

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 理化科

佳作

031619

螢光棒的驚鴻一瞥

宜蘭縣立復興國民中學

作者姓名：

國二 盧宜佳 國二 周恩如 國二 游凱凌

國一 林新茹

指導老師：

李勇達 岩忠永

# 螢光棒的驚鴻一瞥

## 壹、摘要

市售螢光棒琳瑯滿目，其棒身主體分有內、外兩管：內管填裝強氧化劑，外管則有螢光發光物種及染料，而螢光棒的發光時間約 12 小時。一般廠商會將氧化劑放入內管，一壓迫內管便將將螢光物種激發而放出能量，此能量以光的形式放出即是螢光棒的發光原理。而我們實驗中無意發現添加一些化學物質例如氨水及含有胺基的化合物等，使螢光棒的發光現象改變，使螢光棒的發光如同曇花一現般的光亮，令人驚艷。

## 貳、研究動機

螢光棒常在不同的場合中點綴不同的生活光彩，每個人手上拿著五顏六色的螢光棒，隨著節奏的律動，點綴成一片繽紛亮麗的光海，也引起了我們對螢光棒的好奇心，想要了解螢光棒是如何發光的，我們查詢了一些相關的資料，發現大部分都是利用一些催化劑例如過渡金屬離子及雙氧水，來改變發光的速率，但是我們發現添加一些實驗室常見的化學藥品，例如氨水、尿素等，可以更加的激發原來螢光棒的發光速率，使得螢光的發光現象完全改變，也使我們更有興趣的去探討其中的原由。

## 參、實驗目的：

- 一、探討使螢光棒的效能提高，以及能否提高螢光棒的效能。
- 二、討論氨水及含胺基的化合物等，對螢光棒發光效率的影響。
- 三、討論氨水及含胺基的化合物等，在螢光棒發光效率中所扮演的角色。
- 四、在氨水及含胺基的化合物中，討論不同的胺基化合物對螢光發光效率的不同並作比較之。
- 五、討論螢光發光轉換電壓的曲線，所代表的意義。

## 肆、研究設備及器材

### 一、實驗藥品：

實驗藥品		
尿素	雙氧水	氨水
己二胺 (1,6 - diaminohexane)	酒精	市售螢光棒
(sec-Butylamine) 異丁胺	(diethylamine) 二乙基胺	

### 二、研究器材：

器 材	規 格	數 量
燒 杯	250mL	10 個
滴 管		10 支
試管組(試管+試管架)		5 組
螢光棒	200×15 mm (黃色)	50 隻
pipette	100~1000 $\mu$ l	2 支
parafilm	4 IN×125 FT.ROLL	1 盒
高靈敏度光感測器	Si PIN 光電二極體	1 個
500 Interface	Data Logging-50KB 儲存緩衝空間	1 台
自製暗箱		1 盒
DV 攝影機		1 台

## 伍、原理探討

### 一、化學發光原理：

螢光棒的塑膠管內裝有苯基草酸酯、某種染料及一根玻璃管。在玻璃管內密封著過氧化氫在鄰苯二甲酸酯溶劑內。若要使用光棒，只要把它輕輕一折，使裝有過氧化氫的小管破裂，並搖晃一下，就可以看到光線。它的反應過程大致是如此：過氧化氫把苯基草酸酯氧化成兩個分子的酚，在這一個過程中產生一個高能量的反應中間物，這個中間物會把能量傳給染料，電子激發態的染料不穩定，因此藉放光而回到基態。



二、利用過氧化氫當強氧化劑，使它與亮光素反應，在化學反應中產生的能量，轉化而使分子內的電子由基態躍升到激發態，而非全以熱能形式釋放。處於激發態的分子極不穩定，可能有兩種不同的反應途徑：

(一)激發態自己本身釋放能量而發光。

(二)激發態把能量傳遞給螢光色素，促使螢光色素激發，而放出光。

## 陸、研究過程或方法

一、分別取氨水原液標示濃度一。

二、將原液濃度稀釋 10 倍，標示為濃度二。

三、承一，將濃度二稀釋 10 倍，標示為濃度三。同上述方法依序稀釋得到濃度四與濃度五。

	濃度一	濃度二	濃度三	濃度四	濃度五
濃度	原液	$10^{-1}$ 倍	$10^{-2}$ 倍	$10^{-3}$ 倍	$10^{-4}$ 倍

四、下表，將尿素以酒精配製成  $10^{-1}M$ ，此為標準母液濃度一，將標準母液依序稀釋 5 倍，得到濃度二、濃度三、濃度四及濃度五，其溶液濃度如下表所示：

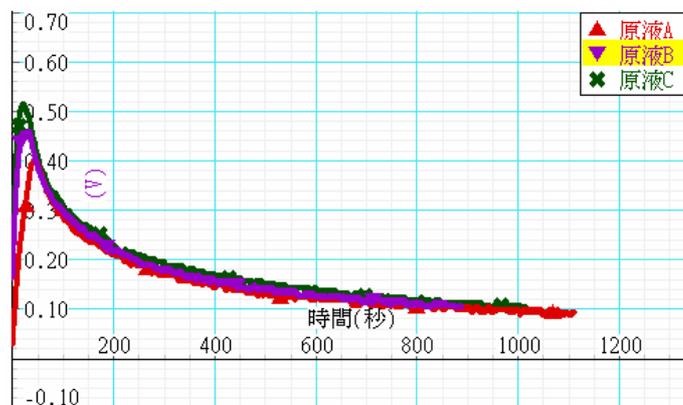
	濃度一	濃度二	濃度三	濃度四
濃度 (M)	0.1	0.02	0.004	0.0008

五、取各種不同濃度之氨水及胺基化合物溶液兩滴，分別加入 5 支裝有相同螢光溶液的試管中，再與原螢光溶液一起比較。

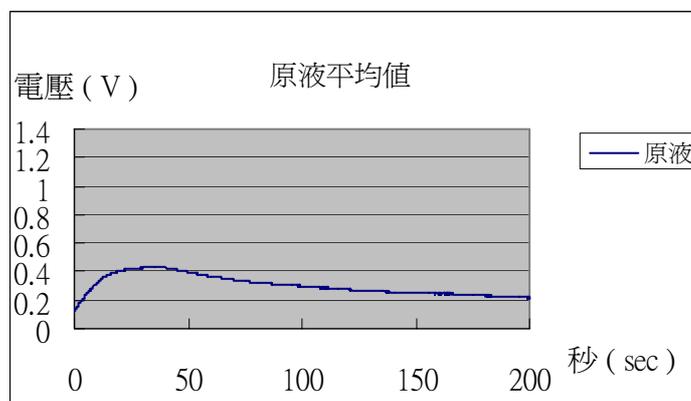
六、利用試管貼觸光感測器，將螢光強度訊號經由介面轉換器，連接至電腦轉換成數位訊號，利用數據擷取軟體 Data Studio，以電壓大小紀錄各試管之螢光衰減情形，再逐一討論圖形之趨勢。

### 柒、研究結果：

一、以原螢光棒的發光強度當對照組，並測其發光強度 3 次，求其平均值，其結果如下圖：



圖一



圖二

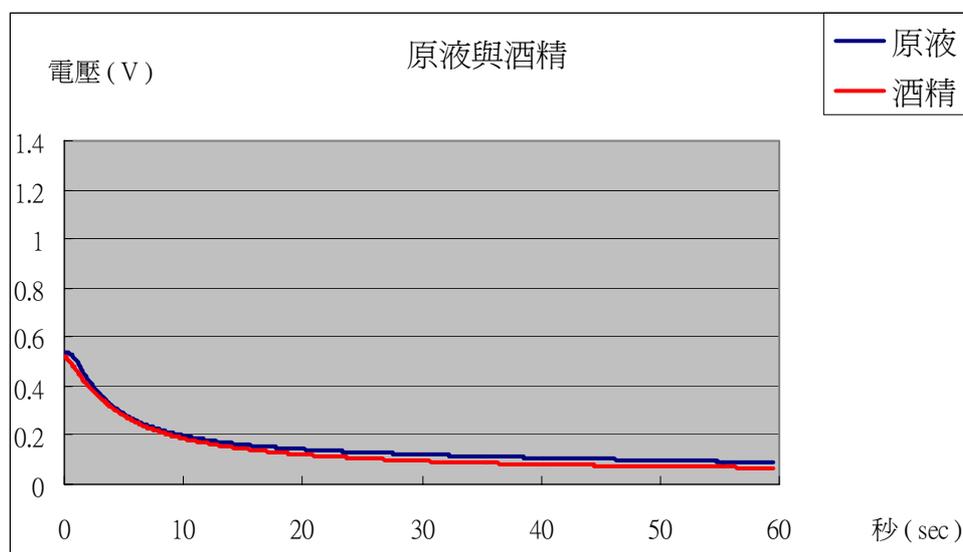
## 二、說明：

(一)原螢光棒的發光強度其偵測值最高為 0.45V 左右〈3 次平均值〉，其後發光速率較平緩，在 200 秒時，其發光的強度還有 0.2V 左右。

(二)我們在沒有搖晃的情況下開始偵測其發光強度，所以剛開始的發光強度較弱，約在 40 秒左右達到最高值，其後發光強度開始減弱，但趨於平緩。

(三)圖一紀錄時間比較長，在量取內外管液 0.2ml 混合後紀錄值，我們可發現在 800 秒左右仍可紀錄到螢光物質的發光強度。

(四)以酒精加入螢光劑並作對照組，如下圖所示酒精並不會提升發光效率



圖三

## 三、研究結果：

(一) **氨水** — 其溶液不同濃度如下表所示：

	濃度一	濃度二	濃度三	濃度四	濃度五
氨水濃度	原濃度	$10^{-1}$ 倍	$10^{-2}$ 倍	$10^{-3}$ 倍	$10^{-4}$ 倍

1.在不同氨水濃度下，螢光棒的發光強度圖如下圖 2-1 所示：

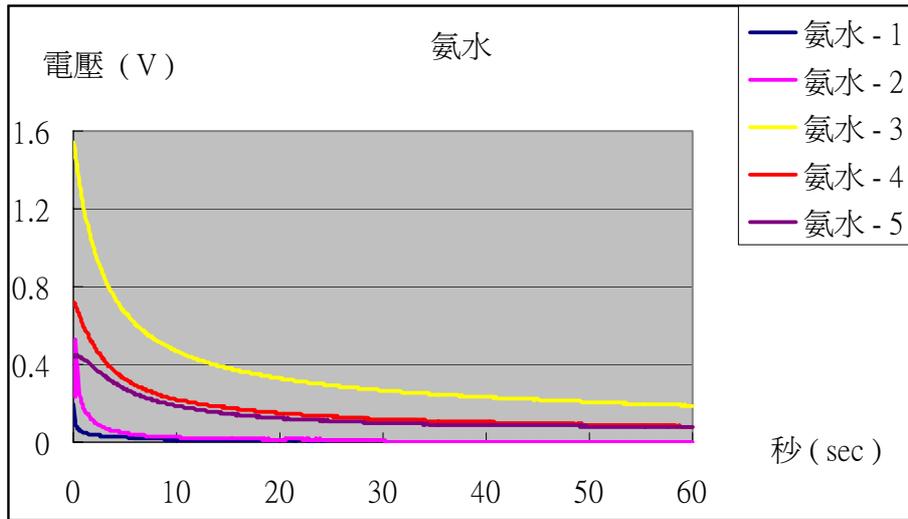


圖 2-1 在不同濃度氨水中，螢光發光強度的情形

2.我們發現在氨水所配製的溶液，均有使螢光瞬間增強的效果。將氨水逐一稀釋不同的濃度，並分別加入螢光溶液中，記錄螢光轉換電壓之曲線如圖 2-1。結果顯示，氨水濃度越大，其增強螢光的效果越顯著，同時也增快了衰減速率。

