

✓ الحركة الكيميائية هي دراسة التطور الزمني لتحويلات كيميائية و تتم هذه الدراسة بتتبع تكون احد النواتج أو تتبع اختفاء أحد المتفاعلات بدلالة الزمن

✓ نعرف السرعة الحجمية V عند اللحظة t لتفاعل يحدث في حجم ثابت

✓ تحسب السرعة المتوسطة الحجمية من خلال منحنى تطور كمية المادة بدلالة الزمن

✓ زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ هو المدة الزمنية اللازمة لكي يصل التقدم x إلى نصف قيمته النهائية x_f

تمرين 1 (تؤكسد ايونات البرمنغنات MnO_4^- ببطى في وسط محمض، أيونات الأوكسالات $C_2O_4^{2-}$)

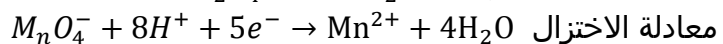
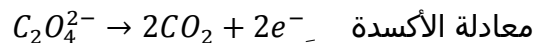
نمزج بسرعة $V_1 = 20cm^3$ من محلول مائي البرمنغنات البوتاسيوم تركيزه $C_1 = 0,2mol/l$ و $V_2 = 20cm^3$ من محلول مائي لأوكسالات الصوديوم $(2Na^+ + C_2O_4^{2-})$ تركيزه $C_2 = 0,5mol/l$ مع اضافة قطرات من حمض الكبريتيك. نعين التركيز المولي لايونات البرمنغنات المتبقية في المحلول خلال الزمن

	1	2	3	4	5	6	7	8
mol/l	0,096	0,093	0,060	0,030	0,012	0,005	0,003	0,002

1. أكتب المعادلة الحصيلة للتفاعل علما أن المزدوجتين المتفاعلتين هما MnO_4^- / Mn^{2+} و $CO_2 / C_2O_4^{2-}$ ؟
2. أحسب كمية مادة البدئية لايونات البرمنغنات في الخليط . هل تبقى أيونات الأوكسالات عند نهاية التفاعل ؟
3. خط المنحنى $[MnO_4^-] = f(t)$ ؟ باعتماد السلم $1min \rightarrow 1cm$ و $10^{-2}mol/l \rightarrow 1cm$
4. أحسب السرعة المتوسطة لاختفاء أيونات MnO_4^- بين اللحظتين $t_1 = 3min$ و $t_2 = 6min$
5. عين ميانيا سرعة اختفاء MnO_4^- عند اللحظة $t = 4min$ ؟

الجواب

معادلة الحصيلة



المعادلة الحصيلة نضرب طرفي المعادلة الأولى في العدد 5 و طرفي المعادلة الثانية في العدد 2

2. كمية مادة البدئية لايونات البرمنغنات في الخليط $n_0(MnO_4^-) = C_1 \cdot V_1 = 2 \cdot 10^{-3}mol$

الجدول الوصفي

كميات المادة بالمول						تقدم التفاعل	
							ح البدئية
							ح الوسطية
				$2x_f$			ح النهائية

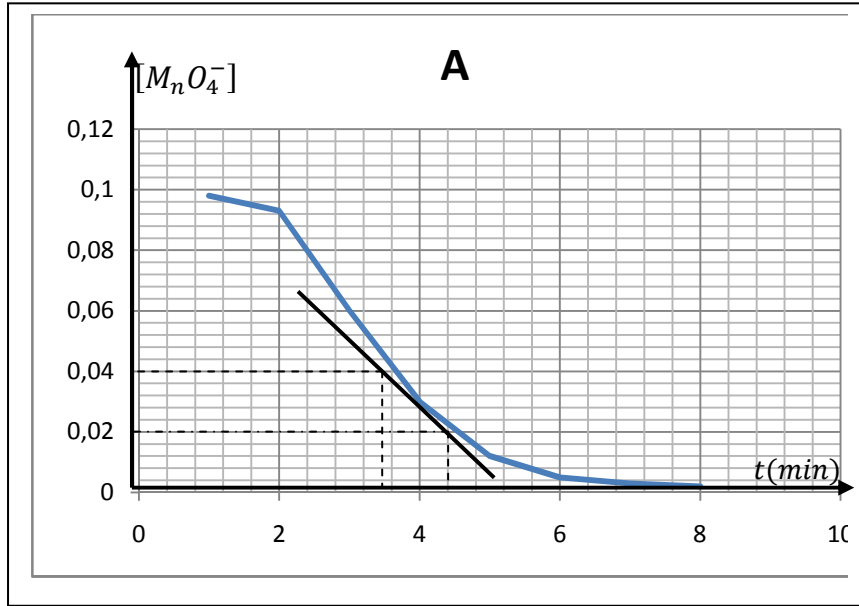
نفترض أن المتفاعل المحد هو MnO_4^- اذن $n_0(MnO_4^-) - 2x_f = 0$ اذن :

