

تصحيح تمارين الكيمياء
السلسلة 2
التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل

تمرين 1

1 - جدول تطور تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$2H_2O_2(aq) \rightarrow O_2(g) + 2H_2O(l)$		
الحالة الزمنية	التقدم	كميات المادة		
بداية التفاعل	0	CV	0	0
خلال التفاعل	x	CV-2x	x	2x

نستنتج العلاقة بين كمية الماء الأوكسيجيني البدئية وكمية مادة الماء الأوكسيجيني عند اللحظة i :
حسب جدول التطور التقدم لدينا خلال اللحظة t :

$$n(H_2O_2) = CV - 2x \Rightarrow x = \frac{1}{2}(CV - n(H_2O_2))$$

$$n(H_2O_2) = [H_2O_2] \cdot V$$

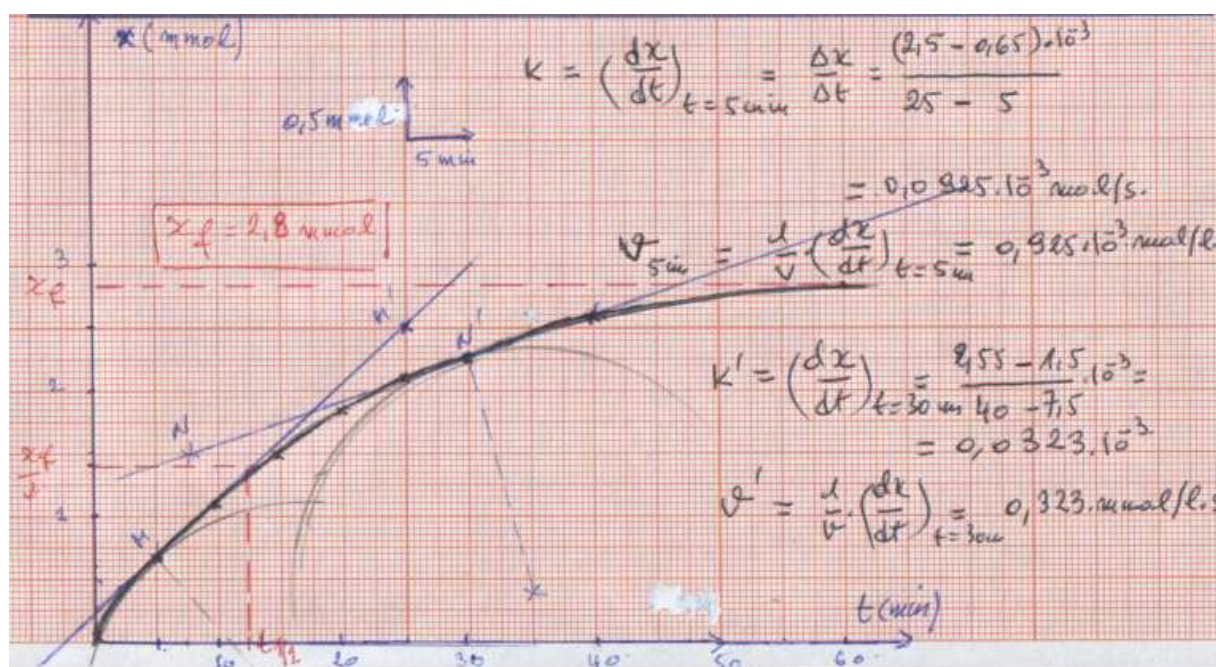
$$x = \frac{1}{2}(CV - [H_2O_2] \cdot V)$$

2 - حساب x بالنسبة لمختلف اللحظات المسجلة في جدول القياسات :

t(min)	0	5	10	15	20	25	30	40	60
X(mol).10 ⁻³	0	0,65	1,1	1,5	1,85	2,1	2,25	2,55	2,86

3_ المبيان :

أنظر الشكل (1)



