

## التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التحول

### بمساعدة صلاح الدين

### I. التتبع الزمني لتطور كيميائي

للتتبع التطور الزمني لمجموعة كيميائية من الضروري معرفة تركيب هذه المجموعة في كل لحظة وهناك عدة طرق تمكن من ذلك نذكر منها :

#### المعايرة

#### قياس الضغط

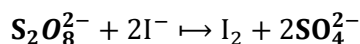
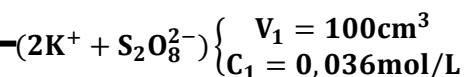
#### قياس الموصلية

#### 1. (طريقة المعايرة)

#### نشاط

محلول مائي ليودور البوتاسيوم

محلول مائي لبروكسو ثنائي كبريتات البوتاسيوم



الخليط يأخذ لونا بنيا نتيجة تكون ثنائي اليود  $I_2$

#### معادلة التحول

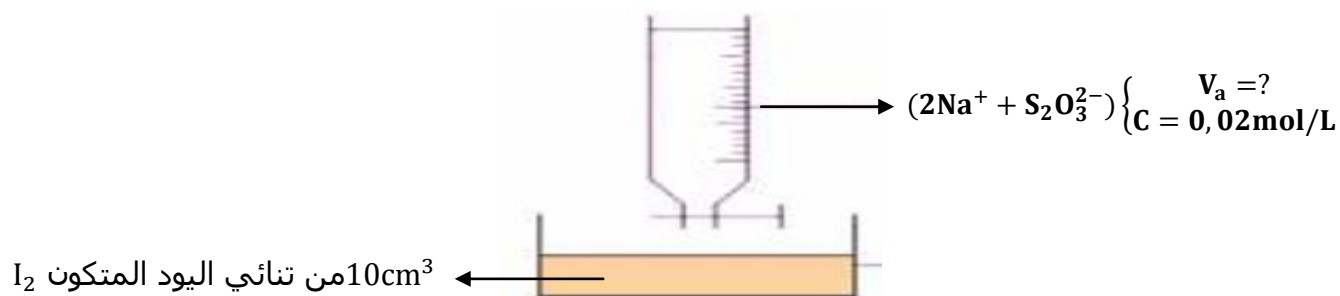
الجدول الوصفي

معادلة التفاعل				الحالة	
كميات المادة				التقدم	الحالة البدئية
$S_2O_8^{2-} + 2I^- \rightarrow 2SO_4^{2-} + I_2$				0	الحالة البدئية
$c_2 \times V_2$	$c_1 \times V_1$	0	0	x	عند اللحظة t
$c_2 \times V_2 - x$	$c_1 \times V_1 - 2x$	2x	x		

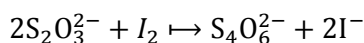
من خلال الجدول الوصفي  $n_f(I_2) = x$  كمية مادة ثنائي اليود المتكون عند اللحظة t

لمعرفة كمية مادة ثنائي اليود المتكون في لحظة معينة نلجأ إلى تقنية المعايرة . نأخذ في لحظات مختلفة حجما  $V = 10 \text{cm}^3$  من الخليط و نغمرها في الماء المثلج من أجل توقيف التحول الكيميائي. ثم نعاير كمية مادة ثنائي اليود المتكون عند اللحظة t بواسطة محلول مائي لتيوكبريتات الصوديوم  $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})$  تركيزه  $C = 0,02 \text{mol/L}$

معايرة ثنائي اليود المتكون بواسطة محلول تيوكبريتات الصوديوم  $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})$



تفاعل سريع



معادلة التحول :

$$n_f(I_2) = \frac{n(S_2O_3^{2-})}{2} = \frac{C \cdot V_a}{2}$$

عند التكافؤ نجد:

## التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التحول

بمساعدة صلاح الدين

نتائج القياسات

60	50	40	30	20	16	12	9	6	3	0	$t(\text{mn})$
3,3	3,2	3,1	2,8	2,3	2,1	1,7	1,4	1,0	0,5	0	$n(I_2), \text{mmol}$

