المستوى : 3 رياضيات ، تقني رياضي ، علوم تجريبية

المجال : التطورات الرتيبة .

الوحدة: تطور كميات المتفاعلات والنواتج خلال تحول كيميائي .

مؤشرات الكفاءة :

- يصنف التحولات الكيميائية حسب مدة استغراقها.
- يستعمل منحنيات التطور الزمني لتعيين الزمن المميز والسرعات .
- التحكم في جهاز قياس الناقلية لمعرفة تركيز محلول.
- يوظف عاملا حركيا لتسريع او ابطاء تفاعل.
- يفسر دور الوسيط اعتمادا على بعض المفاهيم المدروسة في الحركية الكيميائية .

i. تذكير بالمكتسبات القبلية :

1- علاقات أساسية :

عدد المولات أو كمية المادة n بـ mol		$n = \frac{N}{N_A}$	▪ N_A عدد آفوقادرو: $N_A = 6{,}023.10^{23}$ ▪ N عدد الذرات أو الجزيئات
		$n = \frac{m}{M}$	▪ M : الكتلة المولية بـ g/mol ▪ m الكتلة بـ g
		$n = \frac{V_g}{V_M}$	▪ V_g حجم الغاز ▪ V_M الحجم المولي L/mol
التركيز المولي c بـ mol/L		$c = \frac{n}{V}$	▪ n عدد المولات بـ mol ▪ V حجم المحلول بـ L
التركيز الكتلي: c_m أو t بـ g/L		$c_m = \frac{m}{V}$	▪ m الكتلة بـ g ▪ V حجم المحلول بـ L
الكتلة الحجمية ρ بـ g/mL		$\rho = \frac{m}{V}$	▪ m كتلة العينة بـ g ▪ V حجم العينة بـ mL
الكثافة d	السوائل والمواد الصلبة	$d = \frac{\rho}{\rho_e}$	▪ ρ_e الكتلة الحجمية للماء $\rho_e = 1\ g/ml = 1kg/l$ ▪ ρ الكتلة الحجمية للسائل أو الصلب
	الغازات	$d = \frac{\rho_g}{\rho_a}$	▪ ρ_g الكتلة الحجمية للغاز ▪ ρ_a الكتلة الحجمية للهواء
	الغازات في الشروط النظامية	$d = \frac{M}{29}$	▪ M : الكتلة المولية بـ g/mol
قانون التمديد او التخفيف		$c_1V_1 = c_2V_2$	▪ c_1 تركيز المحلول المركز . ▪ c_2 تركيز المحلول المخفف . ▪ V_1 حجم المحلول المركز.

		▪ V_2 حجم المحلول المخفف. ▪ حجم الماء المضاف : $V_e = V_2 - V_1$
معامل التمديد F	$F = \frac{c_1}{c_2} = \frac{V_2}{V_1}$	▪ c_1 تركيز المحلول المركز . ▪ c_2 تركيز المحلول المخفف . ▪ V_1 حجم المحلول المركز. ▪ V_2 حجم المحلول المخفف.
تركيز محلول تجاري	$C = \frac{10\,.P.d}{M}$	▪ P درجة النقاوة ▪ d الكثافة بالنسبة للماء. ▪ M الكتلة المولية .
الناقلية : G بـ S	$G = \frac{I}{U} = K\sigma$	▪ ثابت الخلية $K = \frac{S}{L}$ ▪ I التيار الكهربائي بـ A ▪ U التوتر الكهربائي بين طرفي الخلية بـ V ▪ σ الناقلية النوعية
الناقلية النوعية σ بـ S/m	$\sigma = \lambda_1[X_1] + \lambda_2[X_2] + \cdots$	▪ λ_1 الناقلية النوعية المولية للشاردة الاولى. ▪ $[X_1]$ التركيز المولي للشاردة الاولى بـ mol/m^3 ▪ λ_2 الناقلية النوعية المولية للشاردة الثانية . ▪ $[X_2]$ التركيز المولي للشاردة الثانية بـ mol/m^3
قانون الغازات المثالية	$PV = nRT$	▪ P ضغط الغاز بـ Pa ▪ V حجم الغاز بـ m^3 ▪ n عدد المولات بـ mol ▪ R ثابت الغازات المثالية $R = 8.31\ SI$ ▪ T درجة الحرارة المطلقة بـ K

2- تحضير المحاليل:

أ- تحضير محلول تركيزه c وحجمه V من مادة صلبة نقية :

- نقوم بحساب كتلة العينة الواجب اخذها بالعلاقة : $m = c\,VM$.
- نضع العينة في جفنة ونزنها بميزان الكتروني حساس .
- نضع العينة في حوجلة ونظيف اليها الماء مع الرج حتى نصل الى الحجم V .

