

التتبع الزمني لتحول كيميائي – سرعة التفاعل

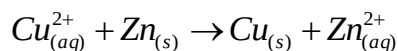
تمارين مرفقة بالحلول

فيزياء تارودانت

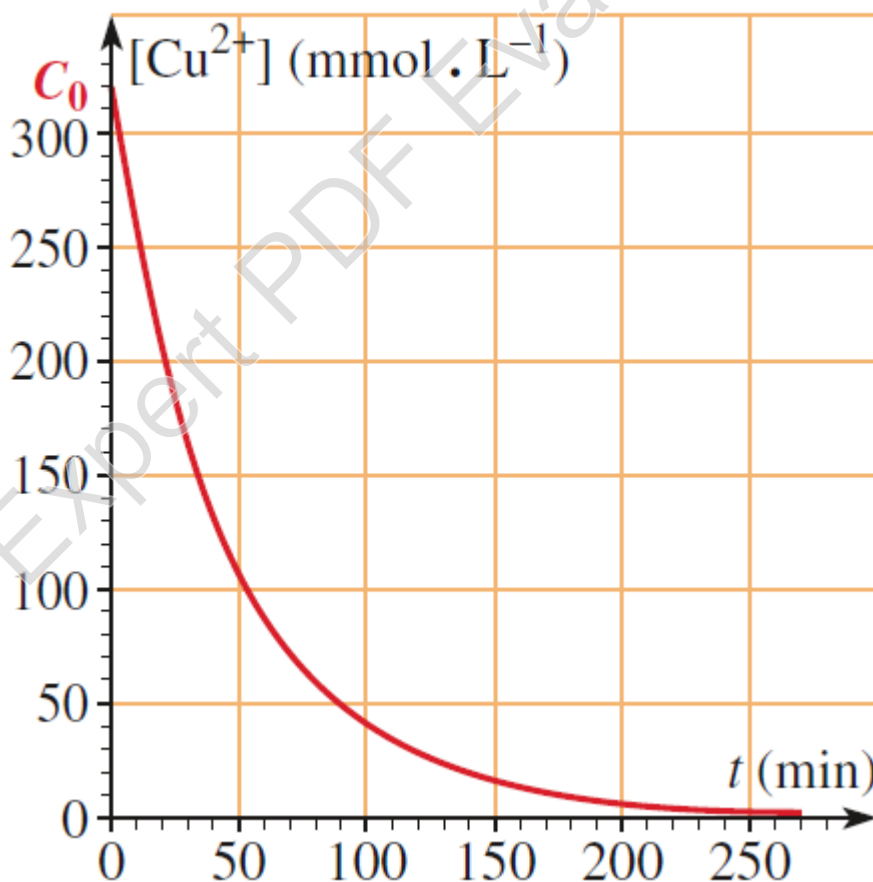


التمرين الأول:

عند درجة حرارة 20°C ، نضع في كأس كمية وافرة من مسحوق الزنك و نضيف إليها محلول كبريتات النحاس II تركيزه C_0 ، فيتم اختزال أيونات النحاس II وفق المعادلة الكيميائية التالية.



