2 – المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

الأنشطة

ما المقصود بالمتابعة الزمنية لتحول كيميائي ؟

أ / الطرق الفيزيائية

ب / الطريقة الكيميائية – المعايرة اللونية (Colorimétrie)

زمن نصف التفاعل $\tau_{1/2}$

السرعة الحجمية لظهور و اختفاء نوع كيميائي

أ / السرعة المتوسطة

ب / السرعة اللحظية

الأنشطة

نشاط 1:

نضيف تدريجيا محلول فوق منغنات البوتاسيوم إلى كأس

بيشر تحتوي على محلول شفاف لثنائي أكسيد الكبريت

$SO_2(aq)$.

نلاحظ زوال لون محلول فوق المنغنات بمجرد تلامس

المحلولين كما هو مبين على الصورة المقابلة.

1 – كيف يمكن تفسير هذه الملاحظة ؟

2 – هل يصنف هذا التحول ضمن التحولات السريعة أم البطيئة ؟

3 – هل يمكن متابعة تطور التحول الكيميائي الذي يحدث لهذه الجملة الكيميائية أم لا؟

اللون البنفسجي يميز شوارد فوق المنغنات MnO_4^-. زوال هذا اللون يفسر التفاعل الذي يحدث بين هذه الشاردة و جزيء $SO_2(aq)$.

معادلة إرجاع شوارد فوق المنغنات $MnO_4^-(aq)$ للحالة $Mn^{2+}(aq)$:

$$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- = Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(\ell)$$

معادلة أكسدة جزيء SO_2 إلى الحالة SO_4^{2-}:

$$SO_2(aq) + 2H_2O(\ell) = SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^-$$

معادلة الأكسدة – إرجاع الحادثة أثناء المزج:

$$2MnO_4^-(aq) + 5SO_2(aq) + 2H_2O \rightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 5SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq)$$

2 – يصنف هذا التفاعل ضمن التفاعلات السريعة لأننا لاحظنا بالعين

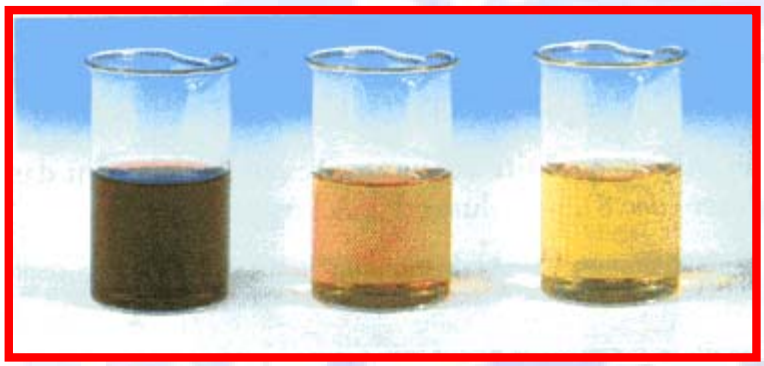
بأن اختفاء اللون تم بسرعة كبيرة.

3– وعليه، لا يمكن القيام بمتابعة التطور الذي يحدث في الجملة الكيميائية المتحولة لأن التحول الذي يحدث تحول سريع.

نشاط 2:

نضع في كأس بيشر حجما معينا من حمض الأوكساليك $H_2C_2O_4(aq)$ ثم نضيف إليه $1mL$ من محلول مخفف لفوق منغنات البوتاسيوم $K^+(aq)+MnO_4^-(aq)$.

نلاحظ أن اللون البنفسجي الذي يعود لشاردة فوق المنغنات يدوم لفترة زمنية معينة ثم يتلاشى تدريجيا حتى يزول تماما.



تمثل الصورة المرفقة تطور لون المحلول.

1 – كيف يمكن تفسير هذه الملاحظات؟

2 – هل يصنف هذا التحول ضمن التحولات السريعة أم البطيئة ؟

3 – هل يمكن متابعة تطور التحول الكيميائي الذي يحدث لهذه الجملة الكيميائية أم لا؟

تحليل النشاط:

1 – زوال لون المحلول تدريجيا راجع لتفاعل شوارد فوق المنغنات $MnO_4^-(aq)$ مع حمض الأوكساليك

معادلة إرجاع شوارد فوق المنغنات $MnO_4^-(aq)$ للحالة $Mn^{2+}(aq)$:

$$MnO_4^-(aq)+8H^+(aq)+5e^- = Mn^{2+}(aq)+4H_2O(\ell)$$

معادلة أكسدة حمض الأوكساليك $H_2C_2O_4$ للحالة CO_2 :

$$H_2C_2O_4(aq) \rightarrow 2CO_2(aq)+2H^+(aq)+2e^-$$

معادلة الأكسدة الإرجاعية الحادثة تكون:

$$MnO_4^-(aq)+5\,H_2C_2O_4+6\,H^+(aq) \rightarrow 2\,Mn^{2+}(aq)+8\,H_2O(\ell)+10\,CO_2(g)$$

كل الأفراد المتواجدة في هذا المزيج لا لون لها ماعدا شاردة فوق المنغنات، و بما أن هذه الشاردة أدخلت في المزيج بكمية قليلة فإننا نصل إلى زوال لون كل المزيج بعد انقضاء مدة زمنية معينة.

2 – تطور لون المحلول تدريجيا يدل على أن التحول الكيميائي الحادث ليس سريعا بل هو بطيء.

3 – نعم يمكن القيام بمتابعة التطور الذي يحدث في الجملة الكيميائية المتحولة لأن التحول الذي يحدث تحول بطيئ.

ما المقصود بالمتابعة الزمنية لتحول كيميائي ؟

المقصود بالمتابعة الزمنية لتحول كيميائي يحدث في جملة كيميائية هو القيام بجملة من القياسات، في لحظات زمنية مختلفة، تخص التركيز المولي أو عدد مولات فرد من الأفراد المتفاعلة أو فرد من الأفراد الناتجة.

إن معرفتنا لمعادلة التفاعل الكيميائي التي تنمذج التحول الكيميائي الذي يحدث في الجملة الكيميائية تمكننا من الوصول إلى التطور الزمني الذي يحدث للتقدم الكيميائي، واستنتاج، بعد ذلك، التطور الذي يتعلق بكميات المادة أو التراكيز المولية الخاصة بالأفراد المتفاعلة والناتجة.

هناك عدة طرق للقيام بهذه المتابعة الزمنية. منها طرق فيزيائية و أخرى كيميائية.

أ / الطرق الفيزيائية :

من أهم الطرق الفيزيائية المستعملة للقيام بالمتابعة الزمنية لتحول كيميائي لدينا:

- المتابعة عن طريق قياس الناقلية.
- المتابعة عن طريق قياس الطيفية (spectrophotométrie) .
- المتابعة بقياس الحجم
- المتابعة بقياس الضغط.

سوف نتطرق في برنامجنا هذا إلى المتابعة عن طريق قياس الناقلية فقط.

أ – 1 – المتابعة عن طريق قياس الناقلية.

نستعمل من أجل هذا خلية قياس الناقلية يكون ثابتها $K = \frac{L}{S}$ معلوما. نقوم بقياس الناقلية (G) للجملة الكيميائية المتحولة من لحظة

لأخرى. نستنتج بعد ذلك عدد مولات أو تركيز أحد الأفراد الكيميائية المختفية أو الناتجة إثر هذا التحول الكيميائي و هذا من لحظة لأخرى قصد تحقيق جدول يعبر عن تغير التركيز المولي أو عدد مولات الفرد المتتبع بدلالة الزمن. نكون بهذا قد حققنا متابعة زمنية للتطور الذي يحدث في الجملة الكيميائية المتحولة.

نشاط: تفاعل شوارد اليود $I^-(aq)$ مع شوارد بيروكسوثنائي كبريتات (peroxodisulfate) $S_2O_8^{2-}$

الأدوات المستعملة:

خلية قياس الناقلية، ثابتها $K = \frac{L}{S} = 0{,}1\ m^{-1}$ و ميقاتية لقياس الزمن.

- محلول S_1 لبيروكسوثنائي كبريتات البوتاسيوم $2K^+ + S_2O_8^{2-}$ حجمه $V_1 = 50\ mL$ و تركيزه المولي $C_1 = 10^{-3}\ mol\ /\ L$. نذكر بأن هذا المحلول لا لون له.
- محلول S_2 ليود البوتاسيوم $K^+(aq) + I^-(aq)$ حجمه $V_2 = 50\ mL$ و تركيزه المولي $C_2 = 5.10^{-3}\ mol\ /\ L$. هذا المحلول كذلك لا لون له.
- كأس بيشر سعتها $250\ mL$.

نضع في كأس بيشر المحلول (S_1) ثم نضيف له المحلول (S_2) .

مباشرة عند مزج المحلولين نضع خلية قياس الناقلية في الكأس و نشغل الميقاتية. نقيس ناقلية المزيج خلال لحظات زمنية مختلفة.

أثناء مزج المحلولين يحدث التفاعل الكيميائي التالي:

$$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$$

أسئلة التحليل:

1 – أكمل جدول تقدم التفاعل:

المعادلة	$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$			
كمية المادة الأصلية	C_2V_2	C_1V_1	0	0
كمية المادة عند لحظة (t)	$C_2V_2 - 2\,x(t)$	$C_1V_1 - x(t)$	$x(t)$	$2\,x(t)$
التراكيز المولية عند (t)				

2 – إذا اعتبرنا أن التقدم $x(t) = n_{I_2}(t)$

أ / أوجد عبارة التقدم الحجمي ثم عرفه .

ب / أكمل الجدول التالي:

الفرد الكيميائي	التركيز المولي الأصلي في المزيج	التركيز المولي عند لحظة (t).
I^-	$[I^-]_0 = \frac{C_2V_2}{V}$	$[I^-](t) =$
$S_2O_8^{2-}$	$[S_2O_8^{2-}]_0 = \frac{C_1V_1}{V}$	$[S_2O_8^{2-}](t) =$
I_2		$[I_2](t)$
SO_4^{2-}		$[SO_4^{2-}] =$

3 – بين أن ناقلية المزيج عند لحظة (t) يمكن حسابها بالعلاقة:

$$G = 5{,}4 - 60 \times [I_2](t) \qquad mS\ ,\ mol/L$$

4 – أعطت قياسات ناقلية المزيج من لحظة لأخرى الجدول التالي:

$t\ (min)$	$G\ (mS)$	$[I_2](t)\times 10^{-5}$ mol/L	$[SO_4^{2-}](t)\times 10^{-5}$ mol/L	$[I^-](t)\times 10^{-5}$ mol/L	$[S_2O_8^{2-}](t)\times 10^{-5}$ mol/L
0	5,400				
2	5,395				
3,5	5,393				
5	5,390				
8	5,386				
10	5,384				
13	5,381				
20	5,377				
25	5,375				
30	5,374				
35	5,373				
40	5,372				
50	5,371				
60	5,371				

أ / أكمل هذا الجدول .

