

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高中組 化學科

040204

見光死—不同變因對變色反應的影響

學校名稱：國立彰化女子高級中學

作者： 高二 陳愉安 高二 陳韻如 高二 楊芷璇	指導老師： 鄭茜如
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：光化學、反應速率

## 摘要

$\text{FeCl}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{EDTA}$  及  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  的混合液照光後會發生光化學反應，使鐵離子轉變為亞鐵離子，並進一步與赤血鹽反應變為藍色，未照光則無反應。進行實驗時將待測溶液裝入分光光度計測量管中，並以人工光源照射，實驗結果最為穩定。此反應在波長較短的紫外光照射下，速率較快。在酸性環境中，無法發生；在鹼性環境中，pH 值越大，反應速率越快。實驗時  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  的濃度與反應速率無關，但會對顏色造成明顯的影響。除此之外，當鉗合劑為硫代硫酸鈉、草酸鈉及葉綠素時，溶液顏色變化快速；當鉗合劑為亞硫酸鈉、溴化鈉、酒石酸、甘胺酸、碳酸鈉時，變色速率較慢；而當鉗合劑為氯化鈉、乙二胺時，氯化鈉的混合液經過很長一段時間後才變為藍色，而乙二胺的混合液幾乎沒有什麼變化。

## 壹、研究動機

有一次在化學老師的桌上無意間看到學姊們送給化學老師的禮物，一張紙上有著藍白相間的圖案，老師便笑著對一臉充滿好奇的我們說：「其實是太陽公公在變魔術喔！」老師便教我們製作一幅屬於自己的藍白圖畫，首先將經調配過的溶液塗抹在白紙上，放在太陽下曝曬，不一會兒，原先深綠色的溶液就變成令人期待的藍色圖畫了！這神奇的變色過程激起了我們對光化學反應的興趣。

## 貳、研究大綱

- 實驗一：Fe(III) EDTA 之光化學反應。
- 實驗二：光源的影響。
- 實驗三：容器的選擇。
- 實驗四：EDTA 加入時間之探討。
- 實驗五：EDTA 對光化學反應的影響。
- 實驗六：紫外光波長對光反應速率的影響。
- 實驗七：酸鹼度對光反應速率的影響。
- 實驗八： $\text{Na}_2\text{EDTA}$  對光反應速率的影響。
- 實驗九：鉗合劑對光反應速率的影響。

## 參、文獻探討

### 一、光化學反應

因光而起或者加速的化學反應就稱為光化學反應。

光化學反應的發生是因為分子吸收輻射，增加本身的能量，使物質開始發生變化或分解。

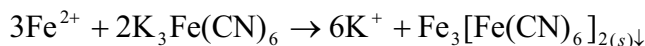
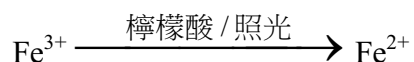
### 二、光化學反應的實例

#### 例一：藍印術

將檸檬酸鐵銨（ $(\text{NH}_4)_3\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$ ）與赤血鹽（鐵氰化鉀 $(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6])$ ）溶液於暗室中混和後，塗佈於白紙上，並曬乾成感光紙。

將此感光紙上部分區域遮蔽後置於日光下曝曬。

而沒有遮蔽的部分（日光照得到），會觸發光化學反應，使鐵離子轉變為亞鐵離子，並進一步與赤血鹽反應成滕氏藍：



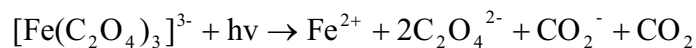
而遮蔽致使無法照射到日光的部分，則無反應發生。

洗去未發生變化的藥劑，即成藍底白色的圖案。

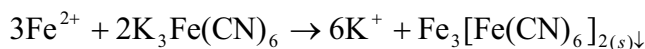
#### 例二：

部分金屬離子與配基結合後，將產生光敏感性，如  $\text{Fe}(\text{III})\text{EDTA}$ 、 $\text{Mn}(\text{II})\text{EDTA}$ 、 $\text{Co}(\text{II})\text{EDTA}$ 、 $\text{Fe}(\text{III})(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-}$ 。

以  $\text{Fe}(\text{III})(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-}$  為例，照光後會發生下述反應：



以  $\text{Fe}(\text{III})\text{EDTA}$  為例，照光後會產生亞鐵離子，並可進一步以赤血鹽進行檢驗  
 $\text{Fe}(\text{III})\text{EDTA} \xrightarrow{\text{照光}} \text{Fe}(\text{II})\text{EDTA}$



## 肆、藥品與器材

### 一、藥品：

鐵氰化鉀 ( $K_3Fe(CN)_6$ )、氯化鐵 ( $FeCl_3$ )、乙二胺四乙酸二鈉 ( $Na_2EDTA$ )、氫氧化鈉 ( $NaOH$ )

### 二、器材：

聚光燈 (圖一)、紫外光燈 (圖二)、分光光度計 (圖三)、pH 值檢測計 (圖四)、LED 燈 (圖五)



(圖一) 聚光燈



(圖二) 紫外光燈



(圖三) 分光光度計



(圖四) pH 值檢測計



(圖五) LED 燈

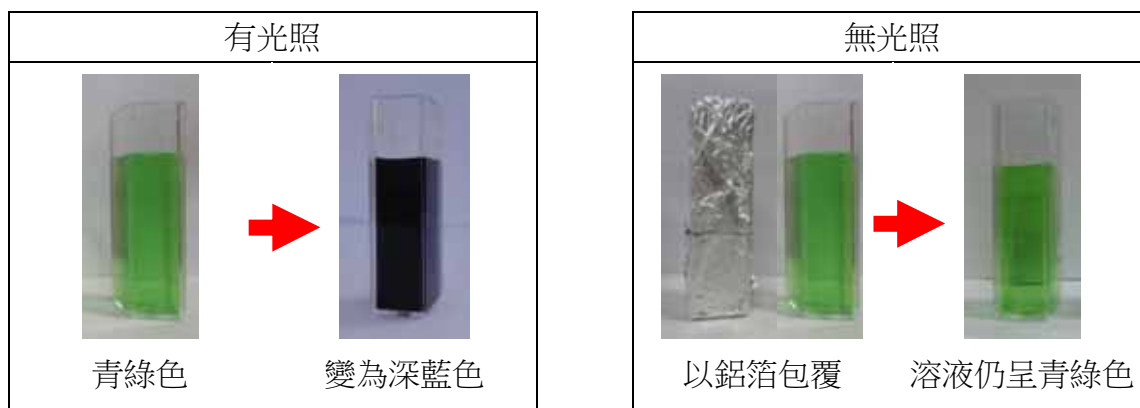
## 伍、實驗過程與結果

### 實驗一、Fe(III) EDTA 之光化學反應

#### 一、實驗步驟

- 1、取 10 克  $Na_2EDTA$  於燒杯中，加入 6M 氫氧化鈉水溶液 5 毫升幫助溶解，並加水至 50 毫升。
- 2、取 5 克  $K_3[Fe(CN)_6]$  於另一個燒杯並加水到 50 毫升。
- 3、取 4 克  $FeCl_3$  於第三個燒杯並配置成溶液 50 毫升。
- 4、分別將步驟 1、2、3 各取 2 毫升於同一燒杯中，加入 30 毫升的水稀釋並均勻混合。
- 5、於燒杯中分別取 3 毫升滴入兩支分光光度計測量管中，並將其中一支包上鋁箔紙以遮蔽光源，放在 LED 燈投射出之光源下照射，並觀察有何變化。

## 二、實驗數據



## 三、結果與討論

照光使得鐵由 3 價轉為 2 價，並進一步與赤血鹽反應使溶液轉變為藍色。而遮光組則不發生反應。

### 實驗二、光源的影響

#### 一、實驗源由：

剛開始進行這個實驗的時候，我們曾以投影機作為光反應光源，但因單槍投影機內燈泡極為昂貴，所以我們改換其他光源進行實驗。

#### 二、實驗步驟：

與實驗一相同，但將光源由單槍投影機換成陽光、聚光燈、紫外光燈及 LED 燈。

#### 三、結果與討論

##### 1、日光：

直接將實驗溶液置於日光下曝曬。實驗雖會成功，但幾次進行實驗時，由於天氣的不穩定、雲朵的遮蔽及太陽位置的改變等，造成實驗結果極不穩定，於是不採用此做法。

##### 2、聚光燈（如圖六）：

為了使光的強度增強，減少反應時間，且避免其他周圍光源的影響，我們使用校內的聚光燈，並於暗室內進行實驗。實驗進行一直都很順利，但最後聚光燈燒壞了，而且找不到零件，所以最後改其他做法。



