

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 化學科

佳作

040213

振盪藍色小精靈

學校名稱：花蓮縣私立海星高級中學

作者： 高二 蔣皓哲 高二 陳維浩 高二 鄭安祈	指導老師： 魏佩瑩 曹奕翔
---	-----------------------------

關鍵詞：振盪、藍瓶反應

摘要

『藍瓶反應』以亞甲藍從藍色(氧化) \leftrightarrow 無色(還原)瞬間的變化令人稱奇。

從現有的資料我們已知藍瓶反應中，會變色是因為有可以繼續氧化的官能基，在其官能基附近有拉電子基的存在，所以能夠產生顏色變化。架設好實驗設施後，我們改變搖晃頻率，希望尋找出最佳的搖動頻率。反應時使用 LED(白光)對實驗分析採集器的光感應器照光，來觀察光度變化量與反應時間。我們利用此實驗裝置可以準確的得到，藍瓶反應在不同質量下的葡萄糖、不同濃度的氫氧化鈉、不同體積的亞甲藍、不同溶氧量反應時的反應速率定律式，而我們最後實驗所得的反應速率定律式：

$$R=k[C_6H_{12}O_6]^2[NaOH]^1[O_2]^2。$$

利用改變溫度下的條件求得活化能。最後使用刃天青來進行紅瓶反應，比較藍瓶與紅瓶反應的差異。

壹、研究動機








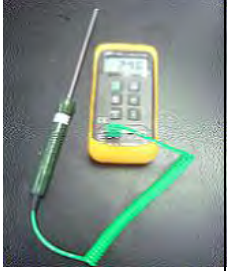
某天我們和老師討論科展題目時，剛好討論到「藍瓶反應」，它的反應現象令我們感到十分有興趣，在網路上尋找資料後，看到了藍瓶反應實驗的影片，我們都覺得真的非常神奇，並想要進一步研究實驗中可能影響實驗的條件、反應的速率，以及反應活化能，做為我們這次科展研究的內容。

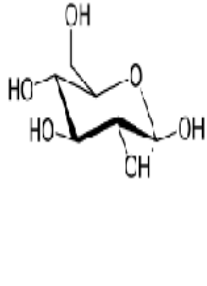
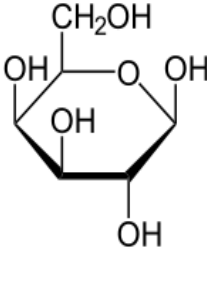
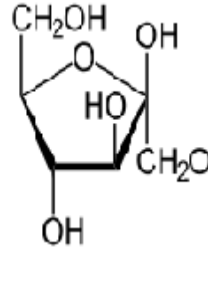
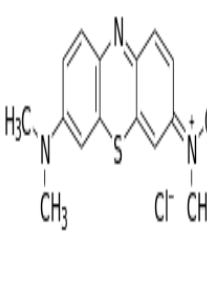
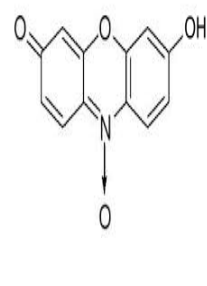
貳、研究目的

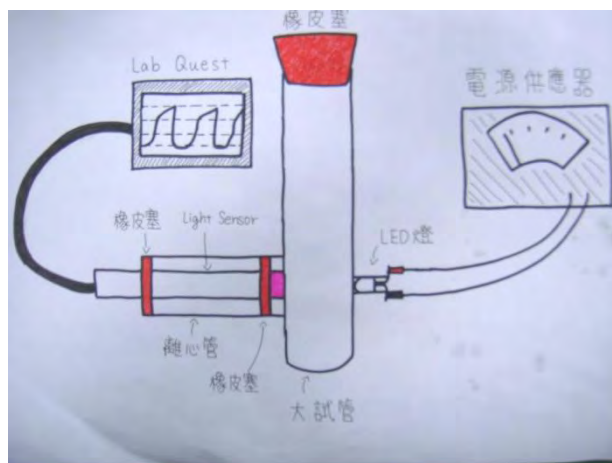
- 一、了解暗箱內、外反應時間和透光度的變化。
- 二、了解不同搖動頻率和透光度的變化。
- 三、了解藍瓶反應中不同濃度的葡萄糖氧化態變成還原態的時間及不同濃度的葡萄糖下透光度的變化。
- 四、了解不同濃度的酸鹼環境下透光度的變化。
- 五、了解不同體積的亞甲藍液下透光度的變化。
- 六、了解不同氧氣流量下透光度的變化。
- 七、了解不同溫度下透光度的變化。
- 八、了解不同質量的半乳糖和透光度的變化。
- 九、了解不同顏色的 LED 燈和透光度的變化。
- 十、了解不同體積刃天青和透光度的變化。