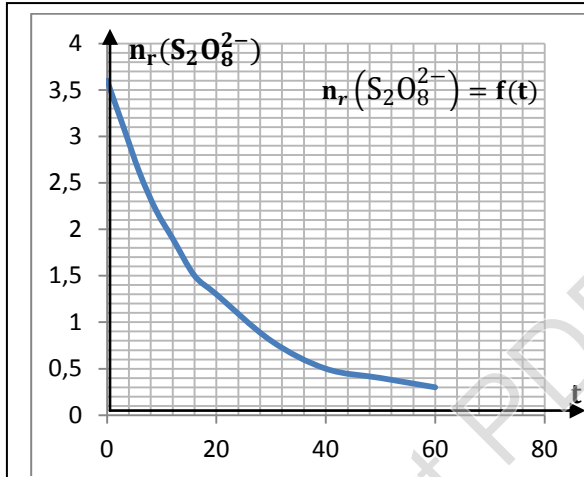
تحديد كمية مادة المكونات الأخرى للوسط التفاعلي عند اللحظة  $t$

$$n_r(S_2O_8^{2-}) = C_1V_1 - x = C_1V_1 - n_f(I_2) \quad \text{أيون بروكسو ثنائي كبريتات } S_2O_8^{2-} \text{ المتبقي في الخليط}$$

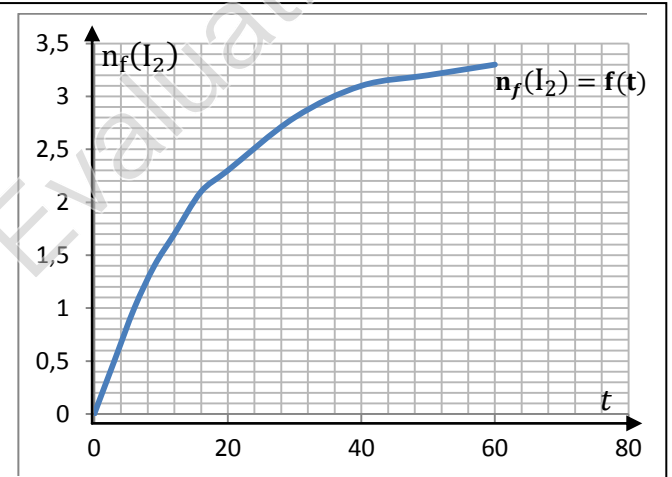
$$n_r(S_2O_8^{2-}) = 3,6 - x \quad \text{ع } n$$

يمثل الجدول التالي تغيرات كمية مادة  $S_2O_8^{2-}$  المتبقية بدلالة الزمن .

60	50	40	30	20	16	12	9	6	3	0	$t(\text{mn})$
3,3	3,2	3,1	2,8	2,3	2,1	1,7	1,4	1,0	0,5	0	$n(I_2), \text{mmol}$
0,3	0,4	0,5	0,8	1,3	1,5	1,9	2,2	2,6	3,1	3,6	$n(S_2O_8^{2-})$



منحنى تطور  $n_r(S_2O_8^{2-})$  بدلالة الزمن

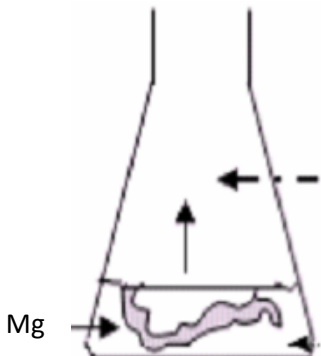


منحنى تطور تقدم التفاعل  $x$  بدلالة الزمن

## 2. (طريقة قياس الضغط)

نستعمل هذه التقنية عندما يرافق التحول تغير كمية مادة غازية. تتبع تطور تأثير حمض الكلوريدريك على فلز المغنيزيوم بقياس ضغط الغاز الناتج عن التفاعل.

