

الجزء الأول من الكتاب المدرسي : (3م 3 + م ر + ر)
الوحدة : 01 :

التطورات الزمنية الرتيبة
المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

تطور كميات مادة المتفاعلات والنواتج خلال تحول كيميائي في محلول مائي

DAHEL MT- lycée benalioui salah SETIF

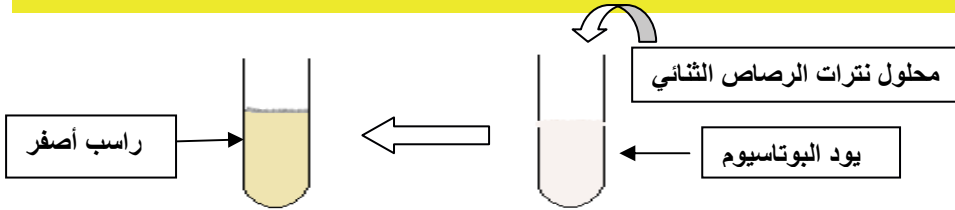
الدرس الأول :

المدة الزمنية لتحول كيميائي

1- : التحولات الكيميائية السريعة :

النشاط 1

النشاط 1 : نكب بضع قطرات من محلول نترات الرصاص الثنائي ($Pb^{2+} + 2NO_3^-$) (aq) في انبوب يحتوي على محلول يود البوتاسيوم (aq) ($K^+ + I^-$) انظر الصورة -1-



الملاحظة : نلاحظ تشكل راسب اصفر اللون من يود الرصاص الثنائي (PbI_2) لحظة تلامس المحلولين (التحول تم في مدة زمنية قصيرة جدا)

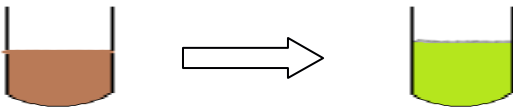
الإستنتاج : التحول الكيميائي السريع يتم في مدة زمنية قصيرة جدا بحيث لا يمكن متابعة تطوره بالعين المجردة أو باستعمال وسائل القياس .

أمثلة أخرى على تفاعلات الترسيب :

- ترسيب كبريتات الباريوم $BaSO_4$
- ترسيب كلور الفضة $AgCl$

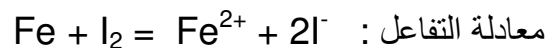
2- التحولات الكيميائية البطيئة :

النشاط 2 : في بيشر يحتوي على 20 ml من محلول بني لثنائي اليود (I_2) نضيف ملعقة صغيرة من برادة الحديد انظر الصورة -2-



الملاحظة : نلاحظ اختفاء تدريجي للون البني بجوار برادة الحديد (التحول تم في بضع دقائق).

الإستنتاج : التحول الكيميائي البطيء هو ذلك التحول الذي يمكن متابعة تطوره بواسطة العين أو وسائل القياس خلال بعض الثواني أو الدقائق .



الأستاذ : داهل محمد الطاهر

-1-

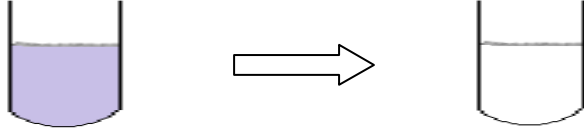
- أمثلة أخرى : - تفاعل الأكسدة - إرجاع بين معدن الزنك (التوتياء) وشوارد النحاس الثنائي

3 - التحولات الكيميائية البطيئة جدا :

في أنبوب اختبار يحتوي على الإيثانول نضيف محلولاً ممدداً من برمنغنات البوتاسيوم

النشاط 3 :

أنظر الصورة - 3 -



الملاحظة : نلاحظ إختفاء اللون البنفسجي المميز لمحلول برمنغنات البوتاسيوم (التحول استغرق بضع ساعات)

الإستنتاج : التحول الكيميائي البطيء جدا هو تحول كيميائي يمكن متابعته تطوره بالعين أو بواسطة وسائل القياس ويستغرق عدة ساعات أو عدة أيام .

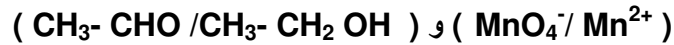
مكتسبات قبلية : من خلال النشاط -3 (السنة الثانية ثانوي) - الإيثانول كحول أولي :

- حدد الثنائيات (Ox/Red) الداخلتان في التفاعل . ثم أكتب معادلة تفاعل أكسدة- إرجاع في الحالتين :

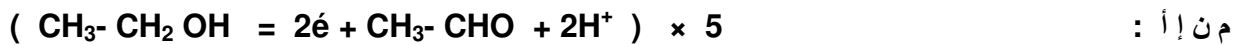
1- إذا كان المؤكسد بكمية قليلة (غير كافية) : تحول الكحول إلى ألدهيد .

