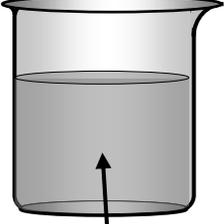
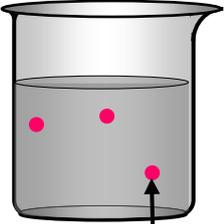
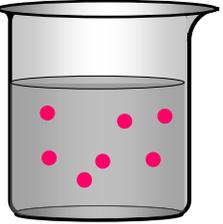
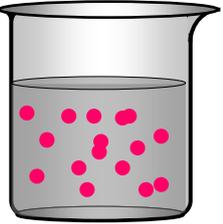
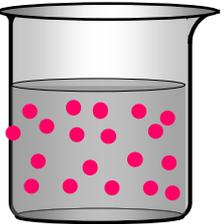


- تبسيط لعملية المتابعة عن طريق المعايرة اللونية: نُحدث تفاعل تام بين حجم  $V_1 = 50ml$  من  $S_2O_8^{2-}$  تركيزه المولي  $c_1$  مع حجم  $V_2 = 50ml$  من  $(K^+ + I^-)$  تركيزه المولي  $c_2$ .
- معادلة هذا التفاعل البطيء موضح في جدول التقدم أسفله:

معادلة التفاعل		$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$			
الحالة	التقدم	كمية المادة بالمول			
الابتدائية	0	$c_1V_1$	$c_2V_2$	0	0
الانتقالية	$x_t$	$c_1V_1 - x_t$	$c_2V_2 - x_t$	$x_t$	$x$
النهائية	$x_f$	$c_1V_1 - x_f$	$c_2V_2 - x_f$	$x_f$	$x_f$

- الفكرة الأساسية هي معرفة كمية المادة لثنائي اليود  $n(I_2)_t$  في لحظات زمنية مُختلفة وهذا بإستغلال اللون المميز للـ  $I_2$  (بني أو بُني مُصفر أو أسمر) , ونعلم من جدول التقدم :  $n(I_2)_t = x_t$  إذن تتبع كمية مادة ثنائي اليود يُمكننا من تتبع تقدم التفاعل  $x_t$  وعليه يُمكننا رسم المنحنى  $x_t = f(t)$  (إذن يمكننا حساب سرعة أو كمية مادة أو تركيز ... في أي لحظة ما وهذا هو الهدف من المتابعة)
- إذن كيف نقوم بذلك؟
- بإختصار يُمكن توضيحها في الرسم التالي : نقوم بعملية المزج بين  $V_1$  و  $V_2$  ونكررها 05 مرات (أو أكثر) :

عند الدقيقة $t = 0 min$	$t = 5 min$	$t = 10 min$	$t = 15 min$	$t = 20 min$
نقوم بمزج $V_1 + V_2$ مرة أخرى.	نقوم بمزج $V_1$ و $V_2$	نكرر العملية	نكرر العملية	نكرر العملية
				

لا وجود للـ  $I_2$  لأن التفاعل لم يبدأ والنواتج معدومة

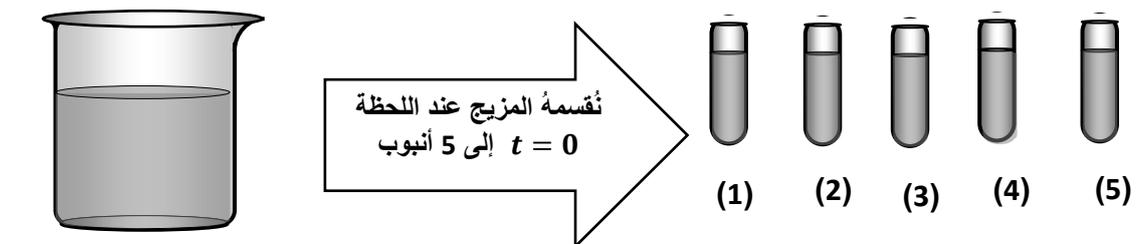
بداية تشكل الـ  $I_2$  مع تقدم التفاعل ويستمر في الظهور والتشكل حتى يتوقف التفاعل  $x_t = x_f$  عندها يتوقف التفاعل ومنه تتوقف زيادة كمية مادة الـ  $I_2$  أي وصلنا إلى  $n(I_2)_f$

ترميز للـ  $I_2$  وتزايد كمية مادتها بتطور التفاعل .

