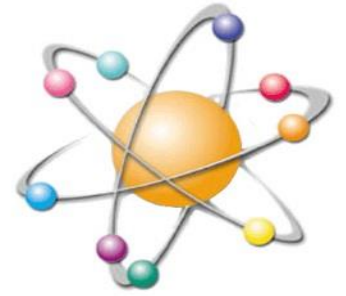


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التربية الوطنية
مديرية التربية لولاية الجزائر



الأستاذة: متشاط نسرين

مادة: العلوم الفيزيائية والتكنولوجيا

السنة الثالثة ثانوي



الوحدة 01 : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي
المجال : التطورات الرتيبة

1 - مكتسبات قبالية :

1-1-1 - تركيز محلول مائي و كمية المادة :

1-1-1-1 - علاقة كمية المادة بالكتلة :

* حالة صلب أو سائل أو غاز :

$$n = \frac{m}{M}$$

n : كمية المادة (mol) ، m : كتلة المادة (g) ، M : الكتلة المولية الجزيئية (g.mol⁻¹)

1-1-1-2 - علاقة كمية المادة بحجم غاز :

* حالة غاز :

$$n = \frac{V_g}{V_M}$$

n : كمية المادة (mol) ، V_g : حجم الغاز (l) ، V_M : الحجم المولي (l / mol) .

1-1-1-3 - التركيز المولي والتركيز الكتلي لمحلول :

$$C = \frac{n}{V}$$

C : التركيز المولي (mol . l⁻¹) ، n : كمية المادة (mol) ، V : حجم المحلول (l)

$$C_m = \frac{m}{V}$$

C_m : التركيز الكتلي (g . l⁻¹) ، m : كتلة المادة (g) ، V : حجم المحلول (l)

$$C = \frac{C_m}{M}$$

1-1-1-4 - العلاقة بين التركيز المولي والتركيز الكتلي :

C : التركيز المولي (mol . l⁻¹) ، C_m : التركيز الكتلي (g . l⁻¹) ، M : الكتلة المولية الجزيئية (g.mol⁻¹) .

$$C = \frac{10 P d}{M}$$

1-1-1-5 - علاقة التركيز المولي بدرجة النقاوة والكثافة :

C : التركيز المولي (mol . l⁻¹) ، P : درجة النقاوة (%) .

d : كثافة المذاب بالنسبة للماء ، M : الكتلة المولية الجزيئية (g.mol⁻¹) .

$$V_{eau} = V_2 - V_1$$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

1-1-1-6 - قانون التمديد :

V₁ : حجم المحلول قبل التمديد (l)

V₂ : حجم المحلول بعد التمديد (l)

C₁ : التركيز المولي للمحلول قبل التمديد (mol . l⁻¹)

C₂ : التركيز المولي للمحلول بعد التمديد (mol . l⁻¹)

$$F = \frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

1-1-1-7 - معامل التمديد F :

$$P V = n R T$$

1-1-1-8 - القانون العام للغاز المثالي :

P : ضغط الغاز (Pa) ، V : حجم الغاز (m³) ، n : كمية المادة (mol) ،

T : درجة الحرارة المطلقة (كلفن) (K⁰) ،

$$R = 8.31 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mole} \cdot \text{K}^0} = 0.082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mole} \cdot \text{K}^0}$$

R : ثابت الغاز المثالي .

$$T (^\circ \text{K}) = t (^\circ \text{C}) + 273$$

t (^\circ \text{C}) : درجة الحرارة المنوية (^\circ \text{C}) سلسيس .

1-2-2-2 . تقدم التفاعل وجدول التقدم :

1-2-1-1 . تقدم التفاعل : التقدم X لتفاعل كيميائي هو مقدار يعبر عنه بالمول . ويسمح بمتابعة تطور التحول الكيميائي.

1-2-2-1 . جدول التقدم :

مثال : نعتبر التحول الكيميائي النمذج بالمعادلة الكيميائية الآتية : $\alpha A + \beta B = \gamma C + \delta D$ حيث A, B, C, D . الأنواع الكيميائية . $\alpha, \beta, \gamma, \delta$. المعاملات الستوكيو مترية .

حالة الجملة	تقدم التفاعل (mole)	αA	$+$	βB	$=$	γC	$+$	δD
الحالة الابتدائية	$x=0$	$n_i(A)$		$n_i(B)$		0		0
الحالة الانتقالية	$x(t)$	$n_i(A) - \alpha x$		$n_i(B) - \beta x$		γx		δx
الحالة النهائية	x_f	$n_i(A) - \alpha x_f$		$n_i(B) - \beta x_f$		γx_f		δx_f

*المتفاعل المحد : هو المتفاعل الذي تستهلك كمية مادته قبل كل المتفاعلات الأخرى .