4 - حدد مبيانيا السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t=30$ min و $t=5$ min
نمثل المماس للمنحنى $x=f(t)$ عند اللحظة $t=5$ min ونحسب المعامل الموجه لهذا المماس فنحصل على :

عند اللحظة $t=5\text{min}$ تكون السرعة الحجمية للتفاعل هي : $v(t = 5 \text{ min}) = 0,925 \text{ mmol} / \text{l.s}$
 عند اللحظة $t=30\text{min}$ تكون السرعة الحجمية للتفاعل هي : $v(t = 30 \text{ min}) = 0,323 \text{ mmol} / \text{l.s}$
 نستنتج أن السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص خلال تطور المجموعة المتفاعلة .

5 - زمن نصف التفاعل :
 حسب التعريف أن زمن نصف التفاعل هو $t_{1/2}$ المدة الضرورية لكي يصبح التقدم x مساويا لنصف قيمته النهائية :

$$\frac{x_f}{2} = 1,45 \text{ mmol} \Rightarrow t_{1/2} = 12,5 \text{ min} \text{ أن } x_f = 2,9 \text{ mmol} \text{ لدينا}$$

تمرين 2

1 - نطبق علاقة الغازات الكاملة لحساب كمية مادة ثنائي أوكسيد الكربون $n(\text{CO}_2)$ عند كل لحظة :

$$P.V = n(\text{CO}_2).R.T \Rightarrow n(\text{CO}_2) = \frac{P.V}{R.T}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{10^{-3}.P}{2476,38}$$

t(s)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
n(CO ₂)mmol	0,50	0,92	1,34	1,66	1,97	2,25	2,46	2,64	2,80	2,89

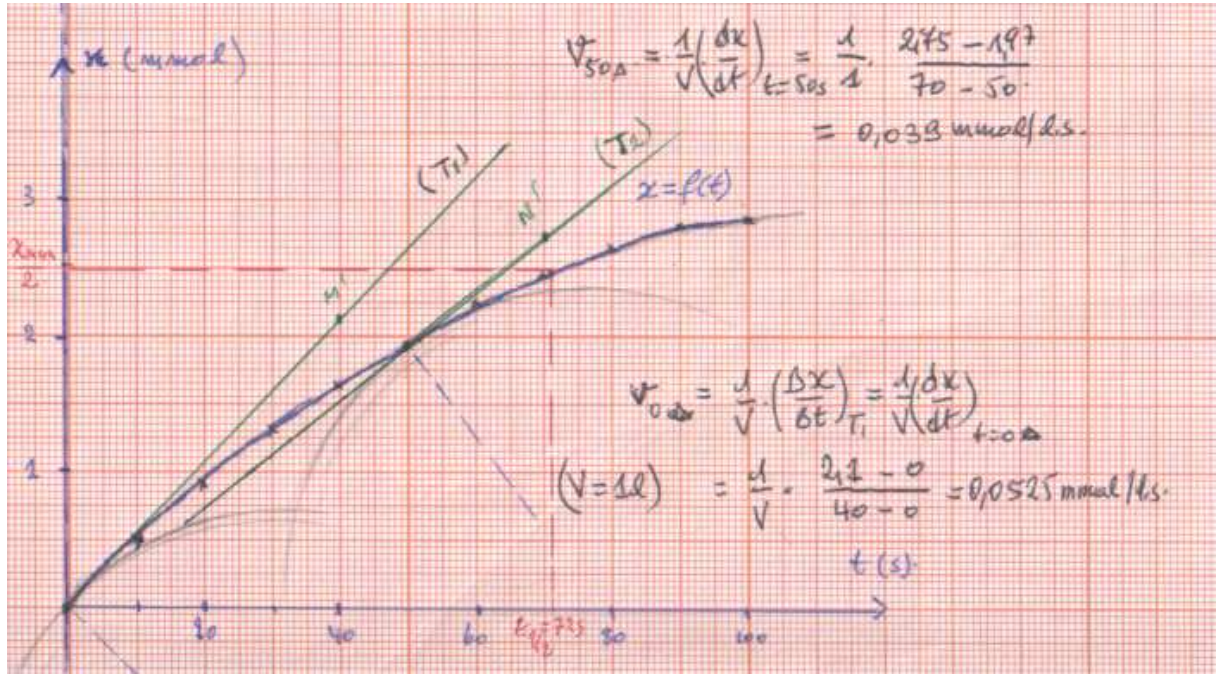
2 - جدول تطور التحول :

