

# 2014 高雄市第 54 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科（類）別： 化工群

作品名稱：分崩離"吸"吸走汙染

關鍵詞：染整廢水降解、Fenton、奈米鐵

編號:4306

## 目錄

壹、研究動機.....	2
貳、研究目的.....	3
參、研究設備及藥品.....	3
肆、文獻探討.....	4
伍、研究過程.....	5
陸、實驗結果與討論.....	8~14
(一)Fenton 試劑降解.....	8~11
(二)活性碳物理脫色.....	11
(三)奈米鐵脫色法.....	11~14
柒、結論.....	15
捌、參考文獻與相關資料.....	15

## 摘要

本實驗探討 Fenton 試劑，活性碳以及奈米鐵的降解效果，還有光線對此試劑的影響；我們以結晶紫為目標污染物進行降解，再利用分光光度計檢測吸光度，再由公式推算出降解率。

Fenton 試劑與  $\text{H}_2\text{O}_2$  在光催化下皆有良好的降解效果，不過  $\text{H}_2\text{O}_2$  的降解時間比 Fenton 試劑長很多，不過會有殘留物污染。

於是我們發現了奈米鐵的技術，能簡單快速將污染物去除。由於奈米鐵微粒，擁有很大的表面積，所以反應非常快速，能讓降解達到非常好的速率，且吸附完沉澱的奈米鐵廢料，能被磁鐵吸引，能方便的去除。

## 壹、研究動機

人類生活愈來愈便利，在生活中身穿的衣服或者是使用的半導體都運用到了染料，不過這些染料是污染物，如果直接排放，可能影響河川及海洋的汙染，為了降低汙染我們想研究如何降解這些染整廢水，並且將效率達最高。

我們在高一普通化學裡學到氧化性物質如： $\text{H}_2\text{O}_2$ 、亞鐵離子、或 Fenton 試劑（ $\text{H}_2\text{O}_2$  與  $\text{Fe}^{2+}$  合併使用）等化學劑或紫外光、電解等來進行氧化分解，不過殘留廢料難以回收，所以本組想改善此問題。

於是我們想利用  $\text{Fe}^{3+}$  加上  $\text{NaBH}_4$  所型成的奈米鐵，因為奈米鐵吸附後的廢料能使用大型磁鐵吸引。

## 貳、研究目的

- 一、找出結晶紫的最大吸收波長
- 二、探討 Fenton 試劑降解結晶紫的效果
- 三、探討奈米鐵的降解效果
- 四、比較有照光無照光的影響

## 參、研究設備及藥品

藥品名稱	規格	數量
試劑瓶	125mL	20個
球形吸量管	1.0、5.0、20、25、50(mL)	各1個
刻度吸量管	5mL	5個
刻度吸量管	1mL	5個
比色管		12管
安全吸球		1個
玻棒		3支
定量瓶	500mL、100mL	1個、6個
藥勺		3支
滴管		12支
量筒	50mL、100mL	各1個
漏斗		1個
燒杯	100mL、250mL、500mL	3個、2個、1個
分光光度計		1台
結晶紫	濃度0.1%	500mL
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	濃度35%	500mL
FeCl <sub>3</sub>		10g
NaBH <sub>4</sub>	純度98.99%	10g
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	10g
定量瓶	1000mL	5個

## 肆、文獻探討

染料是能夠使一定顏色附著在纖維上。且不易脫落、變色。染料通常溶於水中，一部份的染料需要媒染劑使染料能黏著於纖維上染料的色彩多樣以及色度高，例如：偶氮染料、苯胺紫、亞甲藍……等。

而我們的廢水的處理方式有石灰沈澱、活性炭附、生物分解及高級氧化處理等，因為排放量大所以傳統沉澱法慢慢的被淘汰；高級氧化處理法是利用具有未共用電子對的氫氧自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）來氧化水中污染物，氫氧自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）的氧化力很強，常用於處理環境污染物，而且無廢料殘留。

### 一、吸附

#### (1)化學性吸附(Fenton 試劑吸附)

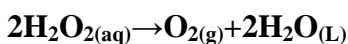
藉由吸附劑與吸附物間的化學反應產生化學鍵，使吸附物附著於吸附劑表面，而且化學性吸附的作用力比物理性吸附的作用力還強大，不易造成脫附，使液體再度混濁，是個不可逆反應，且升高溫度能提高其反應速率。