*التقدم النهائي (x_f) : هو قيمة التقدم لما تتوقف الجملة الكيميائية عن التطور .

*التقدم الأعظمي (x_{max}) : هو قيمة التقدم الموافق لاستهلاك المتفاعل المحد .

ملاحظة : حالة التفاعل التام $x_f = x_{max}$. حالة التفاعل غير التام $x_f < x_{max}$.

1-3-1 . الناقلية الكهربائية :

1-3-1-1 . الناقلية G : ناقلية جزء من محلول محصور بين لبوسين ناقلين مساحة كل منهما (S) والبعد بينهما (L) تعطى

$$G = \sigma \frac{S}{L} \quad \text{حيث} \quad K = \frac{S}{L} \quad \text{ثابت الخلية (m) .}$$

G : الناقلية وحدتها السيمنس (S) . S : مساحة سطح اللبوس (m^2) .

L : البعد بين اللبوسين (m) . σ : الناقلية النوعية للمحلول ($S \cdot m^{-1}$) .

*علاقة أخرى للناقلية G : $G = \frac{1}{R} = \frac{I_{eff}}{U_{eff}}$: R : مقاومة المحلول (Ω) ، I_{eff} : الشدة المنتجة للتيار الكهربائي (A) ، U_{eff} : التوتر المنتج الكهربائي (V) .

1-3-2-2 . علاقة التركيز المولي C بالناقلية النوعية σ للمحلول :

في محلول شاردي مخفف تركيزه C الناقلية النوعية σ تتناسب طرذا مع التركيز C للمحلول ونكتب :

$$\sigma = \lambda \cdot C$$

σ : الناقلية النوعية للمحلول ($S \cdot m^{-1}$) . C : التركيز المولي ($mole \cdot m^{-3}$) .

λ : الناقلية النوعية المولية ($S \cdot m^2 \cdot mole^{-1}$) .

1-3-3-1 . الناقلية النوعية المولية λ لمحلول شاردي بدلالة λ_{x+} للشاردة الموجبة و λ_{x-} للشاردة السالبة :

* في محلول شاردي مخفف يحتوي على الشوارد X^+ و الشوارد السالبة X^- تركيزهما $[X^+]$ و $[X^-]$ علي الترتيب فتكون :

$$\lambda a = \lambda_{x+} + \lambda_{x-}$$

أ - الناقلية النوعية المولية λ للمحلول :

a و β معاملات الشوارد X^+ و X^-

$$\sigma = \lambda_{x+} [X^+] + \lambda_{x-} [X^-]$$

ب - الناقلية النوعية σ للمحلول :

$[X^+]$ ، $[X^-]$: تراكيز الشوارد المتبقية (المتواجدة في المحلول)

• في الحالة العامة عندما يكون المحلول الشاردي يحتوي على عدة شوارد موجبة و سالبة فتكون :

$$\lambda = \sum (\lambda a_{x+} + \lambda \beta_{x-})$$

أ - الناقلية النوعية المولية λ للمحلول :

$$\sigma = \sum [\lambda_{x+} [X^+] + \lambda_{x-} [X^-]]$$

ب - الناقلية النوعية σ للمحلول :

1-4-4 - الأكسدة الإرجاعية :

- 1-4-4-1 - الأكسدة : هي عبارة عن تغير كيميائي يصاحبه فقدان الإلكترونات من ذرة أو مجموعة من الذرات .
 1-4-4-2 - الإرجاع : هي عبارة عن تغير كيميائي يصاحبه اكتساب الإلكترونات من ذرة أو مجموعة من الذرات .
 1-4-4-3 - المؤكسدات : هي أفراد كيميائية (ذرة , شاردة , جزئ) يمكن أن تكتسب الكترون أو أكثر .
 1-4-4-4 - المرجعات : هي أفراد كيميائية (ذرة , شاردة , جزئ) يمكن أن تفقد الكترون أو أكثر .



من خلال التعاريف السابقة نكتب المعادلة النصفية الالكترونية :

- 1-4-4-5 - تعريف تفاعل الأكسدة الإرجاعية : هو تفاعل يحدث فيه تبادل للإلكترونات بين ثنائيتين (مؤ¹/مر¹) و (مؤ²/مر²) .