ب-تحضير محلول تركيزه c وحجمه V من مادة صلبة غير نقية درجة نقاوتها P :

- نقوم بحساب كتلة العينة الواجب اخذها بالعلاقة : $m = \frac{100c\,VM}{P}$.
- نضع العينة في جفنة ونزنها بميزان الكتروني حساس .
- نضع العينة في حوجلة ونظيف اليها الماء مع الرج حتى نصل الى الحجم V .

ج- تحضير محلول تركيزه c وحجمه V من محلول تجاري:

- نقوم بحساب V_0 الحجم الواجب أخذه بالعلاقة : $V_0 = \frac{100c\,VM}{d \times P}$.
- اخذ هذا الحجم بواسطة ماصة مزودة بإجاصة مص .

- نفرغ الماصة في حوجلة ونظيف اليها الماء المقطر مع الرج حتى نحصل على الحجم V.

3- الاكسدة والارجاع :

- **الاكسدة** : هي عملية فقدان الالكترونات اثناء تحول كيميائي.
- **الارجاع** : هي عملية اكتساب الإلكترونات اثناء تحول كيميائي.
- **المرجع** : هو الجسم الذى يفقد الكترونات اثناء تحول كيميائي.
- **المؤكسد** : هو الجسم الذى يكتسب إلكترونات اثناء تحول كيميائي.

بعض الثنائيات ox/red:

الثنائيات ox/red	المعادلة النصفية
I_2/I^-	$2I^- = I_2 + 2e^-$
Fe^{2+}/Fe	$Fe = Fe^{2+} + 2e^-$
Fe^{3+}/Fe^{2+}	$Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$
Cu^{2+}/Cu	$Cu = Cu^{2+} + 2e^-$
Mg^{2+}/Mg	$Mg = Mg^{2+} + 2e^-$
Na^+/Na	$Na = Na^+ + e^-$
H^+/H_2	$H_2 = 2H^+ + 2e^-$
Cl_2/Cl^-	$2Cl^- = Cl_2 + 2e^-$
H_2O/H_2	$H_2 + 2OH^- = 2H_2O + 2e^-$
H_2O_2/H_2O	$2H_2O = H_2O_2 + 2H^+ + 2e^-$
O_2/H_2O_2	$H_2O_2 = O_2 + 2H^+ + 2e^-$
O_2/H_2O	$2H_2O = O_2 + 4H^+ + 4e^-$
$Cr_2O_7{}^{2-}/Cr^{3+}$	$Cr_2O_7{}^{2-} + 14H^+ + 6e^- = 2Cr^{3+} + 7H_2O$
$MnO_4{}^-/MnO_2$	$MnO_4{}^- + 4H^+ + 3e^- = MnO_2 + 2H_2O$
$MnO_4{}^-/Mn^{2+}$	$MnO_4{}^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$
$SO_4{}^{2-}/SO_2$	$SO_4{}^{2-} + 4H^+ + 2e^- = SO_2 + 2H_2O$
$S_2O_8{}^{2-}/SO_4{}^{2-}$	$S_2O_8{}^{2-} + 2e^- = 2SO_4{}^{2-}$
$S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$	$S_4O_6^{2-} + 2e^- = S_2O_3^{2-}$
$CO_2 / C_2H_2O_4$	$C_2H_2O_4 = 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$
$C_2H_4O_2/C_2H_6O$	$C_2H_6O + H_2O = C_2H_4O_2 + 4H^+ + 4e^-$

ii. المتابعة الزمنية لتحول كيميائي:

1- المدة الزمنية لتحول كيميائي:

أ- التحولات السريعة :

- **نشاط:** نسكب تدريجيا محلول من برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ ذو اللون البنفسجي على محلول من كبريتات الحديد الثنائي $\left(Fe^{2+}_{aq} + SO_4^{2-}_{aq}\right)$ المحمض
- **الملاحظة:** زوال اللون البنفسجي عند تماس المحلولين مباشرة.
- **تفسير اختفاء اللون البنفسجي :** اختفاء اللون البنفسجي بسبب تفاعل MnO_4^- مع Fe^{2+} وفق المعادلة :

$$MnO_4^-/Mn^{2+} : \quad MnO_4^-{}_{(aq)} + 8H_3O^+{}_{(aq)} + 5e^- = Mn^{2+}{}_{(aq)} + 12H_2O_{(l)}$$
$$Fe^{3+}/Fe^{2+} : \quad Fe^{2+}{}_{(aq)} = Fe^{3+}{}_{(aq)} + e^-$$
$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 5Fe^{2+}{}_{(aq)} + 8H_3O^+{}_{(aq)} = Mn^{2+}{}_{(aq)} + 5Fe^{3+}{}_{(aq)} + 12H_2O_{(l)} :$$

- **نتيجة:** التحولات السريعة هي التحولات التي تحدث في مدة زمنية قصيرة جدا لا يمكن تتبع تطورها بالعين المجردة .

