

# 第五屆旺宏科學獎

## 成果報告書

參賽編號：SA5-303

作品名稱：金價”觸媒”頭

(TiO<sub>2</sub> 奈米光觸媒摻混金屬或金屬離子的探討)

姓名：李慧君

關鍵字：二氧化鈦、奈米光觸媒、金屬離子

## 摘要

近來光觸媒的運用時有所聞，雖然對於光觸媒抱持著很大的興趣，但光觸媒對我們來說還是很陌生，爲了對它有更深一層的了解以及渴望能深入研究，所以我開始著手搜尋各種相關資料。

一次偶然的機會中，我和指導老師參加了一場科工館舉辦的演講，主講人爲成功大學的翁鴻山教授，演講內容爲金屬及金屬氧化物可應用其容易捕捉電子的性質增加光觸媒的催化能力。這使得我和指導老師想到可以利用金屬及金屬離子的氧化還原性質，增加其催化能力。

但爲了增加其實用性，我們決定選擇幾種在高中實驗室裡唾手可得的金屬或金屬離子來進行這方面的實驗。

由於紫外光的照射，使光觸媒產生了電子與電洞，而與水發生反應生成氫氣自由基與超氧離子，進而分解有機污染物。然而，經光線照射所產生之電子與電洞，在傳導到光觸媒表面途中，容易發生再結合現象，因而降低了光觸媒的催化能力，必須設法避免。

如果在光觸媒中添加渡金屬，可捕捉電子，協助電洞傳導到表面，而且金屬本身也具有催化能力，因此添加金屬，不僅可以減少電子與電洞再結合的機會，亦可增加催化的能力。

同樣地如果在光觸媒中添加金屬氧化物，亦可捕捉電洞，協助電子傳導到觸媒表面，亦可增加催化的能力。

實驗過程中，我們選擇用銳鈦礦型二氧化鈦，因爲共價帶電位很高，經光照射後所生成的電子電洞對，具有很強的氧化能力；再者銳鈦礦的傳導帶電位比其他型二氧化鈦低，因此其電子具有較強的還原能力及較高催化活性。

銳鈦礦型二氧化鈦的能帶隙爲 3.2eV，要它產生電子-電洞對必須以波長小於 380nm 波長的光照射。由於小於 380nm 波長的光屬於紫外線的範圍，故我們使用紫外燈管持續照光並且加入雙氧水、金屬、金屬離子等不同的變因，並且紀錄其反應結果。

實驗結果發現奈米級的二氧化鈦較一般粒徑催化效果明顯好上許多，推測奈米級二氧化鈦反應時電子電洞傳遞的路徑較短，電子電洞較不易再結合，故可持續催化效果。

至於本次實驗的主要討論是加入金屬或金屬離子增加催化速率的結果，金屬部分是以 Mg 片的效果最好，討論原因爲 Mg 的氧化電位較高；而離子部分則是銀離子的效果最好，因爲銀離子的還原電位最高，可捕捉光觸媒的電子，減少電子電洞再結合的機

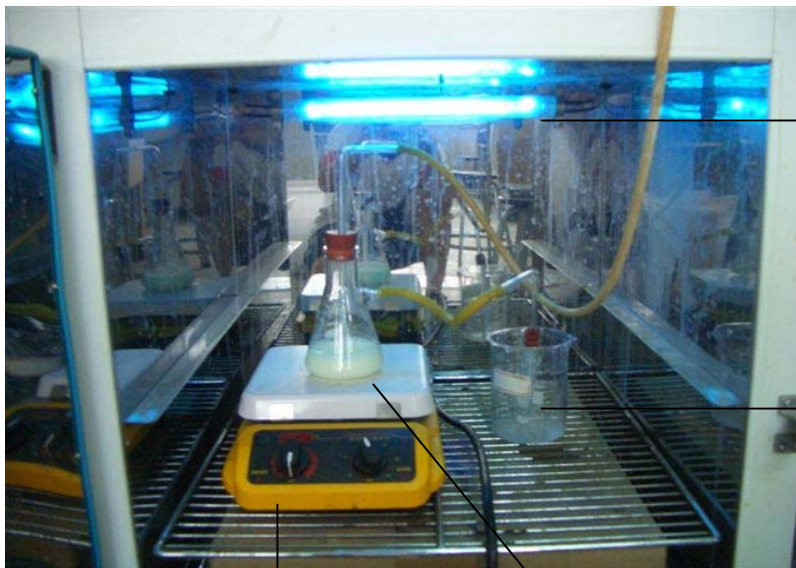
率。

最後比較加金屬與金屬離子的催化效果，發現離子的反應速度明顯的較快且量較多，推論原因是因為金屬離子的催化是勻相催化，較非勻相催化效果好。

<裝置圖>



氧氣供應瓶

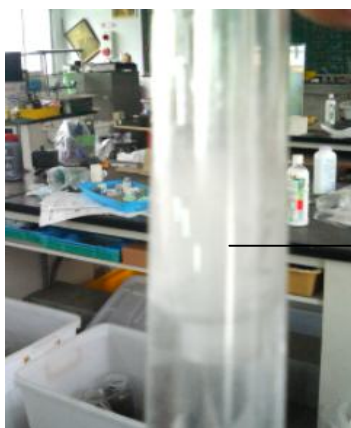


紫外線燈管(260nm)

氫氧化鋇飽合液

電磁攪拌器

$\text{TiO}_2 + \text{hexane} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{攪拌子} + \text{金屬或金屬離子}$



經反應後氫氧化鋇試管內所產生的碳酸鋇

# 目錄

|                |      |
|----------------|------|
| 壹、研究動機·····    | p05  |
| 貳、研究目的·····    | p06  |
| 參、研究設備及器材····· | p07  |
| 肆、研究過程或方法····· | p08  |
| 伍、研究結果·····    | p13  |
| 陸、討論·····      | p26  |
| 柒、結論·····      | p28  |
| 捌、應用·····      | p29  |
| 玖、參考資料·····    | p 29 |

## 壹、 研究動機：

最近常在報章雜誌上看到有關介紹光觸媒的報導，但在我聽到光觸媒這個新名詞時，都感到非常陌生，所以也引發我對光觸媒產生好奇心，究竟是什麼神奇的功效，讓光觸媒一詞時常出現在你我的生活中，而使大家特別注意它？

剛好也要找一個學校科展的題材，於是我找了一些相關資料，發現它具有殺菌、去污的功效，且多半用於空氣清淨機、冷氣機中。但究竟是什麼因素影響了它的殺菌能力呢？因此，我決定著手探討光觸媒的殺菌效果。

爲了更深入了解光觸媒，我開始著手搜尋各種相關資料，但大多數的資料都看不太懂。其中有一篇台大化工系的碩士論文(作者爲潘建呈先生)，他提到可以利用溶膠凝膠法合成二氧化鈦，並且在製作過程中鉻、氮元素，可以使光觸媒的催化作用增加。但我覺得普及性可能不高，而且在日常生活中也比較難以製作這些元素，因此我又努力去尋找較實用、較生活化的方法來增加光觸媒的催化能力。

後來，一次偶然的機會中，我和指導老師參加了一場科工館舉辦的演講，主講人爲成功大學的翁鴻山教授，演講內容爲金屬及金屬氧化物可應用其容易捕捉電子的性質增加光觸媒的催化能力。這使得我和老師想到可以利用金屬及金屬離子的氧化還原性質，來增加其催化能力。但爲了增加其實用性，我決定選擇幾種在高中實驗室裡唾手可得的金屬或金屬離子來進行這方面的實驗。

因爲現今有太多太多的方法可以達到這樣的需求，所以本實驗將主要的目的定位在”實驗器材的簡單”和”材料的易取得”並不考慮那些太繁複的高科技技術。也以此爲主軸進行實驗。

## 貳、 研究目的：

一、 研究不同粒徑之光觸媒對污染物的去污效果。

- 1.比較奈米級的二氧化鈦和一般顆粒的二氧化鈦其。
- 2.比較二氧化鈦的粒徑大小的不同對電子和電動的傳遞所造成的差異。

二、 研究加入過氧化氫之後之光觸媒的去污效果。

- 1.比較是否添加過氧化氫對反應物的分解效果.速率的差異。
- 2.觀察過氧化氫是否能被二氧化鈦有效分解而對反應物的分解效果.速率有影響。

三、 研究加金屬是否對光觸媒的去污效果有影響。

- 1.觀察金屬自身的特性是否對反應物的分解效果.速率有影響。
- 2.觀察不同的金屬對反應物的不同影響和其造成的結果。

四、 研究加金屬離子是否對光觸媒的去污效果有影響。

1. 觀察金屬離子自身的特性是否對反應物的分解效果.速率有影響。
2. 觀察不同的金屬離子對反應物的不同影響和其造成的結果。

## 參、研究設備及器材：

### (一) 儀器設備：

- 1.滴管
- 2.量筒(25ml)
- 3.刮勺
- 4.蒸餾水
- 5.試管
- 6.UV 燈管(260nm)
- 7.紫外線殺菌烘箱
- 8.攪拌器
- 9.攪拌石
- 10 氧氣筒
- 11 電子天平
- 12 錐形瓶
- 13 橡皮管
- 14 玻棒