參、實驗設備器材及藥品

- 一、器材：大試管、大離心管、三通塑膠管、熱熔槍(膠)、黑色噴漆、黑色膠帶、橡皮塞、燒杯、塑膠管、剪刀、玻棒、光感應器(Light Sensor)、LabQuest 實驗分析採集器 2、氧氣瓶、手機、恆溫槽、電子溫度計、電源供應器、自製速率振盪分析儀。
- 二、藥品：刃天青、亞甲藍、鹽酸、氫氧化鈉、葡萄糖、半乳糖、果糖。

			
器材	LabQuest 實驗分析採集器2	氫氧化鈉 和葡萄糖	半乳糖和果糖
			
器材&藥品	恆溫槽	氧氣瓶	電子溫度計

				
葡萄糖結構式	半乳糖結構式	果糖結構式	亞甲藍	刃天青



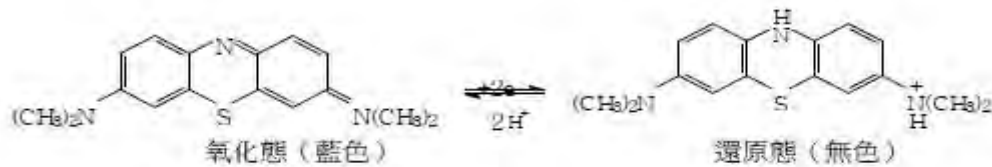
(實驗裝置示意圖)

肆、研究過程與方法

一、文獻探討

(一)藍瓶反應的反應途徑如下圖:

1. $O_2(g)$ 溶於水中
2. 亞甲藍從還原態(無色)→氧化態(藍色)
3. 葡萄糖+氫氧化鈉→glucoside
4. glucoside + 亞甲藍氧化態(藍色)→亞甲藍還原態(無色) + OH^- + 葡萄糖



(二)

1. 文獻曾經由實驗證明出在氮氣的系統下，不會有藍瓶現象發生。因此我們只探討氧氣對實驗的影響。
2. 我們比較文獻所測得的速率定律式，和我們自行操作的速率定律式發現在葡萄糖、亞甲藍、氧氣的級數大不相同，推測不同的原因是因為文獻中利用肉眼觀察變色時間，而我們是參考震盪文獻做出自製速率震盪分析儀，接上 Light sensor，利用實驗分析採集器，直接截取 Light sensor 數據作圖，使實驗數據更加精確。
3. 我們藉由實驗七改變溫度實驗算出活化能，發現經過越多次的實驗活化能會逐漸降低，更能證明文獻所說第一次所變色的時間都比較長，隨著搖動次數愈多變色的時間愈縮短。
4. 文獻得知半乳糖會產生反應，而半乳糖和葡萄糖為同分異構物，因此我們以實驗八使用半乳糖來比較與葡萄糖對實驗的影響。

(三)原本我們認為可以直接以攪拌磁石替代直接用手搖，可是做了五次後都失敗後，我們有些灰心，我們開始回想到到底是哪個環節出錯了，所以我們一項一項實驗條件去變化，後來終於發現是「攪拌」這個環節出了問題，原來攪拌磁石不能幫助大量氧氣溶入溶液中，所以我們將攪拌恢復到手搖。但為了可以比較好控制搖動的力道，我們便開始思索—實驗在暗箱中和暗箱外真的有差別嗎?所以我們將實驗一的實驗器材移至暗箱外，並再完整的做一次實驗一，並比較兩者的數據是否有很大的出入。