ب / أرسم البيانات التي تمثل تطور تراكيز الأفراد الكيميائية الممثلة في الجدول و هذا بدلالة الزمن.

جـ / ماذا تستنتج من خلال ملاحظتك لهذه المنحنيات؟

الإجابة عن أسئلة التحليل:

1 – إكمال الجدول

للحصول على التراكيز المولية للأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج

نقسم عدد مولات هذه الأفراد على حجم المزيج الذي هو :

المعادلة	$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$			
كميات المادة الأصلية	C_2V_2	C_1V_1	0	0
كميات المادة عند لحظة (t)	$C_2V_2 - 2\ x(t)$	$C_1V_1 - x(t)$	$x(t)$	$2\ x(t)$
التراكيز المولية عند لحظة (t)	$\frac{C_2V_2}{V} - 2\frac{x(t)}{V}$	$\frac{C_1V_1}{V} - \frac{x(t)}{V}$	$\frac{x(t)}{V}$	$2\frac{x(t)}{V}$

$$V = V_1 + V_2$$

– 2

أ / نقوم بقسمة طرفي المساواة $x(t) = n_{I_2}(t)$ على حجم المزيج فنجد:

$$\frac{x(t)}{V} = \frac{n_{I_2}(t)}{V} = [I_2](t)$$

و منه تكون عبارة التقدم الحجمي لتفاعل كيميائي:

$$\frac{x(t)}{V} = [I_2](t)$$

تعريف التقدم الحجمي:

عند لحظة زمنية (t)،فإن حاصل القسمة بين تقدم التفاعل و حجم المزيج يمثل التقدم الحجمي، و هو يساوي التركيز المولي لثنائي اليود الناتج عند هذه اللحظة

ب / إكمال الجدول:

الفرد الكيميائي	التركيز المولي الأصلي في المزيج	التركيز المولي عند لحظة (t).
I^-	$[I^-]_0=\frac{C_2V_2}{V}$	$[I^-](t)=\frac{C_2V_2}{V}-2[I_2](t)$
$S_2O_8^{2-}$	$[S_2O_8^{2-}]_0=\frac{C_1V_1}{V}$	$[S_2O_8^{2-}](t)=\frac{C_1V_1}{V}-[I_2](t)$
I_2	0	$[I_2](t)$
SO_4^{2-}	0	$[SO_4^{2-}]=2[I_2](t)$

3 – يمكن تعين الناقلية (G) للمزيج بالعلاقة: $G=K.\sigma$

$$\sigma=\lambda_{I^-}[I^-]+\lambda_{S_2O_8^{2-}}[S_2O_8^{2-}]+\lambda_{SO_4^{2-}}[SO_4^{2-}]+\lambda_{K^+}\left([K^+]_{S_1}+[K^+]_{S2}\right)$$

الشوارد $K^+(aq)$ يأتي بها كل من المحلولين (S_1) و (S_2) و هي لا تشارك في التفاعل.

يمكن حساب الناقلية المولية الخاصة بها

$$a=\lambda_{K^+}\left([K^+]_{S_1}+[K^+]_{S_2}\right)=\lambda_{K^+}\left(\frac{2.C_1V_1}{V_1+V_2}+\frac{C_2V_2}{V_1+V_2}\right)$$

$$a = 7{,}35 \times \left(\frac{2.10^{-3} \times 50}{100} + \frac{3.10^{-3} \times 50}{100} \right)$$

$$a = 0{,}026 \quad mS \,.\, m^2 \,/\, \ell$$

يمكن إذن كتابة الناقلية المولية للمزيج كما يلي:

$$\sigma = \lambda_{I^-} \left[I^- \right] + \lambda_{S_2O_8^{2-}} \left[S_2O_8^{2-} \right] + \lambda_{SO_4^{2-}} \left[SO_4^{2-} \right] + 0{,}026$$

اعتمادا على الجدول المستخرج في السؤال 2 – ب يمكن أن نعوض في هذه العبارة كل تركيز بعبارته عند اللحظة الزمنية (t).

$$\left[I^- \right](t) = \frac{C_2 V_2}{V} - 2\left[I_2 \right](t)$$

$$\left[S_2O_8^{2-} \right](t) = \frac{C_1 V_1}{V} - \left[I_2 \right](t)$$

$$\left[SO_4^{2-} \right] = 2\left[I_2 \right](t) \,.$$

بعد التعويض و التوزيع نصل إلى العلاقة:

$$\sigma = 0{,}054 - 0{,}6 \times \left[I_2 \right](t)$$

بما أن ثابت الخلية هو: $K = 0{,}1 \ m^{-1}$

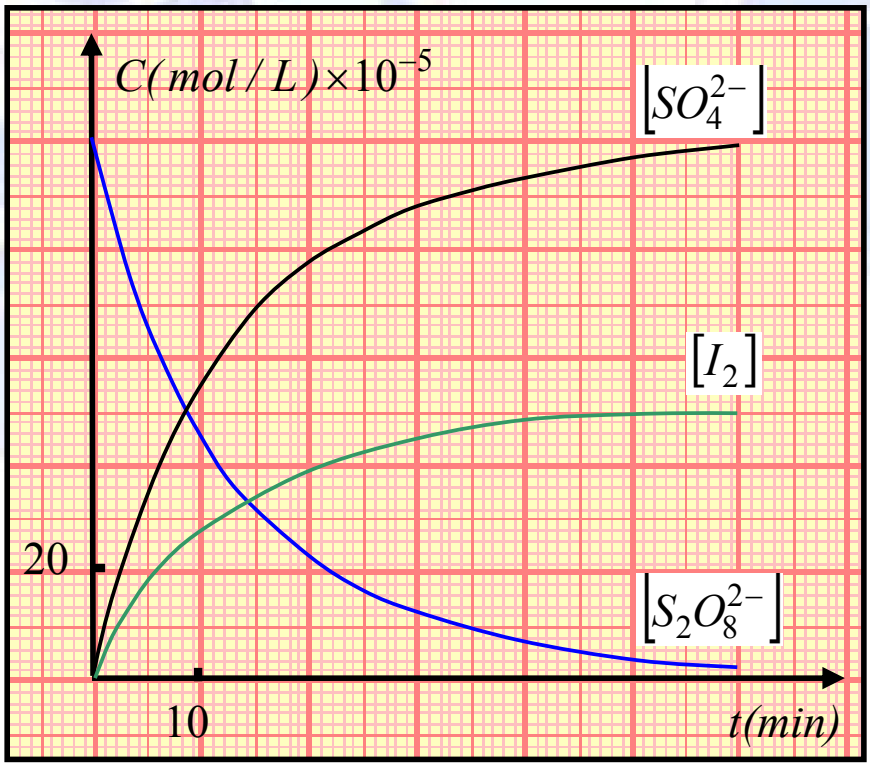
إذن :

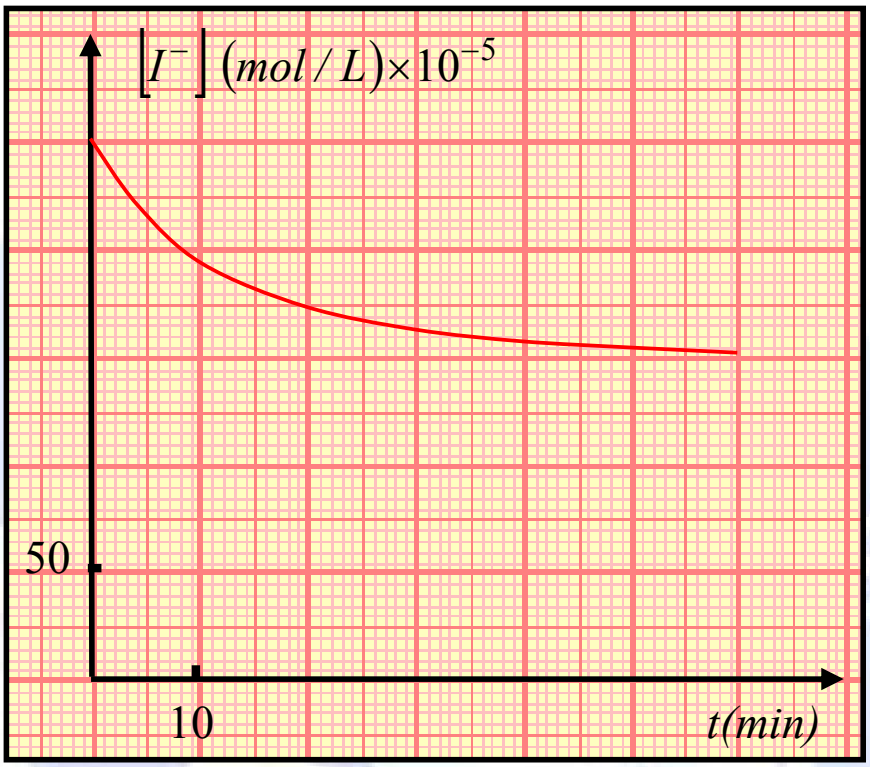
$$G = 5{,}4 \ - 60 \times \left[I_2 \right](t) \qquad mS \ , \ mol/L$$

4 – أ / إكمال الجدول

$t\ (min)$	$G\ (mS)$	$[I_2](t)\times10^{-5}$ mol/L	$[SO_4^{2-}](t)\times10^{-5}$ mol/L	$[I^-](t)\times10^{-5}$ mol/L	$[S_2O_8^{2-}](t)\times10^{-5}$ mol/L
0	5,400	0	0	250	50
2	5,395	8	16	234	42
3,5	5,393	12	24	226	38
5	5,390	16,5	33	217	33,5
8	5,386	23,2	46,4	203,6	26,8
10	5,384	27,2	54,4	195,6	22,8
13	5,381	31,2	62,4	187,6	18,8
20	5,377	38,6	77,2	172,8	11,4
25	5,375	41,6	83,2	166,8	8,4
30	5,374	44,1	88,2	161,8	5,9
35	5,373	45	90	160	5
40	5,372	46,7	93,4	156,6	3,3
50	5,371	48,6	97,2	152,8	1,4
60	5,371	49,1	98,2	151,8	0,9

4 – ب / رسم البيانات:





ب / الطريقة الكيميائية – المعايرة اللونية (Colorimétrie)

تعتمد هذه الطريقة على ملاحظة التغير في اللون عند اللحظة التي يحدث فيها التكافؤ بين الفرد الكيميائي المعايَر و الفرد الكيميائي الذي يستعمل للمعايرة.