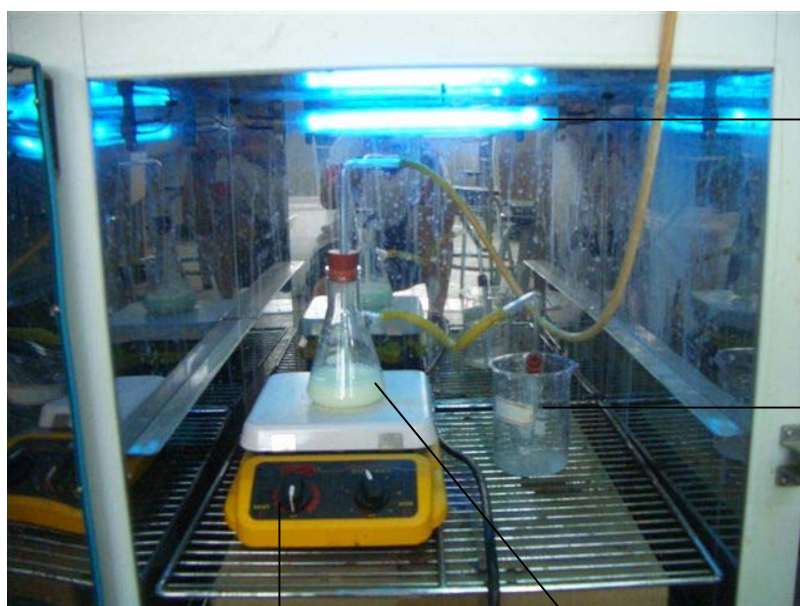
### (二) 試藥：

- 1.二氧化鈦
- 2.氫氧化鋇
- 3.銅粉
- 4.鐵粉
- 5.鎂帶
- 6.鐵粉
- 7.正己烷
- 8.雙氧水
- 9.鋁粉
- 10.鉛粉
- 11.硫酸鎳( $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )
- 12.硫酸鎂( $\text{MgSO}_4$ )
- 13.硫酸銀( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ )
- 14.硫酸銅( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

<裝置圖>



氧氣供應瓶

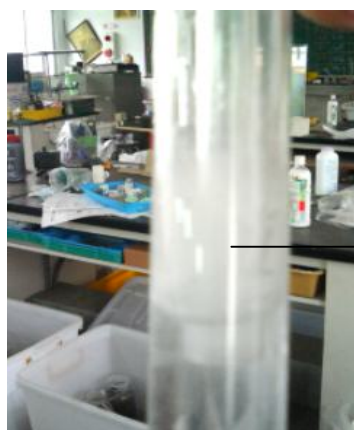


紫外線燈管(260nm)

氫氧化鋇飽合液

電磁攪拌器

$\text{TiO}_2 + \text{hexane} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{攪拌子} + \text{金屬或金屬離子}$



經反應後氫氧化鋇試管內所產生的碳酸鋇

## 肆、 研究過程或方法

### 一、實驗原理：

#### （一）觸媒反應的發現：

1972年東京大學藤嶋昭教授與其老師本多健一教授在以二氧化鈦和白金為電極進行水的分解反應實驗時，偶然發現以水銀燈（發射紫外光）照射時兩極電極上均有氣體發生。在收集氣體分析後，證實在二氧化鈦電極和白金電極所產生的氣體分別是氧氣和氫氣。此一發現在當時引起極大的震撼，也開啓了光觸媒的研究。

在本多與藤嶋兩位教授的實驗中二氧化鈦就是扮演著光觸媒的角色。由於光的照射，產生了電子與電洞，而與水發生反應從而生成的氫氣和氧氣。以光觸媒分解水雖然獲得證實，但效率很低，迄今仍未實用化。不過光觸媒在空氣的淨化、防污、殺菌等民生及環保的應用卻有蓬勃的發展。

#### （二）氧化鈦光觸媒之種類概述

天然的二氧化鈦有三種型態，即銳鈦礦型(anatase)、金紅石型(rutile)及板鈦礦型(brookite)。它們是因為鈦和氧原子排列不同而形成不同的結晶構造。在這三種二氧化鈦中，銳鈦礦型和金紅石型皆有光催化能力。

銳鈦礦型和金紅石型二氧化鈦的共價帶電位很高，經光照射後所生成的電洞具有很強的氧化能力；再者銳鈦礦的傳導帶電位比金紅石低，因此其電子（由價電子帶激發出來的）具有較強的還原能力。綜合這兩個事實，可了解銳鈦礦型二氧化鈦具有較高催化活性的原因。

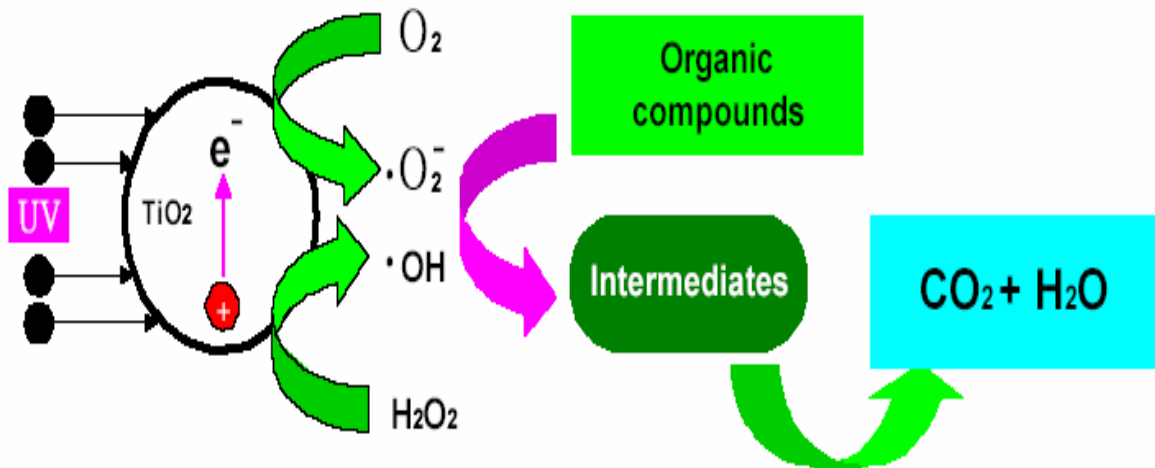
銳鈦礦型二氧化鈦的帶隙為 3.2eV，要他產生電子-電洞對必須以小於 380nm 波長的光 ( $1240/3.2=387.5$ )。由於小於 380nm 波長的光屬於紫外線的範圍，這就是二氧化鈦光觸媒需要以紫外光照射才能發生作用的緣故。