#### (2)物理性吸附(活性炭附、奈米鐵吸附)

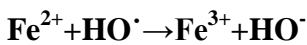
物理吸附是由分子間的凡得瓦爾力所引起的吸附作用，且一種吸附劑可以吸附多種不同的吸附質，使得物理吸附一般沒有選擇性，屬於多分子層可逆吸附，很快就達到平衡。但隨著吸附劑和吸附質種類的不同，吸附力的大小會有所改變。而且會受到溫度影響，再低溫時能達到較佳的效果。

### 二、Fenton 試劑

催化氧化法： $\text{Fe}^{2+}$ - $\text{H}_2\text{O}_2$ 催化氧化法， $\text{pH}=4\sim 5$ 時 $\text{Fe}^{2+}$ - $\text{H}_2\text{O}_2$  會催化 $\text{H}_2\text{O}_2$ 生成（ $\cdot\text{OH}$ ）使染料氧化脫色，在紫外光及可見光的催化下，不僅速度快速且脫色率能達99%以上；Fenton試劑是『以亞鐵離子當催化劑來催化過氧化氫，使其產生氫氧自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）。』（秦興國，2003）



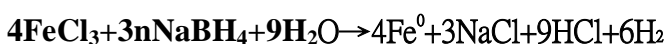
$\text{Fe}^{2+}$ 扮演催化劑的角色，使得（ $\cdot\text{OH}$ ）變回（ $\text{OH}^-$ ）



$\text{Fe}^{2+}$ 量添加越多脫色速率越快，但  $\text{Fe}^{2+}$ 會與有機物形成競爭， $\text{Fe}^{2+}$ 會消耗氫氧自由，而使處理效果下降，且廢料也跟著越來越多。所以  $\text{Fe}^{2+}$ 濃度與反應物之濃度比值，一般維持在 1：10～50（wt/wt）。

### 三、奈米鐵( $\text{NaBH}_4$ 加上三價鐵)

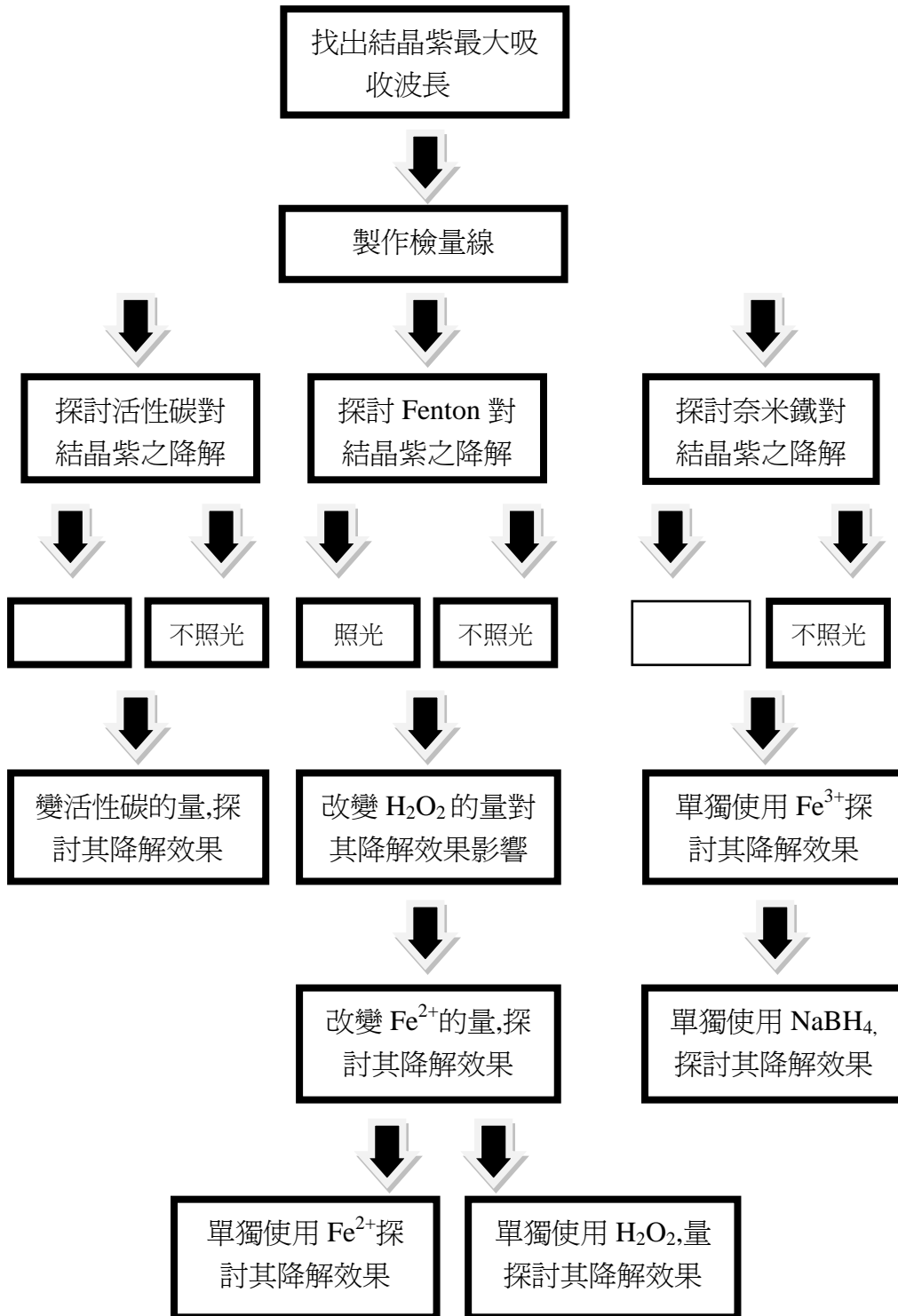
本組用溶液法製備奈米鐵微粒，顆粒大小不均勻，可是也能達到很好的效果。奈米鐵，也就是零價鐵，普遍將其用來處理含氮有機物，其還原電位為-0.44V，還原反應時釋放出電子，形成氧化態的鐵離子，所以才有還原力。本實驗以硼氫化鈉( $\text{NaBH}_4$ )還原鐵鹽可以合成奈米級之金屬顆粒，由於奈米鐵之接觸面積較大，反應較其他試劑快。在反應同時我們將它加入染料中，利用它氧化還原來降解吸附污染物。