二、實驗流程：我們根據研究的目的，設計了以下幾個實驗：

- (一)實驗一：自製速率振盪分析儀，藍瓶反應實驗的架設，以及證明自製速率振盪分析儀為完全不透光容器。
- (二)實驗二：改變搖動瓶身的頻率，並針對其光度圖做比較。
- (三)實驗三：改變藍瓶反應中葡萄糖的濃度，從光度圖探討葡萄糖濃度對反應的影響。
- (四)實驗四：改變藍瓶反應中的酸鹼濃度，從光度圖探討 pH 值對反應的影響。
- (五)實驗五：改變藍瓶反應中亞甲藍的濃度，從光度圖探討亞甲藍對反應的影響。
- (六)實驗六：改變瓶內的溶氧量，並針對其光度圖做比較。
- (七)實驗七：改變藍瓶反應中的溫度，從光度圖探討溫度對反應的影響。
- (八)實驗八：改變藍瓶反應的醣類，分別以半乳糖、果糖替代，並針對其光度圖做比較。
- (九)實驗九：改變藍瓶反應中 LED 顏色，觀察光度圖並探討不同頻率光對反應的影響。
- (十)實驗十：以刃天青取代亞甲藍，觀察並比較其光度圖的差別。

三、實驗一：自製速率振盪分析儀，以及藍瓶反應的架設：

(一)實驗步驟及方法








1.製作速率振盪分析儀

- (1.)使用剪刀將三通塑膠管剪成三段塑膠管；剪除大離心管底部，成為中通的管子。
- (2.)將大試管、裁切好的大離心管、三通塑膠管以熱熔槍將器材黏著在一起。
- (3.)確認熱熔膠黏著穩固後，以黑色噴漆將裝置漆黑、風乾，並重覆噴漆二至三層。
- (4.)為確保絕對隔光，我們使用黑色膠帶將整個裝置再次纏繞、包裹，口徑較小的那一側放置 LED 燈泡(白光)，固定光感應器在口徑較大的另一端，我們把並將此裝置架設至我們實驗的暗箱中。
- (5.)確認一切裝置無誤後，本裝置架設完成。

3.證明自製速率振盪分析儀為不透光容器

- (1.)外在光源會影響光感應器(Light Sensor)所測得光度，所以此實驗必須在不透光環境下完成。
- (2.)將自製速率振盪分析儀置入暗箱內，測得光度圖。
- (3.)將自製速率振盪分析儀置於暗箱外，測得光度圖。
- (4.)比較光度圖證明自製振盪分析儀為不透光容器。

(二)實驗照片

		
圖1-1剛組裝+未上漆前	圖1-2剛上完漆+正在風乾	圖1-3風乾後,纏上黑膠帶
		
圖1-4接上電源供應器和光感應器(Light Sensor)	圖1-5配置好的溶液	圖1-6搖動瓶身十次後
		
圖1-7過了幾秒後的情形	圖1-8變回無色	圖1-9自製暗箱

四、實驗二：改變搖動瓶身的頻率，並針對其光度圖做比較：

(一)實驗步驟及方法

- 1.準備5g 葡萄糖、1M 的氫氧化鈉溶液、0.01M 亞甲藍液。
- 2.將50ml 的氫氧化鈉置入乾淨的大試管中。
- 3.將5g 的葡萄糖放置大試管中，並攪拌使葡萄糖溶解。
- 4.待葡萄糖完全溶解，加入1ml 亞甲藍溶液。
- 5.蓋上橡皮塞，以90次/分的頻率上下搖動瓶身10下，並在第十下搖動結束的同時開始計時。
- 6.當瓶內的溶液從藍色恢復無色時，停止計時，並記錄時間。
- 7.重複實驗步驟2~6，將頻率90次/分鐘依序改110次/分鐘、130次/分鐘、150次/分鐘，製成(表一)。
- 8.將50ml 的氫氧化鈉置入100ml 的燒杯中，並5g 的葡萄糖放置燒杯中，攪拌使葡萄糖溶

解。

- 9.待葡萄糖完全溶解後，將溶液倒入自製速率振盪分析儀的樣品槽，再加入1ml 亞甲藍溶液。
- 10.從(表一)可知各濃度的反應時間，故以此時間作為間隔，並以150次/分鐘來搖動樣品槽十下，擷取數據，數據記錄完畢後，實驗9.即完成。
- 11.重複實驗步驟7~9，將頻率90次/分鐘依序改110次/分鐘、130次/分鐘、150次/分鐘。
- 12.討論光度圖的變化。