2 - إذا كان المؤكسد بكمية كبيرة (كافية) : تحول الكحول إلى ألدهيد ← حمض كربوكسيلي

الإجابة : الثنائيات (Ox/Red) في الحالة -1- تحول الكحول إلى ألدهيد هما :



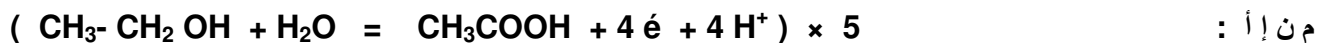
معادلة التفاعل أكسدة - إرجاع :



الثنائيات (Ox/Red) في الحالة -2- تحول الكحول إلى حمض كربوكسيلي مرورا بالألدهيد هما :



معادلة التفاعل أكسدة - إرجاع :

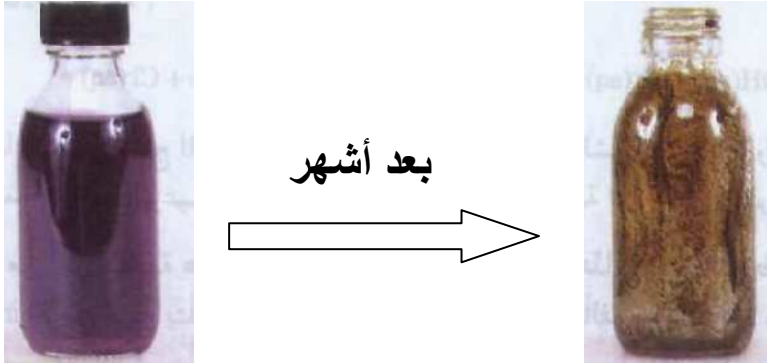


ملاحظة : يمكن الانتقال من الألدهيد إلى الحمض الكربوكسيلي حسب الثنائية : (CH₃COOH/CH₃-CHO)

مثال : نذيب بضع بلورات من برمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ في الماء المقطر فنحصل على محلول لونه بنفسجي عائد الى شوارد MnO_4^- ثم نضعه في قارورة زجاجية .

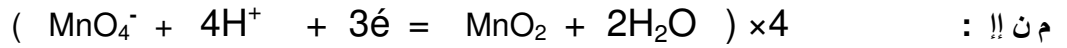
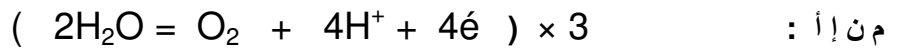
- بعد عدة أيام نلاحظ بقاء اللون البنفسجي مستقرا دلالة على عدم تفاعل شوارد البرمنغنات العائد إليها هذا اللون تقريبا (ظاهريا) .

- بعد عدة أشهر نلاحظ تشكل راسب على جدران القارورة (الشكل) والمتمثل في ثنائي أكسيد المنغيز MnO_2

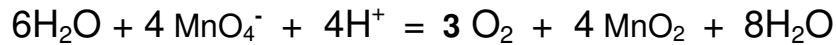


التفسير الالكتروني لهذا التفاعل :

معادلة التفاعل أكسدة - إرجاع :



بالجمع :



ملاحظات عامة :

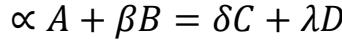
1 - إن ترتيب التحولات الكيميائية يتعلق بالشروط التجريبية المختارة : مثلا تحول كيميائي بطيء جدا يمكن أن يصبح سريعا إذا تغيرت الشروط التجريبية .

2 - إن التحول الكيميائي الذي يمكن متابعته عمليا هو ذلك التحول الذي لا يكون بطيئا جدا أو سريعا جدا ولهذا نفضل التحولات البطيئة.

سرعة التفاعل

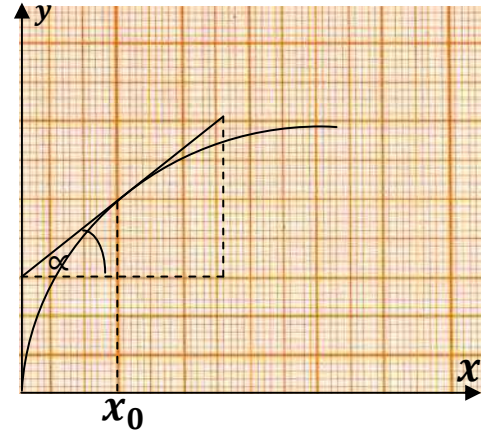
سرعة التفاعل والسرعة الحجمية للتفاعل :

نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بمعادلة التفاعل التالية :



في درسنا نعلم في حساب المشتقة $\frac{dy}{dx}$ على الطريقة الهندسية أي تساوي قيمة المشتقة من أجل الفاصلة $x = x_0$, ميل مماس المنحنى $y = f(x)$ عند هذه الفاصلة كما مبين في الشكل :

خواص المشتقة بالكتابة المختصرة	خواص المشتقة بالكتابة غير المختصرة
$(f + g)' = f' + g'$	$\frac{d(f + g)}{dx} = \frac{df}{dx} + \frac{dg}{dx}$
$(\alpha f)' = \alpha f'$	$\frac{d(\alpha f)}{dx} = \alpha \frac{df}{dx}$
$(\alpha + \beta f)' = \beta f'$	$\frac{d(\alpha + \beta f)}{dx} = \beta \frac{df}{dx}$
$(\alpha - \beta f)' = -\beta f'$	$\frac{d(\alpha - \beta f)}{dx} = -\beta \frac{df}{dx}$



حيث نكتب :

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=x_0} = (\text{ميل المماس})_{x=x_0}$$

يعبر عن ميل المماس هذا المنحنى في نقطة معينة بالكتابة :

$$\text{ميل المماس} = \frac{dy}{dt}$$

- بالرجوع الى معادلة التفاعل السابقة : $\alpha A + \beta B = \delta C + \lambda D$

- سرعة تشكل نوع كيميائي (اللحظية):

$$v_c = \frac{dn_c}{dt}$$

- تعرف سرعة تشكل نوع كيميائي وليكن C عند لحظة t بالعلاقة التالية :

- السرعة الحجمية لتشكل نوع كيميائي (اللحظية):

- تعرف السرعة الحجمية لتشكل نوع كيميائي وليكن C عند لحظة t في وسط تفاعلي حجمه V بالعلاقة :

$$V_c = \frac{1}{V} \frac{dn_c}{dt} = \frac{d[C]}{dt}$$

- سرعة اختفاء نوع كيميائي (اللحظية):

$$v_A = - \frac{dn_A}{dt}$$

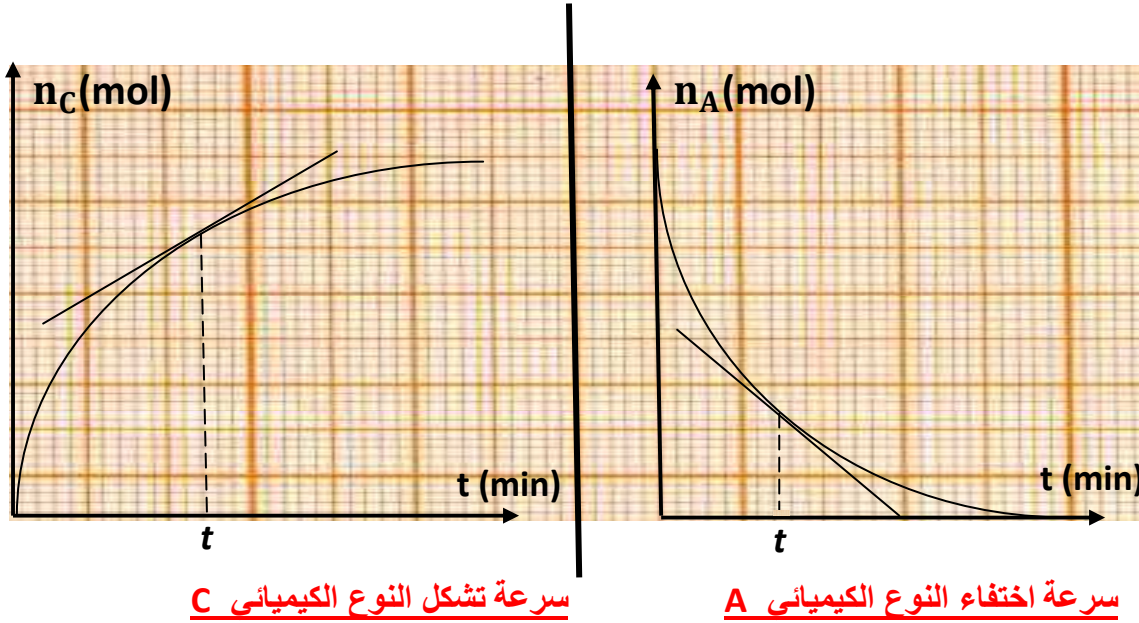
- تعرف سرعة اختفاء نوع كيميائي وليكن A عند لحظة t بالعلاقة التالية :