3.說明：

- (1)原高濃度的氨水滴入螢光物質(藍色曲線)結果瞬間激發所有能量。約在 10 秒左右激發釋放所有的能量，所以我們只能觀察現象來不及偵測。
- (2)將氨水稀釋 10 倍，其結果也與原濃度氨水相近。
- (3)將氨水稀釋 100 倍時，其偵測值最高約為 1.6 V 左右，比原螢光棒的 0.45 V 高出很多。
- (4)將氨水稀釋至 1000 倍，其偵測結果與原螢光棒相近。

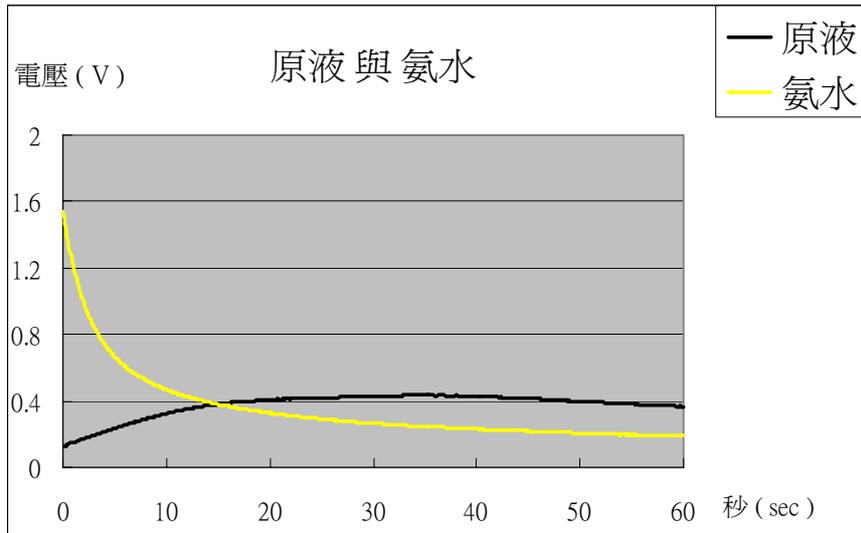


圖 2-2 黑色為對照組，黃色為滴加 2 滴稀釋 100 倍氨水於螢光物質中，比較其發光的強度

4.說明：

- (1)黑色為對照組〈即原螢光棒〉其在單位時間內〈60 秒內〉 的發光強度。
- (2)黃色是滴加稀釋 100 倍的氨水，其發光強度最高速率也最快，從偵測電壓 1.6V 左右，在 15 秒內下降至 0.4V，由下圖 2-2 得知約 30 秒左右，螢光棒便釋放出所有的能量。

〈二〉 尿素 — 其溶液不同濃度如下表所示：

	濃度一	濃度二	濃度三	濃度四
尿素濃度 (M)	0.1	0.02	0.004	0.0008

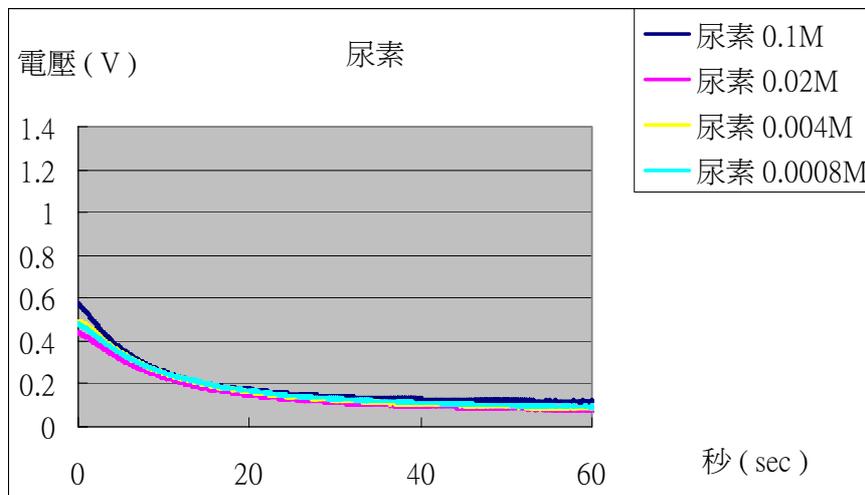


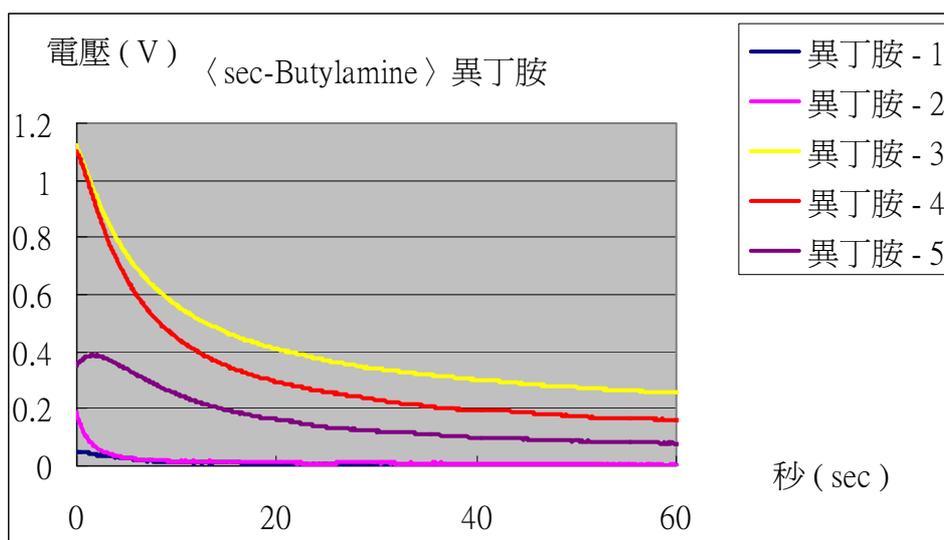
圖 2-3 在不同濃度尿素中，螢光發光強度的情形

1.說明：

(1)我們發現尿素所配製的溶液，亦有使螢光瞬間增強的效果。將尿素逐一稀釋不同的濃度，並分別加入螢光溶液中，記錄螢光轉換電壓之曲線如圖 2-3。結果顯示：尿素濃度為 0.1M 時，其瞬間所測得的電壓在 0.6V 左右，有些許增強螢光的效果。

(三)〈sec-Butylamine〉異丁胺 — 其溶液不同濃度如下表所示：

	濃度一	濃度二	濃度三	濃度四	濃度五
〈sec-Butylamine〉異丁胺	原濃度	10 <sup>1</sup> 倍	10 <sup>2</sup> 倍	10 <sup>3</sup> 倍	10 <sup>4</sup> 倍

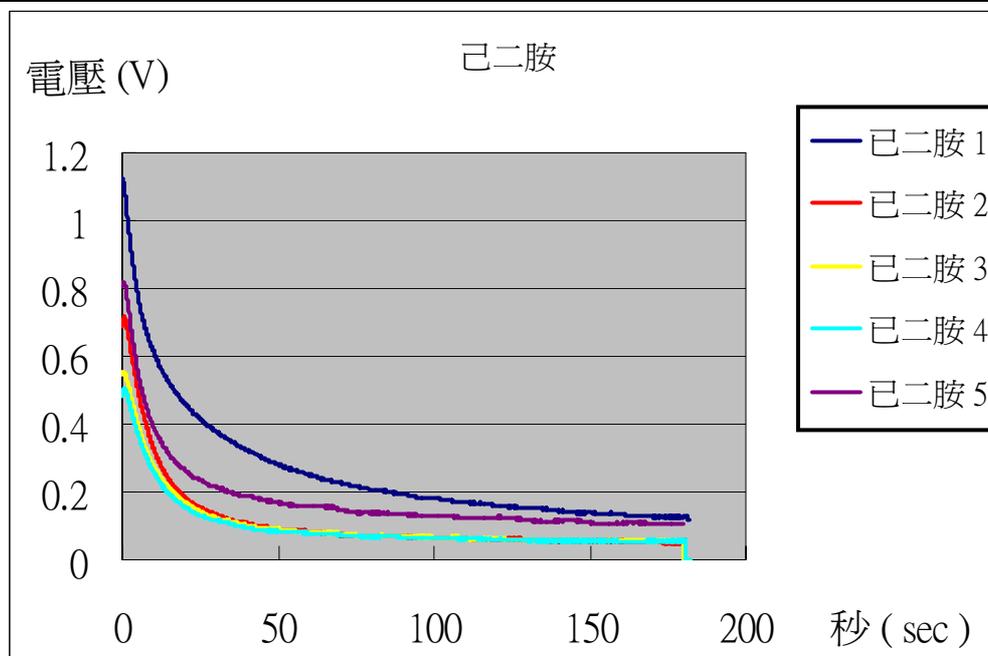


1.說明：

- (1)原高濃度的異丁胺滴入螢光物質(藍色曲線)結果瞬間激發所有能量。約在 2 秒左右激發釋放所有的能量，所以我們只能觀察現象來不及偵測。
- (2)將異丁胺稀釋 10 倍，其結果也與原濃度異丁胺相近。
- (3)將異丁胺稀釋 100 倍時，其偵測值最高約為 1.16V 左右，比原螢光棒的 0.45 V 高出很多。
- (4)將異丁胺稀釋至 1000 倍，其偵測結果與稀釋 100 倍時相近。
- (5)將異丁胺稀釋至 10000 倍，其偵測結果與原螢光棒相近。

