

Kowloon True Light Middle School 九龍真光中學
Investigation on Glow Stick 「點解要咁‘螢’？」 — 螢光棒的研究

目的

研究導致螢光棒的光度最強和持久性最高的因素。

引言

日常生活中，我們會見到不少的螢光物料，螢光物料廣泛地應用在日光燈、顯示器和生物醫療上。而我們最常接觸的螢光物料，應該就是螢光棒。每逢節日，螢光棒都是受歡迎的商品，只要將螢光棒輕輕一折，它就會在黑夜中發出耀眼的光芒，為喜慶的節日增添不少氣氛。輕輕一折螢光棒，這看似簡單的動作背後，卻蘊藏著不少的化學原理。

實驗原理

1. 螢光棒內主要的化學藥品：

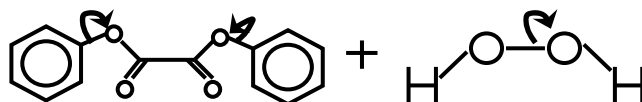
過氧化氫（膠管內） 草酸酯（玻璃管內） 染料（玻璃管內）



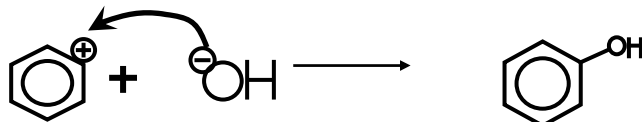
2. 螢光棒的反應機理

a. 草酸酯和過氧化氫於加入溶劑後發生親核取代反應。

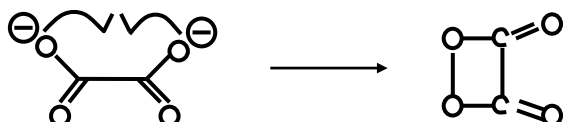
草酸酯和過氧化氫會進行異裂作用：



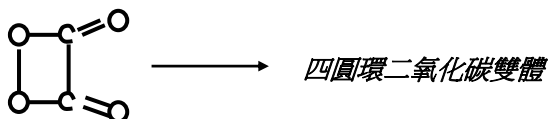
然後，氫氧基團便會攻擊碳陽離子，生成酚：



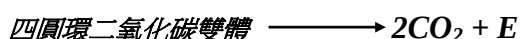
另外，亦會生成過氧酸酯：



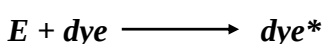
b. 過氧酸酯會分解成高能量的產物 — 以二氧化碳所形成的四圓環二氧化碳雙體：



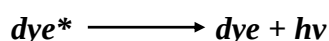
c. 當環狀雙體分解為 2 個二氧化碳分子時，會釋放能量：



能量釋放至染料，使染料分子染料分子內的電子躍遷至激發態：



d. 由於電子在高能階時是不穩定的，故電子立刻跌回低能階，當中釋出的能量以光的形式放出，因而產生螢光。



3. 光度的量度

本實驗使用測光計量度光強度。

光強度的單位是勒克斯 (lx)，代表落在某面積上之光通量和被照面面積的比例。

而每一勒克斯的光度相當於距離一支燃點洋燭 3 米外的光度。



圖 1 自製的螢光溶液



圖 2 測光計的裝置

研究項目

1. 研究溶劑的種類（乙醇、丙酮）及其與過氧化氫和草酸酯的比例對螢光能力的影響
2. 研究溫度（0℃、25℃、50℃）對螢光能力的影響
3. 研究鹼性溶液（氫氧化鈉、氨水）的強度與濃度對螢光能力的影響

基本實驗步驟

1. 分開膠管內和玻璃管內的化學藥品
2. 就不同的研究項目，將所需的化學藥品混合
3. 搖勻混合物
4. 將混合物置於黑箱內的測光計前量度光度，並開始計時
5. 記錄螢光劑首兩分鐘的光度，並記錄其持久度