(圖六) 聚光燈

### 3、紫外光燈：

由於聚光燈燒壞了，所以只好自己組合一個新的紫外光燈管，我們將紫外光燈架於自製的紙箱盒子上方，但因為紫外光燈過重，導致整個紙箱塌陷了，於是我們改製堅固的木箱(如圖七)，並貼白色的紙當作拍攝背景，實驗進行時，我們會蓋上黑色塑膠袋以阻擋其他光線的干擾且可避免紫外光照射到其他人。



(圖七) 紫外光燈

### 4、LED 燈

由於聚光燈溫度太高，容易使溶液快速蒸發，致使實驗數據不準確，於是改以溫度較低的 LED 燈做為替代燈源，並以鐵架架設 LED 燈。



(圖八) 以鐵架架設 LED 燈

### 實驗三、容器的選擇

#### 一、實驗源由：

一開始使用試管，但因為只有上層溶液有變色反應，效果不佳，所以我們開始尋找更適合的容器。

#### 二、實驗步驟：

與實驗一相同，但將容器由試管換成培養皿和分光光度計測量管（如圖九）。



(圖九)分光光度計測量管

#### 三、結果與討論

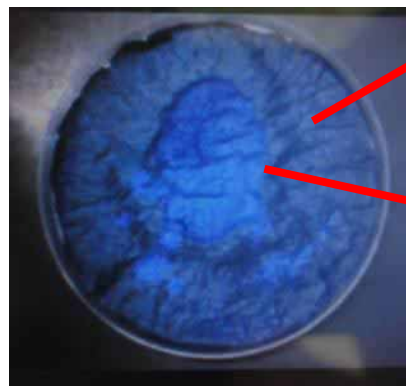
##### 1、培養皿：

##### (1) 直接將溶液倒入培養皿中：

溶液直接倒入培養皿中做實驗時，若要讓培養皿均勻的散佈溶液，則需加入較多量的溶液，使得反應的速度過慢。

##### (2) 在培養皿中鋪上一層衛生紙，再倒入溶液（如圖十）：

如此一來，藉由衛生紙的毛細作用，僅需加入少量的溶液，就可以均勻散佈在整個培養皿，但在進行實驗時，衛生紙很快的就會乾掉，並出現皺褶，皺褶上各處反應的狀況不太一樣，有些部分反應完顏色較深，有些則較淺。可能是因為從同一定點(中央)倒入液體，使得溶液的分布較不平均，才會出現反應不一致的現象。因此我們改良反應環境，用矽膠來替代衛生紙。



此區塊顏色較深

此區塊顏色較淺

(圖十) 鋪上一層衛生紙的培養皿

(3) 在培養皿中鋪一層矽膠顆粒，再倒入溶液：

但倒入溶液時，由於會產生一個衝力，沖掉某些區域的矽膠，使得培養皿上矽膠厚度不一，並間接影響反應速率，使得溶液的厚薄不一（如圖十一）。



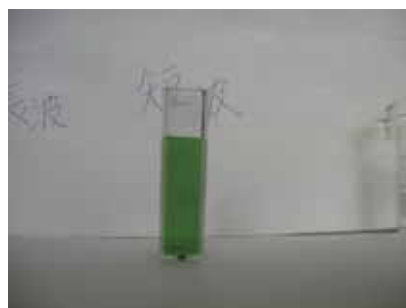
此區塊厚度較薄

此區塊厚度較厚

(圖十一) 鋪有一層矽膠顆粒的培養皿

2、分光光度計測量管：

為了將我們的實驗結果數據化，我們決定使用分光光度計測量管進行實驗，發現由於測量管的高度較低，溶液的量較少使顏色變化較均勻，反應時並不會有上下分層顏色不均的狀況。且後續測定吸光度時極為方便，所以我們決定使用分光光度計測量管（如圖十二）作為容器，進行接下來的實驗。



(圖十二) 分光光度計測量管



## 實驗四、EDTA 加入時間之探討

### 一、實驗源由：

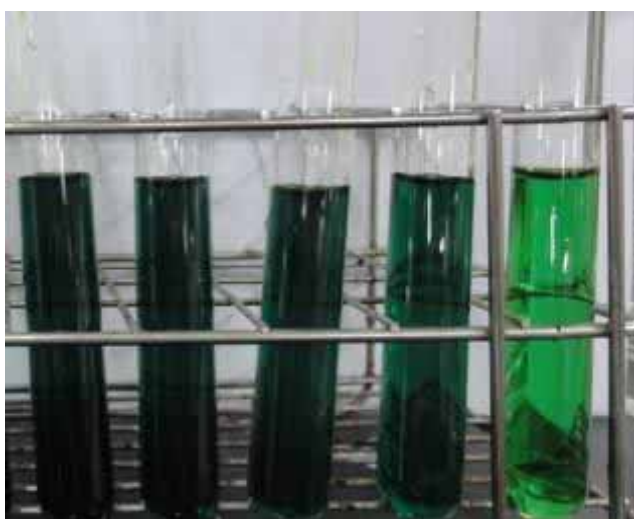
剛開始進行這個實驗的時候，我們發現，每次配出來的感光液（ $\text{FeCl}_3 + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{EDTA}/\text{NaOH}$ ）顏色都有些許的差異。連續數次後，發現似乎與 EDTA/NaOH 加入  $\text{FeCl}_3 + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  溶液之時間有關，因而設計本實驗。

### 二、實驗步驟：

- 1、取 10 克  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  於燒杯中，加入 6M 氫氧化鈉水溶液 5 毫升幫助溶解，並加水至 50 毫升。
- 2、取 5 克  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  於另一個燒杯並加水到 50 毫升。
- 3、取 4 克  $\text{FeCl}_3$  於第三個燒杯並配置成溶液 50 毫升。
- 4、分別將步驟 2、3 各取 2 毫升於同一試管中，並於第 0 min（同時）步驟 1 溶液。
- 5、加入 30 毫升的水稀釋並均勻混合後立刻觀察其顏色。
- 6、重複步驟 1~5 但將步驟 4 之時間改為 5min、10 min、15 min、20 min。

### 三、結果與討論

- 1、EDTA 加入氯化鐵混赤血鹽溶液的時間與溶液之起始顏色有關，較早加入顏色較偏青綠，越晚加入顏色則越偏深綠。
- 2、因 EDTA 加入時間會影響溶液之起始顏色，故後續實驗配置藥品時皆馬上加入 EDTA。



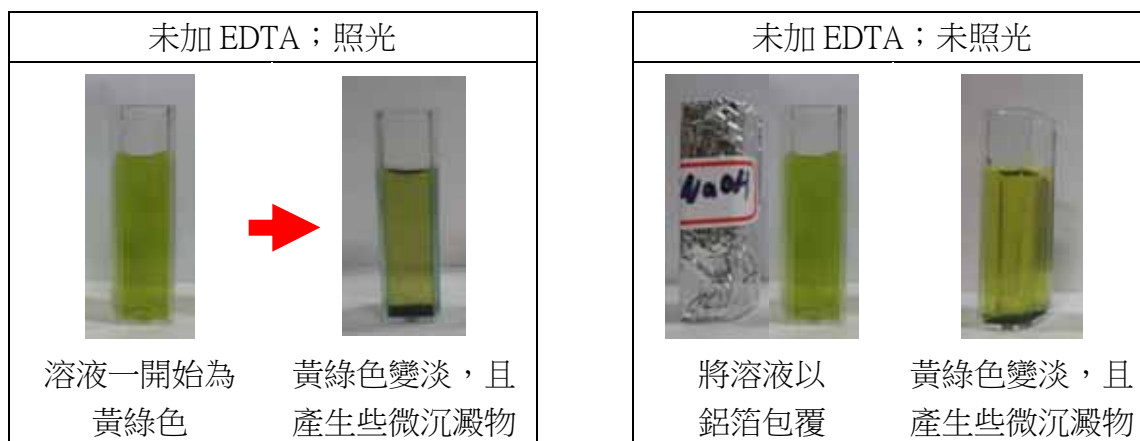
（圖十三）EDTA 加入時間對溶液顏色的影響  
由左至右分別為 20min/15min/10min/5min/0min 後加入  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  之情形