معادلة التفاعل		$\text{CaCO}_3(s) + 2\text{H}_3\text{O}^+(aq) \rightarrow \text{CO}_2(g) + \text{Ca}^{2+}(aq) + 3\text{H}_2\text{O}$					
الحالة	التقدم	كميات المادة					
الحالة البدئية	0	n_0	$C_A V_A$		0	0	
خلال التفاعل	x	n_0-x	$C_A V_A - 2x$		x	x	
الحالة النهائية	x_{max}	$n_0 - x_{\text{max}}$	$C_A V_A - 2x_{\text{max}}$		x_{max}	x_{max}	

من خلال الجدول يتبين أن $n(\text{CO}_2)=x$ وبالتالي سيكون الجدول كالتالي :

t(s)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
n(CO ₂)mmol	0,50	0,92	1,34	1,66	1,97	2,25	2,46	2,64	2,80	2,89
x(mmol)	0,50	0,92	1,34	1,66	1,97	2,25	2,46	2,64	2,80	2,89

3 - خط المبيان $x=f(t)$



4 - تعيين السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t=50s$ و $t=0s$
 نمثل المماس للمنحنى $x=f(t)$ عند اللحظة $t=0s$ و $t=50s$ ونحسب المعامل الموجه لهذا المماس فنحصل على :

عند اللحظة $t=0s$ تكون السرعة الحجمية للتفاعل هي : $v(t=0s) = 0,0525 \text{ mmol} / \text{l.s}$

عند اللحظة $t=50s$ تكون السرعة الحجمية للتفاعل هي : $v(t=50s) = 0,039 \text{ mmol} / \text{l.s}$

نستنتج أن السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص خلال تطور المجموعة المتفاعلة .

5 - في حالة أن التفاعل كلي وأن المتفاعل المحد هو H_3O^+ فإنه حسب جدول الوصفي للتقدم :

$$C_A V_A - 2x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = \frac{C_A V_A}{2} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

زمن نصف التفاعل نحصل عليه عندما يصبح التقدم مساويا لنصف التقدم النهائي وبما أن التفاعل تام

فهو يساوي نصف التقدم الأقصى : $\frac{x_{\max}}{2} = 2.5 \text{ mmol}$ وفي التمثيل المبياني نحصل على

$$t_{1/2} = 72s$$

6 - يمكن تتبع تطور هذا التفاعل بواسطة الموصلية نظرا لوجود أيونات في المحلول وهي نشيطة أي أن التقدم لأيون الكالسيوم يتغير مع الزمن .

تمرين 3

1 - كتلة بلورات حمض الأوكساليك اللازمة لتحضير 100mL من المحلول S_1 :

نعلم أن علاقة التي تربط بين التركيز وكمية المادة هي :

$$C_1 = \frac{n}{V} \text{ أي أن الكتلة اللازمة لبلورات حمض الأوكساليك من أجل تحضير } V=100\text{mL} \text{ من المحلول } S_1$$

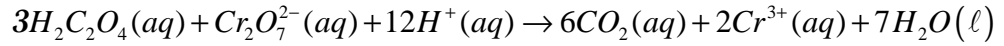
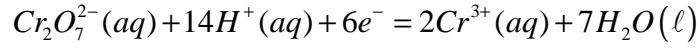
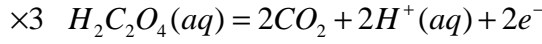
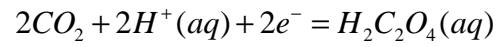
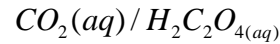
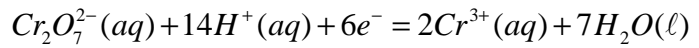
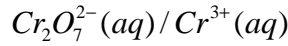
هي:

$$n = C_1 \cdot V \Rightarrow \frac{m}{M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4, 2\text{H}_2\text{O})} = C_1 V$$

$$m = C_1 \cdot V \cdot M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4, 2\text{H}_2\text{O})$$

تطبيق عددي : $m=0,756\text{g}$.