圖 3 組員認真進行實驗

結果及解釋

1. 研究溶劑種類及其與過氧化氫、草酸酯的比例對螢光能力的影響

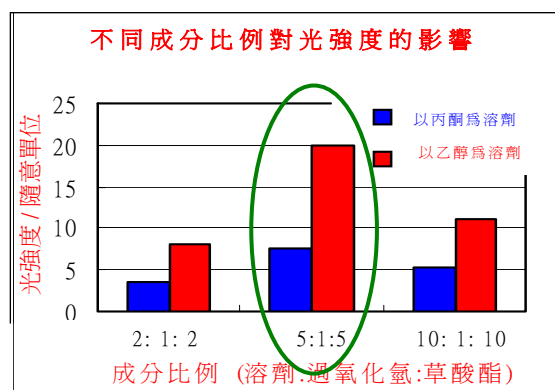
- a. **結果：**由圖 4 顯示，當溶劑、過氧化氫及草酸酯的比例為 5:1:5 時，螢光溶液的光度最強。

解釋：該成分比例使過氧化氫及草酸酯的混合程度最好，反應較完全。

- b. **結果：**由圖 4 顯示，以乙醇為溶劑時，螢光溶液的光度比以丙酮為溶劑時高。

解釋：因為乙醇是一種較好的溶劑，能把反應物有效混合，而且它是一個親核體，能夠加速親核反應的進行。

圖 4

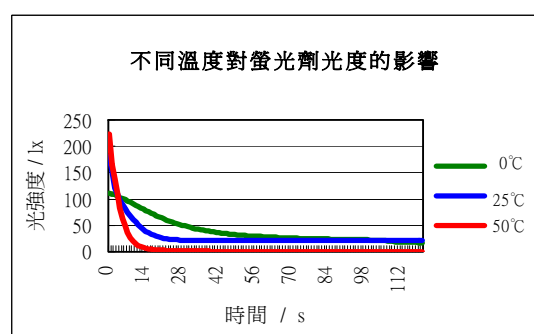


2. 研究溫度對螢光能力的影響

- a. **結果：**由圖 5.1 顯示，螢光溶液的光度普遍隨溫度上升而增加。

解釋：因為高溫令反應分子的平均動能增加，所以有較大比例的反應份子具有高於活化能的能量，有較多分子同時進行反應，因此光強度較高。

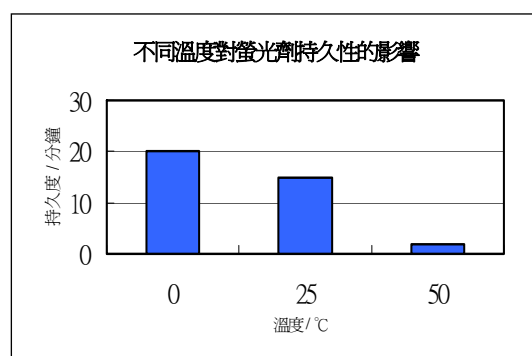
圖 5.1



- b. **結果：**由圖 5.2 顯示，螢光溶液的持久度隨溫度上升而減少。

解釋：因為溫度上升，螢光溶液的反應速率上升，反應物較快耗盡，反應亦較快完結，因此持久性較低。

圖 5.2



3. 研究鹼性溶液及其濃度對螢光能力的影響

- a. **結果：**由圖 6.1-2 顯示，額外加入鹼溶液(氫氧化鈉溶液或氨水)較沒有加入鹼溶液的螢光溶液的起始光度為強，但持久度則較低。而額外加入氫氧化鈉溶液的螢光溶液光度比額外加入氨水較高，但其持久性則較低。

解釋：氫氧化鈉溶液和氨水都是親核體，額外加入能夠加速親核反應的進行，因此光度較沒有加入鹼溶液的螢光溶液為高。然而，氫氧化鈉是強鹼，在水中會完全電離，而氨則是弱鹼，在水中只會部分電離，故氫氧化鈉溶液是較強的親核體，所以額外加入氫氧化鈉溶液時，螢光溶液內的氫氧基團濃度較高，加快了親核反應的速率，因此光度較沒有加入氨水的螢光溶液高。持久度方面，由於螢光溶液的反應速率上升，反應物較快耗盡，反應亦較快完結，因此持久性較低。

- b. **結果：**由圖 6.1-2 顯示，螢光溶液的光強度隨鹼溶液的濃度上升而增加，但其持久度則隨鹼溶液的濃度上升而減少。

解釋：光強度方面，由於氫氧化鈉溶液和氨水的濃度上升，產生的氫氧基團濃度越高，親核反應的速率更快，故螢光溶液的光強度隨鹼溶液的濃度上升而增加。持久度方面，由於螢光溶液的反應速率上升，反應物較快耗盡，反應亦較快完結，因此持久性較低。

