

الحول

()

/I

1. - كتابة معادلة التفاعل الكيميائي النمذج لتحول (حمض الميثانويك و البروبان -1- أول) :
 $HCOOH + CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH = HCOO - C_3H_7 + H_2O$

- اسم الإستر الناتج : ميثانوات البروبيل

2. خصائص هذا التحول : - بطيء ، - لا حراري ، - محدود (غير تام)

3. لماذا يكون هذا التحول محدودا ؟

- بسبب التفاعل العكسي بين الأستر و الماء، الذي يؤدي إلى التوازن الكيميائي .

4. يمكن تحسين المردود بثلاث طرق :

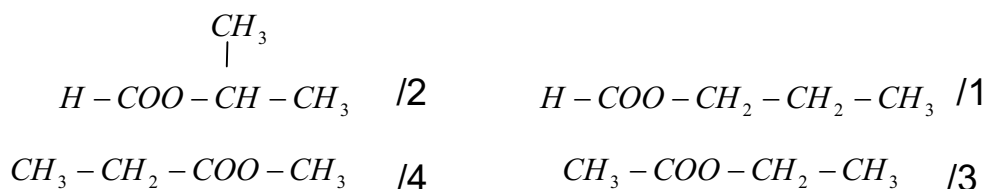
أ/ زيادة تركيز أحد المتفاعلين (الحمض أو الكحول) .

ب/ سحب أحد النواتج (الماء أو الأستر) خلال التفاعل .

ج/ استبدال الحمض الكربوكسيلي بأحد مشتقاته .

/ II

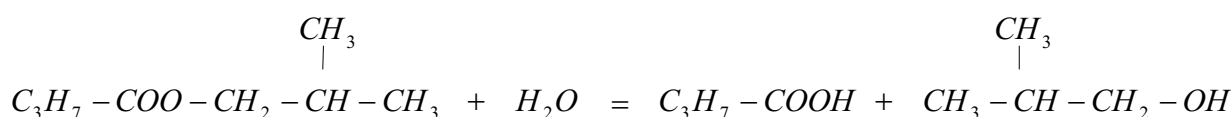
- تعيين مختلف الصيغ نصف المفصلة الممكنة للإستر $C_4H_8O_2$:



- الحمض و الكحول الموافقين في كل حالة، نلخصه في الجدول التالي :

الكحول	الحمض	الأستر
البروبان -1- أول	حمض الميثانويك	$H - COO - CH_2 - CH_2 - CH_3$
البروبان -2- أول	حمض الميثانويك	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ H - COO - CH - CH_3 \end{array}$
الإيثانول	حمض الإيثانويك	$CH_3 - COO - CH_2 - CH_3$
الميثانول	حمض البروبانويك	$CH_3 - CH_2 - COO - CH_3$

1. كتابة معادلة التفاعل الكيميائي النمذج لتحول إمهاة بيوتانات 2ميثيل بروبييل :



أستر (بيوتانات 2ميثيل بروبييل)

ماء

حمض

كحول

2. - النوع الكيميائي (الحمض) الناتج : حمض البوتانويك
 - النوع الكيميائي (الكحول) الناتج : 2- ميثيل بروبان - 1 - أول

3. - الوسيط الذي يمكن استعماله لتسريع التفاعل :
يمكن تسريع التفاعل باستعمال شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ ، أي بإضافة قطرات من حمض.
(حمض الكبريت مثلا)
- هذا الوسيط لا يؤثر على مردود التفاعل، أي على نسبة التقدم النهائي ويؤدي للوصول لها في أسرع وقت.
4. الغرض من استعمال الماء بزيادة : تحسين مردود الإماهة.

حل التمرين 3

1. - الوظيفة الكيميائية لـ E : أستر
- الأنواع الكيميائية التي يجب استعمالها : - حمض الميثانويك (A) : $HCOOH$
و- الإيثانول (B) : $C_2H_5 - OH$
2. أ/ الهدف من إضافة قطرات من حمض الكبريت ووضع الحويلة في حمام مائي :
- تسريع التحول دون تغيير المردود.
(حمض الكبريت المركز و ارتفاع درجة الحرارة عاملان حركيان)
ب/ كتابة معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي :
 $HCOOH + C_2H_5OH = HCOOC_2H_5 + H_2O$
ج/ تعيين ثابت التوازن الموافق لهذا التفاعل :

$$K = \frac{[ماء]_f [استر]_f}{[حمض]_f [كحول]_f}$$

لدينا :

$$K = \frac{n_f(استر) \times n_f(ماء)}{n_f(حمض) \times n_f(كحول)}$$

وبما أن V هو حجم الوسط التفاعلي الذي نعتبره ثابتا، فإن :

$$r = 0,67 = \frac{2}{3} \text{ (الكحول أولي)}$$

حيث :

$$n_f(استر) = \frac{2}{3} \times 0,3 = 0,2 \text{ mol}$$

ومنه :

$$n_f(حمض) = 0,3 - 0,2 = 0,1 \text{ mol}$$

و :

$$K = \frac{0,2 \times 0,2}{0,1 \times 0,1} ,$$

$$K = 4$$

ت، ع :

3. - اتجاه تطور الجملة :

بعد إضافة $0,1 \text{ mol}$ من الحمض يصبح تركيب المزيج :

ماء	استر	كحول	حمض	
0,2	0,2	0,1	0,2	$n(\text{mol})$

$$Q_r = \frac{n(استر) \times n(ماء)}{n(حمض) \times n(كحول)} = \frac{0,2 \times 0,2}{0,2 \times 0,1} = 2$$

فيكون كسر التفاعل :

$$Q_r < K$$

ومنه :

الجملة تتطور في الاتجاه المباشر للتفاعل أي في اتجاه الاسترة

- استنتاج كمية المادة للإستر عند حدوث التوازن الجديد :
ليكن x كمية المادة للأستر المتشكل بين حالة التوازن الأول و حالة التوازن الجديد.
بما أن ثابت التوازن K لا يتغير فإن :

$$K = \frac{n(\text{ماء}) \times n(\text{استر})}{n(\text{كحول}) \times n(\text{حمض})}$$

حيث : ماء + استر = كحول + حمض

$$0,2 - x \quad 0,1 - x \quad 0,2 + x \quad 0,2 + x$$

أي :

$$K = \frac{(0,2 + x)(0,2 + x)}{(0,2 - x)(0,1 - x)} = 4 \quad / \quad 0 < x < 0,1 \text{ mol}$$

$$3x^2 - 1,6x + 0,04 = 0$$

أي :

الحل الذي يحقق الشرط هو $x = 0,026 \text{ mol}$.

ومنه كمية المادة للإستر عند حدوث التوازن الجديد هي :



$$n(\text{استر}) = 0,026 \text{ mol}$$

4. - اتجاه تطور الجملة الكيميائية :

نحسب كسر التفاعل الابتدائي :

$$Q_{ri} = \frac{n_i(\text{استر}) \times n_i(\text{ماء})}{n_i(\text{كحول}) \times n_i(\text{حمض})}$$

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

أي :

$$Q_{ri} > K = 4$$

ومنه :

الجملة تتطور في الاتجاه المعاكس للتفاعل أي في اتجاه إمامة الاستر

- استنتاج التركيب المولي للمزيج عند بلوغ حالة التوازن :

ليكن x كمية المادة للحمض عند حالة التوازن :

بما أن ثابت التوازن K لا يتغير فإن :

ماء + استر = كحول + حمض

$$1 + x \quad 1 + x \quad 3 - x \quad 2 - x$$

$$K = \frac{(3 - x)(2 - x)}{(1 + x)(1 + x)} = 4 \quad / \quad 0 < x < 2$$

$$3x^2 + 13x - 2 = 0$$

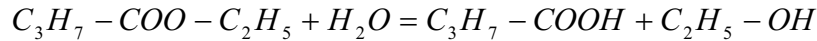
أي :

الحل الذي يحقق الشرط هو $x = 0,148 \text{ mol}$.

ومنه تركيب المزيج عند حالة التوازن :

كحول	حمض	ماء	استر	تركيب المزيج
1,148 mol	1,148 mol	1,852 mol	2,852 mol	$x = 0,148 \text{ mol}$

1. كتابة معادلة التفاعل الممنذج لإماهة الاستر :



2. لماذا نبرد العينة قبل المعايرة ؟

نبرد العينة قبل المعايرة، من أجل توقيف التفاعل و التمكن من معايرة الحمض الناتج.

3. - تعيين كمية مادة الحمض المعاير :

$$n_a = C_B V_{BE} / C_B = 2 \text{ mol.L}^{-1} , \quad V_{BE} = 17,6 \text{ mL}$$

$$n_a = 2 \times 17,6 \times 10^{-3} ,$$

$$n_a = 3,52 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

ت، ع :

ملاحظة : هذه الكمية من الحمض موجودة في العينة التي حجمها 10 mL.