因為太陽光中並非所有的光都屬於紫外光，若僅靠太陽光則無法有效地使二氧化鈦發揮其功能，而必須以人工紫外光(通常使用水銀燈)，或將二氧化鈦改質或發展可見光光觸媒。

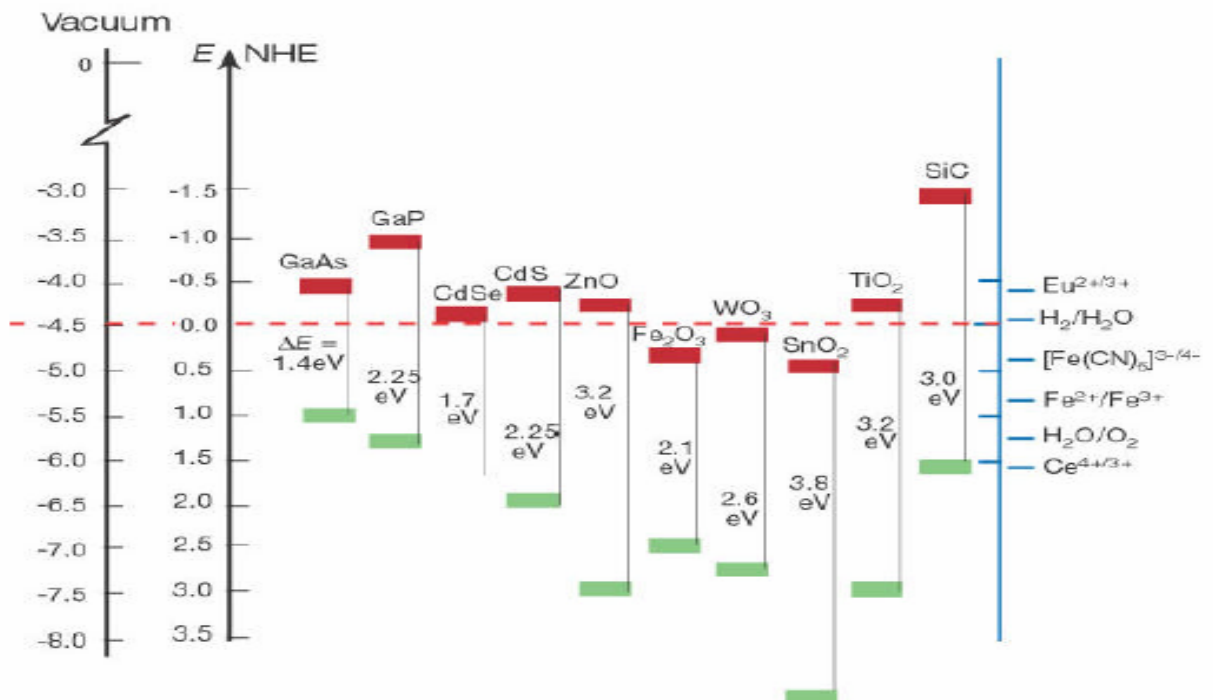
#### （三）光觸媒的除污原理：

一種半導體材料的能帶結構，其價電帶（Valence Band）與導電帶（Conduction Band）被一能隙（Band Gap）所分開，例如TiO<sub>2</sub> 半導體材料其能隙為 3.0~3.2 eV，若是轉換成光能的波長約為 388 nm，所以當光能量大於此光能量，即光波長小於此波長(如紫外光 256~390 nm)就可將電子從基態價帶激發到導態，形成電子-電洞對，如此，上述半導體材料即可扮演光觸媒的角色：電子-電洞在具有足夠生命週期的情況下，電子就可以擴散至光觸媒的表面，和光觸媒表面吸附分子的電子接受者氧氣（O<sub>2</sub>）結合而將其還原成超氧離子。

當電動擴散至光觸媒的表面，就會和光觸媒表面吸附分子的電洞接受者[水 ( $\text{H}_2\text{O}$ )] 結合而將其氧化成氫氧自由基 ( $\cdot\text{OH}$ )，由於氫氧自由基的氧化能力相當強，在所有氧化劑中排名第二位，僅次於氟；可針對細菌（有機物質）、臭味（有機氣體）做氧化分解處理(三-四)。圖一表示簡單地二氧化鈦光觸媒反應機構的模式圖。許多半導體光電陶瓷皆可做為光觸媒，如圖二(五)所示之 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{CdS}$ 、 $\text{WO}_3$ 。



圖一、二氧化鈦光觸媒的反應機構模式



圖二、各類半導體材料之能隙分佈與關鍵性氧化還原電位<sup>[5]</sup>

#### (四) 觸媒的催化作用：

##### 1. 電子的能帶－

原子中的電子，分別具有某一特定大小的能量，距離原子核愈遠的電子，具有的能量愈高。當原子集成結晶時，由於受到其他原子之吸引力的影響，電子的軌道會變寬，電子所帶有的能量範圍也隨之變寬，形成能帶。受到其他原子吸引力的軌道通常是外面二個軌道。

根據原理，第三軌域對應的能帶稱為共價帶(或價電子帶)，外側之能帶則為傳導帶。在這二個能帶之間，並無電子存在，被稱為禁制帶(或禁止帶、空泛帶)。

##### 2. 電子與電洞－

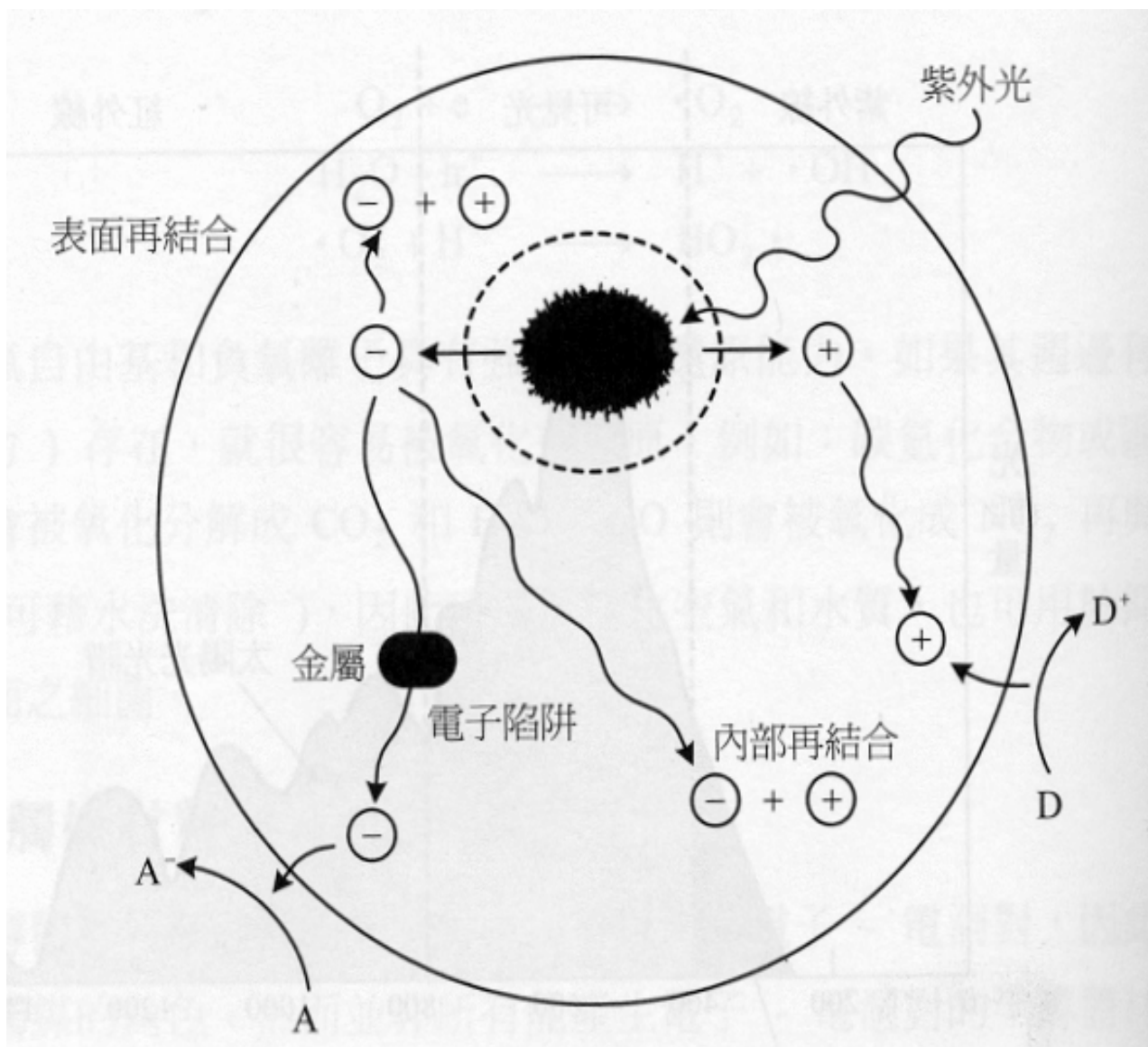
共價帶上的電子若受到具有大於禁制帶幅度的能量或照射時，會跳到傳導帶，且會自由移動而有傳導的能力。由於電子之跳出，共價帶會留下電洞(或稱正孔)。

禁制帶的寬度即為傳導帶與共價帶兩者能量之差，被稱為帶隙(band gap，或譯為能隙)。要激發電子所需的光波能量(E)至少要大於帶隙( $E_g$ )，而光波的能量隨波長而異( $E=h\nu=hc/\lambda$ )。

#### (五) 添加金屬的效應：

電子與電洞再結合現象－經光線照射所產生之電子與電洞，在傳導到光觸媒表面途中容易發生再結合現象，因而降低了光觸媒的催化能力，必須設法避免。

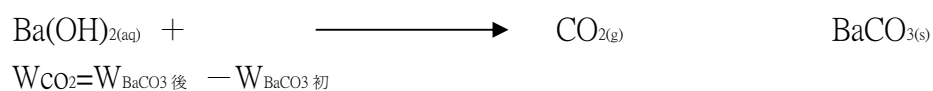
因應方法－如果在光觸媒中添加金屬，可補捉電子協助傳導到表面，而且金屬本身也具有催化能力，因此添加金屬，不僅可以減少電子與電洞再結合的機會，亦可增加催化的能力(見圖b)。同樣地如果在光觸媒中添加金屬氧化物，亦可補捉電洞協助傳導到觸媒表面。