2 - 1 معادلة التفاعل بين المزدوجتين :



2 - تعريف السرعة الحجمية للتفاعل :

$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} \quad \text{نعرف السرعة الحجمية لهذا التفاعل بالعلاقة التالية :}$$

بحيث أن تقدم x التفاعل .

$$\text{العلاقة التي تربط بين } v \text{ السرعة الحجمية للتفاعل و } \frac{d[Cr^{3+}]}{dt} :$$

حسب المعادلة التفاعل وجدول التطور لهذا التفاعل لدينا :

$$n(Cr^{3+}) = 2x \Rightarrow x = \frac{n(Cr^{3+})}{2}$$

$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} \Rightarrow v = \frac{d}{dt} \left(\frac{n(Cr^{3+})}{2V} \right) \Rightarrow v = \frac{1}{2} \frac{d[Cr^{3+}]}{dt}$$

2 - 3 بواسطة طريقة المماسات للمنحنى وبحساب المعامل الموجه وهو يساوي :
بالنسبة ل $t=0s$:

$$K = \frac{\Delta[Cr^{3+}]}{\Delta t} = \left(\frac{d[Cr^{3+}]}{dt} \right)_{t=0s} = 0,75 \text{ mmol} / \ell.s$$

$$v = \frac{K}{2} = 0,375 \text{ mmol} / \ell.s$$

بالنسبة ل $t=50s$:

$$K' = \frac{\Delta[Cr^{3+}]}{\Delta t} = \left(\frac{d[Cr^{3+}]}{dt} \right)_{t=50s} = 0,126 \text{ mmol} / \ell.s$$

$$v = \frac{K'}{2} = 0,063 \text{ mmol} / \ell.s$$

2 - 4 من خلال الجدول الوصفي لتقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$3H_2C_2O_4(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 12H^+(aq) \rightarrow 6CO_2(aq) + 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$						
الحالة	التقدم	كميات المادة ب mmol						
البديية	0	3	0,835			0	0	
خلال التفاعل	x	3-3x	0,835-x			6x	2x	
النهائية	x_{max}	3-3 x_{max}	0,835- x_{max}			6 x_{max}	2 x_{max}	

يلاحظ أن المتفاعل المحد في هذا التفاعل هو أيونات ثنائي كرومات . التعليل :
 $0,825mmol < 1mmol$

$$0,835 \cdot 10^{-3} - x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = 0,835 \cdot 10^{-3} mol$$

وبالتالي فإن التقدم الأقصى هو :
 أي أن

$$n(Cr^{3+}) = 2x_{\max} = 1,67 \cdot 10^{-3} mol$$

$$[Cr^{3+}] = \frac{n(Cr^{3+})}{V} \Rightarrow [Cr^{3+}] = 16,7 mmol / \ell$$

وهذا التركيز هو الحد الذي تؤول إليه أيونات ثنائي الكرومات .

نستنتج زمن نصف التفاعل :

زمن نصف التفاعل هو عندما يصعب التقدم x يساوي نصف التقدم النهائي وهو يساوي في هذه الحالة التقدم الأقصى أي :

$$\frac{x_{\max}}{2} = \frac{[Cr^{3+}]_{\max}}{2} = 8,35 mmol / \ell .s$$

من خلال المبيان نحصل على $t_{1/2} = 35s$

تمرين 4

1 - حساب كثافة غاز ثنائي أكسيد الكربون :

$$d = \frac{M(CO_2)}{29} \Rightarrow d = 1,52$$

من خلال هذه النتيجة يتبين أن غاز ثنائي أكسيد الكربون أكثر كثافة من الهواء أي أنه سيتجمع الأماكن السفلى للمغارة .