الأستاذ : داهل محمد الطاهر

- السرعة الحجمية لاختفاء نوع كيميائي (اللحظية) :-

- تعرف السرعة الحجمية لاختفاء نوع كيميائي وليكن A عند لحظة t في وسط تفاعلي حجمه V بالعلاقة :

$$V_A = - \frac{1}{V} \frac{dn_A}{dt} = - \frac{d[A]}{dt}$$



- سرعة التفاعل (اللحظية) :-

- تعرف سرعة التفاعل عند لحظة t بالعلاقة التالية : $v = \frac{dx}{dt}$ حيث x هو تقدم التفاعل

- السرعة الحجمية للتفاعل (اللحظية) :-

- تعرف السرعة الحجمية للتفاعل في وسط تفاعلي حجمه V بالعلاقة : $v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$

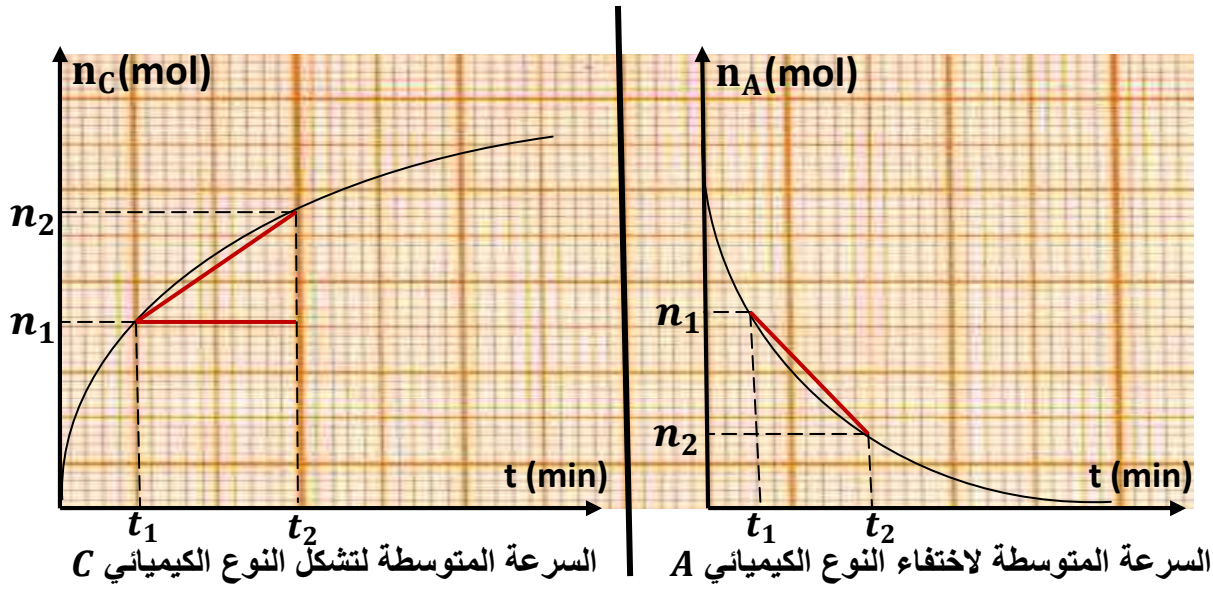
- السرعة المتوسطة (حالة تشكل ، اختفاء ، تفاعل)

- يمكن كتابة عبارة السرعة المتوسطة أو السرعة الحجمية المتوسطة (تشكل ، اختفاء ، تفاعل) بين لحظتين t_1 و t_2 بتعويض المشتقة d بالتغير Δ في عبارات السرعة السابقة فمثلا يعبر عن السرعة المتوسطة لتشكيل نوع كيميائي وليكن C بين لحظتين t_1 و t_2 بالعلاقة :

$$V_{mC} = \frac{\Delta n_C}{\Delta t} = \frac{n_{2C} - n_{1C}}{t_2 - t_1}$$

حيث n_1 و n_2 كميتي مادة النوع الكيميائي المتشكل C عند اللحظتين t_1 و t_2 على الترتيب .

$$V_{mA} = - \frac{\Delta n_A}{\Delta t} = - \frac{n_{2A} - n_{1A}}{t_2 - t_1} \quad : \text{ وليكن } A$$



ملاحظة 1 :

في التفاعل الكيميائي النمذج بالمعادلة التالية : $\alpha A + \beta B = \delta C + \lambda D$ تتحقق العلاقة التالية :

$$\frac{dx}{dt} = v = \frac{v_A}{\alpha} = \frac{v_B}{\beta} = \frac{v_C}{\delta} = \frac{v_D}{\lambda}$$

حيث v_A و v_B و v_C و v_D تمثل على الترتيب سرعة اختفاء A , سرعة اختفاء B , سرعة تشكل C , سرعة تشكل D .