ب-التحولات البطيئة :

- **نشاط:** نغمس خراطة من النحاس Cu في محلول نترات الفضة $(Ag^+ + NO_3^-)$.
- **الملاحظة:** تلون المحلول بالأزرق تدريجيا ويظهر راسب اسود على خراطة النحاس يستغرق هذا التحول عدة دقائق .
- **التفسير:** نفسر النتائج بالمعادلات التالية :

$$Cu^{2+}/Cu : \quad Cu_{(s)} = Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2e^-$$
$$Ag^+/Ag : \quad Ag^+{}_{(aq)} + e^- = Ag_{(s)}$$
$$Cu_{(s)} + 2Ag^+{}_{(aq)} = Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2\,Ag_{(s)}$$

- **نتيجة :** يكون التحول الكيميائي بطيء ، اذا استغرق عدة ثواني او دقائق او ساعات .

ج- التحولات البطيئة جدا :

- **تجربة :** نذيب بضع بلورات من برمنغنات البوتاسيوم في الماء ، ثم نضع المحلول في قارورة .
- **الملاحظة:** بعد عدة ايام نلاحظ أن اللون البنفسجي للمحلول بقي مستقرا دلالة على أن شوراد MnO_4^- لم يحدث لها تحول .

بعد عدة اشهر نلاحظ راسب اشقر وهو عبارة على ثاني اكسيد المنغنيز MnO_2 الناتج عن تفاعل MnO_4^- مع الماء.

- **كتابة المعادلات:** الثنائيات الداخلة في التفاعل : O_2/H_2O و MnO_4^-/MnO_2 .

MnO_4^-/MnO_2 : $MnO_4^-{}_{(aq)} + 4H^+{}_{(aq)} + 3e^- = MnO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)}$

O_2/H_2O : $2H_2O_{(l)} = O_{2(g)} + 4H^+{}_{(aq)} + 4e^-$

$$4MnO_4^-{}_{(aq)} + 4H^+{}_{(aq)} = 4MnO_{2(s)} + 3O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

- **نتيجة:** يكون التحول الكيميائي بطيء جدا اذا كانت نتائج تطور الجملة لا تظهر الا بعد عدة ايام او اشهر.

2- المتابعة الزمنية لتحول كيميائي:

من أجل الدراسة الكمية لتطور جملة كيميائية خلال الزمن يجب معرفة تركيبها عند كل لحظة .لذلك يمكن استعمال عدة طرق :

- الطريقة الكيميائية :التي تعتمد على المعايرة .
- الطريقة الفيزيائية :التي تعتمد على قياس مقدار فيزيائي مثل: الضغط ، الحجم ، الناقلية .....

أ- متابعة تحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية:

نشاط:

يتفاعل كلور البيوتيل الثالثي $(CH_3)_3CCl$ - والذي نرمز له اختصارا RCl - مع الماء في خليط من الماء والكحول حسب المعادلة التالية :

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

معطيات : $M_{(RCl)} = 92\ g/mol$. $\rho_{(RCl)} = 0.85\ g/cm^3$. $\lambda_{Cl^-} = 7{,}5\ mS.m^2/mol$

$$\lambda_{H_3O^+} = 35 mS.m^2/mol$$

البروتوكول التجريبي:

الهدف: دراسة حركية تفاعل اماهة كلور البيوتيل الثالثي .

المحاليل:

- $50ml$ من الماء المقطر.
- $25ml$ من الكحول .
- $1ml$ من RCl .

الوسائل المستعملة :

- بيشر سعته $100ml$.
- ماصة عيارية سعتها$1ml$ مزودة بإجاصة مص .
- مخبار مدرج سعته $100ml$.
- مخلاط مغناطيسي + قضيب ممغنط.
- وعاء واسع به ماء درجة حرارته 25°C .
- جهاز قياس الناقلية النوعية .

- كرونومتر . محرار .

التجربة وخطوات العمل:

نصب في بيشر $50ml$ من الماء المقطر و $25ml$ من الكحول، نضع البيشر في الحمام المائي ونضع الوعاء فوق المخلاط المغناطيسي . ثم نضع المحرار لتأكد من توازن درجة الحرارة ونغمس مسبار جهاز قياس الناقلية بحيث يكون شاقوليا ولا يلامس قعر البيشر حتى لا يصطدم بالقضيب الممغنط .

نأخذ $1ml$ من كلور البيوتيل الثالثي ثم نسكبه في المزيج وفي نفس الوقت نشغل الكرونومتر .

النتائج المتحصل عليها في الجدول التالي:

$t(s)$	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
$\sigma(S/m)$	0	1.271	2.540	3.302	3.811	4.318	4.573	4.825	4.953

1- لماذا يمكن متابعة هذا التفاعل عن طريق قياس الناقلية ؟

- هذا التفاعل ينتج الشوارد H_3O^+ و Cl^- التي تتحكم في قيمة الناقلية النوعية σ .

2- احسب كمية المادة الابتدائية ثم انجز جدولا لتقدم التفاعل واستنتج التقدم الاعظمي x_{max} .