- نذكر بأن كمية المادة (عدد المولات) ماهي إلا عدد لأفراد الكيميائية نكتب  $n(I_2) = 2 mol$  أي أن عدد أفراد الـ  $I_2$  هي : فرد  $N(I_2) = 2 \times 6,023 \times 10^{23}$

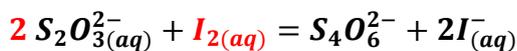
- ولتحديد كمية مادة  $I_2$  في المزيج ، في كل مرة نقوم بعملية المعايرة للمزيج بمحلول مناسب يتفاعل تفاعل أكسدة - إرجاع مع  $I_2$  وتتوقف عن إضافة المحلول الذي نُعاير به (السحاحة) حتى يختفي اللون المميز للـ  $I_2$  نهائيا ، وهي نقطة التكافؤ حيث تكون المتفاعلات بنسب شروط ستوكيومترية .

- لكن مخبريا هذه الطريقة **لا تُستعمل** لأنها تستهلك الكثير من الوقت و أحجام كبيرة من المحاليل (تبذير) ، لذلك جاءت فكرة تقسيم مُحتوى الانابيب والتي نُلخصها فيما يلي : نقوم عند اللحظة  $t = 0$  بمزج  $V_1 + V_2$  ثم نُقسم المزيج إلى 05 انابيب (أو أكثر حسب التجربة) :



✓ بعد التقسيم نتحصل على 05 أنابيب . كل أنبوب يحتوي على  $V_0 = 20 ml$

✗ نأخذ في كل مرة أنبوب حجمه  $V_0$  ونقوم بمعايرته بواسطة محلول يتفاعل تفاعل أكسدة - إرجاع مع ثنائي اليود ، المحلول المناسب هنا هو ثيوكبريتات الصوديوم  $S_2O_3^{2-}$  .  
- حيث يحدث التفاعل السريع :

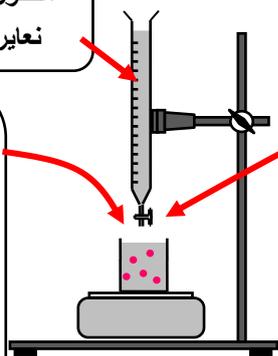


✗ وهذا بإستعمال **المعايرة اللونية** حيث كل قطرة تسقط من السحاحة تصل إلى حالتها النهائية بمجرد وصولها للبيشتر (سريع) .

محلول الـ  $S_2O_3^{2-}(aq)$  الذي نعاير به تركيزه معلوم  $C_0$

⊕ نضع قطرات من كاشف مناسب ( صمغ النشاء ) ليتحول لون الـ  $I_2$  إلى الأزرق الداكن وهو أوضح في المعايرة من اللون البني أو الأسمر

⊕ نضيف القليل من الماء البارد + قطع جليد لتوقيف التفاعل عند تلك اللحظة .