عندما نعاير فردا من الأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج المتحول فإننا نقوم بتعيين عدد مولاته في حجم معين و هذا بإحداث تحول كيميائي لهذا الفرد.

المبدأ : نأخذ عينة من الجملة المتحولة بحيث يكون حجم هذه العينة معلوما.

نعاير هذه العينة بواسطة محلول يحتوي على أفراد كيميائية معروفة الهوية والتركيز. يجب أن يكون التفاعل أثناء المعايرة بين الفرد المعايَر و الفرد الذي يستعمل للمعايرة سريعا وتاما و خاصا فقط بالفرد الذي نحن بصدد معايرته.

عند التكافؤ يحدث تغير في لون المحلول المعاير، وعندها نكون قد بلغنا نقطة التكافؤ. نقوم بقراءة الحجم الذي أضيف لتحقيق التكافؤ.

إذا كان (A) هو الفرد المعاير و إذا كانت معادلة التفاعل الحادث أثناء المعايرة هي:

$$a\,A + b\,B \rightarrow c\,C + d\,D$$

عند التكافؤ تتحقق العلاقة:

$$\frac{\mathrm{n(A)(t)}}{\mathrm{a}} = \frac{\mathrm{n(B)}}{\mathrm{b}}$$

يمكن كتابة هذا القانون على الشكل التالي:

$$n(A)(t) = \frac{a}{b} \times [B] \times V_{beq}$$

حيث:

- (a) و (b) معاملا التفاعل الخاصين بكل من الفردين A و B على الترتيب.
- $[\mathrm{B}]$ هو التركيز المولي للفرد الكيميائي الذي استعمل للمعايرة.
- $\mathrm{V_{beq}}$ هو حجم التكافؤ الذي تمت قراءته لحظة حدوث التغير اللوني.

باستعمال نقطة التكافؤ بين المحلولين و بمعرفة معادلة التفاعل الكيميائي أثناء المعايرة، يمكن استخراج عدد مولات الفرد الكيميائي المعايَر عند اللحظة التي أخذت فيها العينة من الجملة المتحولة.

اعتمادا على هذه النتائج و على معادلة التفاعل الكيميائي التي تعبر عن تحول الجملة الكيميائية التي نحن بصدد متابعة تطورها، يمكن استنتاج التقدم الحجمي لكل الأفراد المتواجدة في الجملة الكيميائية المتحولة، ويمكن بذلك تتبع تطور تراكيزها المولية من لحظة لأخرى.

نتطرق أولا لمثال خاص بتفاعل شوارد اليود $I^-(aq)$ مع الماء الأوكسيجيني $H_2O_2(aq)$.

لتحقيق هذه التفاعل الكيميائي نستعمل محلول يود البوتاسيوم $K^+(aq) + I^-(aq)$ و محلولا مائيا للماء الأوكسيجيني $H_2O_2(aq)$.

يعتبر الماء الأوكسيجيني مؤكسدا قويا، مرجعه المرافق الماء. كما أن شاردة اليود تعتبر مرجعا، وأساسها المرافق هو ثنائي اليود.

أثناء مزج المحلولين يحدث تحول كيميائي في الجملة الكيميائية. معادلة التفاعل الكيميائي التي تعبر عن هذا التحول هـ ـ ـ ـي:

$$2I^-(aq) + H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2H_2O(\ell)$$

يتميز ثنائي اليود بلون أصفر داكن، و هكذا فإن ظهور هذا اللون في المزيج و زيادة حدته من لحظة لأخرى يسمح لنا بالقيام بمتابعة كيفية للتطور الذي يحدث في الجملة الكيميائية.

– هل يمكن القيام بدراسة كمية لهذا التطور ؟

نعم يمكن ذلك، لأن تفاعل شوارد اليود مع الماء الأوكسيجيني ليس تفاعلا سريعا و لا بطيئا جدا، كما أن هذا التفاعل يؤدي إلى تشكل ثنائي اليود $I_2(aq)$

- كيف يمكن تعيين كمية مادة ثنائي اليود المتواجد في المزيج عند لحظة زمنية (t)؟

نشاط:

نقوم بمعايرة ثنائي اليود المتواجد في الجملة الكيميائية و من أجل هذا نستعمل محلول ثيوكبريتات الصوديوم $2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq)$ تركيزه المولي C. ليكن V_{eq} حجم محلول ثيوكبريتات الصوديوم المضاف لبلوغ التكافؤ.

معادلة التفاعل الحادث أثناء عملية المعايرة هي:

$$I_2(aq) + 2S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$$

يعتبر هذا التفاعل سريعا جدا و خاصا فقط بثنائي اليود.

1 – أكتب عبارة التقدم الأعظمي لمّا يحدث التكافؤ.

2 – استنتج العبارة التي تعطي كمية مادة ثنائي اليود .

تحليل النشاط:

1 – عند التكافؤ تتحقق العلاقة:

$$x_{Max} = x(I_2) = x(S_2O_3^{2-})$$

2 – نستنتج إذن أن:

$$\frac{n(I_2)}{1} = \frac{n(S_2O_3^{2-})}{2}$$

و عليه:

$$n(I_2) = \frac{C.V_{eq}}{2}$$

تسمح لنا هذه العلاقة بتعيين كمية مادة اليود المتشكل عند لحظات زمنية مختلفة.

و لكن في الوقت الذي نأخذ عينة من الجملة المتحولة لمعايرتها فإن التفاعل داخل هذه العينة بين الماء الأكسوجيني و شوارد اليود لا يتوقف بل يتواصل، وجزيئات ثنائي اليود تكون في تشكل مستمر. وبما أن عملية المعايرة تحتاج إلى وقت معين لإجرائها فإن كمية مادة اليود $n_{I_2}(t)$ التي تعين في اللحظة (t) التي أخذت فيها العينة تكون قليلة الدقة.

– كيف يمكن معايرة فرد كيميائي و تركيزه المولي في حالة تطور مستمر مع الوقت؟

نشاط

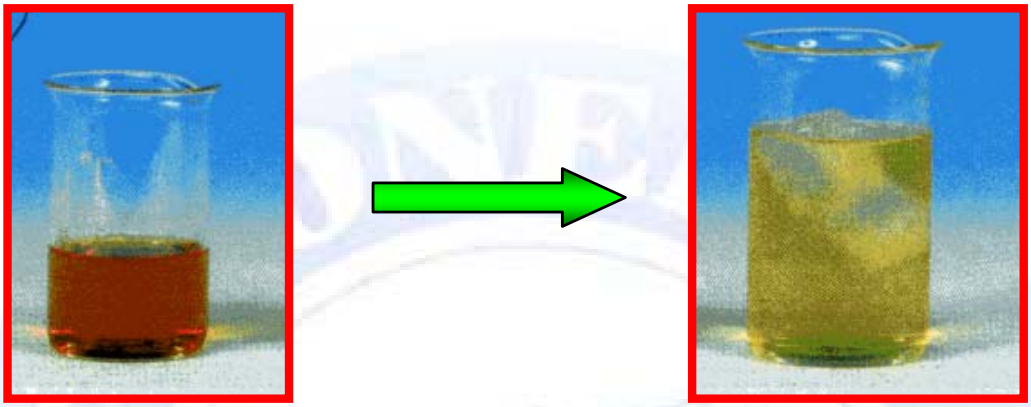
تجربة 1:

نضع في كأس بيشر $20\,mL$ من محلول الماء الأكسيجيني $H_2O_2(aq)$ تركيزه المولي $\mathbf{0,06}\,mol/L$. نضيف لهذا المحلول، وبكل عناية وتح، $\mathbf{1}\,mL$ من حمض الكبريت المركز و $\mathbf{20}\,mL$ من محلول يود البوتاسيوم $2H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$ $K^+(aq) + I^-(aq)$.

نخلط و نلاحظ تطور لون المزيج لفترة زمنية.

تلاحظ أن لون المزيج يشتد شيئا فشيئا. ولما يصبح لونه أصفر داكن نسكبه في كأس بيشر تحتوي على $\mathbf{50}\,mL$ من الماء و الجليد.

نلاحظ عندها أن لون المحلول المخفف الذي تحصلنا عليه يبقى على حاله و لا يتغير مع مرور الوقت.



1 – ما هي النتيجة التي يمكن استخلاصها من خلال شكل المحلول الذي تحصلنا عليه في نهاية هذه التجربة ؟

2 – ما هي العوامل الحركية التي استخدمت في هذه التجربة للتأثير على سرعة تطور التحول الكيميائي ؟

تحليل التجربة 1 :

1 – بما أن لون المحلول المخفف الذي تحصلنا عليه بقي على حاله بدون تطور، إذن نستطيع أن نقول بأن تركيز المزيج بثنائي اليود بقي عمليا ثابتا.

2 – العاملان الحركيان اللذان استخدما للتأثير على تطور التحول الكيميائي هما : عامل التركيز و عامل درجة الحرارة.

وكما سنرى لاحقا في فقرة مخصصة لهذا الجانب بأن تركيز المزيج بالأفراد الكيميائية المتفاعلة و كذلك درجة الحرارة هما عاملان يؤثران على سرعة تحول الجملة الكيميائية.

لاحظنا في هذه الحالة بأن انخفاض كل من درجة الحرارة و تركيز الأفراد الكيميائية المتفاعلة يقلل من سرعة التحول.

تجربة 2:

نملأ سحاحتين B_1 و B_2 بمحلول مخفف لثنائي اليود تركيزه المولي $0{,}010\ mol/L$ و في درجة الحرارة العادية.

نقطر تدريجيا هذا المحلول في كأسي بيشر يحتويان على نفس المحلول من ثيوكبريتات البوتاسيوم وبنفس التركيز المولي $0{,}050\ mol/L$. تكون درجة حرارة أحدى الكأسين هي الدرجة العادية و الآخر تكون درجة حرارته هي درجةِ حرارة الثلاجة.

مباشرة عند مزج المحلولين، يزول اللون الأصفر في الكأسين.

