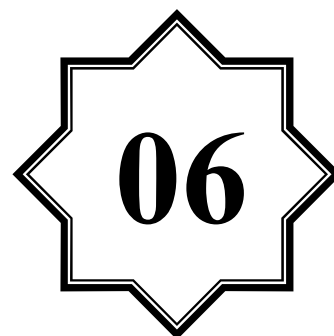


عمر بنظري و تمارين

التطورات الرتبة ٥

مراقبة تطور جملة كيميائية



الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

www.sites.google.com/site/faresfergani

السنة الدراسية : 2015/2014

المحتوى المفاهيمي : 07

سلسلة تمارين-1 (مستوى 02)

التمرين (1) :

- 1- حمض كربوكسيلي A كثافة بخاره بالنسبة للهواء 2.07 . أوجد الصيغة الجزيئية المجملية لهذا الحمض .
- 2- نشكل مزيج متساوي المولات يتكون من 2 mol من حمض (A) و 2 mol من كحول B هو البروبانول-2 ، وعند توفر الشروط اللازمة لحدوث التفاعل ، ينتج أستر E و ماء .
 - أ- أكتب معادلة التفاعل الحادث . مبينا خصائصه .
 - ب- أوجد نسبة التقدم النهائي :
 - ج- أكتب عبارة ثابت التوازن الكيميائي لتفاعل الأسترة بدلالة التقدم النهائي x_f ثم أحسب قيمته .
- 3- نشكل مزيج آخر يتكون من 1 mol من حمض A و 2 mol من الكحول B و 4 mol من الأستر (E) و 3 mol من الماء ثم نوفر الشروط اللازمة لحدوث التفاعل .
 - أ- بين في أي جهة يتطور التفاعل (أسترة أو إمهاة) .
 - ب- أوجد التركيب المولي للمزيج عند حدوث التوازن الكيميائي .
 - ج- أحسب مردود التفاعل .

الأجوبة :

1- الصيغة الجزيئية المجملية :

الصيغة العامة للحمض الكربوكسيلي هي : $C_nH_{2n+1}COOH$ و منه يكون :

$$M(A) = d \cdot 29 = 2.07 \cdot 29 \approx 60 \text{ g/mol}$$

و من جهة أخرى لدينا :

$$M(A) = 12n + 2n + 1 = 12 + 16 + 16 + 1 = 14n + 46$$

ومنه :

$$14n + 46 = 60 \rightarrow n = \frac{60 - 46}{14} = 1$$

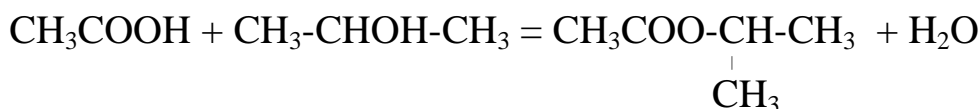
إذن الصيغة الجزيئية الم جملة للحمض (A) هي : CH_3COOH .

2-أ- معادلة التفاعل :

البربانول-2 صيغته :



ومنه المعادلة :



هذا التفاعل هو تفاعل أسترة يتميز بالخصائص التالية :

✓ محدود (غير تام) .

✓ لا حراري .

✓ عكوس .

✓ بطيء .

ب- نسبة التقدم النهائي :

البربانول-2 كحول ثانوي و كون أن المزيج الابتدائي متساوي المولات يكون :

$$r = 60 \% \rightarrow \tau_f = 0.60$$

ج- ثابت التوازن الكيميائي :

$$K = \frac{[\text{E}]_f [\text{H}_2\text{O}]_f}{[\text{A}]_f \cdot [\text{B}]_f}$$

$$K = \frac{\frac{n_f(\text{E})}{V} \frac{n_f(\text{H}_2\text{O})}{V}}{\frac{n_f(\text{A})}{V} \frac{n_f(\text{B})}{V}} = \frac{n_f(\text{E}) \cdot n_f(\text{H}_2\text{O})}{n_f(\text{A}) \cdot n_f(\text{B})}$$

نمثل جدول التقدم :

الحالة	التقدم	A	+	B	=	E	+	D
ابتدائية	$x = 0$	2		2		0		0
انتقالية	x	$2 - x$		$2 - x$		x		x
نهائية	x_f	$2 - x_f$		$2 - x_f$		x_f		x_f

من جدول التقدم :

$$n_f(\text{E}) = n_f(\text{H}_2\text{O}) = x_f$$

$$n_f(\text{A}) = n_f(\text{B}) = 2 - x_f$$

بالتعويض في عبارة ثابت التوازن الكيميائي :

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

من جدول التقدم و باعتبار التفاعل تم يكون :

$$2 - x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = 2 \text{ mol}$$

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}} \rightarrow x_f = \tau_f x_{\max}$$

$$x_f = 0.6 \cdot 2 = 1.2 \text{ mol}$$

ومنه :

$$K = \frac{(1.2)^2}{(2 - 1.2)^2} = 2.25$$

3- جهة تطور التفاعل :

نقارن بين Q_{ri} و K .

$$Q_{ri} = \frac{[E]_0 [H_2O]_0}{[A]_0 \cdot [B]_0}$$

$$Q_{ri} = \frac{\frac{n_0(E)}{V} \frac{n_0(H_2O)}{V}}{\frac{n_0(A)}{V} \frac{n_0(B)}{V}} = \frac{n_0(E) \cdot n_0(H_2O)}{n_0(A) \cdot n_0(B)}$$

$$Q_{ri} = \frac{4 \cdot 3}{1 \cdot 2} = 6$$

$Q_{ri} > K$ و منه التفاعل يتطور في الاتجاه المعاكس . (تفاعل إمامة) .