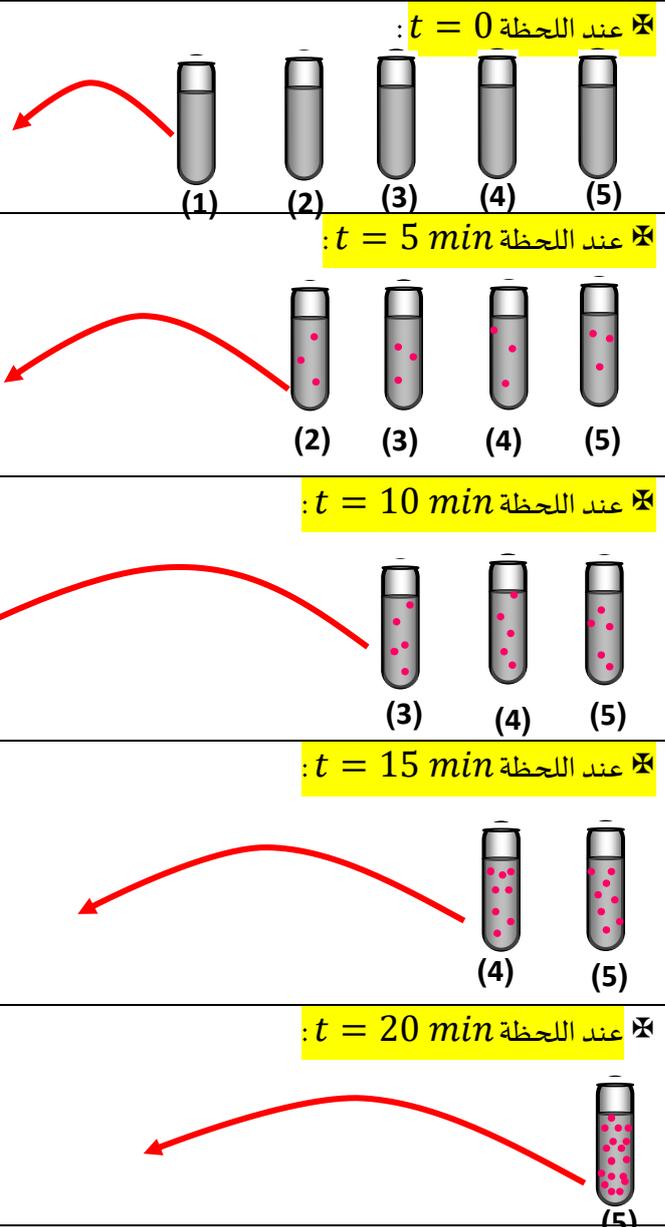


✗ وعند نقطة التكافؤ تكون المتفاعلات بنسب شروط

$$\frac{n'(I_2)}{1} = \frac{n(S_2O_3^{2-})}{2}$$

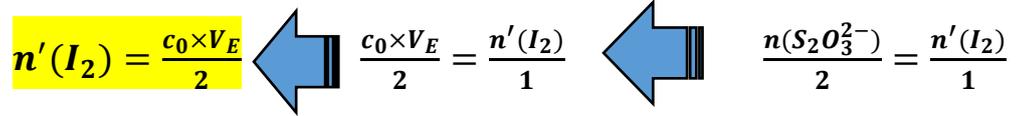
$$\text{أي : } n'(I_2) = \frac{C_0 \times V_E}{2}$$

كمية مادة الـ  $I_2$  في أنبوب واحد ( لأننا عايرنا أنبوب واحد فقط )



- نلاحظ ان الأنبوب رقم 05 إستعملناه بعد مرور 20 دقيقة و إنطلاقا من معرفة كمية المادة الموجودة فيه , يُمكننا إستنتاج كمية المادة المتواجدة في المزيج عند هذه اللحظة .

◀ عند التكافؤ , تكون المتفاعلات بنسب شروط ستوكيومترية (إنطلاقا من تفاعل المُعايرة) معناه :



حيث :  $n'(I_2)$  هي كمية المادة لثنائي اليود الموجودة في أنبوب واحد .

[education-onec-dz.blogspot.com](http://education-onec-dz.blogspot.com)

◀ كتابة العلاقة بدلالة  $n(I_2)_t$  (كمية مادة الـ  $I_2$  في المزيج ككل) , نضرب الطرفين في عدد الأنابيب (5 أنبوب) :

$$n(I_2)_t = 2,5 \times c_0 \times V_E \quad \leftarrow \quad n(I_2)_t = n'(I_2)_t \times 5 \quad \text{وبما أن} \quad 5 \times n'(I_2) = 5 \times \frac{c_0 \times V_E}{2}$$

$n(I_2)_t$

كمية المادة الموجودة في أنبوب واحد  $V_0$  عند كل لحظة .

كمية المادة الموجودة في المزيج الكلي قبل التقسيم  $V_T$  عند كل لحظة .

$$\left. \begin{array}{l} n'(I_2)_t = [I_2]_t \times V_0 \\ n(I_2)_t = [I_2]_t \times V_T \end{array} \right\} \text{حيث أن :}$$

- حيث أن التركيز  $[I_2]_t$  الموجود في الأنبوب نفسه الموجود في المزيج عند لحظة زمنية  $t$  , حيث  $V_0 = 20 \text{ ml}$  و  $V_T = 100 \text{ ml}$

$$\rightarrow n'(I_2) = \frac{c_0 \times V_E}{2} \Rightarrow [I_2]_t \times V_0 = \frac{c_0 \times V_E}{2} \Rightarrow [I_2]_t = \frac{c_0 \times V_E}{2V_0} \Rightarrow [I_2]_t = \frac{c_0 \times V_E}{40}$$

$$\rightarrow n(I_2)_t = 2,5 \times c_0 \times V_E \Rightarrow [I_2]_t \times V_T = 2,5 \times c_0 \times V_E \Rightarrow [I_2]_t = \frac{2,5 \times c_0 \times V_E}{100} = \frac{c_0 \times V_E}{40}$$

$$[I_2]_t = \frac{c_0 \times V_E}{40} \text{ إذن علاقة ثنائي اليود هي نفسها :}$$

◀ بعد كل معايرة نسجل الحجم المضاف عند التكافؤ  $V_E$  ثم ندون النتائج في الجدول التالي بإستغلال العلاقة  $n(I_2)_t = x_t$  والعلاقة

حيث أن  $c_0$  معلوم و  $V_E$  نسجلها بعد كل عملية معايرة ونُكمل الجدول .  $n(I_2)_t = 2,5 \times c_0 \times V_E$

t (min)	5	10	15	20
$V_E$ (ml)				
$n(I_2)_t$ (mmol)				
$x(t)$ (mmol)				