圖(b)

## 二、實驗步驟

- (一) 二氧化鈦 0.2 公克，正己烷 20 cc，雙氧水 10 cc，蒸餾水 90 cc。
- (二) 污染物 1.0 公克。
- (三) 加入一錐形瓶中，並放入攪拌石。
- (四) 攪拌器的轉速固定在轉速為 5，開始攪拌。
- (五) 錐形瓶以橡皮管連接，通入氧氣。
- (六) 錐形瓶另一端以橡皮管連接盛裝氫氧化鋇溶液之試管。
- (七) 開紫外線殺菌烘箱的燈，開始實驗。
- (八) 一小時計錄一次試管重量，由試管增加重量推算產生的二氧化碳重



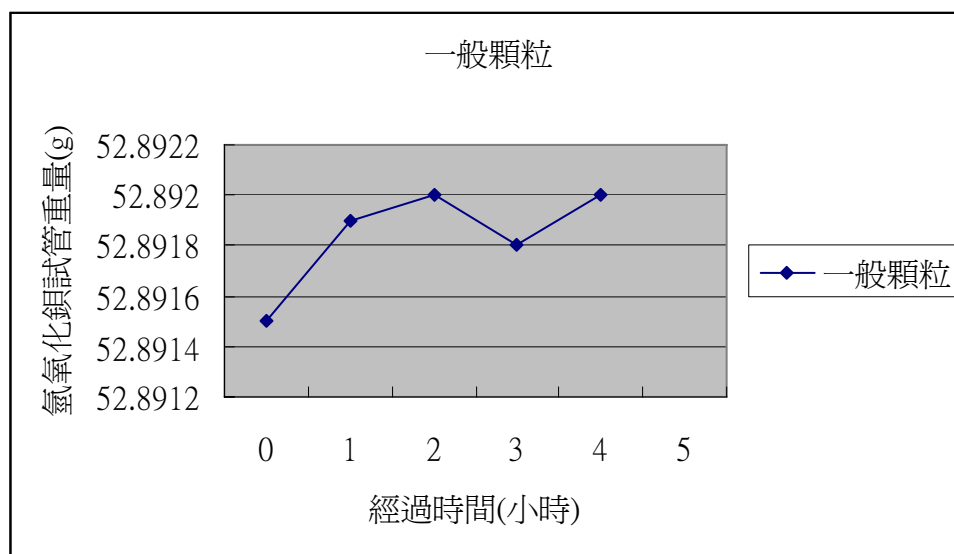
## 伍、研究結果：

### 一、不同粒徑之光觸媒對污染物的殺菌效果。

(一) 一般顆粒之二氧化鈦(0.2g)+銅粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 52.8915 | 52.8919 | 52.8920 | 52.8918 | 52.8920 | 52.8915 |

(表 A)



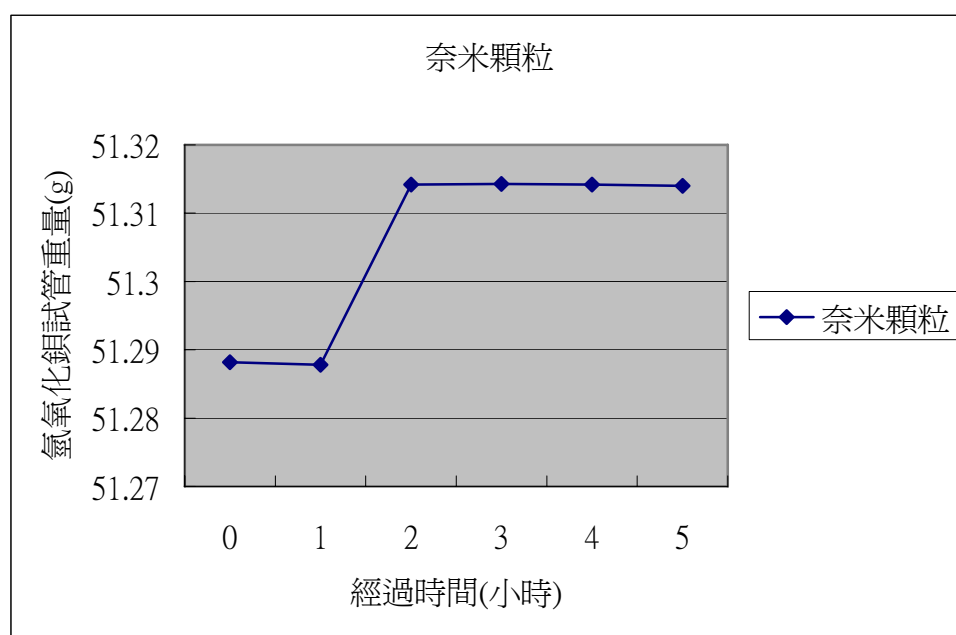
(圖 A)

[討論]: 一般顆粒之二氧化鈦於五小時內幾乎不反應，只有些許增減，推測為水氣之蒸發和測量之誤差。

(二)奈米顆粒之二氧化鈦+銅粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 51.2882 | 51.2878 | 51.3142 | 51.3143 | 51.3142 | 51.3140 |

(表 B)



(圖 B)

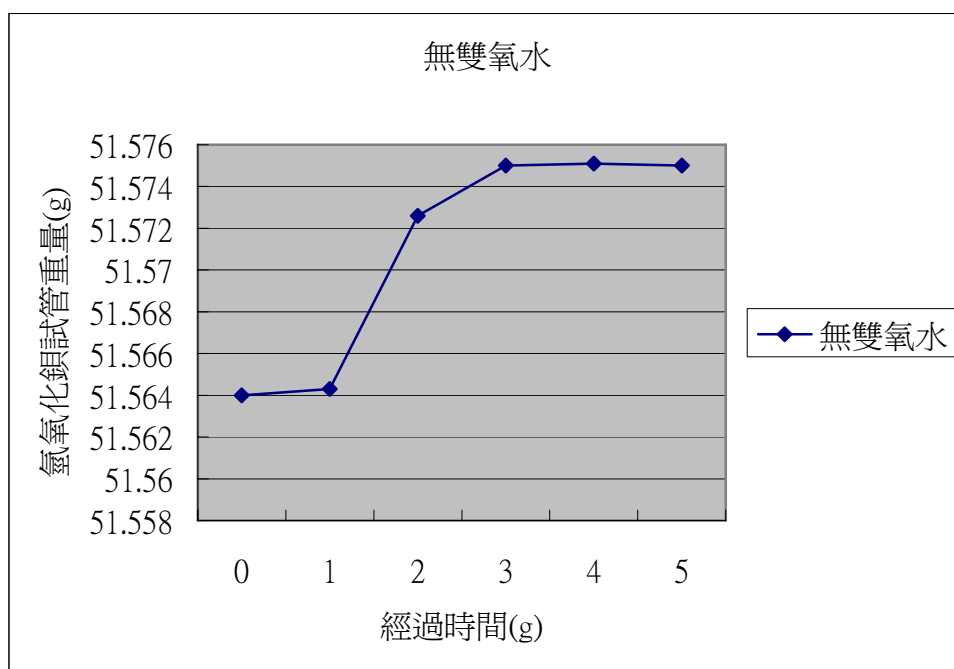
[討論]: 奈米顆粒之二氧化鈦其氫氧化鋇試管的重量於一至二小時之間已增加約 0.0264g, 反應速率及量明顯較【實驗 1.一般顆粒之二氧化鈦(0.2g)+銅粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)】較快也較多。

## 二、加入過氧化氫之後之光觸媒的殺菌效果。

(一)奈米顆粒之二氧化鈦(0.2g)+水(90ml)+正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 51.5640 | 51.5643 | 51.5726 | 51.5750 | 51.5751 | 51.5750 |

(表 C)