1-4-4-6 - طريقة موازنة معادلات الأكسدة الإرجاعية :

أ - في وسط حمضي :

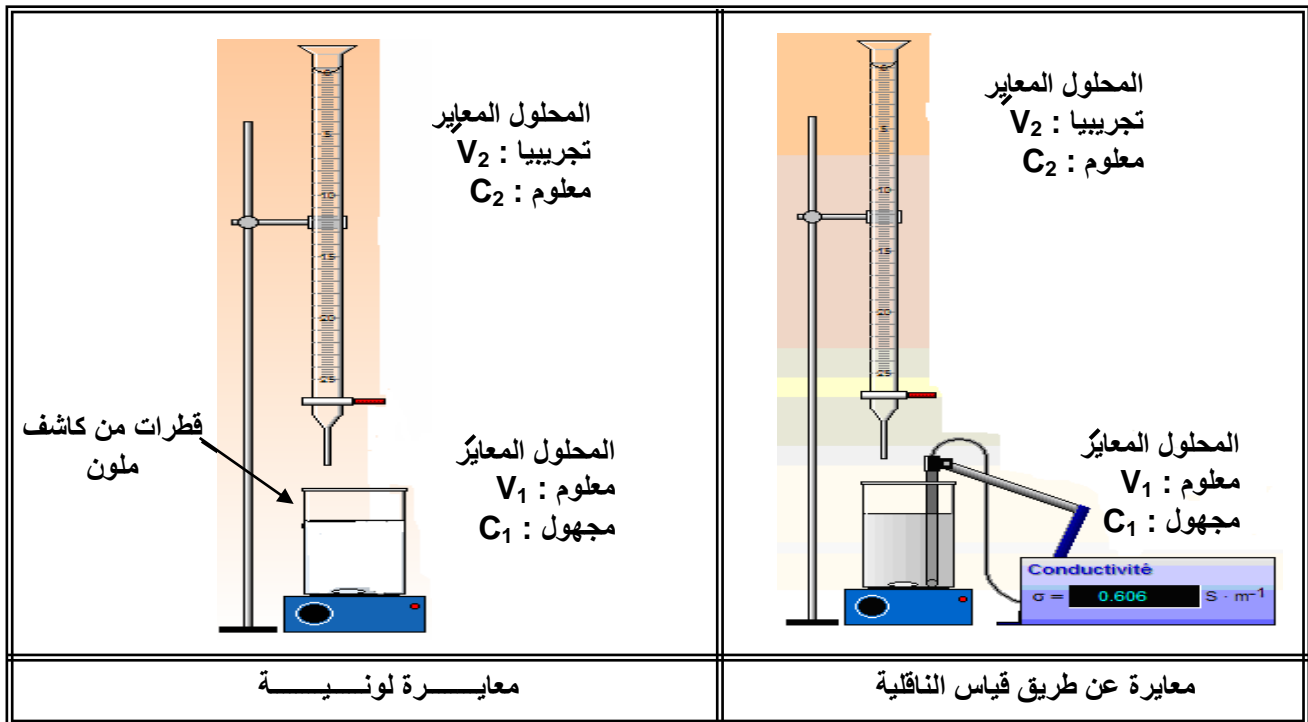
- 1 - نوازن جميع الذرات عدا ذرات الأكسجين و ذرات الهيدروجين .
- 2 - نوازن ذرات الأكسجين بإضافة الماء (H₂O) .
- 3 - نوازن ذرات الهيدروجين بإضافة الشوارد (H⁺ أو H₃O⁺) .
- 4 - نوازن الشحنات بإضافة الإلكترونات (e⁻) .

ب - في وسط أساسي :

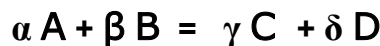
- 1 - نوازن جميع الذرات عدا ذرات الأكسجين و ذرات الهيدروجين .
- 2 - نوازن ذرات الأكسجين بإضافة الشوارد (OH⁻) .
- 3 - نوازن ذرات الهيدروجين بإضافة الماء (H₂O) .
- 4 - نوازن الشحنات بإضافة الإلكترونات (e⁻) .

1-5-1 - الهدف من المعايرة :

- 1-5-1-1 - المعايرة من المعايرة : معايرة نوع كيميائي هو تعيين تركيزه المولي في هذا المحلول ، وتوجد عدة أنواع منها :
 أ - المعايرة عن طريق قياس الناقلية ب - المعايرة اللونية .



