

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030207

濃度一「碘」通—以光譜儀測量雙氧水濃度

學校名稱：澎湖縣立七美國民中學

作者：	指導老師：
國一 呂孟芸	許宏福
國一 潘冠廷	陳俊宏
國二 王韋晴	

關鍵詞：雙氧水、光譜、碘化鉀

摘要

本實驗使用光譜法進行雙氧水濃度測量的研究，先確認光譜法可用於測量碘液的濃度，進而利用雙氧水與碘化鉀反應產生的黃色三碘錯離子進行測量，針對雙氧水濃度、碘化鉀濃度、酸鹼值等變因逐步最佳化反應條件，成功避免掉產生氧氣的副反應以及過量碘的產生，得到最佳的測量範圍以及適合的反應速率。透過光譜法，可測量到的雙氧水濃度最低可以達到 13 ppm，相較於傳統滴定法有更低的定量極限，是更加快速、精準的一個測量方式。

壹、前言

一、研究動機

國小老師以前曾讓我們做過「大象牙膏」的實驗，是使用碘化鉀和雙氧水去進行反應產生氧氣，而在噴出的泡泡上面總是會發現有黃色的碘。後來在找尋科展資料的時候，發現最近也有很多組別都在使用光譜的方法測量物質的濃度，因此我們在想是否可以用類似的反應來測量雙氧水的濃度。最近也很常看到食品中有雙氧水殘留的新聞，因此想利用這種方法來檢驗雙氧水的濃度。

二、研究目的

1. 利用光譜儀測量碘液的濃度，找出碘濃度和吸收度的關聯性。
2. 探討雙氧水濃度與反應後吸收度的關係。
3. 探討酸鹼值與反應後吸收度的關係。
4. 探討碘化鉀濃度與反應後吸收度的關係。
5. 探討濃度與反應速率的關係。
6. 找出測量雙氧水濃度的最佳條件。
7. 探討此測量方式的濃度測量範圍。

三、文獻回顧

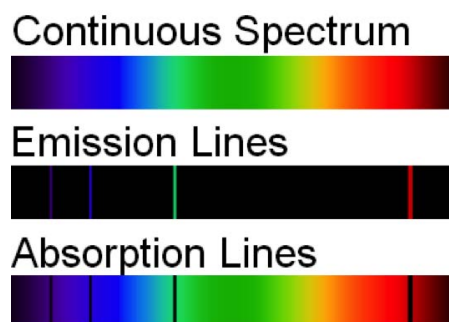
(一) 光譜

光譜這個字最早是用於描述可見光經過稜鏡之後，各波長強弱分佈的影像。

光譜的種類依照其產生方式及特性可分為三類：

1. 連續光譜 (Continuous Spectrum)

自從牛頓在 1665 年意外的發現三菱鏡可以將陽光分成不同色光後，推得陽光即為多種色光的疊加而成，其光譜即為為連續光譜，疊加的結果即為我們平常所見的太陽光（白光）。



2. 發射光譜 (Emission Spectrum)

發射光譜即為原子或分子從高能階躍遷到低能階所發出固定波長的譜線。發射光譜可視為一種原子的「指紋」，一種原子只會對應到特定的放射光譜。一個物質若是由數種原子所混和而成，我們也可藉由發射光譜的分析去找出其成份。

3. 吸收光譜 (Absorption Spectrum)

吸收光譜可視為發射光譜的相反情形，當打一道白光穿透物體後，物體會吸收特定波段的電磁波，利用分光儀器分析經過吸收的光譜線，即為此物體的吸收光譜。藉由吸收光譜的特性，可以分析出宇宙中特定星雲的組成成份、恆星的組成成份等等。

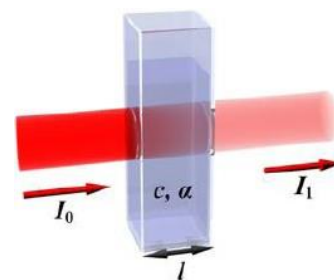
(二) 比爾定律

比爾定律，又稱作比爾—朗伯定律(Beer-Lambert Law)，是一個光學基礎定律。當光穿透樣品溶液時，光的吸收度(A)與吸收係數(α)、光徑長(l)、濃度(c)三者均呈正比，其關係式為：

$$A = \alpha lc$$

當一束光線照射到一樣品溶液時，部份的光線會被樣品溶液吸收，剩下的光線則穿透樣品溶液，原本光入射線強度 I_0 ，穿透光線

強度變為 I_1 ，此時穿透度 T (Transmittance) 為光穿透的比例為 $\frac{I_1}{I_0}$



反言之，部份光被樣品吸收，定義光的吸收度 A 為 $A = -\log T = -\log \frac{I_1}{I_0}$

(三) 藥品性質

1. 碘化鉀

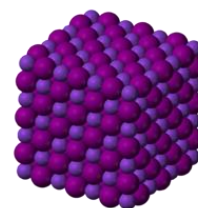
(1) 化學式：KI

(2) 分子量：166.01

(3) 溶解性：140 g/100 mL 水 (20 °C)

(4) 由於碘屬於溫和的還原劑，因此碘離子 I^- 可被強氧化劑如氯氣等氧化為 I_2 。

(5) 碘化鉀可以催化過氧化物的分解。



2. 雙氧水

(1) 化學式： H_2O_2

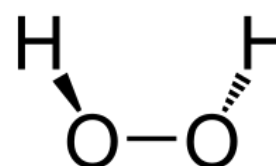
(2) 分子量：34.01

(3) 過氧化氫水溶液俗稱雙氧水。過氧化氫有很強的氧化性，且具弱酸性。

(4) 過氧化氫可自發分解生成水和氧氣：

在酸性和中性介質中較穩定，在鹼性介質中易分解。一般使用的雙氧水中都會含有一定量的穩定劑，以減少過氧化氫的分解。

(5) 過氧化氫可在水溶液中氧化或還原很多無機離子。用作還原劑時產物為氧氣；用作氧化劑時產物為水，其優點是氧化性強，還原產物為水，不引入雜質且不污染環境，因此過氧化氫是一種用途十分廣泛的氧化劑。



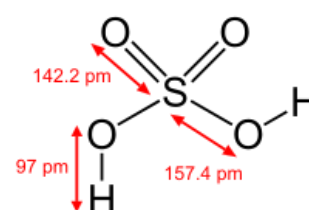
3. 硫酸

(1) 化學式： H_2SO_4

(2) 分子量：98.086

(3) 是一種具有高腐蝕性的強礦物酸，一般為透明至微黃色，在任何濃度下都能與水混溶並且放熱。濃硫酸具有強氧化性能與很多不活潑金屬發生氧化還原反應。

(4) 稀硫酸是指溶質質量分數小於或等於 70% 的硫酸的水溶液，由於稀硫酸中的硫酸分子已經被完全電離，所以稀硫酸不具有濃硫酸的強氧化性、吸水性、脫水性（俗稱炭化，即強腐蝕性）等特殊化學性質。



(四) 過氧化氫的檢驗方式

1. 以下內容整理自食藥署〈食品中過氧化氫之檢驗方法〉

- (1) 一般檢體：於檢體的表面或新切的刀切面，滴加 5% 硫酸鈦溶液濕潤時，呈淡黃色至黃色，即為陽性反應。於檢體的表面或新切的刀切面，滴加硫酸鈣溶液濕潤時，呈淡黃褐色至紅褐色，即為陽性反應。當上述兩者皆為陽性，即有過氧化氫殘留。
- (2) 含澱粉成分較高檢體：於檢體的表面或新切的刀切面，滴加 10% 碘化鉀溶液及 10% 硫酸溶液濕潤時，呈明顯紫色至紫藍色，即為陽性反應。
- (3) 本檢驗方法之偵測極限為 30 ppm。

2. 以下內容整理自環檢所〈環境用藥過氧化氫檢測方法—滴定法〉

- (1) 樣品於酸性溶液中以高錳酸鉀(KMnO₄)溶液滴定，高錳酸根與過氧化氫進行氧化還原反應，當達到滴定終點，過量之高錳酸根使溶液形成淡粉紅色，由滴定量即可求得樣品中過氧化氫含量。
- (2) 適用濃度範圍 0.25% (w/w) 到 70% (w/w)。

3. 目前環境用藥的過氧化氫的定性檢測可達 30 ppm，而定量極限僅有 0.25%，相當於 2500 ppm。

(五) 碘化鉀與雙氧水的反應

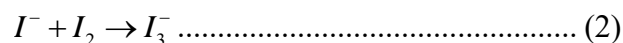
雙氧水(H₂O₂)和碘化鉀(KI)會同時進行多種不同反應：

1. 雙氧水和碘化鉀發生氧化還原反應

在酸性條件下，雙氧水和碘化鉀會進行氧化還原反應，產生水與碘分子，如式(1)



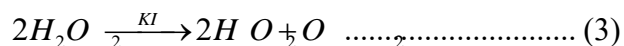
當溶液中同時存在碘分子與碘離子時，會立即生成黃棕色的三碘錯離子，如式(2)。



透過比色法可以測量三碘錯離子的濃度，進而推測一開始雙氧水的濃度。

2. 雙氧水在碘化鉀催化下產生氧氣

雙氧水也被碘化鉀催化，分解產生氧氣，如式(3)。



3. 因此，雙氧水和碘化鉀同時會進行(1)與(3)兩種不同的反應，其中碘化鉀催化的反應(3)會消耗雙氧水，造成濃度測量上的誤差。

貳、研究設備及器材

一、藥品

雙氧水、碘化鉀、硫酸、純水

二、器材

光譜儀與分光光度計模組(含比色管)、USB 攝影機、電子秤、pH 計、微量針

燒杯、定量瓶、試管、玻棒、量筒、針筒、洗滌瓶

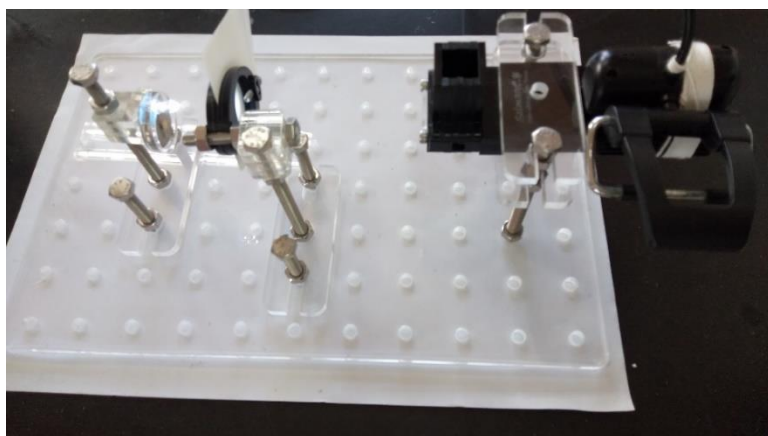


圖 2-1 光譜儀、分光光度計模組(含比色管)與 USB 攝影機



圖 2-2 電子秤



圖 2-3 pH 計



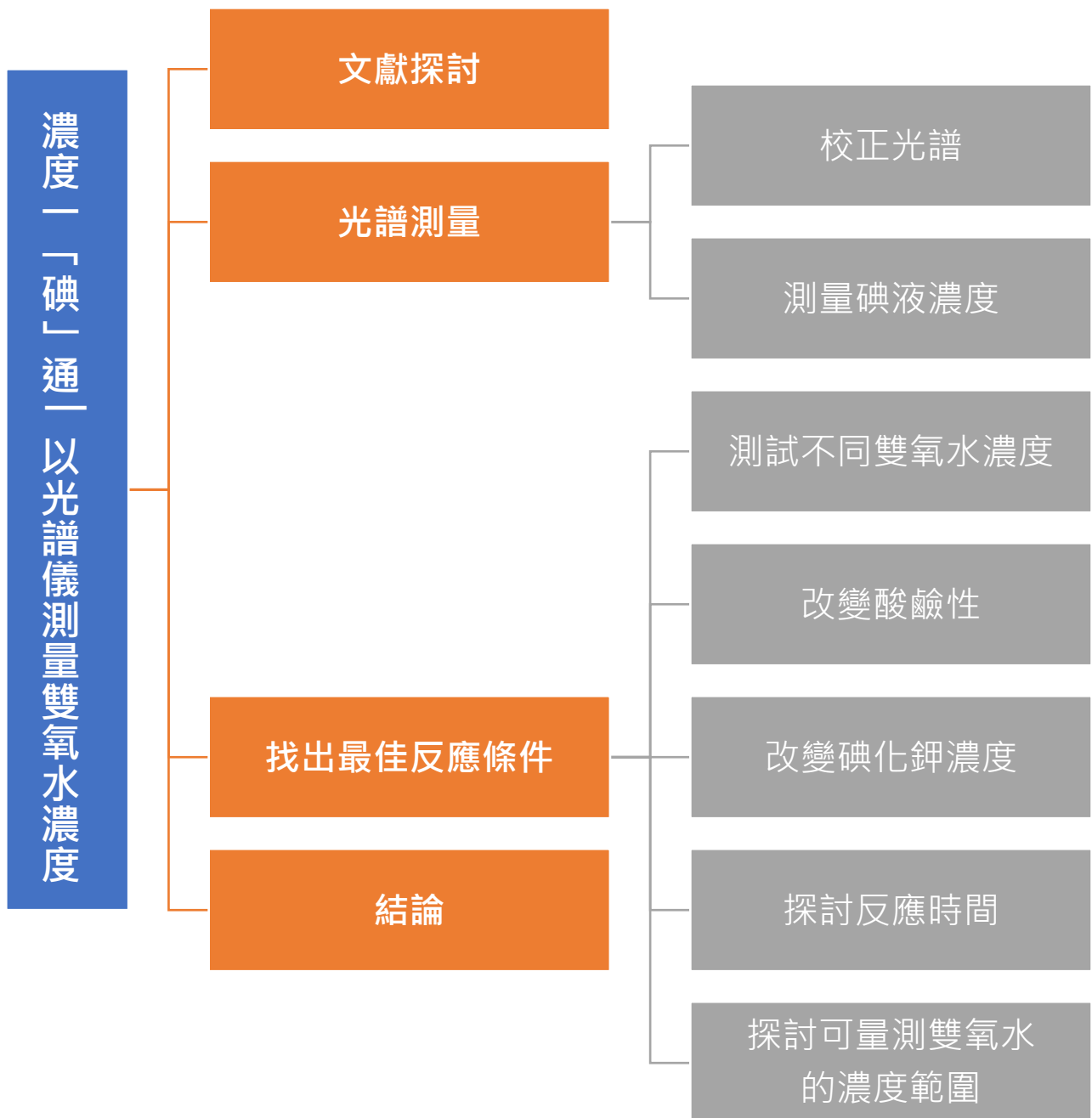
圖 2-4 微量針

三、軟體

PySA Tools(網站)、Excel

參、研究過程或方法

一、研究大綱



二、光譜測量流程

(一) 儀器架設

以科學 maker 社團的光譜儀，搭配分光光度計模組進行架設。為了方便實驗操作與連續測量，我們使用白光 LED 燈作為光源，使用 usb 攝影機連接電腦，調整好焦距後用雙面膠與細繩固定在光譜儀上。如此一來，方便測量也可以減少重複校正的次數。

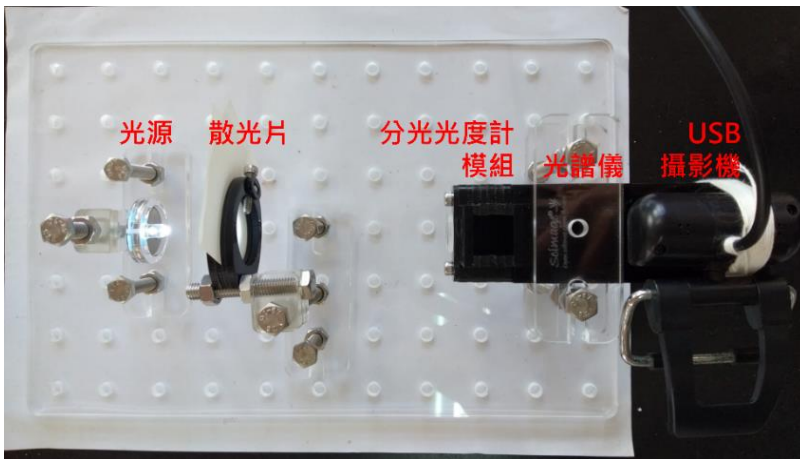


圖 3-1 儀器架設圖

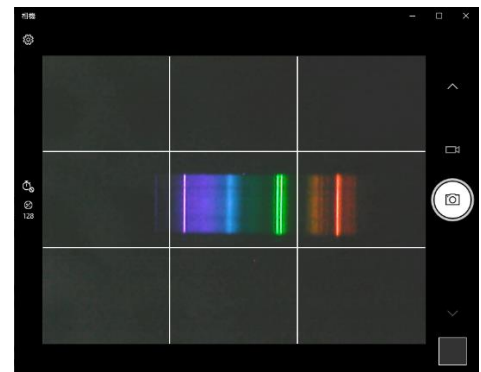


圖 3-2 連接電腦的螢幕畫面

(二) 校正光譜

1. 我們利用反光鏡，將教室上方的日光燈反射到光譜儀內，調整至適當角度拍照，看到光譜影像呈現線狀光譜，如圖 3-2。

2. 使用線上版的 PySA Tools 線上光譜影像分析(網址 <https://pysatools.space/>)進行分析

(1) 選擇「繪製光譜圖」

(2) 上傳光譜影像，選擇光

譜色散方向為左右

(3) 選擇光譜影像區域

(4) 波長校正

我們使用的校正光源為日光燈，光譜如圖 3-3。

我們選擇波長 404.6 nm 與 610.8 nm 進行校正，得到像素與波長的關係後，匯出光譜校正資

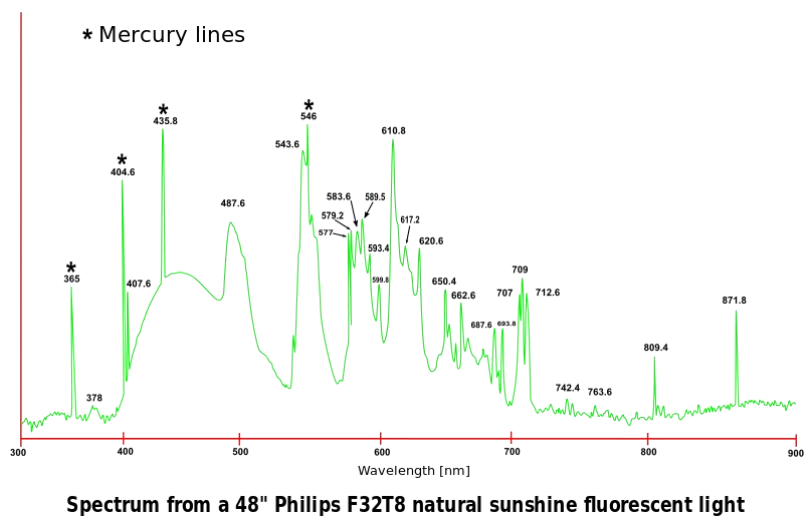


圖 3-3 參考的日光燈光譜圖

料。

(三) 測量吸收度

1. 拍攝一系列光譜圖後，利用前面已校正好的波長參數畫出光譜圖
 - (1) 選擇「繪製光譜圖(已知波長校正參數)」
 - (2) 上傳波長校正參數
 - (3) 上傳光譜影像
 - (4) 匯出光譜數值的 csv 檔
 - (5) 重複(3)~(4)直到所有照片都完成分析
2. 將上述得到的數據進行分析，得到吸收度
 - (1) 選擇「吸收/穿透/反射分析」
 - (2) 上傳光譜數值檔案，並且選擇分析吸收度。將比色管只放純水的光譜資料設定為空白(Blank)。
 - (3) 下載吸收度資料。