(二)實驗照片



五、實驗三：改變藍瓶反應中葡萄糖的濃度，觀察氧化態變成還原態的時間：

(一)實驗步驟及方法

- 1.準備5g、10g、15g、20g 的葡萄糖、1M 的氫氧化鈉溶液、0.01M 亞甲藍液。
- 2.將50ml 的氫氧化鈉置入乾淨的大試管中。
- 3.將5g 的葡萄糖放置大試管中，並攪拌使葡萄糖溶解。
- 4.待葡萄糖完全溶解，加入1ml 亞甲藍溶液。
- 5.蓋上橡皮塞，以頻率150次/分上下搖動瓶身10下，並在第十下搖動結束的同時開始計時。
- 6.當瓶內的溶液從藍色恢復無色時，停止計時，並記錄時間。
- 7.重複實驗步驟2~6，將5g 的葡萄糖依序改為10g、15g、20g，製成(表二)。
- 8.將50ml 的氫氧化鈉置入100ml 的燒杯中，並5g 的葡萄糖放置燒杯中，攪拌使葡萄糖溶解。
- 9.確認葡萄糖完全溶解後，將溶液倒入自製速率振盪分析儀的樣品槽，再加入1ml 亞甲藍溶液。
- 10.從(表二)可知各克數的反應時間，故以此時間作為間隔，並以150次/分鐘來搖動樣品槽十下，擷取數據，數據記錄完畢後，實驗10.即完成。
- 11.重複實驗步驟8~10，將5g 的葡萄糖依序改為10g、15g、20g。
- 12.討論光度圖的變化。

(二)實驗照片



六、實驗四：改變藍瓶反應的酸鹼濃度，從光度圖探討酸鹼濃度對反應的影響：

(一)實驗步驟及方法

- 1.準備5g 葡萄糖、0.5M、1M、2M 的氫氧化鈉溶液、0.01M 鹽酸溶液、0.01M 亞甲藍液。
- 2.將50ml1M 的氫氧化鈉置入乾淨的大試管中。
- 3.將5g 的葡萄糖放置大試管中，並攪拌使葡萄糖溶解。
- 4.待葡萄糖完全溶解，加入1ml 亞甲藍溶液。
- 5.蓋上橡皮塞，以頻率150次/分上下搖動瓶身10下，並在第十下搖動結束的同時開始計時。
- 6.當瓶內的溶液從藍色恢復無色時，停止計時，並記錄時間。
- 7.重複實驗步驟2~6，將1M 的氫氧化鈉依序改為0.5M、2M 及0.01M 鹽酸製成(表四)。
- 8.將50ml 的氫氧化鈉置入100ml 的燒杯中，並5g 的葡萄糖放置燒杯中，攪拌使葡萄糖溶解。
- 9.待葡萄糖完全溶解後，將溶液倒入自製速率振盪分析儀的樣品槽，再加入1ml 亞甲藍溶液。
- 10.從(表四)可知各濃度的反應時間，故以此時間作為間隔，並以150次/分鐘來搖動樣品槽十下，擷取數據，數據記錄完畢後，實驗10.即完成。
- 11.重複實驗步驟2~5，將0.5M 的氫氧化鈉依序改為1M、2M，但因為 HCl 無法反應，此實驗不操作加入 HCl 的條件。
- 12.討論光度圖的變化。

七、實驗五：改變藍瓶反應中亞甲藍濃度，從光度圖探討亞甲藍對反應的影響：

(一)實驗步驟及方法

- 1.準備5g 葡萄糖、1M 的氫氧化鈉溶液、0.01M 亞甲藍液。
- 2.將50ml 的氫氧化鈉置入乾淨的大試管中。
- 3.將5g 的葡萄糖放置大試管中，並攪拌使葡萄糖溶解。
- 4.待葡萄糖完全溶解，加入1ml 亞甲藍溶液。
- 5.蓋上橡皮塞，以頻率150次/分上下搖動瓶身10下，並在第十下搖動結束的同時開始計時。
- 6.當瓶內的溶液從藍色恢復無色時，停止計時，並記錄時間。
- 7.重複實驗步驟2~6，將1ml 的亞甲藍依序改為2ml、3ml、4ml，製成(表六)。
- 8.將50ml 的氫氧化鈉置入100ml 的燒杯中，並5g 的葡萄糖放置燒杯中，攪拌使葡萄糖溶解。
- 9.待葡萄糖完全溶解後，將溶液倒入自製速率振盪分析儀的樣品槽，再加入1ml 亞甲藍溶液。
- 10.從(表六)可知各濃度的反應時間，故以此時間作為間隔，並以150次/分鐘來搖動樣品槽十下，擷取數據，數據記錄完畢後，實驗10.即完成。
- 11.重複實驗步驟8~10，將1ml 的亞甲藍依序改為2ml、3ml、4ml。
- 12.討論光度圖的變化。