- 1-5-1-2 - نقطة التكافؤ : عند نقطة التكافؤ كمية تكون كمية مادة المتفاعلين متناسبة مع الأعداد الستوكيومترية لمعادلة التفاعل. مثال : نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة الكيميائية الآتية :



عند التكافؤ تكون :

$$n(B) = C_B V_B$$

$$n(A) = C_A V_A$$

حيث

$$\frac{n(B)}{\beta} = \frac{n(A)}{\alpha}$$

2 - المدة الزمنية لتحول كيميائي :

1 - 2 - التحولات السريعة: يكون التحول الكيميائي سريعا عندما يتم في مدة زمنية قصيرة جدا حيث لا يمكن متابعته زمنيا .
أمثلة : *تفاعلات الانفجار * بعض تفاعلات الترسيب * تفاعلات الأحماض و الأسس
*محلول نترات الفضة + محلول كلور الصوديوم تعطي راسب كلور الفضة

2 - 2 - التحولات البطيئة : يكون التحول الكيميائي بطيئا عندما يمكننا تتبعه بالعين المجردة أو باستعمال أدوات القياس مثل (*جهاز الناقلية * الضغط * الـ PH متر.....) .

مثال : *تفاعل الماء الأوكسجيني + محلول يود البوتاسيوم يظهر اللون الأسمر تدريجيا (لون محلول ثنائي اليود) .
التفكك الذاتي للماء الأوكسجيني

3 - 2 - التحولات البطيئة جدا : يكون التحول الكيميائي بطيئا جدا إذا كانت نواتج تطور الجملة لا تلاحظ الا بعد أيام أو أشهر أو سنوات .

أمثلة : تفاعلات التخمر ، تفاعل الأسترة - اماهة ، تأكل الصخور الجبال .
محلول برمنغنات البوتاسيوم (بنفسجي) بعد عدة أشهر يصبح لونه أشقر (لون أكسيد المنغيز MnO_2) .

3 - المتابعة الزمنية لتحول كيميائي :

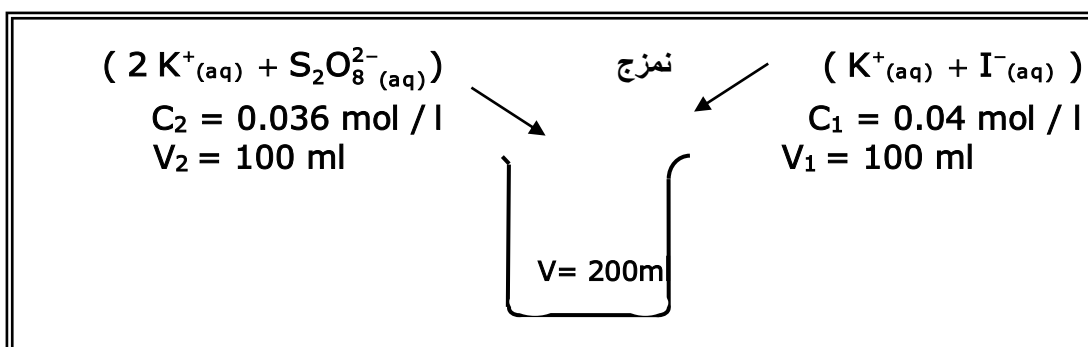
لمتابعة تطور تحول كيميائي زمنيا يجب تحديد التركيز (أو كمية المادة) لمفاعل أو ناتج خلال أزمنة متعاقبة ومن أجل هذا يمكن استعمال عدة طرق منها :

أ - الطريقة الكيميائية : المعايرة اللونية .

ب - الطريقة الفيزيائية : قياس الناقلية ، الضغط ، الحجم ، الـ PH

3 - 1 - المعايرة اللونية (تفاعل تخريب) :

مثال : تفاعل يود البوتاسيوم ($K^+(aq) + I^-(aq)$) مع بيروكسوديكتات البوتاسيوم ($2 K^+(aq) + S_2O_8^{2-}(aq)$)
الشوارد ($I^-(aq)$ ، $K^+(aq)$ ، $S_2O_8^{2-}(aq)$) عديمة اللون .



* نلاحظ ظهور اللون الأصفر و يتحول تدريجيا الى الأسمر (لون ثنائي اليود I_2) فالتحول بطيء
* ان التفاعل المنمذج للتحول عبارة عن أكسدة ارجاعية ومعادلته هي : $2 I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2 SO_4^{2-}(aq)$

$SO_4^{2-}(aq)$: شاردة الكبريتات عديمة اللون .