وأيضاً يمكن أن تتحقق العلاقة التالية :

$$\dot{v} = \frac{v}{V} = \frac{\dot{v}_A}{\alpha} = \frac{\dot{v}_B}{\beta} = \frac{\dot{v}_C}{\delta} = \frac{\dot{v}_D}{\lambda}$$

حيث \dot{v}_A و \dot{v}_B و \dot{v}_C و \dot{v}_D تمثل على الترتيب السرعة الحجمية لاختفاء A , السرعة الحجمية لاختفاء B , السرعة الحجمية لتشكل C , السرعة الحجمية لتشكل D . علماً أن V هو حجم الوسط التفاعلي .

ملاحظة 2 :

- سرعة التفاعل تكون دوماً موجبة .

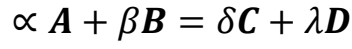
- وحدة سرعة التفاعل وكذا سرعة اختفاء أو تشكل نوع كيميائي هي : mol/s أو mol/min حسب وحدة الزمن

- وحدة السرعة الحجمية للتفاعل وكذا السرعة الحجمية لاختفاء أو تشكل نوع كيميائي هي : $mol/L.s$ أو $mol/L.min$

زمن نصف التفاعل

زمن نصف التفاعل: $t_{1/2}$

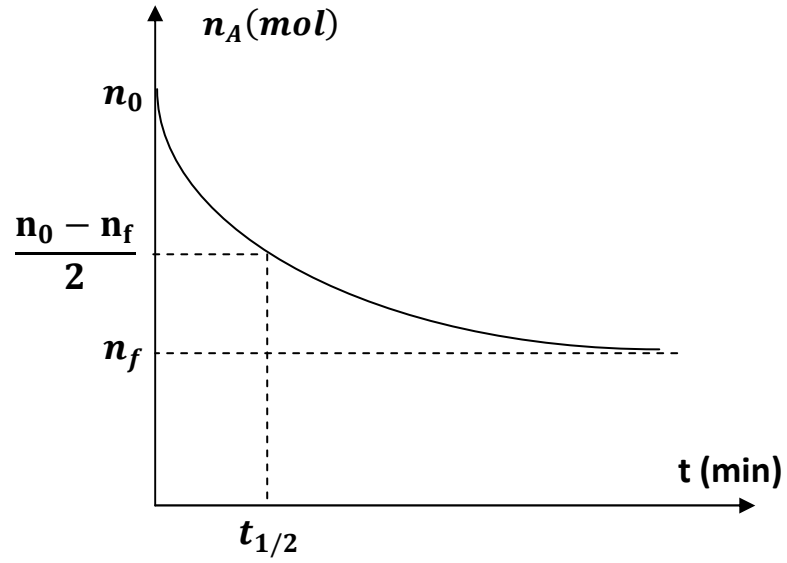
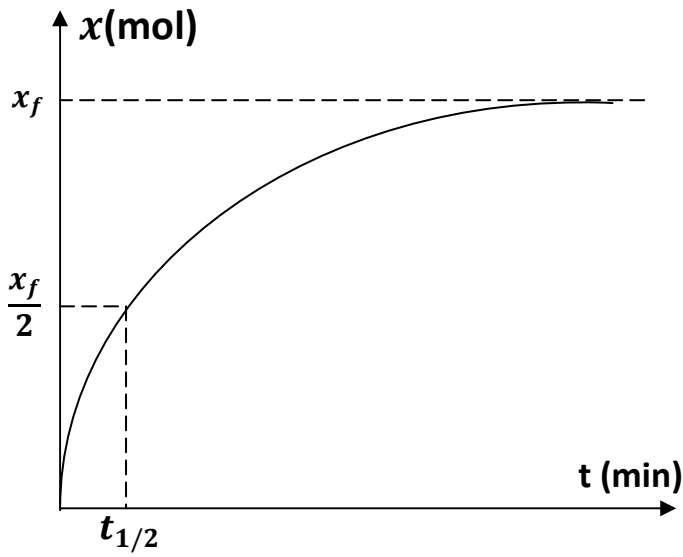
- نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بمعادلة التفاعل التالية :