(四) 繪製光譜圖

1. 將各濃度的吸收度貼到 Excel，繪製不同濃度下的光譜。
2. 選定固定波長，繪製吸收度與濃度之間的關係。

肆、研究結果

一、校正光譜儀

- 將日光燈的光線反射至光譜儀後拍照，以波長 404.6 nm 與 610.8nm 進行校正。

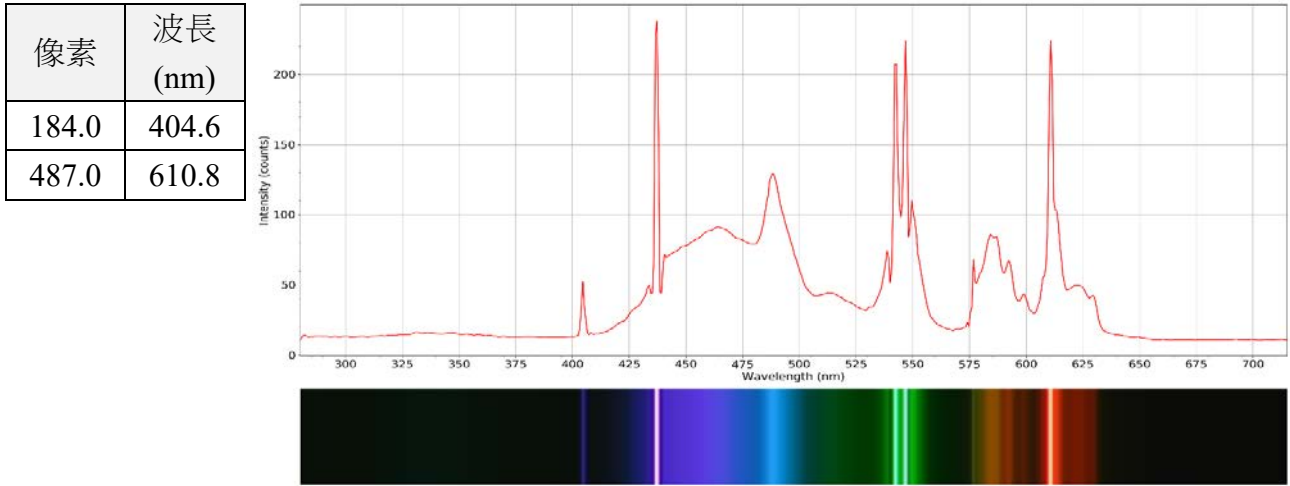


圖 4-1-1 日光燈校正光譜圖

- 可計算得到波長(Y)與像素(x)的換算關係為

$$Y(\text{nm}) = 0.6805281 x + 279.3828$$

二、以光譜儀測量三碘錯離子濃度

- 使用微量針吸取濃度為 0.0078 M 的碘液，加純水稀釋至 10 mL，測量並畫出光譜圖。

組別	碘液 (μL/10mL)	實際濃度 (M)	吸收度 (465 nm)
1	10	0.000078	0.0353
2	20	0.000156	0.0485
3	30	0.000234	0.0913
4	40	0.000312	0.2413
5	50	0.000390	0.3456
6	60	0.000468	0.4681
7	70	0.000546	0.5549
8	80	0.000624	0.5960
9	90	0.000702	0.6184
10	100	0.000780	0.6138
11	150	0.001170	0.6226
12	200	0.001560	0.6200
13	250	0.001950	0.6172



圖 4-2-1 不同濃度的碘液

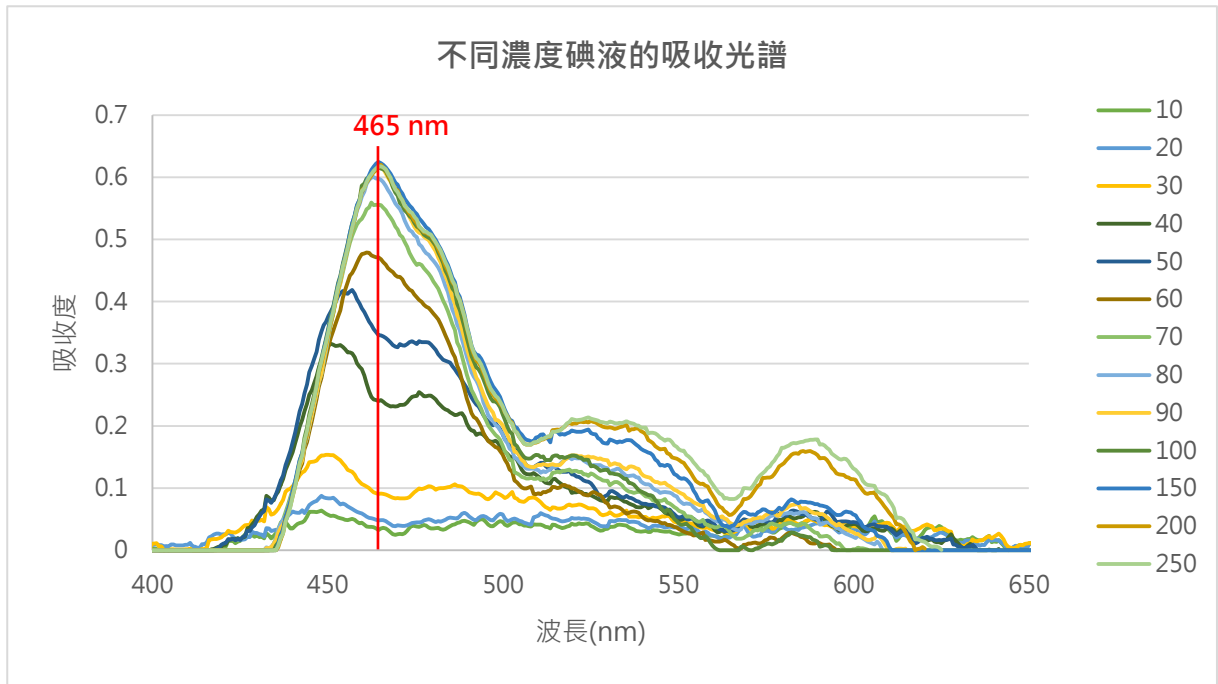


圖 4-2-2 不同濃度碘液的吸收光譜

2. 若取波長為 465 nm 的吸收度進行探討，可畫出吸收度與濃度的關係圖。

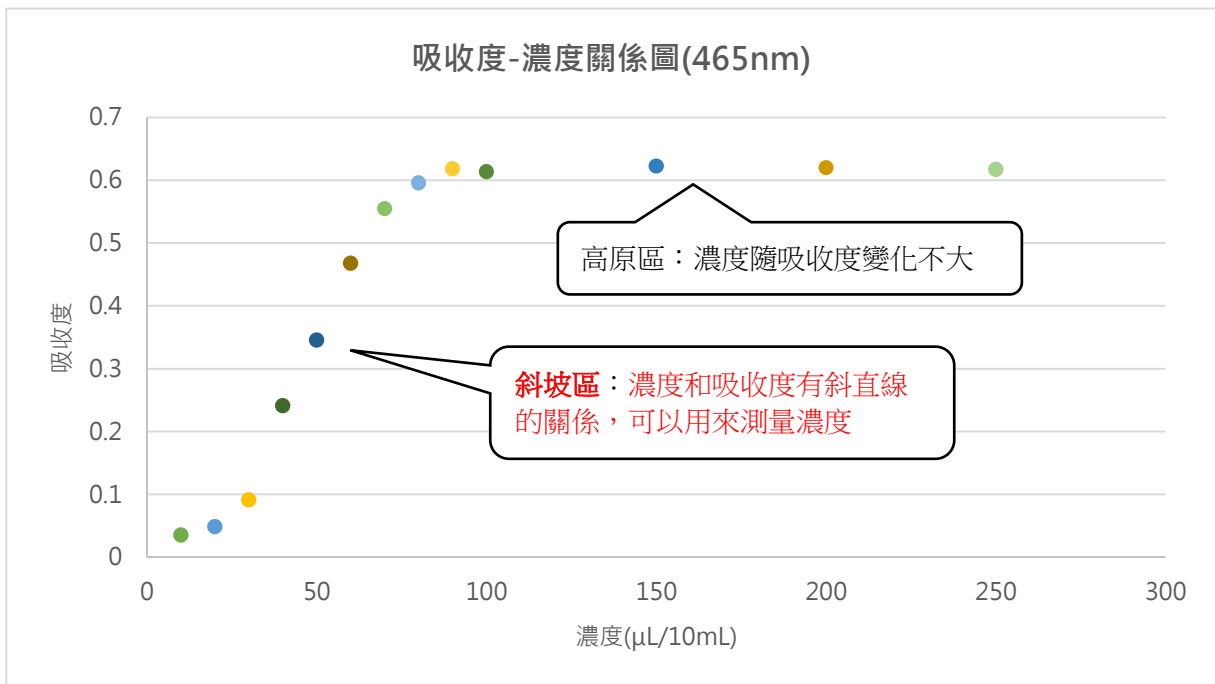


圖 4-2-3 碘液的吸收度-濃度關係圖

3. 討論

- (1) 從圖 4-2-2，可以發現不同濃度的碘液都有類似形狀的吸收光譜，約在 465 nm 處有最大吸收峰。
- (2) 透過圖 4-2-3 可以觀察到，當濃度越高時，吸收度也跟著越高。

- (3) 將不同濃度碘液在 465 nm 下的吸收度與濃度進行作圖，如圖 4-2-3，可以發現圖形形狀先陡升後平緩。在 30~70 μL 之間，圖形成斜線上升(斜坡區)，此時溶液顏色為淺黃色；過了 90 μL ，吸收度即類似達到飽和(高原區)，變化不大，此時溶液顏色為深棕色。
- (4) 若取 30~70 μL 之間的數據去作圖，會發現幾乎成一斜直線，有線型函數的關係，相關係數 R^2 高達 0.9922。所以當碘液的吸收度落在 0.1~0.55 之間(斜坡區)時，可以利用吸收度(y)與濃度(x)的關係式反推碘液的濃度。

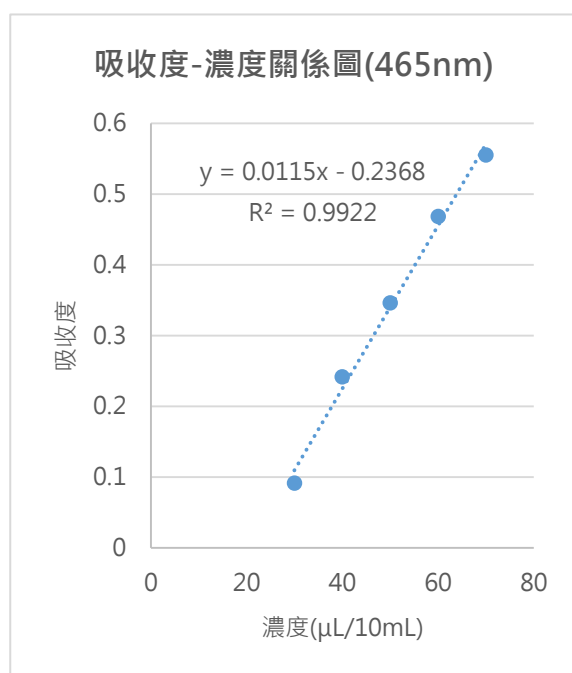


圖 4-2-4 碘液的吸收度-濃度線性關係圖
(以 $\mu\text{L}/10\text{mL}$ 為單位)

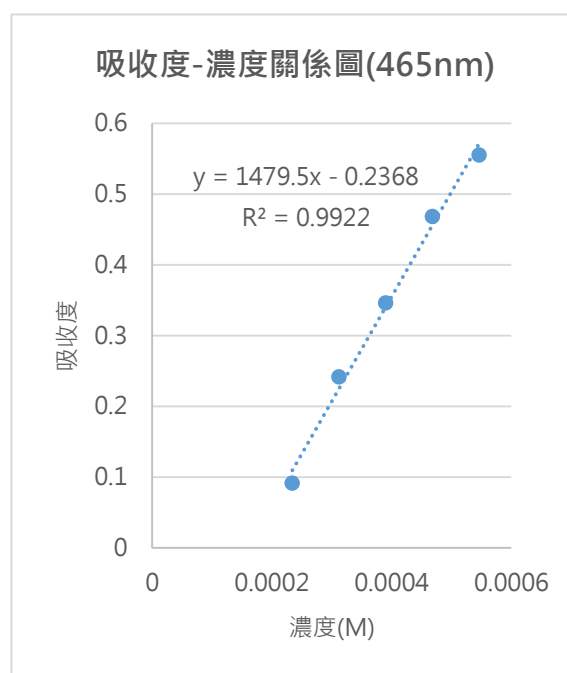


圖 4-2-5 碘液的吸收度-濃度線性關係圖
(以 M 為單位)

- (5) 如果把濃度的單位換算回 M，可看出這種測量方法可以量到的濃度範圍約落在 0.0002 M~0.0006 M 之間。
- (6) 由此實驗可知道，利用光譜測量三碘錯離子的濃度是可行的。

三、測試不同雙氧水濃度

1. 流程

一開始我們把瓶裝的濃雙氧水(約 30%)把濃度稀釋 1/10 倍，加入 0.1M 的 KI 做為反應的初始條件進行測試，加入反應後等到溶液顏色不再發生變化後放入比色管進行測試。

次數	0.1 M KI	1/10 倍 H ₂ O ₂	水
1	2 mL	2 mL	0 mL
2	2 mL	1.5 mL	0.5 mL
3	2 mL	1 mL	1 mL
4	2 mL	0.5 mL	1.5 mL