*جدول التقدم لهذا التحول هو :

حالة الجملة	تقدم التفاعل (mole)	$2 I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2 SO_4^{2-}(aq)$			
الحالة الابتدائية	$x=0$	C_1V_1	C_2V_2	0	0
الحالة الانتقالية	$x(t)$	$C_1V_1 - 2x$	$C_2V_2 - x$	x	$2x$
الحالة النهائية	x_f	$C_1V_1 - 2x_f$	$C_2V_2 - x_f$	x_f	$2x_f$

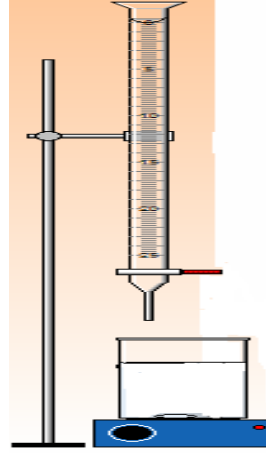
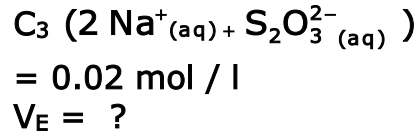
* نأخذ 10 أنابيب اختبار ونضع في كل أنبوب 10ml من المزيج .

* لمتابعة التحول الكيميائي زمنيا نحدد كمية ثنائي اليود المنشكل $I_2(aq)$ في كل أنبوب بمعايرته خلال أزمنة مختلفة بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم ($2 Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq)$) العديم اللون ذي التركيز $C_3 = 0.02 mol/l$.

* عند كل 3 دقائق نضيف ماء + جليد (توقيف التفاعل) + النشاء أو التيودان (لون أزرق مع I_2)

* عند بلوغ التكافؤ يختفي اللون الأزرق ويصبح المحلول عديم اللون، نسجل الحجم V_E المضاف عند التكافؤ ،

ونكرر العملية من أجل الأنابيب الأخرى، فنحصل على الجدول التالي :



عند $t = 3 \text{ min}$
 الأنبوب الاول (المزيج)
 $V = 10 \text{ ml}$
 $n_0 (\text{I}_2) = ?$

t (mn)	0	3	6	9	12	16	20	30	40	50	60
V_E (ml)	0.0	2.5	5.1	7.1	8.4	10.6	11.4	14.1	15.6	16.1	16.4

* معادلة التفاعل المنمذج للمعايرة هي :
 $\text{I}_2(\text{aq}) + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) = 2 \text{I}^-(\text{aq}) + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq})$
 الشوارد ($\text{Na}^+(\text{aq})$ ، $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$ ، $\text{I}^-(\text{aq})$ ، $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq})$) عديمة اللون
 $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq})$: شاردة تيطرا ثيونات .
 * جدول تقدم المعايرة :

حالة الجملة	تقدم التفاعل (mole)	$\text{I}_2(\text{aq}) + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) = 2 \text{I}^-(\text{aq}) + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq})$			
الحالة الابتدائية	$x=0$	$n_0(\text{I}_2)$	$n_0(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	0	0
الحالة الانتقالية	$x(t)$	$n_0(\text{I}_2) - x$	$n_0(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) - 2x$	$2x$	x
الحالة النهائية عند التكافؤ	$x_f = x_E$	$n_0(\text{I}_2) - x_E$	$n_0(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) - 2x_E$	$2x_E$	x_E

$$\frac{n_0(\text{I}_2)}{1} = \frac{n_0(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}{2} \Rightarrow n_0(\text{I}_2) = \frac{C_3 V_E}{2} \quad \text{عند التكافؤ يتحقق :}$$

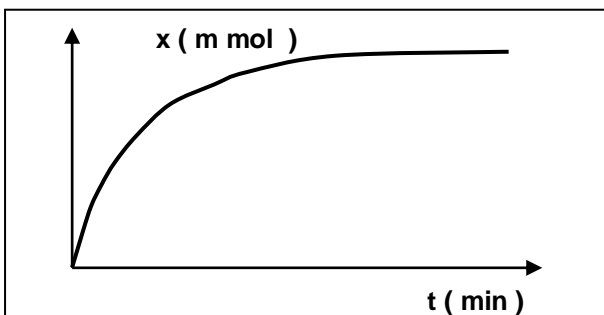
$$\begin{aligned} n_0(\text{I}_2) &\rightarrow 10\text{ml} \\ n(\text{I}_2) &\rightarrow 200\text{ml} \end{aligned} \Rightarrow n(\text{I}_2) = 20n_0(\text{I}_2) \Rightarrow \boxed{n(\text{I}_2) = 10C_3 V_E = 0.2 V_E}$$

فنحصل على الجدول التالي :

t (min)	0	3	6	9	12	16	20	30	40	50	60
n (I ₂) (m mol)	0.0	0.5	1.0	1.4	1.7	2.1	2.3	2.8	3.1	3.2	3.3

* من جدول التقدم السابق لدينا : $x = n (\text{I}_2)$ و منه يمكن الحصول على الجدول الآتي :