ما هي النتيجة التي يمكن استخلاصها فيما يخص سرعة تفاعل المعايرة؟

تحليل التجربة 2:

نعلم أن التفاعل الحادث بين شوارد الثيوكبريتات $S_2O_8^{2-}(aq)$ و ثنائي اليود $I_2(aq)$ يكون سريعا في درجة الحرارة العادية، بينما يكون بطيئا قليلا لما تنخفض درجة الحرارة، و لكن كما رأينا من خلال هذه التجربة، فإن العين لا تميز هذا الفرق. يمكن تعميم نتائج التجربتين السابقتين على النحو التالي:

لتعيين تركيز أحد الأفراد الكيميائية المتواجد في الجملة المتحولة باستخدام طريقة المعايرة يجب "سقي" (trempe) الجملة المتحولة(أي تبريدها المفاجيء) قبل الشروع في العملية. بهذه الطريقة تسمح عملية المعايرة بتعيين كمية مادة الفرد المعايَر عند اللحظة التي حققت فيها عملية السقي و تكون دقة القياس جيدة.

تعيين كمية اليود في لحظات زمنية مختلفة و استنتاج كمية المادة الخاصة بكل فرد من الأفراد الكيميائية المتواجدة في الجملة الكيميائية المتحولة(المتابعة الزمنية).

كيف يمكن تحقيق هذا عمليا؟

نشاط:

نمزج محلولا (S_1) من الماء الأكسيجيني حجمه $V_1 = 50mL$ وتركيزه المولي $C_1 = 56.10^{-3} mol/L$ مع $1mL$ من حمض الكبريت تركيزه المولي $3mol/L$ و مع محلول (S_2) من يود البوتاسيوم حجم $V_2 = 50mL$ و تركيزه المولي $C_2 = 0,2mol/L$.

نخلط هذا المزيج ثم نوزعه بالتساوي على 10 أنابيب اختبار، فيكون بذلك كل أنبوب محتويا على حجم من المزيج المتشكل قدره: $V_0 = 10mL$.

نلاحظ أن لون المحلول يتطور بنفس الطريقة في الأنابيب العشرة و بالتالي فإنه إذا أخذنا هذه الأنابيب كلها في لحظة ما فإن لون المحاليل الموجودة بداخلها يكون نفسه.

لتحقيق عملية المعايرة نستعمل محلول ثيوكبريتات الصوديوم $2Na^+(aq) + S_2O_8^{2-}(aq)$ الذي تركيزه المولي $C = 0,04mol/L$.

في اللحظة (t_1) "نسقي" مزيج العينة رقم 1 الموجودة في الأنبوب الأول (أي نبرده حتى يتوقف التفاعل).

نعاير بعد ذلك ثنائي اليود الموجود في هذه العينة .

نسجل الحجم اللازم إضافته للحصول على التكافؤ.

نكرر هذه العملية، من أجل أزمنة مختلفةt، حتى نقوم بمعايرة كل العينات المتواجدة في الأنابيب العشرة.

المحلول الأصلي

نتائج القياس نلخصها في الجدول التالي:

$t(s)$	$V_{eq}(t)$ mL	$n_{I_2}(t)$ $mmol$	$n_{H_2O_2}(t)$ $mmol$	$n_{I^-}(t)$ $mmol$	$n_{H^+}(t)$ $mmol$
0	0				
60	2,2				
160	4,8				
270	6,5				
360	7,5				
510	9,0				
720	10,5				
900	11,5				
1080	12,5				
1440	13,5				
1800	14,0				

1 – ما ذا يمكن استنتاجه فيما يخص اللون المشترك الذي تتميز به كل العينات الموجودة في الأنابيب العشر عند لحظة ما ؟

2 – أحسب عدد المولات الأصلية لكل من: $I^-(aq)$ ، $S_2O_8^{2-}(aq)$ و $H^+(aq)$ المتواجدة في كل عينة.

3 – أعط جدول تقدم التفاعل باعتبار أن التقدم $x(t) = n_{I_2}(t)$

4 - أحسب عند اللحظة $t = 360s$ كمية مادة كل فرد من الأفراد الكيميائية المتواجدة في العينة (ماعدا الماء).

5 – أكمل جدول القياسات.

6 – أرسم البيانات التي تمثل تغير كمية مادة الأفراد الكيميائية الممثلة في الجدول بدلالة الزمن.

7 – حيث أنه يستحسن متابعة تطور جملة كيميائية بقياس التراكيز المولية للأفراد الكيميائية التي تشكلها عوض قياس عدد مولات هذه الأفراد، سوف نقوم باستنتاج جدول آخر نجد فيه تطور التراكيز المولية للأفراد الكيميائية التي تشكل الجملة عوض عدد مولاتها.

أ / أحسب التركيز المولي الأصلي لكل فرد من الأفراد المتفاعلة التي تكون متواجدة في العينة.

ب / بيّن أن التركيز المولي لثنائي اليود عند معايرته في اللحظة (t) يحسب بالعلاقة:

$$[I_2](t) = \frac{C.V_{eq}(t)}{2.V_0}$$

جـ / أكمل جدول التقدم الحجمي التالي:

المعادلة	$2I^-(aq) + H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2H_2O(\ell)$				
التركيز المولي الأصلية في المزيج $mmol/\ell$					بالزيادة
التركيز المولي عند اللحظة (t) $mmol/\ell$				$[I_2](t)$	بالزيادة

د / أكمل الجدول التالي:

$t(s)$	$V_{eq}(t)$ mL	$[I_2](t)$ $mmol/L$	$[H_2O_2](t)$ $mmol/L$	$[I^-](t)$ $mmol/L$	$[H^+](t)$ $mmol/L$
0	0				
60	2,2				
160	4,8				
270	6,5				
360	7,5				

510	9,0				
720	10,5				
900	11,5				
1080	12,5				
1440	13,5				
1800	14,0				

هـ / أرسم البيانات التي تمثل تغيرات التراكيز المولية للأفراد الكيميائية الممثلة في الجملة الكيميائية بدلالة الزمن.

تحليل النشاط:

1 – كل العينات التي تحصلنا عليها أثناء توزيع المحلول الأصلي هي نفسها. حيث أن هذه العينات لها نفس الحجم و نفس التركيب الأصلي. بما أن لون هذه العينات نفسه في كل لحظة، فإن هذا يدل بأن كل العينات تتطور بنفس الطريقة، فهي تمثل الجملة الأصلية التي حضّرت في بداية التجربة.

2 – بعد توزيع المزيج على الأنابيب العشرة، نحسب عدد المولات الأصلية لكل فرد من الأفراد الكيميائية المتواجدة في كل عينة:

$$n_0(I^-) = \frac{C_2.V_2}{10} = \frac{0{,}2 \times 50.10^{-3}}{10} = 1.10^{-3}\,mol$$

$$\boxed{n_0(I^-) = 1\,mmol}$$

$$n_0(S_2O_8^{2-}) = \frac{C_1.V_1}{10} = \frac{56.10^{-3} \times 50.10^{-3}}{10} = 0{,}28.10^{-3}\,mol$$

$$\boxed{n_0(S_2O_8^{2-}) = 0{,}28\ \ mmol}$$

نلاحظ من خلال الصيغة الكيميائية لمحلول حمض الكبريت التي هي:

$2H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$ أن $\left[H^+\right] = 2 \times C_a$ ، و عليه:

$$n_0(H^+) = \frac{2 \times C_a.V_a}{10} = \frac{2 \times 3 \times 1.10^{-3}}{10} = 0{,}6.10^{-3}\,mol$$

$$n_0(H^+) = 0{,}6\ mmol$$

3 – نحقق جدول تقدم التفاعل الخاص بالتحول الكيميائي الذي يحدث بين ثنائي اليود و الماء الأكسيجني و هذا من أجل تقدم $x(t) = n_{I_2}(t)$

المعادلة	$2I^-(aq) + H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2H_2O($				
كمية المادة الأصلية في المزيج	$\frac{C_2.V_2}{10} = 1$	$\frac{C_1.V_1}{10} = 0{,}28$	$\frac{2\,C_a.V_a}{10} = 0{,}6$	0	بالزيادة
كمية المادة عند اللحظة (t)	$1 - 2\,n_{I_2}(t)$	$0{,}28 - n_{I_2}(t)$	$0{,}6 - 2\,n_{I_2}(t)$	$n_{I_2}(t)$	بالزيادة

4 – نعين $n_{I_2}(t)$ عند اللحظة $t = 360s$ و هذا بطريقة المعايرة اللونية.

نحقق سقي المزيج الذي يحتوي عليه أحد الأنابيب ثم نعاير ثنائي اليود المتشكل باستخدام محلول ثيوكبريتات الصوديوم الذي تركيزه المولي $C = 0{,}04mol/L$. معادلة المعايرة هي:

$$I_2(aq) + 2S_2O_8^{2-}(aq) \rightarrow 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$$

عند حدوث التكافؤ تكون قيمة حجم محلول ثيوكبريتات الصوديوم المضاف ($V_{eq} = 7{,}5mL$ من جدول القياسات).

$$n_{I_2}(t) = \frac{C.V_{eq}}{2} = \frac{0{,}04 \times 7{,}5.10^{-3}}{2}$$

$$n_{I_2}(t) = 0{,}15.10^{-3}\,mol/L = 0{,}15mmol/L$$

اعتمادا على جدول تقدم التفاعل و كذلك على قيمة $n_{I_2}(t)$ نعين كمية مادة الأفراد الكيميائية.