نفترض أن المتفاعل المحد هو $C_2O_4^{2-}$ اذن: $n_0(C_2O_4^{2-}) - 5x_f$ اذن

ذ: بنساعد صلاح الدين

خلال هذا التحول سيتم الاختفاء الكلي لـ MnO_4^- و $C_2O_4^{2-}$

تمثيل $[MnO_4^-] = f(t)$



4. السرعة المتوسطة لاختفاء أيونات MnO_4^- بين اللحظتين $t_1 = 3min$ و $t_2 = 6min$ لدينا

$$V = -\frac{1}{2} \frac{d[MnO_4^-]}{dt} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[MnO_4^-]}{\Delta t} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{[MnO_4^-]_2 - [MnO_4^-]_1}{t_2 - t_1}$$

$$V = -\frac{1}{2} \cdot \frac{0,005 - 0,06}{6 - 3} \text{ / دن: } 9,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

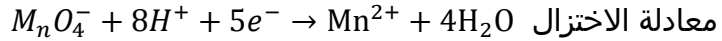
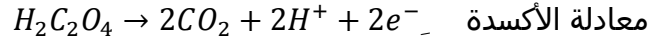
6. سرعة اختفاء MnO_4^- عند اللحظة $t = 4min$

نرسم المماس للمنحنى عند اللحظة $t = 4min$ (أنظر الشكل أعلاه)

تمرين 2

- (تأكسد حمض الأوكساليك في وسط محمض بأيونات البرمنغنات MnO_4^-)
1. علما أن حمض الأوكساليك هو مختزل المزدوجة $CO_2/H_2C_2O_4$ أكتب نصفي معادلة الأكسدة و الاختزال واستنتج المعادلة الحصيلة لتأكسد هذا الحمض ؟
 2. عرف سرعة اختفاء أيونات MnO_4^- عند اللحظة t ؟
 3. ماهي العلاقة الموجودة بين سرعة اختفاء أيون البرمنغنات و سرعة اختفاء حمض الأوكساليك عند كل لحظة ؟

1. معادلة الحصيلة



المعادلة الحصيلة نضرب طرفي المعادلة الأولى في العدد 5 و طرفي المعادلة الثانية في العدد 2

2. تعريف سرعة الاختفاء

سرعة الاختفاء هي تغير كمية مادة المتفاعلات بدلالة الزمن و نعبّر عن ذلك رياضيا بالعلاقة التالية:

في حالة المتغير هو تقدم التفاعل x

$$V = \frac{1}{V_S} \frac{dx}{dt} \quad \text{أو} \quad V = \frac{1}{V_S} \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad \text{حيث } x \text{ يمثل تقدم التفاعل}$$

في حالة المتغير هو التركيز $[X]$

$$V = -\frac{1}{a} \frac{d[X]}{dt} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[X]}{\Delta t} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{[X]_2 - [X]_1}{t_2 - t_1} \quad \text{حيث } a \text{ يمثل معامل تناسب النوع الكيميائي } X \text{ في معادلة التفاعل}$$

3. العلاقة الموجودة بين سرعة اختفاء أيون البرمنغنات و سرعة اختفاء حمض الأوكساليك عند كل لحظة

الجدول لوصفي

كميات المادة بالمول						تقدم التفاعل
						ح البدئية
						ح الوسطية
				$2x_F$		ح النهائية