反應同時我們將它加入染料中，利用它氧化還原來降解吸附污染物。

## 伍、研究過程

### 一、實驗流程



## 二、實驗步驟

### (一)、配製 7ppm 之結晶紫為目標汙染物

- 1.以球形吸量管吸取 0.1%結晶紫 7mL，定量至 1000mL
- 2.重複配置 3~4 次
- 3.將配置好的結晶紫液倒入一桶子裡保存

### (二)、配置待測藥品

#### 1.配製 $\text{Fe}^{2+}$

- (1)秤量 1.2 克的 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，加入 20mL 的水

#### 2.配製 $6.25 \times 10^{-2}\text{M}$ 的 $\text{Fe}^{3+}$

- (1)秤量  $\text{FeCl}_3$  0.844 克，加入 50mL 的水

#### 3.配製 0.375M 的 $\text{NaBH}_4$

- (1)秤量 0.7091 克的  $\text{NaBH}_4$ ，加入 50mL 的水

#### 4.配製奈米鐵

- (1)將  $\text{NaBH}_4$  以及  $\text{Fe}^{3+}$  溶液體積 1:1 混合搖晃

### (三)、找出最大吸收波長

- 1.取 7ppm 之結晶紫液，放入比色管中
- 2.將比色管放入光度計內，以 5~10 為一間隔找出最大吸收波長

### (四)、製作檢量線

#### 1.配製 2、4、6、7、8ppm 之結晶紫液

- (1)以球形吸量管吸取 0.1%結晶紫液 10mL，定量至 100mL
- (3)以球形吸量管吸取上步驟配製好的結晶紫液 2、4、6、7、8mL
- (4)分別定量至 100mL

#### 2.測量最大吸光度

- (1)各吸取適量放入比色管
- (2)放入光度計測量吸光度

### (五)、探討 Fenton、奈米鐵、活性碳對結晶紫之吸附效果

#### 1.探討 $\text{H}_2\text{O}_2$ 的最佳吸收效果

- (1)取 7ppm 結晶紫 100mL 10 次，裝入試劑瓶中
- (2)以  $\text{H}_2\text{O}_2$  0.1、0.2、0.4、0.8、1.0mL 為一組，取兩組
- (3)分別加入 10 瓶結晶紫中
- (4)將一組置於室溫下、一組置於日光下靜置
- (5)每 1、2、4、6 小時，個別取樣、測吸光度

#### 2.探討 $\text{Fe}^{2+}$ 的最佳吸收效果

- (1)取 7ppm 結晶紫 100mL 10 次，裝入試劑瓶中
- (2)以  $\text{Fe}^{2+}$  0.1、0.2、0.4、0.8、1.0mL 為一組，取兩組
- (3)分別加入 10 瓶結晶紫中
- (4)將一組置於室溫下、一組置於日光下靜置
- (5)每 1、2、4、6 小時，個別取樣、測吸光度