〈四〉〈1,6-diaminohexane〉己二胺 — 其溶液不同濃度如下表所示：

	濃度一	濃度二	濃度三	濃度四	濃度五
己二胺	原濃度	$10^{-1}$ 倍	$10^{-2}$ 倍	$10^{-3}$ 倍	$10^{-4}$ 倍



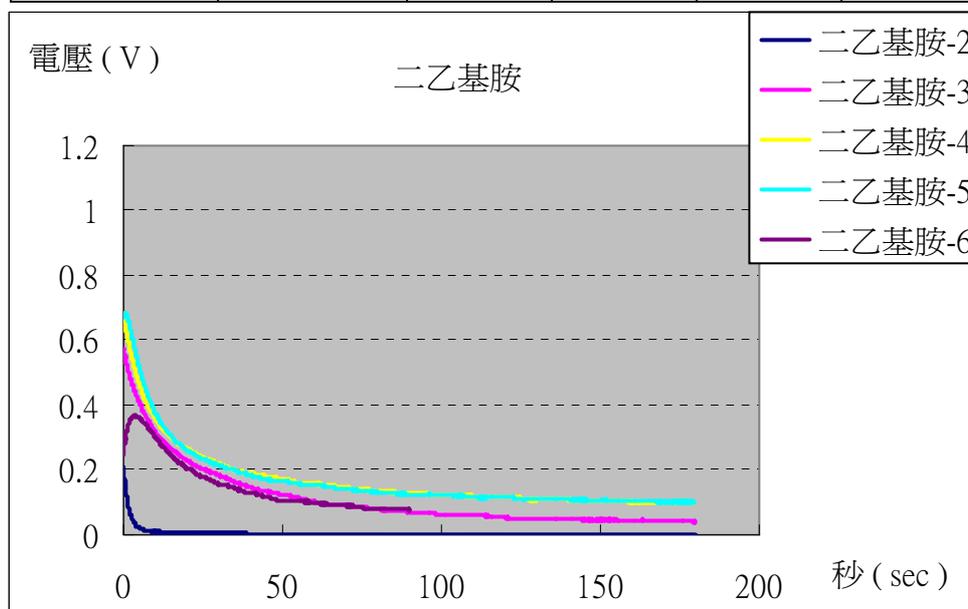
1.說明：

(1)己二胺原濃度，提升螢光發光的效率，最高值在 1.2V 左右。

(2)己二胺稀釋 10 倍時，其偵測值最高約為 0.7V 左右

〈五〉〈 diethylamine 〉二乙基胺—其溶液不同濃度如下表所示：

	濃度一	濃度二	濃度三	濃度四	濃度五
二乙基胺	原濃度	$10^{-1}$ 倍	$10^{-2}$ 倍	$10^{-3}$ 倍	$10^{-4}$ 倍

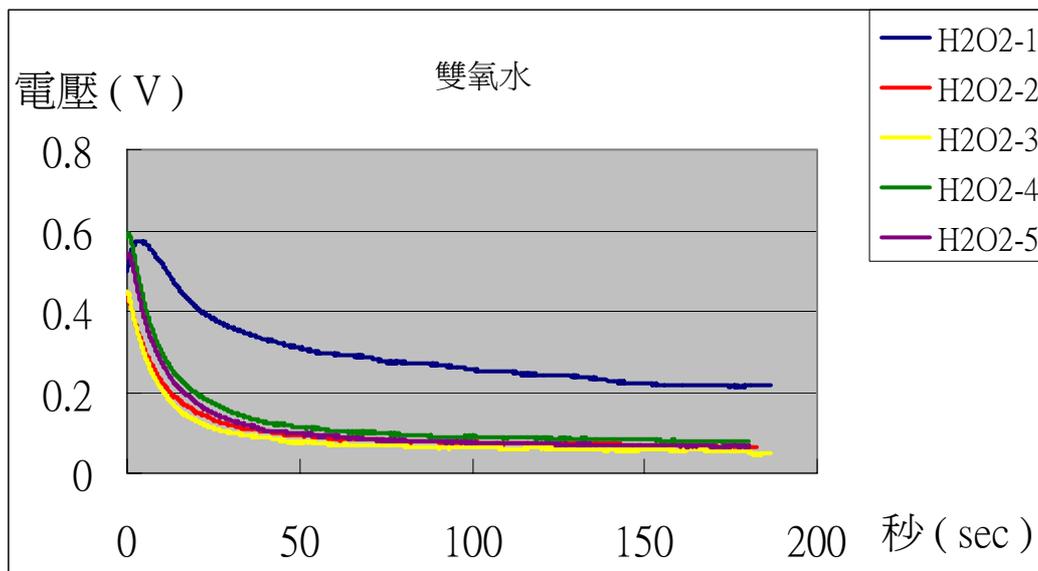


1.說明：

- (1)原高濃度的二乙基胺滴入螢光物質(藍色曲線)結果瞬間激發所有能量。約在 6 秒左右激發釋放所有的能量，所以我們只能觀察現象來不及偵測。
- (2)將二乙基胺稀釋 10 倍，其偵測值約為 0.5V 左右。
- (3)將二乙基胺稀釋 100 倍時，其偵測值約為 0.65V 左右。
- (4)將二乙基胺稀釋 1000 倍時，其偵測值約為 0.7V 左右，比原螢光棒的 0.45 V 高出很多。
- (5)將二乙基胺稀釋至 10000 倍，其偵測結果與原螢光棒相近。