لدينا من خلال الجدول لوصفي $x_f = \frac{n_0(MnO_4^-)}{2}$ و $x_f = \frac{n_0(H_2C_2O_4)}{5}$ اذن: $\frac{n_0(H_2C_2O_4)}{5} = \frac{n_0(MnO_4^-)}{2}$ أي $\frac{n_0(H_2C_2O_4)}{5V} = \frac{n_0(MnO_4^-)}{2V}$ حيث V هو حجم الخليط و منه $[MnO_4^-] = \frac{2}{5} [H_2C_2O_4]$ اذن $\frac{[H_2C_2O_4]}{5} = \frac{[MnO_4^-]}{2}$ سرعة اختفاء أيون البرمنغنات $V(MnO_4^-) = -\frac{1}{2} \frac{d[MnO_4^-]}{dt} = \frac{1}{5} \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt} = V(H_2C_2O_4)$

تمرين 3 (في شرط معينة لدرجة الحرارة و الضغط يمكن تحلل غاز الايثانال إلى غاز الميثان و غاز أحادي

ندخل عند اللحظة $t = 0$ نعتبرها أصلا لتواريخ، في إناء حجمه $V = 1L$ ثابت و درجة حرارته ثابتة $1mol$ من الايثانال .

نقيس ضغط الخليط الغازي، عند كل لحظة بواسطة مضغوط فرقي مرتبط بالإناء . ندون النتائج المحصل عليها في

الجدول التالي.

	0	5	10	25	50
	225	262	290	337	375

1. نسمي x كمية مادة الايثانال التي تختفي عند اللحظة t . حدد تعبير كمية مادة الميثان $n(CH_4)$ و كميةمادة أحادي أوكسيد الكربون $n(CO)$ اللذين يظهران في نفس اللحظة؟.

ذ: بنساعد صلاح الدين

2. ما كمية المادة الكلية n للغازات الموجودة في الإناء؟
3. نقبل أن الخليط يحقق قانون الغازات الكاملة ونذكر أنه في هذه الشروط ($V = cte$ و $T = cte$) يكون الضغط متناسبا مع كمية المادة الغازية أعط تعبير x بدلالة p و p_0 ضغط الخليط الغازي عند اللحظة $t = 0$ ؟
4. أحسب التركيز المولي $[CO]$ لأحادي أكسيد الكربون عند مختلف اللحظات المدونة في الجدول السابق .
5. مثل $[CO] = f(t)$ ؟ باعتماد السلم $5min \rightarrow 1cm$ و $0,1mol/l \rightarrow 1cm$
6. أحسب سرعة تكون أحادي أكسيد الكربون عند اللحظة $t = 10min$ ؟

الجواب

كميات المادة بالمول			تقدم التفاعل	
		0		ح البدئية
				ح الوسطية
				ح النهائية

1. تعبير كمية مادة الميثان $n(CH_4)$ التي تظهر في اللحظة t $n(CH_4) = x$
- تعبير كمية مادة الميثان $n(CO)$ التي تظهر في اللحظة t $n(CO) = x$
2. كمية المادة الكلية الموجودة في الخليط عند اللحظة t $n_T = n_0(CH_3CHO) - 1x + n(CH_4) + n(CO)$ ادن:
3. من خلال الجدول الوصفي لدينا $n(CO) = x$ وبما أن الخليط يحقق قانون الغازات الكاملة فان:
و بالتالي: $PV(CO) = n(CO).R.T$ أي $P(CO)V(CO) = x.R.T$

$$x = \frac{P(CO)V(CO)}{RT}$$

$$p(CO) = p - p_0 \quad \text{ومنه:} \quad p = P(CO) + p_0$$

$$V(CO) \quad \text{حجم الغاز عند اللحظة } t$$

$$p_0 \quad \text{حجم خليط عند اللحظة } t = 0$$

$$P(CO) \quad \text{ضغط الغاز عند اللحظة } t$$

$$x = \frac{(p-p_0)V(CO)}{RT} \quad \text{أخير نجد المعادلة A}$$

$$\text{معادلة الغازات الكاملة عند اللحظة } t = 0 \text{ هي: } p_0.V = n_0RT \quad \text{مع: } n_0 = 1mol$$

$$\text{ادن: } p_0.V_0 = RT_0 \quad \text{ومنه نجد: } p_0 = \frac{RT}{V_0}$$

$$\text{بما أن: } (V = cte \text{ و } T = cte); \text{ ونعلم } R = cte \text{ فان: } \frac{RT}{V_0} = \frac{RT}{V} = \frac{RT}{V(CO)} = p_0 \quad \text{نعوض في المعادلة A فنجد:}$$