八、實驗六：改變瓶內的溶氧量，並針對其光度圖做比較：

(一)實驗步驟及方法

- 1.準備5g 葡萄糖、1M 的氫氧化鈉溶液、0.01M 亞甲藍液。
- 2.將50ml 的氫氧化鈉置入乾淨的大試管中。
- 3.將5g 的葡萄糖放置大試管中，並攪拌使葡萄糖溶解。
- 4.待葡萄糖完全溶解，加入1ml 亞甲藍溶液。
- 5.蓋上橡皮塞，灌入流量為4公升/分鐘(LPM)的氧氣一分鐘，以150次/分鐘的頻率上下搖動瓶身10下，並在第十下搖動結束的同時開始計時。
- 6.當瓶內的溶液從藍色恢復無色時，停止計時，並記錄時間。
- 7.重複實驗步驟2~6，將流量依序改為5公升/分、6公升/分、7公升/分，製成(表八)。
- 8.將50ml 的氫氧化鈉置入100ml 的燒杯中，並5g 的葡萄糖放置燒杯中，攪拌使葡萄糖溶解。
- 9.待葡萄糖完全溶解後，將溶液倒入自製速率振盪分析儀的樣品槽，再加入1ml 亞甲藍溶液。
- 10.從(表八)可知各流量的反應時間，故以此時間作為間隔，並以150次/分鐘來搖動樣品槽十下，擷取數據，數據記錄完畢後，實驗10.即完成。
- 11.重複實驗步驟8~10，將流量依序改5公升/分鐘、6公升/分鐘、7公升/分鐘。

12.討論光度圖的變化。

九、實驗七：改變藍瓶反應中的溫度，從光度圖探討溫度對反應的影響：

(一)實驗步驟及方法

- 1.準備5g 葡萄糖、1M 的氫氧化鈉溶液、0.01M 亞甲藍液。
- 2.將50ml 的氫氧化鈉置入乾淨的大試管中。
- 3.將5g 的葡萄糖放置大試管中，並攪拌使葡萄糖溶解。
- 4.待葡萄糖完全溶解，加入1ml 亞甲藍溶液。
- 5.蓋上橡皮塞，將試管放至水溫為室溫(23°C)的水浴中，以頻率150次/分上下搖動瓶身10下，並在第十下搖動結束的同時開始計時。
- 6.當瓶內的溶液從藍色恢復無色時，停止計時，並記錄時間。
- 7.重複實驗步驟2~6，將溫度從室溫依序改為室溫3度、13度、33度，製成(表十)。
- 8.將50ml 的氫氧化鈉置入100ml 的燒杯中，並5g 的葡萄糖放置燒杯中，攪拌使葡萄糖溶解。
- 9.待葡萄糖完全溶解後，將溶液倒入自製速率振盪分析儀的樣品槽，再加入1ml 亞甲藍溶液。
- 10.從(表十)可知各溫度的反應時間，故以此時間作為間隔，並以150次/分鐘來搖動樣品槽十下，擷取數據，數據記錄完畢後，實驗10.即完成。
- 11.重複實驗步驟8~10，將室溫(23°C)依序改3度、13度、33度。
- 12.討論光度圖的變化。