- استنتاج كمية مادة الاستر المتواجد عند حالة التوازن :

نرمز لكمية الاستر المتواجد عند حالة التوازن بـ n_E ، أي :

$$n_E = 1 - n$$

حيث n هي كمية مادة الحمض في المزيج الذي حجمه 180 mL.

$$n = 3,52 \times 10^{-3} \times \frac{180}{10} , \quad n \approx 6,34 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

نحسب n :

$$n_E = 1 - 6,34 \times 10^{-1} ,$$

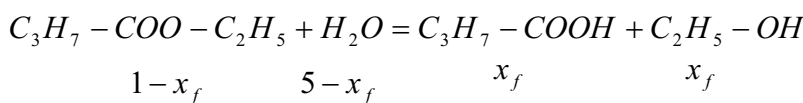
$$n_E = 3,66 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

ومنه :

- مردود الإماهة :

$$r = \frac{x_f}{x_m} \text{ (مردود التفاعل)}$$

لدينا :



نحسب x_f :

$$K = \frac{x_f \times x_f}{(1 - x_f)(5 - x_f)} / K = \frac{1}{4}$$

أي :

$$\frac{x_f^2}{(1 - x_f)(5 - x_f)} = \frac{1}{4}$$

أي :

$$3x_f^2 + 6x_f - 5 = 0 \dots (1)$$

أي :

بحل المعادلة (1) نجد : $x_f = 0,63 \text{ mol}$

$$r = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{0,63}{1} = 0,63 ,$$

$$r = 0,63$$

ومنه مردود الإماهة :

4. مقارنة :

- المردود الذي يمكن أن نحصل عليه باستعمال مزيج ابتدائي متكافئ في كمية المادة هو :

حيث : $x_{\max} = n_0$ (كمية المادة الابتدائية لكل من الاستر و الماء)

$$x_f = \frac{1}{3} n_0 = 0,33 n_0$$

و :

$$r' = \frac{0,33 n_0}{n_0} = 0,33 ,$$

$$r' = 0,33$$

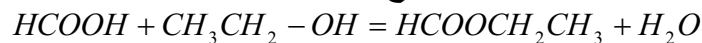
ومنه :

التعليق : كلما كان الفرق بين كميتي مادة المتفاعلين أكبر يكون المردود أحسن.

1. أ/ - طبيعة النوع الكيميائي E : إستر
- صيغته الجزيئية نصف - المفصلة : $HCOOCH_2CH_3$
ب/ كتابة الصيغة الجزيئية نصف - المفصلة لكل من A و B مع إعطاء اسم كل منهما
نلخصها في الجدول التالي :

الاسم	الصيغة نصف المفصلة	المركب
حمض الميثانويك	$HCOOH$	A
الإيثانول	$CH_3CH_2 - OH$	B

- ج/ تأثير كل من حمض الكبريت المركز و درجة الحرارة على التحول الحادث هو : تسريع التفاعل
2. كتابة المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل المنمذج لهذا التحول :



3. حساب ثابت التوازن الكيميائي K الموافق :
- جدول التقدم :

المعادلة		$HCOOH + CH_3CH_2 - OH = HCOOCH_2CH_3 + H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	0,5	0,5	0	0
انتقالية	x	$0,5 - x$	$0,5 - x$	x	x
نهائية	x_{eq}	$0,5 - x_{eq}$	$0,5 - x_{eq}$	x_{eq}	x_{eq}

- من جدول التقدم :

$$K = \frac{[HCOOC_2H_5][H_2O]}{[HCOOH][C_2H_5OH]} = \frac{x_{eq} \times x_{eq}}{(0,5 - x_{eq})(0,5 - x_{eq})}$$

$$K = \frac{x_{eq}^2}{(0,5 - x_{eq})^2} \dots\dots(1)$$

أي :

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

بما أن الكحول أولي و المزيج متساوي المولات فإن :

$$r = \frac{x_{eq}}{n_0} = \frac{2}{3}$$

أي :

$$x_{eq} = \frac{2}{3} n_0 = \frac{2}{3} \times 0,5 = \frac{1}{3} \text{ , } x_{eq} = \frac{1}{3} \text{ mol}$$

أي :

$$K = \frac{\frac{1}{3} \times \frac{1}{3}}{\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right)^2} \text{ ,}$$

$$K = 4$$

بالتعويض في العبارة (1) نجد :

4. أ/ - اتجاه تطور الجملة الكيميائية :
بعد إضافة 0,1mol من الحمض يصبح تركيب المزيج :

المزيج	حمض	كحول	إستر	ماء
عند التوازن	$\frac{1}{6} \text{ mol}$	$\frac{1}{6} \text{ mol}$	$\frac{1}{3} \text{ mol}$	$\frac{1}{3} \text{ mol}$
بعد إضافة 0,1mol من الحمض	$\frac{4}{15} \text{ mol}$	$\frac{1}{6} \text{ mol}$	$\frac{1}{3} \text{ mol}$	$\frac{1}{3} \text{ mol}$

$$Q_r = \frac{n(\text{استر}) \times n(\text{ماء})}{n(\text{حمض}) \times n(\text{كحول})} = \frac{\frac{1}{3} \times \frac{1}{3}}{\frac{4}{15} \times \frac{1}{6}} = 2,5$$

فيكون كسر التفاعل :

$$Q_r < K$$

ومنه التعليل :



الجملة تتطور في الاتجاه المباشر للتفاعل أي في اتجاه الاسترة

ب/ التركيب المولي للمزيج عند بلوغ حالة التوازن الجديد للجملة الكيميائية :
ليكن x كمية المادة للأستر المتشكل بين حالة التوازن الأول ووحالة التوازن الجديد
بما أن ثابت التوازن K لا يتغير فإن :

$$\text{ماء} + \text{استر} = \text{كحول} + \text{حمض}$$

$$\frac{1}{3} + x \quad \frac{4}{15} - x \quad \frac{1}{6} - x \quad \frac{1}{3} + x$$

$$K = \frac{\left(\frac{1}{3} + x\right)\left(\frac{1}{3} + x\right)}{\left(\frac{4}{15} - x\right)\left(\frac{1}{6} - x\right)} = 4$$

أي :

$$45x^2 - 36x + 1 = 0$$

أي :

الحل الذي يحقق الشرط هو $x = 0,03 \text{ mol}$.

ومنه تركيب المزيج عند حالة التوازن الجديد :

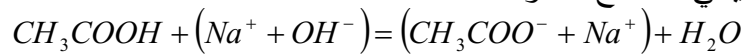
ماء	استر	كحول	حمض	تركيب المزيج $x = 0,03 \text{ mol}$
0,36mol	0,36mol	0,14mol	0,24mol	

حل التمرين 6

- أ/ اسم الاستر المتشكل : إيثانوات الإيثيل
ب/ جدول تقدم التفاعل :

المعادلة		$CH_3COOH + C_2H_5OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	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/ كتابة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحويل الحاصل :



- أ/ كتابة العلاقة بين كمية الحمض المتبقي (n) و (V_{be}) حجم الأساس اللازم للتكافؤ :

$$n_A = n_B$$

$$n_A = C.V_{be}$$

عند التكافؤ في تفاعل المعايرة :

أي :

$$n = V'_{be}$$

$$\frac{V'_{be}(L)}{n(mol)}$$

في المزيج الكلي :

ب/ حساب قيمة (x) تقدم التفاعل ثم إكمال الجدول :

من جدول التقدم :

ومنه :

أي :

واعتمادا على هذه العلاقة، نكمل الجدول :

$$n = 0,2 - x$$

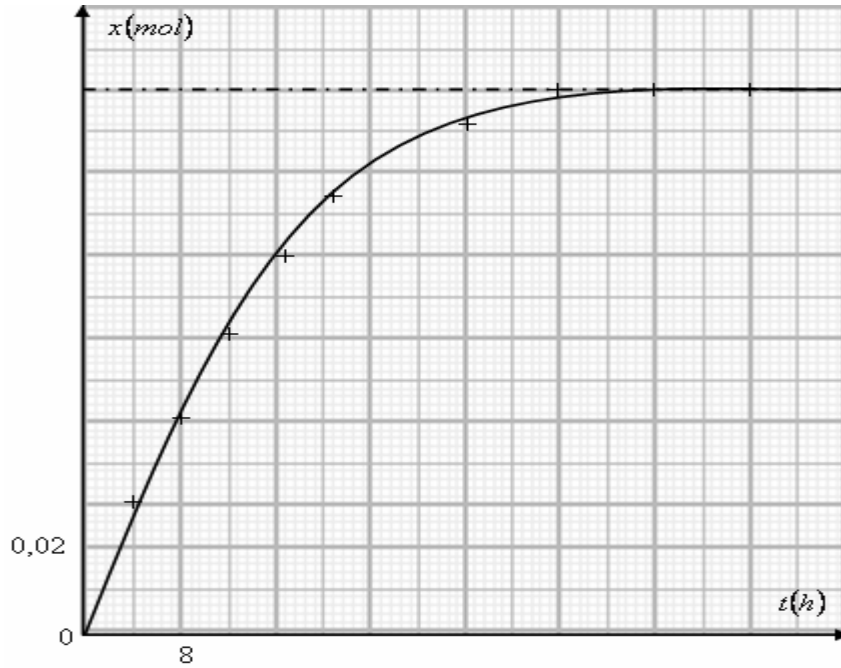
$$x = 0,2 - n$$

$$x = 0,2 - V'_{be} \quad , \quad V'_{be}(L)$$

20.5

$t(h)$	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	0	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	0,13	0,13