ب- التركيب المولي للمزيج عند حدوث التوازن :

الحالة	التقدم	E	+	H ₂ O	=	A	+	B
ابتدائية	x = 0	4		3		1		2
انتقالية	x	4 - x		3 - x		1 + x		2 + x
نهائية	x _f	4 - x _f		3 - x _f		1 + x _f		2 + x _f

إذا اعتبرنا :

K_1 : ثابت التوازن لتفاعل الأسترة .

K_2 : ثابت التوازن لتفاعل الإمامة .

يكون :

$$K_2 = \frac{1}{K_1} = \frac{1}{2.25} = 0.44$$

$$K_2 = \frac{[A]_f \cdot [B]_f}{[E]_f \cdot [H_2O]_f} = \frac{\frac{n_f(A)}{V} \frac{n_f(B)}{V}}{\frac{n_f(E)}{V} \frac{n_f(H_2O)}{V}} = \frac{n_f(A) \cdot n_f(B)}{n_f(E) \cdot n_f(H_2O)}$$

من جدول التقدم :

$$n_f(A) = 1 + x_f$$

$$n_f(B) = 2 + x_f$$

$$n_f(E) = 4 - x_f$$

$$n_f(H_2O) = 3 - x_f$$

ومنه يصبح لدينا :

$$K_2 = \frac{(1 + x_f)(2 + x_f)}{(4 - x_f)(3 - x_f)} = 0.44 \rightarrow \frac{2 + 3x_f + x_f^2}{12 - 7x_f + x_f^2} = 0.44$$

$$2 + 3x_f + x_f^2 = 5.28 - 3.08x_f + 0.44x_f^2$$

$$0.56x_f^2 + 6.08x_f - 3.28 = 0$$

$$\Delta = 44.31 \rightarrow \sqrt{\Delta} = 6.66$$

$$x_{f1} = \frac{-6.08 - 6.68}{2 \cdot 0.56} = -11.4 \text{ (مرفوض)}$$

$$x_{f2} = \frac{-6.08 + 6.68}{2 \cdot 0.56} = 0.52 \text{ mol (مقبول)}$$

و عليه يكون التركيب المولي للمزيج عند حدوث التوازن كما يلي :

$$n_f(A) = 1 + 0.51 = 1.52 \text{ mol}$$

$$n_f(B) = 2 + 0.51 = 2.52 \text{ mol}$$

$$n_f(E) = 4 - 0.51 = 3.48 \text{ mol}$$

$$n_f(H_2O) = 3 - 0.51 = 2.48 \text{ mol}$$

ج- مردود التفاعل :

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

- من جدول التقدم :

▪ إذا اختفى E كلياً :

$$4 - x = 0 \rightarrow x = 4$$

▪ إذا اختفى H_2O كلياً :

$$3 - x = 0 \rightarrow x = 3$$

إذن : $x_{\max} = 3 \text{ mol}$ ومنه :

$$r = \frac{0.51}{3} \cdot 100 = 17.3 \%$$

ملاحظة :

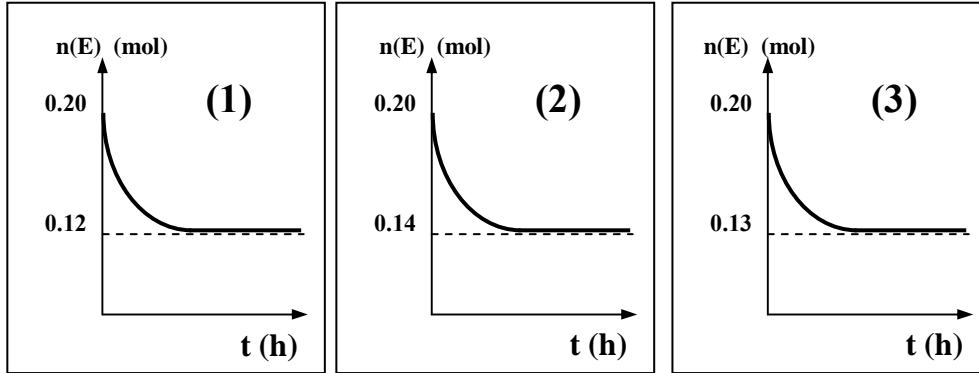
$$\tau_{\text{(إمالة)}} = 1 - \tau_{\text{(أسترة)}}$$

$$r_{\text{(إمالة)}} = 100 - r_{\text{(أسترة)}}$$

التمرين (2) :

- 1- ينتج عن إمالة الأستر (E) صيغته الجزيئية المجملة $C_4H_8O_2$ ، حمض الميثانويك و كحول (B) .
أ- استنتج الصيغة المجملة للكحول (B) .
ب- أكتب الصيغ نصف المفصلة له .