## 實驗五、EDTA 對光化學反應的影響

### 一、實驗步驟

- 1、取 5 克  $K_3[Fe(CN)_6]$  於另一個燒杯並加水到 50 毫升。
- 2、取 4 克  $FeCl_3$  於第三個燒杯並配置成溶液 50 毫升。
- 3、將步驟 1、2 各取 2 毫升放入另一個燒杯中，以少量 NaOH 調整其 pH 值與有加 EDTA 的溶液之 pH 值相同，並加水至總體積 36mL（與實驗一相同）。
- 4、於燒杯中分別取 3 毫升滴入兩支分光光度計測量管中，並將其中一支包上鋁箔紙以遮蔽光源，放在 LED 燈投射出之光源光源下照射，並觀察有何變化。

### 二、實驗數據



### 三、結果與討論

- 1、與實驗一比較，未加 EDTA，將使溶液產生些微懸浮微粒，且顏色較黃。



（圖十四）有無加入 EDTA 之比較。圖左，加入 EDTA；圖右，未加 EDTA。

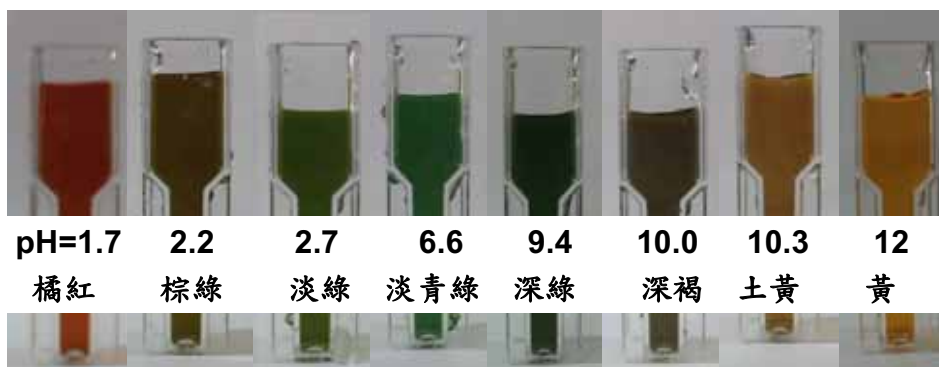
- 2、未加 EDTA 者，照光與不照光實驗結果相同。顯示 EDTA 在此光化學反應中佔有重要的角色，加入 EDTA 才會使光化學反應發生。
- 3、pH 對溶液顏色的影響

(1) 之前設計此實驗時，我們僅將 EDTA/NaOH 改為蒸餾水進行實驗，卻發現調配出之溶液顏色為黃褐色。



(圖十五) 將 EDTA/NaOH 改為水，調配出之感光液顏色。

- (2) 加入 EDTA 後，溶液由青綠轉變為黃褐色，我們推測是因為 EDTA 溶液偏鹼性的關係，為了證實這個推測，我們設計了一個小實驗。將之前所配置的  $K_3[Fe(CN)_6]$  及  $FeCl_3$  溶液混合後，慢慢滴入 6M 的 NaOH，並同時攪拌，發現溶液顏色有明顯變化時，便測其 pH 值且拍下照片做紀錄。



如果加入太多鹼性物質，則會開始產生橘紅色沉澱（見圖十五）



(圖十六) 溶液過鹼的情形 ( $pH > 12$ )

- (3) 故後續實驗設計，我們皆使其 pH 值相同以避免溶液過鹼或過酸之情形。

## 實驗六、紫外光波長對光化學反應的影響


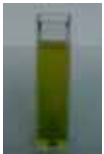
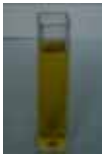







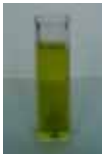


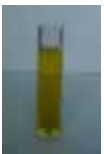




### 一、實驗源由：

因為短波長的能量較強，因此我們假設溶液於短波長的紫外光下變色速率較快，於長波長的紫外光下變色速率較慢。

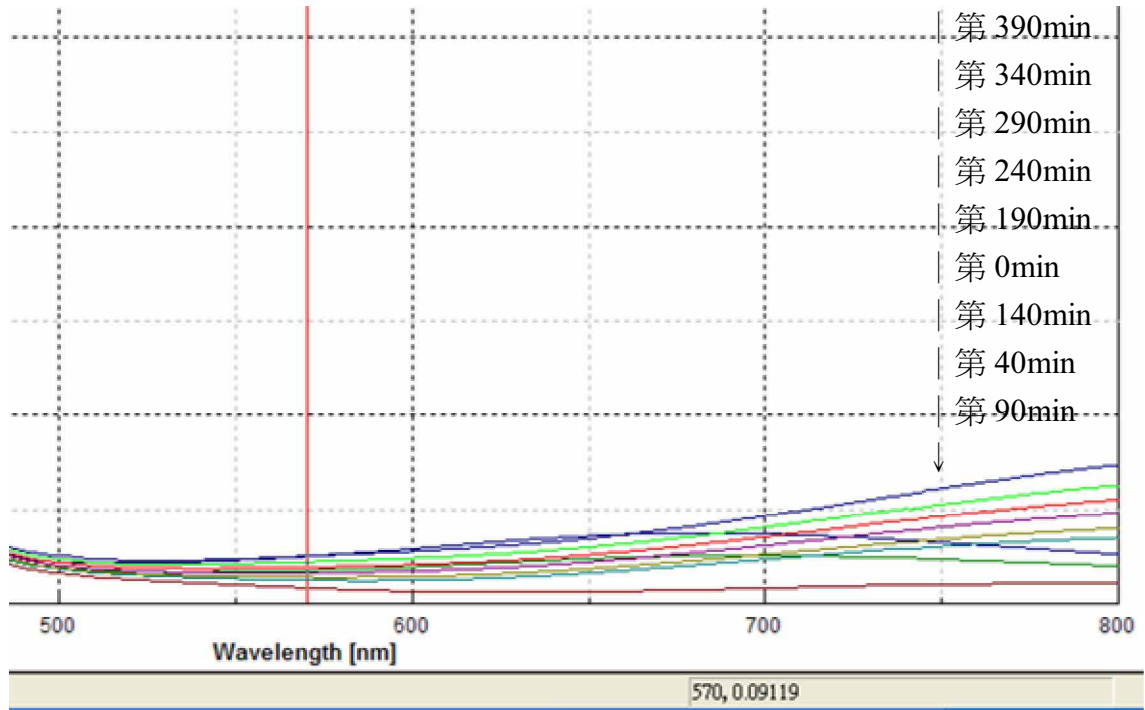
### 二、實驗步驟

- 1、取 10 克  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  於燒杯中，加入 6M 氫氧化鈉水溶液 5 毫升幫助溶解，並加水至 50 毫升。
- 2、取 5 克  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  於另一個燒杯並稀釋到 50 毫升。
- 3、取 4 克  $\text{FeCl}_3$  於第三個燒杯並配置成溶液 50 毫升。
- 4、依步驟 1、2、3 各取 0.2 毫升於分別兩個塑膠管中並加入 3 毫升的水，再分別置於兩不同波長的紫外光燈下照射，定時置入分光光度計中測定吸光度。