ج/ رسم المنحنى البياني $x = f(t)$:



$$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{0,13}{0,2} \quad ,$$

$$\tau = 0,65$$

, 65%

د - حساب نسبة التقدم النهائي τ :

- الاستنتاج : التفاعل غير تام

$$Q_{req} = \frac{x_f \times x_f}{(0,2 - x_f)(0,2 - x_f)}$$

ه - عبارة كسر التفاعل النهائي Q_{rf} في حالة التوازن بدلالة التقدم x_f :

$$Q_{req} = \frac{x_f^2}{(0,2 - x_f)^2}$$

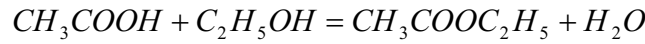
$$Q_{rf} = \left(\frac{x_f}{0,2 - x_f} \right)^2 = \left(\frac{0,13}{0,2 - 0,13} \right)^2 \quad ,$$

- حساب قيمته :

$$Q_{req} = 3,45$$

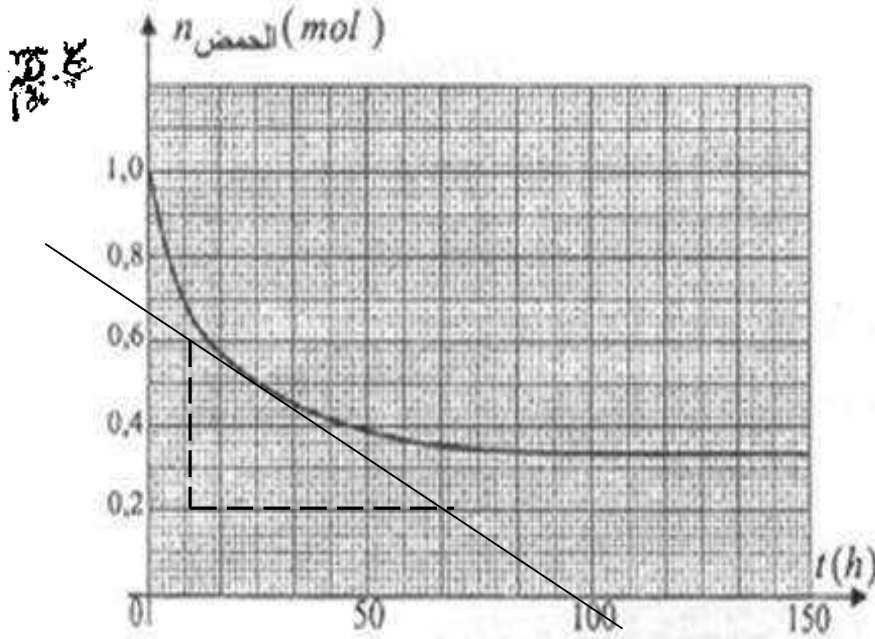
1. أ/ - اسم التحول : تفاعل أسترة
- خصائصه : بطيء ، محدود ، لا حراري .

ب/ كتابة معادلة التفاعل الممنذج للتحول الحادث :



ج/ اسم المركب العضوي E : إيثانوات الإيثيل

2. أ/ السرعة اللحظية للتفاعل في اللحظة $t = 25h$:



السرعة اللحظية للتفاعل هي :

$$v = \frac{dx}{dt}$$

$$v = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=25}$$

في اللحظة $t = 25h$ ، نكتبها بالشكل :

نحسب سرعة اختفاء الحمض :

لدينا :

$$v_a = - \left(\frac{dn}{dt} \right)_{t=25}$$

حيث : $\left(\frac{dn}{dt} \right)_{t=25}$ هو ميل مماس المنحنى $n = f(t)$ عند اللحظة $t = 25h$.

$$v_a = - \left(\frac{0,4}{56,7} \right) ,$$

$$v_a \approx 7,1 \times 10^{-3} \text{ mol / h}$$

ومنه :

ومن جدول تقدم التفاعل (يمكنك وضع جدول لتقدم التفاعل) ، لدينا :

أي :

$$n = 1 - x$$

$$\frac{dn}{dt} = - \frac{dx}{dt}$$

$$\frac{dx}{dt} = - \frac{dn}{dt}$$

$$\left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=25} = - \left(\frac{dn}{dt} \right)_{t=25}$$

أي :

$$v \approx 7,1 \times 10^{-3} \text{ mol / h}$$

ومنه سرعة التفاعل :

ب/ حساب مردود التفاعل عند التوازن :

$$r = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{n_f(\text{استر})}{n_0(\text{الحمض})}$$

لدينا :

$$n_f(\text{استر}) = 1 - n_f(\text{حمض})$$

$$n_f(\text{حمض}) = 0,34 \text{ mol} , \quad n_0 = 1 \text{ mol}$$

$$r = \frac{1 - 0,34}{1} ,$$

$$r = 0,66 \quad 66\%$$

ومنه :

3. لزيادة مردود التفاعل، نقوم بـ :

- استخدام مزيج ابتدائي غير متساوي المولات.

4. أ/ - حساب كسر التفاعل، للجملة الكيميائية السابقة، عند التوازن $Q_{r,eq}$:

$$Q_{r,eq} = \frac{[CH_3COOC_2H_5]_{eq} \cdot [H_2O]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq} \cdot [C_2H_5OH]_{eq}}$$

لدينا :

$$Q_{r,eq} = \frac{n(\text{استر}) \cdot n(\text{ماء})}{n(\text{حمض}) \cdot n(\text{كحول})} = \frac{0,66 \times 0,66}{0,34 \times 0,34}$$

أي :

$$Q_{r,eq} = 3,77$$

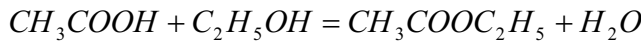
ومنه قيمة كسر التفاعل :

$$K = Q_{r,eq} = 3,77$$

- استنتاج ثابت التوازن :

ب/ - تحديد جهة تطور الجملة :

عند إضافة 0,2 mol من حمض الإيثانويك إلى المزيج عند التوازن يكون لدينا :



$$\begin{array}{cccc} 0,54 & 0,34 & 0,66 & 0,66 \\ 0,54 - x & 0,34 - x & 0,66 + x & 0,66 + x \end{array}$$

$$Q_{ri} = \frac{0,66 \times 0,66}{0,54 \times 0,34} ,$$

$$Q_{ri} = 2,37$$

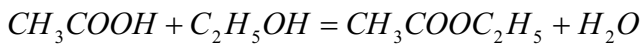
نحسب كسر التفاعل الابتدائي :



ومنه : جهة تطور الجملة هي الجهة المباشرة.
(الجهة التي يستهلك فيها الحمض و الكحول)

$$Q_{ri} < K$$

التعليق :



1. كتابة معادلة التفاعل :

2. جدول تقدم التفاعل :

المعادلة		$CH_3COOH + C_2H_5OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	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

3. أ/ حساب كمية الأستر الناتج عند بلوغ التوازن : $K = Q_{rf} = 4$

لدينا :

$$K = Q_{req} = \frac{[CH_3COOC_2H_5]_f \cdot [H_2O]_f}{[CH_3COOH]_f \cdot [C_2H_5OH]_f}$$

عند بلوغ التوازن و من جدول التقدم

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

و من جدول التقدم

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

أي :

$$\frac{x_f}{0,2 - x_f} = 2$$

أي :

$$n_f = x_f = \frac{0,4}{3} \text{ mol} \approx 0,133 \text{ mol} \quad \text{ومنه كمية المادة للإستر الناتج :}$$

$$r = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{n_f (\text{إستر})}{n_0 (\text{حمض})}$$

ب/ - حساب المردود النهائي لهذا التفاعل :

$$r = \frac{\left(\frac{0,4}{3}\right)}{0,2} = \frac{2}{3}$$

$$r \approx 0,67 = 67\%$$

أي :

- التسخين لايؤثر على المردود r .

ج/ - الصيغة نصف المفصلة للإستر الناتج :

- التسمية النظامية : إيثانوات الإيثيل .

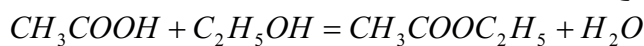
4. أ/ ذكر طريقتين لتحسين مردود التفاعل r :

- تحقيق مزيج ابتدائي غير متكافئ .

- نزع أحد النواتج .