十、實驗八：改變藍瓶反應中的醣類，分別以半乳糖、果糖替代，並針對其光度圖做比較：

(一)實驗步驟及方法

- 1.準備5g 半乳糖、5g 果糖、1M 的氫氧化鈉溶液、0.01M 亞甲藍液。
- 2.將50ml 的氫氧化鈉置入乾淨的大試管中。
- 3.將5g 的半乳糖置大試管中，並攪拌使半乳糖溶解。
- 4.待半乳糖完全溶解後，加入1ml 亞甲藍溶液。
- 5.蓋上橡皮塞，以150次/分鐘的頻率上下搖動瓶身10下，並在第十下搖動結束的同時開始計時。
- 6.當瓶內的溶液從藍色恢復無色時，停止計時，並記錄時間。
- 7.重複實驗步驟2~6，將5g 的半乳糖依序改為10g、15g、20g，以及果糖5g、10g、15g、20g，製成(表十二)，但因果糖反應時間太久了，一直處於藍色的氧化態，故無法記錄其時間。
- 8.將50ml 的氫氧化鈉置入100ml 的燒杯中，並5g 的半乳糖放置燒杯中，攪拌使半糖溶解。
- 9.確認半乳糖完全溶解後，將溶液倒入自製速率振盪分析儀的樣品槽，再加入1ml 亞甲藍溶液。
- 10.從(表十二)可知各質量的反應時間，故以此時間作為間隔，並以150次/分鐘來搖動