### 三、實驗數據

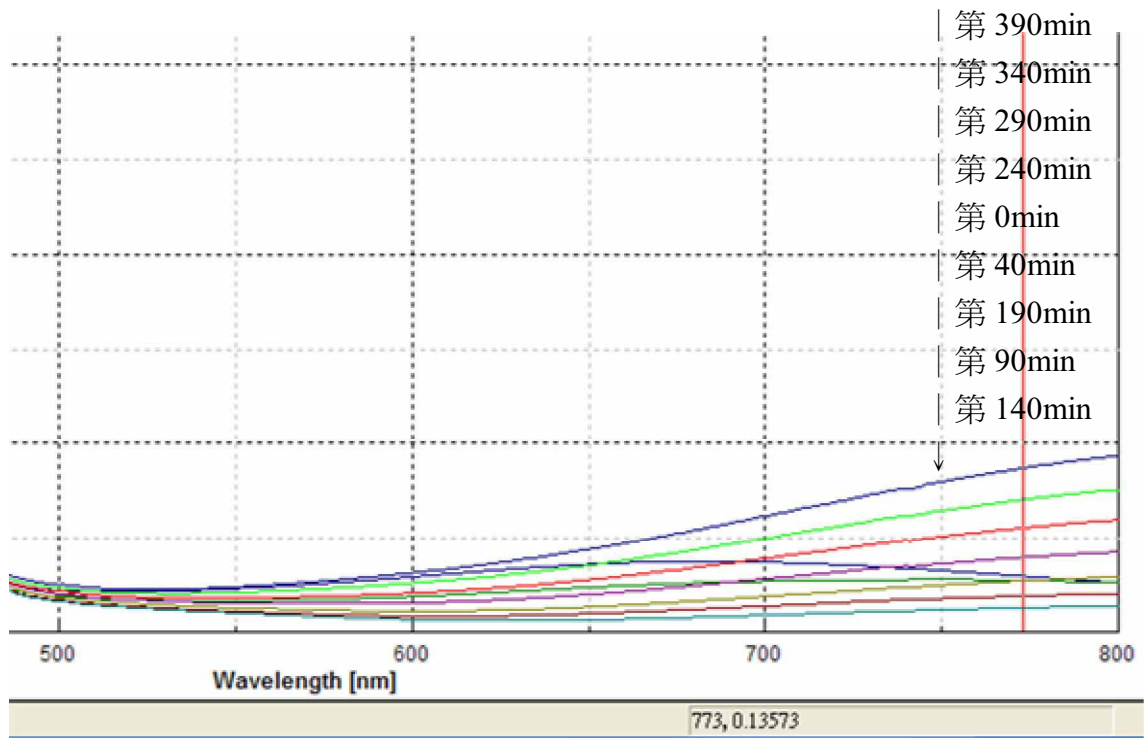
時間	0 min	40 min	90 min	140 min	190 min	240 min	290 min	340 min	390 min
短波長	 青綠色	 稍轉為黃色	 轉為黃色	 變成深黃色	 變的稍偏綠色	 變深一點的綠	 綠色加深	 綠色加深	 棕綠
長波長	 青綠色	 稍轉為黃色	 轉為黃色但稍偏綠	 更黃但仍偏綠	 更黃但仍偏綠	 黃綠色	 淡綠色	 綠色加深	 綠色

1. 短波長：



(圖十七)以短波長紫外線照光後之分光光度計全波長吸光掃描結果。在 750nm 的波段，曲線由上而下分別為：第 390 min、340 min、290 min、240 min、190 min、0 min、140 min、40 min、90min

2. 長波長：



(圖十八)以長波長紫外線照光後之分光光度計全波長吸光掃描結果。在 750nm 波段，曲線由上而下分別為：第 390 min、340 min、290 min、240 min、0 min、40 min、190 min、90 min、140min

## 四、結果與討論

### 以肉眼觀察

- 1、以肉眼觀察，顏色變化為綠→黃→綠（→藍）。
- 2、其中以短波長紫外光進行照射，90min 就明顯轉為黃色，190min 明顯轉為綠色。但長波長則是約 90min 轉為黃色，290 min 才轉為綠色。顯示短波長所觸發的反應速率較快。

### 以分光光度計進行測量

- 3、由短波長進行照射後之溶液，進行全波長掃描，分析其吸光度圖，  
600nm 時，吸光度大小為：390 > 0 > 340 > 290 > 40 > 240 > 190 > 140 > 90  
750nm 時，吸光度大小為：390 > 340 > 290 > 240 > 190 > 0 > 140 > 40 > 90
- 4、由長波長的全波長掃描吸光度圖：  
600nm 時，吸光度大小為：390 > 0 > 340 > 290 > 40 > 240 > 190 > 90 > 140  
750nm 時，吸光度大小為：390 > 340 > 290 > 240 > 0 > 40 > 190 > 90 > 140
- 5、由分光光度計的實驗結果可以發現，以短波長紫外光進行照射，0~90 min 吸光度逐漸下降，過了 90 min 後，吸光度又逐漸回升；以長波長紫外光進行照射，0~140 min 吸光度逐漸下降，過了 140 min 後，吸光度又逐漸回升。
- 6、故由數據得知，無論以短波長或者長波長進行照射，溶液顏色均會隨時間逐漸發生改變，但分別在進行至第 90 min 及 140min 後，又逐漸變為原本的顏色。與肉眼觀察結果相同。
- 7、以短波長紫外光進行照射，會在第 90min 會開始發生顏色的轉變，而以長波長紫外光進行照射，則會在 140min 才開始發生顏色的轉變。顯示短波長所觸發的反應速率較快。與肉眼觀察結果相同。

## 實驗七、酸鹼度對光化學反應的影響

### 一、實驗步驟：

- 1、將 5 克 Na<sub>2</sub>EDTA 置於燒杯中，以少量鹽酸或氫氧化鈉調整 pH 值，配製 pH=6 的 25 毫升 Na<sub>2</sub>EDTA 溶液。
- 2、取 5 克 K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]於另一燒杯中，並稀釋體積至 50 毫升。
- 3、取 4 克 FeCl<sub>3</sub>於第三個燒杯中並稀釋體積至 50 毫升。
- 4、取步驟 2、3、4 所配製之 Na<sub>2</sub>EDTA、K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]及 FeCl<sub>3</sub> 溶液各 0.2mL 及 3mL 的水混和均勻後置入分光光度計測量管中。

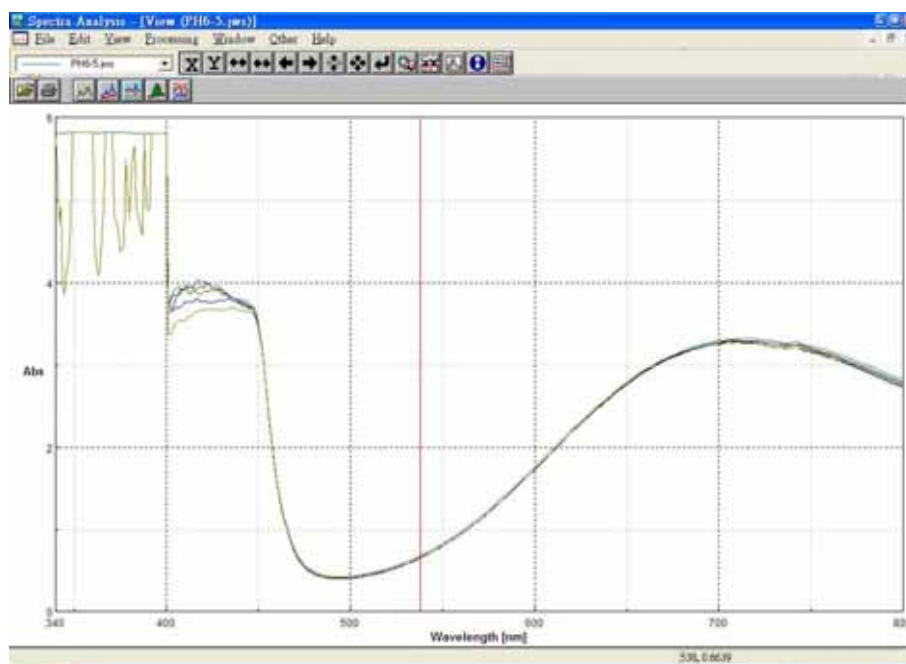
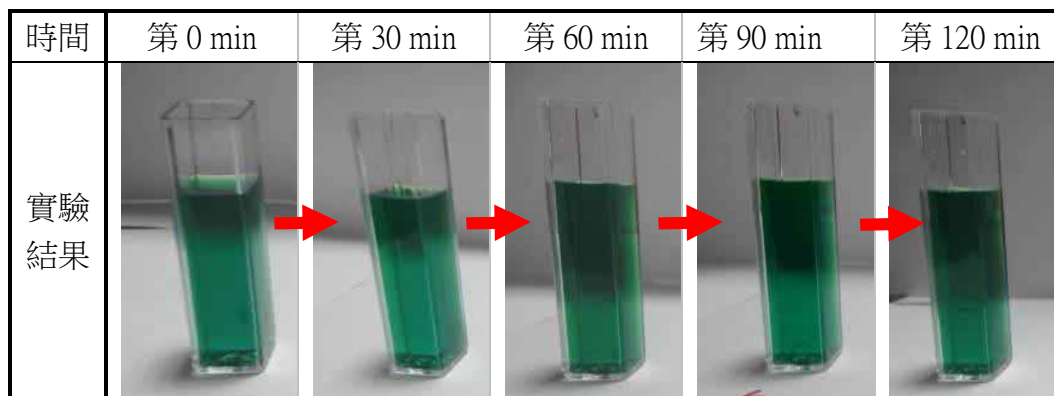
5、將分光光度計測量管置於紫外光燈下照射，每隔三十分鐘觀察其顏色變化，並以分光光度計測定其吸光度。