2- لمعرفة الصيغة الحقيقية للأستر (E) ، يحضر مزيج متساوي المولات يحتوي على 0.2 mol من الأستر (E) و 0.2 mol من الماء ، و يتابع تطور التفاعل الذي يجري في شروط ملائمة ، فيحصل على واحد من المنحنيات التالية التي تمثل تغيرات عدد مولات الأستر المتبقية بدلالة الزمن .



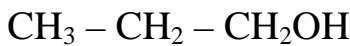
أ- ما هي من بين المنحنيات الممثلة ، المنحنى الذي يمثل تغيرات كمية مادة الأستر (E) المتبقية ؟ علما بأنه عند التوازن يلزم للتكافؤ $V_{bE} = 80 \text{ mL}$ عند معايرة الحمض الناتج عن إمالة الأستر بمحلول هيدروكسيد الصوديوم الذي تركيزه المولي $C_b = 1 \text{ mol/L}$
 ب- ما هي الصيغة الحقيقية للأستر (E) و ما إسمه .

الأجوبة :

1- الصيغة الجزيئية المجملية للكحول :

من خلال الشكل العام لمعادلة الأسترة يتضح أن عدد ذرات الكربون في الأستر مساوي لمجموع عدد ذرات الكربون في الحمض و الكحول ومنه :
 ▪ الأستر : عدد ذرات الكربون هو 4 .
 ▪ حمض الميثانويك : عدد ذرات الكربون هو 1 .
 إذن عدد ذرات كربون الكحول (B) ذو الصيغة العامة $C_nH_{2n+1}OH$ هو 3 ($n = 3$) و منه الصيغة الجزيئية المجملية للكحول هي : C_3H_7OH .

ب- الصيغ نصف المفصلة للكحول B :



بروبان-1-ول
(كحول ثانوي)



بروبان-2-ول
(كحول أولي)

2-أ- المنحنى الممثل لتغيرات عدد مولات الأستر بدلالة الزمن :

الفرق بين المنحنيات يكمن في عدد مولات الأستر المتشكل في نهاية التفاعل (التوازن) و عليه لتحديد المنحنى الموافق نحسب عدد مولات الأستر المتشكل في نهاية التفاعل .
 - عند التكافؤ :

$$n_f(A) = C_b V_{bE}$$

$$n_f(A) = 0.08 \text{ mol}$$

و هي عدد مولات الحمض المتشكل (A) في نهاية التفاعل .
 - نمثل جدول التقدم لتفاعل الإمالة :

الحالة	التقدم	E	+ H ₂ O	= A	+ B
ابتدائية	x = 0	0.2	0.2	0	0
انتقالية	x	0.2 - x	0.2 - x	x	x
نهائية	x _f	0.2 - x _f	0.2 - x _f	x _f	x _f

من جدول التقدم :

$$n_f(A) = x_f \rightarrow x_f = 0.08 \text{ mol}$$

من جدول التقدم أيضا :

$$n_f(E) = 0.2 - x_f = 0.2 - 0.08 = 0.12 \text{ mol}$$

هذه النتيجة توافق المنحنى (1) الذي يمثل تغيرات عدد مولات الأستر بدلالة الزمن .

ج- الصيغة الحقيقية للأستر :

لتحديد الصيغة الحقيقية للأستر نبحث عن صنف الكحول و ذلك بحساب مردود الإماهة .

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

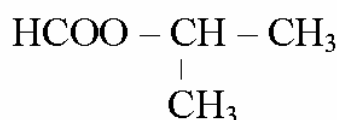
من جدول التقدم و بفرض أن التفاعل تم يكون :

$$0.2 - x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = 0.2 \text{ mol}$$

ومنه :

$$r = \frac{0.08}{0.2} \cdot 100 = 40\%$$

إذن صنف الكحول ثانوي و الصيغة الحقيقية للأستر هي :



إسمه : ميثانوات ميثيل إيثيل

أو : ميثانوات إيزوبروبيل

التمرين (3) :

1- إن عملية التصبن الصودي (بواسطة الصود NaOH) لأستر عضوي (E) كثافة بخاره بالنسبة للهواء $d = 4$ أعطت مركب (C) ، و كحول (B) يحتوي على 21.62 % أكسجين .

أ- أكتب الصيغة الجزيئية المجملية للمركبات (E) ، (C) ، (B) .

ب- أكتب الصيغة الجزيئية نصف المفصلة للكحول (B) مع ذكر الإسم و الصنف في كل صيغة .

ج- أكتب معادلة التصبن .

2- نشكل مزيج متساوي المولات يتكون من المركب (B) و حمض الإيثانويك ، نضيف للمزيج قطرات من حمض الكبريت المركز ثم نضعه في حمام مائي درجة حرارته ثابتة . نلاحظ عند نهاية التفاعل تشكل 11.6 g من الأستر و تبقى 114 g من حمض الإيثانويك .

أ- أكتب معادلة التفاعل الحاصل .

ب- أكتب الصيغ الجزيئية نصف المفصلة الممكنة للكحول (B) مع ذكر الإسم و الصنف في كل صيغة .

ج- مثل جدول التقدم لتفاعل الأسترة ثم أوجد التركيب المولي للمزيج الابتدائي و التركيب المولي للمزيج عند حدوث التوازن الكيميائي .

د- احسب مردود التفاعل و استنتج صيغة الكحول الحقيقية .

هـ- أكتب الصيغة الجزيئية نصف المفصلة للأستر (E) .