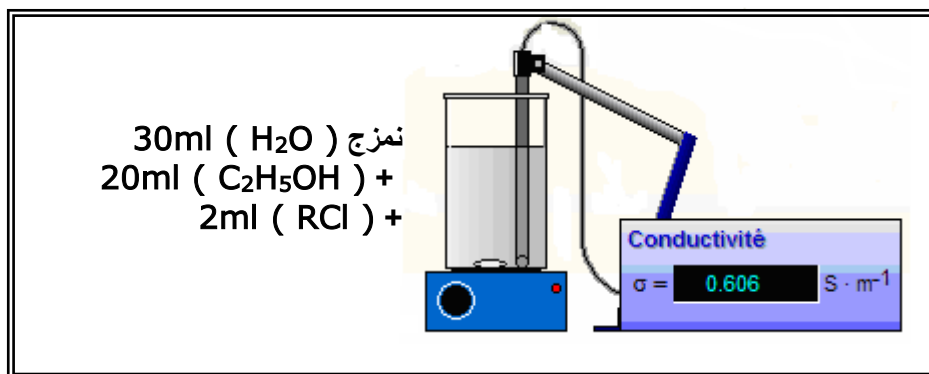
t (min)	0	3	6	9	12	16	20	30	40	50	60
x (m mol)	0.0	0.5	1.0	1.4	1.7	2.1	2.3	2.8	3.1	3.2	3.3



نرسم البيان $x = f (t)$ فنحصل على الشكل التالي :
 نتيجة : عملية المعايرة تمكن من المتابعة الزمنية لتطور جملة كيميائية .

3 - 2 متابعة تحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية :

مثال : تفاعل الماء مع 2 - كلور - 2 - ميثيل بروبان (RCl) :

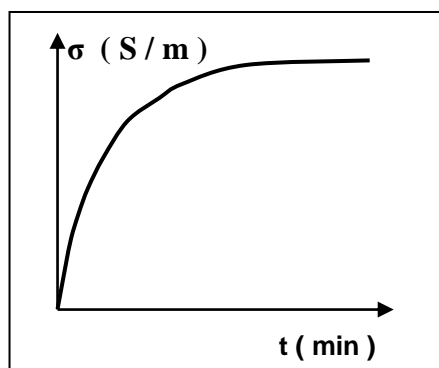


ملاحظة : اضافة الايثانول C₂H₅OH لتسهيل عملية الامتزاج بين (RCl ، H₂O) .
معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول الكيميائي هي :



* نسجل عند كل لحظة (t) قيمة الناقلية النوعية σ للمحلول فنحصل على جدول القياسات التالية :

t (min)	0	2	4	6	8	10	12	14
σ (S / m)	0.0	2.0	2.8	3.2	3.6	3.8	3.9	4.0



1Cm → 0.5 S / m
1Cm → 1 min

نرسم البيان $\sigma = f (t)$ باستعمال السلم

فنحصل على الشكل الاتي :
جدول تقدم التفاعل :

حالة الجملة	تقدم التفاعل (mole)	$RCl_{(l)} + H_2O_{(l)} = ROH_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$				
الحالة الابتدائية	x=0	$n_0 (RCl)$	زيادة	0	0	0
الحالة الانتقالية	x(t)	$n_0 (RCl) - x (t)$	زيادة	X (t)	X (t)	X (t)

*الشوارد المتواجدة في المحلول هي : $H^+_{(aq)}$ ، $Cl^-_{(aq)}$ اذن تعطى الناقلية النوعية للمحلول بالعلاقة :

$$\sigma (t) = \lambda_{H^+} [H^+] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-] \quad \text{..... ①}$$

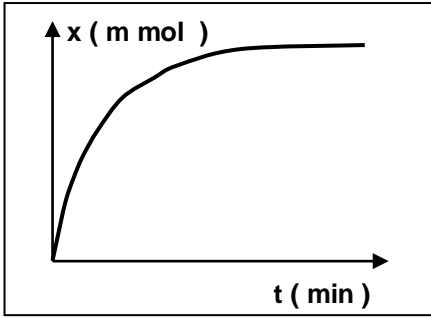
$$[H^+] (t) = [Cl^-] (t) = \frac{x (t)}{V} \quad \text{..... ②} \quad \text{من الجدول :}$$

$$\sigma (t) = (\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-}) \frac{x (t)}{V} \quad \text{..... ③} \quad \text{من ① و ② نجد :}$$

* عند الحالة النهائية لدينا $\sigma (t) = \sigma_f$ و $x_f = n_0$

$$\sigma_f = (\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-}) \frac{n_0}{V} \quad \text{..... ④} \quad \text{فتصبح العلاقة ③ من الشكل :}$$

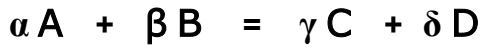
$$x (t) = \frac{n_0}{\sigma_f} \sigma (t) \quad \text{بقسمة العلاقتين ③ / ④ فنجد :}$$



و منه البيان $x(t) = g(t)$ $\sigma(t) = f(t)$ يماثل البيان
فنحصل على البيان الآتي :

نتيجة : ان قياس الناقلية النوعية $\sigma(t)$ لوسط تفاعلي
تسمح بالمتابعة الزمنية لتقدم التفاعل خلال تطور جملة كيميائية .