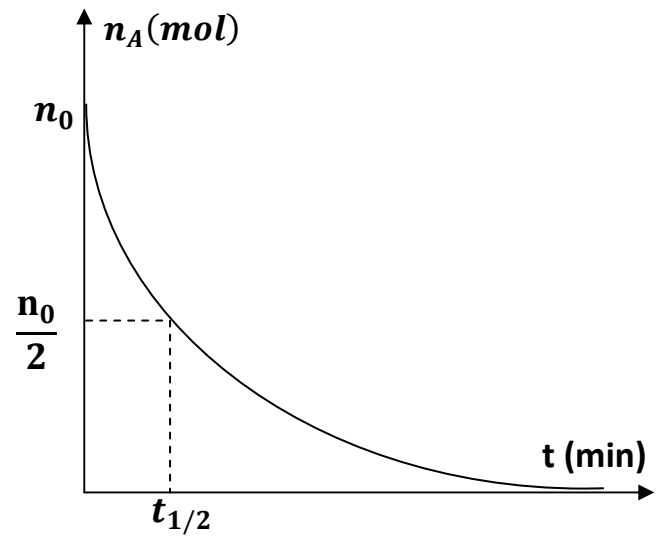
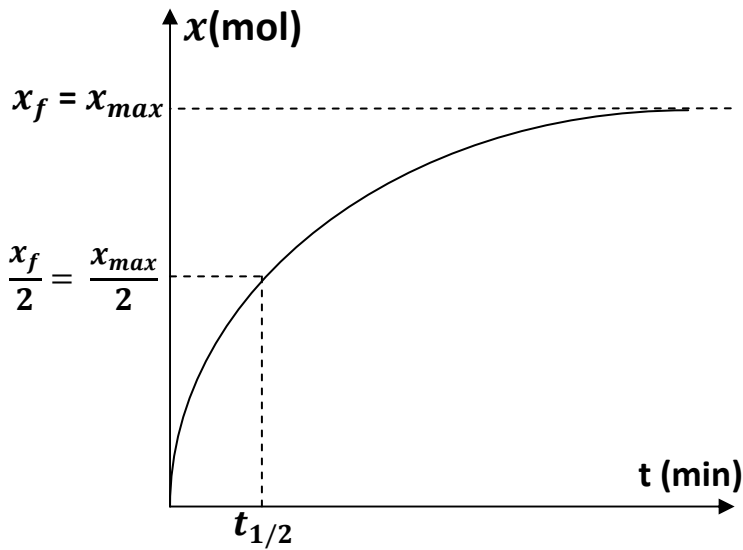
- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي أي : $x = \frac{x_f}{2}$ أي :
- هو المدة الضرورية لاستهلاك نصف كمية مادة المتفاعل المحد إذا كان التفاعل تام .

$$t = t_{1/2} \rightarrow x_{1/2} = \frac{x_f}{2}$$

بيانياً يكون :



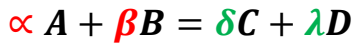
التحـول غير تام



التحـول تام

التمرين 1 :

- نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بمعادلة التفاعل التالية :



1 - عرف سرعة التفاعل والسرعـة الحجمية للتفاعل .

2 - مثل جدول التقدم ثم اثبت أن سرعة اختفاء النوع الكيميائي A يعبر عنها بدلالة سرعة تشكل C بالعلاقة:

$$\frac{v_A}{\alpha} = \frac{v_C}{\delta}$$

الأجوبة:

1- تعريف سرعة التفاعل والسرعـة الحجمية للتفاعل :

- سرعة التفاعل الكيميائي هي تغير تقدم التفاعل بالنسبة للزمن .

- السرعـة الحجمية للتفاعل هي تغير تقدم التفاعل بالنسبة للزمن في وحدة الحجم (1L), أو هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم (1L) من الوسط التفاعلي .

2 - جدول تقدم التفاعل واثبات أن : $\frac{v_A}{\alpha} = \frac{v_C}{\delta}$

حالة الجملة	التقدم	αA	+	βB	=	δC	+	λD
ابتدائية	$X=0$	n_{0A}		n_{0B}		0		0
انتقالية	X	$n_{0A} - \alpha X$		$n_{0B} - \beta X$		δX		λX
نهائية	X_f	$n_{0A} - \alpha X_f$		$n_{0B} - \beta X_f$		δX_f		λX_f