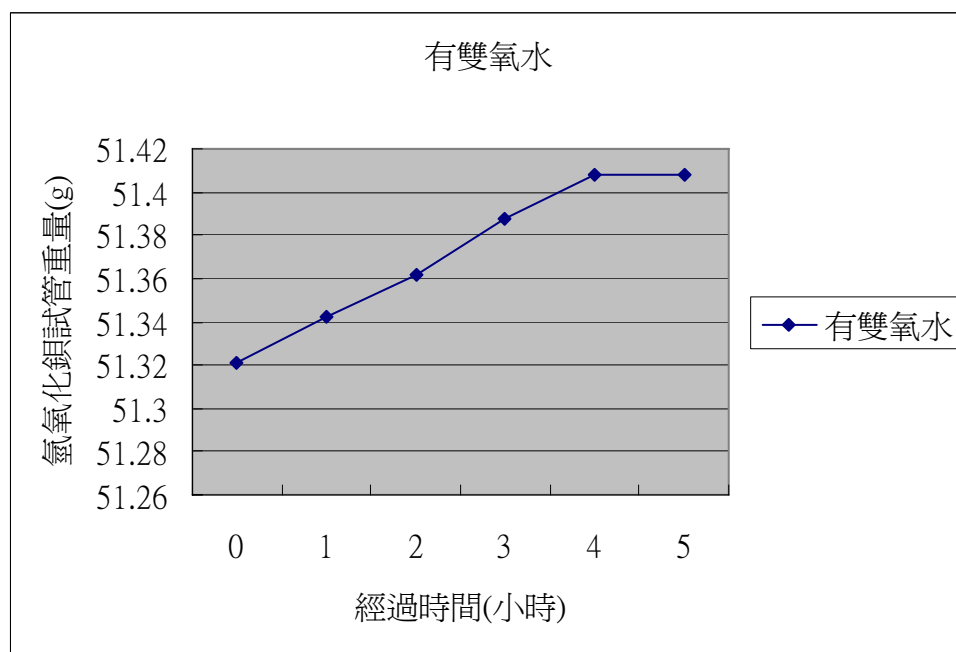
(圖 C)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於一至二小時之間已增加約 0.0083g，後來繼續反應但速率漸緩。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。

(二)奈米顆粒之二氧化鈦(0.2g) + 雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 51.3214 | 51.3422 | 51.3618 | 51.3877 | 51.4080 | 51.4082 |

(表 D)



(圖 D)

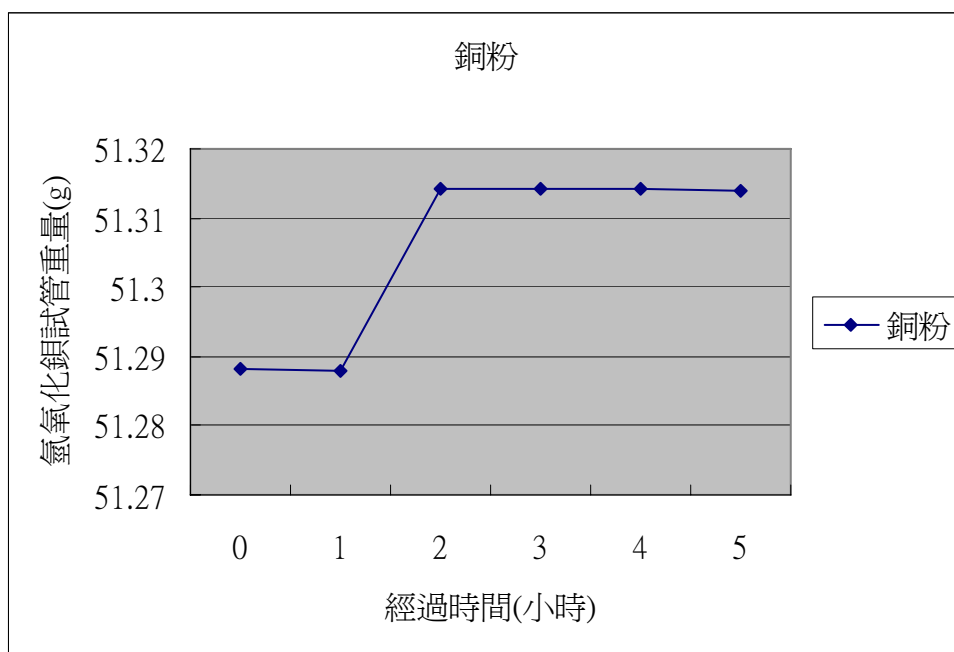
[討論]於從零到一小時之間氫氧化鋇試管的重量已增加 0.0208g，二到五小時也持續反應。反應時間明顯較無加雙氧水之【實驗 1.奈米顆粒之二氧化鈦(0.2g)+水(90ml)+正己烷(20ml)】快，量也較多。

## 二、研究加入金屬是否對光觸媒的殺菌效果有影響。

(一) 奈米顆粒之二氧化鈦+銅粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 51.2882 | 51.2878 | 51.3142 | 51.3143 | 51.3142 | 51.3140 |

(表 E)



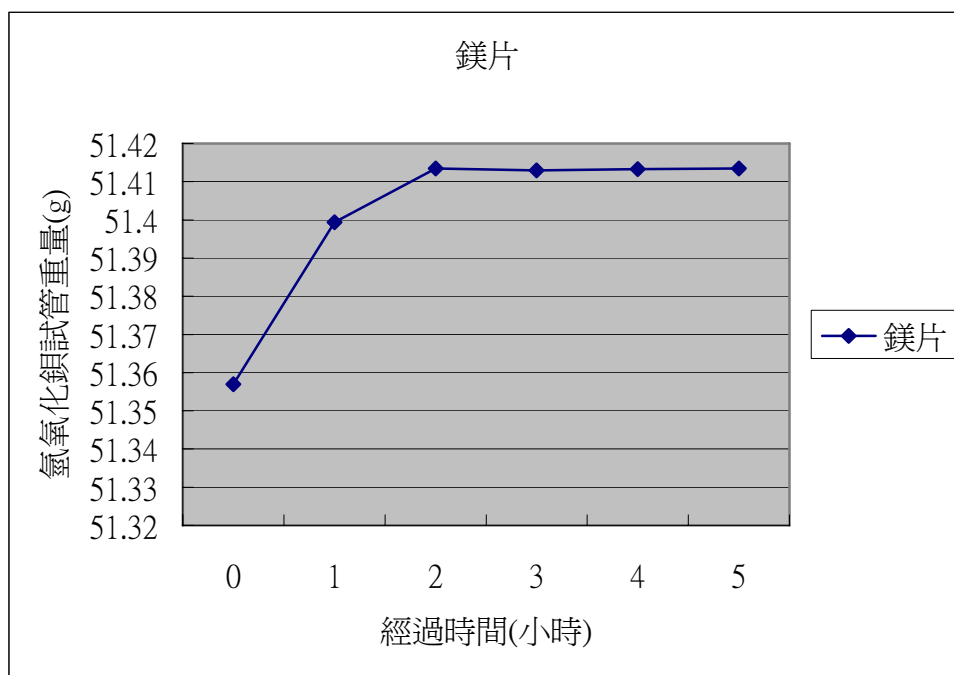
(圖 E)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於一到二小時之間已增加 0.0208g。後來速度漸緩到幾乎停止反應。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。容液顏色及狀態特殊，似亮粉浸泡在水中。

(二) 奈米顆粒之二氧化鈦+鎂片(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 51.3570 | 51.3994 | 51.4135 | 51.4130 | 51.4133 | 51.4135 |

(表 F)



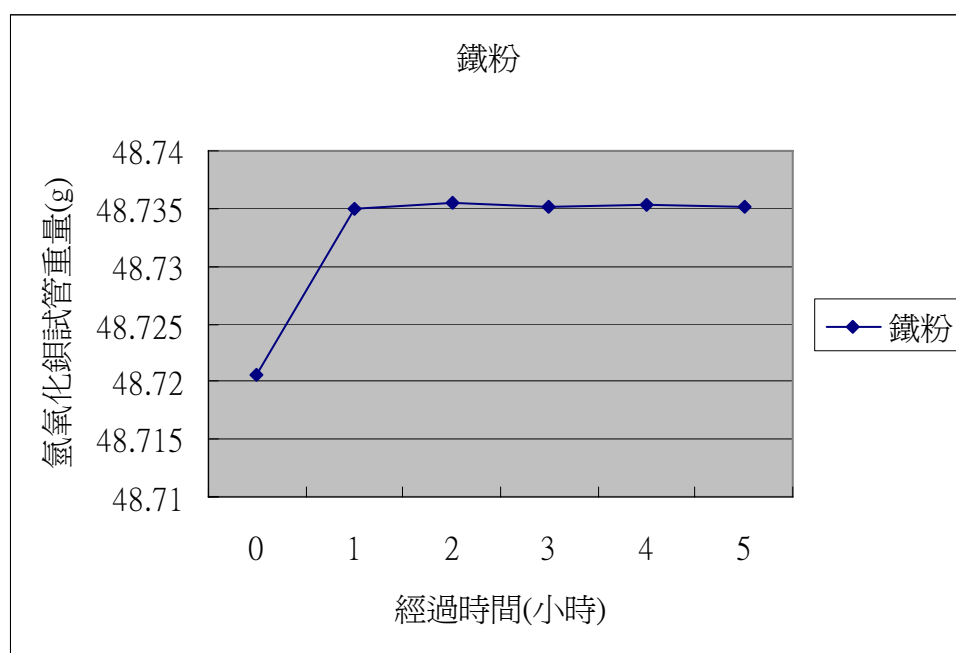
(圖 F)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零到一小時之間已增加 0.0424g。後來持續反應但速率漸緩。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。根據實驗結果，鎂片的反應速率最快，且增加量最多。