ب/ - تحديد جهة تطور الجملة الكيميائية :

عند إضافة 0,2 mol من حمض الإيثانويك إلى المزيج عند التوازن يكون لدينا :



$$\frac{0,8}{3} \quad \frac{0,2}{3} \quad \frac{0,4}{3} \quad \frac{0,4}{3}$$

$$\left(\frac{0,8}{3} - x\right) \quad \left(\frac{0,2}{3} - x\right) \quad \left(\frac{0,4}{3} + x\right) \quad \left(\frac{0,4}{3} + x\right)$$

$$Q_{ri} = \frac{\frac{0,4}{3} \times \frac{0,4}{3}}{\frac{0,8}{3} \times \frac{0,2}{3}},$$

$$Q_{ri} < K = 4$$

$$Q_{ri} = 1$$

نحسب كسر التفاعل الابتدائي :

أي :

ومنه : جهة تطور الجملة هي الجهة المباشرة (جهة تشكل الأستر) .
- التركيب المولي للمزيج عند التوازن الكيميائي الجديد :

$$K = \frac{\left(\frac{0,4}{3} + x\right)\left(\frac{0,4}{3} + x\right)}{\left(\frac{0,8}{3} - x\right)\left(\frac{0,2}{3} - x\right)}$$

$$K = 4$$

لدينا :

$$\frac{(0,4 + 3x)(0,4 + 3x)}{(0,8 - 3x)(0,2 - 3x)} = 4$$

أي :

$$27x^2 - 14,4x + 0,48 = 0$$

أي :

الحل الذي يحقق الشرط هو $x = 0,036mol$.

ومنه تركيب المزيج عند حالة التوازن الجديد :

18.5

تركيب المزيج	حمض	كحول	استر	ماء
$x = 0,036mol$	0,23mol	0,03mol	0,17mol	0,17mol

حل التمرين 9

1. - جدول تقدم التفاعل :

المعادلة		$CH_3COOH + C_2H_5OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	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

$$n_0 - x_{\max} = 0$$

- حساب التقدم الأعظمي :

$$x_{\max} = n_0 = 1mol$$

ومنه :

18.5

2. استنتاج العلاقة التي تعطي (n') بدلالة (n) :

لدينا :

$$n' = n_0 - n$$

$$n' = 1 - n$$

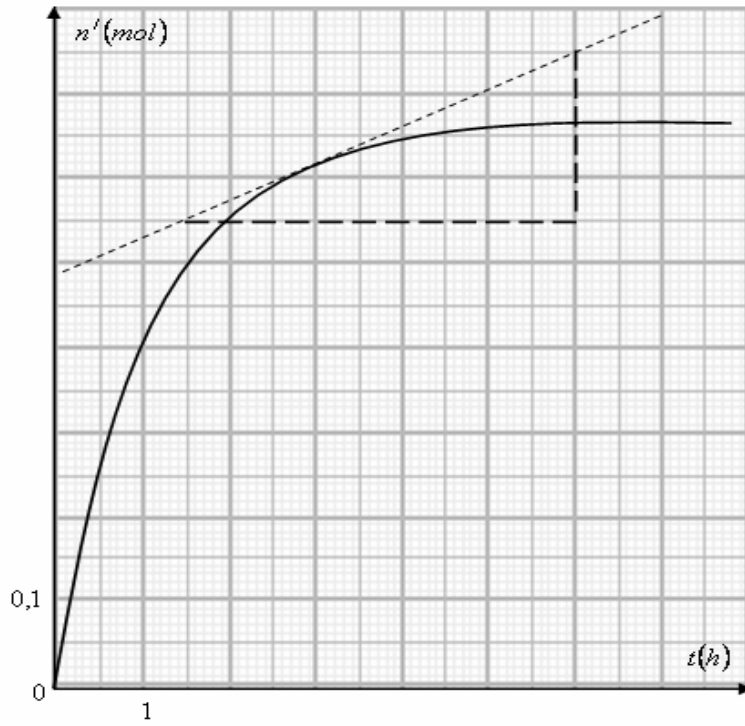
ومنه :

3. إكمال الجدول :

$t(h)$	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
$n'(mol)$	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 اللحظة $t = 3h$:

لدينا : عبارة سرعة التفاعل هي

$$v = \frac{dx}{dt}$$

$$v = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=3h}$$

قيمتها عند اللحظة $t = 3h$ ، نكتبها بالشكل :

$$v_e = \left(\frac{dn'}{dt} \right)_{t=3h}$$

نحسب سرعة تشكل الأستر عند اللحظة $t = 3h$ ولتكن v_e :

حيث $\left(\frac{dn'}{dt} \right)_{t=3h}$ يمثل ميل مماس المنحنى $n' = f(t)$ عند اللحظة $t = 3h$ ،

$$v_e = \frac{(7,5 - 5,5) \times 0,1}{6 - 1,5} ,$$

$$v_e = 0,044 \text{ mol / h}$$

أي :

ومن جدول التقدم :

$$n' = x$$

$$\left(\frac{dn'}{dx} \right)_{t=3h} = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=3h}$$

أي :

$$v = v_e$$

ومنه :

$$v = 0,044 \text{ mol / h}$$

- كيف تتطور سرعة التفاعل مع الزمن ؟

تتناقص بمرور الزمن.

التعليل : بما أن الجملة تؤول إلى حالة التوازن، فإن السرعة تتناقص إلى أن تنعدم.

(هندسيا : تناقص في قيمة ميل مماس المنحنى إلى أن تنعدم)

5. - حساب النسبة النهائية للتقدم (τ_f) :

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}} \quad / \quad x_f = 0,67 \text{ mol} \quad \text{لدينا :}$$

$$\tau_f = \frac{0,67}{1} , \quad \tau_f = 0,67 = 67\% \quad \text{أي :}$$

- الاستنتاج : التحول غير تام

حل التمرين 10

1. دور كل من التسخين المرتد و إضافة حمض الكبريت المركز :

- دور التسخين المرتد : تكثيف البخار المتصاعد ومنع ضياعه (عودته إلى الأريلينة)، من أجل المحافظة على كمية مادة الأنواع الكيميائية داخل المزيج.

- دور حمض الكبريت المركز : تسريع التفاعل (وسيط).

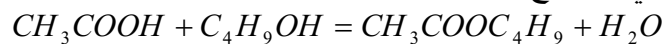


2. لماذا نستعمل الماء المالح ؟

- نستعمل الماء المالح من أجل فصل الأستر .

ملاحظة : من خصائص الأستر أنه يطفو فوق الماء المالح ولا ينحل فيه .

3. أ/ كتابة معادلة التفاعل الكيميائي النمذج لتحول الأسترة :



ب/ - هل التحول الكيميائي الحادث تام ؟

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{n(\text{استر})}{n_0(\text{حمض})} \quad \text{لدينا :}$$

$$\tau_f = \frac{0,6}{1} = 0,6 \quad \text{أي :}$$

ومنه : (التحول الكيميائي الحادث غير تام) $\tau_f < 1$

- كيف نتأكد عمليا من ذلك ؟

للتأكد عمليا من ذلك، نقوم بقياس pH المزيج من لحظة لأخرى حتى نحصل على قيم ثابتة تدلنا على أن التفاعل وصل إلى حالة التوازن، وأن الحمض لم يتفاعل كله.

ج/ إيجاد سرعة التفاعل في اللحظات : $t_1 = 20 \text{ min}$ ، $t_2 = 40 \text{ min}$ ، $t_3 = 60 \text{ min}$

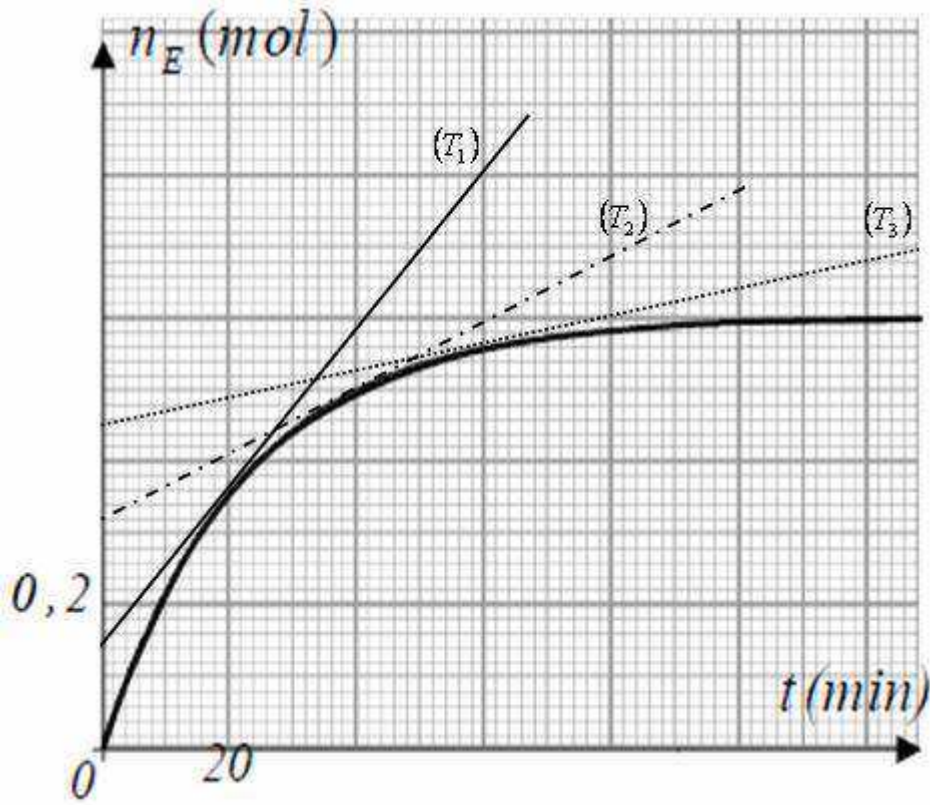
$$v_1 = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=20 \text{ min}} \quad \text{- سرعة التفاعل في اللحظة } t_1 = 20 \text{ min} \text{ هي :}$$