3-3 - سرعات التفاعل :



نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة الكيميائية الآتية :

3-3-1 - سرعة التفاعل :

$$V_m = \frac{\Delta X}{\Delta t} \quad (\text{mol/S})$$

ب - السرعة الوسطية :

$$V = \frac{dX}{dt} \quad (\text{mol/S})$$

أ - السرعة اللحظية :

3-3-2 - السرعة الحجمية :

$$v = \frac{1}{V} \frac{dX}{dt} = \frac{d[X]}{dt} \quad (\text{mol/lS})$$

أ - السرعة الحجمية اللحظية :

$$V_D = \frac{dn_D}{dt} \quad (\text{mol/S})$$

ملاحظة : * سرعة تشكل النوع D :

$$V_A = - \frac{dn_A}{dt} \quad (\text{mol/S})$$

* سرعة اختفاء النوع A :

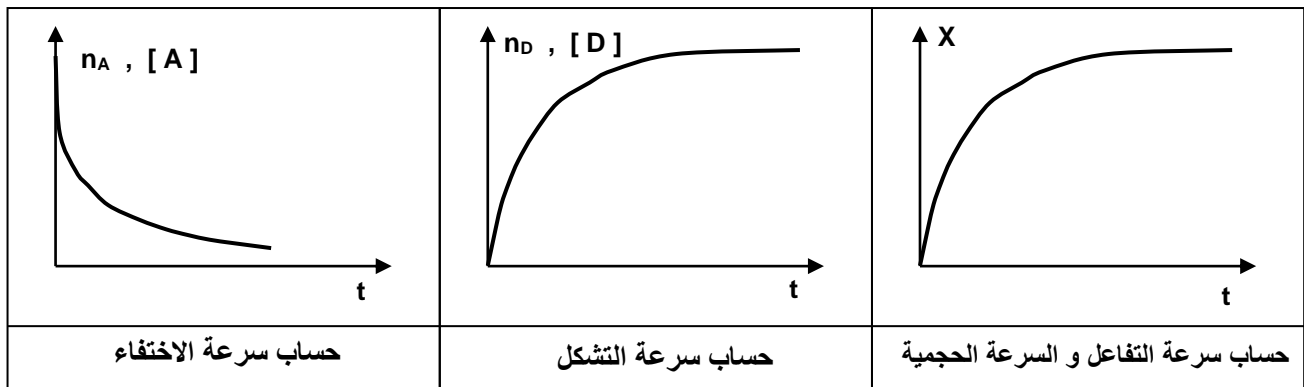
3-3-3 - العلاقة بين سرعة التفاعل و سرعة التشكل و سرعة الاختفاء :

$$V = \frac{1}{\alpha} V_A = \frac{1}{\beta} V_B = \frac{1}{\gamma} V_C = \frac{1}{\delta} V_D$$

ملاحظات : * السرعات اللحظية تمثل ميل المماس عند اللحظة (t) .

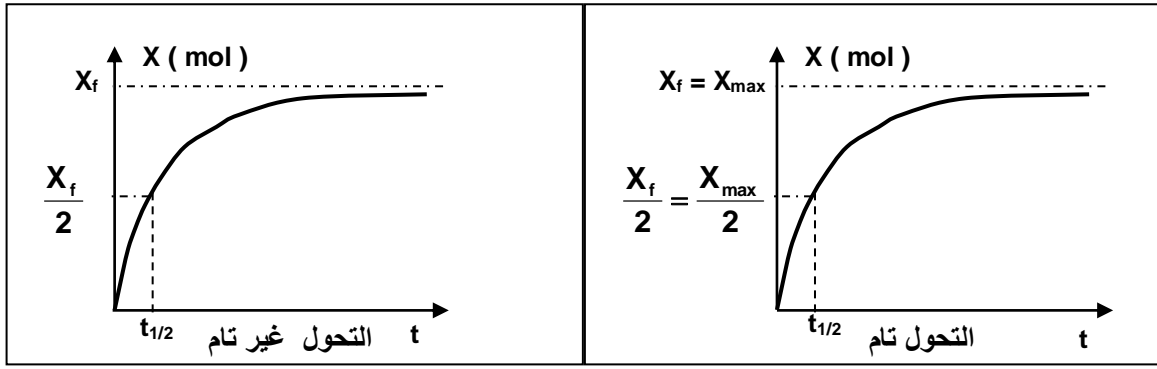
* السرعات المتوسطة تمثل ميل القاطع بين اللحظتين $(t_1 . t_2)$.