(三) 奈米顆粒之二氧化鈦+鐵粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 48.7205 | 48.7350 | 48.7355 | 48.7352 | 48.7353 | 48.7351 |

(表 G)



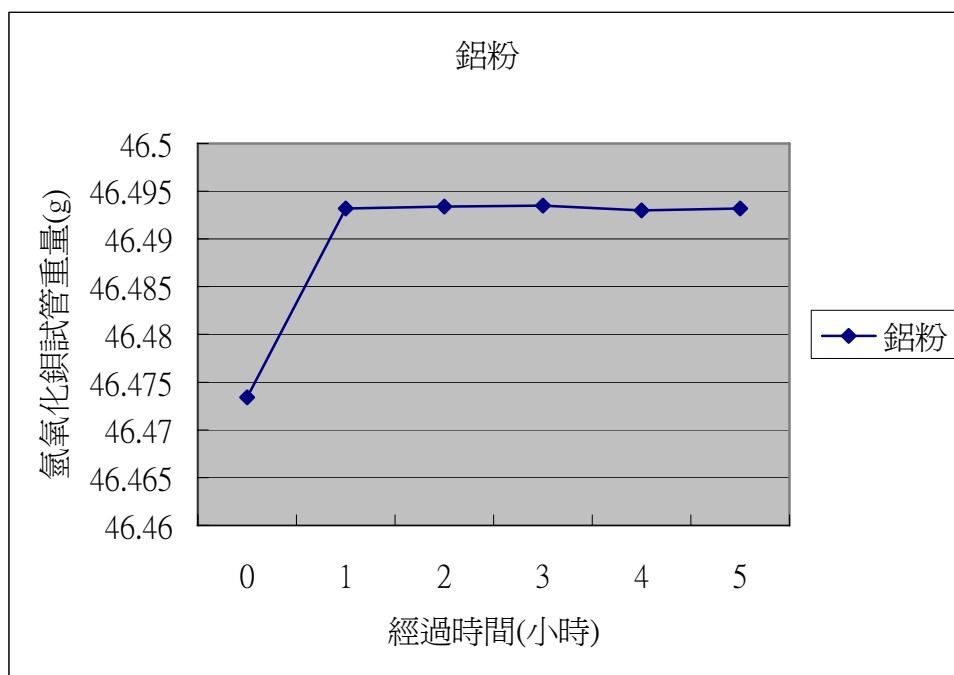
(圖 G)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零到一小時之間已增加 0.0145g。後來幾乎不再反應，其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。容液顏色及狀態特殊，呈灰褐色似巧克力牛奶。因鐵粉具有磁性，所以會吸附在攪拌子上，隨著攪拌子在溶液中攪動，故需將轉速增強以利攪動。

(四) 奈米顆粒之二氧化鈦+鋁粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 46.4734 | 46.4932 | 46.4934 | 46.4935 | 46.4930 | 46.4932 |

(表 H)



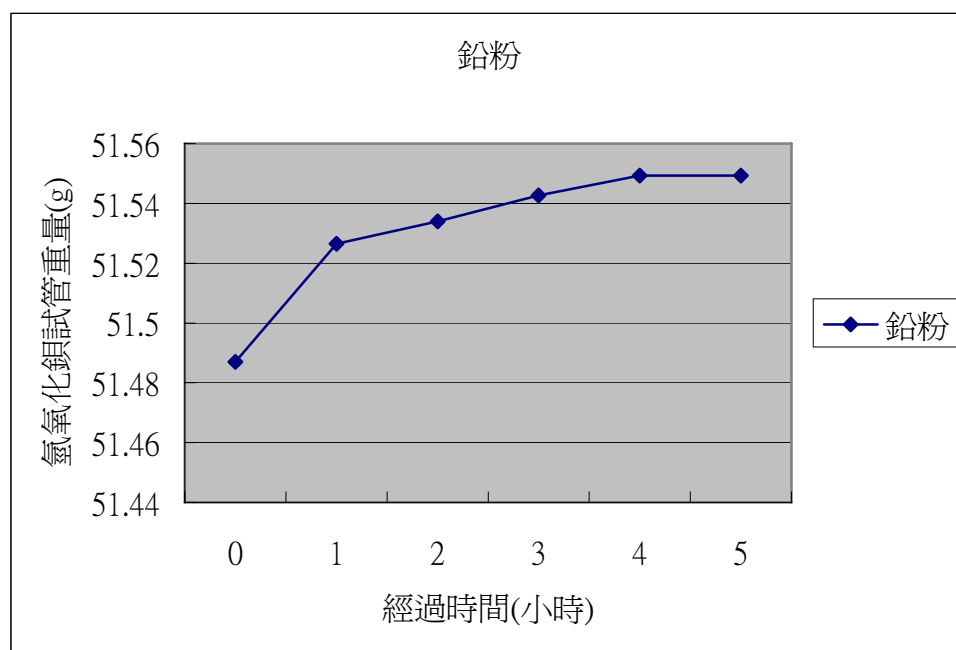
(圖 H)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零至一小時之間已增加約 0.0198g，後來反應漸緩幾乎停止，其中重量有些許減少，推測為氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。

(五) 奈米顆粒之二氧化鈦+鉛粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 51.4870 | 51.5265 | 51.5340 | 51.5427 | 51.5493 | 51.5493 |

(表 I)



(圖 I)

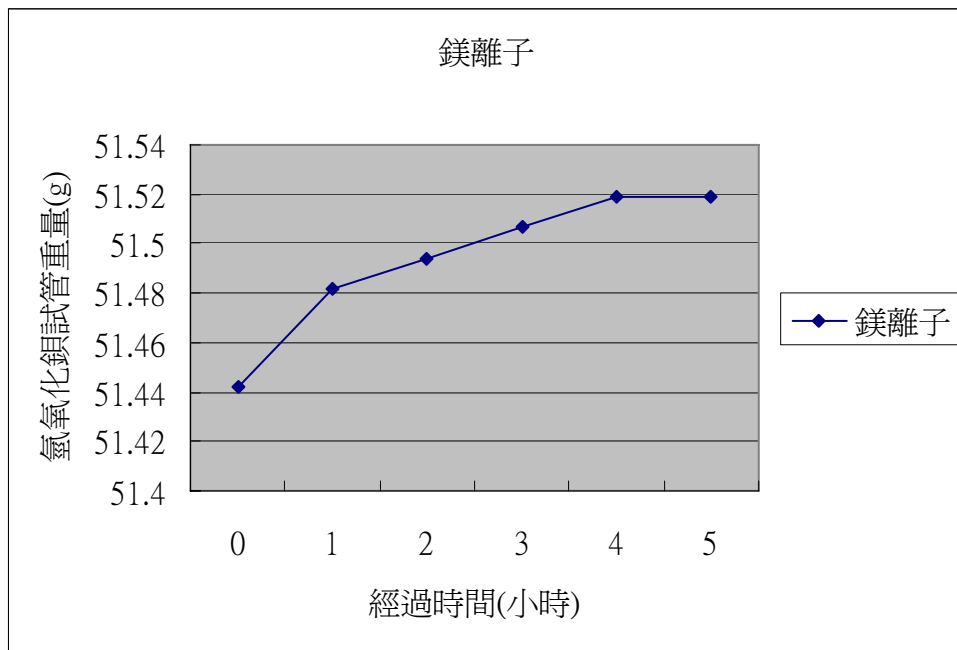
[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零至一小時之間已增加約 0.0395g，後來仍繼續反應但速率漸緩。容液顏色及狀態特殊，呈灰咖啡色似咖啡牛奶，較【實驗 3.奈米顆粒之二氧化鈦+鐵粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)】之顏色微深！

#### 四.探討加金屬離子是否對光觸媒的殺菌效果有影響。

(一) 奈米顆粒之二氧化鈦(0.2g)+鎂離子(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+ 正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 51.4423 | 51.4818 | 51.4941 | 51.5070 | 51.5193 | 51.5190 |

(表 J)