يعطى :

$$M(O) = 16 \text{ g/mol/L} , M(H) = 1 \text{ g/mol} , M(C) = 12 \text{ g/mol}$$

الأجوبة :

1- الصيغة الجزيئية المجملية لـ B ، C ، E :

الأستر E :

$$M(E) = d \cdot 29 = 4 \cdot 29 = 116 \text{ g/mol}$$

- الصيغة العامة للأستر هي : $C_nH_{2n}O_2$ ومنه يكون :

$$M(E) = 12n + 2n + 32 = 14n + 32$$

ومنه :

$$14n + 32 = 116 \rightarrow n = \frac{116 - 32}{14} = 6$$

إذن صيغة الأستر هي : $C_6H_{12}O_2$.

الكحول (B) :

صيغة الكحول العامة $C_nH_{2n}OH$ أو $C_nH_{2n+2}O$ لذا يكون :

$$\frac{M(B)}{100\%} = \frac{12n}{C\%} = \frac{2n + 2}{H\%} = \frac{16}{O\%}$$

$$\frac{M(B)}{100\%} = \frac{16}{O\%}$$

$$\frac{M(B)}{100\%} = \frac{16}{21.62\%} \rightarrow M(B) = \frac{16 \cdot 100}{21.62} \approx 74 \text{ g/mol}$$

و من جهة أخرى :

$$M(B) = M(C_nH_{2n+1}OH) = 12n + 2n + 1 + 16 + 1 = 14n + 18$$

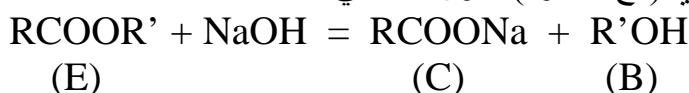
ومنه :

$$14n + 18 = 74 \rightarrow n = \frac{74 - 18}{14} = 4$$

إذن الصيغة الجزيئية المجملية للكحول (B) هي : C_4H_9OH .

المركب (C) :

المعادلة العامة للتصبن الصودي (مع الصود) تكون كما يلي :



و عليه عدد ذرات الكربون في الأستر (E) مساوية لعدد ذرات الكربون في المركب (C) مضاف إليها عدد ذرات الكربون في الكحول (B) و منه :

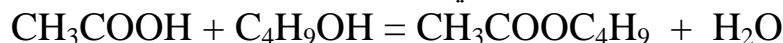
▪ عدد ذرات كربون الأستر (E) هو : 6

▪ عدد ذرات كربون الكحول (B) هو : 4

إذن عدد ذرات كربون (C) هو 2 و كون أن صيغة (C) العامة RCOONa أي $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Na}$ تكون الصيغة الجزيئية للنوع الكيميائي (C) هي : CH_3COONa .

ج- معادلة التفاعل :

اعتمادا على معادلة التصبن العامة السابقة يمكن كتابة الصيغة الجزيئية المجملية للأستر (E) كما يلي :



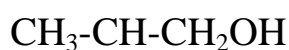
ب- الصيغ الجزيئية نصف المفصلة للكحول (B) :



بوتان-1-ول
(كحول أولي)



بوتان-2-ول
(كحول ثانوي)



1-ميثيل بروبان-1-ول
(كحول أولي)



2-ميثيل بروبان-2-ول
(كحول ثالثي)

ج- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	A	+	B	=	E	=	H ₂ O
ابتدائية	x = 0	n ₀		n ₀		0		0
انتقالية	x	n ₀ - x		n ₀ - x		x		x
نهائية	x _f	n ₀ - x _f		n ₀ - x _f		x _f		x _f

- التركيب المولي للمزيج الابتدائي و عند التوازن :

$$\bullet n_f(E) = \frac{m_f(E)}{M(E)}$$

$$M(E) = 116 \text{ g/mol}$$

$$n_f(E) = \frac{11.6}{116} = 0.1 \text{ mol}$$

$$\bullet n_f(A) = \frac{m_f(A)}{M(A)}$$

$$M(E) = 116 \text{ g/mol}$$

$$n_f(E) = \frac{114}{116} = 1.9 \text{ mol}$$

من جدول التقدم :

$$\bullet n_f(E) = x_f \rightarrow x_f = 0.1 \text{ mol}$$

$$\bullet n_f(A) = n_0 - x_f \rightarrow n_0 = n_f(A) + x_f = 1.9 + 0.1 = 2 \text{ mol}$$

إذن التركيب المولي للمزيج الابتدائي و عند التوازن يكون على النحو التالي :

	مزيج ابتدائي	عند التوازن
n(A)	2 mol	1.9 mol
n(B)	2 mol	1.9 mol
n(C)	0	0.1 mol
n(D)	0	0.1 mol

د- مردود التفاعل و الصيغة الحقيقية للكحول :

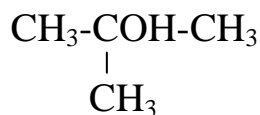
$$r = \frac{x_f}{x_{\max}} \cdot 100$$

من جدول التقدم و بفرض أن التفاعل تام :

$$n_0 - x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = n_0 = 2 \text{ mol}$$

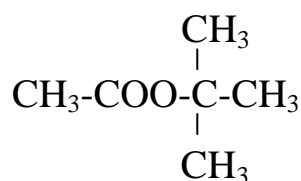
$$r = \frac{0.1}{2} \cdot 100 = 5\%$$

إذن الكحول المستعمل ثالثي صيغته الجزيئية نصف المفصلة كما يلي :