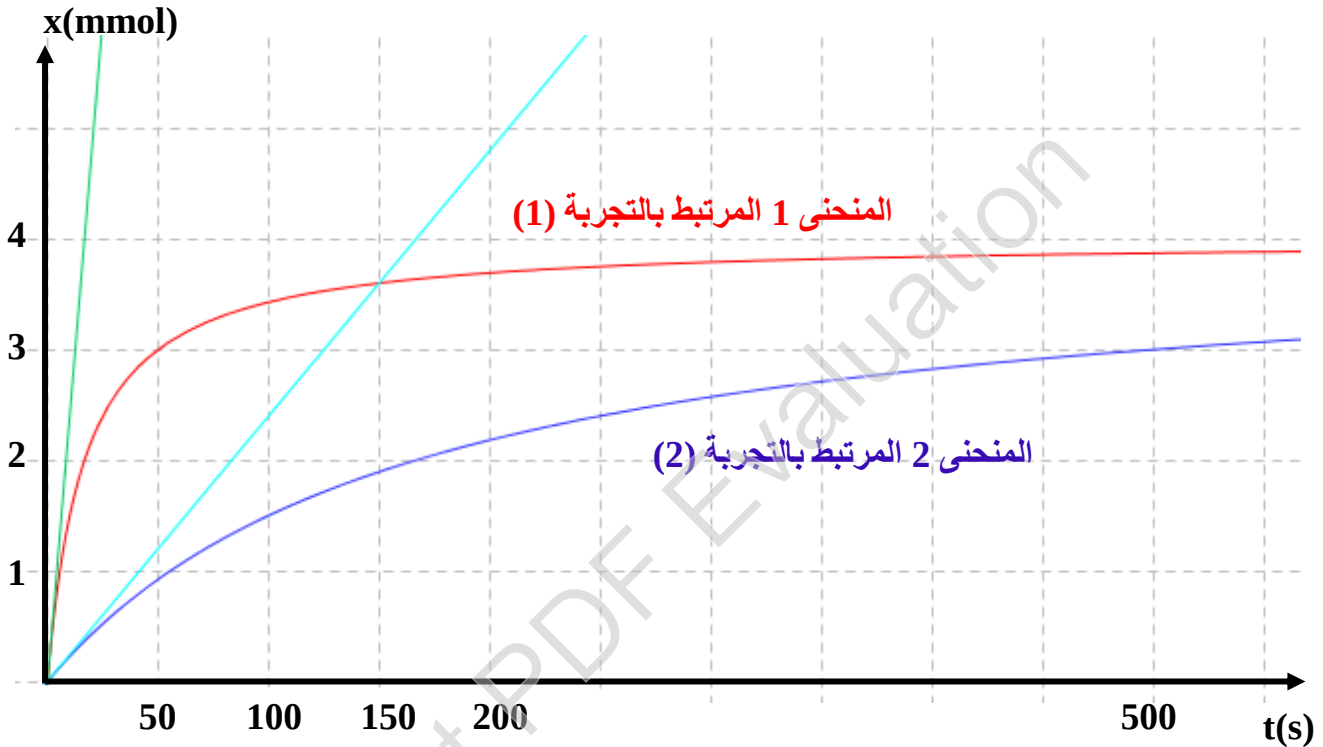
- 1- حدد المزدوجتين مؤكسد- مختزل المشاركتين في هذا التفاعل محددا المؤكسد و المختزل القويين.
- 2- نحدد تركيز أيونات النحاس II عند لحظات مختلفة و نمثل تطوره بدلالة الزمن t ، فنحصل على المبيان التالي:



- 1-2- حدد التركيز البدئي و النهائي لأيونات النحاس II و استنتج طبيعة التفاعل معلا جوابك.
- 2-2- أنشئ جدول تقدم التفاعل.
- 3-2- حدد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
- 4-2- أعط تعبير السرعة الحجمية للتفاعل و احسب قيمتها عند اللحظتين $t=0\text{min}$ و $t_{1/2}$.
- 5-2- ما هو العامل الحركي المبرز خلال هذه التجربة.
- 6-2- علل تغير السرعة الملاحظ خلال السؤال 4-2.

التمرين الثاني:

ننجز تجربتين لتحول كيميائي بين نفس المتفاعلات في شروط مختلفة ، و عند تمثيل التقدم x للتفاعل نحصل على المنحنيين التاليين:



- 1- حدد شرطين يمكن أن تختلف فيهما شروط التجريبتين.
- 2- أي التفاعلين أسرع؟ علل جوابك.
- 3- احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t=0\text{s}$ في كل تجربة، علما أن حجم الخليط المتفاعل في كل تجربة هو $V=100\text{mL}$.
- يمثل المستقيمان الممثلان في المبيان مماسي منحنى تطور التقدم x عند اللحظة $t=0$ للتجربتين.
- 4- حدد زمن نصف التفاعل في كل حالة باعتبار أن العامل الحركي الذي تم تغييره من تجربة إلى أخرى هو درجة الحرارة.
- 5- باعتبار أننا أنجزنا التجريبتين في درجتى حرارة مختلفتين T_1 و T_2 ، قارن بين T_1 و T_2 . علل جوابك.