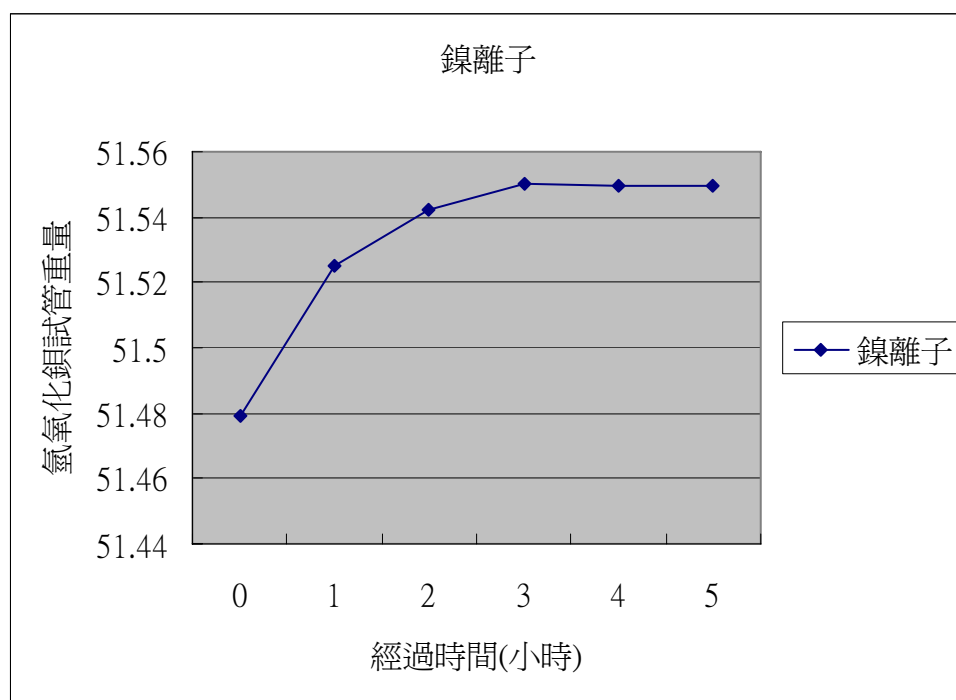
(圖 J)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零至一小時之間已增加約 0.0395g。後來持續反應但速率漸緩。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。

(二) 奈米顆粒之二氧化鈦+鎳離子 (1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 51.4790 | 51.5254 | 51.5424 | 51.5503 | 51.5498 | 51.5496 |

(表 K)



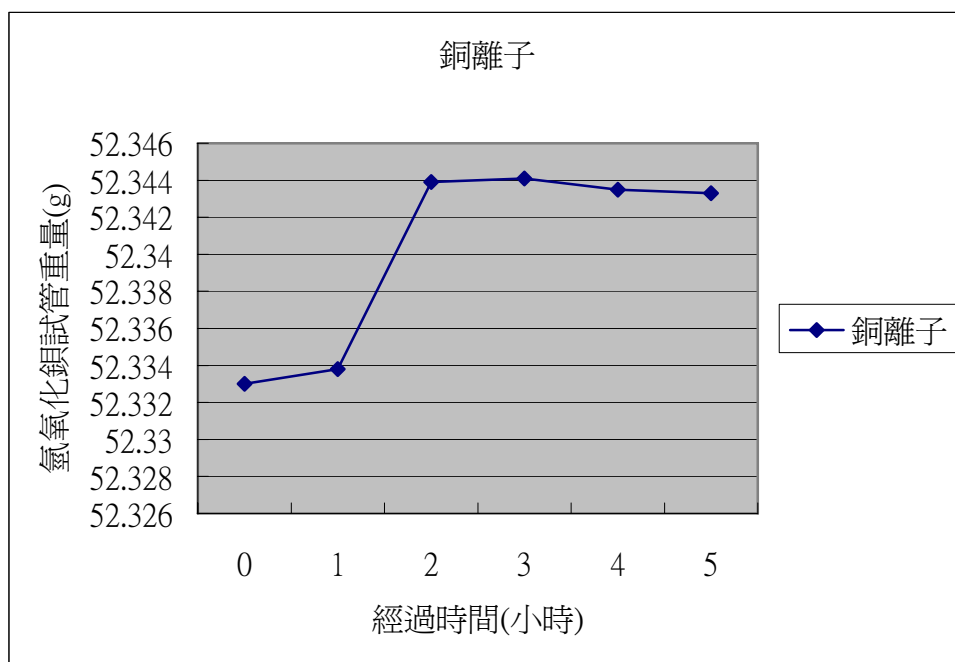
(圖 K)

[討論]: 氧化鋇試管的重量於零至一小時之間已增加約 0.0464g。後來持續反應但速率漸緩。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。容液顏色及狀態特殊，呈淡青綠色。

(三) 奈米顆粒之二氧化鈦+銅離子(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 52.3330 | 52.3338 | 52.3439 | 52.3441 | 52.3435 | 52.3433 |

(表 L)



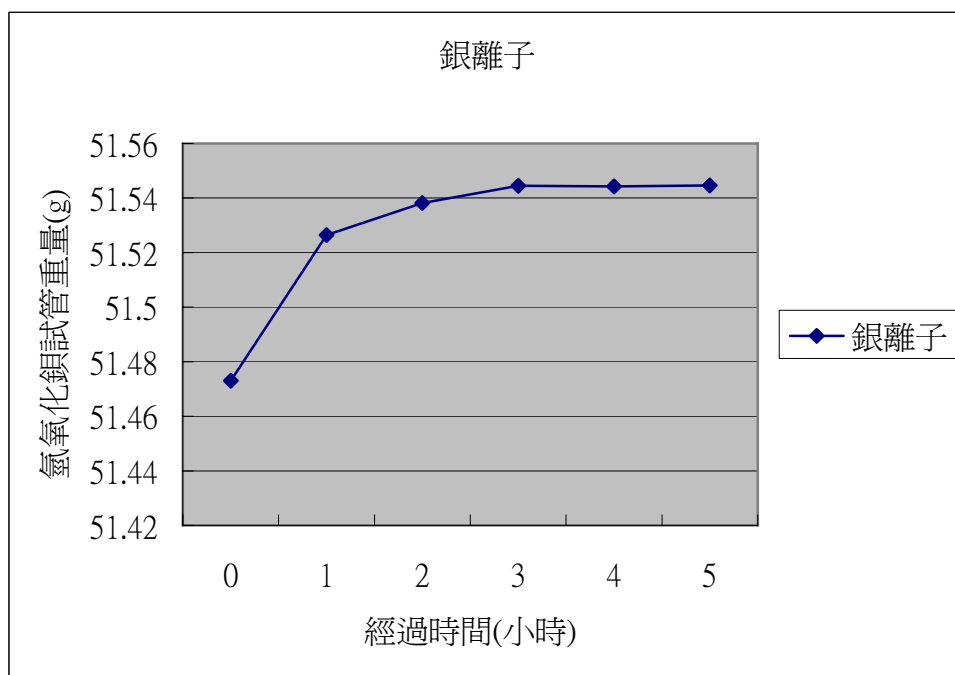
(圖 L)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零至一小時之間已增加約 0.0395g。後來持續反應但速率漸緩。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。容液顏色及狀態特殊，呈淡藍色。

(四) 奈米顆粒之二氧化鈦(0.2g)+銀離子(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+ 正己烷(20ml)

| 經過時間<br>(小時) | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 氫氧化鋇<br>試管重量 | 51.4730 | 51.5264 | 51.5382 | 51.5445 | 51.5443 | 51.5446 |

(表 M)



(圖 M)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零至一小時之間已增加約 0.0534g。後來持續反應但速率漸緩。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。根據實驗結果，銀離子的反應速率最快，且增加量最多。

## 陸、討論

### 一、不同粒徑之光觸媒對污染物的殺菌效果。

(一)一般顆粒之二氧化鈦(0.2g)+銅粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

[討論]: 一般顆粒之二氧化鈦於五小時內幾乎不反應，只有些許增減，推測為水氣之蒸發和測量之誤差。(請參考上文圖 A、表 A)

(二)奈米顆粒之二氧化鈦+銅粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

[討論]: 奈米顆粒之二氧化鈦其氫氧化鋇試管的重量於一至二小時之間已增加約 0.0264g，反應速率及量明顯較【實驗 1.一般顆粒之二氧化鈦(0.2g)+銅粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)】較快也較多。(請參考上文圖 B、表 B)

### 二、加入過氧化氫之後之光觸媒的殺菌效果。

(一) 奈米顆粒之二氧化鈦(0.2g)+水(90ml)+正己烷(20ml)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於一至二小時之間已增加約 0.0083g，後來繼續反應但速率漸緩。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。(請參考上文圖 C、表 C)