لدينا:

$$V_A = -\frac{dn_A}{dt} \quad \text{و} \quad V_C = \frac{dn_C}{dt}$$

من جدول التقدم : $n_C = \delta X$ و $n_A = n_{0A} - \alpha X$

$$V_A = -\frac{d(n_{0A} - \alpha X)}{dt} = -\left(0 - \alpha \left(\frac{dX}{dt}\right)\right) = \alpha \frac{dX}{dt} \quad \text{ومنه يصبح لدينا :}$$

$$\frac{dX}{dt} = \frac{V_A}{\alpha} \quad \text{إذن :} \quad (1)$$

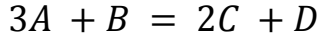
$$V_C = \frac{d(\delta X)}{dt} = \delta \frac{dX}{dt} \quad \text{وأيضا :}$$

$$\frac{dX}{dt} = \frac{V_C}{\delta} \quad \text{إذن :} \quad (2)$$

$$\frac{V_A}{\alpha} = \frac{V_C}{\delta} \quad \text{من (1) و (2) يكون :}$$

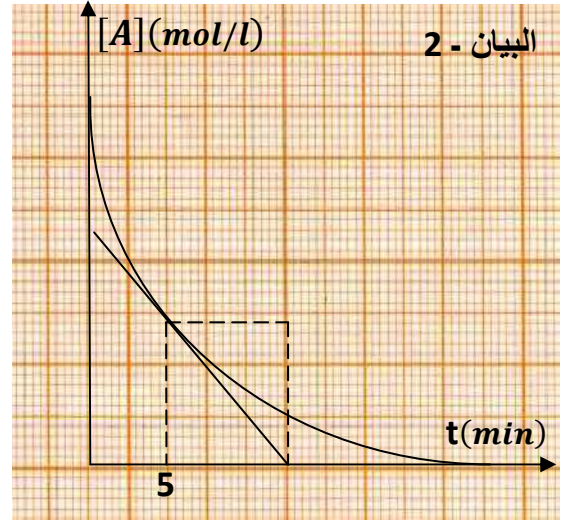
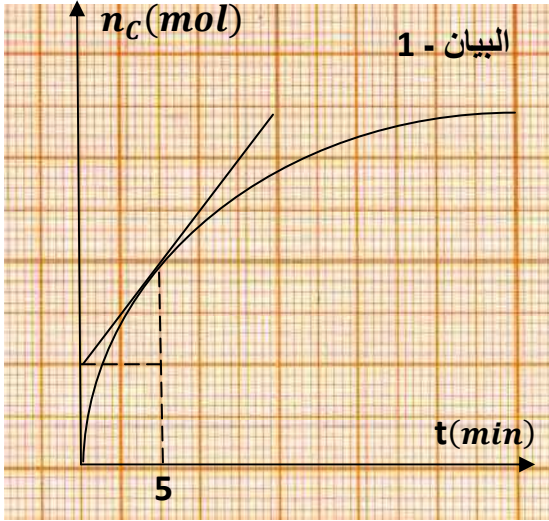
التمرين 2 :

نعتبر التحول الكيميائي النمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :



- نعتبر حجم الوسط التفاعلي هو : $V = 0,25 L$

- البيانين (1) و (2) يمثلان على الترتيب تغيرات كمية مادة C , وتركيز A بدلالة الزمن خلال التحول الكيميائي .



1 - مثل جدول تقدم التفاعل .

2 - اذا علمت أن ميل مماس المنحنى $n_C = f_1(t)$ البيان (1) عند اللحظة $t = 5min$ هو

$$\left(\frac{dn_C}{dt} = 0,2\right) \text{ اوجد اعتمادا عليه عند هذه اللحظة :}$$

أ - سرعة تشكل النوع الكيميائي C .

ب - السرعة الحجمية لتشكل النوع الكيميائي C .

ج - سرعة التفاعل .

د - سرعة اختفاء النوع الكيميائي A .

3 - اذا علمت أن ميل مماس المنحنى $[A] = f_2(t)$ البيان (2) عند اللحظة $t = 5min$ هو

$$\left(\frac{d[A]}{dt} = -1,2\right) \text{ اوجد اعتمادا عليه عند هذه اللحظة :}$$

أ - سرعة التفاعل .

ب - سرعة تشكل النوع الكيميائي C .