2 - حساب كمية مادة المتفاعلات :

كمية مادة أيونات الأوكسونيوم :

$$n_0(H_3O^+) = CV_s = 10^{-2} mol$$

كمية مادة كربونات الكالسيوم :

$$n_0(CaCO_3) = \frac{m}{M(CaCO_3)} = 2,0 \cdot 10^{-2} mol$$

3 - جدول التقدم للتفاعل :

معادلة التفاعل		$CaCO_3(s) + 2H_3O^+(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + CO_2(aq) + 3H_2O(l)$				
الحالة	التقدم	كميات المادة (mol)				
البديئية	0	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	0	0	
خلال التفاعل	x	$2,0 \cdot 10^{-2} - x$	$1 \cdot 10^{-2} - 2x$	x	x	
النهائية	x_{\max}	$2,0 \cdot 10^{-2} - x_{\max}$	$1 \cdot 10^{-2} - 2x_{\max}$	x_{\max}	x_{\max}	

المتفاعل المحد : نقارن $\frac{n_0(H_3O^+)}{2}$ و $\frac{n_0(CaCO_3)}{1}$ فنستنتج أن أيونات الأيونيوم هي المتفاعل

المحد . ومنه نستنتج التقدم الأقصى :

$$1 \cdot 10^{-2} - 2x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = 5 \cdot 10^{-3} mol$$

4 - 1 من خلال علاقة الغازات الكاملة وباعتبار أن غاز ثنائي أكسيد الكربون غاز كامل والغاز الوحيد

المتكون خلال هذا التفاعل وضغطه يساوي الضغط الجوي يمكن أن نكتب :

$$P_{atm} \cdot V_{CO_2} = n(CO_2) \cdot R \cdot T$$

وحسب جدول تقدم التفاعل فإن كمية مادة غاز ثنائي أوكسيد الكربون المتكون عند اللحظة t هي

$$n(CO_2) = x$$

$$P_{atm} \cdot V_{CO_2} = x \cdot R \cdot T \Rightarrow x = \frac{P_{atm} \cdot V_{CO_2}}{R \cdot T}$$

نعوض في علاقة الغازات الكاملة :

$$V_{CO_2} = 29 \text{ ml} = 29 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

عند اللحظة t=20s لدينا حسب جدول القياسات

$$x = \frac{1,020 \cdot 10^5 \times 29 \cdot 10^{-6}}{8,31 \times 298} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

في العلاقة السابقة :

2 - 4 الحجم القصوي الممكن الحصول عليه في هذه التجربة :

$$V_{CO_2 \text{ max}} = \frac{x_{\text{max}} \cdot R \cdot T}{P_{atm}} \Rightarrow V_{CO_2 \text{ max}} = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 121 \text{ ml}$$

يلاحظ من خلال جدول القياسات أن $V_{CO_2 \text{ max}} = V_{CO_2 \text{ final}} = 121 \text{ ml}$ وبالتالي فالتفاعل تام .

$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} \quad \text{1 - 5} \quad \text{تعبير السرعة الحجمية للتفاعل :}$$

$\frac{dx}{dt}$ تمثل المعامل الموجه للمماس المنحني $x=f(t)$.

