن التفاعل غير تام: بما أن $x_f < x_{max}$ فإن التفاعل غير تام. 0.25

3.4. حساب مردود التفاعل لدينا: $r = \frac{x_f}{x_{max}} \times 100$ ومنه: $r = 60\%$ 0.25

صنف الكحول (B) المستعمل: ثانوي 0.25

5. يمكن تحضير الإستر الناتج بتفاعل تام: استعمال كلور الإيثانويل بدل حمض الإيثانويك.

$$v(t_2) = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t_2} = \frac{(8,8 - 6,0) \times 10^{-3}}{(30 - 0)} = 9,3 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

الاستنتاج: تناقص السرعة بسبب تناقص التراكيز المولية للمفاعلات.

1.2. جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل	$HCOOH(aq) + H_2O(l) = HCOO^-(aq) + H_3O^+(aq)$		
الحالة الابتدائية	0,01 mol	0	0
الحالة الانتقالية	0,01 - x(t)	x(t)	x(t)
الحالة النهائية	0,01 - x_f	x_f	x_f

2.2. حساب التركيز: $c_A = \frac{n}{V} = 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$

تبيان أن الحمض ضعيف:

$$\text{نصيب } r_f : r_f = \frac{x_f}{x_{max}}$$

من جدول التقدم: $x_{max} = 0,01 \text{ mol}$

$$\sigma_f = \lambda_{HCOO^-} [HCOO^-]_{t_f} + \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+]_{t_f}$$

$$x_f = \left(\frac{\sigma_f}{\lambda_{HCOO^-} + \lambda_{H_3O^+}} \right) V = 1,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

ومنه $r_f = 0,12 = 12\%$

3.2. قيمة pH المحلول الحمضي الناتج:

$$[H_3O^+]_f = \frac{x_f}{V} = \frac{1,2 \times 10^{-3}}{1} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

ومنه: $pH = -\log [H_3O^+]_{t_f} = 2,9$

1.3. استنتاج قيمة pKa الثابتية المردومة:

من أجل $(v_B = 0)$: $pH - pK_a = -0,9$ ومنه: $pKa = 2,9 - (-0,9) = 3,8$

2.3. التركيز المولي c_B :

من البيان: $pH = pK_a$; $pH - pK_a = 0$; نعلمه نصف التكاثر $V_{B eq} = 5 \text{ mL}$

ومنه: $V_{B eq} = 10 \text{ mL}$

$$\text{عند نقطة التكاثر: } c_B = \frac{c_A \cdot V_A}{V_R} = 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} \quad ; \quad n_A = n_B$$

التمرين 13 : بكالوريا 2014 م

التمرين التجريبي: (07 نقاط)

أولا: دراسة تفاعل الكحول (B) مع شوارد البرمنغنات

1. المؤكسد: هو كل فرد كيميائي يكتسب الكترولون أو أكثر خلال تحول كيميائي. 0.25

المرجع: هو كل فرد كيميائي يفقد الكترولون أو أكثر خلال تحول كيميائي. 0.25

2. المعادلتين النصفيتين والثنائيتين Ox / Red:

من للأوكسدة: $C_3H_8O = C_3H_6O + 2H^+ + 2e^-$ 0.25

من للإرجاع: $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$ 0.25

التفاعل الحادث تفاعل أكسدة إرجاع لأن هناك انتقال في الإلكترونات.

3. دور حمض الكبريت المركز هو توفير شوارد H_3O^+ اللازمة للتفاعل ولا يُعتبر وسيطا

لأن H_3O^+ تشارك في التفاعل.

التمرين 15 : بكالوريا 2022 ع ت

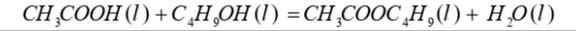
I- المتابعة الزمنية لتحول الأسترة:

1. دور حمض الكبريت المركز و تسخين المزيج : إضافة قطرات من حمض الكبريت المركز و تسخين المزيج التفاعلي هو لزيادة سرعة التفاعل.

2. أهمية المررد الهوائي واسم العملية:

هو الحفاظ على كمية المادة لمكونات المزيج التفاعلي من الضياع بكتييف البخار المتصاعد. تسمى هذه العملية بالتسخين المررد.