◀ يُمكننا إكمال الجدول أعلاه إنطلاقا من التعويض فقط في العلاقة أعلاه ومنه نستطيع رسم المنحنى  $n(I_2)_t = f(t)$  أو

$$x = f(t) \text{ (وبرسم أحد المنحنين نتمكن من متابعة هذا التحول الكيميائي)}$$

## ملخص البروتوكول التجريبي :

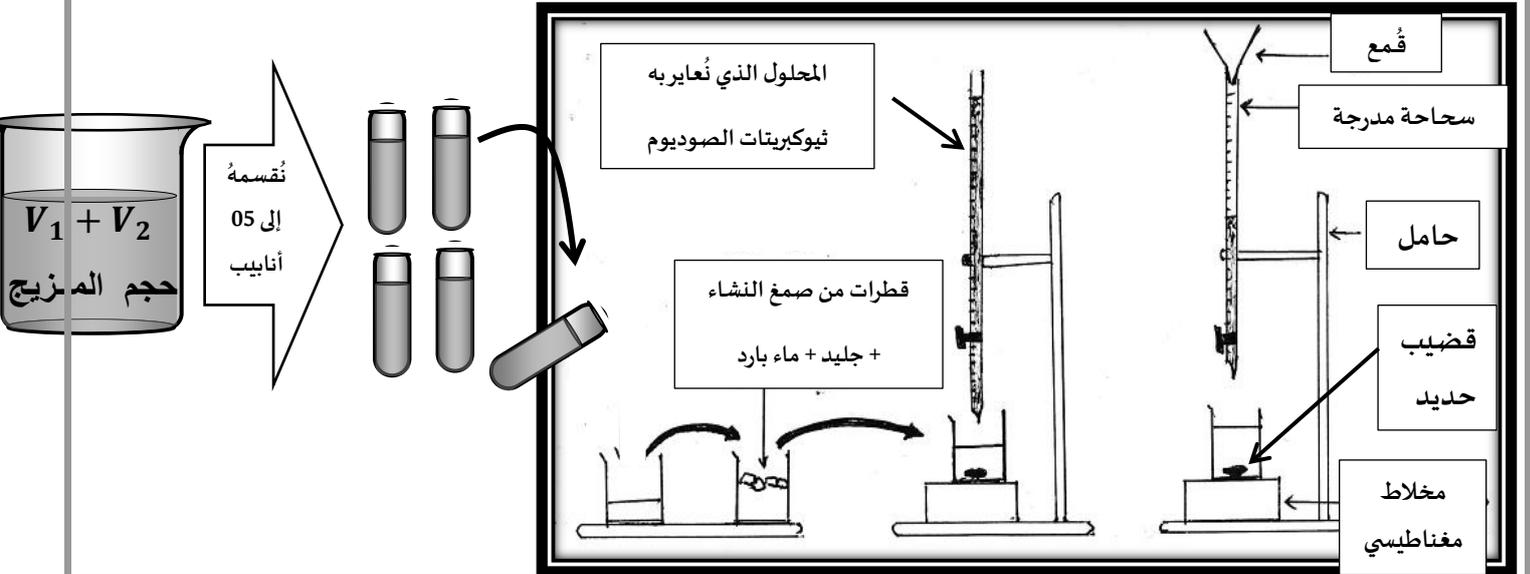
الهدف : التمكن من المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

الأدوات والمواد المستعملة : بيشر , سحاحة مُدرجة , ماصة عيارية , أنابيب إختبار , مخلاط مغناطيسي وقطعة مغناطيسية , حامل , محلول نريد معايرته , محلول نعاير به , صمغ النشاء (أو التيودان) , ماء بارد وجليد , مؤقت (كرونومتر)

### الخطوات

- نأخذ في كل مرة عينة من المزيج التفاعلي حجمها  $V_0$
- نسكبها في كأس بيشر به جليد وماء بارد وبعض قطرات من صمغ النشاء
- ثم نُعاير محتوى البيشر بمحلول مناسب معلوم التركيز حتى الوصول الى نقطة التكافؤ
- نكرر العملية في أزمنة مختلفة ونسجل في كل مرة  $V_E$  الواجب للتكافؤ (نستعمل مؤقت)

### ملخص الرسم التجريبي للمتابعة عن طريق المعايرة اللونية :



في كل لحظة زمنية نأخذ أنبوب إختبار حجمه  $V_0$  ونقوم بتفريغه في البيشر لمعايرة ثنائي اليود الموجود فيه الذي يتشكل باستمرار