(二) 奈米顆粒之二氧化鈦(0.2g) +雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

[討論]於從零到一小時之間氫氧化鋇試管的重量已增加 0.0208g，二到五小時也持續反應。反應時間明顯較無加雙氧水之【實驗 1.奈米顆粒之二氧化鈦(0.2g)+水(90ml)+正己烷(20ml)】快，量也較多。(請參考上文圖 D、表 D)

### 三、研究加入金屬是否對光觸媒的殺菌效果有影響。

(一) 奈米顆粒之二氧化鈦+銅粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於一到二小時之間已增加 0.0208g。後來速度漸緩到幾乎停止反應。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。容液顏色及狀態特殊，似亮粉浸泡在水中。(請參考上文圖 E、表 E)

(二) 奈米顆粒之二氧化鈦+鎂片(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零到一小時之間已增加 0.0424g。後來持續反應但速率漸緩。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。根據實驗結果，鎂片的反應速率最快，且增加量最多。(請參考上文圖 F、表 F)

(三) 奈米顆粒之二氧化鈦+鐵粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零到一小時之間已增加 0.0145g。後來幾乎不再反應，其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。容液顏色及狀態特殊，呈灰褐色似巧克力牛奶。因鐵粉具有磁性，所以會吸附在攪拌子上，隨著攪拌子在溶液中攪動，故需將轉速增強以利攪動。(請參考上文圖 G、表 G)

(四) 奈米顆粒之二氧化鈦+鋁粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零至一小時之間已增加約 0.0198g，後來反應漸緩幾乎停止，其中重量有些許減少，推測為氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。(請參考上文圖 H、表 H)

(五) 奈米顆粒之二氧化鈦+鉛粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零至一小時之間已增加約 0.0395g，後來仍繼續反應但速率漸緩。容液顏色及狀態特殊，呈灰咖啡色似咖啡牛奶，較【實驗 3.奈米顆粒之二氧化鈦+鐵粉(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)】之顏色微深！(請參考上文圖 I、表 I)

#### 四.究加金屬離子是否對光觸媒的殺菌效果有影響。

(一) 奈米顆粒之二氧化鈦(0.2g)+鎂離子(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+ 正己烷(20ml)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零至一小時之間已增加約 0.0395g。後來持續反應但速率漸緩。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。(請參考上文圖 J、表 J)

(二) 奈米顆粒之二氧化鈦+鎳離子 (1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

[討論]: 氧化鋇試管的重量於零至一小時之間已增加約 0.0464g。後來持續反應但速率漸緩。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。容液顏色及狀態特殊，呈淡青綠色。(請參考上文圖 K、表 K)

(三) 奈米顆粒之二氧化鈦+銅離子(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+正己烷(20ml)

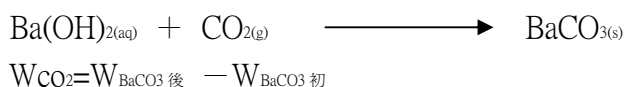
[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零至一小時之間已增加約 0.0395g。後來持續反應但速率漸緩。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。容液顏色及狀態特殊，呈淡藍色。(請參考上文圖 L、表 L)

(四) 奈米顆粒之二氧化鈦(0.2g)+銀離子(1g)+雙氧水(10ml)+水(90ml)+ 正己烷(20ml)

[討論]: 氫氧化鋇試管的重量於零至一小時之間已增加約 0.0534g。後來持續反應但速率漸緩。其中氫氧化鋇試管的重量有些許減少，推測是氫氧化鋇試管內的水蒸氣蒸發和測量之誤差。根據實驗結果，銀離子的反應速率最快，且增加量最多。(請參考上文圖 M、表 M)

## 柒、結論

- 一、實驗偵測CO<sub>2</sub>的方式是配取飽和的氫氧化鋇溶液，當二氧化碳遇到氫氧化鋇時會產生碳酸鋇白色沉澱，每一小時記錄一次試管重量，由試管增加重量推算產生的二氧化碳重。



- 二、本實驗構想原本是要用二氧化碳檢知器，測量單位體積內二氧化碳的濃度，但因封閉容器不易取得，且氣體二氧化碳容易逸出造成誤差。故將方法改成如結論一所述，其參考自：高中化學科科展---奈米光觸媒的應用－海上除油污

<http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1/44/E/040221.pdf>

可能產生的誤差為氫氧化鋇溶液的水分散逸後，測量重量會減輕。

- 三、比較不同粒徑之光觸媒對污染物的殺菌效果，可發現奈米級的二氧化鈦較一般粒徑催化效果明顯好上許多，推測原因應為粒徑越大時，照紫外光產生之電子電洞傳遞至溶液中所需經過路徑越長，期間電子電洞對容易再結合而失去催化效果。粒徑達奈米級時能有效改善此缺點，我們查閱文獻(5)後，發現二氧化鈦粒徑在 3~30nm 時有較佳的活性，而最佳粒徑為 7nm。本實驗採用之奈米二氧化鈦粒徑為 5nm。

- 四、實驗結果發現加入雙氧水亦可促進其催化效果。推論原因為雙氧水可分解為 OH 自由基，幫助分解有機物正己烷，然而雙氧水一加入後很快就分解掉，無法像光觸媒一樣具長效性，故在此處雙氧水只是扮演輔助催化角色。

- 五、討論金屬是否可幫助催化時，我們選用了五種金屬：Cu粉、Mg片(將鎂帶剪成許多小片)、Fe粉、Al粉與Pb粉。實驗發現加入Mg片的效果最好，於零到一小時之間已增加 0.0424g，較未加金屬只單純用奈米級TiO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/hexane(增加 0.0208g)，要多出許多，推論原因是由於這五者當中Mg氧化電位最高( $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \Delta \varepsilon^\circ = 2.37$ )，容易提供電子與氧氣生成(O<sub>2</sub>)進而與污染物hexane作用生成二氧化碳。

- 六、討論金屬離子是否可幫助催化時，我們選用了 4 種金屬離子：Mg<sup>+2</sup>、Ni<sup>+2</sup>、Ag<sup>+</sup>、Cu<sup>+2</sup>。實驗發現加入銀離子的效果最好，於零到一小時之間已增加 0.0534g，較未加金屬只單純用奈米級TiO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/hexane(增加 0.0208g)，要多出許多，推論原因為銀離子的還原電位最高

( $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} \Delta \varepsilon^\circ = 0.8$ )，能捕捉電子協助傳導至表面，減少電子電洞再結合的機率，而過渡金屬本身亦具催化能力。另外我們從書上得知陰離子有抵制的效果，但硫酸根和硝酸根的抵制效果較不會影響實驗結果，所以離子實驗方面的陰離子都從這兩種中擇一使用。

- 七、實驗最後發現離子的反應速度明顯的較快且量較多，推論原因可能是金屬為非均相催化，易造成相分離，因而導致催化效果較差。

## 捌、應用

在現今甚至不久的將來，奈米光觸媒必定會在高科技產業中大綻光芒。因此該如何有效利用將會是未來我們所致力探討的。

本實驗最大的目的在於運用日常生活中唾手可得的材料，來有效提升二氧化鈦光觸媒對污染的反應速率，以縮短反應時間增加其實用性。

所以凡舉世和增快光觸媒的反應速率的產業幾乎都可以用簡單的方法有效的提高其效率，進一步減低其作業中的成本和繁複的步驟，也降低了對環境的污染程度。

舉例來說可以運用於：

1. 海上去油污:加快油污被分解的速率，將對海洋生態的破壞減至最小。
2. 使現在市面上所謂的光觸媒殺菌冰箱或冷氣等…電器用品的殺菌效果更好也更快，進而延長其壽命。

總而言之就是希望以” 加快反應速率” 和” 減少反應時間” 還有” 簡便” ，為原則減少一些不必要的資源和時間的浪費，也達到降低環污染的訴求。

## 玖、參考資料：

一.圖解奈米科技與光觸媒/呂宗昕著.--初版.--臺北市.--商周出版：城邦文化發行.--2003[民92]

二.周淑金，葉信宏，1999，光觸媒技術應用簡介，工業材料， 150：168-172.

三.王勝民，2000，新世代的綠色產品-光催化觸媒，化工資訊， 34-45.

四.<http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1/44/E/040217.pdf>  
高中化學科科展---神奇的奈米光觸媒

五.<http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1/44/E/040221.pdf>  
高中化學科科展---奈米光觸媒的應用－海上除油污

六.奈米科技- 基礎、應用與實作-南區奈米科技K-12教育發展中心

七.台大化工研究所碩士論文：

TiO<sub>2</sub>光觸媒對大腸桿菌殺菌作用之探討 (研究生：王嘉慶)

八.台大化工研究所碩士論文：

摻雜鉻之 TiO<sub>2</sub>-xN<sub>x</sub> 奈米可見光觸媒 (研究生：潘建呈)