- كمية المادة الابتدائي:

$$n_0 = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M} = \frac{1 \times 0.85}{92} = 9.1 \times 10^{-3} mol$$

- جدول التقدم :

معادلة التفاعل		$RCl_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} = ROH_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$				
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بـ mol				
الابتدائية	0	n_0	بوفرة	0	0	0
الانتقالية	x	$n_0 - x$	بوفرة	x	x	x
النهائية	x_{max}	$n_0 - x_{max}$	بوفرة	x_{max}	x_{max}	x_{max}

- التقدم الاعظمي: بما أن الماء بوفرة فإن :

$$n_0 - x_{max} = 0 \Longrightarrow x_{max} = n_0 = 9.1 \times 10^{-3} mol$$

3- اثبت أنه يمكن كتابة عبارة التقدم $x(t)$ بالعلاقة : $x(t) = \frac{n_0 \times \sigma_f}{\sigma(t)}$ حيث σ_f هي الناقلية النوعية عند نهاية التفاعل.

$$\sigma(t) = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] = \lambda_{H_3O^+}\frac{x}{V} + \lambda_{Cl^-}\frac{x}{V} = \left(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}\right)\frac{x}{V}$$

$$\sigma_f = \left(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}\right)\frac{x_{max}}{V} = \left(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}\right)\frac{n_0}{V}$$

ومنه :

$$\begin{cases} \sigma(t) = \left(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}\right)\frac{x}{V} \dots\dots\dots\dots 1 \\ \sigma_f = \left(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}\right)\frac{n_0}{V} \dots\dots\dots\dots 2 \end{cases}$$

بقسمة 1 على 2 نجد :

$$\frac{\sigma(t)}{\sigma_f} = \frac{x}{n_0} \Longrightarrow x = \frac{\sigma(t) \times n_0}{\sigma_f}$$

4- استنتج التقدم عند كل لحظة ثم ارسم البيان $x = f(t)$.

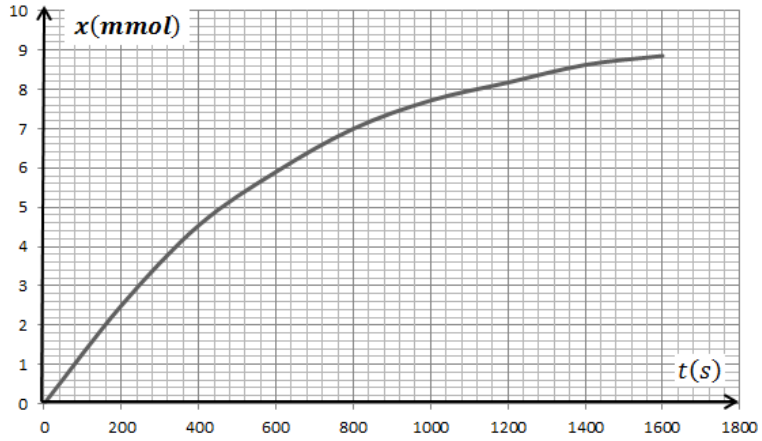
$$\sigma_f = \left(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}\right)\frac{n_0}{V} = (35 \times 10^{-3} + 7.5 \times 10^{-3})\frac{9.1 \times 10^{-3}}{76 \times 10^{-6}} = 5.088\, S/m$$

ومنه :

$$x = \frac{\sigma(t) \times n_0}{\sigma_f} = \frac{\sigma(t) \times 9.1 \times 10^{-3}}{5.088} = 1.788 \times 10^{-3}\sigma(t)$$

$t(s)$	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
$\sigma(S/m)$	0	1.271	2.540	3.302	3.811	4.318	4.573	4.825	4.953
$x(mmol)$	0	2.272	4.541	5.903	6.814	7.72	8.177	8.627	8.856

- رسم البيان :



نتيجة : ان قياس الناقلية النوعية لوسط تفاعلي يسمح بالمتابعة المستمرة لتقدم التفاعل خلال تطور الجملة الكيميائية .

ب-المتابعة عن طريق المعايرة اللونية:

ان اكسدة شوارد اليود I^- بواسطة البيروكسوديسولفات ${S_2O_8}^{2-}$ هو تفاعل بطيء معادلته من الشكل:

$${2I^-}_{(aq)} + {S_2O_8}^{2-}{}_{(aq)} = {I_2}_{(aq)} + 2{SO_4}^{2-}{}_{(aq)}$$

لمتابعة هذا التفاعل نأخذ جزء من الوسط التفاعلي ثم نعاير ثنائي اليود المتشكل في اللحظة t وذلك بعد وضعها في ماء شديد البرودة .

في اللحظة $t = 0$ ندخل $V_1 = 20mL$ من محلول بيروكسوديسولفات ذي التركيز المولي $c_1 = 0.25\, mol/L$ في بيشر سعته $250mL$ ونظيف اليه $V_2 = 80mL$ من محلول يود البوتاسيوم ذي التركيز المولي $c_2 = 0.2\, mol/L$ ونقوم برجه .ثم نقوم بتقسيم هذا المزيج على 20 انبوب اختبار كل انبوب يحتوي على $5mL$ من المحلول الاصلي .