هـ- الصيغة الجزيئية نصف المفصلة للأستر (E) :

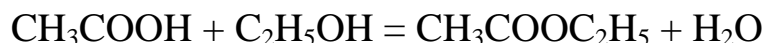
بناءا على صيغة الكحول السابقة تكون صيغة الأستر الناتج عن تفاعل هذا الكحول مع حمض الإيثانويك كما يلي :



تمارين مقترحة

التمرين (4): (بكالوريا 2009 - علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 01 على الموقع)

ننمذج التحول الكيميائي الحاصل بين حمض الإيثانويك (CH_3COOH) و الإيثانول ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) بالمعادلة :



لدراسة تطور التفاعل بدلالة الزمن ، نسكب في إناء موضوع داخل الجليد مزيجا مؤلفا من 0.2 mol من حمض الإيثانويك (CH_3COOH) و 0.2 mol من الكحول ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ، بعد الرج و التحريك نقسم المزيج على 10 أنابيب اختبار مرقمة من 1 إلى 10 ، بحيث يحتوي كل منها على نفس الحجم V_0 من المزيج . نسد الأنابيب و نوضع في حمام مائي درجة حرارته ثابتة و نشغل الميقاتية .

في اللحظة $t = 0$ نخرج الأنبوب الأول ونعاير الحمض المتبقي فيه بواسطة محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم ($\text{Na}^+ + \text{OH}^-$) تركيزه المولي $C = 1.0 \text{ mol.L}^{-1}$ ، فيلزم لبلوغ نقطة التكافؤ إضافة حجم من هيدروكسيد الصوديوم (V_{be}) لنستنتج (V'_{be}) اللازم لمعايرة الحمض المتبقي الكلي . بعد مدة نكرر العملية مع أنبوب آخر و هكذا ، 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
$x (mol)$ تقدم التفاعل										

1- أ/ ما اسم الأستر المتشكل ؟

ب/ انشئ جدولا لتقدم التفاعل بين الحمض (CH_3COOH) و الكحول ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) .

ج) اكتب معادلة التفاعل الكيميائي للنموذج للتحول الحاصل بين حمض الإيثانويك (CH_3COOH) و محلول هيدروكسيد الصوديوم ($\text{Na}^+ + \text{OH}^-$) .

2- أ/ أكتب العلاقة بين كمية الحمض المتبقي (n) و (V'_{be}) حجم الأساس اللازم للتكافؤ .

ب- بالإستعانة بجدول التقدم السابق أحسب قيمة (x) تقدم التفاعل ثم أكمل الجدول أعلاه .

ج- أرسم المنحنى البياني $x = f(t)$.

د- أحسب نسبة التقدم النهائي τ ، ماذا تستنتج ؟

هـ- عبر عن كسر التفاعل النهائي Q_{rf} في حالة التوازن بدلالة التقدم النهائي x_f . ثم أحسب قيمته .

أجوبة مختصرة :

1- أ) إيثانات الإثيل .

ب- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$			
ابتدائية	$x = 0$	0.2	0.2	0	0
انتقالية	x	$0.2 - x$	$0.2 - x$	x	x
نهائية	x_f	$0.2 - x_f$	$0.2 - x_f$	x_f	x_f

ج) $n_a = CV'_{be}$ (2- أ ، $\text{CH}_3\text{COOH} + (\text{Na}^+ + \text{HO}^-) = (\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+) + \text{H}_2\text{O}$)

(ب) جدول القياسات :

 $x_f = 0.2 - V'_{be}$ ، و من خلال هذه العلاقة نملاً الجدول .

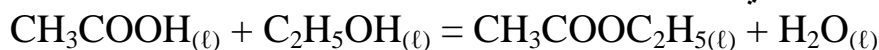
t(h)	0	4	8	12	16	20	32	40	48	66
x (mol)	0	0.03	0.05	0.07	0.08	0.10	0.12	0.13	0.13	0.13

(ب) $\tau_f = 0.65$ ، نستنتج أن التفاعل غير تام .

$$Q_{rf} = \frac{n_f(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) n_f(\text{H}_2\text{O})}{n_f(\text{CH}_3\text{COOH}) n_f(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})} = 3.45 \quad (\text{هـ})$$

التمرين (5): (بكالوريا 2009 – رياضيات) (الحل المفصل : تمرين مقترح 02 على الموقع)

لغرض متابعة تطور التحول الكيميائي بين حمض الإيثانويك CH_3COOH و الإيثانول $\text{C}_2\text{H}_5\text{-OH}$ نأخذ 7 أنابيب اختبار و عند اللحظة ($t = 0$) نمزج في كل واحد منها $n_0(\text{mol})$ من الحمض و $n_0(\text{mol})$ من الكحول السابقين .
ينمذج التحول الحادث بالتفاعل ذي المعادلة :



عائرينا عند درجة حرارة ثابتة و في لحظات زمنية متعاقبة محتوى الأنابيب الواحد تلو الآخر من أجل معرفة كمية مادة الحمض المتبقى (n) بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم ($\text{Na}^+ + \text{OH}^-$) . 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)								

