المجـــال: التطورات الرتيبة

الوحدة الأولى: تطور كميات المتفاعلات والنواتج خلال تحول كيميائي في محلول مائي

الموضوع: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي | **المدة: 4 سا**

1. تعريف:

هي تحديد كمية مادة كل فرد كيميائي في المزيج (متفاعل أو ناتج) خلال أزمنة متعاقبة.

2. الطرق المتاحة لمتابعة تحول كيميائي:

- الطرق الكيميائية: وهي تعتمد على المعايرة اللونية بين محلولين، إذ نعتمد على لون نوع كيميائي يختفي أو ينتج أو كاشف مناسب يتغير لونه.
- الطرق الفيزيائية: تعتمد على مقدار فيزيائي نقوم بقياسه.
  - قياس الناقلية في حالة الوسط التفاعلي يحتوي على شوارد.
  - قياس الحجم أو الضغط باستعمال قانون الغاز المثالي PV=nRT.
  - قياس الـ pH يعتمد على $[H_3O^+]$ في الوسط التفاعلي.

2-1. المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية:

- نشاط 01:

الشكل -1-

يتفاعل 2-كلورو -2-ميثيل بروبان مع الماء في خليط من الماء والكحول بتفاعل تام حسب المعادلة التالية:

$$C_4H_9Cl_{(l)} + 2H_2O_{(l)} = C_4H_9OH_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

هذا التفاعل ينتج شوارد $H3O^+$ و Cl^-والتي تتحكم في قيمة الناقلية النوعية σ للمحلول.

نصب في بيشر كمية من الماء والكحول ونضيف للخليط 1mL من 2-كلورو -2-ميثيل بروبان.

من أجل متابعة هذا التحول نغمر في البيشر مسبار (Sonde) جهاز الناقلية كما هو مبين في الشكل المقابل (الشكل01). نرج المزيج ثم نشغل الكرونومتر عند اللحظة t=0. ونسجل قيمة الناقلية النوعية σ في لحظات مختلفة ونسجل النتائج في الجدول التالي:

t (min)	0	3	6	9	13	16	19	22	25	28	31
σ(S/m)	0	0,49	0,98	1,27	1,46	1,66	1,76	1,85	1,90	1,95	1,95

1. أنجز جدول تقدم التفاعل.
2. اكتب عبارة الناقلية النوعية σ(t) بدلالة التقدم X(t) والناقليات المولية الشاردية (λ_{H3O+},λ_{Cl^-}) و Vحجم المزيج.
   - استنتج عبارة X(t) بدلالة σ(t) و (λ_{H3O+},λ_{Cl^-}) وV.
3. اكتب عبارة الناقلية النوعية σ_f بدلالة كمية المادة الابتدائية $n_0(C_4H_9Cl)$، V و (λ_{H3O+},λ_{Cl^-}).
   - استنتج العلاقة بين σ(t) و σ_f و $n_0(C_4H_9Cl)$ و X(t).
   - أكمل الجدول التالي:

t (min)	0	3	6	9	13	16	19	22	25	28	31
σ(S/m)	0	0,49	0,98	1,27	1,46	1,66	1,76	1,85	1,90	1,95	1,95
X(mmol)											

4. ارسم المنحنى البياني X=f(t)، ماذا تستنتج؟

يعطى: الكتلة الحجمية للمركب (C_4H_9Cl) ρ=0.85 g/mL.

- **تحليل نشاط01:**

1. جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل	$C_4H_9Cl_{(l)}$ + $2H_2O_{(l)}$ = $C_4H_9OH_{(aq)}$ + $H_3O^+_{(aq)}$ + $Cl^-_{(aq)}$				
الحالة الابتدائية	$n_0(C_4H_9Cl)$	بوفرة	0	0	0
الحالة الانتقالية	$n_0(C_4H_9Cl)$-X(t)		X(t)	X(t)	X(t)
الحالة النهائية	$n_0(C_4H_9Cl)$- X_{max}		X_{max}	X_{max}	X_{max}

2. عبارة الناقلية النوعية σ(t) بدلالة التقدم X(t) والناقليات المولية الشاردية (λ_{H3O+}،λ_{Cl-}) وحجم المزيج V:

نعلم أن:

$$\sigma(t) = \sigma_{H_3O^+} + \sigma_{Cl^-} = \lambda_{H_3O^+}.[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}.[Cl^-]$$

وحسب جدول التقدم لدينا:

$$[H_3O^+] = [Cl^-] = \frac{X(t)}{V}$$

وبالتالي:

$$\sigma(t) = \lambda_{H_3O^+}.\frac{X(t)}{V} + \lambda_{Cl^-}.\frac{X(t)}{V} = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})\frac{X(t)}{V}$$

ومنه:

$$\boxed{\sigma(t) = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})\frac{X(t)}{V}} \quad ...(1)$$

- استنتاج عبارة X(t) بدلالة σ(t) و (λ_{H3O+}،λ_{Cl-}) و V.

$$X(t) = \frac{\sigma(t).V}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}}$$

3. عبارة الناقلية النوعية σ_f بدلالة كمية المادة الابتدائية $n_0(C_4H_9Cl)$، V و (λ_{H3O+}،λ_{Cl-}).

لدينا التفاعل بطيء وتام:

$$X_{max} = X_f = n_{0(C_4H_9Cl)}$$

ومنه:

$$\boxed{\sigma_f = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})\frac{n_{0(C_4H_9Cl)}}{V}} \quad ...(2)$$

- استنتاج العلاقة بين σ(t) و σf و $n_0(C_4H_9Cl)$ و X(t).

$$\frac{\sigma_f}{\sigma(t)} = \frac{n_{0(C_4H_9Cl)}}{X(t)} \Rightarrow \boxed{X(t) = \frac{n_{0(C_4H_9Cl)}}{\sigma_f}.\sigma(t)}$$

- اكمال الجدول:

$$n_{0(C_4H_9Cl)} = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M} = \frac{0,85x1}{92,5} = 92.10^{-4}mol$$

ولدينا:

http://www.physique48dz.weebly.com/

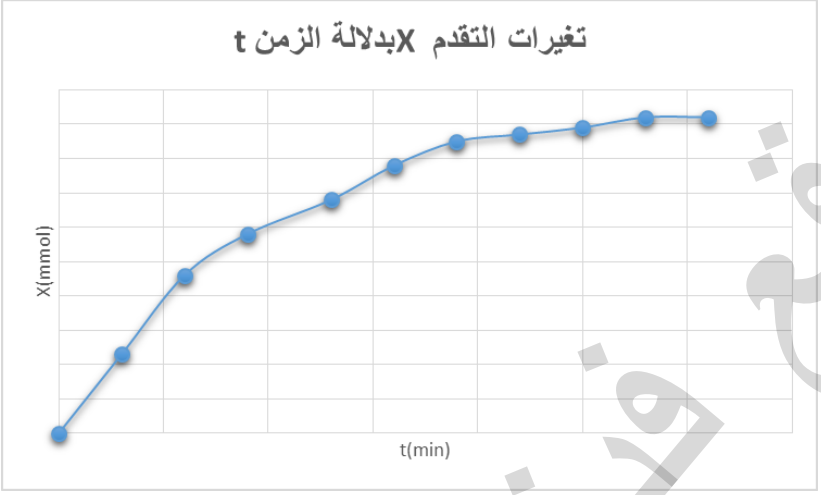
$$\sigma_f = 1{,}95\ S/m$$

منه:

$$\boxed{X(t) = 47.10^{-4}.\sigma(t)}$$

t (min)	0	3	6	9	13	16	19	22	25	28	31
σ(S/m)	0	0,49	0,98	1,27	1,46	1,66	1,76	1,85	1,90	1,95	1,95
X(mmol)	0	2,3	4,6	5,8	6,8	7,8	8,5	8,7	8,9	9,2	9,2

4. رسم المنحنى X=f(t).



نتيجة:

قياس الناقلية تمكننا من المتابعة الزمنية لتطور جملة كيميائية.

2-2. المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة:

- **نشاط 02:**

الجزء الأول:

في اللحظة t=0 نضع 100mL من محلول بيروكسيوديكبريتات البوتاسيوم ($2K^+ + S_2O_8^{2-}$) ذو التركيز C_2=0,036 mol/L في بيشر موضوع فوق مخلاط مغناطيسي ويحتوي على 100mL من محلول يود البوتاسيوم ($K^+ + I^-$) ذي التركيز المولي C_1=0,4 mol/L.