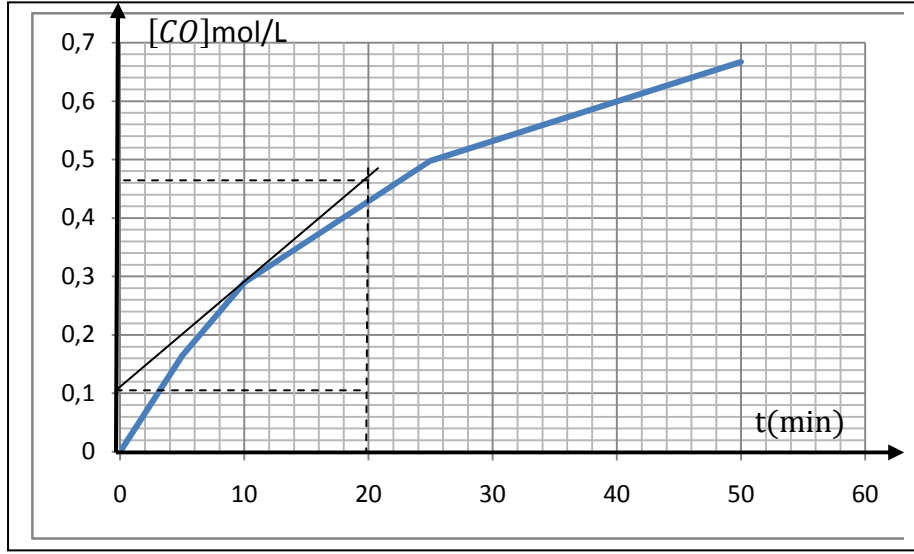
4. تحديد تعبير $[CO]$ التركيز المولي لأحادي الكربون

من خلال الجدول الوصفي لدينا $n(CO) = x$ كمية مادة CO عند اللحظة t

$$\frac{n(CO)}{V} = \frac{x}{V} \quad \text{ادن:} \quad [CO] = \frac{x}{V} \quad \text{وبالتالي} \quad [CO] = \frac{1}{V} \cdot \left(\frac{p-p_0}{p_0}\right)$$

	0	0,163	0,289	0,498	0,667
	0	5	10	25	50
	225	262	290	337	375

5. تمثيل تغيرات التركيز بدلالة الزمن $[CO] = f(t)$



6. سرعة تكون أحادي أكسيد الكربون عند اللحظة $t = 10 \text{ min}$
 تعبير سرعة تكون أحادي أكسيد الكربون $V([CO]) = \frac{d[CO]}{dt} = \frac{\Delta[CO]}{\Delta t}$
 نرسم المماس للمنحنى عند اللحظة $t = 10 \text{ min}$ (أنظر الشكل)

$$V([CO]) = 1,53 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

ت ع

تمرين 4 (يعتبر ثنائي اليود عنصرا أساسيا يحتاجه الجسم بكميات صغيرة جدا ويتركز وجوده في الغدة الدرقية لإنتاج هرمون الثيروكسين لتنظيم درجة الحرارة ولتطور الجسم و الدماغ قلته في الجسم تؤدي إلى تضخم الغدة الدرقية و يؤدي إلى ولادة أطفال معاقين ذهنيا . يهدف هذا التمرين إلى تحضير ثنائي اليود I_2)

يؤدي تفاعل أيون اليودور I^- مع أيونات البيروكسوثنائي كبريتات $S_2O_8^{2-}$ إلى تكون ثنائي اليود I_2

عند اللحظة نحضر $V = 1 \text{ L}$ محلول مائي S و ذلك بمزج $V_1 = 0,5 \text{ L}$ من محلول يودور البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ ذي التركيز $C_1 = 0,4 \text{ mol/L}$ مع $V_2 = 0,5 \text{ L}$ من محلول بيروكسوثنائي كبريتات البوتاسيوم $(K^+ + S_2O_8^{2-})$ تركيزه $C_2 = 0,2 \text{ mol/L}$. نأخذ تدريجيا من المحلول S الذي تبقى درجة حرارته ثابتة عينات، بصفة منتظمة يمكننا من تتبع تطور التفاعل و ذلك بتعيين عن طريق المعايرة، التركيز المولي لثنائي اليود I_2 المتكون بدلالة الزمن و ندون النتائج في الجدول التالي:

	0	2,5	5	10	15	20	30
$[I_2]$ mol/L	0						

1. أكتب المعادلة الحصيلة لهذا التفاعل علما أن المزدوجتين المتفاعلتين هما I_2/I^- و $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$ ؟

2. مثل $[I_2] = f(t)$ ؟

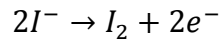
3. أحسب التركيز المولي البدئي لكل من أيون اليودور I^- و أيونات البيروكسوثائي كبريتات $S_2O_8^{2-}$ في المحلول S ؟

4. خلال هذه التجربة نقوم بتخفيف العينة المأخوذة مباشرة بالماء المثلج قبل المعايرة . ما مزايا هذه العملية ؟

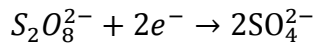
5. ما سرعة تكون ثنائي اليود عند اللحظة $t = 10min$ و استنتج سرعة اختفاء أيونات اليود و عند نفس اللحظة ؟

الجواب

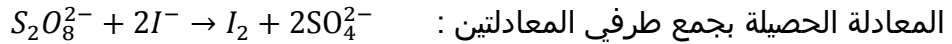
1. معادلة الحصيلة



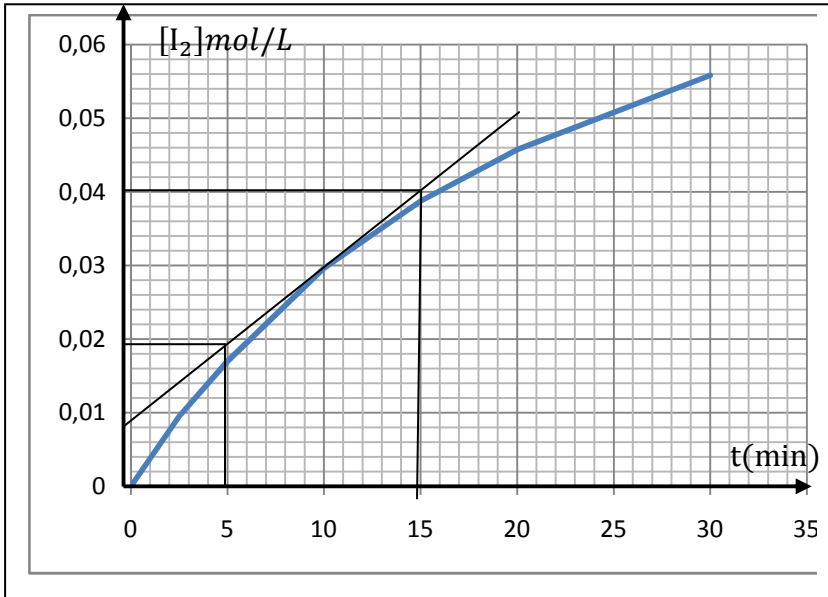
معادلة الأكسدة



معادلة الاختزال



2. تمثيل $[I_2] = f(t)$



3. التركيز البدئي ل I^- و $S_2O_8^{2-}$

ت ع

ت ع

4. نقوم بتخفيف العينة المأخوذة مباشرة بالماء المثلج قبل المعايرة من أجل توقيف التفاعل لأن ارتفاع درجة يعتبر من بين العوامل المؤثرة على تغير سرعة التفاعل (ارتفاع درجة حرارة الوسط تؤدي إلى الزيادة في سرعة التفاعل)

5. سرعة تكون ثنائي اليود عند اللحظة $t = 10min$

بنفس الطريقة السابقة (أنظر)

$$V([I_2]) = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

ت ع

$$V([I_2]) = \frac{d[I_2]}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d[I^-]}{dt} = V([I^-]) : \text{ادن } [I^-] = 2[I_2] \text{ هي: } [I^-] \text{ و } [I_2] \text{ بيت تركيز}$$