- 1- أنجز جدولاً لتقدم التفاعل و احسب التقدم الأعظمي x_{\max} .
- 2- استنتج العلاقة التي تعطي كمية مادة الاستر المتشكل (n') بدلالة كمية مادة الحمض المتبقى (n) .
- 3- أكمل الجدول أعلاه ، و باختيار سلم مناسب أرسم المنحنى الذي يمثل تغيرات كمية مادة الاستر المتشكل بدلالة الزمن $n' = f(t)$.
- 4- أحسب قيمة سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 3 \text{ h}$ ، كيف تتطور سرعة التفاعل مع الزمن ؟ علل .
- 5- أحسب النسبة النهائية للتقدم (τ_f) و ماذا تستنتج ؟

أجوبة مختصرة :

(1) جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$			
ابتدائية	$x = 0$	n_0	n_0	0	0
انتقالية	x	$n_0 - x$	$n_0 - x$	x	x
نهائية	x_f	$n_0 - x_f$	$n_0 - x_f$	x_f	x_f

- التقدم الأعظمي : $x_{\max} = n_0 = 1 \text{ mol}$.(2) $n' = 1 - n$.

- إكمال الجدول :

t (h)	0	1	2	3	4	5	6	7
n' (mol)	0	0.39	0.55	0.61	0.65	0.66	0.67	0.67

$$t = 3 \text{ h} \rightarrow v = 0.5 \text{ mol/h} , v_c = \tan \alpha \quad (4)$$

- الجملة الكيميائية تؤول إلى التوازن و عليه السرعة تتناقص إلى أن تنعدم .
 $\tau_f = 0.67 < 1$ (5) نستنتج أن التفاعل غير تام

التمرين (6) : (بكالوريا 2011 - علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 03 على الموقع)

لتحضير النوع الكيميائي العضوي ميثانوات الإيثيل E نمزج 0.5 mol من حمض عضوي A مع 0.5 mol من كحول B بوجود قطرات من حمض الكبريت المركز في انبوب اختبار ثم نسده بإحكام و نضعه في حمام مائي درجة حرارته ثابتة 100°C .

- 1- أ- ما طبيعة النوع الكيميائي E ؟ و ما هي صيغته الجزيئية نصف - المفصلة ؟
 ب- اكتب الصيغة الجزيئية نصف - المفصلة لكل من A و B ، سم كلا منها .
 ج- ما تأثير كل من حمض الكبريت المركز و درجة الحرارة على التحول الحادث ؟
- 2- اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل المنمذج لهذا التحول .
- 3- مستعينا بجدول التقدم للتفاعل احسب ثابت التوازن الكيميائي K الموافق .
- 4- عند حدوث التوازن الكيميائي نضيف للمزيج 0.1 mol من الحمض العضوي A .
 أ- توقع في أي اتجاه تتطور الجملة الكيميائية تلقائيا ؟ علل .
 ب- اوجد التركيب المولي للمزيج عند بلوغ حالة التوازن الجديد للجملة الكيميائية .

أجوبة مختصرة :

- 1- أ) النوع الكيميائي E عبارة عن أستر صيغته الجزيئية نصف المفصلة هي : $\text{H} - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
 ب) الإيثانول ، حمض الميثانويك ، ج- حمض الكبريت و درجة الحرارة يؤديان إلى تسريع التفاعل .
- 2) $\text{H} - \text{COOH} + \text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH} = \text{H} - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

$$K = \frac{x_f^2}{(0.5 - x_f)} \approx 4 \quad (3)$$

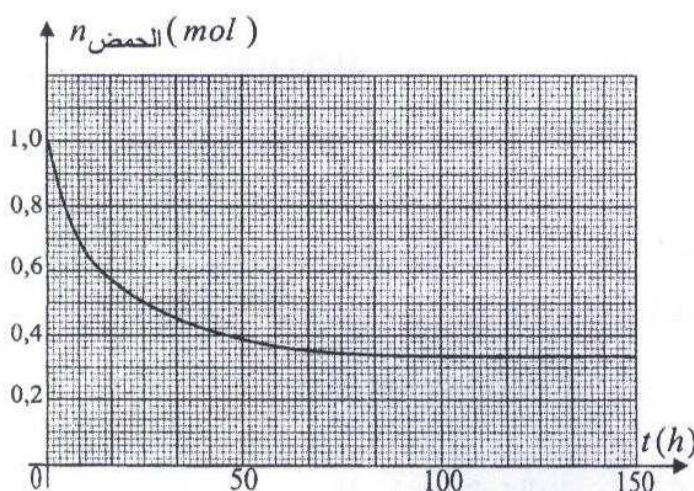
- 4- أ) تتطور الجملة في جهة عل الأسترة (الاتجاه المباشر) بفعل زيادة التراكيز الابتدائية .
 ب) $n'_f(\text{HCOOC}_2\text{H}_5) = 0.362 \text{ mol}$ ، $n'_f(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0.138 \text{ mol}$ ، $n'_f(\text{HCOOH}) = 0.2387 \text{ mol}$
 $n'_f(\text{H}_2\text{O}) = 0.362 \text{ mol}$

التمرين (7) : (بكالوريا 2011 - رياضيات) (الحل المفصل : تمرين مقترح 04 على الموقع)

لغرض متابعة و مراقبة تطور جملة كيميائية مكونة من حمض الإيثانويك ، نمزج في اللحظة $t = 0 \text{ s}$ و في درجة حرارة ثابتة ، 1.0 mol من حمض الإيثانويك و 1.0 mol من الإيثانول . يتطور التحول الكيميائي مباشرة بعد لحظة المزج ، ينتج عنه الماء و مركب عضوي E .

