

# 碘的氧化還原實驗

## 實驗目的

化學反應常伴隨著聲光及顏色變化。本實驗藉由加入不同的物質，讓碘形成各種含碘物質而改變顏色。實驗時以 POE (Prediction Observation Explanation) 三個步驟：預測每個實驗步驟可能發生的反應，然後觀察和記錄實驗結果，最後解釋過程中發生的化學反應。

## 實驗原理

本實驗藉由數個和碘有關的化學反應和溶液顏色變化來觀察實驗。

1. 碘(I<sub>2</sub>)不易溶於水，但與碘離子(I<sup>-</sup>)反應後可以形成易溶於水的三碘陰離子(I<sub>3</sub><sup>-</sup>):  

$$I_2(aq) + I^-(aq) \rightleftharpoons I_3^-(aq) \text{ (棕色)}$$
2. 水層中的碘(I<sub>2</sub>)在鹼性環境下，會進行自身氧化還原反應，變成無色的 I<sup>-</sup>(aq)及碘酸根(IO<sub>3</sub><sup>-</sup>):  

$$3I_2(s) + 6OH^-(aq) \rightarrow 5I^-(aq) + IO_3^-(aq) + 3H_2O(l)$$
3. 依照勒沙特列原理，若反應環境在酸性中，可進行上一步驟的逆反應：  

$$5I^-(aq) + IO_3^-(aq) + 6H^+(aq) \rightarrow 3I_2(s) + 3H_2O(l)$$
4. 碘與硫代硫酸根(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>)也可以進行氧化還原反應：  

$$I_2(s) + 2S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$$
5. S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>在酸性的環境下，可進行自身氧化還原反應，形成奈米硫粒。此時若以雷射光束照射試管，可觀察到廷得耳效應。  

$$S_2O_3^{2-}(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow S(s) \downarrow + SO_2(g) \uparrow + H_2O(l)$$
6. 過氧化氫可將碘離子氧化：  

$$H_2O_2(aq) + I^-(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow I_2(s) + 2H_2O(l)$$

## 實驗器材

□試管 1 支      □刮勺 1 支

## 實驗藥品

□碘(I <sub>2</sub> (s)) 一小片	□1.00 M 氫氧化鈉(NaOH(aq)) 2.00 毫升
□蒸餾水 2.00 毫升	□1.00 M 硫酸(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq)) 1.00 毫升
□碘化鉀(KI(s)) 0.10 克	□0.10 M 硫代硫酸鈉(Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (aq)) 0.75 毫升
□正己烷 2.00 毫升	□15%過氧化氫(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (aq)) 1.00 毫升

註：可將實驗藥品及器材裝入小的收納盒，以利攜帶。

## 實驗步驟:

實驗前，先預測步驟①~③可能發生的現象，並將預測結果填入實驗紀錄的預測欄位，開始操作並觀察試管中的變化，並解釋各種變化的原理。





1. 取一試管以刮勺尾端加入一小片碘晶體，再加入約 1.00 毫升的蒸餾水，觀察碘晶體在水中的溶解度。
2. 將少量碘化鉀晶體加入同一支試管中，搖動試管使其溶解於水中，並觀察試管的變化。紀錄每一步驟觀察到的現象，再將下列溶液依序加入同一支試管中。
3. 再加入 2.00 毫升正己烷，觀察是否有界面，搖動試管後，觀察分層顏色的變化。
4. 再加入 1.00 M NaOH(aq) 1.00 毫升，搖動試管後，觀察顏色分層的變化。
5. 再加入 1.00 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq) 0.50 毫升，搖動試管後，觀察顏色分層的變化。
6. 再加 0.10 M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(aq) 0.75 毫升，搖動試管後，觀察顏色分層的變化。
7. 再加入 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(aq) 1~5 滴，搖動試管後，觀察一開始與一段時間後顏色分層的變化。
8. 最後加入 1.00 M NaOH(aq) 1~5 滴，搖動試管後，觀察顏色分層的變化。

## 注意事項

1. 實驗室如果無法取得固態碘，可使用市售碘酒取代反應物，實驗則從第三步驟開始。
2. 以藥水瓶裝填樣品溶液，以利控制溶液添加量，大約 20 滴的水溶液為 1 毫升。
3. 提高步驟⑥中的[H<sup>+</sup>] 至 3 M 及步驟⑦的[S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>] 至 1 M，可觀察到奈米硫粒的生成。或者取另一新試管，加入 1.00 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq) 0.50 毫升及 0.10 M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(aq) 0.50 毫升，利用雷射筆可以觀察到，廷得耳效應的光徑漸漸生成。
4. 本實驗藥品用量及廢棄物少，符合綠色化學精神。