#### 3.探討 Fenton 試劑之固定 $\text{Fe}^{2+}$ 量，改變 $\text{H}_2\text{O}_2$ 之量

- (1)取 7ppm 結晶紫 100mL 5 次，裝入試劑瓶中

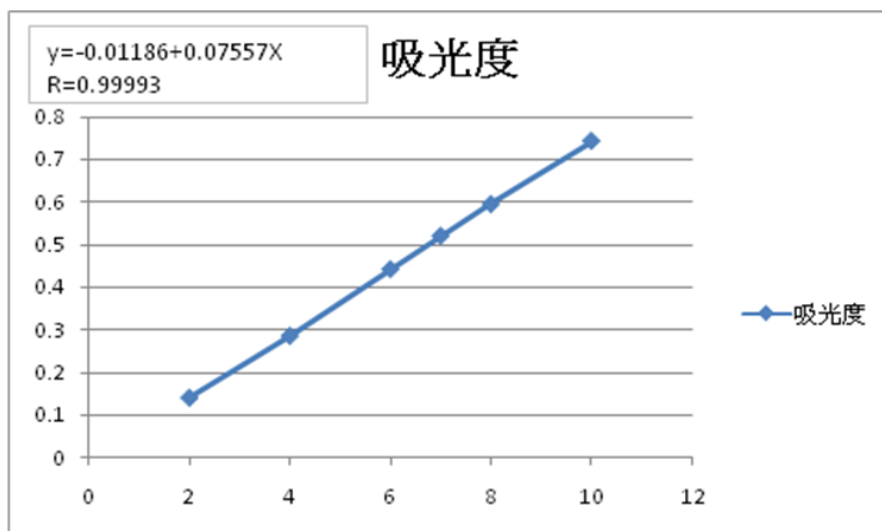
- (2)取步驟 5-2-2 中  $\text{Fe}^{2+}$  之最佳量(固定)
  - (3)取雙氧水 0.1、0.2、0.4、0.8、1.0mL
  - (4)分別加入 5 瓶結晶紫中
  - (5)將其置於日光下靜置
  - (6)每 1、2、4、6 小時，個別取樣、測吸光度
- 4.探討 Fenton 試劑之固定  $\text{H}_2\text{O}_2$  量，改變  $\text{Fe}^{2+}$  之量
- (1)取 7ppm 結晶紫 100mL 5 次，裝入試劑瓶中
  - (2)取步驟 5-2-1  $\text{H}_2\text{O}_2$  中之最佳量(固定)
  - (3)取  $\text{Fe}^{2+}$  0.1、0.2、0.4、0.8、1.0mL，分別加入 5 瓶結晶紫中
  - (5)將其置於日光下靜置
  - (6)每 1、2、4、6 小時，個別取樣、測吸光度
- 5.探討活性碳對結晶紫之吸附效果
- (1)取 7ppm 結晶紫 100mL 10 次，裝入試劑瓶中
  - (2)以活性碳 0.1、0.2、0.4、0.8、1.0g 為一組，取兩組
  - (3)分別加入 10 瓶結晶紫中
  - (4)將一組置於室溫下、一組至於日光下靜置
  - (5)每 1、2、4、6 小時，個別取樣、測吸光度
- 6.探討  $\text{Fe}^{3+}$  的最佳吸收效果
- (1)取 7ppm 結晶紫 100mL 5 次，裝入試劑瓶中
  - (2)取  $\text{Fe}^{3+}$  0.5、1.0、2.0、4.0、5.0、10.0mL 分別加入 5 瓶結晶紫中
  - (3)將其置於室溫下靜置
  - (4)每 3 分鐘、1、2、4 小時，個別取樣、測吸光度
- 7.探討  $\text{NaBH}_4$  的最佳吸收效果
- (1)取 7ppm 結晶紫 100mL 5 次，裝入試劑瓶中
  - (2)取  $\text{NaBH}_4$  0.5、1.0、2.0、4.0、5.0、10.0mL 分別加入 5 瓶結晶紫中
  - (3)將其置於室溫下靜置
  - (4)每 3 分鐘、1、2、4 小時，個別取樣、測吸光度
- 8.探討奈米鐵的最佳吸收效果
- (1)取 7ppm 結晶紫 100mL 6 次，裝入試劑瓶中
  - (2)取  $\text{NaBH}_4$  各 0.5、1.0、2.0、4.0、5.0、10.0mL，加入試劑瓶
  - (3)取  $\text{Fe}^{3+}$  各 0.5、1.0、2.0、4.0、5.0、10.0mL 加入試劑瓶( $\text{Fe}^{3+}$  與  $\text{NaBH}_4$  之體積比應為 1:1)
  - (4)將其置於室溫下靜置
  - (5)每 3 分鐘、1、2、4 小時，個別取樣、測吸光度