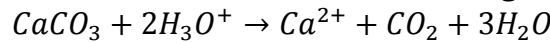
تمرين 5 (يتكون تنائي اوكسيد الكربون CO_2 في المغارات بتأثير المياه الحمضية على كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ الموجودة في الأحجار الكلسية)

لدراسة هذا التفاعل نصب في حوجة حجمها $V_S = 100mL$ من محلول حمض الكلوريدريك ($H_3O^+ + Cl^-$) تركيزه $C = 0,1mol/L$ و نضيف اليه كتلة $m = 2g$ من كربونات الكالسيوم علما أن شروط التفاعل هي $\theta = 25^\circ$ و $P_{atm} = 10^5 Pa$

1. أكتب المعادلة الحصيلة للتفاعل؟
 2. أنشي الجدول الوصفي لهذا التفاعل و حدد المتفاعل المحد ؟
 3. عبر عن التقدم $x(t)$ عند اللحظة t بدلالة $V(CO_2)$ المتكون و T و P_{atm} و R ثابتة الغازات الكاملة ؟
 4. أحسب الحجم الأقصى الممكن تحصيله في هذه الحالة ؟
 5. عبر عن السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة $V(CO_2)$, T , P_{atm} , R و V_S ؟
 6. كيف تتطور السرعة الحجمية للتفاعل مع الزمن ؟
- نعطي $M(CaCO_3) = 100g/mol$ و $V_m = 24L/mol$ و $R = 8,31j.mol^{-1}.K^{-1}$ و $T = \theta + 272,5$

الجواب

1. المعادلة الحصيلة للتفاعل



2. الجدول الوصفي

$CaCO_3 + 2H_3O^+ \rightarrow Ca^{2+} + CO_2 + 3H_2O$					
كميات المتفاعلة بالمول					تقدم التفاعل
				بوفرة	ح البدئية
				بوفرة	ح الوسطية
				بوفرة	ح النهائية

نفترض أن المتفاعل المحد هو H_3O^+ اذن:

نفترض أن المتفاعل المحد هو $CaCO_3$ اذن

$$n_0(CaCO_3) - x_f = 0 \Rightarrow x_f = n_0(CaCO_3) \Rightarrow x_f = \frac{m}{M(CaCO_3)} = \frac{2}{100} \Rightarrow x_f = 2.10^{-2}mol$$

المتفاعل المحد يوافق أصغر تقدم نهائي ، اذن المتفاعل المحد هو H_3O^+

3. التقدم $x(t)$ عند اللحظة t بدلالة $V(CO_2)$ المتكون و T و P_{atm} و R ثابتة الغازات الكاملة

$$n(CO_2) = x \quad \text{لدينا}$$

$$PV(CO_2) = n(CO_2)RT \Rightarrow PV(CO_2) = xRT \text{ معادلة الغازات الكاملة}$$

ذ: بنساعد صلاح الدين

$$x = \frac{PV(CO_2)}{RT} \quad \text{ادن:}$$

4. الحجم الأقصى الممكن تحصيله في هذه الحالة يوافق التقدم الأقصى $x_m = x_f = 0,5 \cdot 10^{-2} mol$

$$V(CO_2) = \frac{xRT}{P} \Rightarrow V(CO_2) = \frac{0,5 \cdot 10^{-2} \cdot 8,31}{10^5}$$

$$V(CO_2) = 12,37 \cdot 10^{-2} L \quad \text{ت ع}$$

5. السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة V_S و R , P_{atm} , T , $V(CO_2)$

سرعة تكون تنائي أوكسيد الكربون :

$$V = \frac{1}{V_S} \frac{d \frac{PV(CO_2)}{RT}}{dt} \quad \text{ادن} \quad x = \frac{PV(CO_2)}{RT} \quad \text{و نعلم} \quad V = \frac{1}{V_S} \frac{dx}{dt} \quad \text{لدينا}$$

$$V = \frac{1}{V_S} \cdot \frac{P_{atm}}{RT} \frac{dV(CO_2)}{dt} \Rightarrow V = \frac{P_{atm}}{V_S \cdot RT} \frac{dV(CO_2)}{dt} \quad \text{نجد:} \frac{dV(CO_2)}{dt}$$

6. تتناقص السرعة الحجمية مع الزمن إلا أن تتعدم عند نهاية التفاعل