〈六〉、雙氧水 — 其溶液不同濃度如下表所示：

	濃度一	濃度二	濃度三	濃度四	濃度五
雙氧水濃度	原濃度	$10^{-1}$ 倍	$10^{-2}$ 倍	$10^{-3}$ 倍	$10^{-4}$ 倍

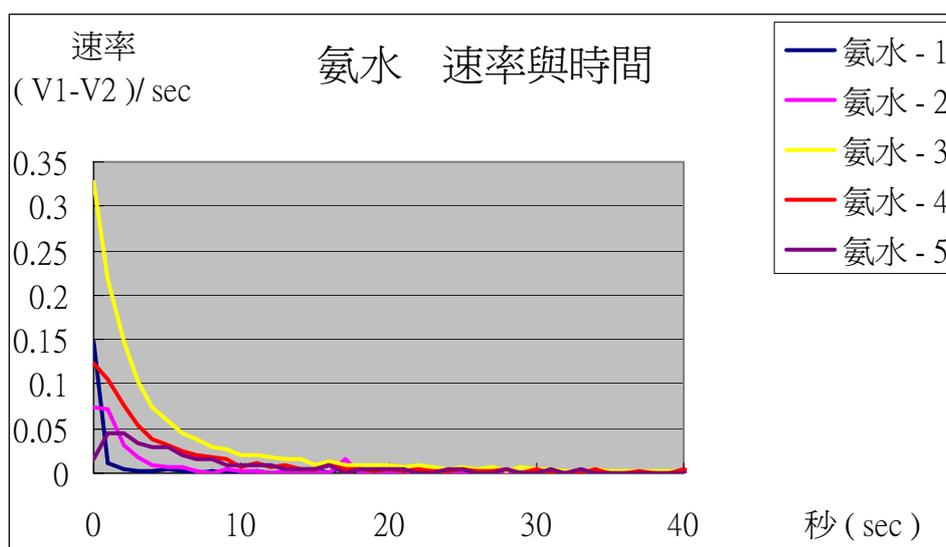


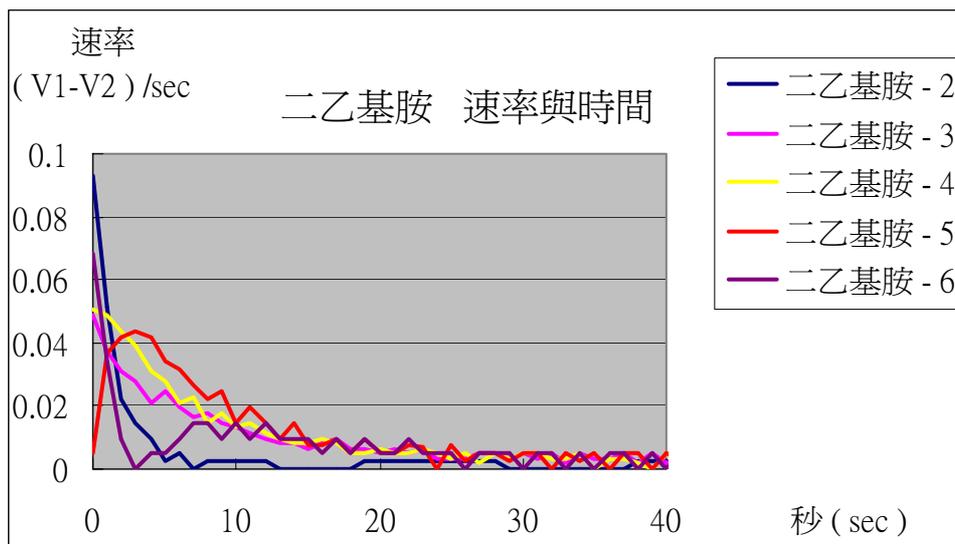
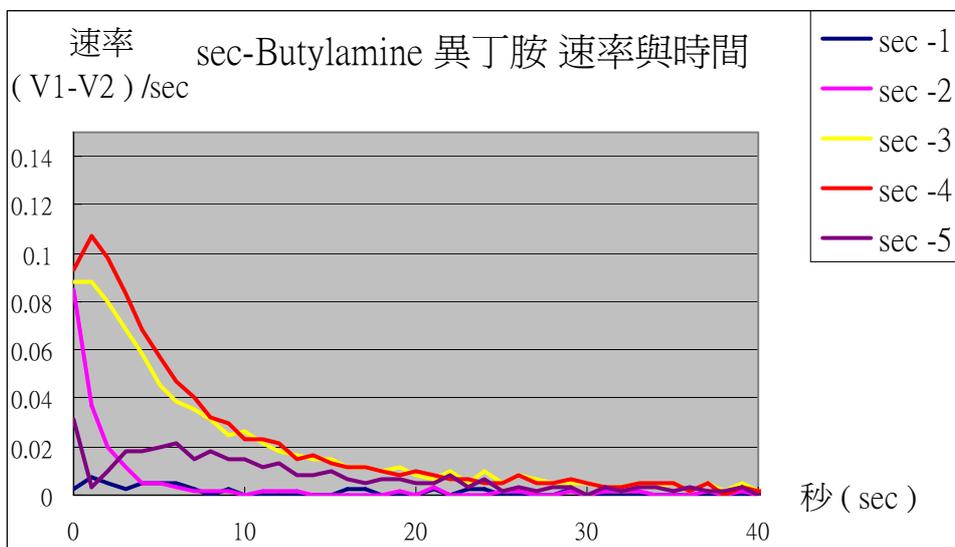
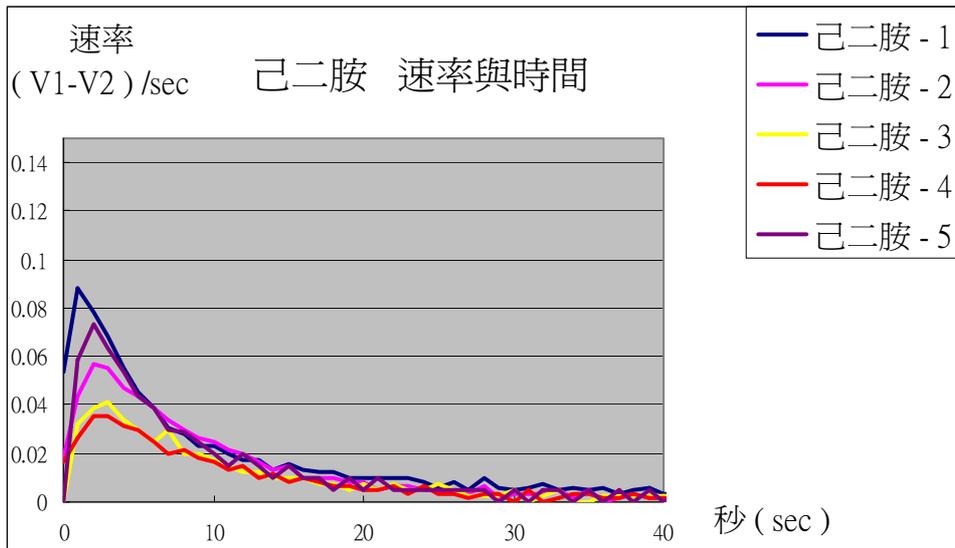
1.說明：

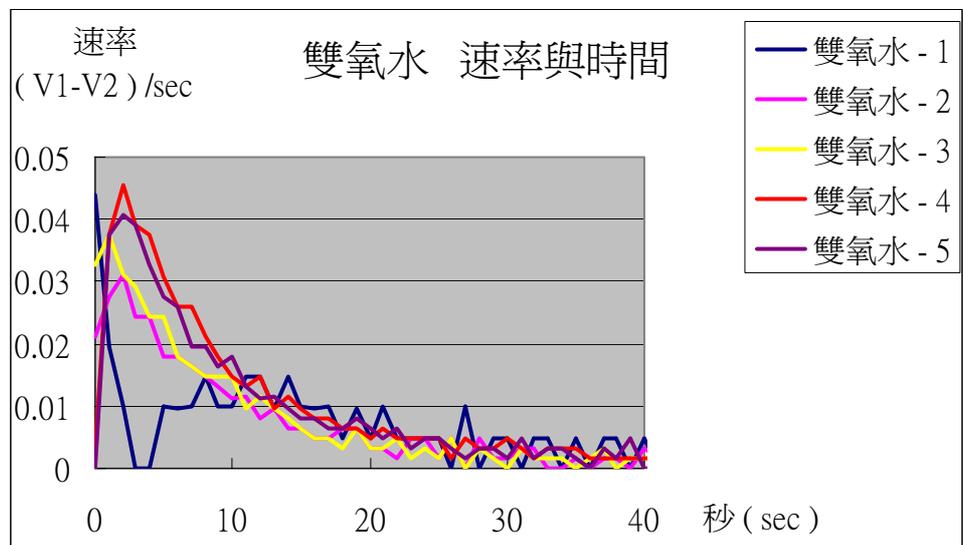
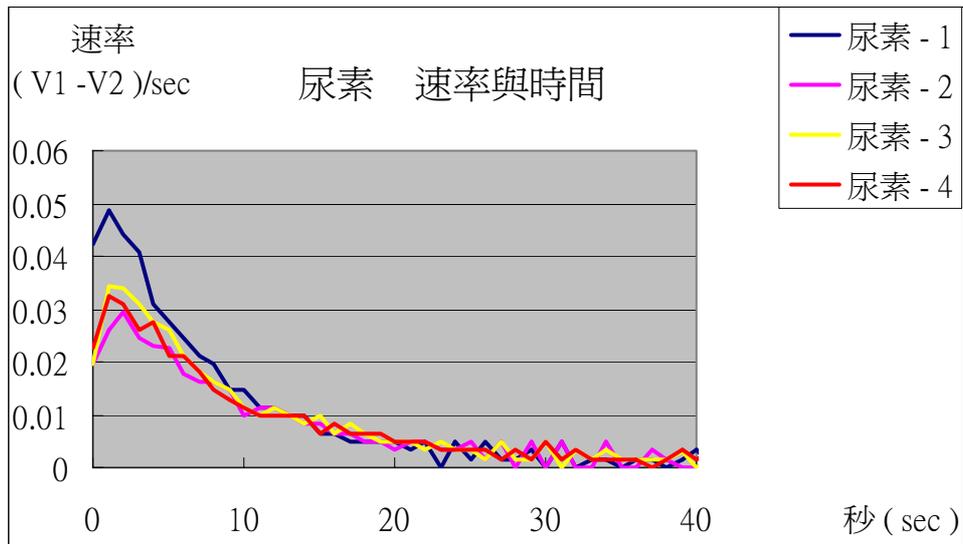
- (1)查詢相關資料，均以雙氧水當催化劑，所以我們加入雙氧水作為探討。
- (2)雙氧水從原濃度到稀釋 1000 倍，均有提高發光效率的現象；至於激發的現象沒有氨水與胺基化合物快速。

## 捌、討論

- 一、進行各種的實驗時，我們盡可能將其他條件控制在相同的情況下，例如：同一色系的螢光棒溶液、同時間測量、攪動次數一致、固定反應物的體積…等等，並在觀察圖表後會進行再一次的比對實驗操作。
- 二、加入含有胺基的化合物中，我們想討論氨水或含有胺基的化合物，是否是因為有“N”所造成的主要因素，於是我們就找了幾個不同含有胺基的化合物進行不同的比較，並歸納其結果。
- 三、進行氨水的實驗中，因為反應速率很快，所以起始的電壓紀錄，誤差值較大，甚至根本來不及紀錄，螢光棒便在極快的速度下〈約 1-2 秒內或時間更短〉釋放出所有的能量，所以我們所觀察到螢光棒瞬間發出耀眼的亮光後馬上消失變暗。
- 四、我們進行的幾種含有胺基的化合物中，我們所稀釋的溶液均以原來的藥品直接以 10 倍的方式稀釋，溶劑以乙醇為主，因為螢光棒內管試劑與外管試劑均與水不互溶。  
(一)討論含有胺基的化合物與不同濃度中激發的影響，以速率對時間做圖如下：