## 陸、實驗結果與討論

表一、結晶紫檢量線

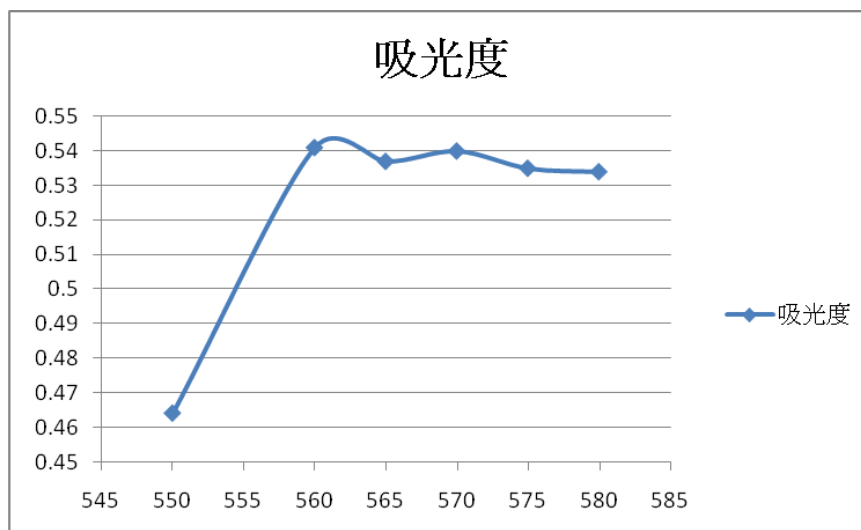
濃度 (ppm)	2	4	6	8	10
吸收度	0.0141	0.286	0.442	0.520	0.742



圖一、檢量線

表二、最大吸收波長

波長	550	560	565	570	575	580
吸光度	0.464	<b>0.541</b>	0.537	0.540	0.535	0.534



圖二、最大吸收波長

(一)Fenton 試劑降解法

表三、改變雙氧水的量其降解影響(未照光)

量(mL)	0.1mL	0.2mL	0.4mL	0.8mL	1.0mL
時間(hr)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
3min	1.13%	3.18%	3.37%	2.31%	5.61%
1hr	5.99%	10.58%	15.78%	16.57%	<b>18.57%</b>
2hr	7.59%	13.97%	18.77%	20.17%	<b>22.76%</b>
4hr	12.38%	23.96%	38.14%	45.72%	<b>48.72%</b>
6hr	14.57%	27.16%	48.12%	45.12%	<b>48.72%</b>



圖三、雙氧水照光法

表四、改變雙氧水的量其降解影響(照光)

量(mL)	0.1mL	0.2mL	0.4mL	0.8mL	1.0mL
時間(hr)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
3min	27.35%	24.56%	27.15%	26.55%	22.56%
1hr	39.33%	53.11%	59.10%	64.09%	<b>76.07%</b>
2hr	55.71%	72.67%	80.26%	84.06%	<b>91.24%</b>
4hr	90.24%	90.84%	90.84%	93.04%	<b>96.03%</b>
6hr	95.63%	96.83%	97.03%	<b>97.43%</b>	96.63%

表五、改變亞鐵離子的量其降解影響(未照光)

量(g)	0.1mL	0.2mL	0.4mL	0.8mL	1.0mL
時間(hr)	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>
3min	12.41%	5.18%	混濁	混濁	混濁
1hr	22.16%	18.77%	15.57%	<b>33.54%</b>	20.76%
2hr	25.76%	18.97%	16.77%	<b>37.73%</b>	22.16%
4hr	44.72%	28.15%	22.56%	<b>60.49%</b>	46.72%
6hr	61.29%	66.48%	68.48%	71.47%	<b>74.67%</b>

表六、改變亞鐵離子的量其降解影響(照光)

量(g) 時間(hr)	0.1mL Fe <sup>2+</sup>	0.2mL Fe <sup>2+</sup>	0.4mL Fe <sup>2+</sup>	0.8mL Fe <sup>2+</sup>	1.0mL Fe <sup>2+</sup>
3min	11.38%	10.58%	1.20%	混濁	混濁
1hr	12.18%	18.77%	<b>84.05%</b>	83.25%	71.27%
2hr	13.57%	20.76%	86.05%	<b>89.24%</b>	81.46%
4hr	62.09%	48.91%	88.04%	<b>92.84%</b>	91.84%
6hr	88.85%	82.05%	92.23%	<b>95.23%</b>	93.63%