من جدول التقدم (يمكنك وضع جدول لتقدم التفاعل) لدينا :

$$n_E = x \quad \text{أي أن :} \quad v_1 = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=20 \text{ min}} = \left(\frac{dn_E}{dt} \right)_{t=20 \text{ min}}$$

حيث : $\left(\frac{dn_E}{dt} \right)_{t=20 \text{ min}}$ هو ميل مماس المنحنى $n_E = f(t)$ في اللحظة $t = 20 \text{ min}$ ، نسميه (T_1) (ص27)

$$v_1 = \frac{(4-1) \times 0,2}{(3-0,3) \times 20} , \quad v_1 = 1,1 \times 10^{-2} \text{ mol / min} \quad \text{ومنه :}$$



18.5

- إيجاد سرعتي التفاعل في اللحظتين $t_1 = 40 \text{ min}$ ، $t_2 = 60 \text{ min}$:
نتبع نفس الطريقة السابقة :

$$v_2 = \frac{(3,4 - 2) \times 0,2}{(4 - 0,9) \times 20} ,$$

$$v_2 = 4,7 \times 10^{-3} \text{ mol / min} \quad (T_2) \text{ ميل المماس}$$

$$v_3 = \frac{(3,4 - 2,4) \times 0,2}{(6 - 1) \times 20} ,$$

$$v_3 = 2 \times 10^{-3} \text{ mol / min} \quad (T_3) \text{ ميل المماس}$$

$$v_3 < v_2 < v_1$$

$$r = \tau_f \times 100$$

$$r = 60\%$$

- مناقشة النتائج المتحصل عليها :

نلاحظ من النتائج التحصل عليها أن :

أي أن : السرعة تتناقص بمرور الزمن.

د/ - تعيين مردود التحول :

أي :

- نعم يمكن تحسين مردود التحول عند نزع الماء الناتج .

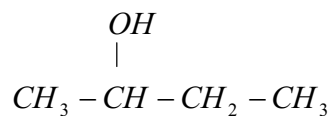
التفسير : إن نزع الماء الناتج من التفاعل، يجعل التفاعل يتطور في اتجاه الأسترة.

(يؤدي إلى عدم حدوث تفاعل الإماهة)

ه/ - استنتاج صنف الكحول المستعمل :

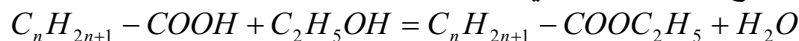
بما أن المزيج الابتدائي متساوي المولات، ومردود التفاعل $r = 60\%$ فإن الكحول المستعمل هو : كحول ثانوي

- كتابة صيغته الجزيئية نصف المفصلة مع تسميته :



بوتان - 2 - أول

1. - كتابة معادلة التفاعل للنموذج للتحويل الكيميائي الحادث :



- خصائص هذا التفاعل : بطيء ، لا حراري ، محدود (غير تام).

2. البروتوكول التجريبي الموافق :

- الأدوات و المواد المناسبة لتحقيق التجربة :

1/ كأس بيشر بحجم مناسب ، 2/ قطع جليد (ثلج) ، 3/ أساس قوي مثل (Na^+, OH^-) .

- المراحل المتبعة و المتعاقبة للتجربة :

1/ نأخذ أنبوبا من الحمام المائي في لحظة t ، ونضعه في الثلج لتوقيف التفاعل.

2/ نحدد كمية الحمض المتبقي فيه ، بمعابرته بواسطة الأساس (Na^+, OH^-) .

3/ نستنتج كمية الأستر الناتج.

- رسم المخطط التجريبي : وضع رسم تخطيطي للتجربة

3. أ/ تحديد كمية مادة الحمض الابتدائي في المزيج : $K = 4$

لدينا :

$$K = \frac{[ماء]_f [استر]_f}{[حمض]_f [كحول]_f}$$

أي :

$$K = \frac{n_f(ماء) \cdot n_f(استر)}{n_f(كحول) \cdot n_f(حمض)}$$

من جدول تقدم التفاعل :

المعادلة		$C_nH_{2n+1} - COOH + C_2H_5OH = C_nH_{2n+1} - COOC_2H_5 + H_2O$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	n_0	0,4	0	0
انتقالية	x	$n_0 - x$	$0,4 - x$	x	x
نهائية	x_f	$n_0 - x_f$	$0,4 - x_f$	x_f	x_f

نكتب :

$$K = \frac{x_f \cdot x_f}{(n_0 - x_f)(0,4 - x_f)}$$

أي :

$$\frac{x_f^2}{(n_0 - x_f)(0,4 - x_f)} = K$$

$$x_f = 8 \times 4 \times 10 = 320 \text{ mmol} = 0,32 \text{ mol} , \quad K = 4$$

ومنه :

$$\frac{(0,32)^2}{(n_0 - 0,32)(0,4 - 0,32)} = 4$$

$$n_0 = \frac{(0,32)^2}{4(0,4 - 0,32)} + 0,32 ,$$

$$n_0 = 0,64 \text{ mol}$$

ب/ - إيجاد الصيغة المجملة للحمض الكربوكسيلي :

لدينا :

$$n_0 = \frac{m_0}{M}$$

أي :

$$M = \frac{m_0}{n_0} = \frac{38,4}{0,64} = 60 \text{ g/mol}$$

حيث :

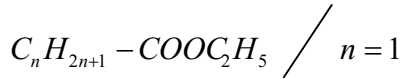
$$M = 12n + 2n + 1 + 12 + 32 + 1 = 60 ,$$

$$n = 1$$

ومنه الحمض هو : CH_3COOH

- استنتاج الصيغة نصف المفصلة للأستر :

لدينا الأستر هو :



ومنه : - الصيغة الجزيئية نصف المفصلة : $CH_3 - COO - C_2H_5$

- اسمه : إيثانوات الإيثيل

ج/ حساب مردود التفاعل ومقارنته بمردود التفاعل لمزيج ابتدائي متساوي المولات :

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

- حساب مردود التفاعل :

$$r = \frac{0,32}{0,4} \times 100 ,$$

$$r = 80\%$$

أي :

- المقارنة : بالنسبة لمزيج ابتدائي متساوي المولات (الكحول C_2H_5OH هو كحول أولي)

يكون مردود التفاعل $r' = 67\%$.

أي :

$$r' < r$$

- التفسير : زيادة كمية أحد المتفاعلين يحسن في مردود التفاعل.



4. حساب التركيب المولي للمزيج التفاعلي في كل أنبوب عند اللحظة $t = 120 \text{ min}$:

لدينا عند اللحظة $t = 120 \text{ min}$ (حالة التوازن) :

$$x_f = 0,032 \text{ mol}$$

ومنه التركيب المولي للمزيج :

$$\begin{array}{c} \text{الماء} + \text{الأستر} = \text{الكحول} + \text{الحمض} \\ \left(\frac{0,64}{10} - 0,032 \right) \quad \left(\frac{0,4}{10} - 0,032 \right) \quad 0,032 \quad 0,032 \quad \text{(عند التوازن)} \end{array}$$

الماء	الأستر	الكحول	الحمض
32mmol	32mmol	8mmol	32mmol

حل التمرين 12

1. لماذا يوضع البيشر في حوض به ماء و جليد ؟

لتوقيف التفاعل.

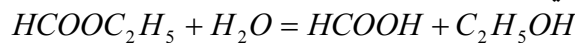
- دور الكاشف الملون : معرفة التكافؤ

2. كتابة الصيغة الجزيئية نصف المفصلة للإستر : $HCOOCH_2CH_3$

3. أ/ - اسم التحول الكيميائي الحادث في الأنابيب : إمالة الإستر

- خصائصه : بطيء ، غير تام ، لا حراري.