التمرين الثالث:

عند دراسة تفاعل كيميائي نتقبل أن تعبير التقدم x لهذا التفاعل يكتب بدلالة الزمن t كالتالي:

$$x(t) = \frac{2t}{1+5t} \text{ (mmol)} , t(\text{h})$$

وحدة الزمن t هي الساعة.
وحدة التقدم x هي mmol

- 1- حدد القيمتين البدئية و النهائية لتقدم التفاعل x .
- 2- حدد زمن نصف التفاعل.
- 3- حدد تعبير السرعة الحجمية بدلالة الزمن t مبينا رمز وحدتها، علما أن حجم الخليط المتفاعل هو $V=100\text{mL}$.
- 4- استنتج قيمة السرعة الحجمية البدئية.
- 5- بين انطلاقا من تعبير $x(t)$ أن التقدم x دالة تزايدية بدلالة الزمن.
- 6- نرمز للمنحنى الذي يمثل تطور التقدم x بدلالة الزمن t بالرمز (C).
- 6-1 أوجد معادلة المستقيم (T) المماس للمنحنى (C) عند اللحظة $(t=0\text{s})$.
- 6-2 املأ الجدول التالي:

t (h)	0	0,25	0,5	0,75	1	4	10
x(t) mmol							

- 6-3 مثل المستقيم (T) و المنحنى (C).
- 7- نعبر الآن عن التقدم x بدلالة الزمن بالعلاقة:

$$x(t) = \frac{at}{1+bt}$$

- مع a و b عدنان حقيقيان موجبان.
- 7-1 أوجد تعابير التقدم النهائي x_f و زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ و السرعة الحجمية البدئية v_0 بدلالة معطيات التمرين الجديدة.
 - 7-2 عبر عن a و b بدلالة $t_{1/2}$ و v_0 و V .
 - 7-3 عبر عن التقدم $x(t)$ بدلالة t و $t_{1/2}$ و v_0 و V .
 - 7-4 عبر عن السرعة الحجمية $v(t)$ بدلالة t و $t_{1/2}$ و v_0 .



الأجوبة

التمرين الأول:

1- المزدوجتان مؤكسد – مختزل المشاركتان في التفاعل هما: Cu^{2+}/Cu و Zn^{2+}/Zn

المؤكسد القوي : Cu^{2+}

المختزل القوي: Zn

-2

-1-2

نستنتج من المبيان أن:

$$[\text{Cu}^{2+}]_{(t=0\text{min})} = 0,32\text{mol.L}^{-1}.$$

$$[\text{Cu}^{2+}]_f = 0\text{mol.L}^{-1}$$

التفاعل كلي لأن أيونات النحاس II تختفي كلياً عند نهايته.

-2-2

$Cu_{(aq)}^{2+} + Zn_{(s)} \rightarrow Cu_{(s)} + Zn_{(aq)}^{2+}$					معادلة التفاعل	
كمية المادة (mol)					التقدم x(mol)	الحالة
$n_{01}=C_0V$	بوفرة		0	0	0	الحالة البدئية
$C_0V - x$	بوفرة		x	x	x	خلال التحول
$C_0V - x_{\max}$	بوفرة		$x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$	الحالة النهائية

-3-2

لدينا حسب جدول التقدم:

$$x_f = x_{\text{max}} = C_0 V$$

و بالتالي:

$$x(t = t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = \frac{C_0 V}{2}$$

و من ثم فإن:

$$[\text{Cu}^{2+}](t = t_{1/2}) = \frac{C_0 V - x(t = t_{1/2})}{V} = \frac{C_0 V - \frac{C_0 V}{2}}{V} = \frac{C_0}{2}$$