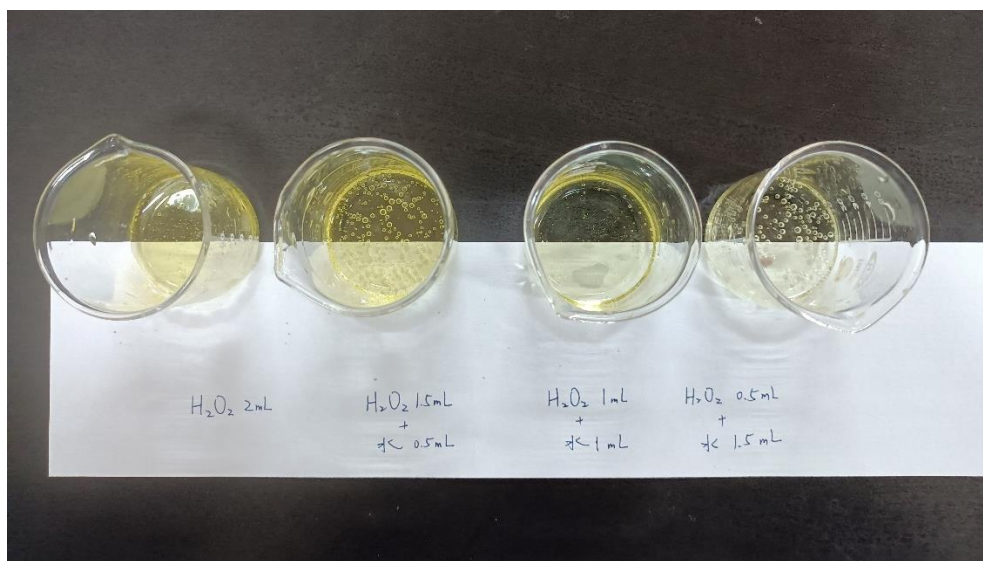


圖 4-3-1 改變雙氧水濃度

2. 光譜圖與吸收度分析

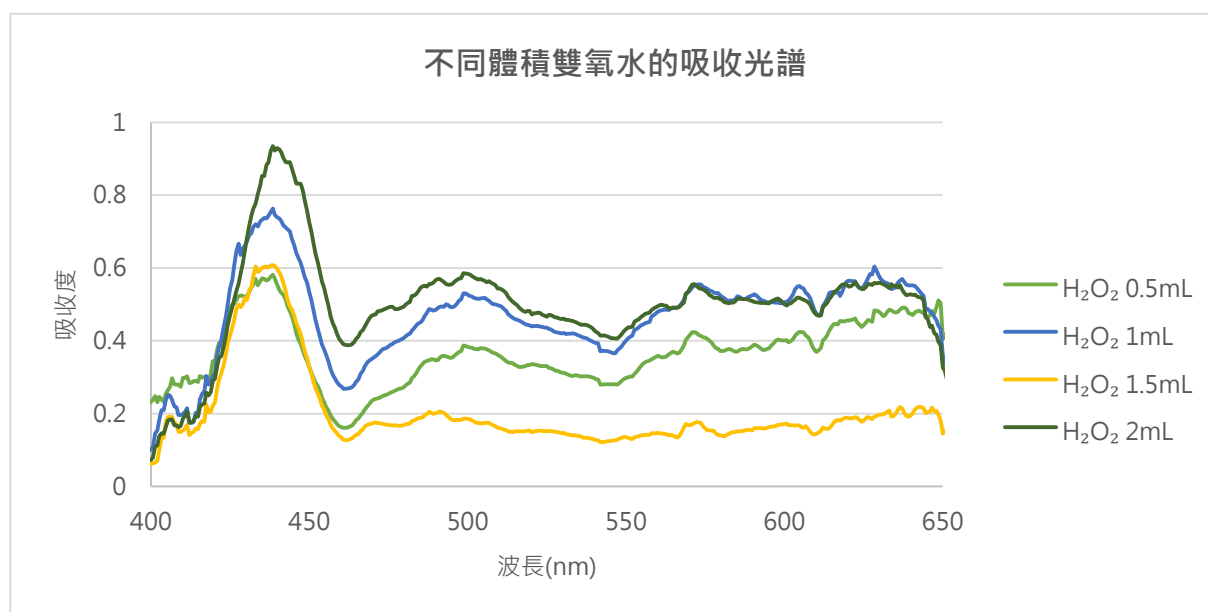
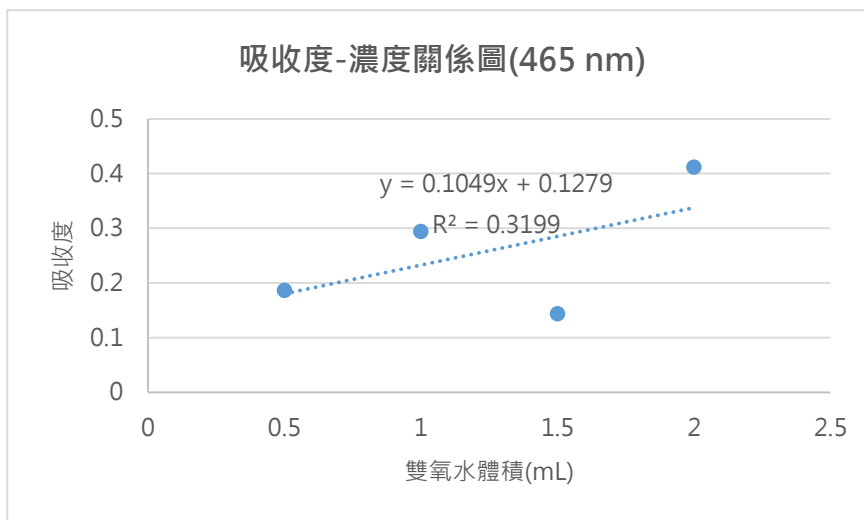


圖 4-3-2 不同雙氧水體積的吸收光譜



H ₂ O ₂ 體積 (mL)	吸收度
0.5	0.1866
1	0.2941
1.5	0.1438
2	0.4116

圖 4-3-3 不同雙氧水體積下的吸收度-濃度關係圖

3. 討論

(1) 從目測可以觀察到雙氧水的濃度的確發現當雙氧水的濃度越高，顏色越深。

(2) 然而這四種數據中，皆會發現溶液產生氧氣。這些氧氣一來會消耗掉雙氧水，讓測到的濃度不準；二來會在比色管內產生氣泡，造成光譜中出現不均勻的黑線造成測量誤差。

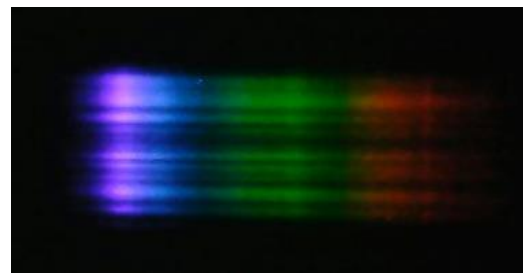


圖 4-3-4 有氣泡影響的光譜(1.5 mL 雙氧水)

四、測試不同酸鹼性

1. 測試

因為前次實驗中會產生氧氣，造成測量上的誤差。

而從反應式 $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$ 中可以發現，酸(H^+)也是其中一項反應物，

因此在反應的溶液中滴入少量的硫酸進行測試，如圖 4-4-1。

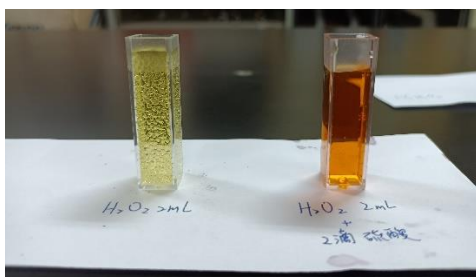


圖 4-4-1 滴入硫酸測試
(左：未滴入硫酸；
右：加入硫酸 2 滴)

測試結果發現有滴入硫酸不會產生氣泡，而且顏色明顯較深，這代表有酸的幫助下，主

要會進行氧化還原反應而不是催化反應。

2. 流程

次數	0.1 M KI	1/10 倍 H ₂ O ₂	硫酸
1	2 mL	2 mL	pH = 1, 1 mL
2	2 mL	2 mL	pH = 2, 1 mL
3	2 mL	2 mL	pH = 3, 1 mL
4	2 mL	2 mL	pH = 4, 1 mL
5	2 mL	2 mL	pH = 5, 1 mL

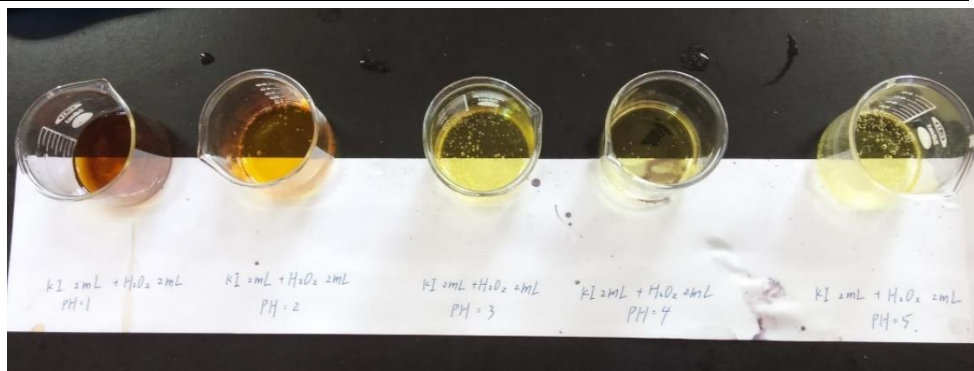


圖 4-4-2 改變硫酸 pH 值

3. 光譜圖分析

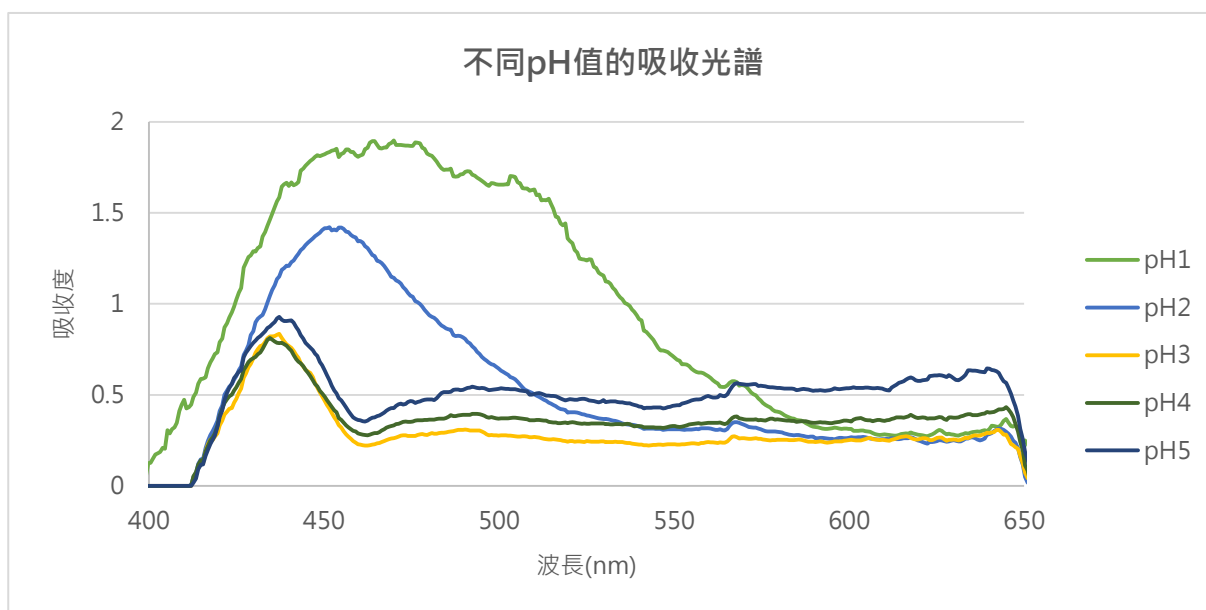


圖 4-4-3 不同硫酸 pH 值的吸收光譜

4. 討論

- (1) 由目測可以看出來，當加入的硫酸 pH 值越低，溶液的顏色就越深，同時氣泡的量也有所減少。這樣代表如果溶液越酸，越容易進行氧化還原反應而不是進行催化反應，避免雙氧水消耗以提升精準度。

(2) 根據實驗結果，後續都會添加 pH = 1 的硫酸 1 mL 做為添加劑，使反應更加完全。

五、改變碘化鉀濃度

1. 流程

次數	0.1 M KI	1/10 倍 H ₂ O ₂	水	pH1 硫酸
1	2 mL	2 mL	0	1 mL
2	1.5 mL	2 mL	0.5 mL	1 mL
3	1 mL	2 mL	1 mL	1 mL
4	0.5 mL	2 mL	1.5 mL	1 mL

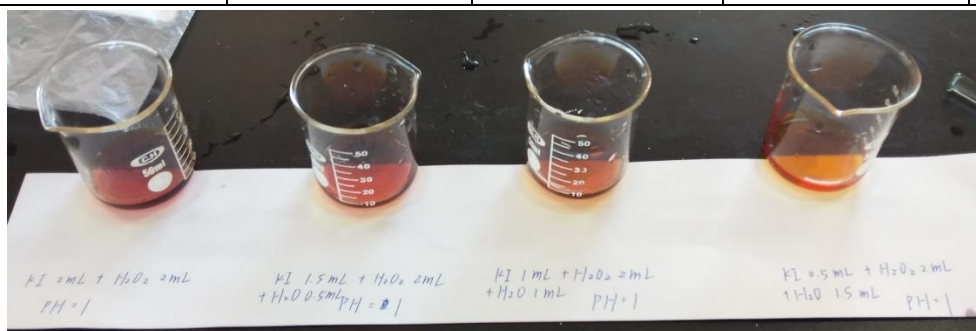


圖 4-5-1 改變碘化鉀濃度

2. 光譜圖與吸收度分析

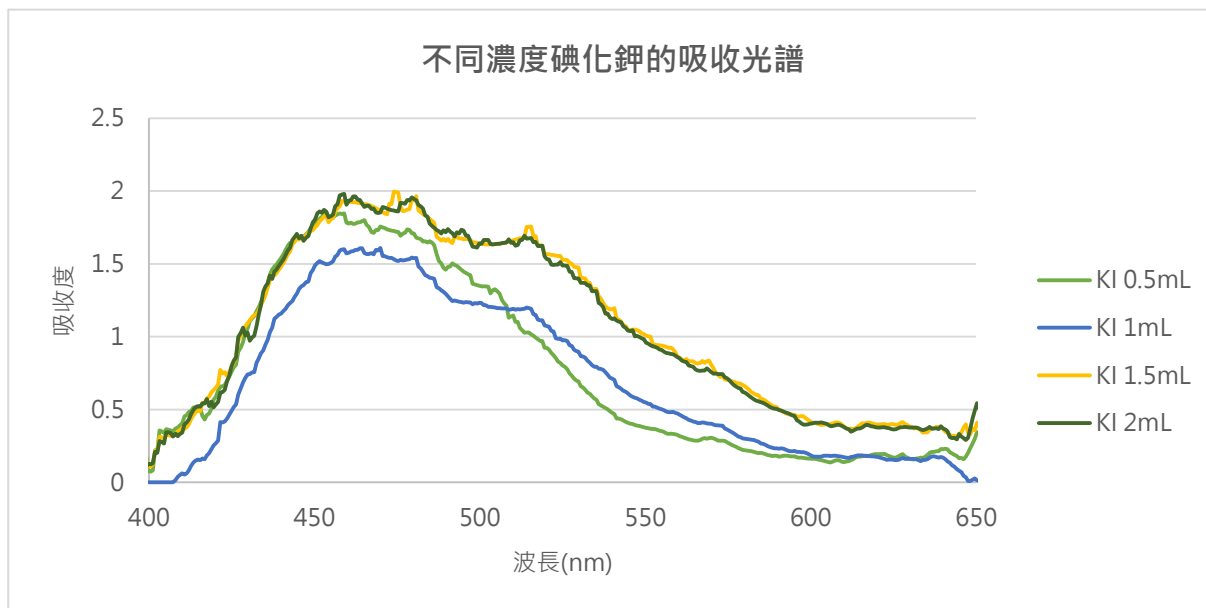


圖 4-5-2 不同濃度碘化鉀的吸收光譜

3. 討論

(1) 由目測可以看出四杯溶液均有變色且都沒有產生氧氣，吸收光譜也差異不大。

(2) 其中碘化鉀 1 mL 與 0.5 mL 的組別，反應後在溶液中有產生黑色的固體，經過濾後測試為碘的固體，而其吸收光譜的值普遍有所下降，推測有可能是因為碘的產生才

讓最大值下降造成誤差。

六、改變雙氧水濃度

透過標定可知雙氧水在做實驗時的濃度約為 12.94 M

(一) 將雙氧水體積稀釋為 10 倍

1. 流程

次數	0.1 M KI	1/10 倍 H ₂ O ₂	水	pH1 硫酸
1	2 mL	2 mL	0	1 mL
2	2 mL	1.5 mL	0.5 mL	1 mL
3	2 mL	1 mL	1 mL	1 mL
4	2 mL	0.5 mL	1.5 mL	1 mL