3. معادلة التفاعل وجدول التقدم:



معدلة التفاعل	$CH_3COOH(l) + C_4H_9OH(l) = CH_3COOC_4H_9(l) + H_2O(l)$				
	التقدم x (mol)	كمية المادة (mol)			
الحالة					
$t=0$	0	$n_0=0,6$	$n_0=0,6$	0	0
$t>0$	x	$0,6-x$	$0,6-x$	x	x
$t=t_f$	x_f	$0,6-x_f$	$0,6-x_f$	x_f	x_f

4. بالاعتماد على المنحنى البياني:

1.4. خصائص تفاعل الأسترة:

- تفاعل بطيء لأنه يستغرق عدة ساعات.

- غير تام (محدود) لأن $X_f = 0,4 mol$ لا يساوي $X_{max} = 0,6 mol$

2.4. تحديد قيمة زمن نصف التفاعل:

عند $t = t_{1/2}$ يكون $x = \frac{n(E)_f}{2} = \frac{0,2 mol}{2} = 0,1 mol$ بالاسقاط نجد: $t_{1/2} = 1h$

3.4. حساب سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 2h$:

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{dn_E}{dt} = \frac{1,4 \times 0,1}{2} = 7 \times 10^{-2} mol \cdot h^{-1}$$

- تكون سرعة التفاعل اعظمية عند اللحظة $t = 0$ ثم تتناقص حتى تنعدم وهذا راجع إلى تناقص التراكيز المولية للمفاعلات خلال الزمن (بيانيا تتناقص قيمة ميل المماس بمرور الزمن).

5. مقارنة السرعة الحجمية في المزيج الابتدائي مع السرعة الحجمية في أحد الانتياب:

تكون السرعة الحجمية لتفاعل الأسترة الحادث في المزيج عند لحظة t مساوية للسرعة الحجمية لنفس التفاعل في الانتياب عند نفس اللحظة t لأن تغير كمية المادة على الحجم ثابتة.

II- مراقبة تحول الأسترة:

1. بالاعتماد على جدول تقدم التفاعل.

1.1. التركيب المولي للمزيج التفاعلي عند حالة التوازن الكيميائي:

$$n_f(\text{حمض}) = n_f = n_0 - X_f = 0,6 - 0,4 = 0,2 mol$$

$$n_f(\text{أستر}) = n_f = X_f = 0,4 mol$$

2.1. قيمة ثابت التوازن K :

$$K = \frac{[أستر]_f \cdot [ماء]_f}{[أستر]_f \cdot [حمض]_f} = \frac{X_f^2}{(n_0 - X_f)^2} = \left(\frac{0,4}{0,6} \right)^2 = 4$$

3.1. إيجاد مردود التفاعل ثم استنتاج صنف الكحول:

$$r = \frac{X_f}{X_{max}} \times 100\% = \frac{0,4}{0,6} \times 100\% = 67\%$$

وبما أن المزيج الابتدائي متساوي في كمية المادة ، فإن صنف الكحول أولي.

2. الصيغة نصف المنشورة ، الإسم النظامي لكل من الكحول والأستر:

الكحول: $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$ بوتان-1 أول

الأستر: $CH_3 - COOCH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ إيثانوات بيوتيل

3. حساب كمية مادة حمض الإيثانويك المظافة من أجل $r = 95\%$:

$$r = \frac{x_f}{X_{max}} \times 100 = \frac{n_{E_f}}{n_0} \times 100\% = 95\% \Rightarrow n_{E_f} = \frac{0,6 \times 95}{100} = 0,57 mol$$

المركب	حمض	كحول	أستر	ماء
$t=0$	$(0,6 + n_0)$	$0,6 mol$	0	0
t_f	$(0,6 + n_0) - 0,57$	$0,6 - 0,57$	$0,57 mol$	$0,57 mol$

$$K = \frac{(0,57)^2}{(0,6 - 0,57 + n_0) \cdot (0,6 - 0,57)} = 4 \Rightarrow n_0 = 2,68 mol$$

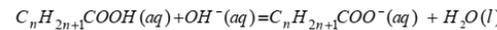
التمرين 16 : بكالوريا 2022 ت ر

التمرين التجريبي: (06 نقاط)

1. تحديد الزجاجية المناسبة لأخذ الحجم $V_0 = 2mL$ بواسطة ماصة عيارية $(2mL)$ مزودة بإجاصة مص.