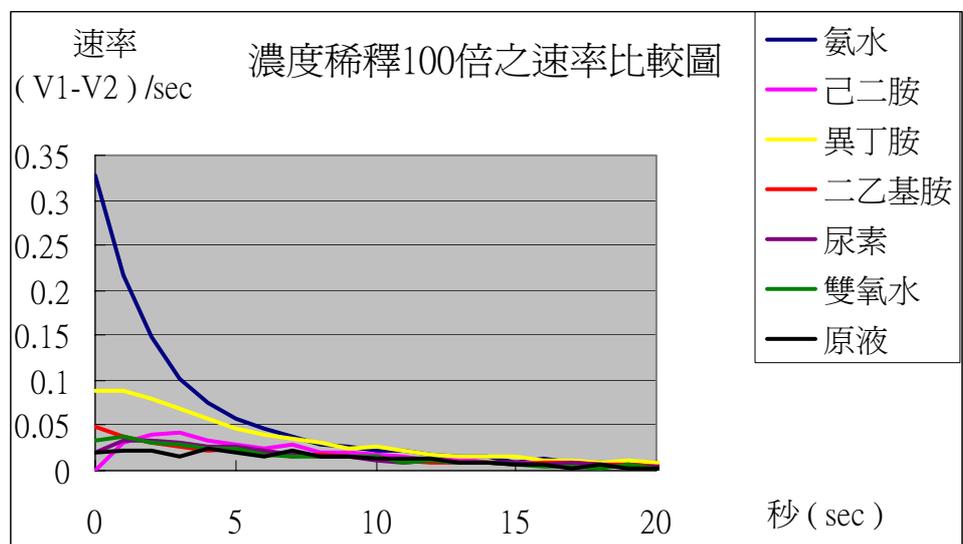


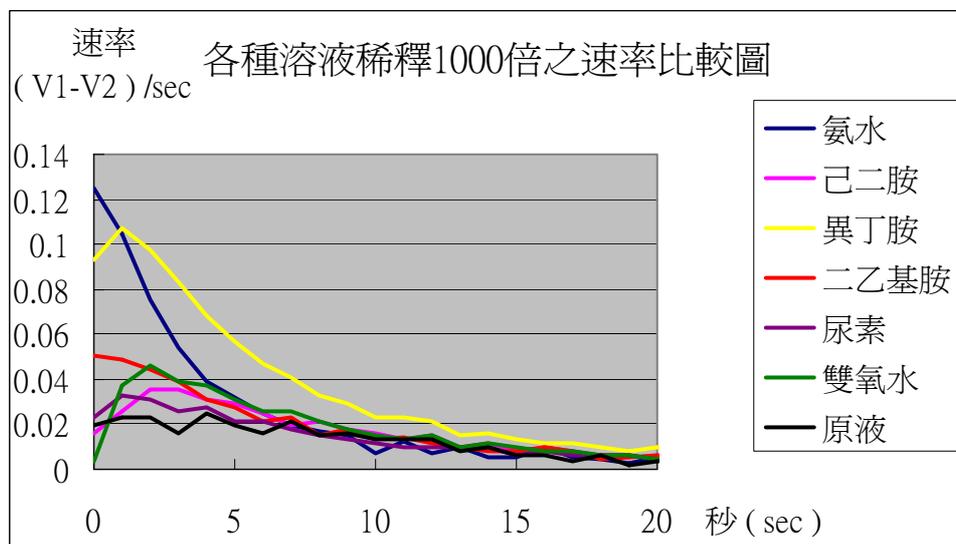
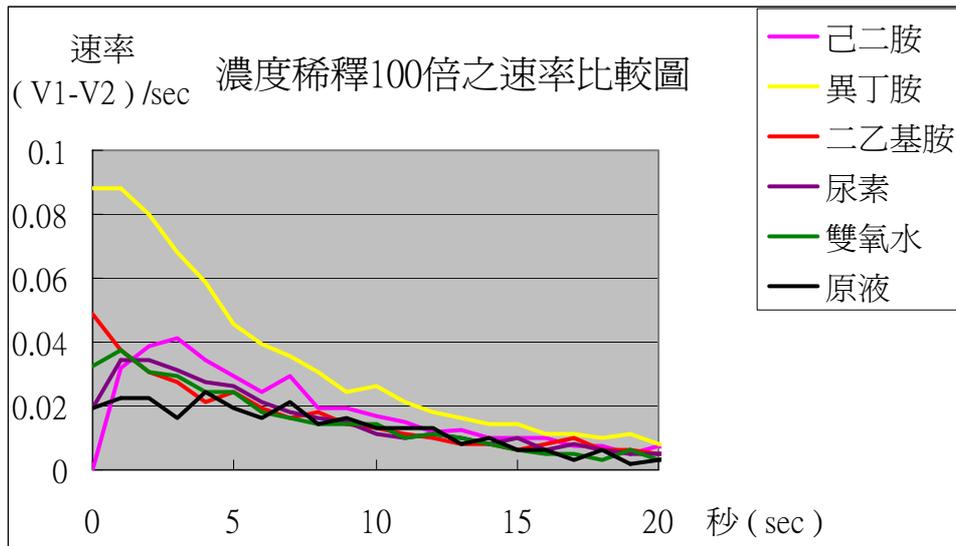




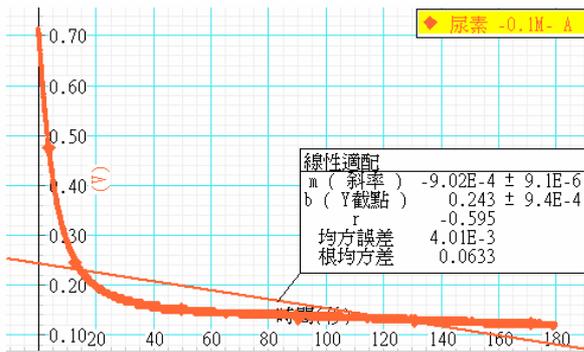
(二)結果我們發現，當濃度越大時，反應速率越快。

1.若我們取稀釋相同倍數與速率做比較時，如下圖：

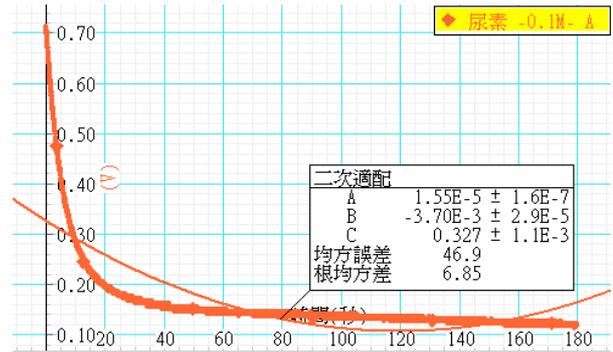




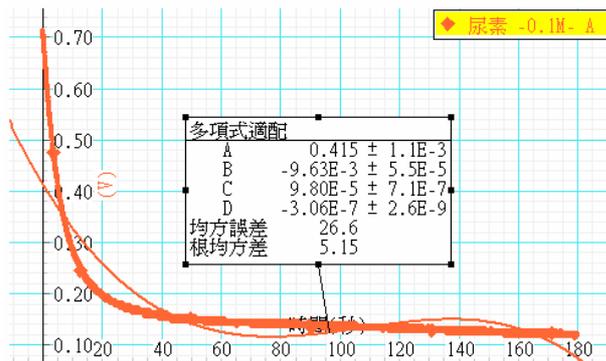
- 2.由稀釋相同倍數的圖表所知，氨水反應速率最快最明顯，其次是異丁胺。
- 3.在所有的實驗數據處理上，我們將螢光衰減後數據不再變化的部分捨去，所以在氨水及相關的化合物上取至 60 秒，而原螢光棒則取至 200 秒，才去探討曲線的數學關係。
- 4.所有的數據以 excel 處理，並帶進所有的曲線方程式，找出最合理的分程式來說明曲線的意義，以尿素為例，如下圖說明：