* السرعات دوما مقادير موجبة .



3-4 - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: هو المدة الضرورية لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي أي $(X = \frac{X_f}{2})$

* هو المدة الضرورية لاستهلاك نصف كمية مادة المتفاعل المحد اذا التفاعل تام .



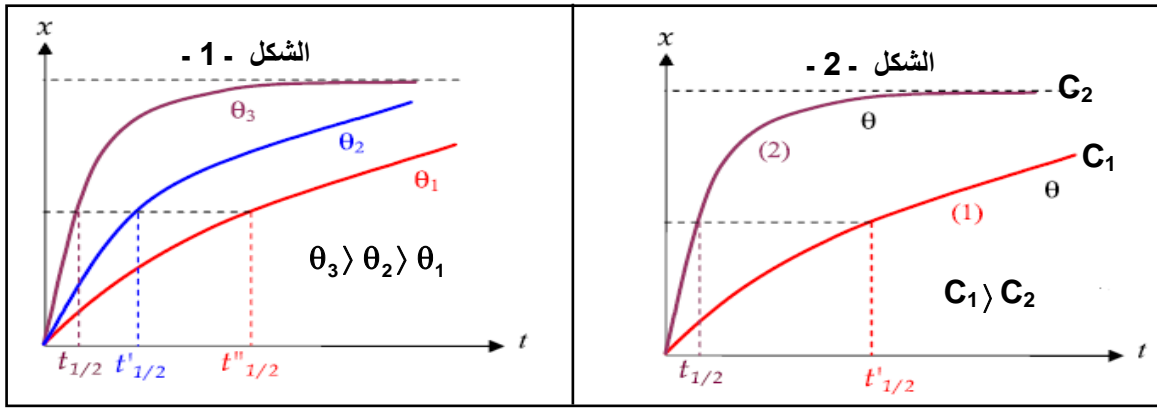
4 - العوامل الحركية :

4 - 1 - درجة الحرارة : يكون تطور جملة كيميائية أسرع كلما ارتفعت درجة الحرارة الشكل - 1 . .

مثال : طهي الأطعمة بسرعة ، المحافظة على الاطعمة الغذائية بالتبريد .

4 - 2 - التركيز الابتدائي للمتفاعل : يكون تطور جملة كيميائية أسرع كلما كانت التراكيز المولية الابتدائية للمتفاعلات أكبر

الشكل - 2 . . مثال : ماء جافيل ، النظاف .



4 - 3 - الوساطة :

4 - 3 - 1 - الوسيط : هو نوع كيميائي يسرع التفاعل الكيميائي دون أن يظهر في معادلة التفاعل.

4 - 3 - 2 - الوساطة : هي عملية تأثير الوسيط على التفاعل الكيميائي.

4 - 3 - 3 - أنواع الوساطة :

أ - الوساطة المتجانسة : الوسيط يشبه حالة احد المتفاعلات مثال تفاعل الاسترة.

ب - الوساطة غير المتجانسة : الوسيط و المتفاعلات ليست لها نفس الحالة مثال تجربة المصباح دون لهب (الأغلبية صلبة) .

ج - الوساطة الإنزيمية : إذا كان الوسيط إنزيم نقول أن الوساطة الإنزيمية (كائن حي) .

4 - 4 - التفسير المجهري :

4 - 4 - 1 - نظرية التصادم :

1 - تتألف نظرية التصادم من فرضيتين أساسيتين :

* التصادم شرط أساسي لحدوث التفاعل .

* ليس كل تصادم فعال (مثمر)

2 - التصادم المثمر هو التصادم الذي ينتج عنه تفاعل كيميائي .

3 - شروط التصادم المثمر :

* أن تتخذ الجزيئات المتصادمة الوضع المناسب من حيث المسافة و الاتجاه .

* أن لا تقل طاقة الجزيئات المتصادمة عن الطاقة المنشطة .

4 - 4 - 2 - تأثير العوامل الحركية على التصادم :

إن زيادة تركيز المتفاعلات أو ارتفاع درجة الحرارة يسمح بارتفاع عدد التصادمات الفعالة مما يؤدي الى ارتفاع سرعة التفاعل .