6、重複步驟 1~5，但將步驟 1 中之 pH 改為 8、10 及 12。

## 二、實驗結果：

### (一) pH=6

#### 1. 實驗數據



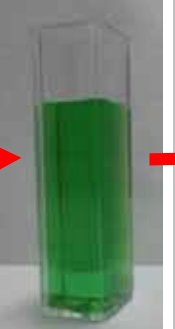
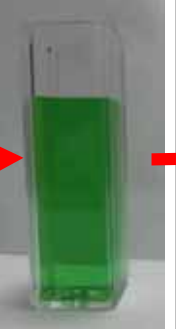



#### 2. 結果與討論

- (1) 本實驗  $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  及 pH 6 EDTA 三藥品混和後，溶液之 pH 為 2.17，為青綠色。
- (2) 無論由肉眼觀察或由全波長掃描結果比對，均發現顏色變化不明顯。故此光化學反應在此 pH 下，不易發生反應。

## (二) pH=8

### 1. 實驗數據

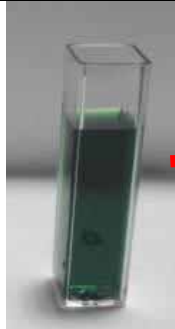
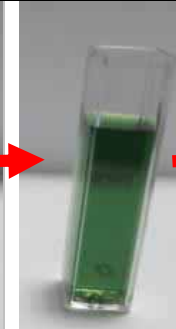

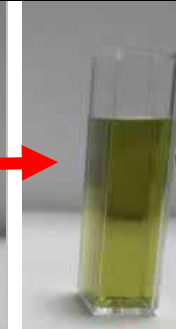

時間	第 0 min	第 30 min	第 60 min	第 90 min	第 120 min
實驗結果					

### 2. 結果與討論

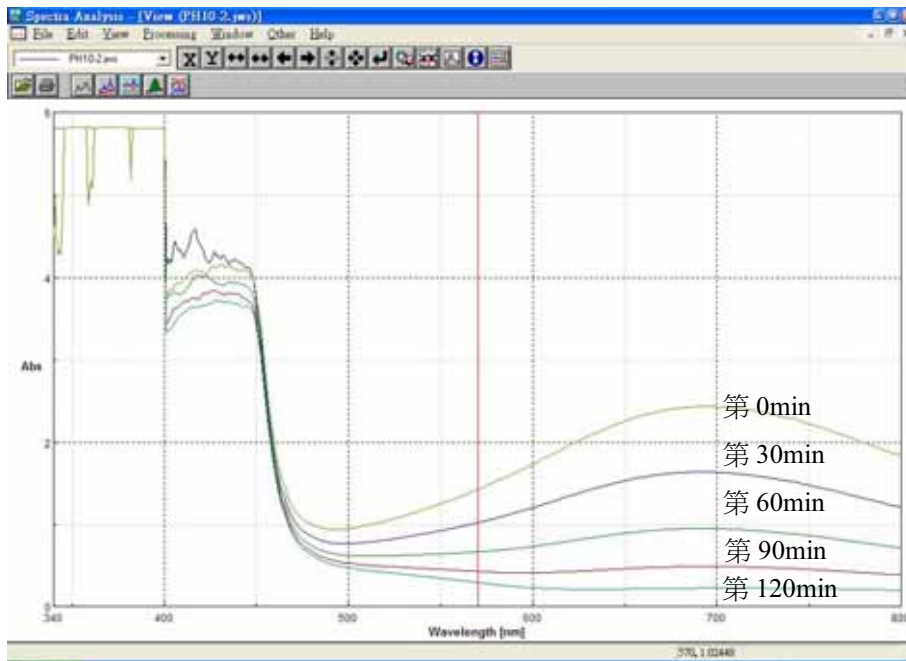
- (1) 本實驗  $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  及 pH 8 EDTA 三藥品混和後，溶液之 pH 為 3.17，為青綠色。
- (2) 無論由肉眼觀察或由全波長掃描結果比對，均發現顏色變化不明顯。故此光化學反應在此 pH 下，不易發生反應。

## (三) pH=10

### 1. 實驗數據

時間	第 0 min	第 30 min	第 60 min	第 90 min	第 120 min
實驗結果					





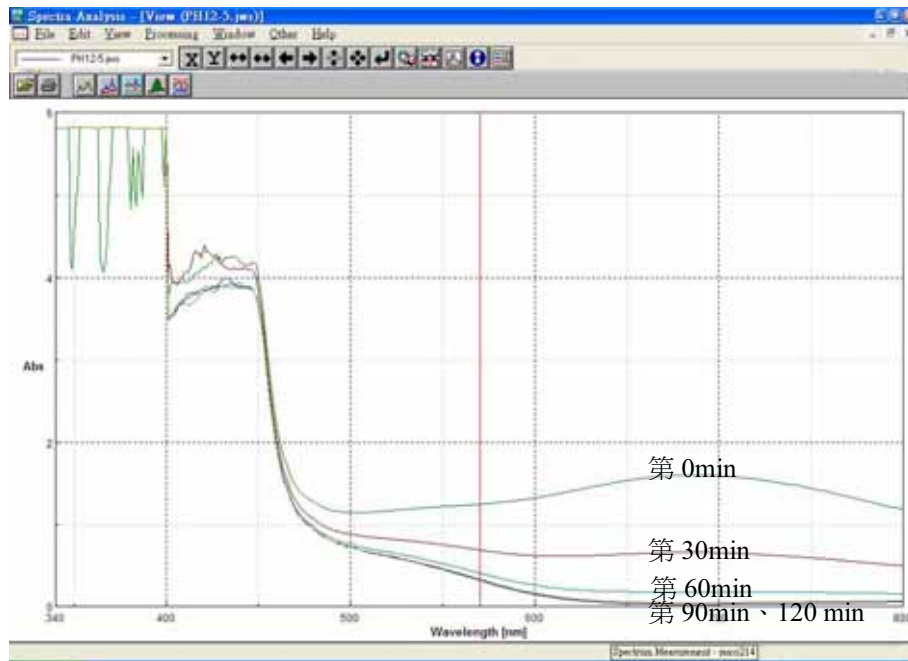
## 2. 結果與討論

- (1) 本實驗  $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  及 pH 10 EDTA 三藥品混和後，溶液之 pH 為 7.24，為綠色。
- (2) 以肉眼觀察，顏色逐漸由綠轉黃，以分光光度計進行掃描，由第 0min 至第 120min 色，每格 30min 顏色均逐漸發生改變，兩者結果相同。