表七、Fenton 試劑(未照光) 固定 0.8mL 的雙氧水，改變亞鐵離子的量

量(g) 時間(hr)	0.1mL Fe <sup>2+</sup>	0.2mL Fe <sup>2+</sup>	0.4mL Fe <sup>2+</sup>	0.8mL Fe <sup>2+</sup>	1.0mL Fe <sup>2+</sup>
3min	12.41%	11.61%	3.21%	混濁	混濁
1hr	22.56%	32.14%	33.54%	<b>42.72%</b>	29.35%
2hr	46.72%	46.92%	75.27%	<b>76.66%</b>	71.07%
4hr	88.04%	87.45%	85.25%	<b>90.64%</b>	88.84%
6hr	90.44%	89.64%	91.44%	<b>93.44%</b>	89.24%

表八、Fenton 試劑(照光) 固定 0.8mL 的雙氧水，改變亞鐵離子的量

催化降解 方法	0.1mL Fe <sup>2+</sup>	0.2mL Fe <sup>2+</sup>	0.4mL Fe <sup>2+</sup>	0.8mL Fe <sup>2+</sup>	1.0mL Fe <sup>2+</sup>
3min	13.38%	9.58%	4.19%	混濁	混濁
1hr	29.55%	39.13%	72.27%	<b>86.05%</b>	83.05%
2hr	37.93%	52.71%	<b>92.64%</b>	91.84%	88.84%
4hr	94.43%	95.03%	<b>96.23%</b>	92.24%	88.64%
6hr	<b>97.23%</b>	97.03%	<b>97.23%</b>	96.83%	96.83%

表九、Fenton 試劑(未照光) 固定 0.8mL 的亞鐵，改變 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的量

催化降解 方法	0.1mL H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.2mL H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.4mL H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.8mL H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.0mL H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
3min	3.11%	1.52%	混濁	混濁	混濁
1hr	53.11%	76.26%	76.26%	80.66%	<b>87.05%</b>
2hr	78.46%	86.45%	89.24%	89.44%	<b>90.84%</b>
4hr	79.46%	87.84%	82.24%	93.23%	<b>93.83%</b>
6hr	88.24%	91.64%	92.24%	<b>95.43%</b>	<b>95.43%</b>

表十、Fenton 試劑(照光) 固定 0.8mL 的亞鐵，改變 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的量

催化降解方法	0.1mL H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.2mL H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.4mL H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.8mL H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.0mL H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
3min	5.99%	2.39%	混濁	混濁	混濁
1hr	38.73%	48.51%	62.29%	65.88%	<b>73.87%</b>
2hr	70.47%	66.28%	79.86%	93.23%	<b>95.43%</b>
4hr	84.85%	84.45%	87.05%	93.43%	<b>95.63%</b>
6hr	90.44%	91.04%	90.04%	93.43%	<b>94.43%</b>



圖四、Fenton 降解法

(二)活性碳物理脫色

表十一、活性碳 改變不同克數

克數(g)	0.1g 活性炭	0.2g 活性炭	0.4g 活性炭	0.8g 活性炭	1.0g 活性炭
1hr	59.29%	63.49%	73.87%	88.44%	<b>92.64%</b>
2hr	89.44%	88.84%	89.24%	89.24%	<b>90.44%</b>
4hr	94.43%	95.03%	95.03%	94.83%	<b>95.23%</b>
6hr	92.24%	95.43%	95.63%	97.03%	<b>97.23%</b>



圖五、活性碳物理脫色法

(三)奈米鐵脫色法

表十二、改變不同的量，硼氫化鈉

量(mL)	1hr	2hr	4hr
0.05mL NaBH <sub>4</sub>	19.16%	20.76%	23.16%
0.1mL NaBH <sub>4</sub>	21.56%	26.15%	26.15%
0.2mL NaBH <sub>4</sub>	29.35%	23.76%	37.93%
0.4mL NaBH <sub>4</sub>	34.94%	40.73%	47.32%
0.5mL NaBH <sub>4</sub>	38.53%	44.32%	45.82%
1.0mL NaBH <sub>4</sub>	38.80%	46.09%	49.50%
2.0mL NaBH <sub>4</sub>	41.88%	50.10%	57.12%
4.0mL NaBH <sub>4</sub>	44.49%	57.12%	65.14%
5.0mL NaBH <sub>4</sub>	46.89%	58.53%	68.15%
10.0mL NaBH <sub>4</sub>	<b>49.80%</b>	<b>66.95%</b>	<b>73.56%</b>