في كل لحظة مختارة نأخذ انبوب ونسكبه في بيشر سعته $150mL$ مع اضافة ماء بارد وقطع جليد وبعض القطرات من صمغ النشاء او التيودان حتى يصبح لون المحلول ازرق.

نعاير محتوى البيشر بمحلول لتيوكبريتات الصوديوم $\left(2Na^+_{(aq)} + {S_2O_3}^{2-}_{(aq)}\right)$ ذي التركيز المولي $c_0 = 0.025\,mol/L$ ثم نسجل الحجم المضاف عند التكافؤ V_E .

ندون النتائج في الجدول التالي:

$t(min)$	3	6	10	15	20	30	40	50	60
$V_E(mL)$	3.1	5.7	8.5	11.3	13.4	16.2	17.8	18.8	19.3

1- اذكر الوسائل المستعملة في تحضير المزيج التفاعلي وفي عملية المعايرة .

- الوسائل المستعملة هي :

بياشر سعتها : $250mL$ و $150mL$ ، 20 انبوب اختبار ، مخبار مدرج سعه $100mL$

ماصة سعتها $5mL$ مزودة بإجاصة مص ، سحاحة + حامل + مخلاط مغناطيسي ، ميقاتية .

2- هل يتطور محتوى الانابيب بنفس الطريقة ؟

- نعم يتطور محتوى الانابيب بنفس الطريقة .

3- ما هي الثنائيات الداخلة في هذا التفاعل .

- الثنائيات هي : I_2/I^- $S_2O_8{}^{2-}/SO_4{}^{2-}$.

4- انجز جدولا لتقدم هذا التفاعل.

- جدول التقدم :

$$n_2 = c_2V_2 = 0.2 \times 0.08 = 1.6 \times 10^{-2}mol$$
$$n_1 = c_1V_1 = 0.25 \times 0.02 = 5 \times 10^{-3}mol$$

معادلة التفاعل		$2I^-_{(aq)} + {S_2O_8}^{2-}_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2{SO_4}^{2-}_{(aq)}$			
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بـ mol			
الابتدائية	0	n_2	n_1	0	0
الانتقالية	x	$n_2 - 2x$	$n_1 - x$	x	$2x$
النهائية	x_{max}	$n_0 - 2x_{max}$	$n_1 - x_{max}$	x_{max}	$2x_{max}$

5- لماذا يجب اضافة الماء البارد والجليد قبل المعايرة ؟

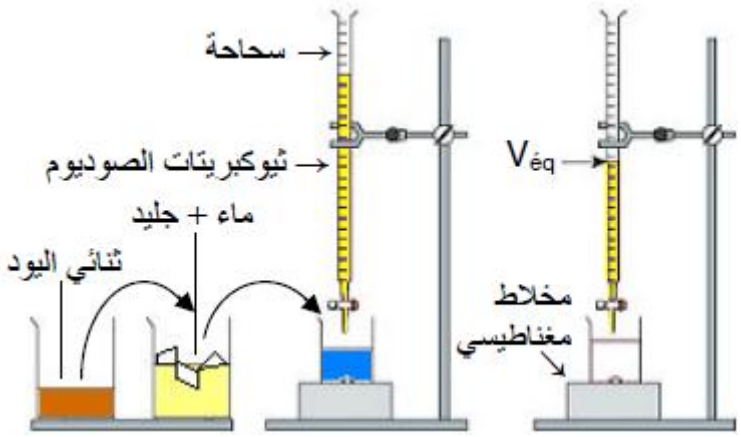
- لتوقيف التفاعل .

6- الثنائيات الداخلة في تفاعل المعايرة هي :

$$S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-} \ , \ I_2/I^-$$

أ- اذكر البروتوكول التجريبي لتفاعل المعايرة مع رسم توضيحي .

- نملأ السحاحة بمحلول تيوكبريتات الصوديوم ونضبط مستوى المحلول عند التدريجة 0 .
- نأخذ انبوب ونسكبه في بيشر سعته $150mL$ مع اضافة ماء بارد وقطع جليد وبعض القطرات من صمغ النشاء او التيودان حتى يصبح لون المحلول ازرق.
- نضع البيشر فوق مخلاط مغناطيسي .
- نشغل المخلاط المغناطيسي ونبدأ بإضافة المحلول من السحاحة قطرة فقطرة حتى يتغير لون المحلول .
- نسجل قيمة حجم التكافؤ .



ب-عرف التكافؤ وكيف نستدل على حدوث التكافؤ؟

- التكافؤ: وهو النقطة التي كون فيها المحلول المعاير والمحلول المعايِر بنسب ستوكيومترية .
- نستدل على حدوث التكافؤ بتغير لون المحلول .