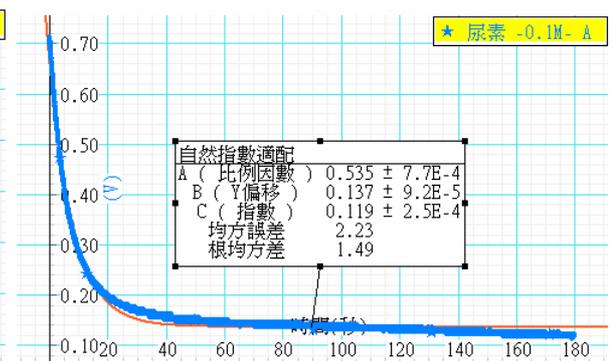
取線性適配



取二次適配



取多項式適配



取自然指數適配

## 5. 結果我們發現：

(1)所有的曲線以多項式方程式適配。結果沒有一個適合，但以自然指數適配

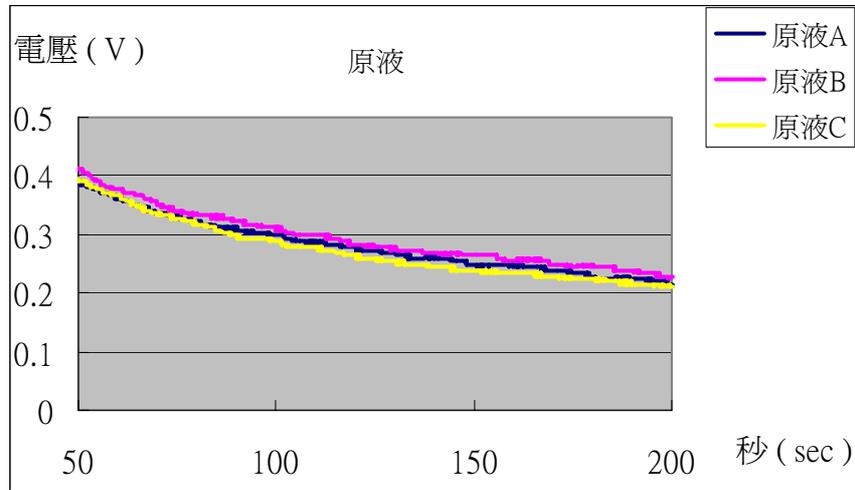
其符合度最高。

(2)所以我們嘗試將數據取對數值並對時間作圖並逐一討論，均則得到一條向下的曲線，如下圖說明。

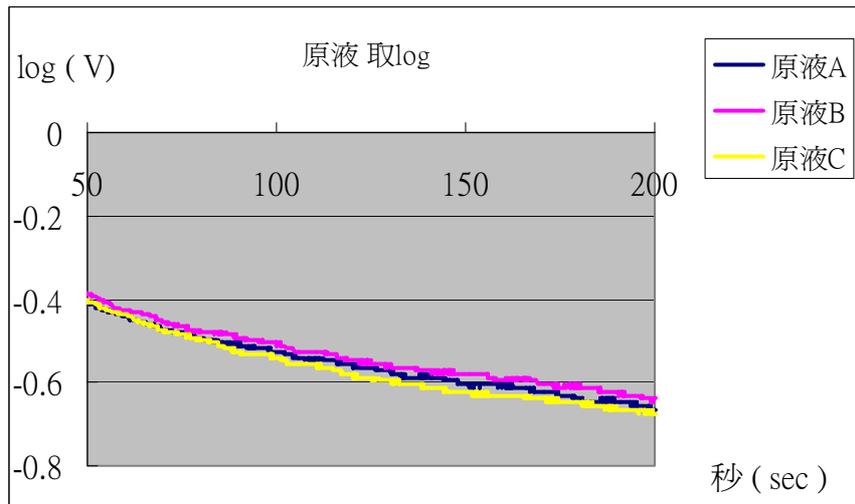
(3)繼續以濃度的倒數對時間作圖，發現可以得到一條線性關係較好的直線。

6.原螢光棒數據分析及討論：

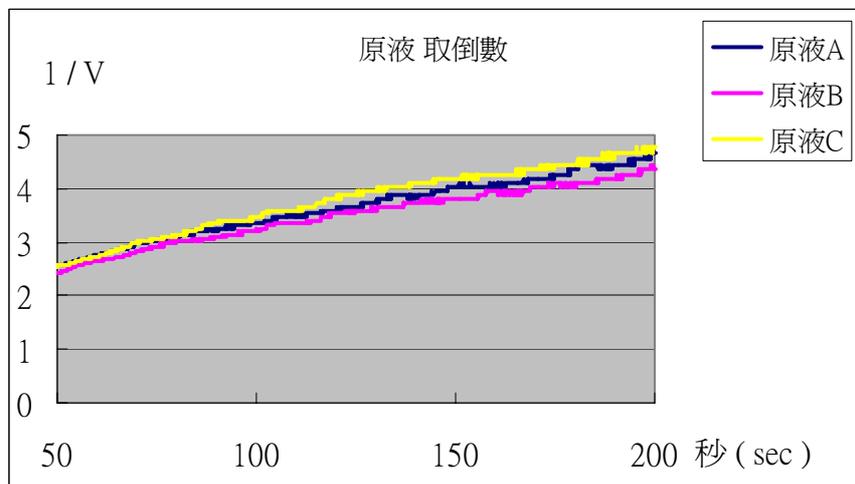
(1) 偵測的電壓值對時間做圖



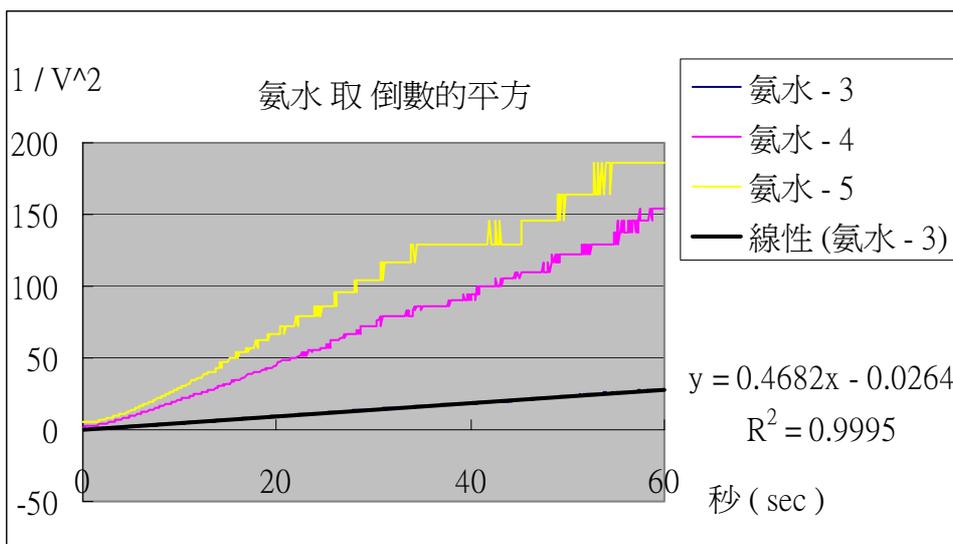
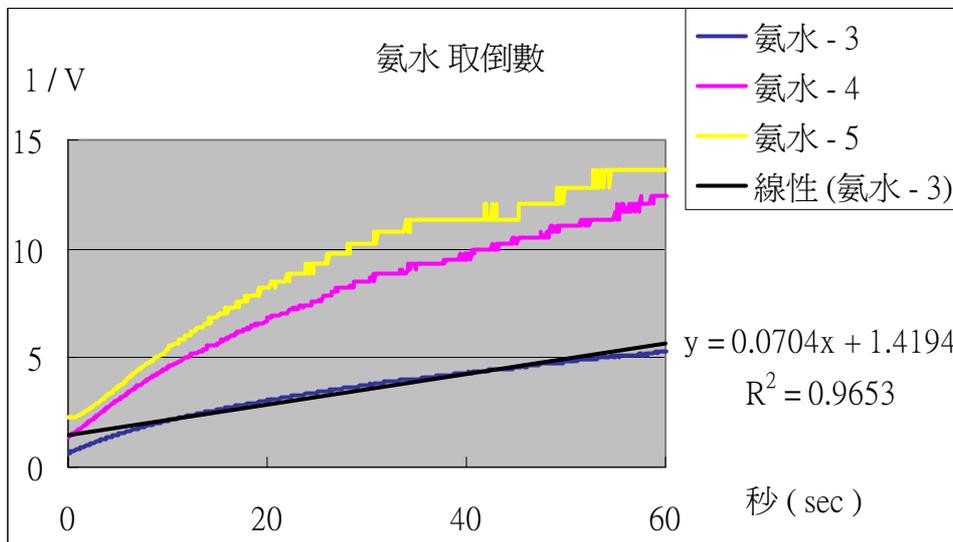
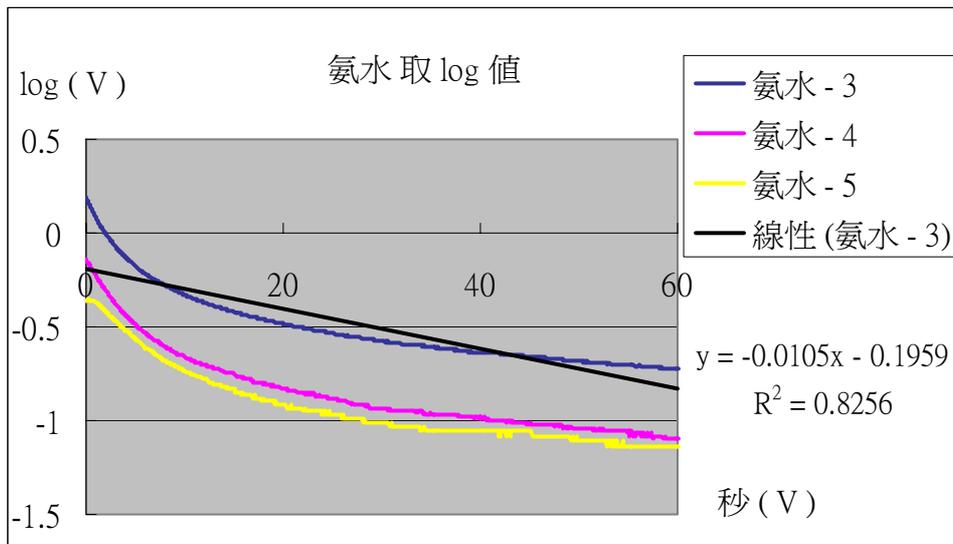
(2) 取對數值對時間做圖，可得一條微微彎曲的曲線，而在 80 秒以後，則趨近一條直線。



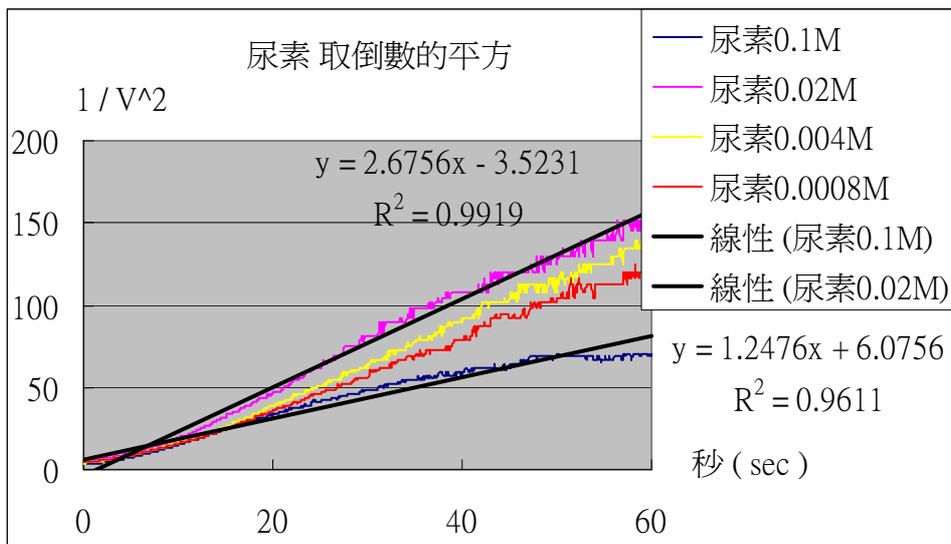
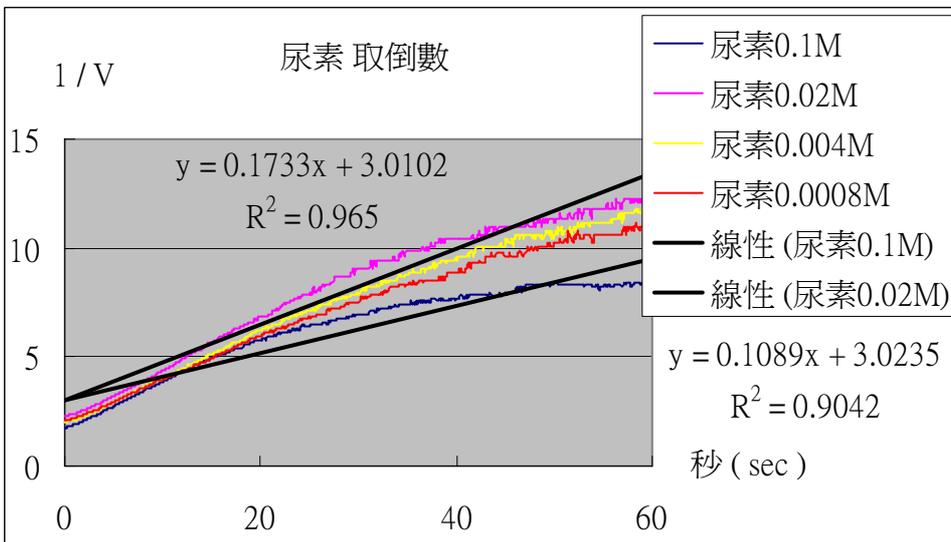
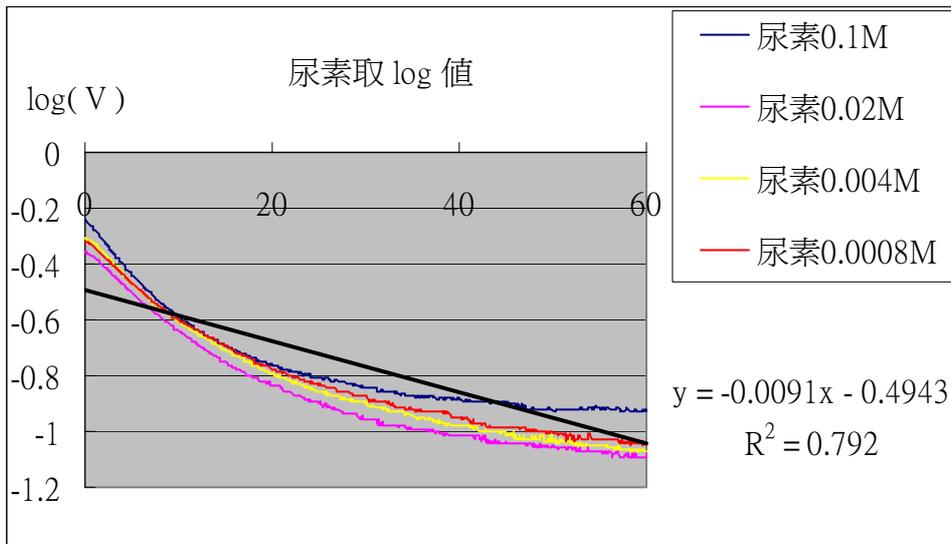
(3) 以倒數對時間作圖，所得到的關係圖