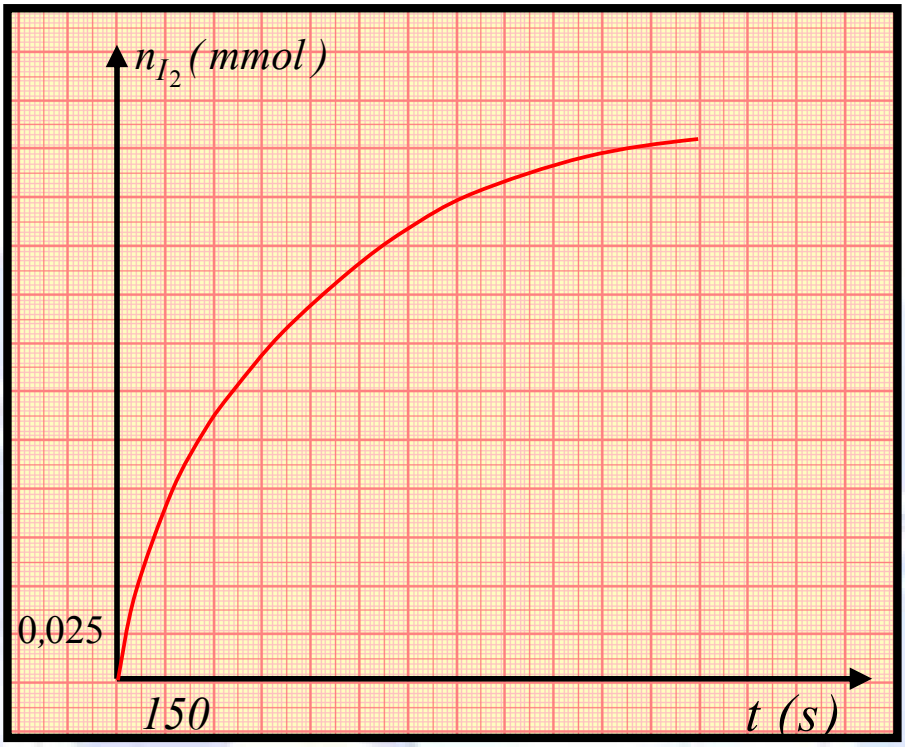
نتائج الحساب نلخصها في الجدول التالي:

الفرد الكيميائي	I^-	H_2O_2	H^+	I_2
كمية المادة (mmol/L)	0,70	0,13	0,30	0,15

5 – نعين في كل لحظة قيمة $n_{I_2}(t)$ بطريقة المعايرة ثم نستعمل جدول تقدم التفاعل لتعيين كمية مادة كل فرد من الأفراد الكيميائية.

$t(s)$	$V_{eq}(t)$ (mL)	$n_{I_2}(t)$ $(mmol)$	$n_{H_2O_2}(t)$ $(mmol)$	$n_{I^-}(t)$ $(mmol)$	$n_{H^+}(t)$ $(mmol)$
0	0	0	0,280	1,000	0,600
60	2,2	0,044	0,240	0,910	0,510
160	4,8	0,096	0,180	0,810	0,410
270	6,5	0,130	0,150	0,740	0,340
360	7,5	0,150	0,130	0,700	0,300
510	9,0	0,180	0,100	0,640	0,240
720	10,5	0,210	0,070	0,580	0,180
900	11,5	0,230	0,050	0,540	0,140
1080	12,5	0,250	0,030	0,500	0,100
1440	13,5	0,270	0,010	0,460	0,060
1800	14,0	0,280	0,000	0,440	0,040

6 – رسم المنحنيات:



7 – أ / حساب التركيز المولي لكل فرد من الأفراد الكيميائية المتواجدة في العينة:

حجم كل عينة يقدر بـ $V_0 = 10mL$.تراكيز الأفراد يحسب كما يلي:

$$\left[I^-\right] = \frac{C_2 . V_2}{10 \times V_0} = 100\ \ mmol/L$$

$$\left[H_2O_2\right] = \frac{C_1 . V_1}{10 \times V_0} = 28\ \ mmol/L$$

$$\left[H^+\right] = \frac{2\,C_a . V_a}{10 \times V_0} = 60\ \ mmol/L$$

7 – ب / نعلم أنه عند نقطة التكافؤ تتحقق العلاقة:

$$\frac{n(I_2)}{1} = \frac{n(S_2O_3^{2-})}{2}$$

$$n_{I_2}(t) = \frac{C.V_{eq}(t)}{2}$$

نقسم طرفي هذه المعادلة على حجم العينة:

$$\frac{n_{I_2}(t)}{V_0} = \frac{C.V_{eq}(t)}{2 \times V_0}$$

فنجد:

$$\boxed{[I_2](t) = \frac{C.V_{eq}(t)}{2 \times V_0}}$$

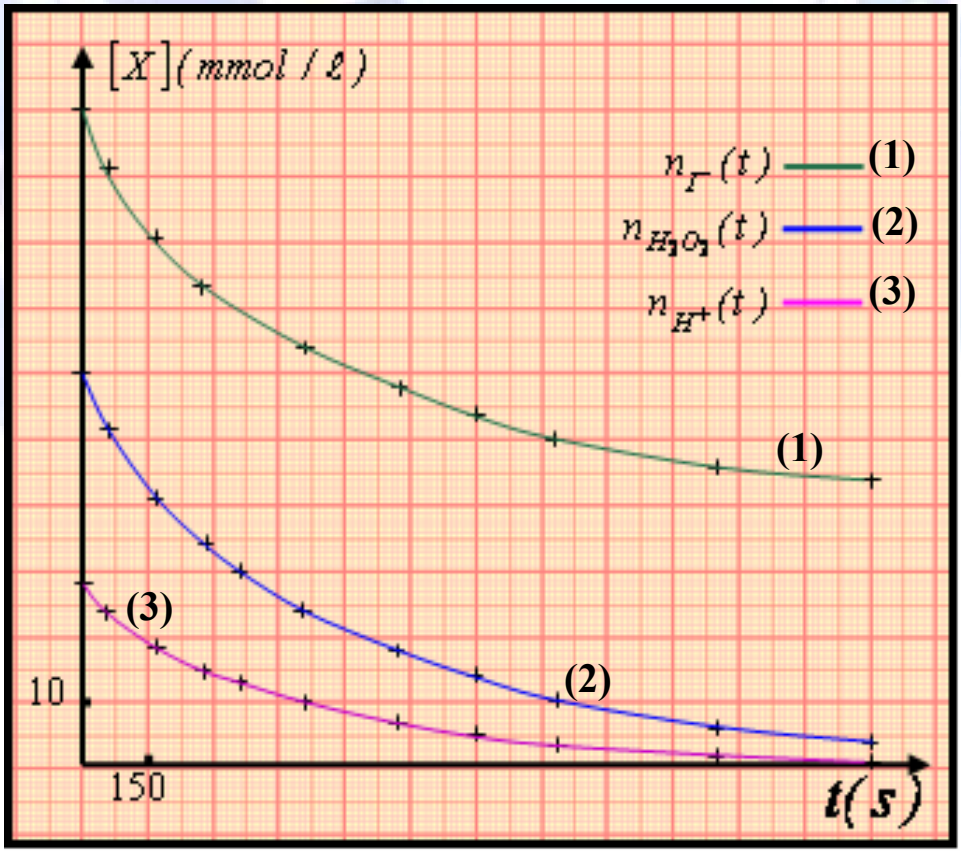
7 – جـ / إكمال جدول التقدم الحجمي للتفاعل.

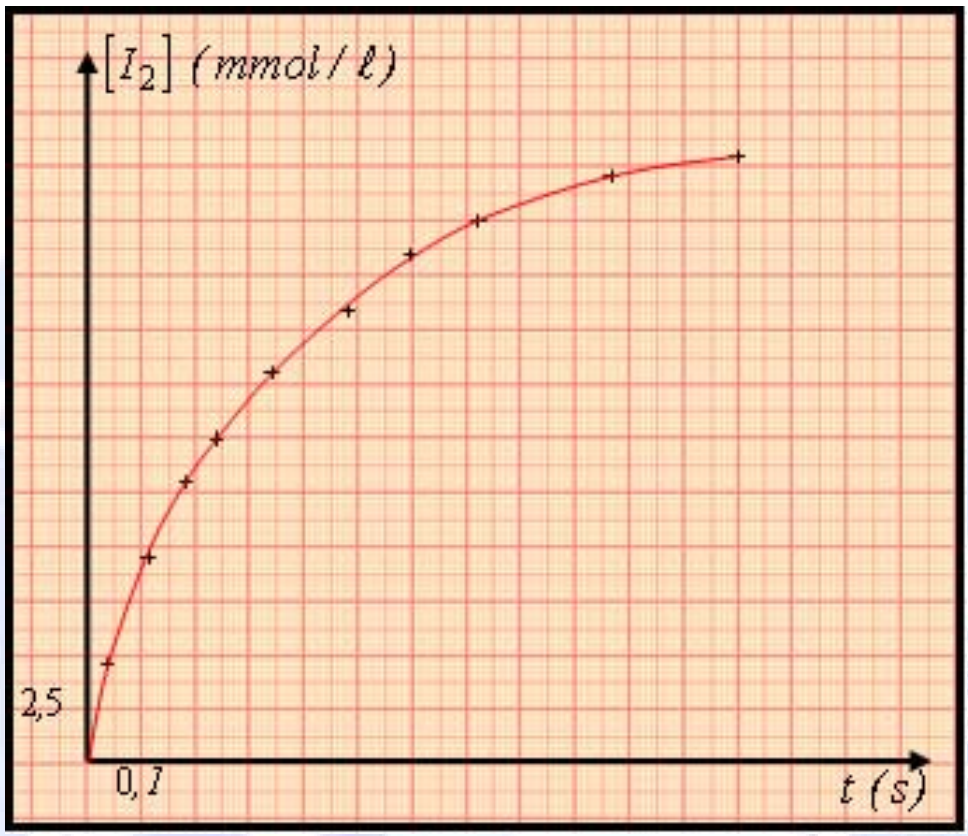
المعادلة	$2I^-(aq) + H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2H_2O(\ell)$				
التراكيز الأصلية في المزيج $mmol/\ell$	100	28	60	0	بالزيادة
التراكيز عند اللحظة (t) $mmol/\ell$	$100 - 2[I_2](t)$	$28 - [I_2](t)$	$60 - 2[I_2](t)$	$[I_2](t)$	بالزيادة

7 – د / إكمال الجدول:

$t(s)$	$V_{eq}(t)$ (mL)	$[I_2](t)$ $(mmol/L)$	$[H_2O_2](t)$ $(mmol/L)$	$[I^-](t)$ $(mmol/L)$	$[H^+](t)$ $(mmol/L)$
0	0	0	28	100	60
60	2,2	4,4	24	91	51
160	4,8	9,6	18	81	41
270	6,5	13	15	74	34
360	7,5	15	13	70	30
510	9,0	18	10	64	24
720	10,5	21	7	58	18
900	11,5	23	5	54	14
1080	12,5	25	3	50	10
1440	13,5	27	1	46	6
1800	14,0	28	0	44	4

7 – هـ / رسم المنحنيات:





- زمن نصف التفاعل $\tau_{1/2}$

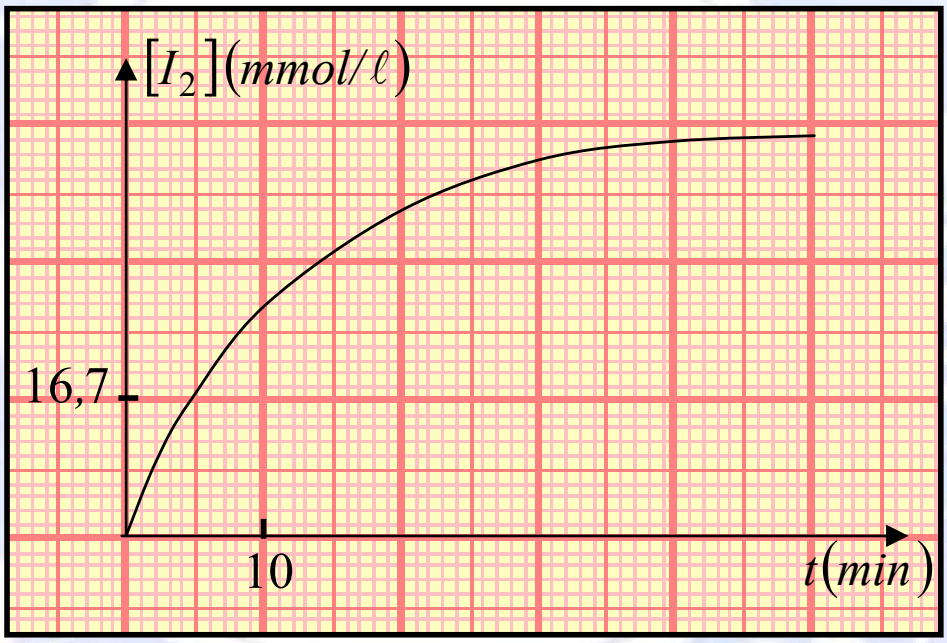
تعريف:

زمن نصف التفاعل،ويرمز له بـ $\tau_{1/2}$ ، هو الزمن اللازم لكي يصل تقدم التفاعل (أو التقدم الحجمي) إلى نصف قيمته النهائية.

كيف يعين زمن نصف التفاعل ؟

نشاط:

يمثل البيان الموالي تغير تركيز ثنائي اليود المتشكل خلال تفاعل شوارد اليود $I^-(aq)$ مع شوارد $S_2O_8^{2-}(aq)$.



1 – أكمل جدول التقدم الحجمي التالي وهذا من أجل تقدم حجمي $\frac{x(t)}{V}$

المعادلة	$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$			
التراكيز المولية الأصلية $(t=0)$	250	50		
التراكيز المولية عند لحظة (t)				

2 – استنتج المتفاعل المحد.

3 – ما هي قيمة التقدم الحجمي النهائي (الأعظمي).

4 – استنتج من البيان زمن نصف التفاعل.

تحليل النشاط

1 – إكمال جدول التقدم الحجمي:

المعادلة	$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$			
كميات المادة الأصلية	250	50	0	0
التراكيز المولية عند لحظة (t)	$250 - 2\frac{x(t)}{V}$	$50 - \frac{x(t)}{V}$	$\frac{x(t)}{V}$	$2\frac{x(t)}{V}$

2 – **أي المتفاعلين يكون محددا للتفاعل ؟**

للإجابة عن هذا السؤال نقارن $\frac{\left[I^-\right]}{2}$ مع $\left[S_2O_8^{2-}\right]$:

$$\frac{\left[I^-\right]}{2}=\frac{200}{2}=125\ \ mmol/\ell$$

$$\left[S_2O_8^{2-}\right]=50\ \ mmol/\ell$$

نلاحظ أن $\left[S_2O_8^{2-}\right] < \frac{\left[I^-\right]}{2}$ و عليه المتفاعل المحد هو: $S_2O_8^{2-}$

3 – بما أن المتفاعل المحد هو $S_2O_8^{2-}$.

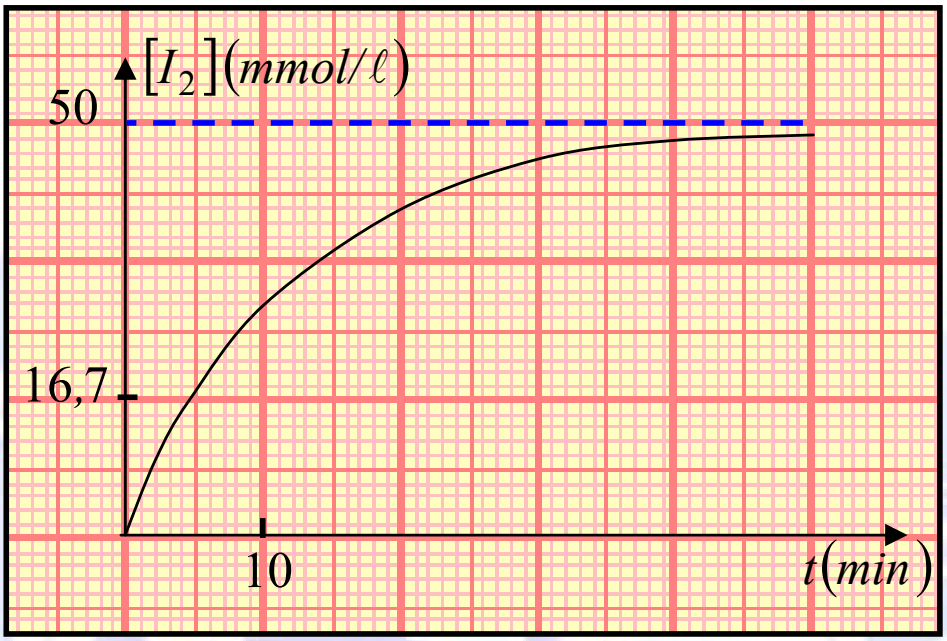
يكون التقدم الحجمي الأعظمي:

$$\frac{x_{Max}}{V}=\left[S_2O_8^{2-}\right]_0=50mmol/L$$

4 – نلاحظ، من خلال جدول تقدم التفاعل، أن قيمة التقدم الحجمي عند لحظة ما تساوي التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل عند هذه اللحظة، هذا يعني بأنه في اللحظة التي يكون فيها التقدم الحجمي أعظميا يكون التركيز المولي لثنائي اليود أعظميا: $\frac{x_{Max}}{V}=\left[I_2\right]_{Max}$

لتحديد القيمة العظمى للتركيز المولي لثنائي اليود ، نرسم على البيان خطا مقاربا أفقيا للدالة $\left[I_2\right]=f(t)$ ، والذي معادلته:

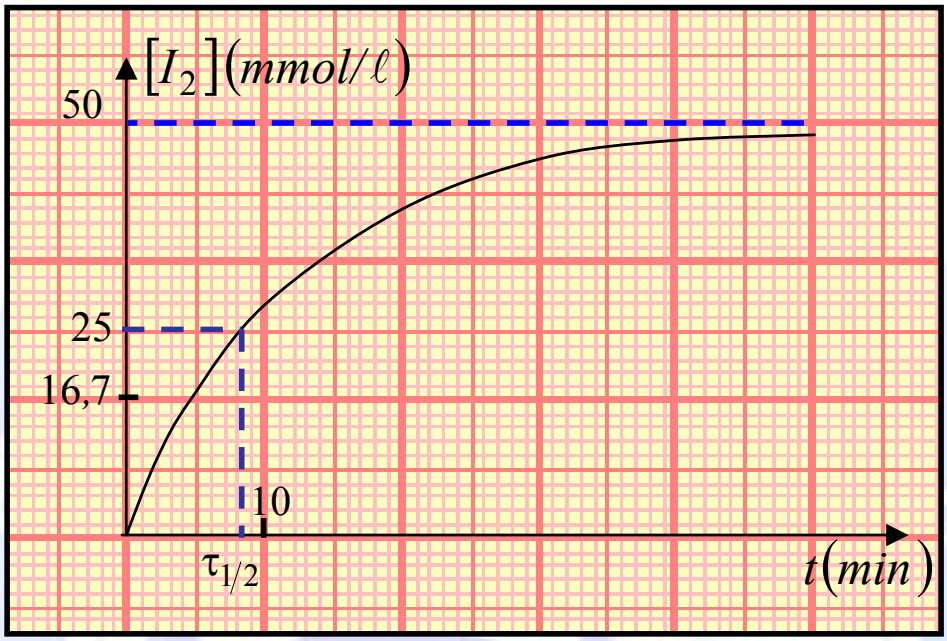
$$\lim_{\Delta t \to \infty} f(t) = [I_2]_{Max} = 16,7 \times 3 = 50\ mmol/\ell$$



لإيجاد زمن نصف التفاعل ، نحسب أولا قيمة نصف التقدم الحجمي الأعظمي:

$$\frac{1}{2}\frac{x_{Max}}{V} = \frac{1}{2}[I_2]_{Max} = 25mmol/L$$

نضع هذه القيمة في البيان ثم نحدد الزمن الذي يوافق هذه القيمة:



من البيان نقرأ:

$$\tau_{1/2} = 0{,}9 \times 10 = 9\,min$$

ما هو الهدف من تحديد زمن نصف التفاعل $\tau_{1/2}$

– يمنحنا زمن نصف التفاعل سلما زمنيا خاصا بالجملة المدروسة.

تبين التجارب أن جملة كيميائية يميزها زمن نصف تفاعل $\tau_{1/2}$ تتوقف تقريبا عن التطور لمّا تصبح مدة التفاعل تساوي $t = \alpha \times \tau_{1/2}$ (قيمة α تتراوح بين 4 إلى 7 حسب الدقة المرغوب فيها) في النشاط السابق مثلا كان باستطاعتنا التوقف عن متابعة التطور الذي كان يحدث في الجملة الكيميائية في اللحظة:

$$t = 4 \times \tau_{1/2} = 4 \times 9 = 36\,min$$

و إذا كنا نريد دقة أكبر كان علينا توقيف المتابعة عند اللحظة:

$$t = 7 \times \tau_{1/2} = 7 \times 9 = 63\,min$$

والنتيجة التي يمكن استخلاصها هي:

يسمح لنا زمن نصف التفاعل بتقدير المدة الزمنية اللازمة لنهاية تطور الجملة الكيميائية المدروسة.

– يسمح لنا زمن نصف التفاعل كذلك باختيار الطريقة التي تستعمل في متابعة تطور الجملة الكيميائية المدروسة. و عليه فإن التحولات التي يميزها زمن نصف تفاعل صغير، يجب أن يتابع تطورها بطريقة يكون فيها زمن استجابة أجهزتها أقل بكثير من زمن نصف التفاعل $\tau_{1/2}$.