نضع عند اللحظة  $t=0$  شريطا من المغنيزيوم كتلته  $m = 0,02\text{g}$  في حوجلة بها  $V = 50\text{cm}^3$  من  $C = 0,5\text{mol/L}$  تركيزه  $(H^+ + Cl^-)$



- كمية المادة البدئية  $Mg$  :  $n_0(Mg) = \frac{m}{M} = 0,82\text{mmol}$

- كمية المادة البدئية  $H^+$  :  $n_0(H^+) = C \cdot V = 25\text{mmol}$

التفاعل يستمر حتى الاختفاء الكلي لشريط  $Mg$  إذن التقدم انطلاق غاز  $H_2$

الأقصى هو  $X_m = 0,82\text{mmol}$  و المتفاعل المحد هو  $Mg$

## التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التحول

بمساعدة صلاح الدين

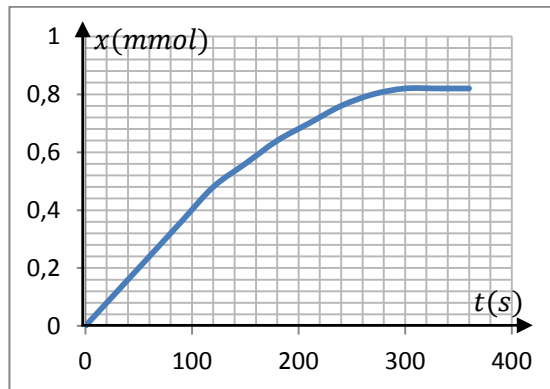
الجدول الوصفي :

$Mg$ (g) + $2H^+$ (aq) $\rightarrow$ $Mg^{2+}$ (aq) + $H_2$ (g)				معادلة التفاعل	
كميات المادة ب: mmol				التقدم	الحالة
0,82	25	0	0	0	الحالة البدئية
0,82-x	25-2x	x	x	x	خلال التحول
0	23,4	0,82	0,82	$x_{max}$	الحالة النهائية

الضغط مرتبط بكمية مادة غاز تنائي الهيدروجين الناتج بالعلاقة التالية:  $PV = nRT$

- عند اللحظة  $t=0$  الضغط داخل الحوجلة هو الضغط الجوي  $P = P_{atm}$
  - عند اللحظة  $t$  الضغط داخل الحوجلة:  $P = P(H_2) + P_{atm}$  مع  $P(H_2)$  ضغط تنائي الهيدروجين الناتج
  - ضغط تنائي الهيدروجين داخل الحوجلة:  $P(H_2) = P - P_{atm}$
  - بتطبيق معادلة الحالة عند اللحظة  $t$  نجد:  $1 \quad P - P_{atm} = \frac{n(H_2)RT}{V}$
  - عند نهاية التحول ضغط  $H_2$  داخل الحوجلة:  $P(H_2) = P_{max} - P_{atm}$
  - بتطبيق معادلة الحالة نجد:  $2 \quad P_{max} - P_{atm} = \frac{n(H_2)_{max}RT}{V}$
  - عند اللحظة  $t$  نعبر عن كمية مادة  $H_2$ :  $n(H_2) = x$
  - عند نهاية التحول نعبر كمية مادة  $H_2$  ب:  $n(H_2) = x_{max}$
  - من 1 و 2 نجد:  $x = \frac{P - P_{atm}}{P_{max} - P_{atm}} x_{max}$
- بالاعتماد على جهاز المانومتر نقيس تغيرات ضغط  $H_2$  بدلالة الزمن .  
نتائج القياسات.