圖六、硼氫化鈉降解效果

表十三、三價鐵降解，改變不同的量

量(mL)	1hr	2hr	4hr
0.05mL Fe <sup>3+</sup>	<b>34.14%</b>	<b>76.66%</b>	81.06%
0.1mL Fe <sup>3+</sup>	32.14%	72.67%	<b>87.45%</b>
0.2mL Fe <sup>3+</sup>	33.54%	75.27%	85.25%
0.4mL Fe <sup>3+</sup>	4.78%	12.01%	21.56%
0.5mL Fe <sup>3+</sup>	3.19%	11.58%	11.18%
1.0mL Fe <sup>3+</sup>	1.18%	5.79%	13.03%
2.0mL Fe <sup>3+</sup>	混濁	混濁	混濁
4.0mL Fe <sup>3+</sup>	混濁	混濁	混濁
5.0mL Fe <sup>3+</sup>	混濁	混濁	混濁
10.0mL Fe <sup>3+</sup>	混濁	混濁	混濁



圖七、三價鐵(Fe<sup>3+</sup>)降解情況

表十四、奈米鐵降解效果 改變不同的量

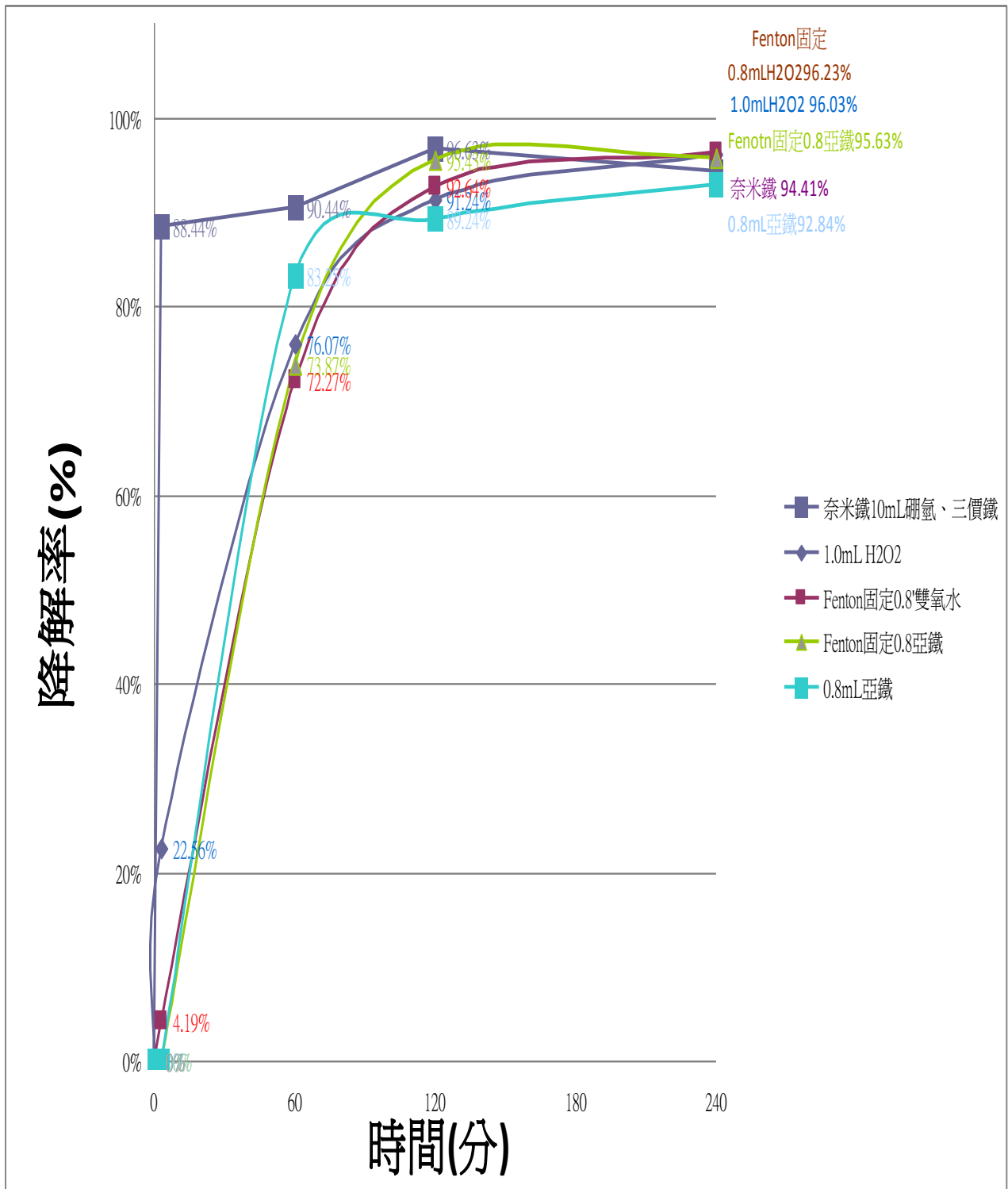
量 (mL)	0.5mL Fe <sup>3+</sup> 0.5mL NaBH <sub>4</sub>	1.0mL Fe <sup>3+</sup> 1.0mL NaBH <sub>4</sub>	2.0mL Fe <sup>3+</sup> 2.0mL NaBH <sub>4</sub>	4.0mL Fe <sup>3+</sup> 4.0mL NaBH <sub>4</sub>	5.0mL Fe <sup>3+</sup> 5.0mL NaBH <sub>4</sub>	10.0mL Fe <sup>3+</sup> 10.0mL NaBH <sub>4</sub>
3min	50.71%	50.31%	61.09%	<b>89.04%</b>	<b>89.04%</b>	88.44%
1hr	54.50%	68.08%	82.65%	87.05%	89.24%	<b>90.44%</b>
2hr	63.29%	80.66%	88.84%	94.03%	93.83%	<b>96.63%</b>
4hr	67.15%	89.40%	92.21%	92.61%	93.21%	<b>94.41%</b>