في حالة التطورات التي تحدث في المحاليل و التي يكون فيها زمن نصف التفاعل أكبر أو يساوي بضعة أعشار من الثانية فإننا نستعمل الطرق الكلاسيكية لمتابعة التطور الكيميائي الذي يحدث في الجملة الكيميائية. وبالعكس لمّا يكون زمن نصف التفاعل يقارب المدة الزمنية اللازمة لامتزاج المحلولين فإن الطرق الكلاسيكية للمتابعة لا تكفي لتحقيق هذا بل يجب استعمال طرق أخرى مثل المتابعة عن طريق قياس الطيفية.

3 – السرعة الحجمية لظهور و اختفاء نوع كيميائي:

لقد رأينا من خلال الدراستين اللتين قمنا بهما، سواء المتابعة عن طريق قياس الناقلية أو المتابعة عن طريق المعايرة اللونية، أنه بعد القيام بالمتابعة الزمنية لتطور التقدم أو التقدم الحجمي لجملة كيميائية نتحصل في آخر المطاف على منحنى يمثل تغيرات التقدم أو التقدم الحجمي بدلالة الزمن.

نلاحظ أن هذه المنحنيات تدل كلها على شيء واحد ألا و هو الكيفية التي تتغير بها تراكيز الأجسام المتفاعلة أو الأجسام الناتجة مع التطور الزمني للجملة الكيميائية.

كما أننا نلاحظ أن تطور الجملة يكون في بداية التجربة سريعا و تتناقص سرعة التطور مع مرور الزمن.

لإعطاء تفسير كمي واضح و دقيق على السرعة التي يتطور بها تفاعل معين، ندخل مفهوم: **سرعة التفاعل**

أ / السرعة المتوسطة:

بالتعريف السرعة الحجمية المتوسطة $\left(V_m\right)$ لظهور أو اختفاء نوع كيميائي بين لحظتين (t_1) و (t_2) لتفاعل كيميائي يتم في حجم ثابت $\left(V\right)$ تساوي التغير في التقدم الحجمي للجملة المتحولة مقسوما على التغير في الزمن:

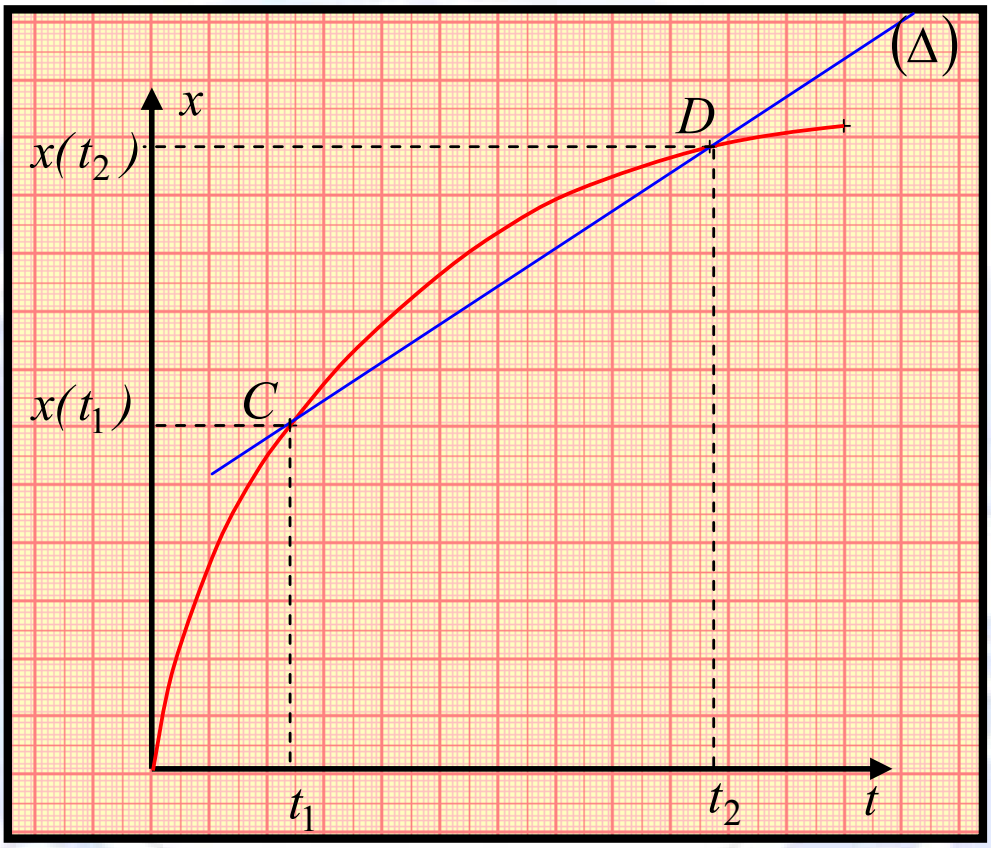
$$v_{moy} = \frac{\Delta\left(\frac{x(t)}{V}\right)}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{V}\left(x(t_2) - x(t_1)\right)}{\left(t_2 - t_1\right)}$$

$$v_{moy} = \frac{1}{V}\frac{\left(x(t_2) - x(t_1)\right)}{\left(t_2 - t_1\right)} = \frac{\left([A](t_2) - [A](t_1)\right)}{\left(t_2 - t_1\right)}$$

كيف تحسب هذه السرعة بيانيا ؟

- **في الحالة التي يكون فيها البيان من الشكل** $x = f(t)$

نقوم برسم المستقيم $\left(\Delta\right)$ الذي يقطع الدالة $x = f(t)$ في النقطتين $C\left(t_1, x(t_1)\right)$ و $D\left(t_2, x(t_2)\right)$ كما هو مبين على الشكل.

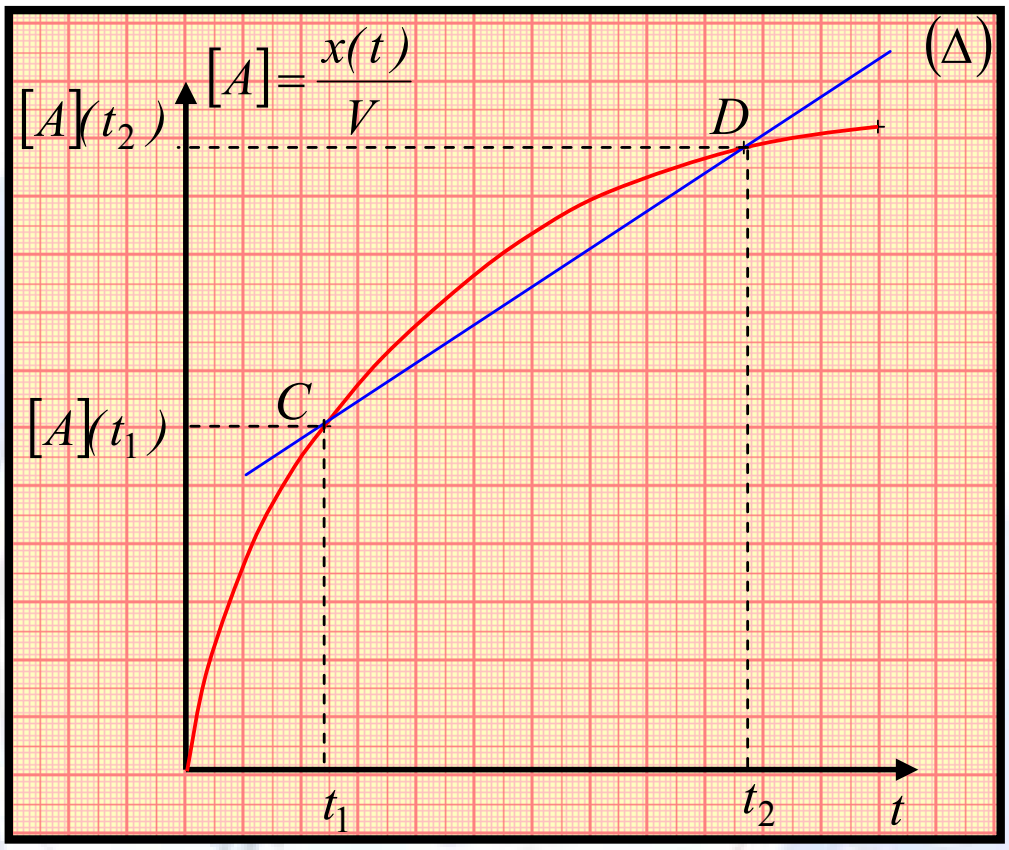


السرعة المتوسطة تعطى بالعبارة:

$$v_{moy} = \frac{1}{V}\frac{\left(x(t_2)-x(t_1)\right)}{\left(t_2-t_1\right)}$$

- **في الحالة التي يكون فيها البيان من الشكل** $[A]=\frac{x}{V}=f(t)$

نقوم برسم المستقيم (Δ) الذي يقطع الدالة $[A]=\frac{x}{V}=f(t)$ في النقطتين $C\left(t_1,[A](t_1)\right)$ و $D\left(t_2,[A](t_2)\right)$ كما هو مبين على الشكل.



السرعة المتوسطة تعطى بالعبارة:

$$v_{moy}=\frac{([A](t_2)-[A](t_1))}{(t_2-t_1)}$$

ب / السرعة اللحظية:

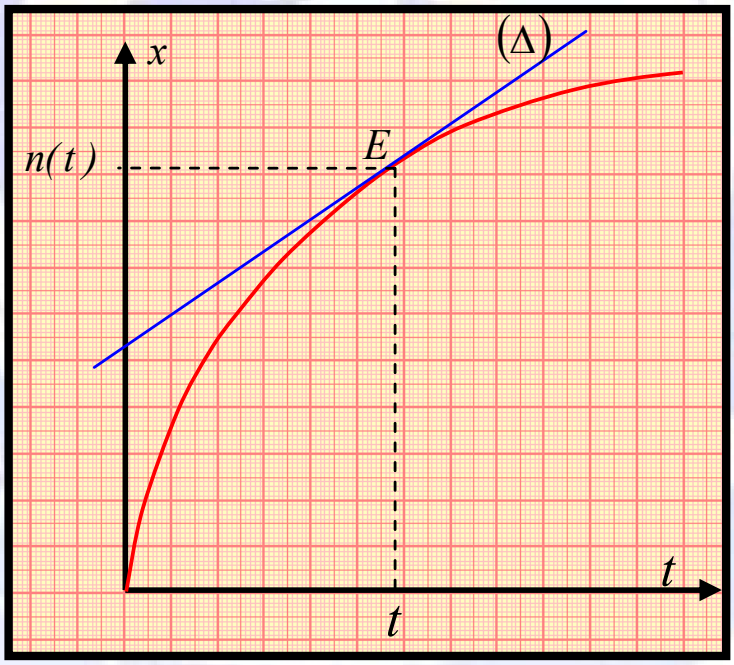
بالتعريف السرعة اللحظية الحجمية لتقدم تفاعل كيميائي تحسب بحساب نهاية السرعة المتوسطة الحجمية لما $\Delta t \to 0$.