### (四) pH=12

#### 1. 實驗數據

時間	第 0 min	第 30 min	第 60 min	第 90 min	第 120 min
實驗結果					



## 2. 結果與討論

- (1) 本實驗  $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  及 pH 12 EDTA 三藥品混和後，溶液之 pH 為 7.65，為深綠色。
- (2) 以肉眼觀察，顏色在 60 分鐘內，迅速逐漸由深綠轉黃褐；以分光光度計進行掃描，由第 0min 至第 60min 分鐘內，曲線迅速的發生改變，但第 90 分鐘及 120min 的取線則幾乎重疊；兩者結果相同。
- (3) 若與先前實驗結果進行比對，發現在酸性的環境中，此光化學反應不易進行；在鹼性的環境中，越鹼反應速率越快。

## 實驗八、 $\text{Na}_2\text{EDTA}$ 濃度對光化學反應的影響

### 一、實驗步驟：

- 1、取 5 克  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  於一個燒杯並稀釋到 50 毫升。
- 2、取 4 克  $\text{FeCl}_3$  於第二個燒杯並配置成溶液 50 毫升。
- 3、取 10 克  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  於燒杯中，加入 6M 氫氧化鈉水溶液 5 毫升幫助溶解，並加水至 50 毫升。
- 4、取步驟 1、2、3 所配製之  $\text{Na}_2\text{EDTA}$ 、 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  及  $\text{FeCl}_3$  溶液各 2mL 及 30mL 的水混和均勻後置入分光光度計測量管中。

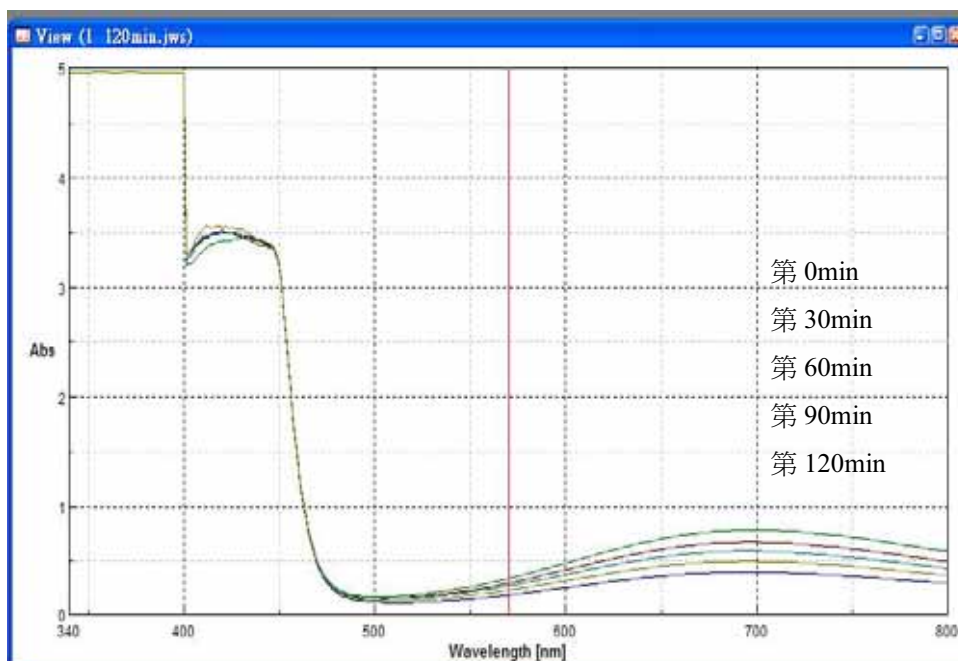
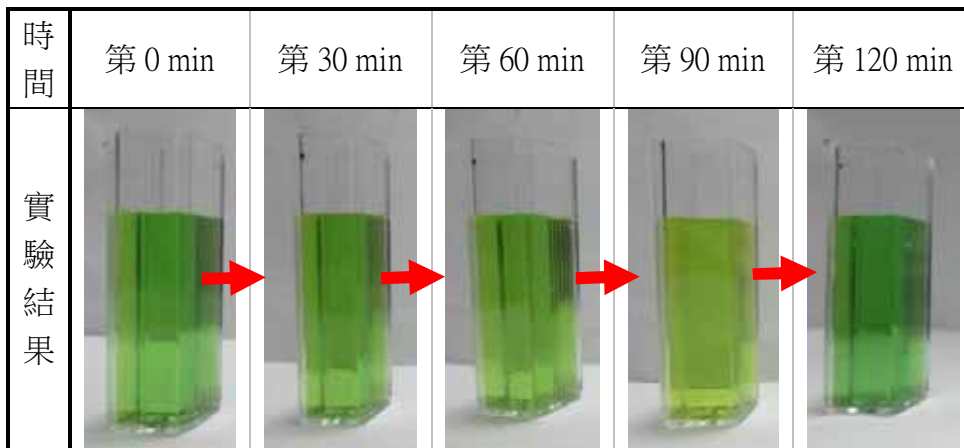
5、將分光光度計測量管置於 LED 燈下照射，定時觀察其顏色變化，並以分光光度計測定其吸光度。

6、重複步驟 1~5，但將步驟 1 中之溶液體積稀釋 2 倍、4 倍及 8 倍。

## 二、實驗數據：

### (一) 原濃度

#### 1. 實驗數據

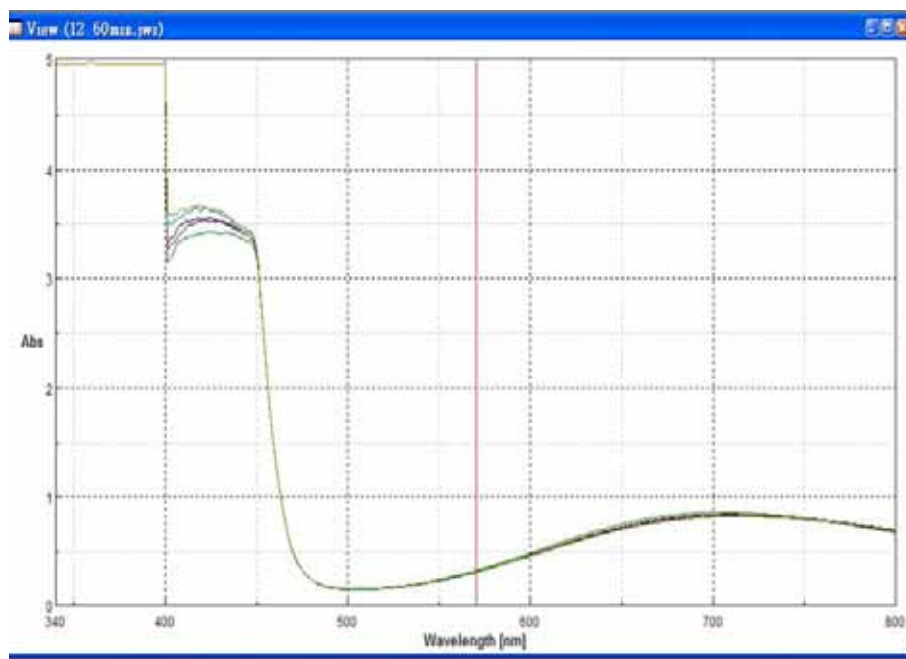
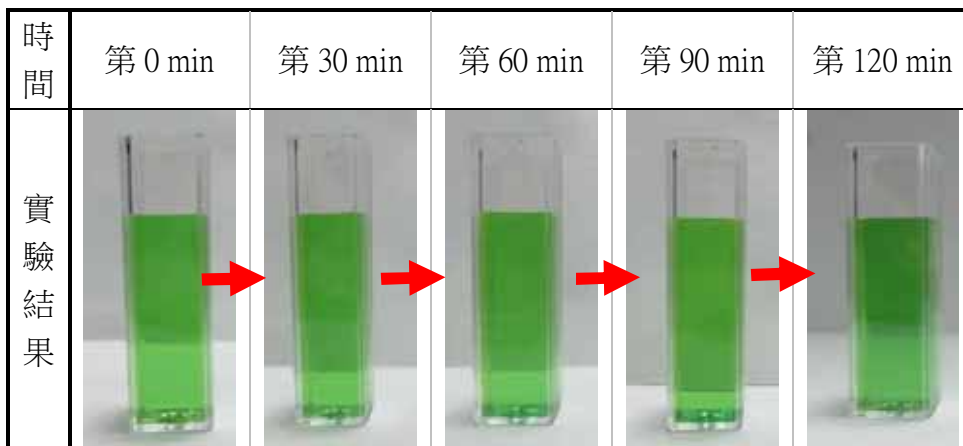