ج-اكتب معادلة تفاعل المعايرة .

- تفاعل المعايرة :

$$S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-} \ : \ 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} + 2e^-$$

$$I_2/I^- \quad : \quad I_{2(aq)} + 2e^- = 2I^-{}_{(aq)}$$

$$I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = 2I^-{}_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$$

د-ماهي مميزات تفاعل المعايرة ؟

- سريع وتام

7- اكتب عبارة كمية مادة ثنائي اليود I_2 بدلالة c_0 و V_E في $5mL$ من الوسط التفاعلي ثم استنتج العبارة في المزيج الاصلي.

- من علاقة التعديل :

$$\frac{n_{(I_2)}}{1} = \frac{n_{(S_2O_3^{2-})}}{2} \Longrightarrow n_{(I_2)} = \frac{c_0 \times V_E}{2}$$

- في المحلول الاصلي:

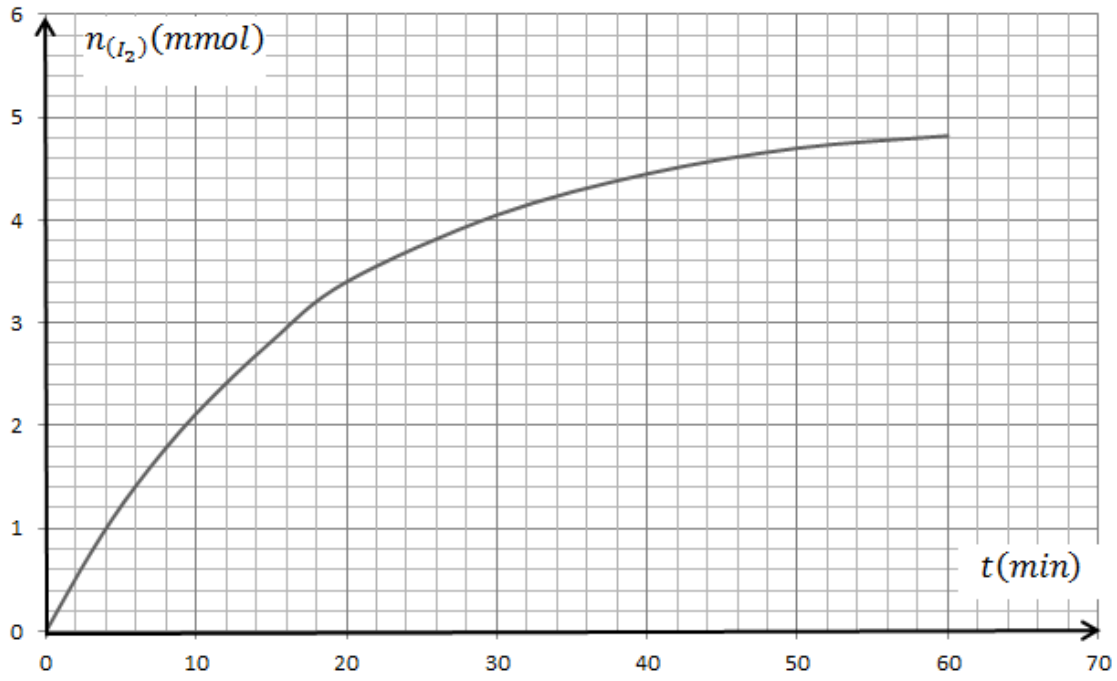
$$n_{(I_2)} = \frac{100}{5} \times \frac{c_0 \times V_E}{2} = \frac{20 \times c_0 \times V_E}{2}$$

8- ارسم المنحنى: $n_{I_2} = f(t)$.

- اكمال الجدول باستعمال العلاقة :

$$n_{(I_2)} = \frac{20 \times c_0 \times V_E}{2} = \frac{20 \times 0.025 \times V_E}{2} = 0.25 \times 10^{-3} \times V_E$$

$t(min)$	3	6	10	15	20	30	40	50	60
$V_E(mL)$	3.1	5.7	8.5	11.3	13.4	16.2	17.8	18.8	19.3
$n_{(I_2)}(mmol)$	0.77	1.42	2.12	2.82	3.37	4.05	4.45	4.7	4.82

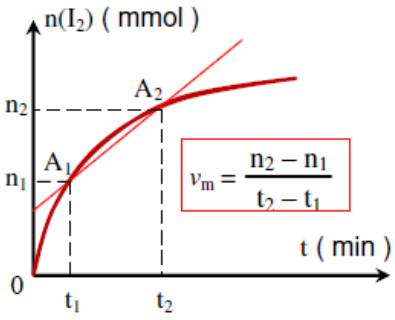


3- سرعة التفاعل:

أ- سرعة تشكل نوع كيميائي:

في التفاعل السابق :