1. كيف يظهر عمليا تطور الجملة؟
2. اكتب معادلة التفاعل الحادث (1) علما أن الثنائيات (Ox/Red) الداخلة في التفاعل هي: (I_2/I^-)،($S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$) .
3. انجز جدولا لتقدم التفاعل (1).
4. اوجد العلاقة بين كمية اليود n_{I2} وتقدم التفاعل X(t).

الجزء الثاني:

لتعيين كمية ثنائي اليود المتشكلة عند لحظة t. نأخذ في كل مرة من المزيج حجما ν=10mL ونضعه في وعاء بيشر يحتوي على ماء شديد البرودة ثم نقوم بعملية المعايرة باستعمال محلول تيوكبريتات الصوديوم ($2Na^+ + S_2O_3^{2-}$) تركيزه C_3=0,02 mol/ . نضيف قطرات من صمع النشاء حيث يصبح المحلول أزرق ثم نواصل عملية المعايرة.

نسجل الحجم المضاف عند التكافؤ V_{eq} (عند التكافؤ يزول اللون الأزرق دلالة على اختفاء ثنائي اليود كليا).

الجدول التالي يوضح نتائج المعايرة.

t (min)	0	3	6	9	12	16	20	30	40	50	60
V_{eq}(mL)	0	2,5	5,1	7,1	8,4	10,6	11,4	14,1	15,6	16,1	16,4

1. لماذا نضيف الماء البارد إلى العينة المأخوذة قبل المعايرة.
2. أكتب معادلة التفاعل (2) تفاعل المعايرة علما أن الثنائيات (Ox/Red) الداخلة في التفاعل هي: (I_2/I^-)،($S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$) .
3. انجز جدولا لتقدم التفاعل (2).

http://www.physique48dz.weebly.com/

4. اوجد العلاقة بين $n_0(I_2)$ المتشكلة من أجل الوسط التفاعلي V=10mL والحجم V_{eq}.

5. اوجد العلاقة بين $n(I_2)$ المتشكلة من أجل الوسط التفاعلي V=200mL والحجم V_{eq}.

- استنتج العلاقة بين تقدم التفاعل X(t) وV_{eq}.
- باستخدام العلاقة السابقة أكمل الجدول التالي:

t (min)	0	3	6	9	12	16	20	30	40	50	60
X(mmol)											

6. باستخدام سلم الرسم.

X (mmol) 1cm = 0,5mmol
t (min) 1cm = 10min

- ارسم المنحنى البياني X=f(t).
- ماذا تستنتج؟

- **تحليل نشاط 02:**

الجزء الأول:

1. كيف يظهر عمليا تطور الجملة:

يتغير اللون ببطئ في البيشر حيث يتطور تدريجيا من اللون الأصفر إلى اللون الأسمر دليل على تشكيل ثنائي اليود I_2.

2. معادلة التفاعل الحادث (1):

$$S_2O_8^{2-} + 2e^- = 4SO_4^{2-}$$

$$2I^- = I_2 + 2e^-$$

$$S_2O_8^{2-} + 2I^- = I_2 + 4SO_4^{2-}$$

3. جدول تقدم التفاعل (1):

معادلة التفاعل	$S_2O_8^{2-}$	+ $2I^-$	= I_2	+ $4SO_4^{2-}$
الحالة الابتدائية	$C_2.V_2$	$C_1.V_1$	0	0
الحالة الانتقالية	$C_2.V_2-X(t)$	$C_1.V_1-2X(t)$	X(t)	4X(t)

4. العلاقة بين كمية اليود $n(I_2)$ وتقدم التفاعل X(t):

من جدول تقدم التفاعل:

$$n_{(I_2)} = X(t)$$

الجزء الثاني:

1. الهدف من إضافة الماء البارد:

لتوقيف التفاعل لمعايرة I_2 المتشكل.