圖八、奈米鐵降解



圖九、可以用磁鐵吸引鐵



圖十、最佳數據對照表

## 柒、結論

- 一、單獨使用雙氧水降解法雖然在 4 小時降解率能達 92% 以上，可是降解速率過慢，所以要用  $\text{Fe}^{2+}$  去催化使降解變快。
- 二、Fenton 降解法在未照光時發揮不了較佳的降解效果，在照光時 0.4mL  $\text{Fe}^{2+}$  加 0.8mL  $\text{H}_2\text{O}_2$  的 Fenton 試劑能達到最好的效果，因為  $\text{Fe}^{2+}$  0.4mL 以上的 Fenton 試劑中由於鐵離子太多會導致二度污染且會降低降解率。
- 三、對於傳統物理沉澱法的活性碳吸附，在 6 小時能達到 97% 的除結晶紫的效果，不過需要的時間需較長，且吸附到飽合就不再吸附了；而且搖晃到溶液可能會使其脫附，再釋出結晶紫污染物。
- 四、單獨使用  $\text{Fe}^{3+}$  溶液，不照光的情況下， $\text{Fe}^{3+}$  溶液量越多，反而造成溶液混濁，吸光度下降。
- 五、奈米鐵反應非常劇烈，在 3 分鐘時由於 10.0mL  $\text{Fe}^{3+}$  與 10.0mL  $\text{NaBH}_4$  還沒反應完全所以降解率不足 5.0mL  $\text{Fe}^{3+}$  與 5.0mL  $\text{NaBH}_4$ ，至 1 小時後 10.0mL  $\text{Fe}^{3+}$  與 10.0mL  $\text{NaBH}_4$  降解率以能達 90% 以上。
- 六、不論是活性碳、奈米鐵吸附降解法以及 Fenton 降解法都能有非常好的降解效果，但就比較去除結晶紫的速率、以達到 88% 為標準的話，奈米鐵的反應速率是 Fenton 的 40 倍快，且是活性碳快 20 倍，可是活性碳需要量較大；而反應後的奈米鐵粒子可被磁鐵吸引，能簡單的除去吸附污染物的奈米鐵粒子，而達到淨化水質的效果。

## 捌、參考文獻與相關資料

- 一· 研究報告：  
高自宏、李茂田。奈米鐵合成應用 <http://erm.chna.edu.tw/conference/paper/F1.pdf>
- 二· 摘要及資料庫資料：高雄中小學科展(2013)。分解污水鈦厲害
- 三· 蔡永昌 (2011)。普通化學 I。台北市：台科大圖書公司。
- 四· 維基百科。2013 年 12 月 31 日，取自：<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%9F%93%E6%96%99>
- 五· 林文崇。水中染料之脫色研究
- 六· Environ Sci.TechnoL.,VoL.34,5017-5022 (2000)。將  $\text{Fe}(\text{II})$  置於水泥泥漿中來和四氯乙烯作用，控制 pH 在 12.1，可使得 98% 的 PCE 降解。
- 七· 林錫堅、林弘志、簡俊雄(2011)。基礎化工 I。台北市:台科大圖書公司
- 八· 林書丞(2011)。探討鐵鋁複合金屬氧化能力及應用染整廢水處理之研究