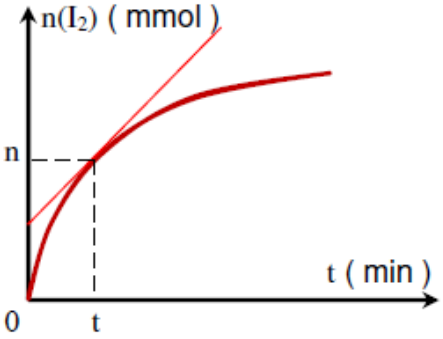
$$2I^-_{(aq)} + S_2O_8{}^{2-}_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4{}^{2-}_{(aq)}$$



رسمنا منحنى تشكل ثنائي اليود ، لنأخذ لحظتين مختلفتين t_1 و t_2

يتشكل خلالها كمية من ثنائي اليود قدرها $\Delta n = n_2 - n_1$ خلال زمن قدره $\Delta t = t_2 - t_1$

- نعرف السرعة المتوسطة بالعلاقة $v_m = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$.
- من اجل مجالات زمنية صغيرة جدا أي: $\Delta t \to 0$ تؤول السرعة المتوسطة الى قيمة حدية v تدعى السرعة اللحظية لتشكل نوع كيميائي: $v_m = lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{dn}{dt}$ وتمثل بيانيا ميل المماس عند اللحظة t .



ب-سرعة اختفاء نوع كيميائي:

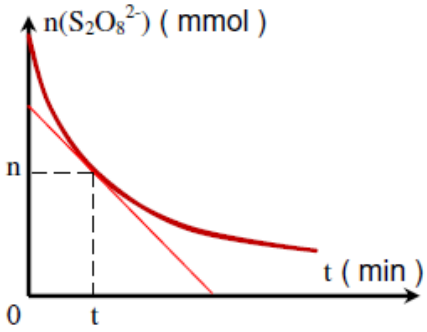
- السرعة المتوسطة لاختفاء $S_2O_8{}^{2-}$ هي:

$$v_m = -\frac{\Delta n}{\Delta t} = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}.$$

- السرعة اللحظية لاختفاء $S_2O_8{}^{2-}$ هي:

$$v_m = -\frac{dn}{dt}$$

الاشارة – تدل على ان عدد المولات يتناقص بينما السرعة دائما موجبة .



ج- السرعة الحجمية:

من اجل تفاعل يحدث في وسط مائي حجمه V نعرف:

- **السرعة الحجمية للاختفاء** : وهي سرعة الاختفاء في وحدة الحجم عبارتها:

$$v = -\frac{dc}{dt} = -\frac{1}{V}\frac{dn}{dt}$$

- **السرعة الحجمية للتشكل:** وهي سرعة التشكل في وحدة الحجم **وتعطى بالعبارة التالية:**

$$v = \frac{dc}{dt} = \frac{1}{V}\frac{dn}{dt}$$

د- سرعة التفاعل والسرعة الحجمية للتفاعل:

- **سرعة التفاعل:** هي قيمة تغير تقدمه خلال وحدة الزمن ويعطى بالعلاقة $v = \frac{dx}{dt}$ وتمثل بيانيا قيمة ميل مماس البيان الممثل لتغيرات x بدلالة الزمن عند اللحظة t .
- **السرعة الحجمية للتفاعل:** هي قيمة تغير تقدمه خلال وحدة الزمن في وحدة الحجم ويعطى بالعلاقة $v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$.
- **تطور سرعة التفاعل مع الزمن :** ان ميل المماس يتناقص من لحظة الى اخرى بمرور الزمن ، وهذا يعني ان سرعة التفاعل تتناقص مع مرور الزمن الى غاية انعدامها عند نهاية التفاعل .

4- زمن نصف التفاعل $t_{\frac{1}{2}}$:

- وهو الزمن الازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي أي $x = \frac{x_f}{2}$.
- لتعيين زمن نصف التفاعل نحسب قيمة $\frac{x_f}{2}$ ثم نعين من البيان $t_{\frac{1}{2}}$.
- تعيين زمن نصف التفاعل يمكن من المقارنة بين تفاعلين من حيث السرعة وكذلك التحكم في التحول الكيميائي الموافق .

5- تمرين: باك 2013- تقني رياضي

iii. العوامل الحركية :

1- تعريف : نسمي عامل حركي كل مقدار يمكن من تغيير سرعة تطور جملة كيميائية .

2- انواع العوامل الحركية :

أ- درجة الحرارة :

- **نشاط:** نضع في بيشرين 1و2 كمية قدرها $10mL$ من حمض الأوكساليك ثم نظيف الى الانبوبين نفس الكمية من برمنغنات البوتاسيوم ، نترك الانبوب 1 في درجة الحرارة العادية والانبوب 2 في حمام مائي درجة حرارته 60°C .
- **الملاحظة** :نلاحظ زوال اللون في الانبوب 2 اسرع منه في الانبوب 1 .
- **نتيجة:** يكون تطور جملة كيميائية أسرع كلما ارتفعت درجة الحرارة ويحدث العكس عند انخفاضها .

