

觸媒與催化效應

- 國立臺灣大學化學系，普通化學實驗，國立臺灣大學出版中心：台北，民國 105 年。
- 版權所有，若需轉載請先徵得本系同意；疏漏之處，敬請指正。
- 臺大化學系普化教學組張馨云助教（2016.11）。

一、目的：經由過氧化氫之分解反應，觀察觸媒的催化效應，並探討影響酵素活性之因素。

二、實驗技能：學習秤量、操作定量液體分注器、電磁加熱攪拌器及使用液態氮。

三、原理：

觸媒又稱催化劑，是一種加到反應系統中，可以參與反應以加快反應速率，而本身不被消耗或轉化的物質。觸媒一般依據相態的不同，分為均相觸媒、異相觸媒及生物觸媒（酵素）三大類。本實驗將利用各種觸媒，催化過氧化氫分解反應（式 1），以瞭解觸媒之催化特性。



過氧化氫與發光胺（luminol，圖 1）之鹼性溶液，可經由與 Fe 離子的反應，使發光胺反應產生螢光，此稱為化學發光（chemiluminescence）。由於血液中的血紅素含有鐵離子，因此亦可藉由血液使發光胺發光，這個發光反應已運用於刑事鑑定血跡偵測。本實驗的第二部分，將觀察研究發光胺經催化發光之反應特性。

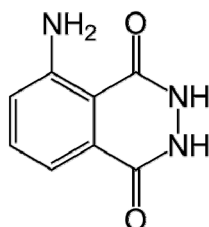


圖 1 發光胺之結構式

四、儀器與材料：

量筒（50 mL，3 支）、燒杯、試管、鑷子、蒸發皿、錶玻璃、塑膠滴管（2 支）、計時器、麻布手套。

公用器材：電子天平、暗箱、水果刀、剪刀、噴霧器（100 mL）、線香、火柴、蠟燭、數位相機（自備）。

五、藥品：

（一）洗碗精（稀釋一倍）、新鮮豬肝、液態氮、氧化錳（manganese(IV) oxide， MnO_2 ）、3%過氧化氫水溶液（hydrogen peroxide， H_2O_2 ）、2.0 M 碘化鉀（potassium iodide，KI）

（二）發光胺檢驗液（0.2 g 發光胺，luminol， $\text{C}_8\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_2$ 及 1.5 g 氫氧化鉀溶於 25 mL 水中，與 25 mL 之 3%過氧化氫溶液混合）、0.2 M 鐵氰化鉀溶液（potassium ferricyanide， $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ）、0.2 M 亞鐵氰化鉀溶液（potassium ferrocyanide， $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ ）。

六、實驗流程：

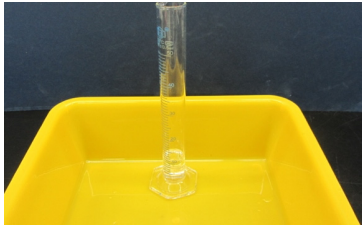

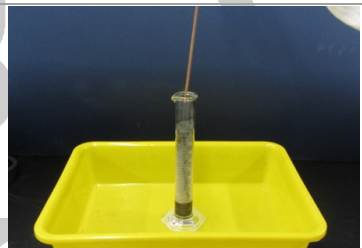
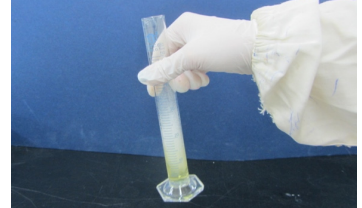
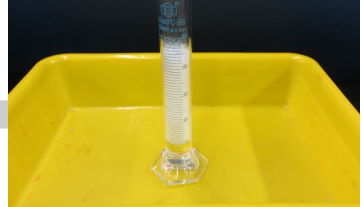
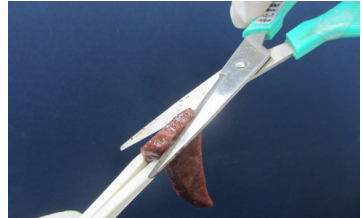
（一） H_2O_2 之催化分解反應

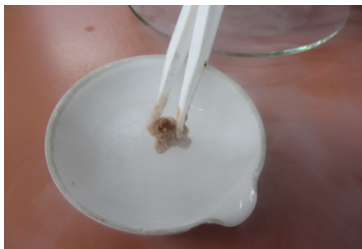
| 觸媒 | 過氧化氫測試溶液 |
|------------------------------------|--|
| (1) 0.1 g $\text{MnO}_2(\text{s})$ | 3 滴洗碗精及 10 mL 之 3% H_2O_2 |
| (2) 1 mL 2.0 M KI | |
| (3) 新鮮豬肝 | |
| (4) 冷凍豬肝 | |
| (5) 煮熟豬肝 | |
| (6) 2 滴豬肝血水 | |

（二）發光胺之發光反應

| 觸媒 | 發光胺檢驗液 |
|--|---------------|
| (1) 1 mL H_2O 及 2 滴豬肝血水 | 0.5 mL 發光胺檢驗液 |
| (2) 1 mL 0.2 M $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ | |
| (3) 1 mL 0.2 M $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ | |
| (4) 1 mL H_2O 及 1 滴 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ | |
| (5) 1 mL H_2O 及 5 滴 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ | |

七、實驗步驟：

| 步驟 | 示範 |
|---|--|
| (一) 過氧化氫分解反應-異相與均相觸媒 | |
| <p>1. 準備過氧化氫測試溶液： 於 50 mL 量筒中加入 10 mL 之 3% 過氧化氫溶液與 3 滴洗碗精，並將量筒置於塑膠盛接盆。</p> |  |
| <p>2. 秤量約 0.1 g (1/2 小藥杓) 之 $MnO_2(s)$，加入量筒溶液中，迅速搖動量筒以混合溶液，計時並每隔 10 秒觀察記錄所產生肥皂泡的體積，以測定 H_2O_2 之平均分解速率 (mL/s)。 註：電子天平，參考實驗技能與示範影片。</p> |  |
| <p>3. 帶不再有氣泡產生後，以點著的線香，快速地垂直插入量筒中的氣泡內，觀察記錄線香燃燒情形，並判斷分解反應所產生氣體的性質。</p> |  |
| <p>4. 以毛刷刷洗量筒，重新取 10 mL 過氧化氫溶液與 3 滴洗碗精，改為加入 1 mL 之 2.0 M 碘化鉀溶液後，迅速搖動量筒以混合，計時並觀察記錄 H_2O_2 分解速率。</p> |  |
| <p>5. 刷洗量筒，重新準備含洗碗精之過氧化氫測試溶液，改變觸媒之用量 (如改用 2 mL 之碘化鉀或 0.2 g 之 $MnO_2(s)$)，比較 H_2O_2 分解速率。</p> |  |
| (二) 過氧化氫分解反應-生物觸媒 | |
| <p>6. 刷洗量筒，重新準備含洗碗精之過氧化氫測試溶液。於溶液中加入一小薄片新鮮豬肝，觀察記錄 H_2O_2 分解速率。</p> |  |

| | | |
|--------------|---|---|
| 7. | <p>於蒸發皿中倒入適量液態氮，再取一小薄片新鮮豬肝置於其中，讓豬肝急速冷凍後，以鑷子夾取豬肝加於含洗碗精之過氧化氫測試溶液中，觀察記錄 H_2O_2 分解速率。</p> <p>注意：液態氮溫度極低，操作時應穿戴麻布手套以避免凍傷。</p> |  |
| 8. | <p>取一小薄片豬肝置於燒杯內沸水中，加熱至豬肝變色，以鑷子夾取豬肝置於含洗碗精之過氧化氫測試溶液，觀察記錄 H_2O_2 分解速率。</p> <p>註：電磁加熱攪拌器之操作，參考實驗技能與示範影片。</p> <p>注意：加熱板及沸水之溫度高，操作時應穿戴麻布手套以避免燙傷。</p> |   |
| 9. | <p>於步驟 8 之溶液中加入 2 滴自豬肝流出之血水，混合後觀察記錄 H_2O_2 分解速率。比較豬血水與豬肝之催化效應。</p> |  |
| (三) 過氧化氫與發光胺 | | |
| 10. | <p>取 5 支試管分別裝取：</p> <p>(1) 1 mL 水及 2 滴豬血水</p> <p>(2) 1 mL 之 0.2 M 鐵氰化鉀溶液</p> <p>(3) 1 mL 之 0.2 M 亞鐵氰化鉀溶液</p> <p>(4) 1 mL 之水及 1 滴鐵氰化鉀溶液</p> <p>(5) 1 mL 之水及 5 滴鐵氰化鉀溶液</p> |  |
| 11. | <p>以乾淨試管裝取約 3 mL 發光胺檢驗液備用。</p> <p>註：發光胺檢驗液已由準備室配製，發光胺為高價藥品，請珍惜使用。</p> |  |
| 12. | <p>於紙箱或暗箱中依序分別加約 0.5 mL 發光胺檢驗液至各試管中，觀察發光胺之發光強度及持續時間。</p> |  |

| | | |
|---------|---|--|
| 13. | 再續滴加入數滴鐵氰化鉀溶液至試管（4）及（5）中，觀察溶液變化，試推測鐵氰化鉀的作用。 |  |
| （四）血跡偵測 | | |
| 14. | 以噴霧器中之發光胺檢驗液，噴灑實驗桌面及器具，尋找顯現血跡反應之相關物品，以數位相機拍照記錄之並觀察發光持續之時間。 |  |
| 15. | 實驗結束後，試管中發光胺反應液倒入重金屬廢液回收桶，用過及剩餘之豬肝均煮熟後置於指定回收瓶中。清洗及清點實驗器材，擦拭實驗桌面，椅凳置於實驗桌下。 |  |

八、參考資料：

1. <http://chemistry.about.com/od/glowinthedarkprojects/a/luminolblood.htm>
(2015/06/08) .
2. F. Barni, S. W. Lewis, A. Berti, G. M. Miskelly, and G. Lago, *Talanta*. **2007**, 72, pp. 896-913.