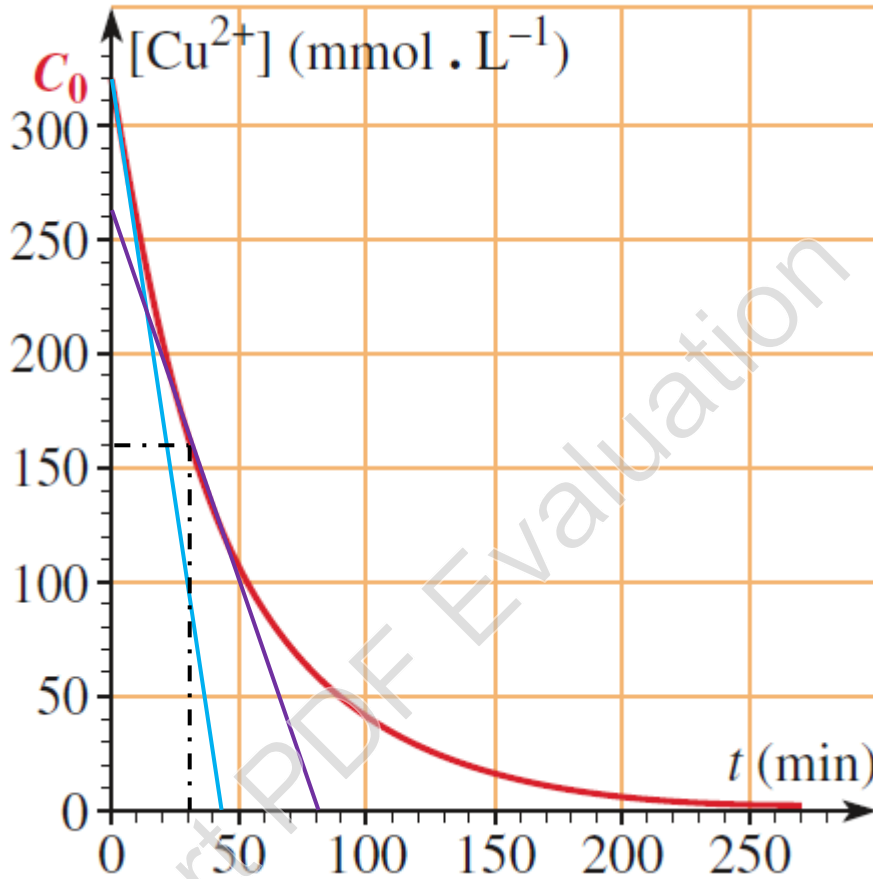
$$[\text{Cu}^{2+}](t = t_{1/2}) = 0,16\text{mol/L}$$

نقرأ على المنحنى أن الزمن الموافق للتركيز $[\text{Cu}^{2+}](t = t_{1/2}) = 0,16\text{mol/L}$ هو $t_{1/2} \approx 30\text{min}$.



$$v(t) = \frac{1}{V} \frac{dx(t)}{dt} = - \frac{d[Cu^{2+}]}{dt}$$

نمثل مماسي منحنى تطور $[Cu^{2+}]$ بدلالة الزمن عند اللحظتين 0min و $t_{1/2} \approx 30\text{min}$ و نختار نقطتين من كل مماس:



$$v(t) = - \frac{\Delta[Cu^{2+}]}{\Delta t}$$

$$v(t=0) = - \frac{(0,32-0)}{(0-42)} \approx 7,6 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v(t=t_{1/2}) = - \frac{(0,26-0)}{(0-80)} \approx 3,25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

5-2- العامل الحركي المبرز خلال هذه التجربة هو تراكيز المتفاعلات، حيث أنها تتناقص تدريجياً مع تطور التفاعل.

6-2- يعزى تناقص السرعة الحجمية الملاحظ إلى تناقص تركيز المتفاعل أيون النحاس II .