- 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 أنيا ، ثم نعاير حمض الإيثانويك المتبقي في العينة بمحلول لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي معلوم .

نكرر العملية في لحظات زمنية محددة ، البيان (الشكل-1). يلخص مختلف التجريبية المتحصل عليها .



الشكل-1

أ- اوجد السرعة اللحظية للتفاعل في اللحظة $t = 25 \text{ h}$

ب- احسب مردود التفاعل عند التوازن .

3- لزيادة مردود التفاعل ، هل تقوم بـ :

• زيادة حرارة المزيج التفاعلي ؟

• استخدام مزيج ابتدائي غير متساوي المولات ؟

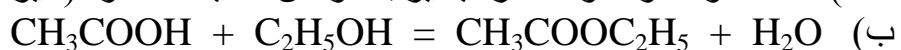
• إضافة قطرات من حمض الكبريت المركز ؟

4- أ- احسب كسر التفاعل ، للجملة الكيميائية السابقة ، عند التوازن $Q_{r \text{ eq}}$ ، ثم استنتج ثابت التوازن K .

ب- عند التوازن نضيف إلى المزيج التفاعلي 0.2 mol من حمض الإيثانويك ، حدد جهة تطور الجملة . علل .

أجوبة مختصرة :

1- أ) هذا التحول هو تحول استرة يتميز بالخواص التالية : محدود (غير تام) ، لاجراري ، بطيء جدا .



ج) اسم المركب العضوي E : إيثانوات الإيثيل ، 2- $v = 8.1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/h}$ (ب ، $r = \frac{0.67}{1} \cdot 100 = 67 \%$)

3) لزيادة مردود تفاعل الأسترة نستخدم مزيجا ابتدائيا غير متساوي المولات .

$$K = Q_{r \text{ f}} = 4.12 , Q_{r \text{ f}} = \frac{x_f^2}{(1 - x_f)^2} = 4.12 \quad (4-1)$$

ب) عند حدوث التوازن السابق و إضافة 0.2 mol من الجملة يصبح $Q_{r \text{ i}} = 2.56$ ، نلاحظ أن $Q_{r \text{ i}} < K$ ، إذن الجملة تتطور في الاتجاه المباشر أي في جهة تشكل الأستر . ($K = 4.12$)

التمرين (8) : (بكالوريا 2013 - علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 05 على الموقع)

في حصة للأعمال المخبرية، كلف الأستاذ فوجًا من التلاميذ بوضع في كل أنبوب من أنابيب الاختبار

الثمانية مزيجا يتكون من: $4,5 \text{ mmol}$ من ميثانوات الإيثيل و 10 mL من الماء.

توضع أنابيب الاختبار مسدودة في حمام مائي درجة حرارته ثابتة 40°C . كل 10 min يفرغ التلميذ

محتوى أحد الأنابيب في بيشر، ثم يوضع هذا الأخير في حوض به ماء وجليد، ويعاير الحمض A المتشكل في البيشر بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq) + HO^-(aq))$ ، تركيزه المولي: $c_b = 0,50 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ، بوجود كاشف ملون مناسب نحصل على التكافؤ بعد إضافة حجم V_{eq} من محلول هيدروكسيد الصوديوم.

يكرر التلاميذ العملية مع بقية الأنابيب وتدون النتائج في الجدول التالي:

$t(\text{min})$	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$V_{eq}(\text{mL})$	0	2,1	3,7	5,0	6,1	7,0	7,6	7,8	7,8

- 1- لماذا يوضع البيشر في حوض به ماء وجليد؟ وما دور الكاشف الملون؟
- 2- اكتب الصيغة الجزيئية نصف المفصلة للإستر.
- 3- أ - سمّ التحول الكيميائي الحادث للجملة في الأنابيب، مع ذكر خصائصه عند حالة التوازن الكيميائي.

ب- اكتب معادلة التفاعل الحادث في أنبوب الاختبار.

4- عبّر عن n_A كمية مادة الحمض A المتشكلة في كل أنبوب بدلالة V_{eq} .

استنتج قيمة x تقدم التفاعل في كل من الأزمنة التالية:

$t(\text{min})$	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$x(\text{mmol})$									

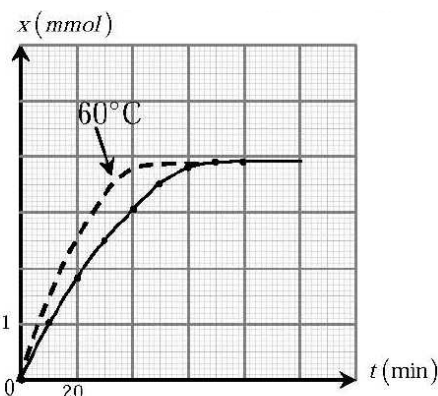
5- أ- ارسم بيان: $x = f(t)$ على ورقة ميليمترية.

ب- احسب r مردود التحول. كيف يمكن مراقبته؟

6- اعد رسم بيان: $x = f(t)$ كيفيا على نفس المعلم، في حالة ما أجريت التجربة في درجة الحرارة: $\theta = 60^\circ C$.