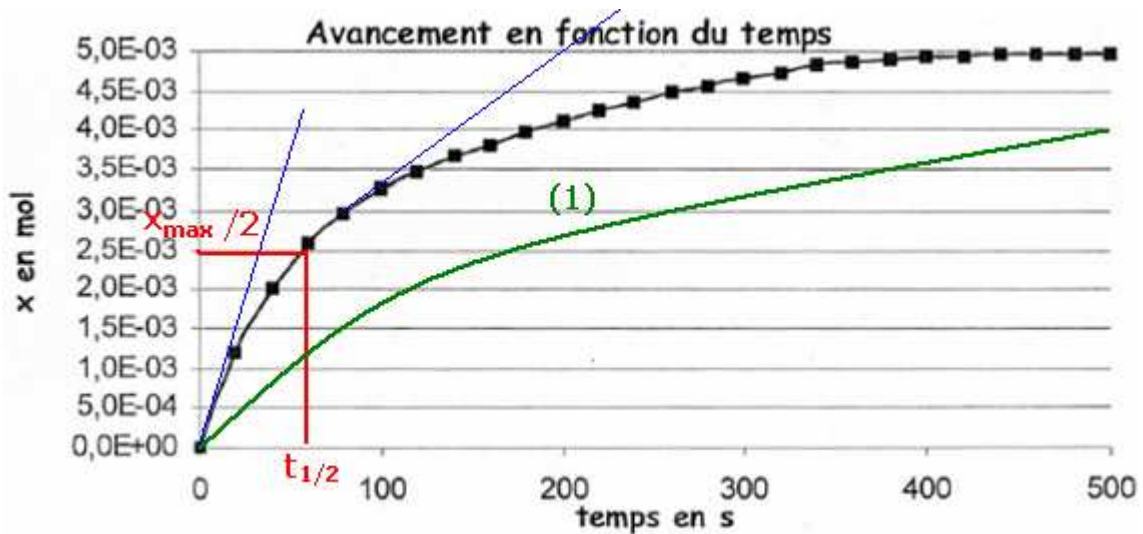
من خلال تمثيل المماس في لحظات مختلفة يتبين أن معامل الموجه يتناقص مع الزمن t أي أن السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص مع الزمن t .

5 - 2 تعريف زمن نصف التفاعل : هو المدة الزمنية التي يصل فيها التقدم إلى نصف قيمته النهائية .

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{\text{max}}}{2} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \Rightarrow t_{1/2} = 57 \text{ s} \quad \text{من خلال المنحني يتبين أن :}$$

6 - 1 عند انخفاض درجة الحرارة ستتناقص السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة t=0 ستكون أقل من الحالة الأولى (25°C) .

6 - 2 - أنظر الشكل : المنحني (1)



7 - 1 جرد الأيونات المتواجدة في المحلول : $H_3O^+(aq), Ca^{2+}(aq), Cl^-(aq)$

الأيون الذي لا يتدخل في التفاعل هو أيون الكلورور .

7 - 2 تفسير تناقص الموصلية للمحلول :

من خلال معادلة التفاعل نلاحظ أنه لتكوين أيون كالسيوم يجب أن تختفي أيونين من أيونات الأكسونيوم وحسب المعطيات أن الموصلية المولية لأيونات الأوكسيونيوم مهمة جدا بالنسبة لأيونات الكالسيوم وبالتالي فموصلية المحلول ستتناقص .

7 - 3 حساب موصلية المحلول عند $t=0$

ملاحظة : عند اللحظة $t=0$ لا توجد أيونات الكالسيوم في الخليط التفاعلي .

$$\sigma_0 = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-]$$

$$[H_3O^+]_0 = [Cl^-] = C$$

$$\sigma_0 = C(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

$$\sigma_0 = 4,25S.m^{-1}$$

7 - 4

لنبين العلاقة التالية : $\sigma = 4,25 - 580x$

موصلية المحلول في اللحظة t هي :

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-] + \lambda_{Ca^{2+}} [Ca^{2+}]$$

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} \frac{CV_s - 2x}{V_s} + \lambda_{Cl^-} C + \lambda_{Ca^{2+}} \frac{x}{V_s}$$

$$\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) \times C + \frac{x}{V_s} (\lambda_{Ca^{2+}} - 2\lambda_{H_3O^+})$$

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{x}{V_s} (\lambda_{Ca^{2+}} - 2\lambda_{H_3O^+})$$

$$\sigma = 4,25 - 580x$$

ملاحظة : أن الحجم بالوحدة m^3

7 - 5 حساب موصلية المحلول بالنسبة للتقدم الأقصى : $\sigma_{\max} = 4,25 - 580x_{\max} = 1,35S.m^{-1}$