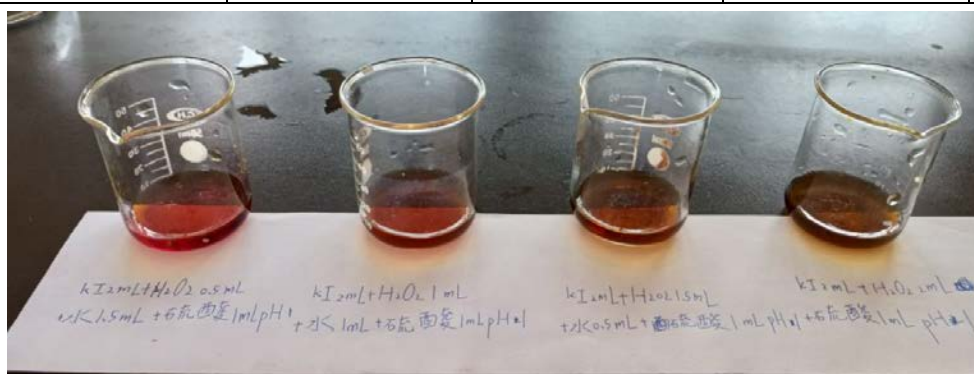


圖 4-6-1 改變雙氧水(1/10)濃度

2. 光譜圖與吸收度分析

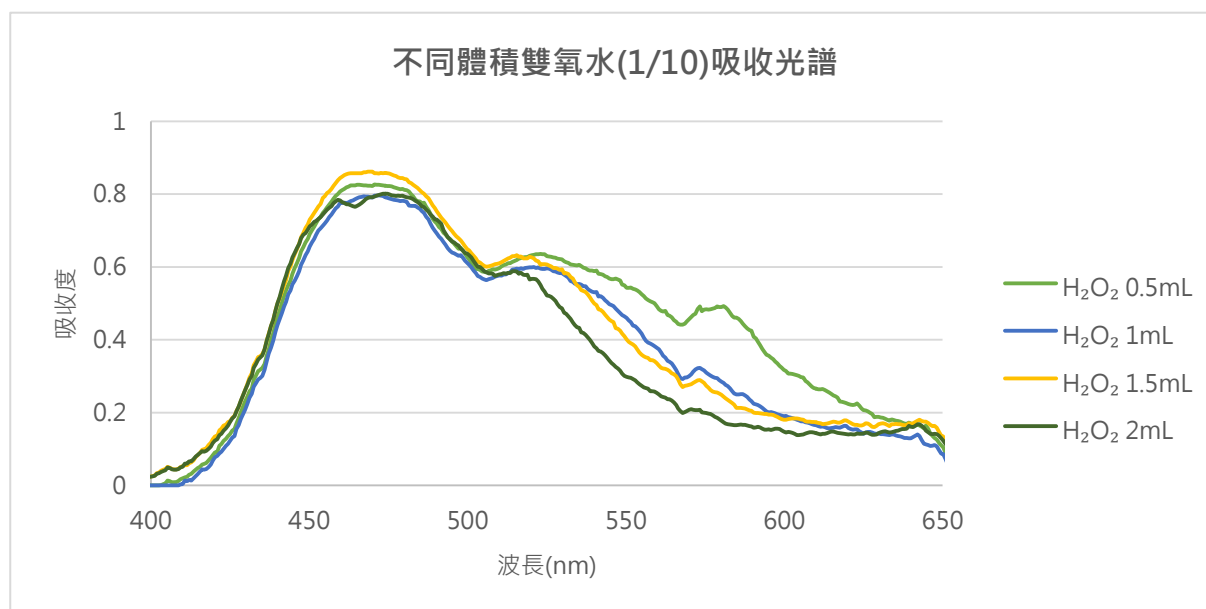
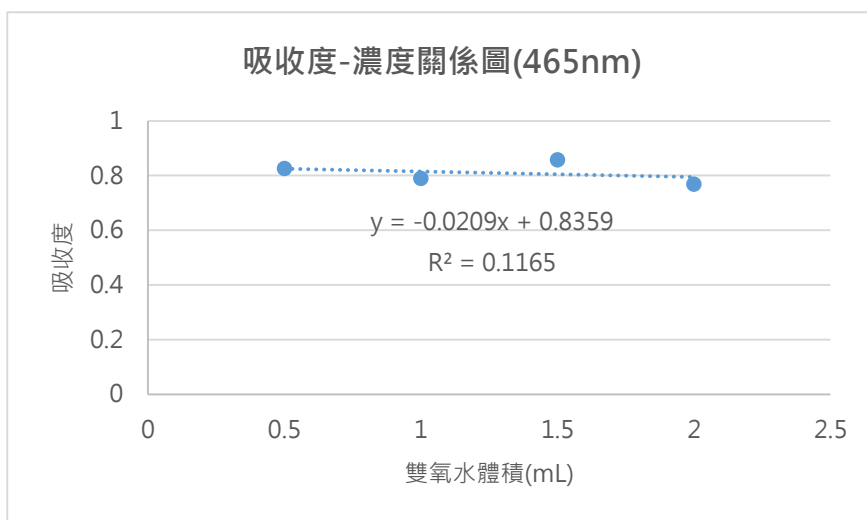


圖 4-6-2 不同體積雙氧水(1/10)的吸收光譜



H ₂ O ₂ 體積 (mL)	吸收度
0.5	0.8253
1	0.7891
1.5	0.8572
2	0.7678

圖 4-6-3 不同雙氧水體積(1/10)下的吸收度-濃度關係圖

3. 討論

- (1) 當雙氧水的濃度稀釋為原本的 1/10 時，可發現溶液皆呈深棕色。
- (2) 在圖 4-6-3 中，可發現吸收度與濃度的變化不大，大約落在相對應圖 4-2-3 的高原區。
- (3) 在實驗的過程中有發現 4 杯燒杯都有產生黑色的固體碘沉澱，而這些碘可能為造成吸收度浮動的原因。

(二) 將雙氧水體積稀釋為 100 倍

1. 流程

次數	0.1 M KI	1/100 倍 H ₂ O ₂	水	pH1 硫酸
1	2 mL	2 mL	0 mL	1 mL
2	2 mL	1.5 mL	0.5 mL	1 mL
3	2 mL	1 mL	1 mL	1 mL
4	2 mL	0.5 mL	1.5 mL	1 mL

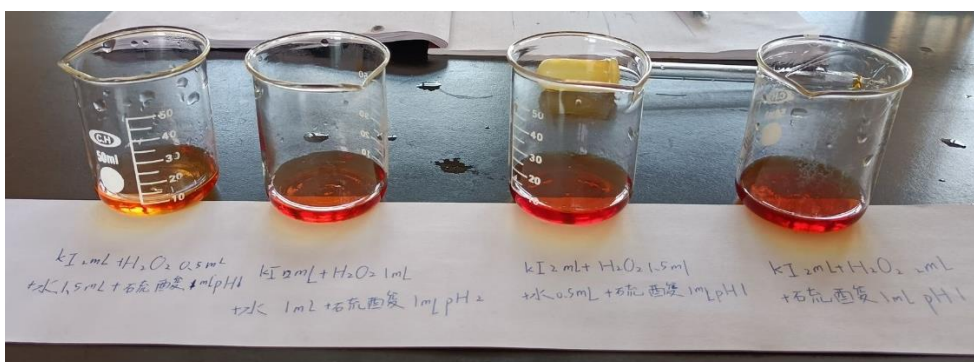


圖 4-6-4 改變雙氧水(1/100)濃度

2. 光譜圖與吸收度分析

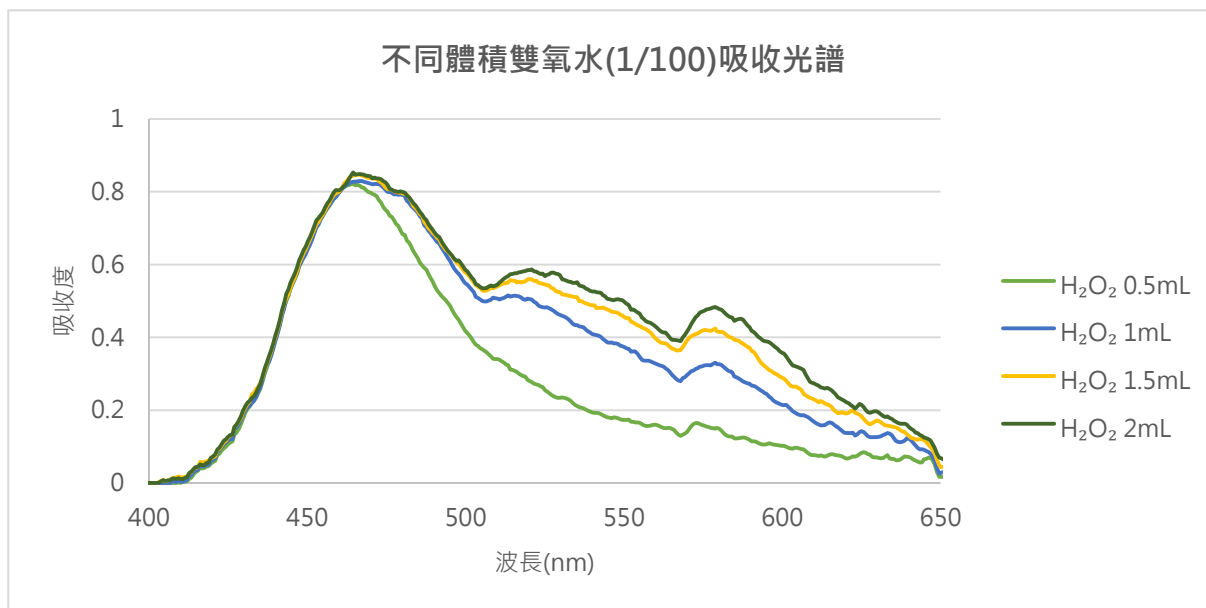


圖 4-6-5 不同體積雙氧水(1/100)的吸收光譜

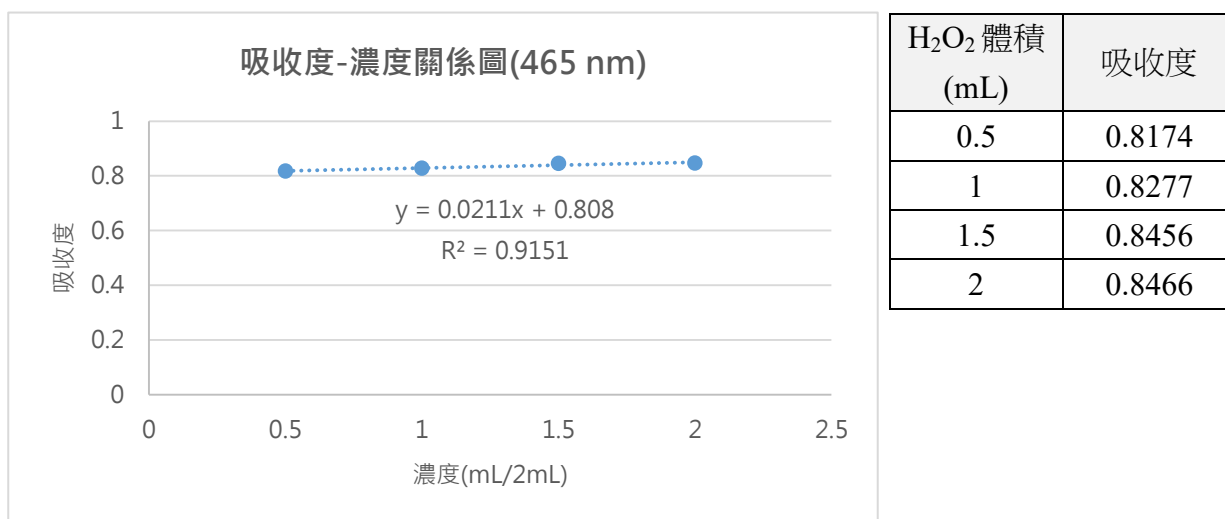


圖 4-6-6 不同雙氧水體積(1/100)下的吸收度-濃度關係圖

3. 討論

- (1) 當雙氧水的濃度稀釋為原本的 1/100 時，可發現溶液皆呈深棕色，且在光譜圖中看不出明顯差異。
- (2) 在圖 4-6-6 中，可發現吸收度與濃度的變化不大，大約落在相對應圖 4-2-3 的高原區。
- (3) 相較於 1/10 的雙氧水，這次的組別都沒有產生碘固體沉澱，而在吸收度的部分變化就不大。

(三) 將雙氧水體積稀釋為 1000 倍

1. 流程

次數	0.1 M KI	1/1000 倍 H ₂ O ₂	水	pH1 硫酸
1	2 mL	2 mL	0	1 mL
2	2 mL	1.5 mL	0.5 mL	1 mL
3	2 mL	1 mL	1 mL	1 mL
4	2 mL	0.5 mL	1.5 mL	1 mL

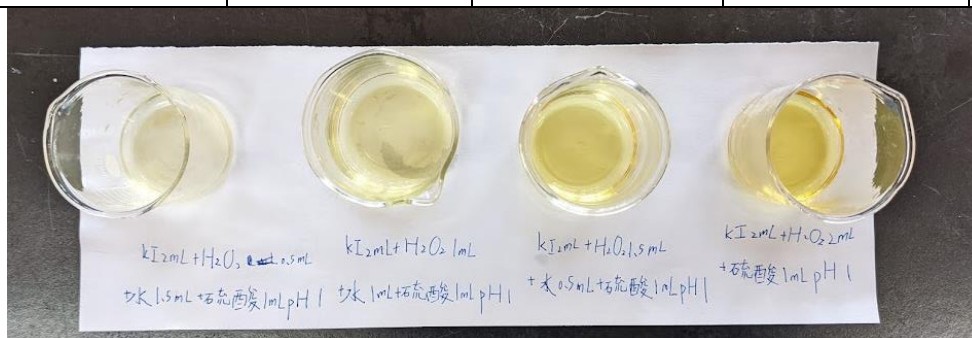


圖 4-6-7 改變雙氧水(1/1000)濃度

2. 光譜圖與吸收度分析

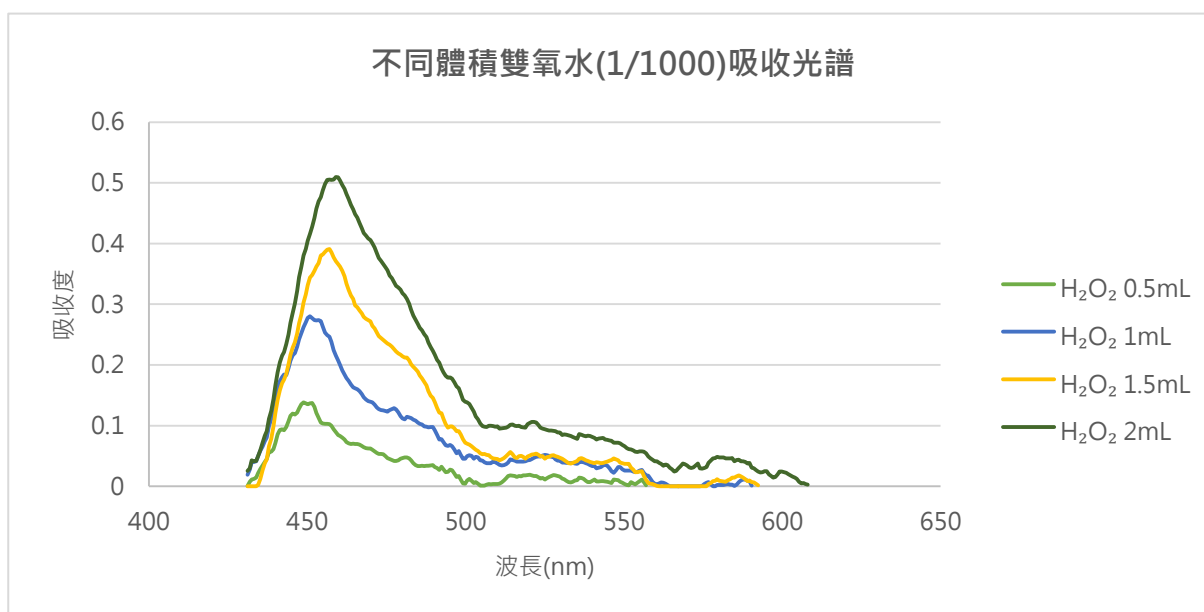
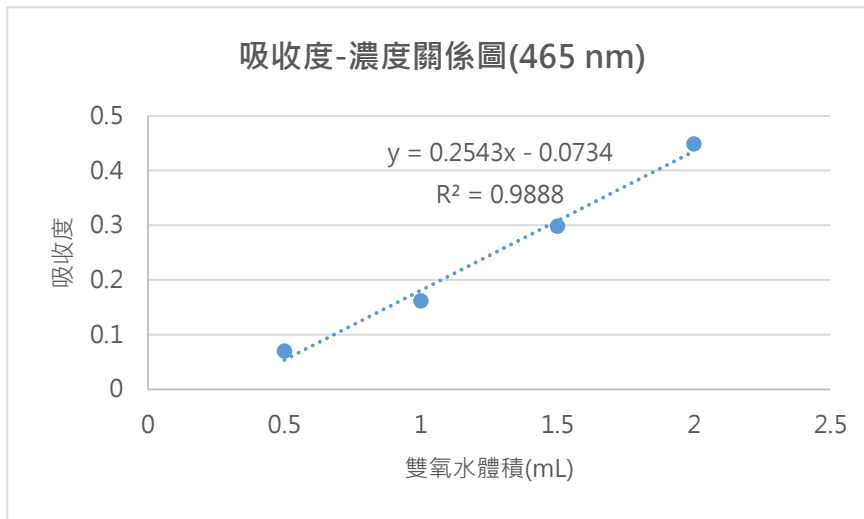


圖 4-6-8 不同體積雙氧水(1/1000)的吸收光譜



H ₂ O ₂ 體積 (mL)	吸收度
0.5	0.070
1	0.1617
1.5	0.2979
2	0.4485

圖 4-6-9 不同雙氧水體積(1/1000)下的吸收度-濃度關係圖

3. 討論

- (1) 當雙氧水的濃度稀釋為原本的 1/1000 時，很明顯可以發現濃度與吸收度之間呈現斜直線的關係，很有可能落在相對應圖 4-2-3 的斜坡區。
- (2) 此時代表可以偵測到的雙氧水濃度約為原本濃度的 1/4000 倍。

七、探討反應所需時間

(一) 0.1M KI 測試

1. 流程

先前在做實驗時，皆要等待到顏色不再發生變化方能測量，因此希望了解該反應的反應速率。以前次實驗所得到最佳範圍進行測試，接著每隔 30 秒拍攝一張照片，連續拍攝 10 分鐘，觀察反應的變色情形與光譜變化。