2. معادلة التفاعل (2):

$$2S_2O_3^{2-} = S_4O_6^{2-} + 2e^-$$

$$I_2 + 2e^- = 2I^-$$

$$2S_2O_3^{2-} + I_2 = S_4O_6^{2-} + 2I^-$$

3. جدول تقدم التفاعل (2):

معادلة التفاعل	$2S_2O_3^{2-}$	+ I_2	= $S_4O_6^{2-}$	+ $2I^-$
الحالة الابتدائية	$n_0(S_2O_3^{2-})$	$n_0(I_2)$	0	0
الحالة الانتقالية	$n_0(S_2O_3^{2-})-2X_{eq}$	$n_0(I_2)- X_{eq}$	X_{eq}	$2X_{eq}$

http://www.physique48dz.weebly.com/

4. العلاقة بين $n_0(I_2)$ المتشكلة من أجل الوسط التفاعلي V=10mL والحجم V_{eq}:

$$n_{0(I_2)} = \frac{n_{0(S_2O_3^{2-})}}{2} = \frac{C_3.V_{eq}}{2}$$

ومنه:

$$\boxed{n_{0(I_2)} = \frac{C_3.V_{eq}}{2}}$$

5. العلاقة بين $n(I_2)$ المتشكلة من أجل الوسط التفاعلي V=200mL والحجم V_{eq}:

$$\left.\begin{matrix} n_{0(I_2)} \rightarrow 10mL \\ n_{(I_2)} \rightarrow 200mL \end{matrix}\right\} \Rightarrow \boxed{n_{(I_2)} = 10.C_3.V_{eq}}$$

- استنتاج العلاقة بين تقدم التفاعل X(t) وV_{eq}.

مما سبق لدينا:

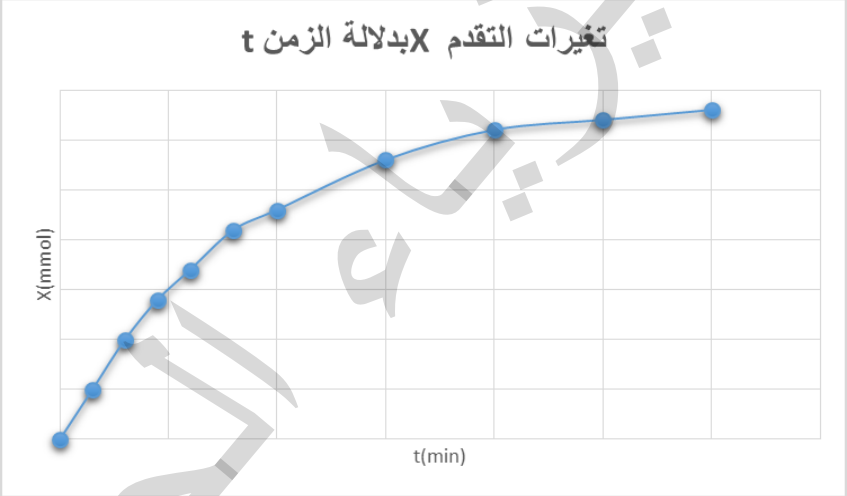
$$n_{(I_2)} = X(t)$$

$$\boxed{X(t) = 0,2.V_{eq}}$$

- اكمال الجدول:

t (min)	0	3	6	9	12	16	20	30	40	50	60
X(mmol)	0	0,5	1,0	1,4	1,7	2,1	2,3	2,8	3,1	3,2	3,3

6. رسم المنحنى X=f(t):



نتيجة:

عملية المعايرة تمكننا من المتابعة الزمنية لتطور جملة كيميائية.

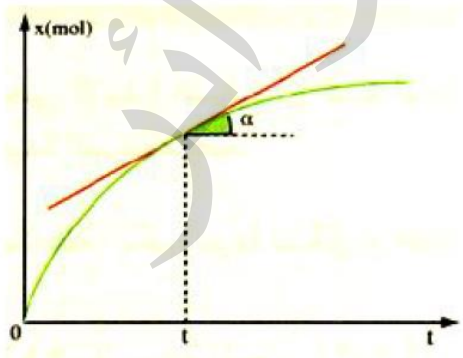
3. سرعة التفاعل:

بفرض التفاعل المنمذج بالمعادلة التالية:

$$aA + bB = cC + dD$$

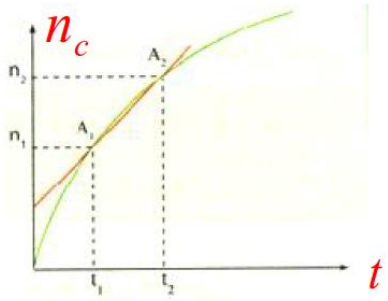
ليكن X هو تقدم التفاعل. تعرف سرعة التفاعل عند اللحظة t بالعلاقة:

$$v(mol/s) = \frac{dX}{dt}$$



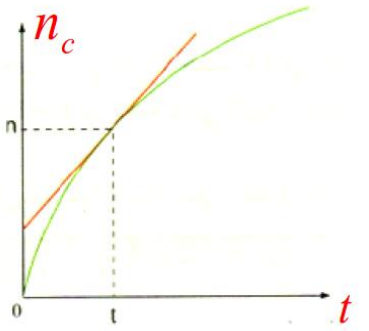
http://www.physique48dz.weebly.com/

1-3. سرعة تشكل النوع الكيميائي (C):



أ. السرعة المتوسطة لتشكيل النوع الكيميائي (C):

تعطى بالعلاقة: $$v_m(mol/s) = \frac{\Delta n_C}{\Delta t} = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$



ب. السرعة اللحظية لتشكيل النوع الكيميائي (C):

تعرف سرعة التفاعل عند لحظة t بالعبارة:

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{dn_C}{dt}$$

وتمثل بيانيا ميل المماس للمنحنى عند تلك اللحظة t.

2-3. سرعة اختفاء النوع الكيميائي (A):

أ. السرعة المتوسطة لاختفاء النوع الكيميائي (A):

تعطى بالعلاقة التالية: $$v_m(mol/s) = -\frac{\Delta n_A}{\Delta t} = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

ب. السرعة اللحظية لاختفاء النوع الكيميائي (A):

تعطى بالعلاقة:

$$v(mol/s) = -\frac{dn_A}{dt}$$

3-3. السرعة الحجمية لتشكل واختفاء نوع كيميائي:

إذا كان التفاعل يتم في وسط مائي حجمه V تعرف السرعة الحجمية لتشكل النوع الكيميائي (C) بالعلاقة:

$$v_C(mol/l.s) = \frac{1}{V}.\frac{dn_C}{dt}$$

وتعرف كذلك السرعة الحجمية لاختفاء النوع الكيميائي (A) بالعلاقة:

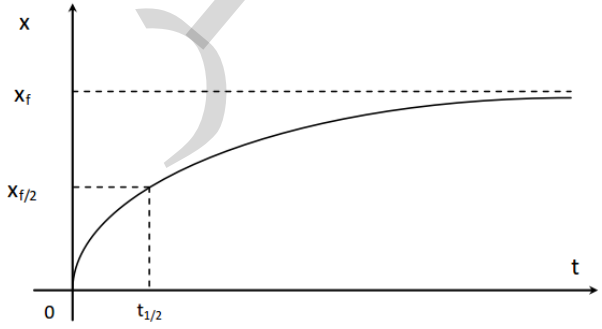
$$v_A(mol/l.s) = -\frac{1}{V}.\frac{dn_A}{dt}$$

إذا كان حجم الوسط التفاعلي ثابت ($V=C^{ste}$) فإن:

$$n_C = [C].V \Rightarrow v_C = \frac{1}{V}.\frac{d([C].V)}{dt} = \frac{V}{V}.\frac{d[C]}{dt} = \frac{d[C]}{dt} \Rightarrow \boxed{v_C = \frac{d[C]}{dt}}$$

$$n_A = [A].V \Rightarrow v_A = -\frac{1}{V}.\frac{d([A].V)}{dt} = -\frac{V}{V}.\frac{d[A]}{dt} = -\frac{d[A]}{dt} \Rightarrow \boxed{v_A = -\frac{d[A]}{dt}}$$

4-3. زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:



هو المدة اللازمة ليبلغ التقدم نصف قيمته النهائية.

$$\boxed{X_{(t_{1/2})} = \frac{X_f}{2}}$$

بصفة عامة:

$$\boxed{v = \frac{v_A}{a} = \frac{v_B}{b} = \frac{v_C}{c} = \frac{v_D}{d}} \quad \boxed{v = -\frac{1}{a}.\frac{dn_A}{dt} = -\frac{1}{b}.\frac{dn_B}{dt} = \frac{1}{c}.\frac{dn_C}{dt} = \frac{1}{d}.\frac{dn_D}{dt}}$$

http://www.physique48dz.weebly.com/