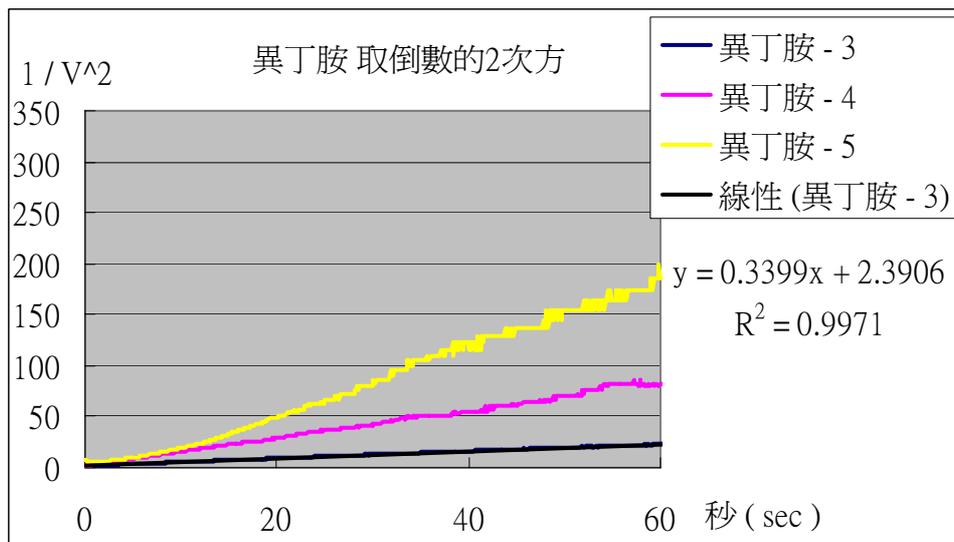
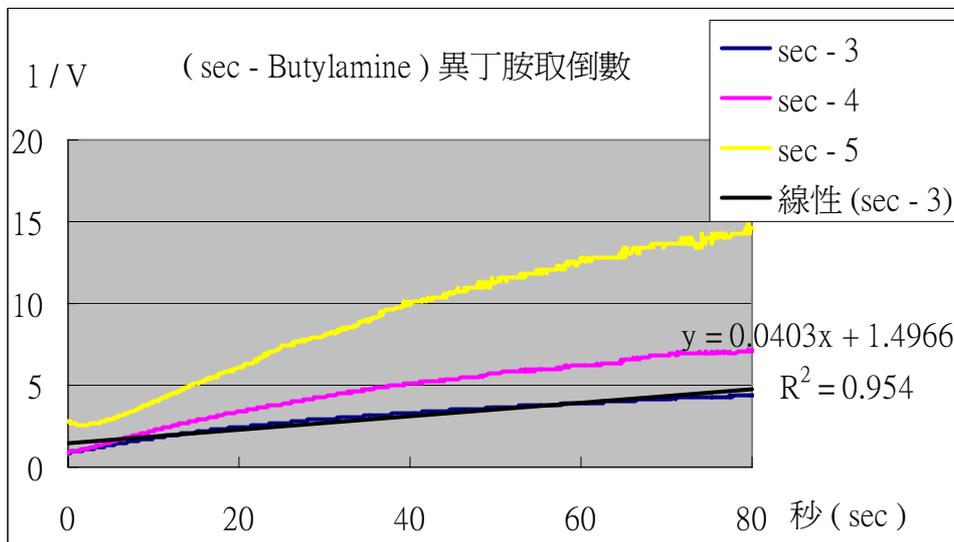
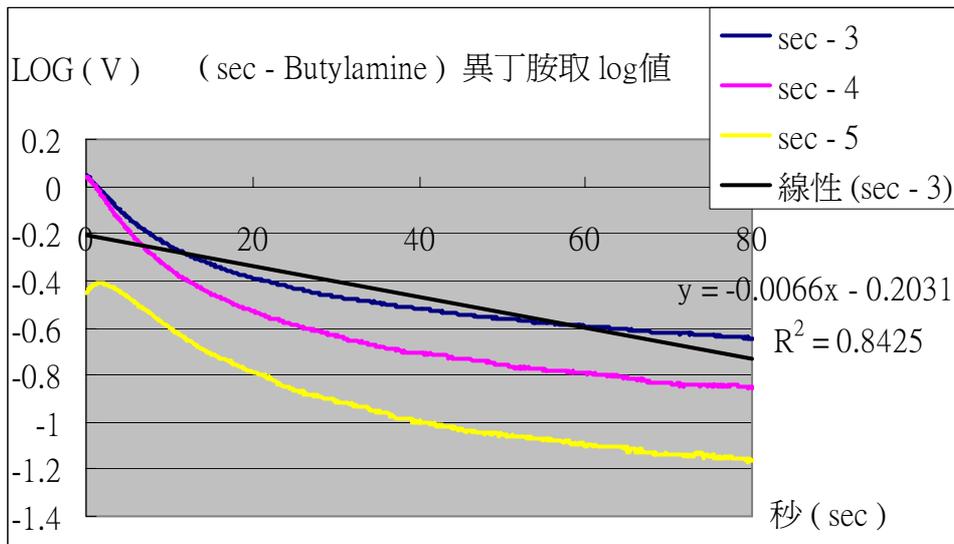
7. 氨水的數據分析圖：



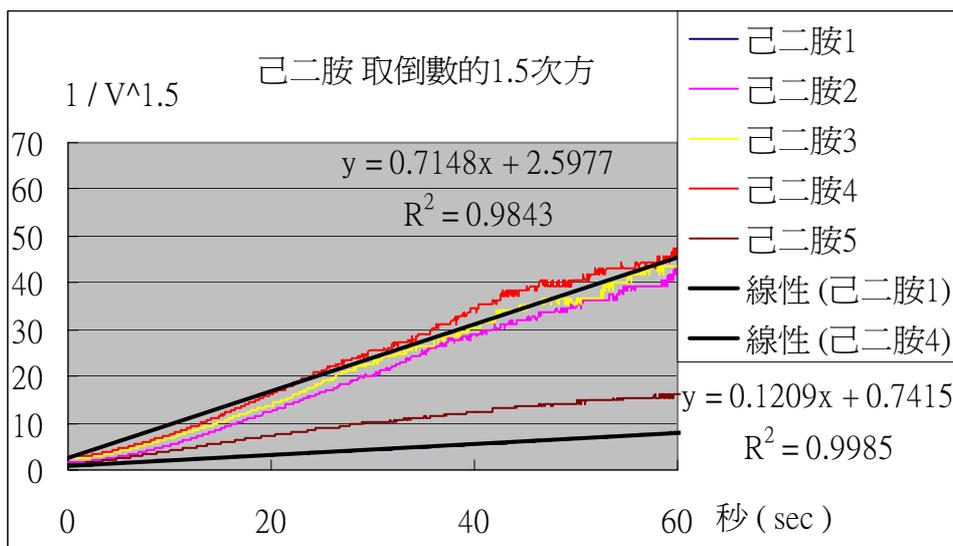
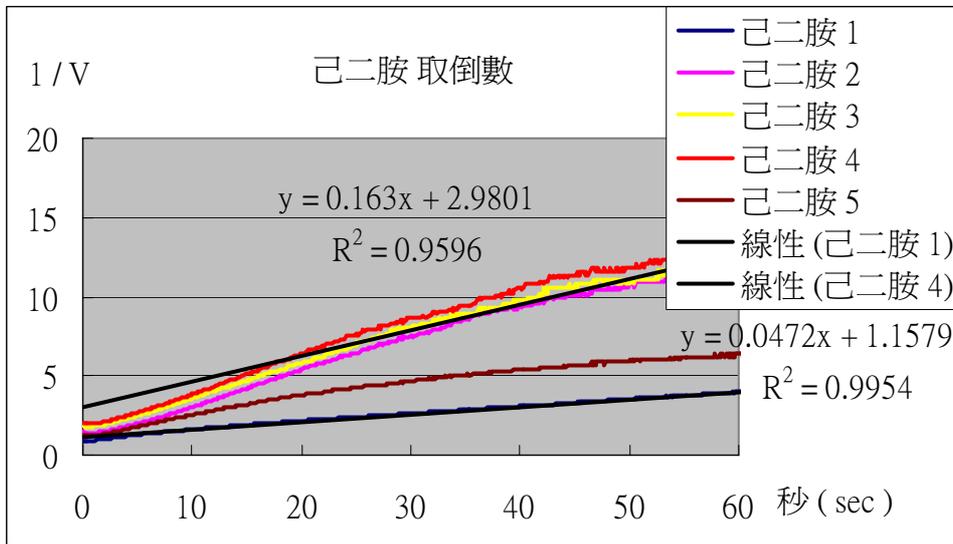
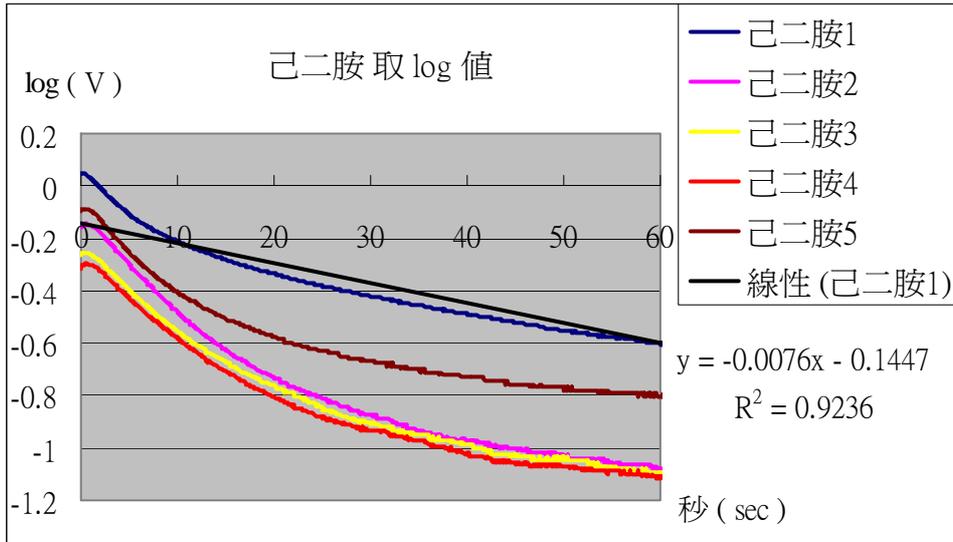
8.尿素的數據分析圖：