ب-التركيز المولي:

- **نشاط:** ثلاثة محاليل من حمض الأوكساليك A ، B و C لها نفس الحجم V وتختلف في التركيز، نظيف الى كل محلول نفس الحجم من محلول لبرمنغنات البوتاسيوم المحمض تركيزه $c = 2 \times 10^{-3}\ mol/L$ ونسجل زمن اختفاء اللون للمحاليل:

المزيج	$[MnO_4^-]_0(mol/L)$	$[H_2C_2O_4]_0(mol/L)$	t_f
A	5×10^{-4}	0.150	300
B	5×10^{-4}	0.225	260
C	5×10^{-4}	0.300	220

- **الملاحظة:** نلاحظ ان لحظة نهاية التفاعل تتناقص كلما زاد التركيز الابتدائي لـ $[H_2C_2O_4]_0$.
- **نتيجة:** كلما زاد التركيز المولي الابتدائي للمتفاعلات كان التفاعل أسرع.

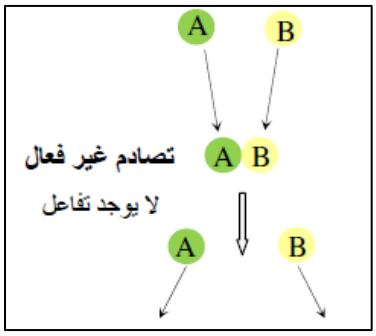
- **التفسير المجهري:**

1- الحركة البروونية والحركة الناتجة عن الحرارة:

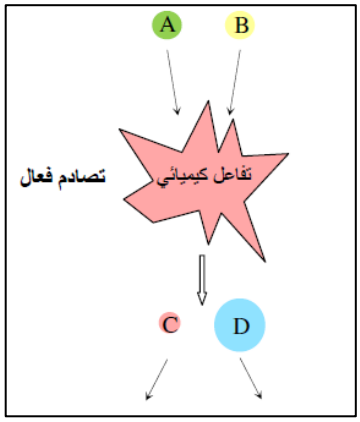
- الحركة البروونية هي الحركة العشوائية لدقائق صلبة صغيرة تحت تأثير جزيئات مائع .
- الافراد الكيميائية المتواجدة في مائع لها حركة عشوائية سريعة ، فتكتسب طاقة حركية مجهرية تزداد هذه الطاقة بازدياد درجة الحرارة ، لهذا تسمى هذه الحركة بالحركة الحرارية .

2- الاصطدام الفعال:

اذا حدث تفاعل كيميائي بين A و B فانه تتحطم روابط وتتشكل روابط جديدة ينتج عنها افراد كيميائية جديدة C و D .



- إذا كانت الطاقة الحركية المجهرية لـ A و B ضعيفة أو التوجه غير مناسب في هذه الحالة لا تتكسر الروابط فنقول ان التصادم غير فعال .



- إذا كانت الطاقة الحركية لـ A و B كافية و التوجه مناسب في هذه الحالة تتكسر الروابط وتتشكل روابط جديدة فنقول ان التصادم فعال .
- سرعة تحول كيميائي تتعلق بتواتر التصادمات الفعالة فكلما كان هذا التواتر كبيرا كان التفاعل اسرع.
- درجة الحرارة: كلما كانت درجة الحرارة عالية كان تواتر التصادمات الفعالة اكبر فيكون التحول اسرع .
- التركيز المولي الابتدائي: كلما كان عدد الافراد في وحدة الحجم اكبر كان تواتر التصادمات الفعالة اكبر وكان التحول أسرع.

ج- الوساطة:

1- **نشاط:** نسكب في بياشر $20mL$ من الماء الاكسجيني:

- البيشر A نستعمله كشاهد .
- البيشر B نغمس فيه اسطوانة من البلاتين .
- البيشر C نظيف اليه محلول لكلور الحديد الثلاثي .
- البيشر D نظيف اليه قطعة من كبد حيوان كمنبع لإنزيم الكتالاز.

الملاحظات :

- في الانبوب الاول لا نشاهد انطلاق غاز لان تحلل الماء الاكسجيني بطيء جدا في الشروط العادية .
- في الانابيب المتبقية نلاحظ انطلاق غاز O_2

نتيجة: كل من البلاتين وشوارد Fe^{3+} و الكتالاز تساعد على تسريع التفاعل فهي وسيط.

2- **تعريف الوسيط:** هو نوع كيميائي يسرع التفاعل دون ان يتدخل فيه ولا يظهر في الحالة النهائية للجملة .

3- **تعريف الوساطة:** هي عملية تأثير الوسيط على التفاعل الكيميائي وهي ثلاث انواع :

- **وساطة متجانسة :** وهي التي يشكل فيها الوسيط والمتفاعلات طورا وحدا .
- **وساطة غير متجانسة:** اذا كان الوسيط والمتفاعلات ليسا من نفس الطور.
- **وساطة انزيمية :** اذا كان الوسيط انزيما .