次數	0.1 M KI	1/1000 倍 H ₂ O ₂	水	pH1 硫酸
1	2 mL	2 mL	0	1 mL

2. 光譜圖與吸收度分析

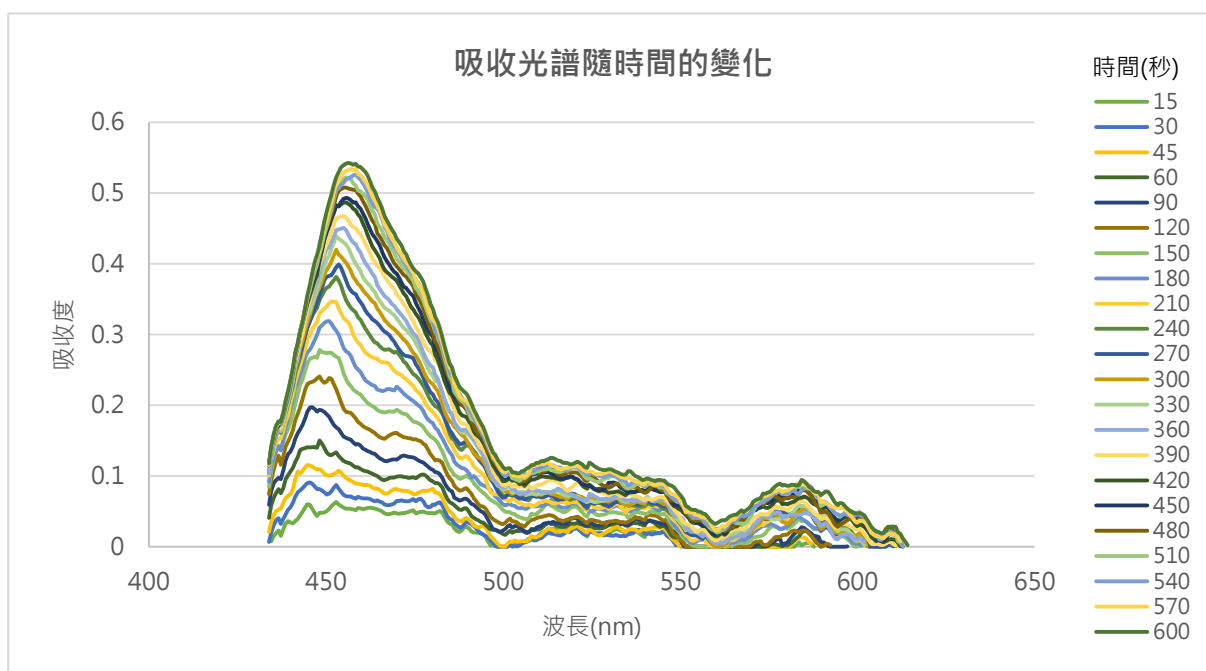


圖 4-7-1 吸收光譜隨時間的變化

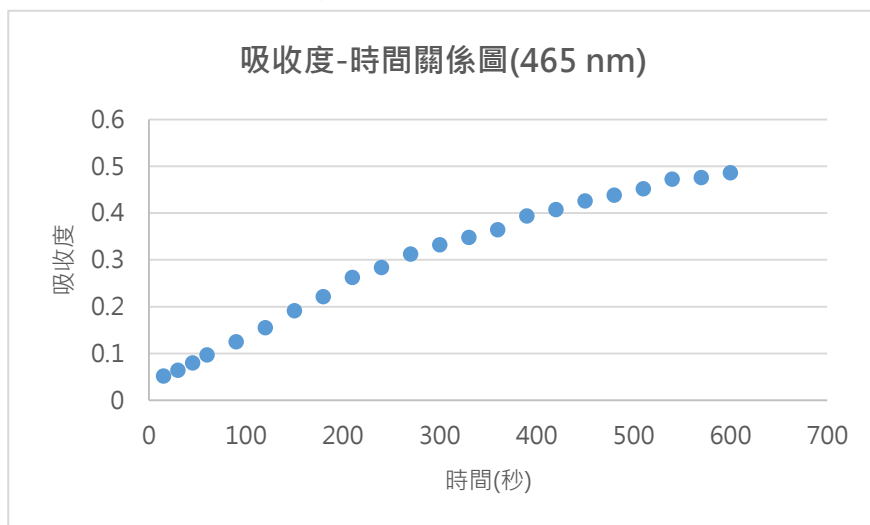


圖 4-7-2 吸收度隨時間的變化(465 nm)

3. 討論

- (1) 由圖 4-7-1 可發現當吸收光譜有相似的形狀，且隨時間增加吸收度也有增加的趨勢。
- (2) 由圖 4-7-2 可以發現，反應經過了 600 秒，吸收度仍有增加的趨勢，代表至少需要 10 分鐘的時間進行反應，這對於快速量測的光譜法而言，反應時間過久。

(二) 不同濃度 KI 測試

1. 流程

因上述的反應時間過久，因此將 KI 的濃度提升為 4 M 進行反應時間的探討。

次數	4 M KI	1/1000 倍 H ₂ O ₂	水	pH1 硫酸
1	2 mL	2 mL	0	1 mL
2	1.5 mL	2 mL	0.5 mL	1 mL
3	1 mL	2 mL	1 mL	1 mL
4	0.5 mL	2 mL	1.5 mL	1 mL

2. 光譜圖與吸收度分析

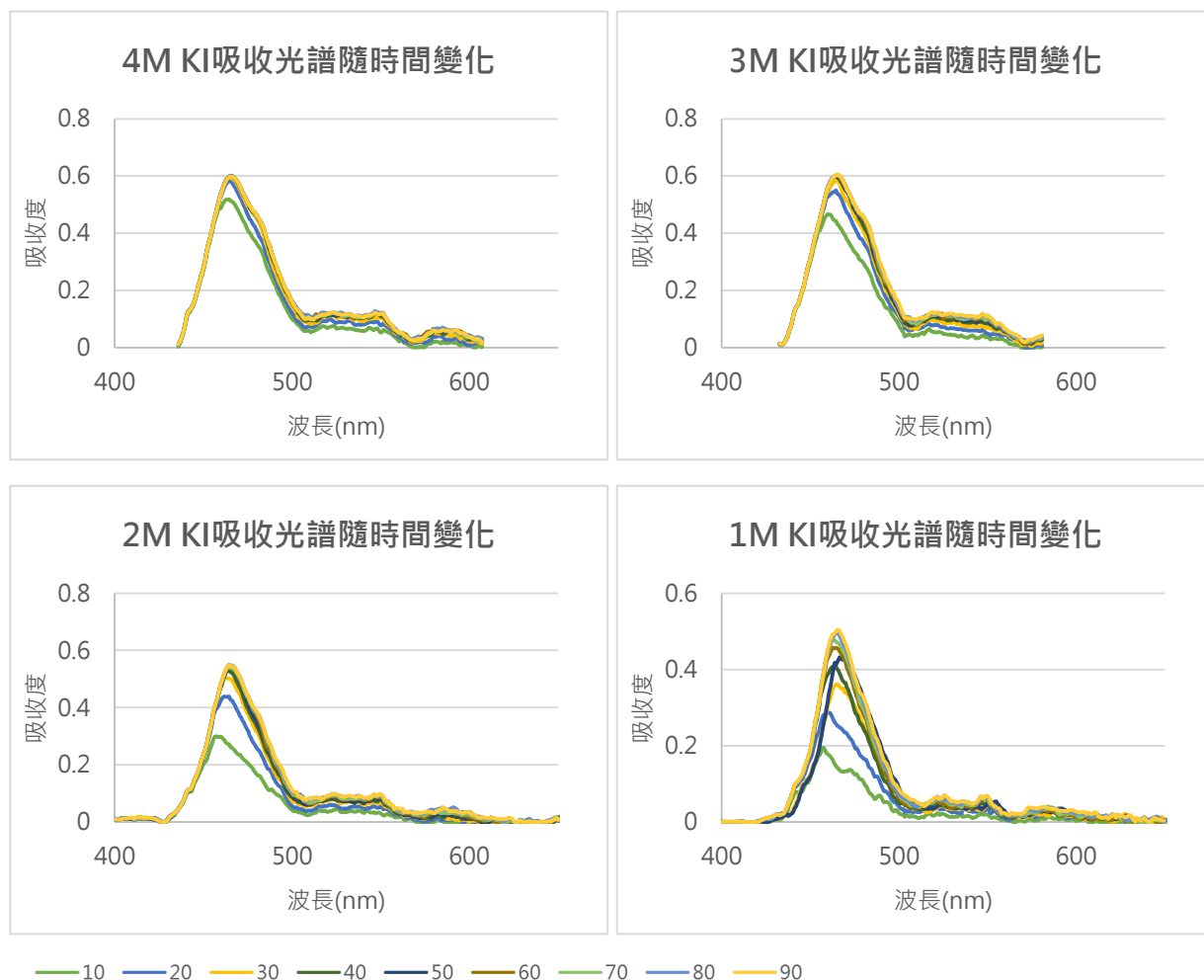


圖 4-7-3 不同濃度雙氧水吸收光譜隨時間的變化

時間(秒)	1 M KI	2 M KI	3 M KI	4 M KI
10	0.1418	0.2619	0.4317	0.5137
20	0.252	0.428	0.537	0.5808
30	0.3609	0.5006	0.5891	0.5933
40	0.401	0.5245	0.5947	0.6006
50	0.4198	0.5381	0.596	0.6011
60	0.4553	0.5385	0.6025	0.5991
70	0.4705	0.5389	0.6025	0.5977
80	0.4962	0.5476	0.6042	0.5993
90	0.5043	0.5446	0.6057	0.5991

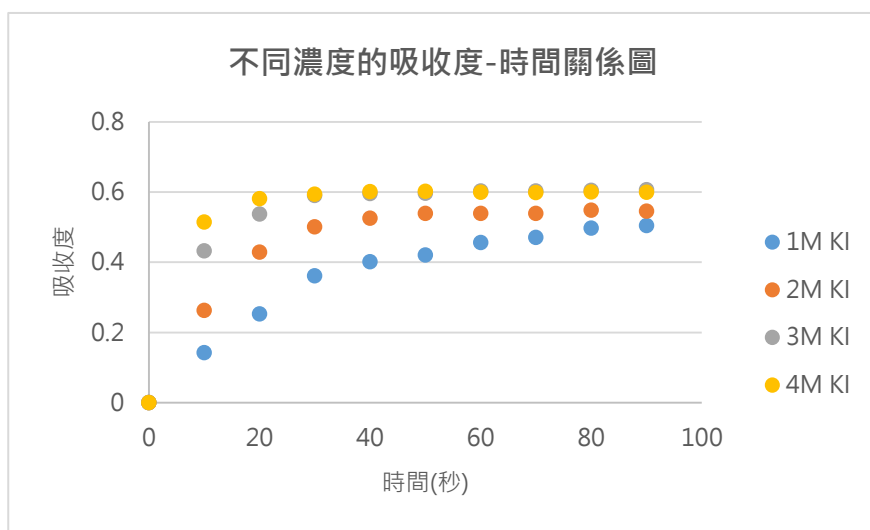


圖 4-7-4 不同濃度雙氧水吸收度隨時間的變化(465 nm)

3. 討論

- (1) 由圖 4-7-3 可以發現，當吸收度幾乎不發生變化時反應即完成。
- (2) 4 M 的 KI 約花費 20 秒反應完，3 M 的 KI 約花費 30 秒反應完，2 M 的 KI 約花費 50 秒反應完，1 M 的 KI 約花費 80 秒反應完，可知道濃度越高反應速率越快。
- (3) 使用 0.1 M 的 KI 進行反應至少需要經過 10 分鐘的等待，為了使反應夠快且節約藥品，後續將使用 1 M 的 KI 做為反應條件。

七、探討雙氧水可量測的濃度範圍

1. 流程

為了要找出雙氧水可量測的濃度範圍，我們用不同濃度的雙氧水進行測試

次數	1 M KI	1/500 倍 H ₂ O ₂	水	pH1 硫酸
1	2 mL	20 μ L	1.98 mL	1 mL
2	2 mL	30 μ L	1.97 mL	1 mL
3	2 mL	50 μ L	1.95 mL	1 mL
4	2 mL	100 μ L	1.9 mL	1 mL
5	2 mL	200 μ L	1.8 mL	1 mL
6	2 mL	400 μ L	1.6 mL	1 mL
7	2 mL	600 μ L	1.4 mL	1 mL
8	2 mL	800 μ L	1.2 mL	1 mL
9	2 mL	1000 μ L	1 mL	1 mL
10	2 mL	1500 μ L	0.5 mL	1 mL
11	2 mL	2000 μ L	0 mL	1 mL

2. 光譜圖與吸收度分析

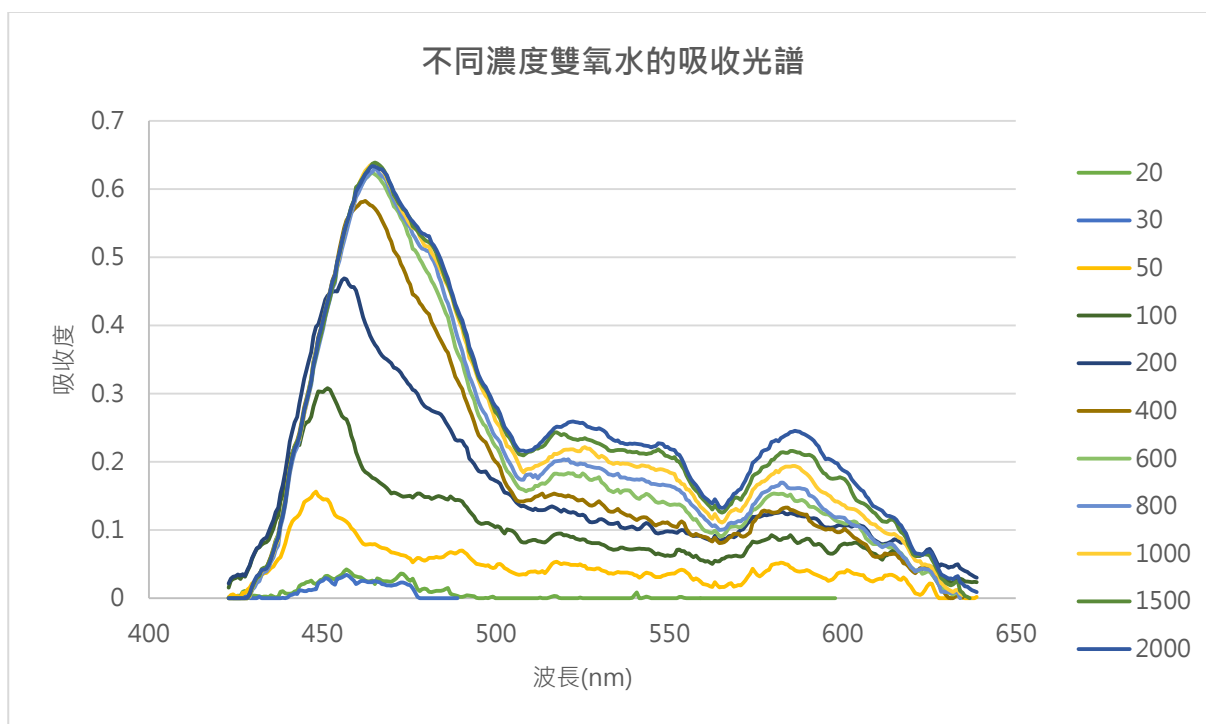


圖 4-7-1 不同濃度雙氧水吸收光譜(465 nm)

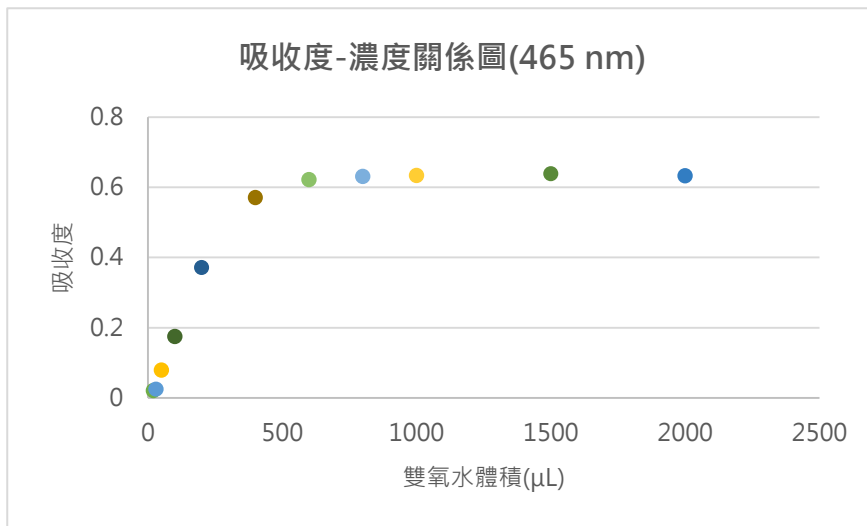


圖 4-7-2 不同雙氧水體積下的吸收度-濃度關係圖

3. 討論

- (1) 由圖片可以發現，當雙氧水的體積為 400 μL 以上時，吸收度的變化不大，很有可能落在相對應圖 4-2-3 的高原區。
- (2) 當雙氧水的體積落在 30~200 μL 時，可以發現濃度與吸收度之間呈現斜直線的關係，很有可能落在相對應圖 4-2-3 的斜坡區。

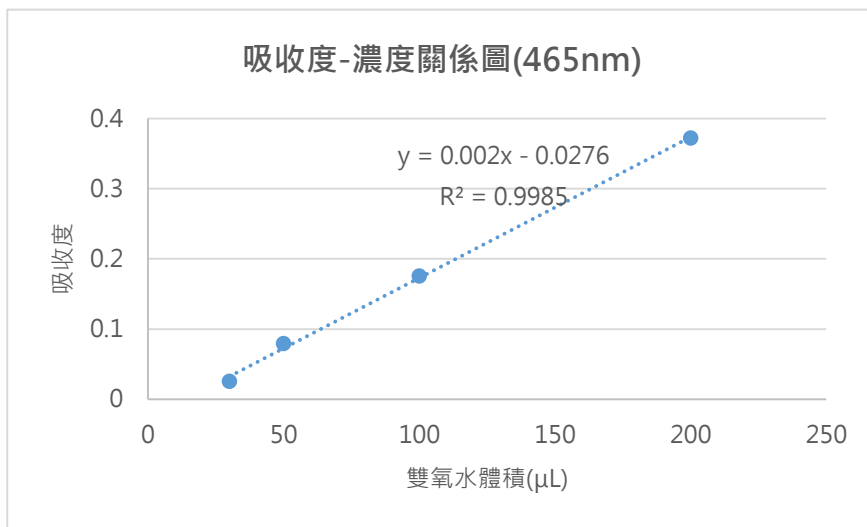


圖 4-7-3 不同雙氧水體積下的吸收度-濃度線性關係圖

伍、討論

1. 根據前述的實驗探討，當我們以 1 M 碘化鉀溶液 2 mL、pH1 硫酸 1 mL 的混合液，配合 2 mL 不同濃度的雙氧水，可以產生黃色的三碘錯離子反應。
2. 若將實驗七的濃度進行換算，原始雙氧水的濃度為 12.89 M，可以換算雙氧水濃度如下：