330	300	270	240	210	180	150	120	90	60	30	0	$t(s)$
1093	1093	1091	1087	1081	1079	1068	1060	1048	1036	1025	1013	$P(hPa)$
0,82	0,82	0,80	0,76	0,70	0,64	0,56	0,48	0,36	0,24	0,12	0	$x(mmol)$

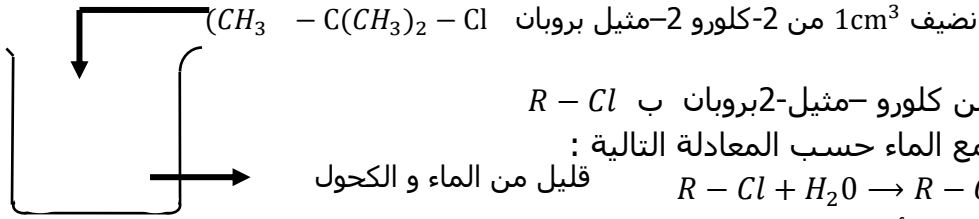


تغيرات تقدم التفاعل  $x$  خلال الزمن

## التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التحول

بمساعدة صلاح الدين

### 3. طريقة قياس المواصلة



ينتج خلال هذا التحول أيونات  $\text{H}^+$  و  $\text{Cl}^-$  مما يؤدي إلى تزايد موصلية المحلول . نقيس موصلية المحلول بعد كل 200 ثانية فنحصل على النتائج التالية :

2000	1800	1600	1400	1200	1000	800	600	400	200	0	$t(s)$
1,955	1,955	1,905	1,856	1,759	1,661	1,466	1,270	0,977	0,489	0	$\sigma(S/m)$

نعطي :  $\rho_{R-\text{Cl}} = 0,85\text{g/cm}^3$  و  $M(R - \text{Cl}) = 92,5\text{g/mol}$

هذا التفاعل كلي يستمر حتى يختفي  $R - \text{Cl}$  الذي يمثل المتفاعل المحد

### الجدول الوصفي

$R\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ROH} + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$					معادلة التفاعل	
كميات المادة					التقدم	الحالة
$n_0$	بؤفرة	0	0	0	0	الحالة البدئية
$n_0 - x$	بؤفرة	x	x	x	x	عند اللحظة t
$n_0 - x_{\text{max}}$	بؤفرة	$x_{\text{max}}$	$x_{\text{max}}$	$x_{\text{max}}$	$x_{\text{max}}$	الحالة النهائية

- من خلال الجدول الوصفي عند نهاية التحول نجد:  $X_{\text{max}} = n_0 = \frac{\rho \cdot V}{M} = 9,2\text{mmol}$
- أيونات  $\text{H}^+$  و  $\text{Cl}^-$  هي المسؤولة عن تطور موصلية المحلول إذن:  $\sigma = \lambda_{\text{H}^+}[\text{H}^+] + \lambda_{\text{Cl}^-}[\text{Cl}^-]$  حيث:

$\lambda_{\text{H}^+}$  و  $\lambda_{\text{Cl}^-}$  الموصلية المولية الأيونية لكل من  $\text{H}^+$  و  $\text{Cl}^-$  و حدتها هي:  $4\text{S} \cdot \text{m}^2/\text{mol}$

من خلال الجدول الوصفي يمكن تحديد التركيز الفعلي ل  $\text{H}^+$  و  $\text{Cl}^-$  خلال اللحظة t بدلالة تقدم التفاعل اذن:  $[\text{Cl}^-] = [\text{H}^+] = \frac{x}{V}$

- نعتبر عن موصلية المحلول بدلالة تقدم التفاعل عند اللحظة t :  $\sigma = (\lambda_{\text{H}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) \cdot \frac{x}{V}$  1
- نعتبر عن موصلية المحلول بدلالة تقدم التفاعل عند نهاية التحول:  $\sigma_f = (\lambda_{\text{H}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) \cdot \frac{n_0}{V}$  2
- من العلاقة 1 و 2 نجد  $x = \frac{\sigma}{\sigma_f} n_0$  مع  $\sigma_f = 1,955\text{S/m}$  و  $n_0 = 9,210^{-3}\text{mol}$  و بالتالي:

$$x = \frac{\sigma}{1,955} 9,210^{-3} \quad 3$$

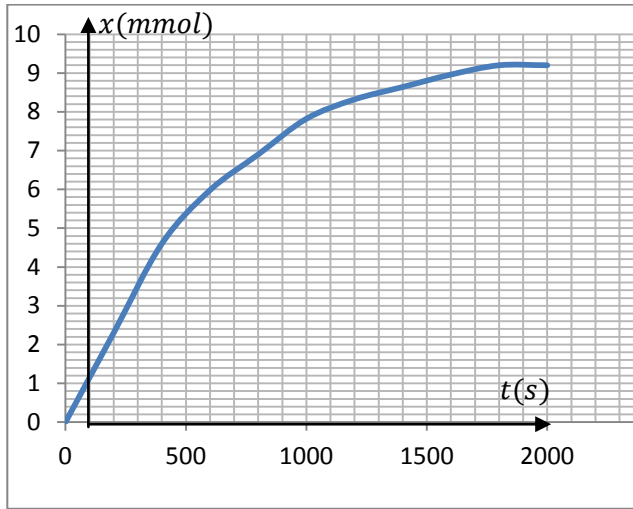
باستغلال العلاقة 3 نحصل على النتائج المدون في الجدول :

2000	1800	1600	1400	1200	1000	800	600	400	200	0	$t(s)$
1,955	1,955	1,905	1,856	1,759	1,661	1,466	1,270	0,977	0,489	0	$\sigma(S/m)$
9,20	9,20	8,96	8,64	832	7,82	6,90	5,98	4,60	2,30	0	$x(\text{m.mol})$

منحنى تغيرات تقدم التفاعل بدلالة الزمن

## التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التحول

بمساعدة صلاح الدين



### II. سرعة التفاعل و زمن النصف

#### 1. سرعة التفاعل

أ. تعريف

نعرف سرعة التفاعل الكيميائي بالعلاقة التالية  $v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$  مع:

$v$ : سرعة التحول الكيميائي وحدتها m/s

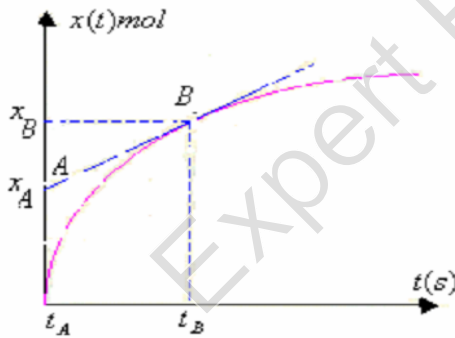
$V$ : حجم المحلول و حدته  $m^3$

$dx$ : تغير تقدم التفاعل و حدته mol

$dt$ : مدة التغير وحدتها s

#### ب. التحديد المباني لسرعة التحول

نحصل على سرعة التفاعل عند اللحظة  $t$  من خلال تحديد المعامل الموجه لمماس المنحنى  $x = f(t)$  عند اللحظة  $t$  ثم قسمته على حجم المحلول



مثال

نعتبر نقطتين A و B تنتميان إلى المستقيم المماس

$$v = \frac{1}{V} \frac{x_B - x_A}{t_B - t_A} \quad \text{و منه فإن:} \quad \frac{dx}{dt} = \frac{x_B - x_A}{t_B - t_A}$$

#### 2. زمن نصف التفاعل

زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  هي المدة الزمنية التي

يصل فيها تقدم التفاعل  $x$  نصف قيمته النهائية  $x_f$   $x_{1/2} = \frac{x_f}{2}$

هام:

• معرفة زمن نصف التفاعل تمكن من تقييم المدة الزمنية اللازمة لانتها التحول المدروس و من اختيار التقنية المناسبة لتتبع تطور هذا التحول

• إذا كان التحول كلياً  $x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2}$