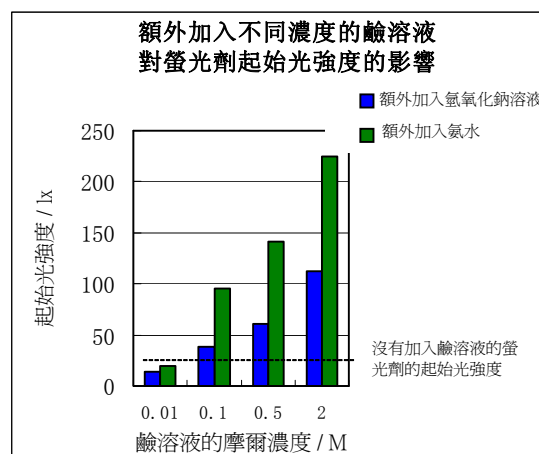


圖 6.1

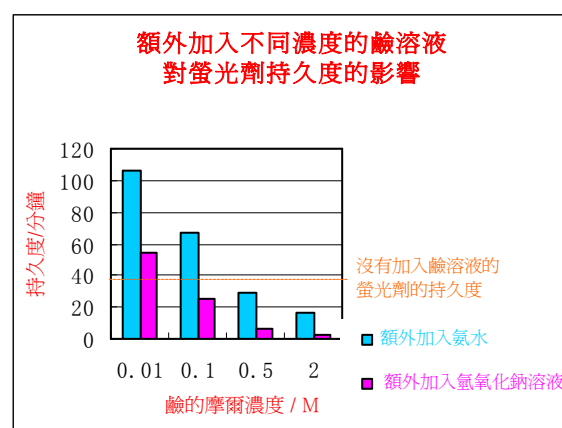


圖 6.2

討論

1. 實驗誤差及改善方法

- a. 螢光混合物的反應在搖晃時已發生，難以準確測量螢光溶液剛開始反應時的光度。

改善方法：在將測光計放在黑箱內，並在黑箱內將各溶液混合。

- b. 由於使用的化學藥品的體積較少，容易產生誤差。

改善方法：使用較多分量的化學藥品。

- c. 同一實驗只做了一次，誤差較大。

改善方法：同一實驗進行多次，然後取其光度及持久度的平均值。

2. 進一步研究的方向

- 研究不同催化劑對螢光溶液的光度及持久度的影響。
- 研究製造不同顏色的螢光物料

3. 螢光物料的發展

日常生活中所使用的電力，大部分都是燃燒不可再生的煤和石油而產生的。這不但造成空氣污染，而且不可再生能源終會耗盡，因此政府和各環保團體在近年不斷提醒市民和商家應節約用電。而電燈是其中一種總耗電量較大的電器。

因此，我們可進一步研究利用螢光物料發光的特性來代替電燈照明。研究方向是改變螢光溶液發出螢光的波長，令其變成白光、黃光等適用於照明的光，再加入催化劑加強它們的光度、持久性和穩定性，並且可研發一種可重覆使用的螢光溶液，這樣便作為日常的照明工具。此外，不同顏色、光度和持久性高的螢光燈，可用於酒吧來增添氣氛，而作為廣告射燈，亦可使廣告牌更耀目。這樣便可大大減少用電，對保護環境有很大的貢獻。

結論

其一，當溶劑、過氧化氫及草酸酯的比例為 5:1:5 時，螢光溶液的光度最強。而以乙醇為溶劑時，螢光溶液的光度比以丙酮為溶劑時高。其二，螢光溶液的普遍光度隨溫度上升而增加，持久度則隨溫度上升而減少。其三，額外加入氫氧化鈉溶液或氨水較沒有加入鹼溶液的螢光溶液的起始光度較強。而額外加入氫氧化鈉溶液的螢光溶液光度比額外加入氨水為高，但其持久度則較低。此外，螢光溶液的光強度隨鹼溶液的濃度上升而增加，但其持久度則隨鹼溶液的濃度上升而減少。