ب/- كتابة معادلة التفاعل الحادث في أنبوب الاختبار :



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

عند التكافؤ يكون :

$$n_A = n_b \quad n_b = C_b V_{eq} = 0,5 V_{eq}$$

$$n_A = 0,5 V_{eq}$$

ومنه :



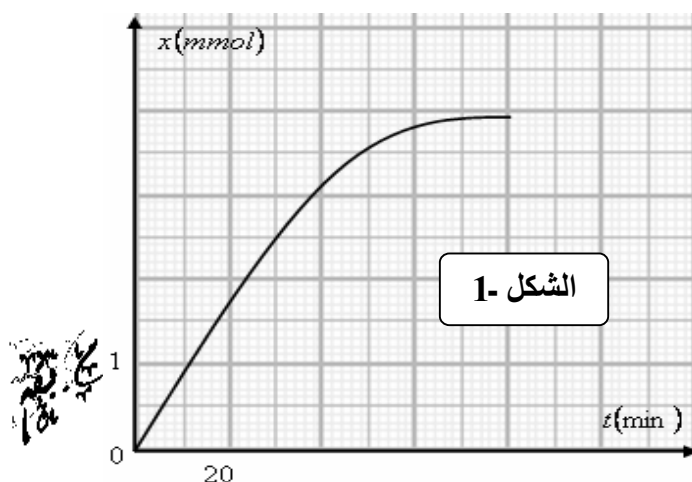
$$n_A = x$$

- استنتاج قيمة x تقدم التفاعل :
من جدول تقدم التفاعل (يمكنك وضع جدول لتقدم التفاعل)، لدينا :
أي : $x = 0,5.V_{eq} \dots \dots \dots (1)$

واعتمادا على العلاقة (1) وقيم V_{eq} يمكننا استنتاج قيمة x تقدم التفاعل في كل من الأزمنة التالية :

$t(\text{min})$	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/ رسم البيان : $x = f(t)$ على ورقة ميليمترية : (الشكل -1)



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

ب/ - حساب r مردود التحول :

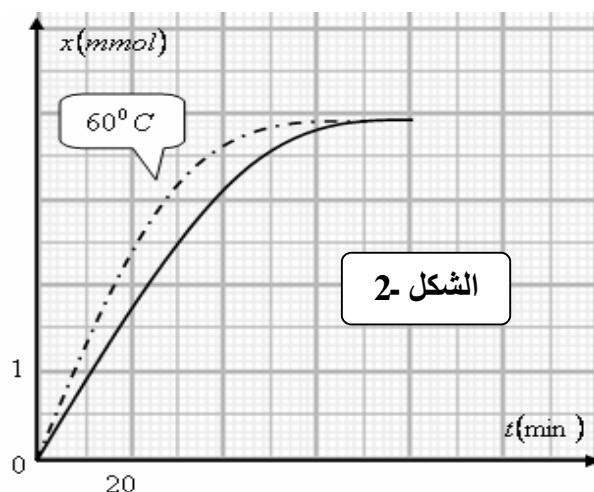
$$r = \frac{3,9 \times 10^{-3}}{4,5 \times 10^{-3}} \times 100 ,$$

$$r \approx 87\%$$

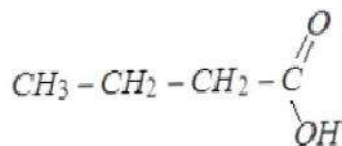
ت، ع :

- مراقبة مردود التفاعل : يمكن مراقبته (تحسينه)، باستعمال مزيج ابتدائي غير متكافئ في كمية المادة.

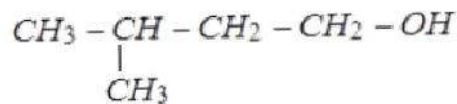
6. إعادة رسم البيان $x = f(t)$ كيفيا على نفس المعلم (في حالة ما أجريت التجربة في درجة الحرارة $\theta' = 60^\circ C$) :
(الشكل -2)



I / الصيغة نصف المفصلة لكل من الحمض A و الكحول B :
- الصيغة نصف المفصلة للحمض الكربوكسيلي A :



- الصيغة نصف المفصلة للكحول B :



II / 1. الفائدة من استعمال التسخين بالارتداد :

- الارتداد : يسمح بتفادي ضياع الأنواع الكيميائية أثناء التفاعل الكيميائي.

- التسخين : يزيد من سرعة التفاعل.

2. الدور الذي يقوم به حمض الكبريت أثناء عملية التصنيع :

- حمض الكبريت يلعب دور الوسيط فيزيد من سرعة التفاعل.

3. جدول تقدم التفاعل الحاصل :

معادلة التفاعل		$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH} + \text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH} = \text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_5\text{H}_{11} + \text{H}_2\text{O}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
الابتدائية	0	$n_A = 0,12$	$n_B = 0,12$	0	0
الانتقالية	x	$n_A - x$	$n_B - x$	x	x
النهائية	x_{eq}	$n_A - x_{eq}$	$n_B - x_{eq}$	x_{eq}	x_{eq}

4. - إثبات أن عبارة ثابت التوازن المقرون بهذا التفاعل هي : $K = \frac{x_{eq}^2}{(n_A - x_{eq})^2}$

لدينا : $K = \frac{[\text{ماء}]_{eq} [\text{استر}]_{eq}}{[\text{كحول}]_{eq} [\text{حمض}]_{eq}}$

أي : $K = \frac{n_{eq}(\text{ماء}) \cdot n_{eq}(\text{استر})}{n_{eq}(\text{كحول}) \cdot n_{eq}(\text{حمض})} \cdot \frac{V}{V}$

أي : $K = \frac{n_{eq}(\text{ماء}) \cdot n_{eq}(\text{استر})}{n_{eq}(\text{كحول}) \cdot n_{eq}(\text{حمض})}$

أي : $K = \frac{x_{eq} \times x_{eq}}{(n_A - x_{eq})(n_B - x_{eq})}$

وبما أن $n_A = n_B$ فإن $n_A - x_{eq} = n_B - x_{eq}$

ومنه : $K = \frac{x_{eq}^2}{(n_A - x_{eq})^2} \dots \dots (1)$

- استنتاج قيمة x_{eq} :

$$K = \frac{x_{eq}^2}{(n_A - x_{eq})^2} \quad n_A = 0,12 \quad , \quad K = 4$$

من العلاقة (1) :

$$\frac{x_{eq}^2}{(0,12 - x_{eq})^2} = 4$$

وبتعويض قيمتي n_A و K نجد :

$$3x_{eq}^2 - 0,96x_{eq} + 0,0576 = 0 \quad , \quad x_{eq} < 0,12 \text{ mol}$$

أي :

الحل الذي يحقق الشرط $x_{eq} < 0,12 \text{ mol}$ هو : $x_{eq} = 0,08 \text{ mol}$

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

5. حساب قيمة r مردود هذا التصنيع :

$$r = \frac{0,08}{0,12} \times 100 \quad ,$$

$$r = 66,7\%$$

أي :

6. أ/ يمكن تسريع تصنيع الإستر (E) ب : رفع درجة الحرارة

ب/ يمكن رفع قيمة x_{eq} ب : نزع الماء من الوسط التفاعلي

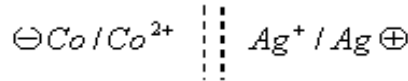
حل التمرين 14

1. المخطط الاصطلاحي للعمود (رمز العمود) :

بما أن مقياس الأمبير يشير إلى شدة تيار سالبة، فإن مربطه (COM) مرتبط بالقطب الموجب للعمود.

أي أن مسرى الفضة هو القطب الموجب.

وبالتالي الرمز الاصطلاحي للعمود هو كما يلي :



2. كتابة معادلتى التفاعل الذين يحدثان على مستوى المسريين :

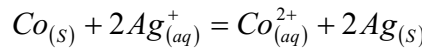
- بجوار مسرى الكوبالت (أكسدة) : $\text{Co} = \text{Co}^{2+} + 2e^-$

- بجوار مسرى الفضة (إرجاع) : $\text{Ag}^+ + e^- = \text{Ag}$

3. دور الجسر الملحي :

يلعب دور التوصيل الكهربائي بين المحلولين (تنتقل عبرها الشوارد من أجل تحقيق التعادل الكهربائي للمحلولين).

4. حساب كسر التفاعل Q_{ri} :



لدينا :

$$Q_{ri} = \frac{[\text{Co}_{(aq)}^{2+}]_i}{[\text{Ag}_{(aq)}^+]_i^2}$$

ومنه :

$$Q_{ri} = \frac{0,05}{(0,05)^2} = 20 \quad ,$$

$$Q_{ri} = 20$$

ت، ع :

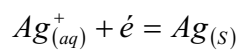
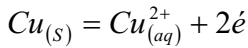
5. تطور كسر التفاعل أثناء اشتغال العمود :

أثناء اشتغال العمود يتزايد تركيز الشوارد $\text{Co}_{(aq)}^{2+}$ ويتناقص تركيز الشوارد $\text{Ag}_{(aq)}^+$

وبالتالي قيمة Q_{ri} تتزايد.