次數	1/500 倍 H ₂ O ₂	總體積	H ₂ O ₂ 濃度(M)	H ₂ O ₂ 濃度(ppm)
2	30 μL	2 mL	0.000387	13
3	50 μL	2 mL	0.000645	22
4	100 μL	2 mL	0.001289	44
5	200 μL	2 mL	0.002578	88

3. 若把座標軸改以雙氧水的濃度作圖，可畫出吸收度對雙氧水濃度的檢量線，相關度高達 0.9985。

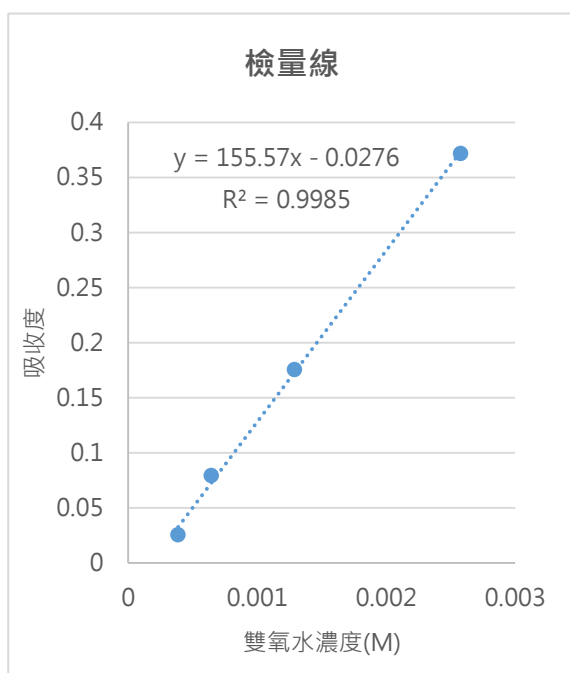


圖 5-1 雙氧水濃度(M)的檢量線圖

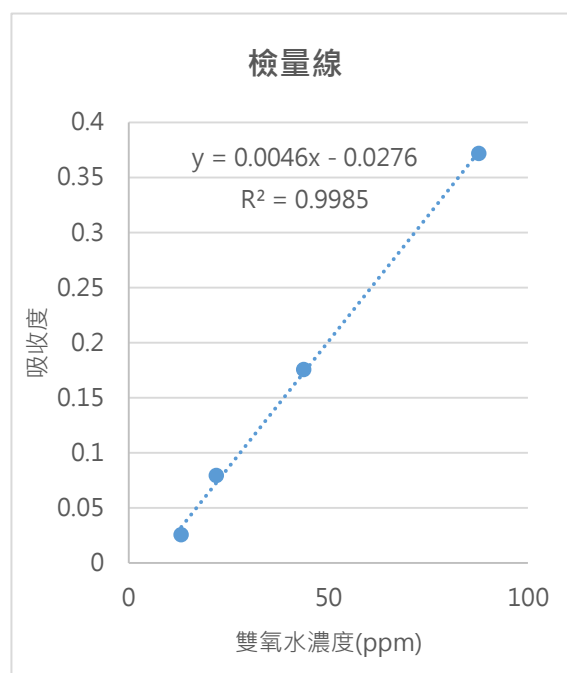


圖 5-2 雙氧水濃度(ppm)的檢量線

4. 計算結果可知，若要使用這種方法進行濃度量測，可量測的雙氧水濃度範圍約落在 13~88 ppm，與食藥署與環境檢驗所的檢測法相比有更低的定量極限，而濃度高時仍有變色反應，只是不能用來測量濃度。
5. 根據圖 4-2-3 與圖 4-2-4，在應用此光譜法時，吸收度要在 0.5 以下才有良好的線性關係，如果偵測出的濃度過高則要稀釋，使吸收度落在 0.5 以內才能用於定量。

陸、結論

1. 使用光譜法可用於碘濃度的偵測，在濃度低的時候吸收度與濃度為一斜直線的關係(斜坡區)，在濃度高的時候吸收度為固定的值(高原區)，使用斜坡區的數據可以進行碘液濃度的定量。
2. 關於 pH 值對於反應的影響，反應產生氧氣的多寡為 $\text{pH}5 > \text{pH}4 > \text{pH}3 > \text{pH}2 > \text{pH}1$ ，且 $\text{pH}1$ 有最大的吸收度，反應最為完全。
3. 關於碘化鉀濃度對於反應的影響，當碘化鉀為 $0.1 \text{ M} \sim 0.025 \text{ M}$ 時，碘化鉀皆為過量，對於吸收度的影響不大。
4. 雙氧水的濃度不可過高，若濃度過高會導致碘固體沉澱的產生造成誤差。
5. 關於反應速率的探討，會發現碘化鉀在 0.1 M 時需要 10 分鐘以上才能反應完全，而將碘化鉀濃度提高至 1 M 以上時，可以在 1 分 30 秒內完成反應，反應速率為 $4 \text{ M} > 3 \text{ M} > 2 \text{ M} > 1 \text{ M}$ 。
6. 當使用 1 M 碘化鉀 2 mL 與 $\text{pH}1$ 硫酸 1 mL 做為檢測液，混合 2 mL 的雙氧水，可用於定量的濃度範圍約 $13 \sim 88 \text{ ppm}$ ，若要用此方法測量需要稀釋至可量測的濃度範圍。

柒、參考文獻資料

1. 楊水平(2011 年 04 月 03 日)。中學化學示範實驗 Chemical Demonstrations: 阿拉丁神燈與大象的牙膏。取自 http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read_attach.php?id=10776
2. 曾奕晴(2016 年 12 月 11 日)。發射光譜科學 Online。
取自 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=74624>
3. 張育唐、陳藹然(2011 年 11 月 18 日)。發射光譜科學 Online。
取自 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=40839>
4. 衛生福利部食品藥物管理署(2013 年 09 月 06 日)。食品中過氧化氫之檢驗方法 (MOHWA0017.01). Method of Test for Hydrogen Peroxide in Foods。
取自 <https://www.fda.gov.tw/tc/includes/GetFile.ashx?id=f637740558601909563>
5. 行政院環保署環境檢驗所(2020 年 04 月 07 日)。環境用藥過氧化氫檢測方法—滴定法 (NIEA D436.20B)。
取自 <https://www.epa.gov.tw/DisplayFile.aspx?FileID=40A50D8315F82613>
6. 董芮妤、黃姿綸、黃俊凱。催化！氧化！KI 與雙氧水的反應探討。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 高中組 化學科。取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Att.ashx?id=10026>
7. Wang, M., Qiu, S., Yang, H., Huang, Y., Dai, L., Zhang, B., & Zou, J. (2021). Spectrophotometric determination of hydrogen peroxide in water with peroxidase-catalyzed oxidation of potassium iodide and its applications to hydroxylamine-involved Fenton and Fenton-like systems. *Chemosphere*, 270, 129448. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.129448

【評語】 030207

1. 過去科展有利用探討不同濃度的雙氧水，對亞藍溶液吸收度的影響。此研究是利用探討不同濃度的雙氧水，對不同濃度碘化鉀溶液、碘溶液吸收度的影響，相當不錯。
2. 以科學 maker 社團的光譜儀，搭配分光光度計模組進行架設，相當不錯。
3. 此研究結果並未比較和說明和過去用亞藍溶液吸收度時的結果，有點可惜。
4. 不同濃度碘化鉀溶液、碘溶液吸收度同時存在溶液中對吸收度的影響可以再多加討論，此一影響對決定雙氧水濃度是否造成誤差，建議應考慮。
5. 建議在報告時盡量讓三位同學都能參與報告。

作品簡報

中華民國第62屆中小學科學展覽會

濃度—「碘」通— 以光譜儀測量雙氧水濃度

科別：化學科

組別：國中組

前言

實驗動機

常看到食品中有雙氧水殘留的新聞，想知道雙氧水殘留的多寡。

研究目的

- 利用光譜儀測量碘液的濃度，找出碘濃度和吸收度的關聯性。
- 探討影響反應後吸收度的因素。雙氧水濃度、酸鹼值、碘化鉀濃度
- 探討濃度與反應速率的關係。
- 找出測量雙氧水濃度的最佳條件。
- 探討此測量方式的濃度測量範圍。

濃度—「碘」通—以光譜儀測量雙氧水濃度

文獻探討

光譜測量

找出最佳反應條件

結論

校正光譜

測量碘液濃度

測試不同雙氧水濃度

改變酸鹼性

改變碘化鉀濃度

探討反應時間

探討可量測雙氧水的濃度範圍

研究過程或方法

儀器架設

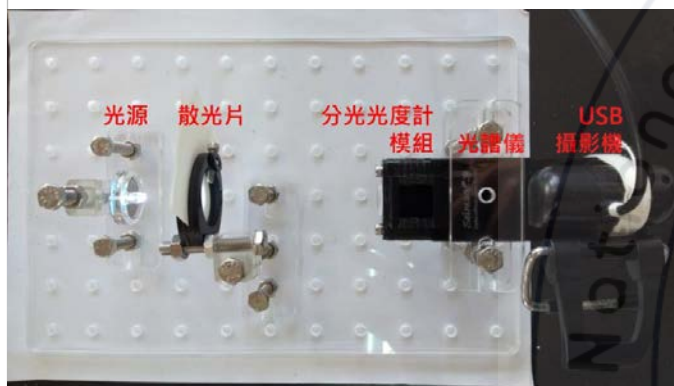


圖1 儀器架設圖

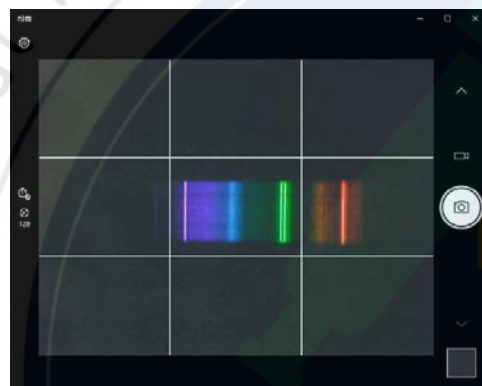


圖2 連接電腦螢幕畫面

校正光譜儀

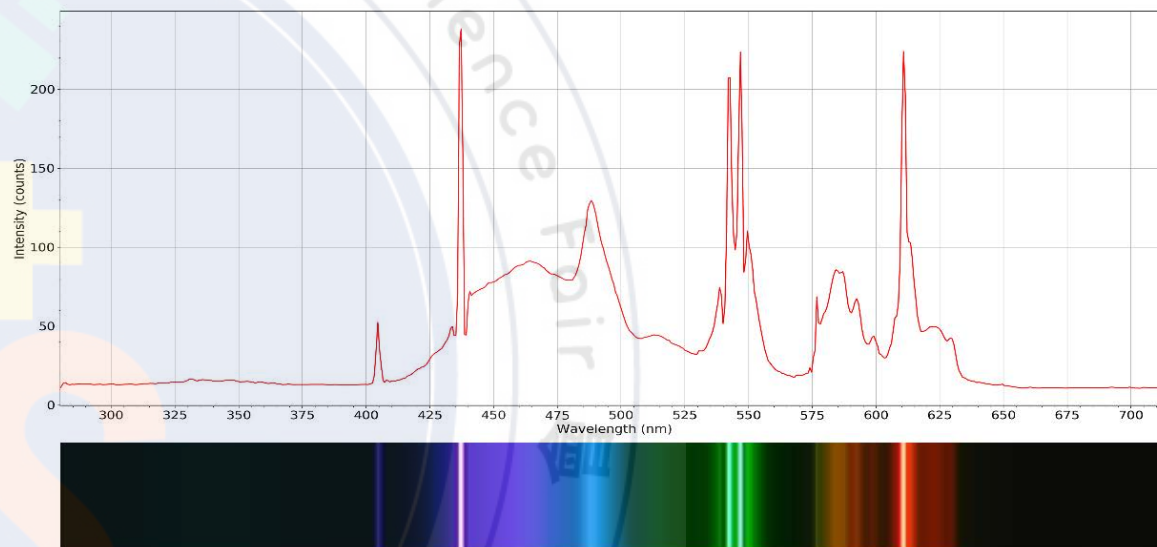


圖3 日光燈校正光譜圖

光譜分析

使用線上版的PySA Tools線上光譜影像分析

- 光譜校正
- 光譜圖繪製
- 吸收度分析

- 利用反光鏡，將教室上方的日光燈反射到光譜儀內，調整至適當角度拍照。
- 以波長404.6 nm與610.8nm進行校正。可得到波長(Y)與像素(x)的換算關係為：

$$Y(\text{nm}) = 0.6805281 x + 279.3828$$

研究結果

以光譜儀測量三碘錯離子濃度

使用微量針吸取濃度為0.0078 M的碘液，
加純水稀釋至10 mL，測量並畫出光譜圖(圖5)



圖4 不同濃度的碘液

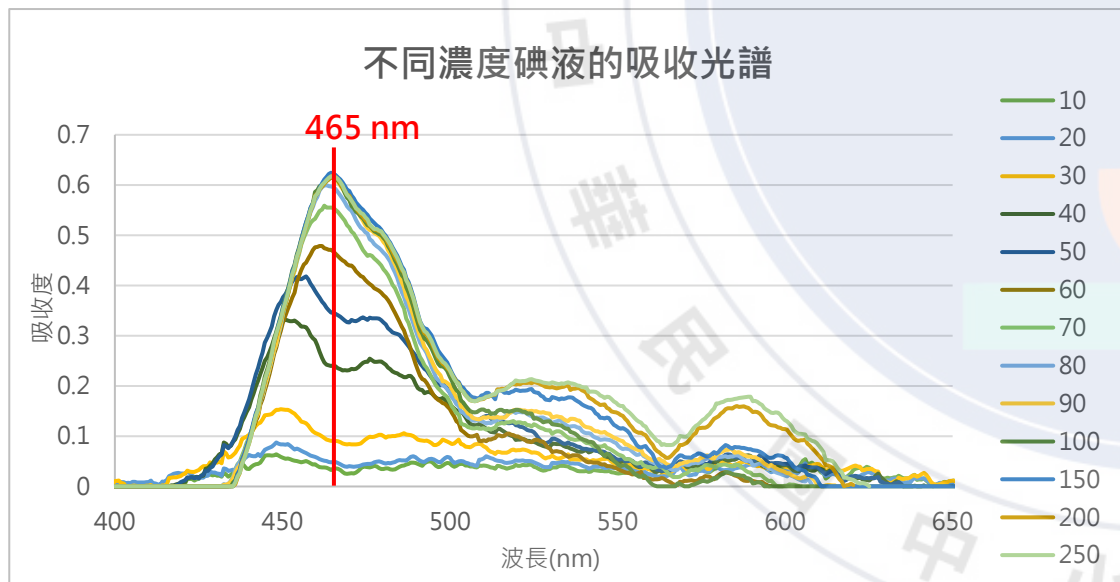


圖5 不同濃度碘液的吸收光譜

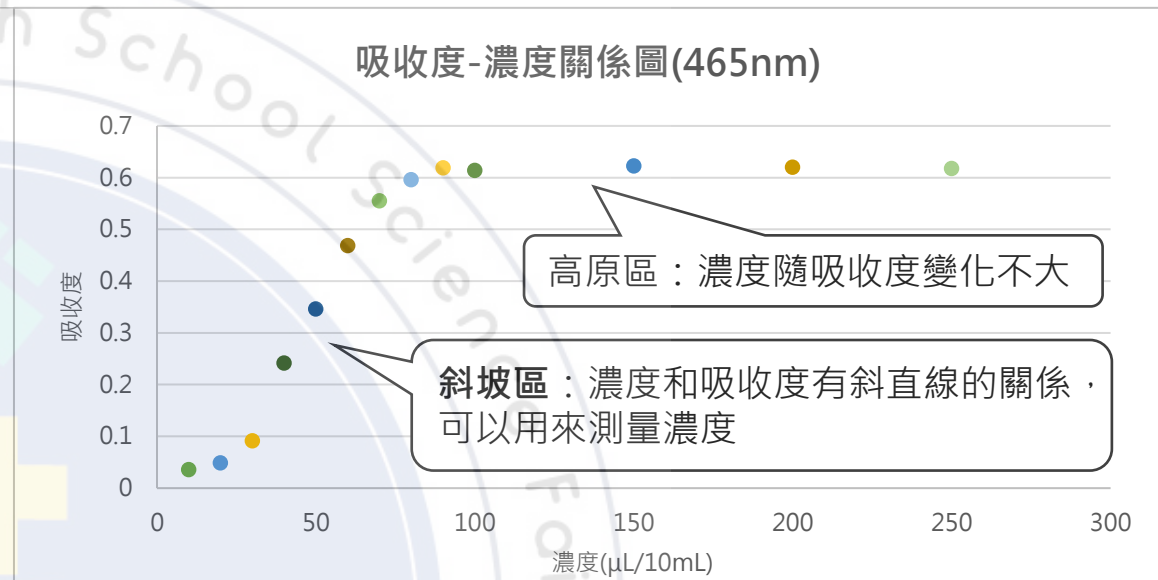


圖6 碘液的吸收度-濃度關係圖

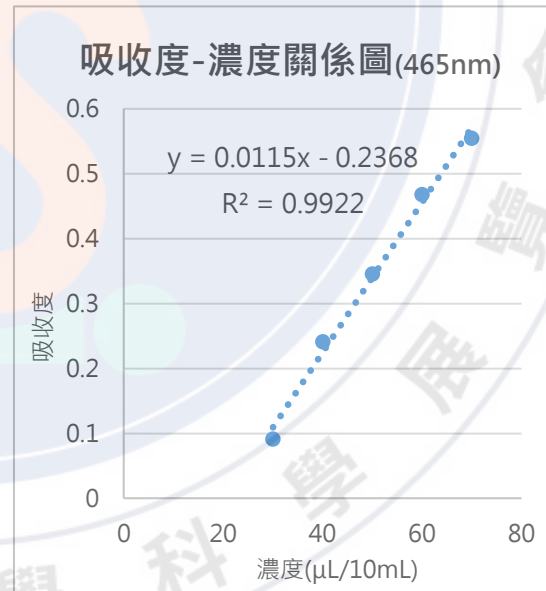


圖7 檢量線 (μL/10mL為單位)