التمرين الثاني:

- 1- درجة الحرارة و التراكيز البدئية للمتفاعلات.
- 2- التفاعل أسرع في التجربة (1) لأننا نصل إلى الحالة النهائية للتفاعل في وقت أصغر مقارنة مع التجربة (2).
- 3- لدينا تعبير السرعة الحجمية:

$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$$

و بالتالي نختار نقطتين من المستقيمين المماسين للمنحنيين عند اللحظة $t=0s$ ، بحيث نعبر عن السرعة الحجمية في هذه اللحظة باستعمال إحداثيتي هاتين النقطتين باعتبار العلاقة التالية:

$$v(t=0) = \frac{1}{V} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{V} \frac{(x_2 - x_1)}{t_2 - t_1}$$

ت ع:

$$v_1(t=0) = \frac{1}{0,1} \frac{(4-0)}{(17-0)} = 2,35 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_2(t=0) = \frac{1}{0,1} \frac{(4-0)}{(167-0)} = 0,24 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

4- لدينا حسب المبيان

$$x_f = 4 \text{ mmol}$$

إن:

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = 2 \text{ mmol}$$

نعمد الآن المبيان لتحديد الزمن الموافق للتقدم $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = 2 \text{ mmol}$ في كل تجربة، حيث نجد:

$$(t_{1/2})_1 = 16,7 \text{ s}$$

$$(t_{1/2})_2 = 166,7 \text{ s}$$

- 5- درجة الحرارة عامل حركي ، حيث ترتفع سرعة التفاعل كلما ارتفعت درجة حرارة الخليط المتفاعل، و بما أن التفاعل أسرع في التجربة الأولى، إذن فدرجة حرارة الخليط في هذه التجربة أكبر مما عليه في التجربة الثانية:

$$T_1 > T_2$$



التمرين الثالث:

1- التقدم البدئي:

$$x(t=0) = \frac{2.0}{1+5.0} = 0 \text{ mol}$$

$$x_f = \lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{2t}{1+5t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{2t}{5t} = \frac{2}{5} = 0.4 \text{ mmol}$$

2- لدينا:

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = 0.2 \text{ mmol}$$

إذن:

$$0.2 = \frac{2t_{1/2}}{1+5t_{1/2}}$$

$$0.2(1+5t_{1/2}) = 2t_{1/2}$$

$$t_{1/2} = 0.2 \text{ h} = 12 \text{ min}$$

3- لدينا:

$$v(t) = \frac{1}{V} \frac{dx(t)}{dt} = \frac{1}{0.1} \frac{2}{(1+5t)^2} = \frac{2}{0.1(1+5t)^2} = \frac{20}{(1+5t)^2} (\text{mmol.L}^{-1}.\text{h}^{-1})$$

4-

$$v(t=0) = \frac{20}{(1+5.0)^2} = 20 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$$

5- لدينا:

$$\frac{dx(t)}{dt} = \frac{2}{(1+5t)^2} > 0, \forall(t)$$

إذن x دالة تزايدية بدلالة t.