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} v_{moy}$$

كيف يتم حساب هذا المقدار بيانيا ؟

في هذه الحالة يصبح المستقيم (Δ) الذي كان يقطع الدالة في النقطتين (C) و (D) مماسا للدالة في النقطة (E)

- **في حالة الدالة** $x = f(t)$



$$v = \lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{1}{V}\frac{(x(t_2)-x(t_1))}{(t_2-t_1)}\right) = \frac{1}{V}\lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{(x(t_2)-x(t_1))}{(t_2-t_1)}\right)$$

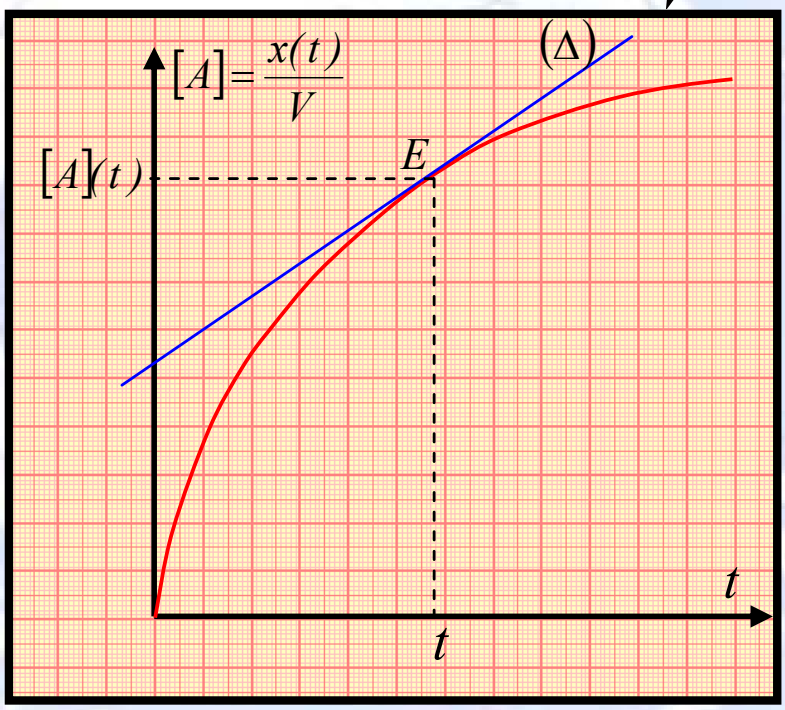
$$v = \frac{1}{V}\left(\frac{dx(t)}{dt}\right)_t$$

لحساب هذا المقدار نقوم بحساب ميل المماس (Δ) للبيان $x = f(t)$.

ليكن (a) هو ميل المماس ،السرعة اللحظية الحجمية تكون:

$$v = \frac{1}{V}\left(\frac{dx(t)}{dt}\right)_t = \frac{1}{V}(a)_t$$

- في حالة الدالة $[A](t) = \frac{x(t)}{V}$



$$v = \lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{([A](t_2) - [A](t_1))}{(t_2 - t_1)}\right)$$

$$v = \left(\frac{d[A](t)}{dt}\right)_t$$

لحساب هذا المقدار نقوم بحساب ميل المماس (Δ) للبيان $[A]=\frac{x}{V}=f(t)$.

ليكن (a) هو ميل المماس ، تكون السرعة اللحظية الحجمية:

$$v=\left(\frac{d[A](t)}{dt}\right)_t=(a)_t$$

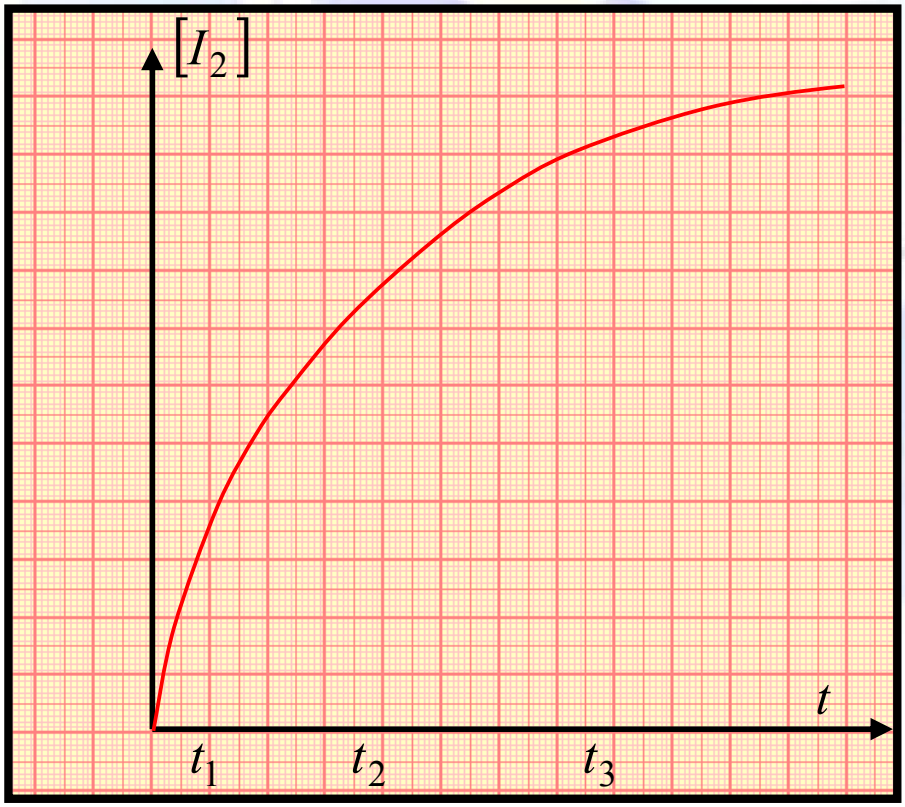
كيف تتغير السرعة اللحظية مع تطور الجملة الكيميائية ؟

من خلال التحليل الذي قمنا به سابقا توصلنا إلى النتيجة التي تنص على أن السرعة الحجمية اللحظية تتناسب طرديا مع معامل توجيه المماس للمنحنى الذي يمثل التطور الكيميائي بدلالة الزمن، و هذا عند اللحظة الزمنية (t).

نلاحظ أن الميل (a) للمماس يتناقص مع مرور زمن التحول الكيميائي. يدل هذا على أن السرعة الحجمية هي أيضا في تناقص مع مرور زمن التحول الكيميائي.

نشاط:

يمثل البيان المقابل تغير التركيز المولي لثنائي اليود بدلالة الزمن

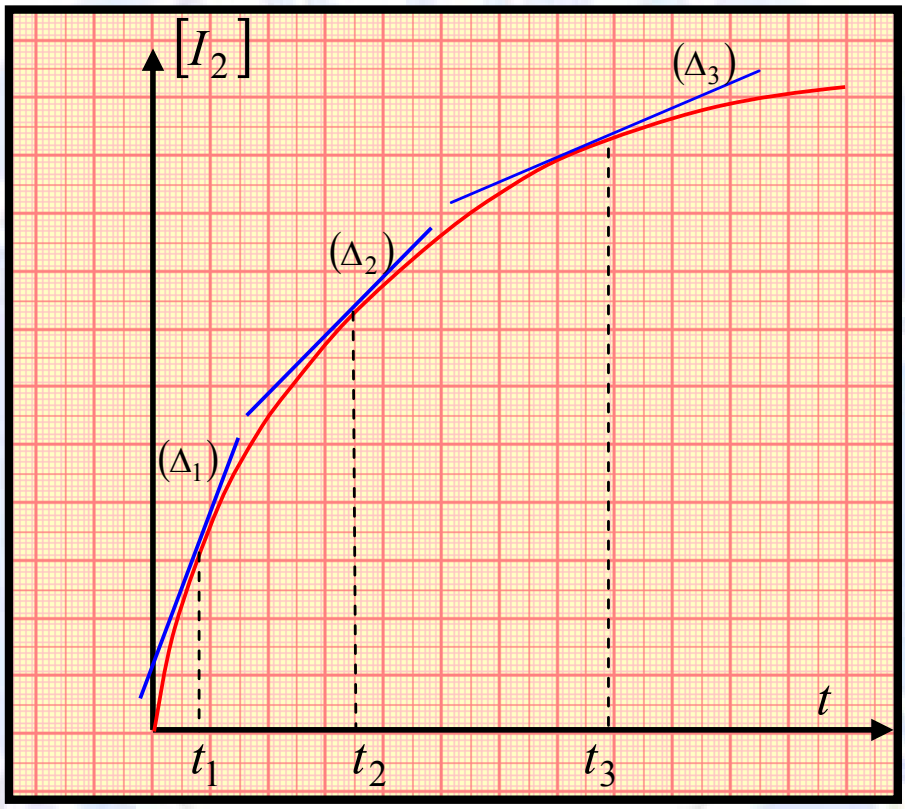


1 – أرسم المماسات للدالة $[I_2]=f(t)$ عند اللحظات المبينة على المخطط.

2 – هل يمكن المقارنة بين مختلف السرعات الحجمية اللحظية لتشكل ثنائي اليود عند هذه اللحظات ؟ إذا كان الجواب بنعم اشرح كيف يتم ذلك ؟

تحليل النشاط

1 – رسم المماسات مبين على الشكل:



2 – نعم يمكن القيام بمقارنة كيفية بين السرعات الحجمية اللحظية لتشكل ثنائي اليود عند اللحظات الزمنية (t_1) ، (t_2) و (t_3)

كيف يكون هذا:

لتكن (a_1) ، (a_2) و (a_3) قيم معاملات توجيه المماسات (Δ_1) ، (Δ_2) و (Δ_3) على الترتيب.

بعد ملاحظة المماسات على البيان يمكن كتابة: $a_1 > a_2 > a_3$

رأينا أن السرعة الحجمية اللحظية تتناسب طرديا مع معامل توجيه المنحنى، إذن يمكن كتابة:

$$v_1 > v_2 > v_3$$