## 實驗紀錄

1.	預測	觀察 (晶體顏色及水溶性)
I <sub>2</sub> (s) + 蒸餾水(1 毫升)		碘為紫黑色的片狀晶體，不溶於水
解釋	I <sub>2</sub> (s) 為非極性分子，水為極性分子，所以不溶解。	
2.	預測	觀察 (溶液顏色及水溶性)
加入少量 KI(s)		可溶於水的 I <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq)(棕色)
解釋	加入 I <sup>-</sup> (aq)(無色) 可與 I <sub>2</sub> (s) 形成可溶於水的 I <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq)(棕色) $I_2(aq) + I^-(aq) \rightleftharpoons I_3^-(aq) \text{ (棕色)}$	
3.	預測	觀察 (分層顏色)
加正己烷 (2 毫升)		上層正己烷(密度較小)原為無色，搖晃後變為紫色，下層水層原為棕色，搖晃後顏色變淡。
解釋	I <sub>2</sub> (s) 為非極性分子，易溶於非極性的溶劑正己烷，萃取 I <sub>2</sub> (s) 後顯現紫色。 原水層為可溶於水的 I <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq)(棕色)，因 I <sub>2</sub> (s) 被萃取至正己烷層，使 I <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq) 濃度下降，顏色稍微變淡。	
4.	預測	觀察
加 1 M NaOH(aq) 1.00 毫升		水層棕色先退色，搖晃後，有機上層紫色也會退色。
解釋	水層中的碘在鹼性環境下，會進行自身氧化還原反應，變成無色的 I <sup>-</sup> (aq) 及 IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq)，所以水層和有機層的碘也會退色。 $3I_2(s) + 6OH^-(aq) \rightarrow 5I^-(aq) + IO_3^-(aq) + 3H_2O$	

5.	預測	觀察
加 1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4(aq)</sub> 0.50 毫升		水層原為無色變棕色，有機上層搖晃後也會由無色慢慢變成紫色
解釋	<p>依照勒沙特列原理，酸鹼中和後，再進行上一步驟的逆反應</p> $5\text{I}^{-}(\text{aq}) + \text{IO}_3^{-}(\text{aq}) + 6\text{H}^{+}(\text{aq}) \rightarrow 3\text{I}_2(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}$	
6.	預測	觀察 (一開始與一段時間後)
加 0.1 M Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3(aq)</sub> 0.75 毫升		一開始水層的棕色消失。一段時間後觀察到水層漸漸變白色到淡黃色混濁(奈米硫粒反應)。
解釋	<p>剛滴入時進行以下反應：</p> $\text{I}_2(\text{s}) + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{I}^{-}(\text{aq}) + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq})$ <p>所以水層的棕色消失，搖晃後有機層紫色消失。S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>在酸性的環境下，可進行自身氧化還原反應，形成奈米硫粒。此時若以雷射光束照射試管，可觀察到廷得耳效應。</p> $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^{+}(\text{aq}) \rightarrow \text{S}(\text{s}) \downarrow + \text{SO}_2(\text{g}) \uparrow + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	
7.	預測	觀察
加 H <sub>2</sub> O <sub>2(aq)</sub> 1~5 滴		上層正己烷變為紫色，下層水層變為棕色。
解釋	$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + \text{I}^{-}(\text{aq}) + 2\text{H}^{+}(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>因為 H<sub>2</sub>O<sub>2(aq)</sub>將所有碘離子，包括後來加入的 KI 都氧化了，顏色較之前為深。</p>	
8.	預測	觀察
加 NaOH <sub>(aq)</sub> 1~5 滴		水層棕色先退色，有機上層紫色也會搖晃後退色

解釋	<p>水層中的碘在鹼性環境下，會進行自身氧化還原反應，變成無色的 <math>I^-_{(aq)}</math> 及 <math>IO_3^-_{(aq)}</math>，所以水層及有機層的碘也會退色。另，<math>H_2O_2_{(aq)}</math> 在鹼性環境，氧化力也會消退。</p> $3I_{2(s)} + 6OH^-_{(aq)} \rightarrow 5I^-_{(aq)} + IO_3^-_{(aq)} + 3H_2O$
----	---