#### 2. 結果與討論

以肉眼觀察，溶液逐漸變淡，吸光圖的曲線呈現下降的狀態，但變化的幅度並不大。兩者所呈現的結果相同。

## (二) $\frac{1}{2}$ 濃度

### 1. 實驗數據

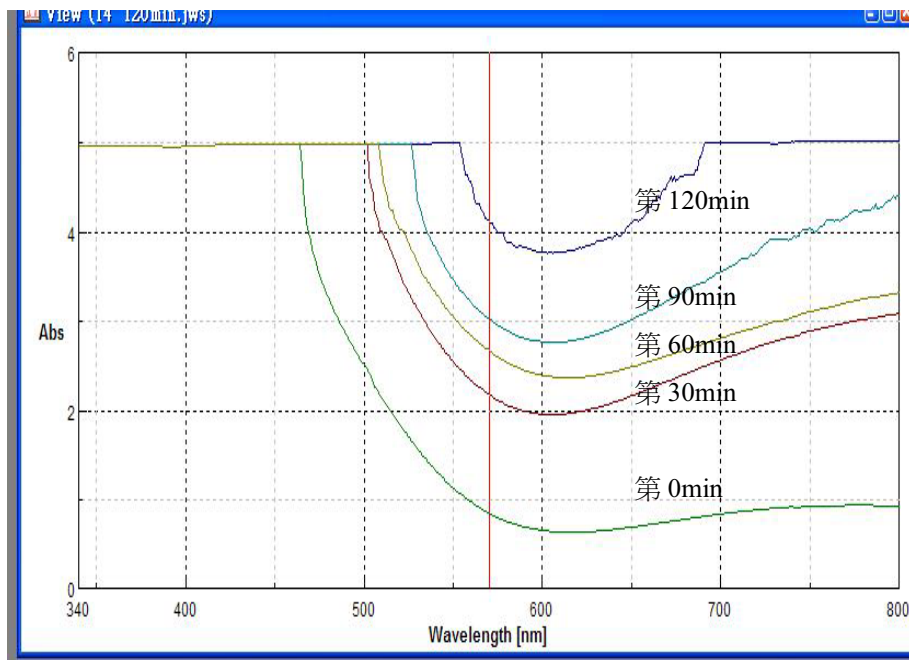
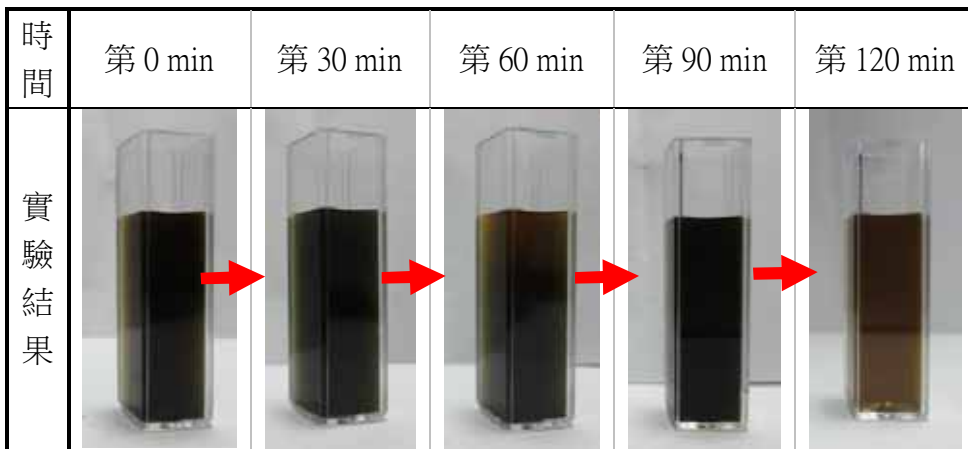


### 2. 結果與討論

「 $\frac{1}{2}$  濃度」一開始的顏色與「原濃度」差不多，照光後無明顯變化。

### (三) $\frac{1}{4}$ 濃度

#### 1. 實驗數據

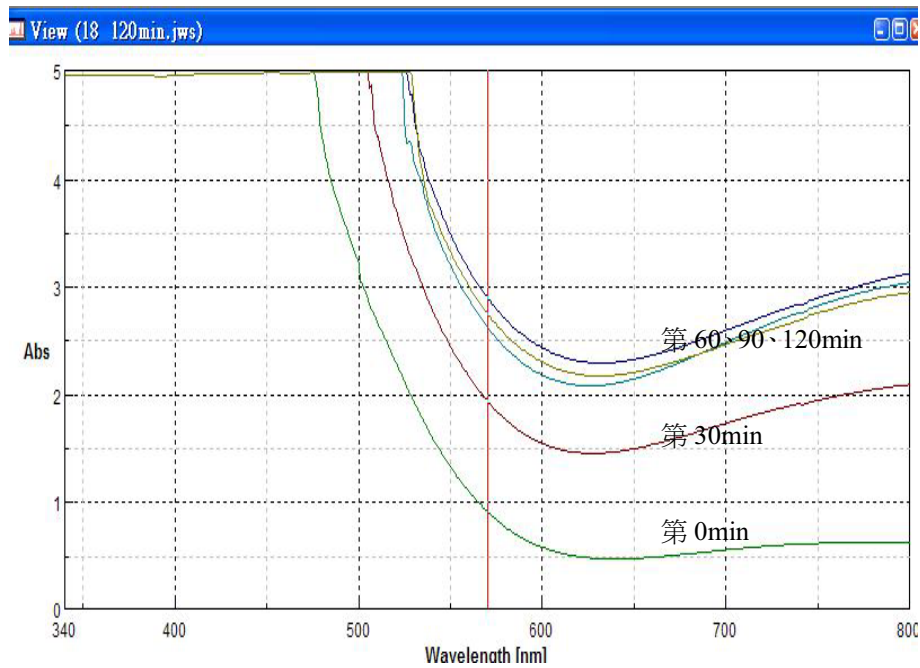
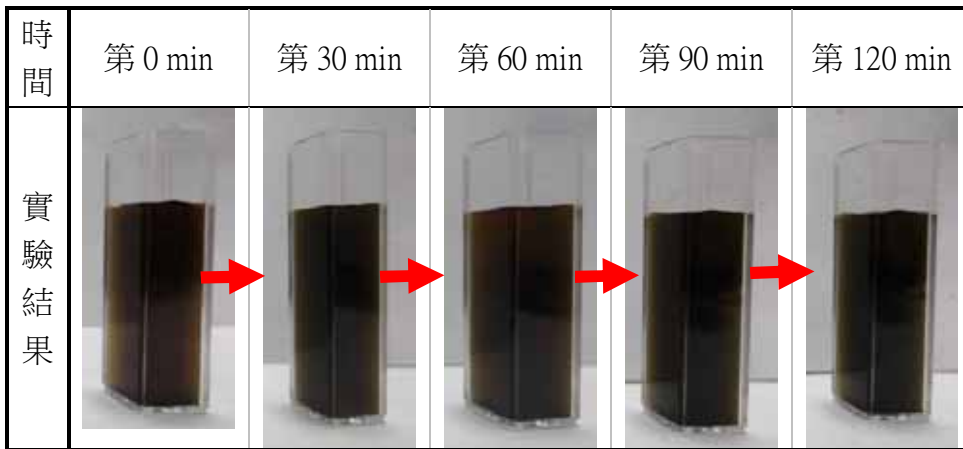


#### 2. 結果與討論

以肉眼觀察，「 $\frac{1}{4}$  濃度」一開始的顏色為橘褐色，溶液逐漸變深。吸光圖的曲線隨時間逐漸上升，且變化的幅度較前面兩者都大。

#### (四) $\frac{1}{8}$ 濃度

##### 1. 實驗數據



##### 2. 結果與討論

- (1) 以肉眼觀察，「 $\frac{1}{8}$  濃度」一開始的顏色為褐色，隨著照光時間增加，溶液顏色逐漸變深。以分光光度計進行觀察，吸光圖的曲線隨時間逐漸上升，且變化的幅度也很明顯，僅次於  $\frac{1}{4}$  濃度。