1 - جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	3A	+	B	=	2C	+	D
ابتدائية	X=0	n_{0A}		n_{0B}		0		0
انتقالية	X	$n_{0A} - 3X$		$n_{0B} - X$		2X		X
نهائية	X_f	$n_{0A} - 3X_f$		$n_{0B} - X_f$		$2X_f$		X_f

2 - أ - سرعة تشكل النوع الكيميائي C :

لدينا حسب تعريف سرعة تشكل C : $V_C = \frac{dn_C}{dt}$ حيث $\frac{dn_C}{dt}$ هو ميل المماس

من البيان $\frac{dn_C}{dt} = 0,2$ ومنه $V_C = 0,2 \text{ mol/min}$

ب - السرعة الحجمية لتشكل النوع الكيميائي C :

حسب تعريف السرعة الحجمية لتشكل C :

$$\dot{V}_C = \frac{1}{V} \frac{dn_C}{dt}$$

$$\dot{V}_C = \frac{1}{0,25} 0,2 = 0,8 \text{ mol/L.min}$$

إذن :

ج - سرعة التفاعل :

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

$$n_C = 2X$$

لدينا حسب تعريف سرعة التفاعل :

واعتمادا على جدول التقدم :

$$\frac{dn_C}{dt} = 2 \frac{dX}{dt}$$

وبالاشتقاق نجد :

$$\frac{dX}{dt} = \frac{1}{2} \frac{dn_C}{dt}$$

اذن :

$$v = \frac{1}{2} \cdot 0,2 = 0,1 \text{ mol/min}$$

ومنه :

د - سرعة اختفاء النوع الكيميائي A :

$$V_A = - \frac{dn_A}{dt}$$

لدينا حسب تعريف سرعة اختفاء A :

نكتب عبارة سرعة اختفاء A بدلالة ميل المماس $\frac{dn_C}{dt}$

$$n_A = n_{0A} - 3X \dots\dots\dots(1) \quad \text{- من جدول التقدم :}$$

$$n_C = 2X \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{من (2) : } X = \frac{n_C}{2} \text{ بالتعويض في (1)}$$

$$n_A = n_{0A} - \frac{3}{2} n_C$$

بالاشتقاق بالنسبة للزمن :

$$\frac{dn_A}{dt} = - \frac{3}{2} \frac{dn_C}{dt}$$

$$V_A = - \left(- \frac{3}{2} \frac{dn_C}{dt} \right) \rightarrow V_A = \frac{3}{2} \frac{dn_C}{dt} \quad \text{بالتعويض في عبارة سرعة اختفاء A :}$$

$$\frac{dn_C}{dt} = 0,2 \quad \text{من البيان :}$$

$$V_A = \frac{3}{2} \cdot 0,2 = 0,3 \text{ mol/min} \quad \text{بالتعويض}$$

3 - أ - سرعة التفاعل :

نكتب عبارة سرعة التفاعل بدلالة ميل المماس $\frac{d[A]}{dt}$

$$v = \frac{dx}{dt} \quad \text{لدينا حسب تعريف سرعة التفاعل :}$$

$$n_A = n_{0A} - 3X \quad \text{- من جدول التقدم :}$$

$$[A] V = n_{0A} - 3X$$

$$V \frac{d[A]}{dt} = -3 \frac{dx}{dt} \rightarrow \frac{dx}{dt} = - \frac{V}{3} \frac{d[A]}{dt} \quad \text{بالاشتقاق بالنسبة للزمن :}$$

$$v = - \frac{V}{3} \frac{d[A]}{dt} \quad \text{بالتعويض في عبارة سرعة التفاعل :}$$

$$\frac{d[A]}{dt} = -1,2 \quad \text{من البيان :}$$

$$v = \frac{0,25}{3} \cdot 1,2 \rightarrow v = 0,1 \text{ mol/min} \quad \text{اذن :}$$

ب - سرعة تشكل النوع الكيميائي C .

نكتب عبارة سرعة تشكل C بدلالة ميل المماس $\frac{d[A]}{dt}$

$$V_C = \frac{dn_C}{dt} \quad \text{لدينا حسب تعريف سرعة تشكل C :}$$

$$n_A = n_{0A} - 3X \quad \text{- من جدول التقدم :} \quad \text{.....(1)}$$

$$n_C = 2X \quad \text{.....(2)}$$

$$\text{من (2) : } X = \frac{n_C}{2} \quad \text{بالتعويض في (1)}$$

$$n_A = n_{0A} - \frac{3}{2} n_C$$

$$[A] V = n_{0A} - \frac{3}{2} n_C$$

$$V \frac{d[A]}{dt} = -\frac{3}{2} \frac{d_{nC}}{dt} \rightarrow \frac{d_{nC}}{dt} = -\frac{2V}{3} \frac{d[A]}{dt} \quad \text{بالاشتقاق بالنسبة للزمن :}$$

$$V_C = -\frac{2V}{3} \frac{d[A]}{dt} \quad \text{اذن :}$$

$$V_C = \left(-\frac{2,0,25}{3}\right) (-1,2) \rightarrow V_C = 0,2 \text{ mol/min} \quad \text{تطبيق عددي :}$$