若取30 ~ 70 μL之間的數據去作圖，會發現幾乎成一斜直線。所以當吸收度落在0.1 ~ 0.55之間時，可以利用吸收度(y)與濃度(x)的關係式反推碘液的濃度。

研究結果

測試不同雙氧水濃度

把瓶裝的濃雙氧水(約30%)把濃度稀釋1/10倍，加入0.1M的KI 2mL做為反應的初始條件進行測試，加入反應後等到溶液顏色不再發生變化後放入比色管進行測試。

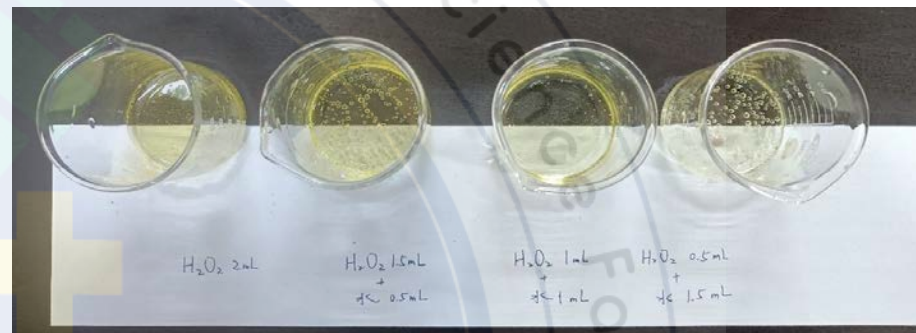


圖9 改變雙氧水濃度

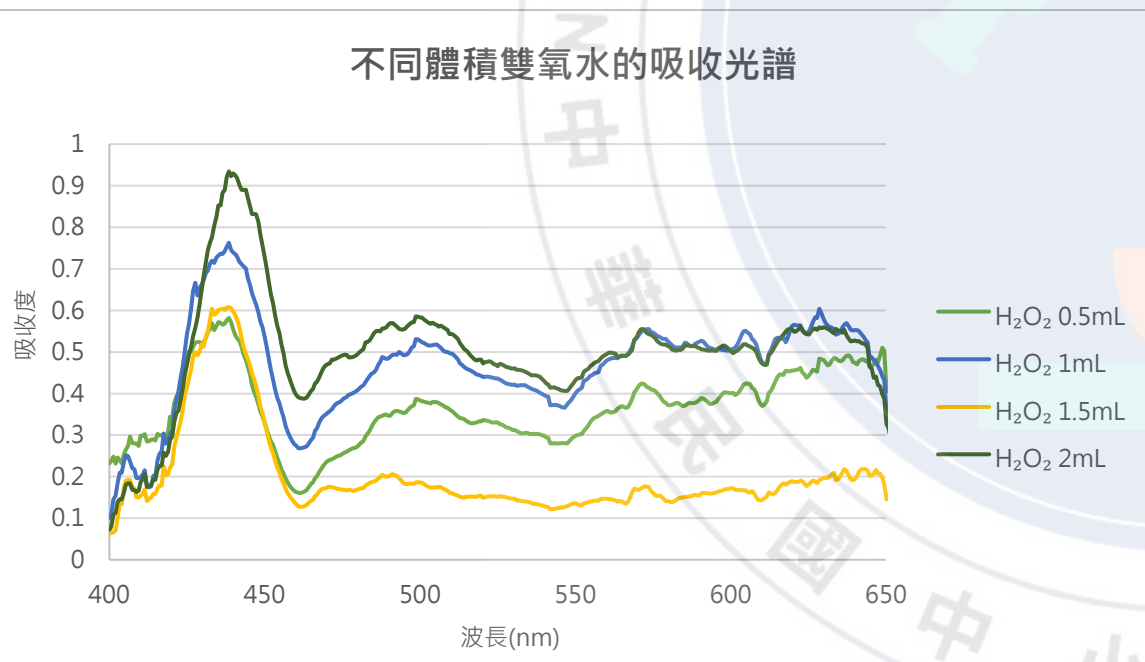


圖8 不同雙氧水體積的吸收光譜

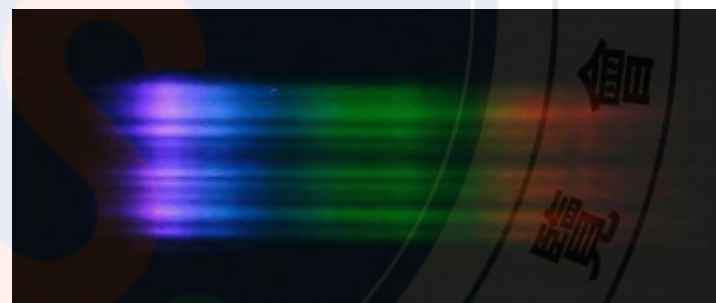


圖10 有氣泡影響的光譜

本實驗中會發現溶液皆會產生氧氣，會消耗雙氧水造成濃度不準，並造成光譜中出現不均勻的黑線造成測量誤差。

研究結果

測試不同酸鹼性

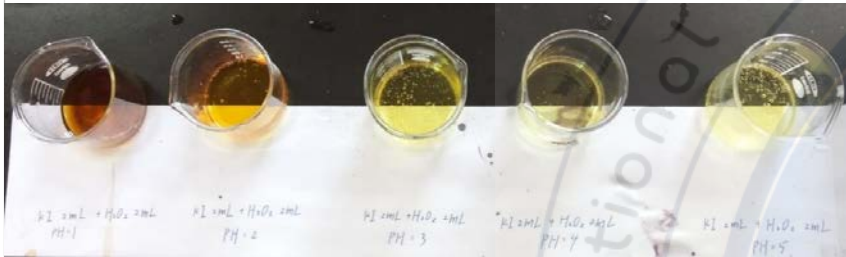


圖11 改變酸鹼性

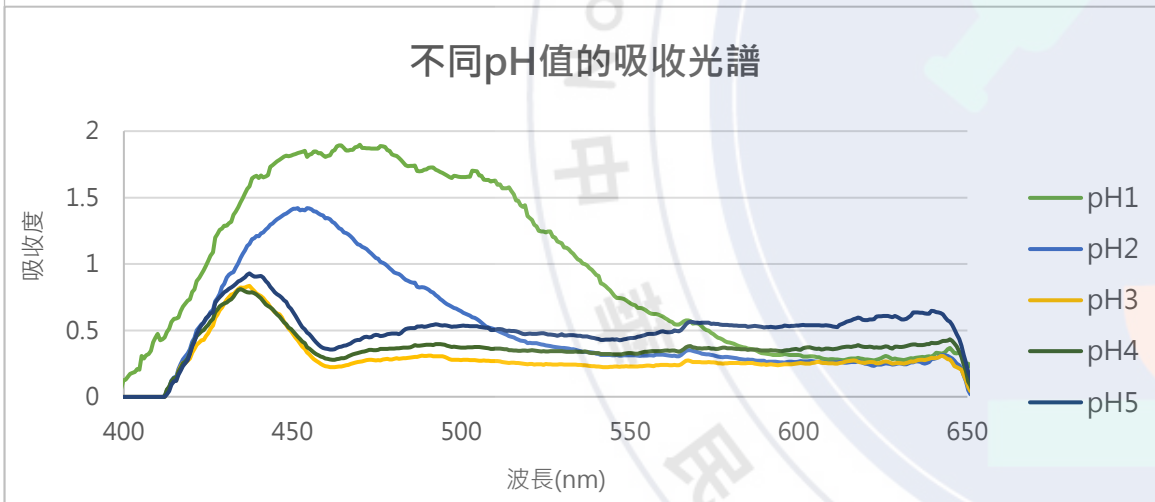


圖12 不同硫酸pH值的吸收光譜

當加入的**硫酸**pH值越低，溶液的顏色越深，氣泡的量也越少。

改變碘化鉀濃度

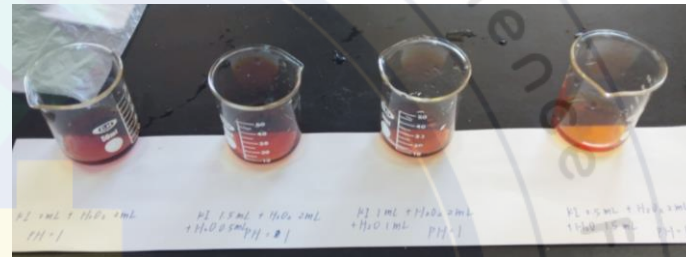


圖13 改變碘化鉀濃度

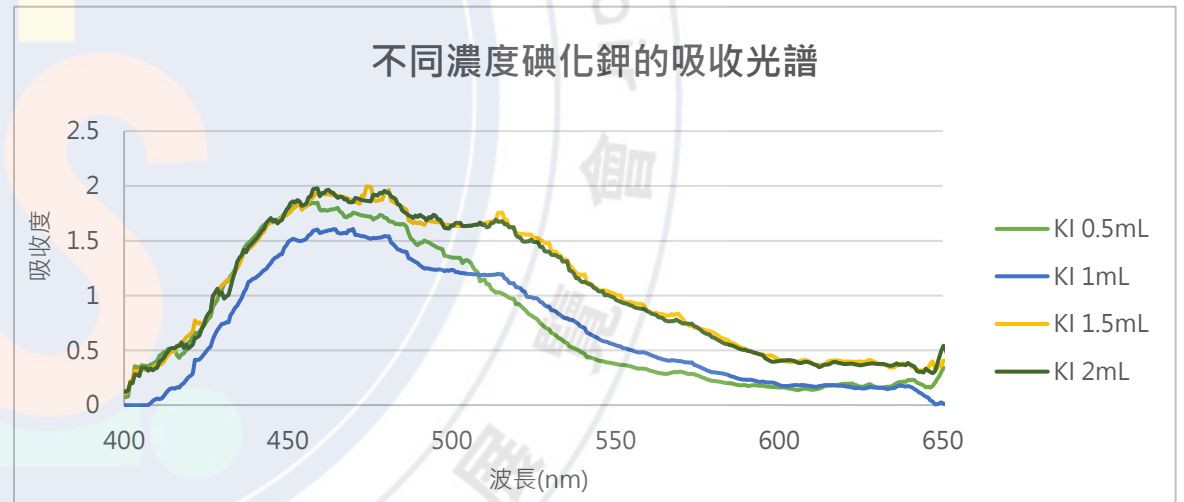


圖14 不同濃度碘化鉀的吸收光譜

吸收光譜差異不大。碘化鉀1 mL與0.5 mL的組別，反應後在溶液中有產生碘的固體。

研究結果

改變雙氧水濃度

(一) 稀釋10倍

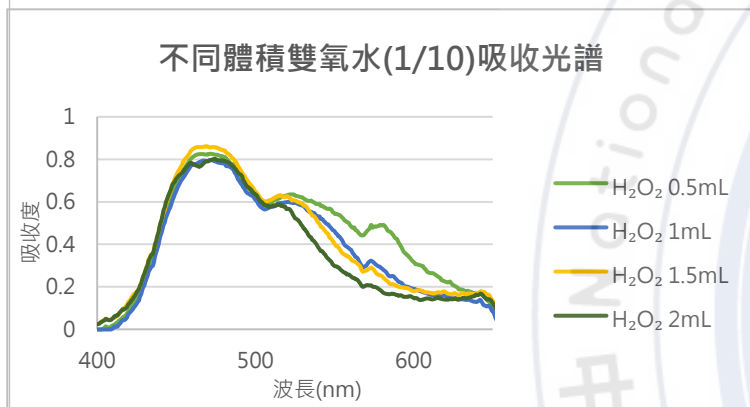


圖15 不同體積雙氧水(1/10)的吸收光譜

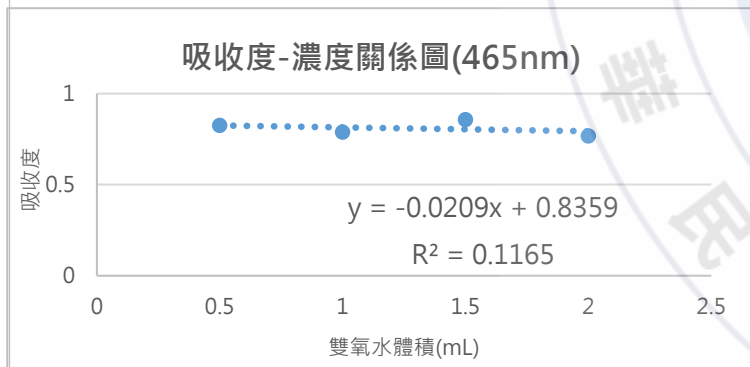


圖16 雙氧水(1/10)吸收度-濃度關係圖

(二) 稀釋100倍

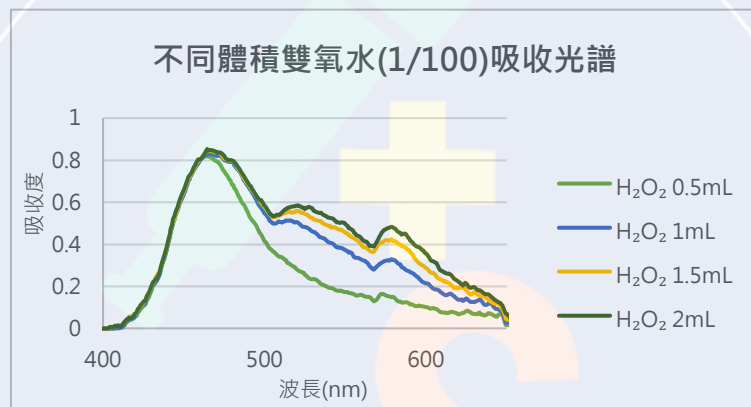


圖17 不同體積雙氧水(1/100)的吸收光譜

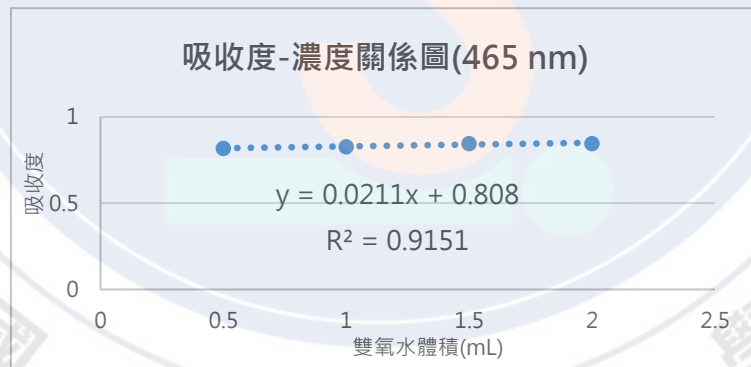


圖18 雙氧水(1/100)吸收度-濃度關係圖

(三) 稀釋1000倍

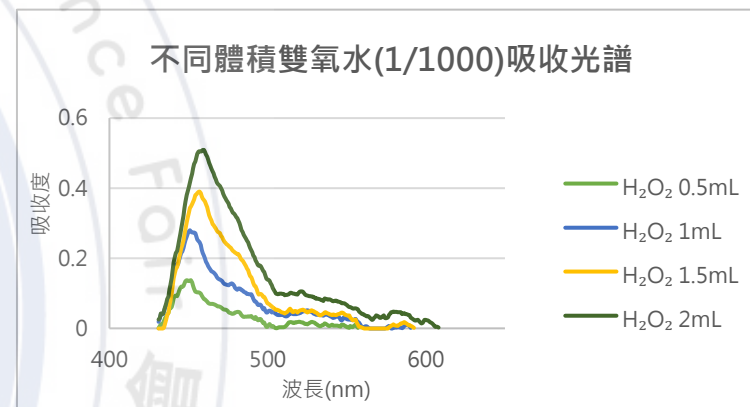


圖19 不同體積雙氧水(1/1000)的吸收光譜

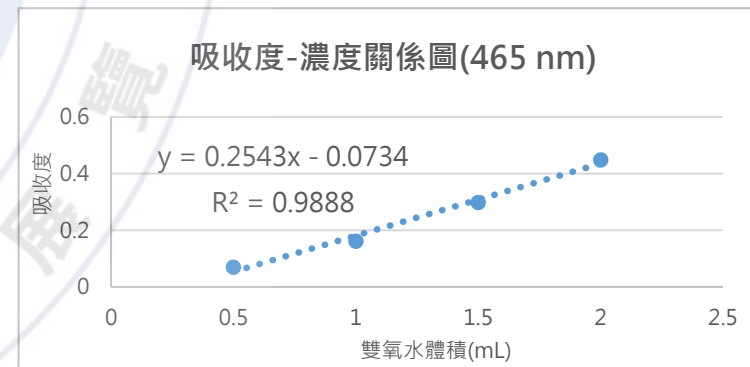


圖20 雙氧水(1/1000)吸收度-濃度關係圖

位在高原區且有產生碘固體

位在高原區但沒有碘固體

位在斜坡區，可以量測濃度

研究結果

探討反應所需時間

(一) 0.1M KI測試

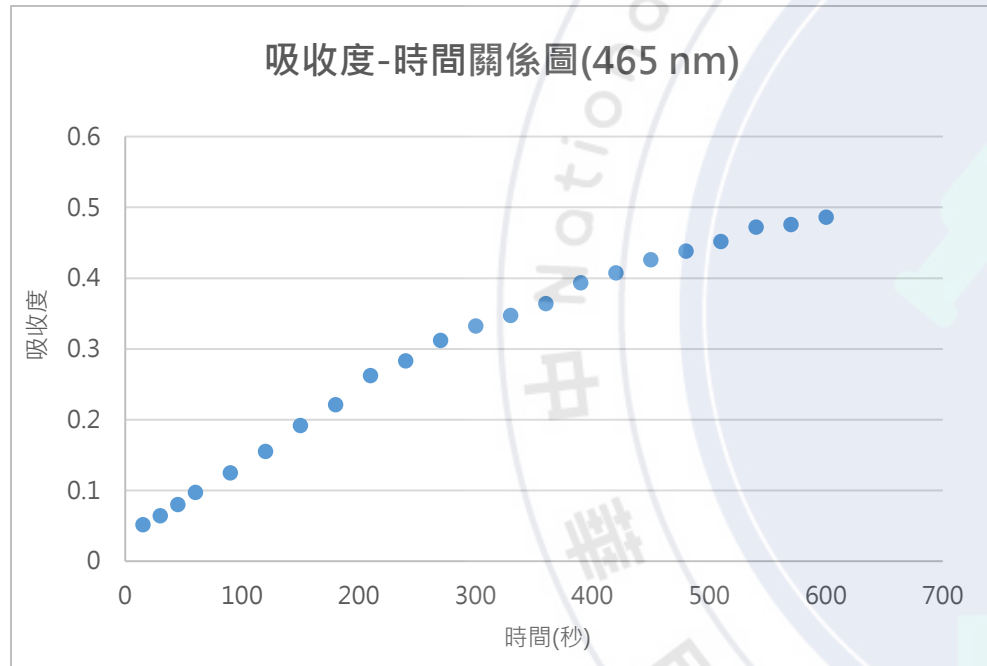


圖21 0.1M KI 吸收度隨時間的變化(465 nm)