(2) 三圖型之比較：

A、從波長 500nm-800nm 中可明顯看出三者明顯的差異。

B、「原濃度」、「 $\frac{1}{2}$  濃度」的吸光圖波形變化範圍約在 600nm-800nm，溶液顏色較其它三者淡，顏色變化也較不明顯；吸光圖的波形較低平。

C、「 $\frac{1}{4}$  濃度」、「 $\frac{1}{8}$  濃度」的吸光圖波形變化範圍約在 500nm-800nm，溶液一開始的顏色就較深，顏色變化也較明顯；吸光圖的波形曲線較高。

D、以吸光曲線進行觀察，利用圖形變動的幅度可以觀察得，兩者顏色的變化速度為：「 $\frac{1}{4}$  濃度」>「 $\frac{1}{8}$  濃度」>「原濃度」>「 $\frac{1}{2}$  濃度」，這和我們一開始所假設的有很大的出入。

E、「 $\frac{1}{4}$  濃度」、「 $\frac{1}{8}$  濃度」因後期溶液的顏色太深，無法清楚判斷其變色速度，此時則需以分光光度計進行輔助觀察。

F、四組實驗溶液變色的方向並不一致。「原濃度」與「 $\frac{1}{2}$  濃度」的變化為綠色逐漸轉淺，而「 $\frac{1}{4}$  濃度」、「 $\frac{1}{8}$  濃度」則為褐色轉墨綠色。

G、我們推測「 $\frac{1}{4}$  濃度」、「 $\frac{1}{8}$  濃度」的顏色之所以與「原濃度」、「 $\frac{1}{2}$  濃度」的顏色不同，是因為  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  會使溶液的顏色變淡，故當其濃度較濃（「原濃度」、「 $\frac{1}{2}$  濃度」，溶液的顏色就會較淺；當其濃度較稀（「 $\frac{1}{4}$  濃度」、「 $\frac{1}{8}$  濃度」），溶液的顏色就會較深。

## 實驗九、鉗合劑對光化學反應的影響

### 一、實驗源由：

為了找到是否有其他物質可以與 EDTA 一樣，在此光化學反應扮演鉗合劑的角色。由於 EDTA 是含有六牙基的藥品，於是我們試著以多種含有單牙基及雙牙基的藥品來做以下的實驗。

## 二、實驗步驟

- 1、取鉗合劑  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  2 克於燒杯中，並各加水至 10 毫升。
- 2、取 5 克  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  於另一個燒杯並加水到 50 毫升。
- 3、取 5 克  $\text{FeCl}_3$  於第三個燒杯並配置成溶液 50 毫升。
- 4、分別將步驟 1、2、3 各取 10 毫升於同一燒杯中，並均勻混合，並觀察其顏色變化。
- 5、重複步驟 1~ 4 但將  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  換成下表的鉗合劑

單牙基	亞硫酸鈉 $\text{NaNO}_2$ (含 $\text{NO}_2^-$ )、硫代硫酸鈉 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (含 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ )、溴化鈉 $\text{NaBr}$ (含 $\text{Br}^-$ )、氯化鈉 $\text{NaCl}$ (含 $\text{Cl}^-$ )
雙牙基	酒石酸 $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ (含 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6^{2-}$ )、乙二胺 $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ (含 $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ )、草酸鈉 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (含 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ )、甘胺酸 $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ (含 $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ )、碳酸鈉 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (含 $\text{CO}_3^{2-}$ )
葉綠素	摘新鮮的樹葉，將樹葉搗出綠色汁液取出葉綠素 ( $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$ )

## 三、實驗數據：

### (1) 單牙基

	亞硫酸鈉 $\text{NaNO}_2$	硫代硫酸鈉 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	溴化鈉 $\text{NaBr}$	氯化鈉 $\text{NaCl}$
反應前	綠色	深藍色、濃稠狀、有氣泡	綠色	褐色
反應後	深藍	仍呈深藍	深藍	褐色且稍偏藍色

### (2) 雙牙基

	酒石酸 $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	乙二胺 $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	草酸鈉 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	甘胺酸 $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$	碳酸鈉 $\text{Na}_2\text{CO}_3$
反應前	綠色	褐色、有沉澱	綠色	綠色	綠色
反應後	深藍	仍成褐色	深藍(快)	深藍	深藍



### (3) 六牙基

	EDTA
反應前	綠色
反應後	深藍色

### (3) 葉綠素

	葉綠素
反應前	加入時，馬上變為深藍色
反應後	仍舊呈深藍色

## 2、實驗結果與討論：

從實驗數據中我們發現，當鉗合劑為硫代硫酸鈉、草酸鈉及葉綠素時，溶液顏色變化快速，幾乎馬上就變為藍色；當鉗合劑為亞硫酸鈉、溴化鈉、酒石酸、甘胺酸、碳酸鈉時，顏色也會由綠變藍，但速率較慢；而當鉗合劑為氯化鈉、乙二胺時，氯化鈉的混合液經過很長一段時間後才變為藍色，但乙二胺的混合液幾乎沒有什麼變化。

## 陸、結論

1.  $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{EDTA}$ 、 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  溶液照光後將使鐵離子轉變為亞鐵離子，與赤血鹽反應後使溶液轉變為藍色；對照組（未照光）則無此反應發生。
2. 將待測溶液裝入分光光度計測量管中，並以人工光源照射，實驗結果最為穩定。
3. 反應在波長較短的紫外光照射下，速率較快
4. 在酸性環境中，反應無法發生；在鹼性環境中，pH 值越大，反應速率越快。
5. 加入濃度較高的  $\text{Na}_2\text{EDTA}$ ，顏色變化不一定最快，且  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  的濃度會明顯影響溶液混合之後的顏色。

6. 從實驗數據中我們發現，當鉗合劑為硫代硫酸鈉、草酸鈉及葉綠素時，溶液顏色變化快速，幾乎馬上就變為藍色；當鉗合劑為亞硫酸鈉、溴化鈉、酒石酸、甘胺酸、碳酸鈉時，顏色也會由綠變藍，但速率較慢；而當鉗合劑為氯化鈉、乙二胺時，氯化鈉的混合液經過很長一段時間後才變為藍色，但乙二胺的混合液幾乎沒有什麼變化。

## 柒、未來展望

透過以上的實驗讓我們更了解了光化學，也許未來我們可以把它應用在奈米材料上作為感光塗料以偵測微粒周圍的光源；商業方面，藉由不同的反應時間點，呈現出有豐富色彩的物件，作為特色產品；在防範犯罪行為上，可藉以得知是否有人開啟了櫃子或密室而導致溶液變色；運用在相機中，即可知道此張相片是否拍攝過曝…等生活應用。後續我們將進一步探討變色過程中，為何在變藍之前，會有綠變淡再變為綠的中間過程；並進一步改變鉗和物的成分，瞭解鉗和物在此反應中所扮演的角色；觀察其他會隨價數變化而有顏色改變的離子對於環境、濃度的顏色變化和反應速度，並試著找出其中的關係。

## 捌、參考文獻

1. 基礎化學（三），2-3 影響反應速率的因素，龍騰文化，p.74~p.83。
2. 陳偉民，如何學好中學化學（下），第 13 章 氧化還原與電化學，台北市，天下文化。p.40~p.65，2010。
3. 宜中科學實驗班的互動討論區——藍印術，  
[www.wretch.cc/blog/experiment13/11141991](http://www.wretch.cc/blog/experiment13/11141991)
4. The Photochemical Generation of Hydroxyl Radicals in the UV-vis/Ferrioxalate/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> System. Environ. Sci. Technol. 1999, 33,3119-3126。

## 【評語】 040204

本作品探討鐵離子、EDTA 及赤血鹽混和溶液照光後變色反應，研究對光源、EDTA 加入時間、酸鹼度等變因對顏色變化速率之影響，研究工作很仔細，只是作品著重於結果之呈現，對化學原理尚待加強。