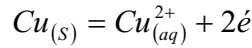
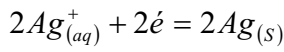
1. الشناتيتان ox/red اللتان تدخلان في تشغيل العمود هما : (Ag^+ / Ag) و (Cu^{2+} / Cu)

2. كتابة المعادلتين النصفيتين عند المسريين :
المعادلة النصفية للأكسدة



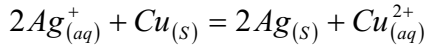
المعادلة النصفية للإرجاع

- كتابة معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي الذي يحدث في العمود :



بجمع المعادلتين النصفيتين طرف إلى طرف،

نحصل على معادلة التفاعل المطلوبة :



3. حساب الكسر الابتدائي للتفاعل :

لدينا :

$$Q_{ri} = \frac{[Cu^{2+}]_i}{[Ag^+]_i^2} \quad / \quad [Cu^{2+}] = [Ag^+] = 0,20 \text{ mol/L}$$

$$Q_{ri} = \frac{0,20}{(0,20)^2} = 5$$

$$Q_{ri} = 5$$

ت، ع :

- اتجاه تطور الجملة :

بما أن :

$$Q_{ri} < K \quad , \quad K = 2,1 \times 10^{15}$$

الجملة تتطور في الاتجاه المباشر للتفاعل



- يمكن القول عن التحويل السابق بأنه : تام ، لأن : $K \gg 10^4$

4. حساب كمية الكهرباء التي ينتجها العمود خلال المدة : $\Delta t = 2h$

لدينا :

$$Q = I \cdot \Delta t$$

$$Q = 0,2 \times 2 \times 3600 = 1440C$$

$$Q = 1440C$$

ت، ع :

5. تعيين التركيزين الموليين النهائيين لشوارد $Ag^+(aq)$ و $Cu^{2+}(aq)$ بالاستعانة بجدول تقدم التفاعل :

جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$2Ag_{(aq)}^+ + Cu(s) = 2Ag(s) + Cu_{(aq)}^{2+}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	0,02	$n_0(Cu)$	$n_0(Ag)$	0,02
انتقالية	x	$0,02 - 2x$	$n_0(Cu) - x$	$n_0(Ag) + 2x$	$0,02 + x$
نهائية	x_f	$0,02 - 2x_f$	$n_0(Cu) - x_f$	$n_0(Ag) + 2x_f$	$0,02 + x_f$

حيث :

$$n_0(Ag^+) = CV = 0,2 \times 0,1 = 0,02 \text{ mol}$$

$$n_0(Cu^{2+}) = CV = 0,2 \times 0,1 = 0,02 \text{ mol}$$

$$0,02 - 2x_f = 0 \Rightarrow x_f = 0,01 \text{ mol}$$

عند نهاية التحويل، $Ag_{(aq)}^+$ هو المتفاعل المحد :

ومنه :

- التركيز المولي النهائي لشوارد $Ag^+(aq)$:

$$[Ag_{(aq)}^+]_f = 0$$

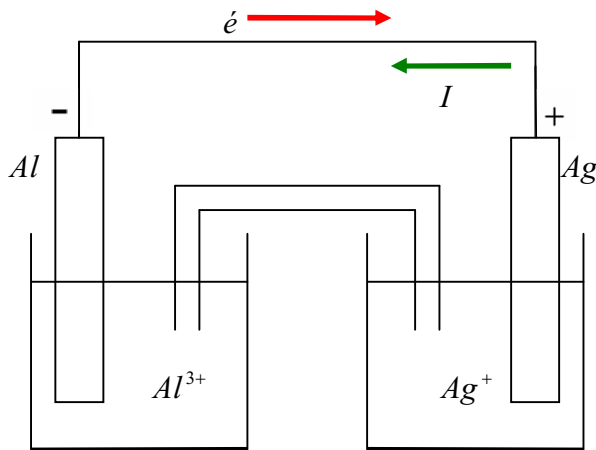
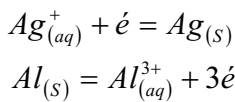
$$[Cu_{(aq)}^{2+}]_f = \frac{n_f(Cu^{2+})}{V} = \frac{0,02 + x_f}{V} = \frac{0,02 + 0,01}{0,1}$$

- التركيز المولي النهائي لشوارد $Cu^{2+}(aq)$:

$$[Cu_{(aq)}^{2+}]_f = 0,3 \text{ mol.L}^{-1}$$

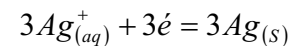
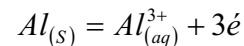


1. - تحديد قطبي العمود : - مسرى الألمنيوم هو القطب السالب (-)
- مسرى الفضة هو القطب الموجب (+)
- التبرير : تناقص شوارد الفضة حسب المعادلة النصفية وبالمقابل



2. تمثيل العمود بالرسم :
- جهة التيار الكهربائي : من مسرى الفضة نحو مسرى الألمنيوم (خارج العمود).
- جهة حركة الالكترونات : هي عكس جهة التيار.

3. كتابة المعادلتين النصفيتين عند المسريين :



4. حساب كمية الكهرباء التي ينتجها العمود خلال 300 min من التشغيل :

$$Q = I \cdot \Delta t$$

$$Q = 40 \times 10^{-3} \times 300 \times 60 = 720C$$

لدينا :

ت، ع :

$$Q = 720C$$

5. أ/ تعيين التقدم x

جدول التقدم : باعتبار التحول تام

معادلة التفاعل		$Al_{(s)} + 3Ag^+_{(aq)} = Al^{3+}_{(aq)} + 3Ag_{(s)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	$n_0(Al)$	$n_0(Ag^+)$	0	0
انتقالية	x	$n_0(Al) - x$	$n_0(Ag^+) - 3x$	x	3x
نهائية	x_{max}	$n_0(Al) - x_{max}$	$n_0(Ag^+) - 3x_{max}$	x_{max}	$3x_{max}$

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

لدينا :

حيث z عدد الالكترونات المتبادلة.

$$x = \frac{Q}{z \cdot F} = \frac{720}{3 \times 96500} = 2,5 \times 10^{-3} mol$$

$$x = 2,5 \times 10^{-3} mol$$

ومنه :

ب/ حساب النقصان $\Delta m_{(Al)}$ في كتلة مسرى الألمنيوم :

لدينا :

$$\Delta m_{(Al)} = m_0 - m$$

حيث m_0 كتلة المسرى قبل التحول : $m_0 = n_0 M$

و m كتلة المسرى بعد التحول : $m = n \cdot M = (n_0 - x) \cdot M$

أي :

$$\Delta m_{(Al)} = n_0 M - (n_0 - x) M = x M$$

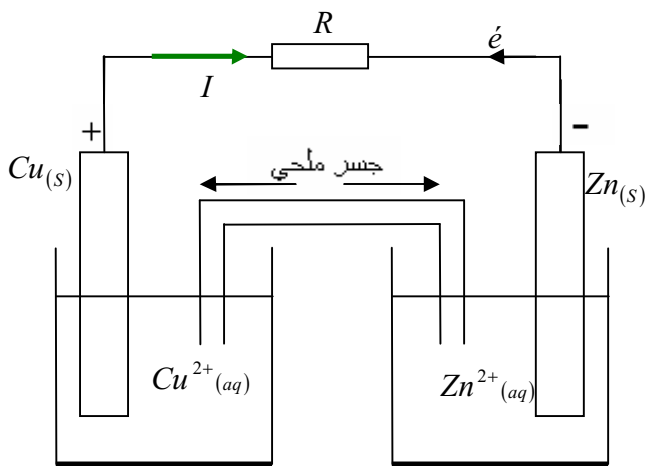
$$\Delta m_{(Al)} = x \cdot M \quad x = 2,5 \times 10^{-3} mol, \quad M_{Al} = 27 g \cdot mol^{-1}$$

ت، ع :

$$\Delta m_{(Al)} = 2,5 \times 10^{-3} \times 27 = 67,5 \times 10^{-3} g$$

$$\Delta m_{(Al)} = 67,5 mg$$



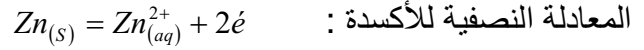


عمود دانيال

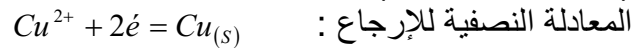
1. رسم شكل تخطيطي لعمود دانيال (الشكل المقابل) :
- جهة التيار الكهربائي : من مسرى النحاس نحو مسرى الزنك (خارج العمود).

- اتجاه حركة الالكترونات : عكس جهة التيار.
- اتجاه حركة الشوارد في الجسر الملحي :
تتحرك الشوارد داخل الجسر الملحي باتجاه المحلولين من أجل ضمان التعادل الكهربائي للمحلولين.

2. كتابة المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع :



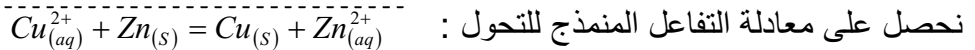
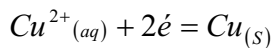
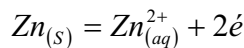
(عند صفيحة الزنك)



(عند صفيحة النحاس)

- استنتاج معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الذي يحدث أثناء اشتغال العمود :

جمع المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع :



3. ماذا يحدث للمسريين عند حالة التوازن ؟

عند التوازن : تزداد كتلة مسرى النحاس و تنقص كتلة مسرى الزنك و يتوقف العمود عن الاشتغال.