反應過了600秒，吸收度仍有增加的趨勢，代表至少需要10分鐘的時間進行反應。

(二) 不同濃度 KI測試

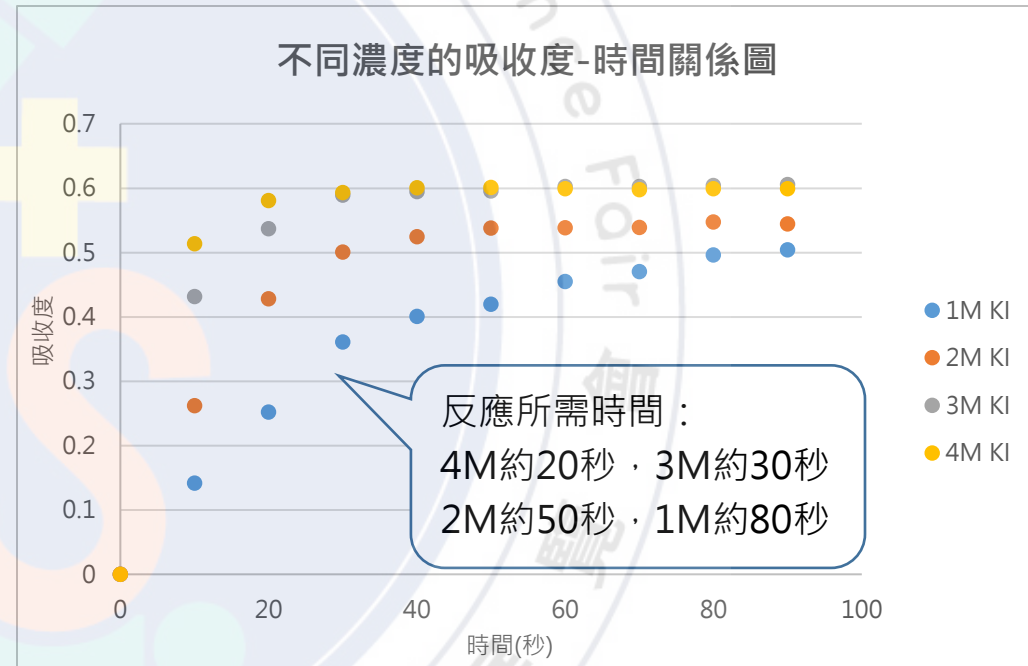


圖22 不同濃度KI吸收度隨時間的變化(465 nm)

當吸收度不再變化時，代表反應完成。為了使反應夠快且節約藥品，後續將使用1 M的KI做為反應條件。

研究結果

探討雙氧水可量測的濃度範圍

把瓶裝的濃雙氧水稀釋1/500倍，加入1M的KI 2mL、pH1硫酸1mL進行測試。

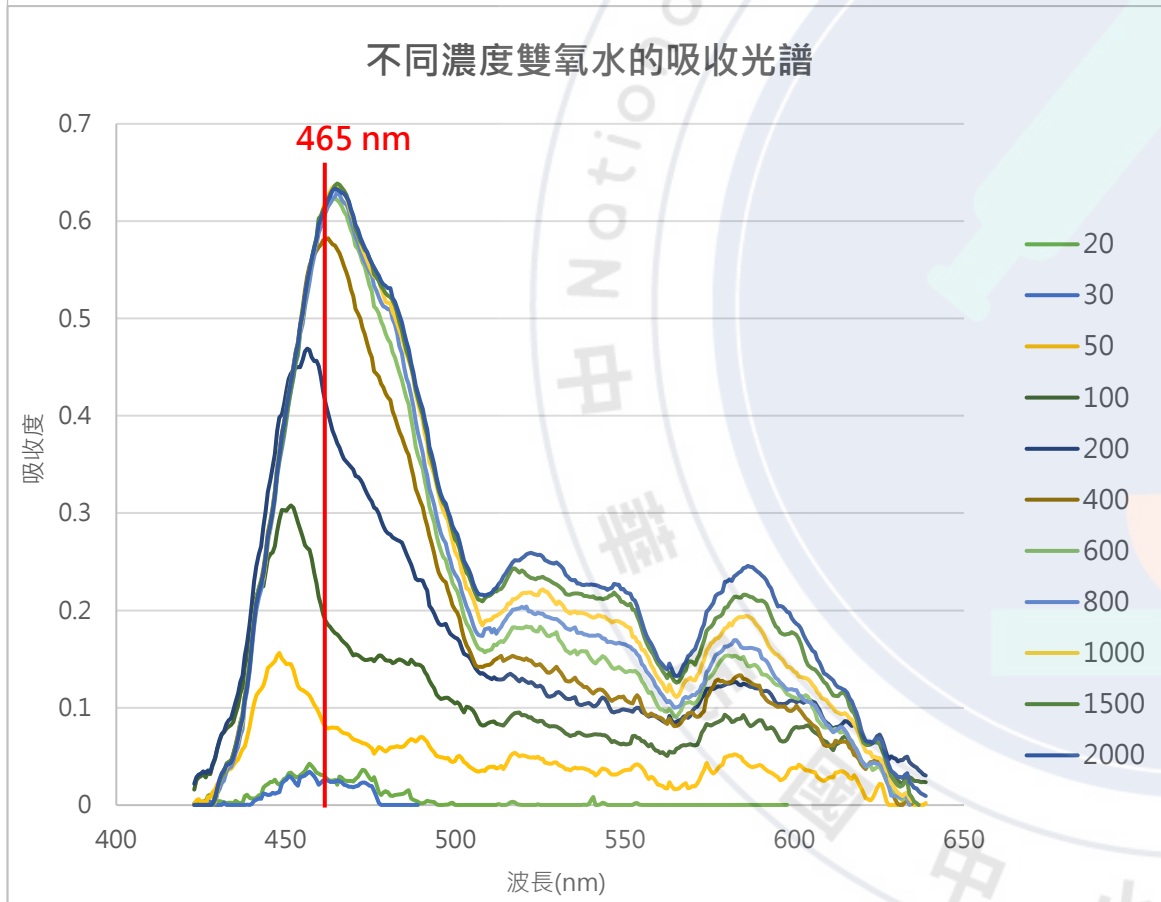


圖23 不同濃度雙氧水吸收光譜(465 nm)

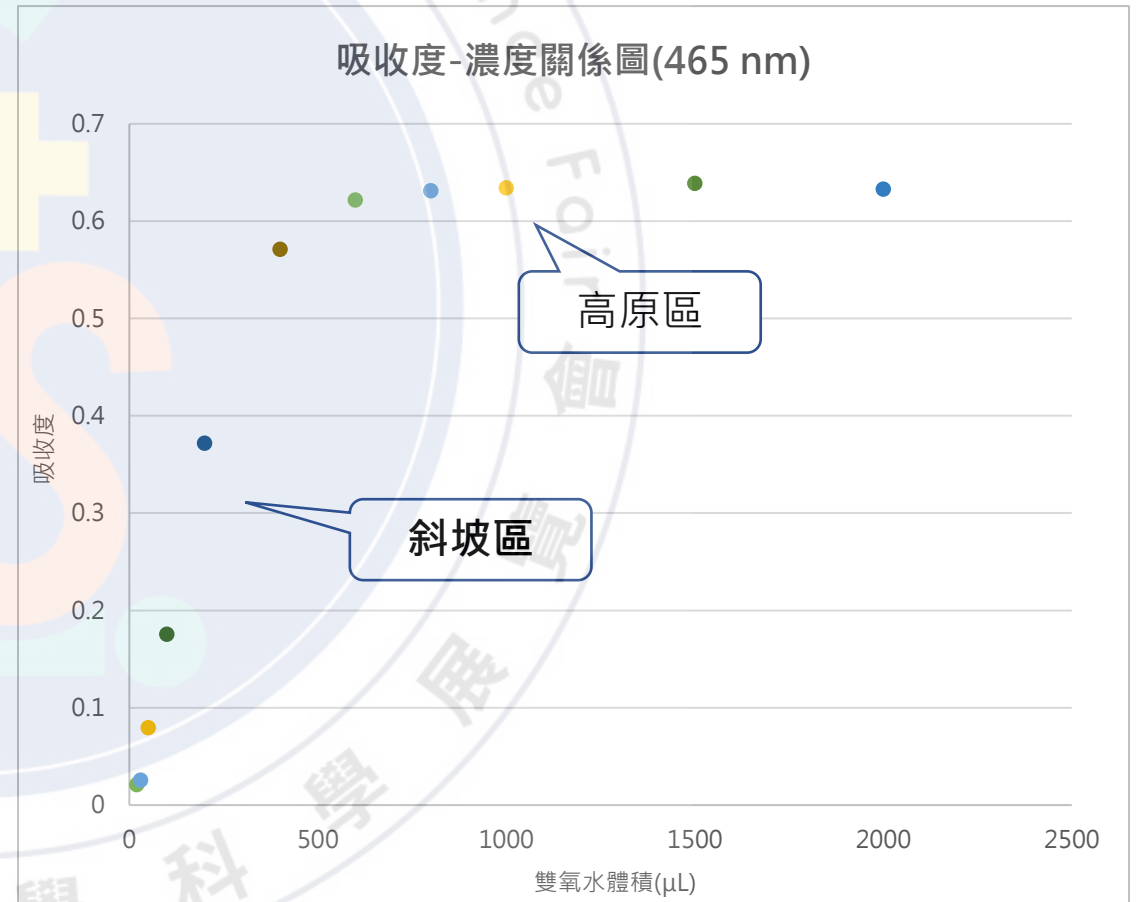


圖24 不同雙氧水體積下的吸收度-濃度關係圖

討論

次數	1/500倍H ₂ O ₂	總體積	H ₂ O ₂ 濃度(M)	H ₂ O ₂ 濃度(ppm)
2	30 μL	2 mL	0.000387	13
3	50 μL	2 mL	0.000645	22
4	100 μL	2 mL	0.001289	44
5	200 μL	2 mL	0.002578	88

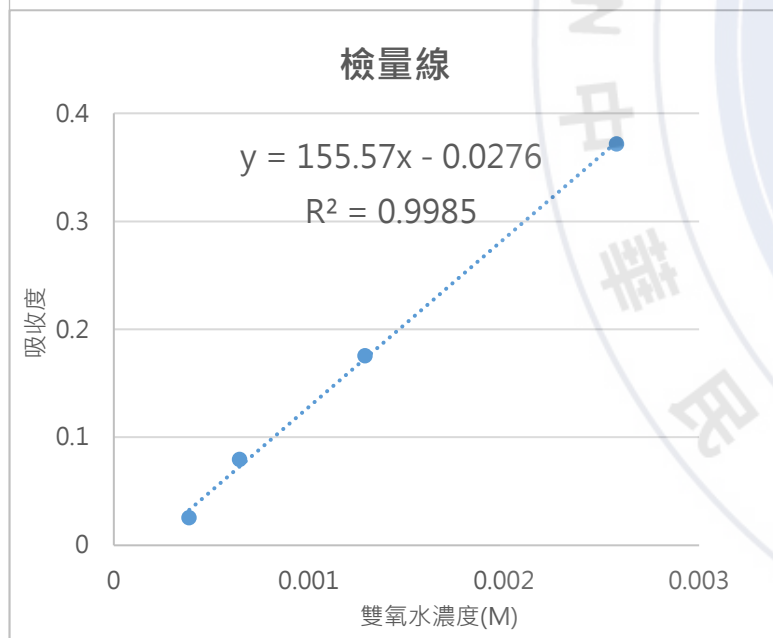


圖25 不同濃度雙氧水吸收光譜(465 nm)

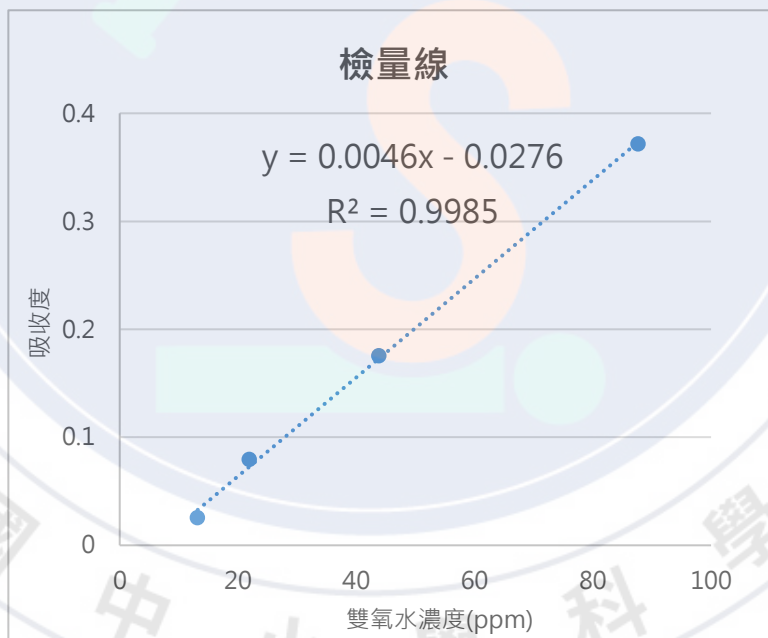


圖26 不同雙氧水體積下的吸收度-濃度關係圖

1. 可量測的雙氧水濃度範圍約落在13 ~ 88 ppm，與食藥署與環境檢驗所的檢測法相比有更低的定量極限，而濃度高時仍有變色反應，只是不能用來測量濃度。
2. 在應用時，吸收度要在0.5以下才有良好的線性關係，如果偵測出的濃度過高則要稀釋，使吸收度落在0.5以內才能用於定量。

結論

1. 在濃度低的時候吸收度與濃度為一斜直線的關係(斜坡區)，在濃度高的時候吸收度為固定的值(高原區)，使用斜坡區的數據可以進行碘液濃度的定量。
2. 反應產生氧氣的多寡為pH5 > pH4 > pH3 > pH2 > pH1，且pH1吸收度最大，反應最為完全。
3. 當碘化鉀為0.1 M ~ 0.025 M時，碘化鉀皆為過量，對於吸收度的影響不大。
4. 雙氧水的濃度不可過高，若濃度過高會導致碘固體沉澱的產生造成誤差。
5. 關於反應速率的探討，會發現碘化鉀在0.1 M時需要10分鐘以上才能反應完全，而將碘化鉀濃度提高至1 M以上時，可以在1分30秒內完成反應，反應速率為4 M > 3 M > 2 M > 1 M。
6. 當使用1 M碘化鉀2 mL與pH1硫酸1 mL做為檢測液，混合2 mL的雙氧水，可用於定量的濃度範圍約13 ~ 88 ppm，若要用此方法測量需要稀釋至可量測的濃度範圍。

參考文獻資料

1. 衛生福利部食品藥物管理署(2013年09月06日)。食品中過氧化氫之檢驗方法(MOHWA0017.01). Method of Test for Hydrogen Peroxide in Foods。取自 <https://www.fda.gov.tw/tc/includes/GetFile.ashx?id=f637740558601909563>
2. 行政院環保署環境檢驗所(2020年04月07日)。環境用藥過氧化氫檢測方法—滴定法(NIEA D436.20B)。取自 <https://www.epa.gov.tw/DisplayFile.aspx?FileID=40A50D8315F82613>
3. 董芮妤、黃姿綸、黃俊凱。催化！氧化！KI與雙氧水的反應探討。中華民國第54屆中小學科學展覽會 高中組 化學科。取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Att.ashx?id=10026>
4. Wang, M., Qiu, S., Yang, H., Huang, Y., Dai, L., Zhang, B., & Zou, J. (2021). Spectrophotometric determination of hydrogen peroxide in water with peroxidase-catalyzed oxidation of potassium iodide and its applications to hydroxylamine-involved Fenton and Fenton-like systems. *Chemosphere*, 270, 129448. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.129448