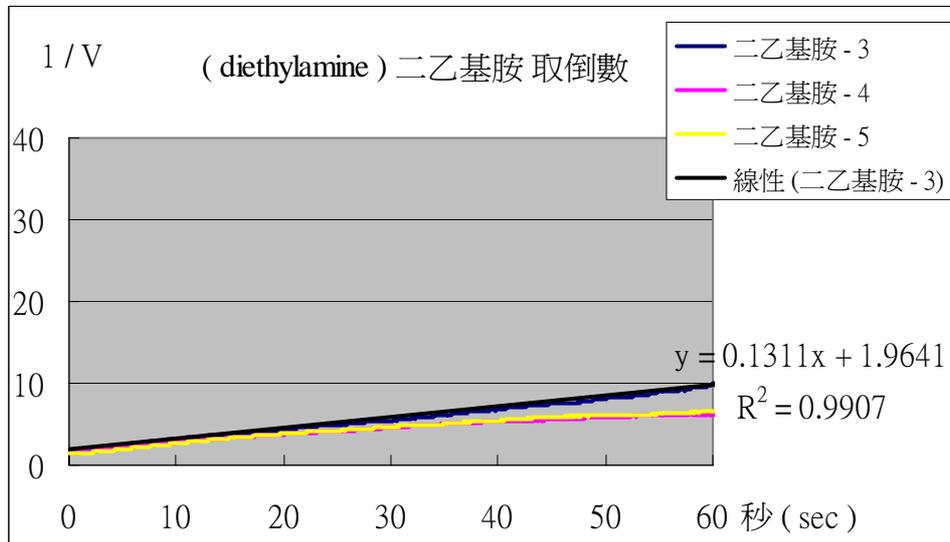
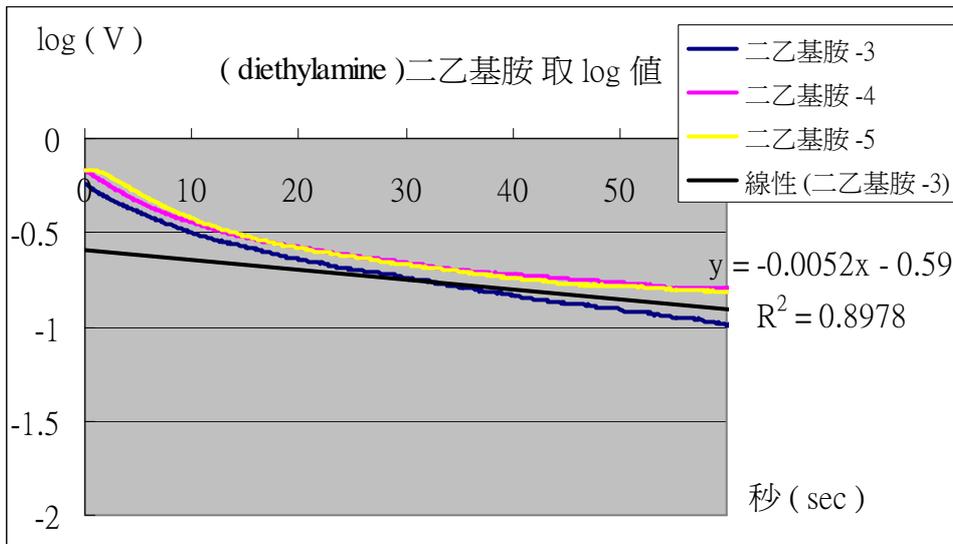
9. 〈 sec-Butylamine 〉 異丁胺的數據分析圖：



10. 〈 1,6-diaminohexane 〉 己二胺的數據分析圖：



11. 〈 diethylamine 〉 二乙基胺的數據分析圖：



(1)對數據的處理與探討部分，因部分數據的倒數對時間做圖所得的仍有些微彎曲，所以我們便以倒數的 1、1.2、1.5、1.8、2 次方分別試試其線性關係圖，我們發現有些可以得到比較好的線性關係圖。

## 玖、結論

- 一、在氨水及不同胺基化合物有關的實驗中，我們發現了幾個共同的現象，對螢光棒的發光均有激發的效果，且螢光棒的亮度均增加但也很快就衰減。
- 二、不同的胺基化合物其提升的亮度不同，以我們目前所作的實驗中，以氨水、己二胺與異丁胺的效果最佳，其最高值分別約為 1.6V、1.2V 及 1.16V，比較原螢光棒最高電壓值只有 0.45 V；在發光速率上，最佳的也是氨水，其次是異丁胺與二乙基胺。
- 三、我們探討及推論螢光棒發光的激發過程中所影響的程度，其偵測電壓值的倒數對時間作圖，所得線性關係最好，我們也嘗試以倒數的不同次方作圖，有些的線性關係更好（以回歸曲線的可得一條 R-squared 值接近 1 的線性直線作為判斷的依據）。
- 四、以我們現有的氨水、尿素及胺基化合物中，我們得到氨水、己二胺和異丁胺對螢光的激發效果最快，其次是二乙基胺，至於提升發光效率最弱的是尿素，而市售的雙氧水提升的發光效率則比尿素佳。
- 五、我們發現，氨水及具有胺基的化合物，均能提升螢光棒的發光效率，且有不同的激發效果。以相同的化合物而言，濃度越大，則反應速率也就越快。也證明我們一開始從氨水及尿素所發現對螢光棒激發的現象，及推論其他含有胺基化合物也均有共同的現象。也間接證明與化合物中的 " N " 有相當大的關係。

## 拾、未來展望

由於我們無意中的發現，而且是很有趣的發現，氨水及具有胺基的化合物均能使螢光棒能在短時間內有效率的釋放能量。未來我們希望能找出控制時間長短的試劑，並藉由試劑來改變螢光棒的發光時間，使我們對螢光棒的使用會更有效率。我們可在螢光棒中分別放入不同顏色的小管，管中也放著不同的試劑，可以依自己喜好與場合激發自己手中的螢光棒，也許在下一場的演唱會中，當演唱會一結束，螢光棒也發揮應有的功能而釋放所有能量，而不致演唱會結束後螢光棒仍在發光就被隨意亂丟棄堆積如山高。

## 拾壹、參考資料及其他

一、康軒版八下第二章 濃度

二、康軒版八下第三章 反應速率

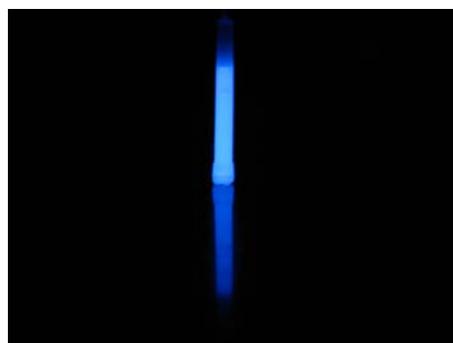
三、康軒版八下第四章 有機化合物

四、余岳川 著 生活與化學 中山學術文化基金會

五、活動照片：



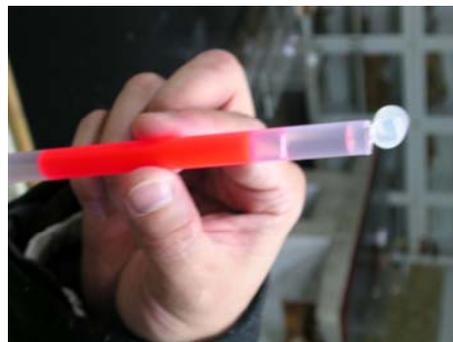
市售螢光棒



發光情形



所使用螢光棒



將其塑膠管切開



玻璃管裝的內液



將其外液與內液分開



所使用藥品



利用 pipette 測量所需體積



利用 parafilm 封好試管



已配製好的藥品



偵測螢光裝置圖



DV 攝影裝置



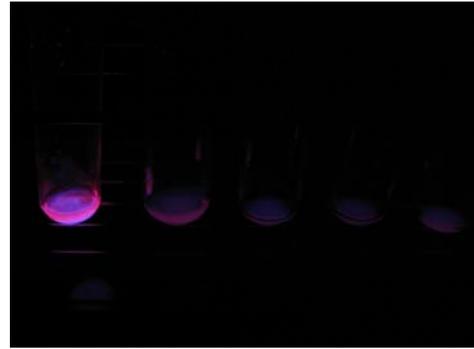
偵測實驗裝置圖



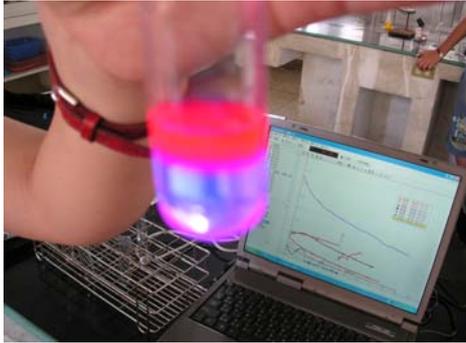
測量實驗



分別加入不同濃度氨水



發光情形



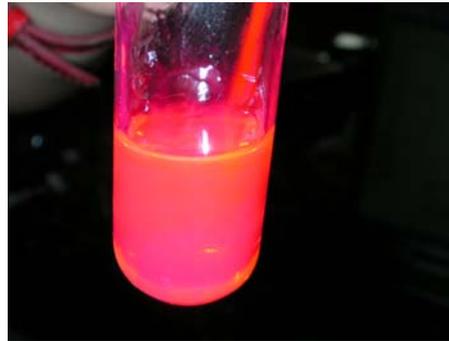
發光情形



發光情形



發光情形



發光情形



發光情形



發光情形



廢液回收

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會  
評 語

---

國中組 理化科

佳作

031619

螢光棒的驚鴻一瞥

宜蘭縣立復興國民中學

評語：

1. 內容豐富有創意
2. 所添加的化合物，應有更詳細有系統的探討