أجوبة مختصرة :

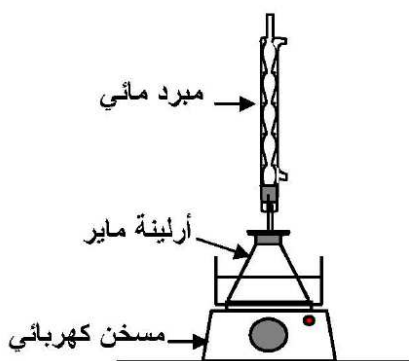
- 1) لتوقيف التفاعل ، دور الكاشف الملون معرفة التكافؤ .
- 2) $HCOOCH_2CH_3$ ، 3-أ) التحول الحادث إمهاة أستر خصائصه : بطيء ، غير تام ، لا حراري .
- ب) $HCOOC_2H_5 + H_2O = HCOOH + C_2H_5OH$ (4 ، $x = 0.5 V_{eq}$.



$t(\text{min})$	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$x(\text{mmol})$	0	1,05	1,85	2,50	3,05	3,50	3,80	3,90	3,90

5-أ) البيان :

ب) $r = 87\%$ ، مراقبة المردود : استعمال مزيج ابتدائي غير متكافئ في كمية المادة لتحسين قيمة المردود .

التمرين (9) : (بكالوريا 2013 - علوم تجريبية) (الحل المفصل : تمرين مقترح 06 على الموقع)

الشكل-1

الهدف: دراسة تحول الأسترة.

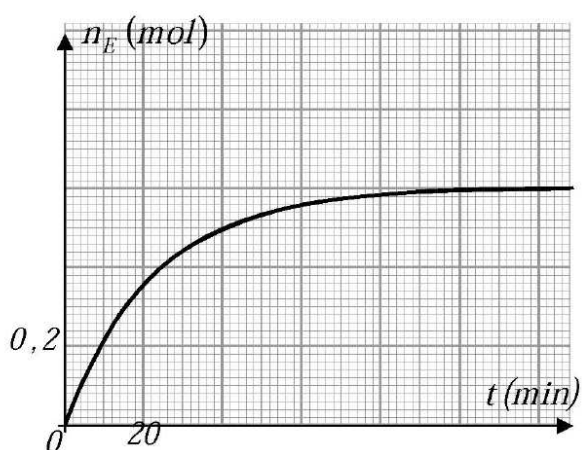
نضع في أرلينة ماير 1 mol من حمض الإيثانويك $\text{CH}_3 - \text{COOH}$ و 1 mol من الكحول $\text{C}_4\text{H}_9 - \text{OH}$. نضيف قطرات من حمض الكبريت المركز ونسد الأرلينة بسدادة متصلة بمبرد، ثم نضعها في حمام مائي درجة حرارته 100°C (الشكل-1).

بعد مدة زمنية من التسخين المرتد، نسكب محتوى الأرلينة في بيشر به ماء مالح، فنلاحظ طفو مادة عضوية.

1- ما دور كل من التسخين المرتد وإضافة حمض الكبريت المركز؟

2- لماذا نستعمل الماء المالح؟

3- إن متابعة كمية مادة الإستر المتشكل n_E بدلالة الزمن مكنتنا من رسم البيان: $n_E = f(t)$ (الشكل-2).



الشكل-2

أ- اكتب معادلة التفاعل الكيميائي النموذج لتحول الأسترة.

ب- هل التحول الكيميائي الحادث تام؟

كيف تتأكد عمليا من ذلك؟

ج- جد سرعة التفاعل في اللحظات:

$$t_1 = 20 \text{ min} ; t_2 = 40 \text{ min} ; t_3 = 60 \text{ min}.$$

ناقش النتائج المتحصل عليها. ماذا تستنتج؟

د- عيّن مردود التحول. هل يمكن تحسينه عند نزع الماء الناتج؟ فسّر ذلك.

هـ- استنتج صنف الكحول المستعمل. اكتب صيغته الجزيئية نصف المفصلة مع تسميته.

أجوبة مختصرة :

1) دور التسخين المرتد هو تكثيف البخار المتصاعد و منع ضياعه فيعود إلى الأرلينة ، الهدف من إضافة حمض الكبريت المركز هو تسريع التفاعل ، 2) نستعمل الماء المالح هو فصل المواد ،

3- أ) معادلة التفاعل : $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_4\text{H}_9\text{OH} = \text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 + \text{H}_2\text{O}$

ب) $0.6 < \tau_f = 1$ و منه التحول الكيميائي غير تام ، نتأكد عمليا من ذلك بإضافة قطرات من كاشف ملون .

ج) $v(t_1) = 0.008 \text{ mol/min}$ ، $v(t_2) = 0.0035 \text{ mol/min}$ ، $v(t_3) = 0.0020 \text{ mol/L}$. نلاحظ أن

السرعة تتناقص فالتحول بطيء ، د) $r = 60 \%$ ، يمكن تحسين مردود التفاعل بنزع الماء الناتج من التحول و

ذلك لجعل التحول يتطور في اتجاه الأسترة ، هـ) صنف الكحول المستعمل ثانوي ، $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ ،

إسمه : بوتان-2-ول .