4. حساب شدة التيار الذي يجتاز الدارة :

لدينا :

$$I = \frac{E}{R}$$

$$I = \frac{1,10}{20} = 0,055 A$$

$$I = 55mA$$

ت، ع :

5. حساب Q كمية الكهرباء التي ينتجها العمود بـ C بعد ساعتين من الاشتغال :

لدينا :

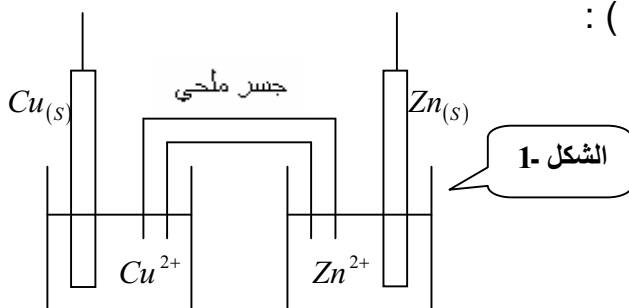
$$Q = I \Delta t$$

$$Q = 0,055 \times 2 \times 3600 = 396 C$$

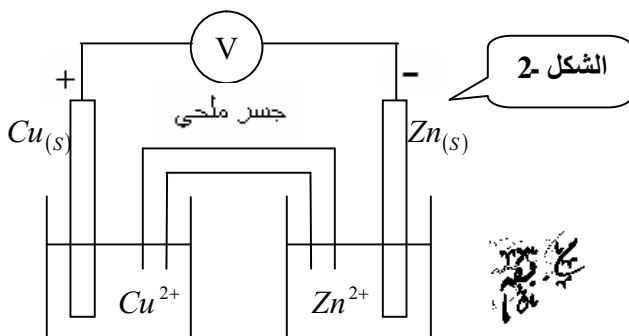
$$Q = 396 C$$

ت، ع :

حل التمرين 18



الشكل 1-



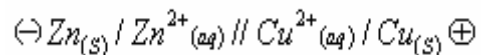
الشكل 2-

1. رسم شكل تخطيطي لعمود دانيال، مدعما بالبيانات (الشكل 1-) :

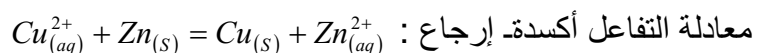
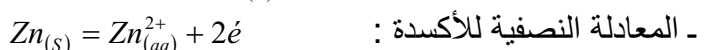
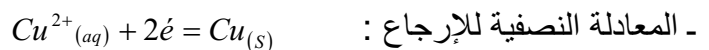
2. أ/ تبيان : - طريقة ربط جهاز الفولطمتر.

- القطبين الموجب و السالب للعمود (الشكل 2-).

ب/ اكتب المخطط الاصطلاحي للعمود (رمز العمود) :

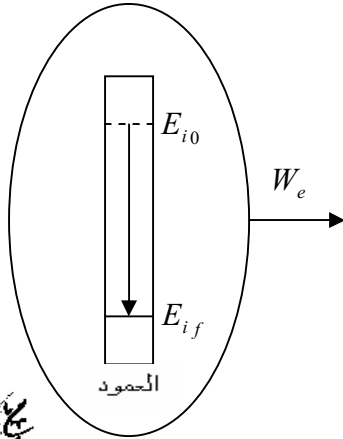


3. كتابة معادلة التفاعل أكسدة - إرجاع المنمذجة للتحويل الحادث :



4. انجاز الحويلة الطاقوية للعمود : (الشكل 3-)

5. أ/ - حساب قيمة كسر التفاعل Q_{ri} :



(الشكل 3-)

$$Q_{ri} = \frac{[Zn^{2+}_{(aq)}]}{[Cu^{2+}_{(aq)}]} \quad [Zn^{2+}_{(aq)}] = [Cu^{2+}_{(aq)}] \quad \text{لدينا :}$$

$$Q_{ri} = 1 \quad \text{أي :}$$

- جهة التطور التلقائي للجملة : الجهة المباشرة

$$Q_{ri} < K \quad K = 4,6 \times 10^{36}$$

لأن

ب/ حساب التقدم x :

$$Q = z.x.F \dots (1)$$

لدينا :

$$Q = I.\Delta t \dots (2)$$

و :

$$z.x.F = I.\Delta t$$

من (1) و (2) :

$$x = \frac{I.\Delta t}{z.F}$$

أي :

$$x = \frac{0,76 \times 2 \times 60}{2 \times 96500} = 4,7 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$x = 0,47 \text{ mmol}$$

ت، ع :

6. - مبدأ اشتغال العمود الكهربائي : يتلخص في الانتقال التلقائي للالكترونات بين ثنائيتين Ox/Red موصولة في دائرة كهربائية.

- مصدر الطاقة التي ينتجها العمود : من تحول الطاقة الكيميائية في العمود إلى طاقة كهربائية.

حل التمرين 19

1. أ/ تحديد منحى تطور المجموعة الكيميائية المكونة للعمود :

$$Q_{ri} = \frac{[Cu^{2+}_{(aq)}]_i^3}{[Al^{3+}_{(aq)}]_i^2} \quad [Cu^{2+}_{(aq)}]_i = [Al^{3+}_{(aq)}]_i = C_0 \quad \text{لدينا :}$$

$$[Cu^{2+}_{(aq)}]_i = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \quad \text{نقرأ : (الشكل 2-)}$$

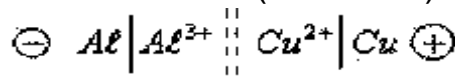
$$Q_{ri} = \frac{(5,0 \times 10^{-2})^3}{(5,0 \times 10^{-2})^2}$$

$$Q_{ri} = 5 \times 10^{-2}$$

ت، ع :

ومنه : $Q_{ri} > K$ ، الجملة تتطور في الاتجاه المعاكس (الاتجاه 2).

ب/ كتابة المخطط الاصطلاحي للعمود (رمز العمود) :



2. أ/ التعبير عن التركيز $[Cu^{2+}]$ ، عند لحظة t ، بدلالة t و C_0 و I و V و F :

نستعين بجدول التقدم :

معادلة التفاعل		$3Cu^{2+}_{(aq)} + 2Al(s) = 3Cu(s) + 2Al^{3+}_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	C_0V	$n_{0(Al)}$	$n_{0(Cu)}$	C_0V
انتقالية	x	$C_0V - 3x$	$n_{0(Al)} - 2x$	$n_{0(Cu)} + 3x$	$C_0V + 2x$

لدينا من جدول التقدم :

$$[Cu^{2+}]_t = \frac{n_{(Cu^{2+})}}{V} = \frac{C_0 V - 3x}{V}$$

تركيز شوارد النحاس Cu^{2+} عند اللحظة t :

$$[Cu^{2+}]_t = C_0 - 3 \frac{x}{V} \dots\dots(1)$$

أي :

$$Q = z.x.F = I.\Delta t$$

ومن جهة أخرى :

$$x = \frac{I.\Delta t}{6.F} \dots\dots(2) \quad / \quad z = 6$$

أي :

$$[Cu^{2+}]_t = C_0 - \frac{3}{V} \times \frac{I.\Delta t}{6.F} \quad \Delta t = t - 0 = t$$

من (1) و (2) نجد :

$$[Cu^{2+}]_t = C_0 - \frac{I.t}{2F.V}$$

ومنه العبارة المطلوبة :

ب/ استنتاج قيمة الشدة I للتيار الكهربائي المار في الدارة :

$$I = \frac{2FV(C_0 - [Cu^{2+}]_t)}{t}$$

لدينا : - من العبارة السابقة :

- من المنحنى البياني : $[Cu^{2+}]_t = 0$ عند اللحظة $t = 2500s$.

$$I = \frac{2 \times 96500 \times 0,05 \times (0,05 - 0)}{2500} \approx 0,19A$$

ومنه :

$$I \approx 0,19A$$

3. - إيجاد التغير Δm لكتلة صفيحة الألمنيوم عندما يستهلك العمود كلياً، بدلالة t_0 و F و I و M

$$\Delta m = m_0 - m \quad / \quad m_{0(Al)} = n_{0(Al)}.M \quad , \quad m_{Al} = n_{Al}.M$$

لدينا :

$$n_{Al} = n_{0(Al)} - 2x \quad (\text{من جدول التقدم})$$

حيث :

$$\Delta m = n_{0(Al)}.M - (n_{0(Al)} - 2x).M = 2xM$$

أي :

$$\Delta m = 2x_{\max} M \quad / \quad x_{\max} = \frac{I.t_0}{6.F}$$

عندما يستهلك العمود كلياً :

$$\Delta m = \frac{I.M.t_0}{3F}$$

ومنه المطلوب :

- حساب Δm :

$$\Delta m = \frac{0,19 \times 27 \times 2500}{3 \times 96500} ,$$

$$\Delta m = 44,3mg$$