- الاحتياطات الأمنية الواجب توفيرها: المئزر، النظارات، القفازات، النظارات، القناع.

2. كتابة المعادلة الكيميائية الممنجة للتحويل:



3. تعريف نقطة التكافؤ: عندها يكون المزيج التفاعلي سنكيومتري.

- استنتاج التركيز المولي c للمحلول الحمضي (S):

$$c \cdot V_a = c_b \cdot V_b \Rightarrow c = \frac{c_b \cdot V_b}{V_a} = 0,1 mol / L$$

4. جدول تقدم التفاعل الحادث بين الحمض $C_nH_{2n+1}COOH$ والماء:

المعدلة	$C_nH_{2n+1}COOH(aq) + H_2O(l) = C_nH_{2n+1}COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$			
الحالة	كمية المادة (mol)			
$t=0$	$n = c \cdot V$	زيادة	0	0
t	$n - x$	زيادة	x	x
t_f	$n - x_f$	زيادة	x_f	x_f

- إثبات أن حمض ضعيف: $pH = 2,9 \Rightarrow [H_3O^+]_f = 10^{-2,9} = 1,25 \times 10^{-3} mol / L$

بما أن: $[H_3O^+]_f < c$ ، إذا الحمض ضعيف.

(تقبل الإجابات الأخرى)

5. إيجاد عبارة الثابت المميز اللثائية (أساس/حمض):

$$K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f} = \frac{10^{-pH} \cdot 10^{-pH}}{c - 10^{-pH}} = \frac{10^{-2pH}}{c - 10^{-pH}}$$

$$\text{حساب قيمة } K_a: K_a = \frac{10^{-2(2,9)}}{0,1 - 10^{-2,9}} = 1,6 \times 10^{-5}$$

1.6. استنتاج الصيغة الجزيئية للحمض المجهول:

$$pK_a = -\log K_a = -\log(1,6 \times 10^{-5}) = 4,8 : pK_a \text{ ثابت الحموضة}$$

حسب الجدول فصيغة الحمض هي: CH_3COOH

2.6. استكمال معلومات الملصقة (الكتلة المولية M ، نسبة النقاوة p):

- الكتلة المولية للحمض: من صيغة الحمض نجد: $M = 2 \times 12 + 4 \times 1 + 2 \times 16 = 60 g / mol$

- نسبة النقاوة: لدينا من معامل التخفيف:

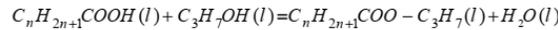
$$F = \frac{c_0}{c} = 175 \Rightarrow c_0 = 175c = 175 \times 0,1 = 17,5 mol / L$$

$$\text{ومن العلاقة نجد: } p\% = \frac{c_0 M}{10d} = \frac{17,7 \times 60}{10 \times 1,05} = 100\%$$

1. I / II نسمي هذا التحول بالأسترة.

2. العاملان الحركيان المستعملان لتسريع التفاعل: - رفع درجة الحرارة - إضافة حمض الكبريت

3. كتابة معادلة التفاعل الحادث بين الحمض والكحول:



1.4. خاصيتان للتحويل الكيميائي الحادث: - بطيء - غير تام (محدود)

2.4. مردود التفاعل r :

$$r = \frac{X_f}{X_{max}} \times 100 = \frac{0,2 - 0,08}{0,2} \times 100 = 60\%$$

- صنف الكحول المستعمل ثانوي

- صيغة الكحول نصف المنشورة واسمه النظامي: $CH_3 - CH(OH) - CH_3$ بروبان-2 أول

5. التحقق من صيغة الحمض: بما أن:

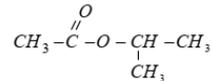
$$m(acid)_f = m(alc)_f \Rightarrow n(acid)_f \cdot M(acid) = n(alc)_f \cdot M(alc)_f$$

$$n(acid)_f = n(alc)_f \Rightarrow M(acid) = M(alc) = 60 g / mol$$

$$14n + 46 = 60 \Rightarrow n = 1$$

ومنه تكون صيغة الحمض هي: CH_3COOH

6. الصيغة نصف المنشورة للمركب العضوي الناتج واسمه النظامي:



إيثانوات ميثيل إيثيل

7. اقتراحات لتحسين مردود تصنيع المركب العضوي الناتج:

- نزع أحد النواتج - مزيج ابتدائي غير متكافئ في كمية المادة