6-

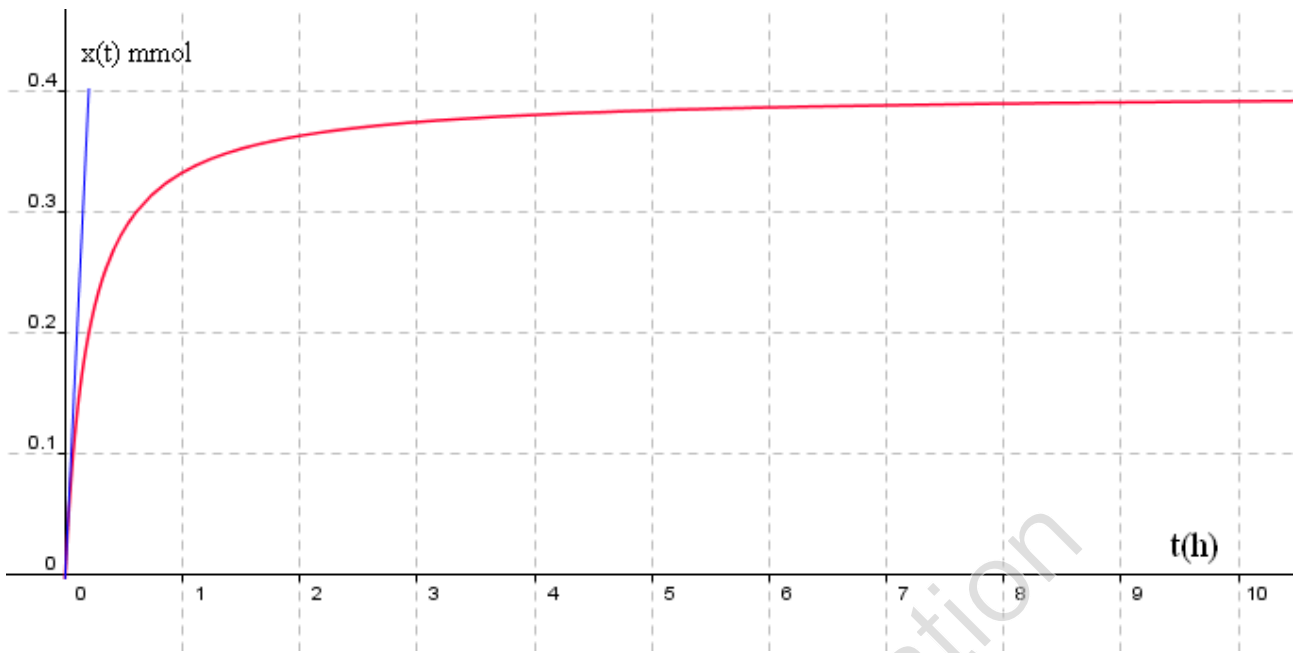
1-6 معادلة المماس (T) للمنحنى عند اللحظة t=0:

$$y = x(t=0) + \left(\frac{dx(t)}{dt} \right)_{t=0} \cdot (t-0) = 0 + 2t = 2t (\text{mmol})$$

2-6

20	10	4	1	0,75	0,5	0,25	0	t (h)
0,40	0,39	0,38	0,33	0,32	0,29	0,22	0	x(t) mmol





-7

-1-7 لدينا:

- تعبير x_f

$$x_f = \lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{at}{1+bt} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{at}{bt} = \frac{a}{b}$$

$$x_f = \frac{a}{b}$$

- تعبير $t_{1/2}$

نعلم أن:

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = \frac{a}{2b}$$

بعد التعويض في العلاقة $x(t)$ نحصل على:

$$\frac{x_f}{2} = \frac{a}{2b} = \frac{at_{1/2}}{1+bt_{1/2}}$$

$$2bt_{1/2} = 1+bt_{1/2}$$

إذن:

$$t_{1/2} = \frac{1}{b}$$

تعبير v_0 :

لدينا:



$$\frac{dx}{dt} = \frac{a}{(1+bt)^2}$$

إذن:

$$v_0 = \frac{1}{V} \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=0} = \frac{1}{V} \frac{a}{(1+b \cdot 0)^2} = \frac{a}{V}$$

$$v_0 = \frac{a}{V}$$

2-7- لدينا:

$$t_{1/2} = \frac{1}{b}$$

إذن

$$b = \frac{1}{t_{1/2}}$$

لدينا:

$$v_0 = \frac{a}{V}$$

إذن:

$$a = V v_0$$

3-7-

لدينا:

$$x(t) = \frac{at}{1+bt}$$

بعض تعويض a و b نحصل على:

$$x(t) = \frac{V v_0 t}{1 + \frac{t}{t_{1/2}}}$$

4-7- لدينا:

$$v(t) = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{v_0}{\left(1 + \frac{t}{t_{1/2}} \right)^2}$$



PCtaroudant

2010