樣品槽十下，擷取數據，數據記錄完畢後，實驗10.即完成。

11.重複實驗步驟8~10，將半乳糖質量從5g 依序改10g、15g、20g。

12.討論光度圖的變化。

十一、實驗九：改變藍瓶反應中LED 光的顏色，觀察光度圖並從其探討不同頻率的光對反應的影響：

(一)實驗步驟及方法

1.準備5g 葡萄糖、1M 的氫氧化鈉溶液、0.01M 亞甲藍液。

2.將50ml 的氫氧化鈉置入乾淨的大試管中。

3.將5g 的葡萄糖放置大試管中，並攪拌使葡萄糖溶解。

4.待葡萄糖完全溶解後，滴入1ml 的亞甲藍溶液。

5.蓋上橡皮塞，以150次/分的頻率上下搖動瓶身10下，並在第十下搖動結束的同時開始計時。

6.當瓶內的溶液從藍色恢復無色時，停止計時，並記錄時間。

7.重複實驗步驟2~6，將 LED 光的顏色依序改綠光、藍光、紅光，製成(表十四)。

8.將50ml 的氫氧化鈉置入100ml 的燒杯中，並5g 的葡萄糖放置燒杯中，攪拌使葡萄糖溶解。

9.待葡萄糖完全溶解後，將溶液倒入自製速率振盪分析儀的樣品槽，再加入1ml 亞甲藍溶液。

10.從(表十四)可知各顏色 LED 燈的反應時間，故以此時間作為間隔，並以150次/分鐘來搖動樣品槽十下，擷取數據，數據記錄完畢後，實驗10.即完成。

11.重複實驗步驟7~9，將 LED 光的顏色依序改綠光、藍光、紅光。

12.討論光度圖的變化。

十二、實驗十：以刃天青取代亞甲藍，觀察並比較其光度圖的差別：

(一)實驗步驟及方法

1.準備5g 葡萄糖、1M 的氫氧化鈉溶液、0.01M 刃天青。

2.將50ml 的氫氧化鈉置入乾淨的大試管中。

3.將5g 的葡萄糖放置大試管中，並攪拌使葡萄糖溶解。

4.待葡萄糖完全溶解後，滴入1ml 的刃天青溶液。

5.蓋上橡皮塞，以150次/分的頻率上下搖動瓶身10下，並在第十下搖動結束的同時開始計時。

6.當瓶內的溶液從紅色恢復無色時，停止計時，並記錄時間。

7.重複實驗步驟2~6，將葡萄糖質量依序改10g、15g、20g，製成(表十六)。

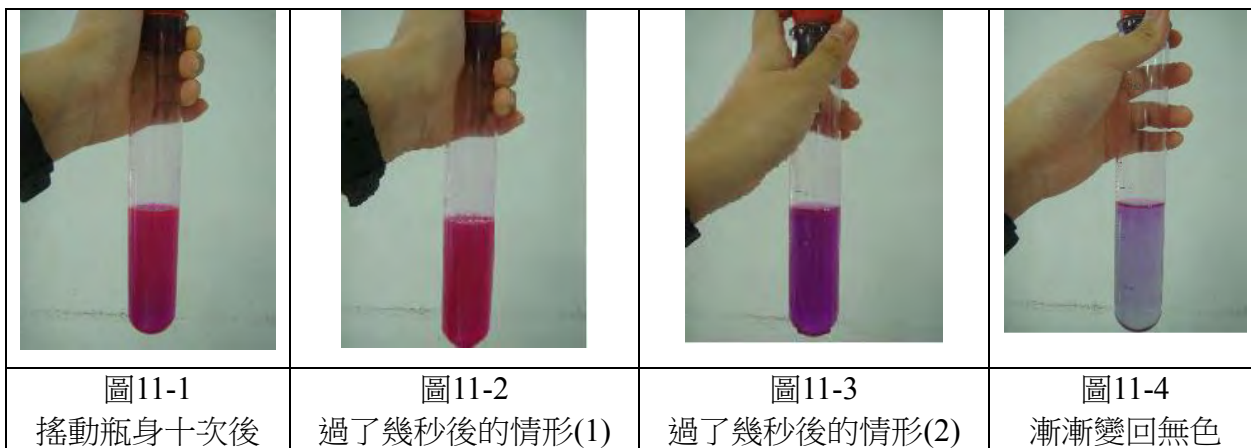
8.將50ml 的氫氧化鈉置入100ml 的燒杯中，並5g 的葡萄糖放置燒杯中，攪拌使葡萄糖溶解。

9.待葡萄糖完全溶解後，將溶液倒入自製速率振盪分析儀的樣品槽，再加入1ml 刃天青溶液。

10.從(表十六)可知各質量葡萄糖的反應時間，故以此時間作為間隔，並以150次/分鐘來

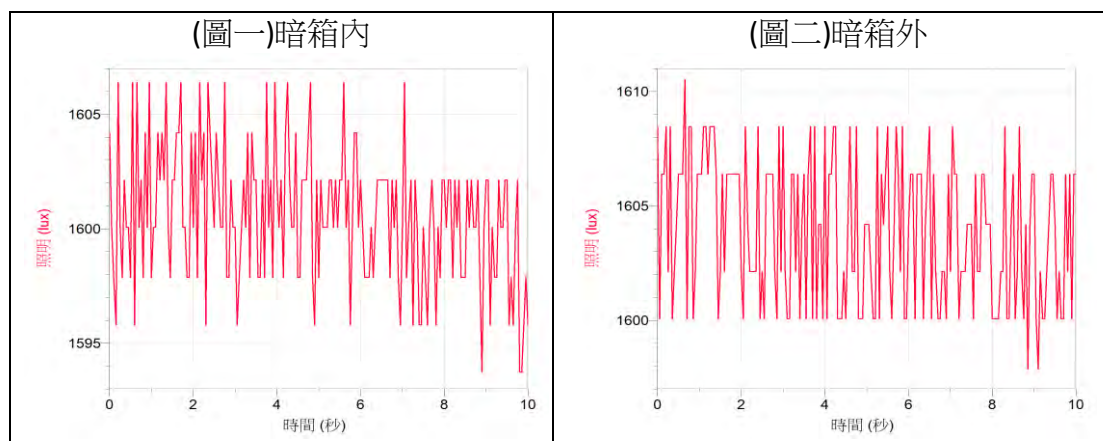
- 搖動樣品槽十下，擷取數據，數據記錄完畢後，實驗10.即完成。
- 11.重複實驗步驟7~9，將葡萄糖的質量依序改為10g、15g、20g。
 - 12.討論光度圖的變化。

(二)實驗照片



伍、研究結果

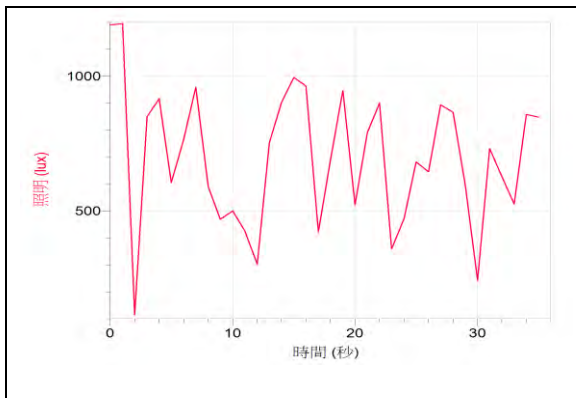
一、(實驗一):暗箱內、外反應時間和透光度的變化:



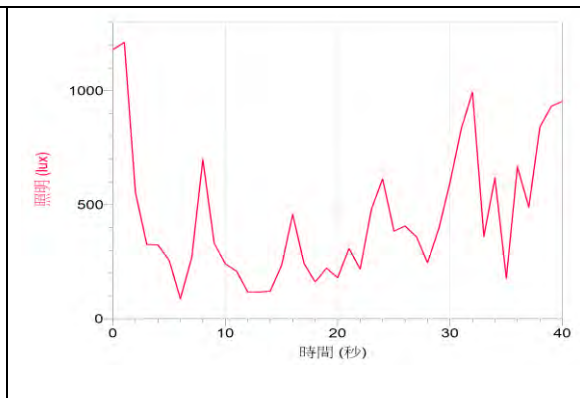
二、(實驗二):不同搖動頻率和透光度的變化:

頻率(次/分鐘)	90	110	130	150
第一次變色時間(s)	7.4	8.5	11.9	13.8

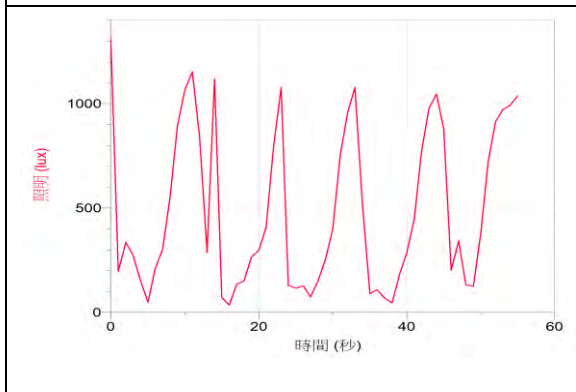
(表一)



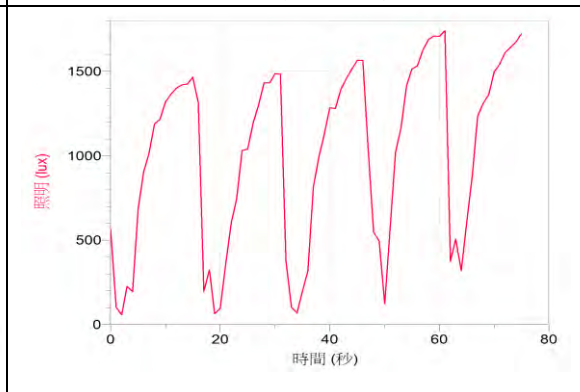
(圖三)90次/分鐘反應時間
和透光度的變化



(圖四)110次/分鐘反應時間
和透光度的變化



(圖五)130次/分鐘反應時間
和透光度的變化

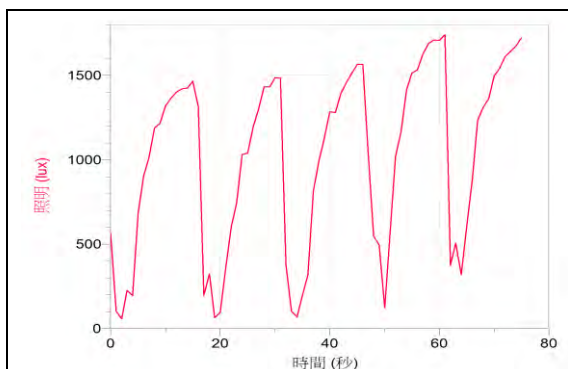


(圖六)150次/分鐘反應時間
和透光度的變化

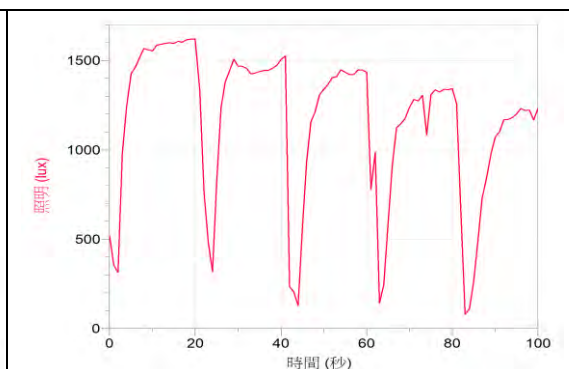
三、(實驗三):藍瓶反應中不同濃度的葡萄糖氧化態變成還原態的時間及不同濃度的葡萄糖
下透光度的變化:

葡萄糖質量(g)	5	10	15	20
第一次變色時間(s)	15.4	20.8	41.3	78.6

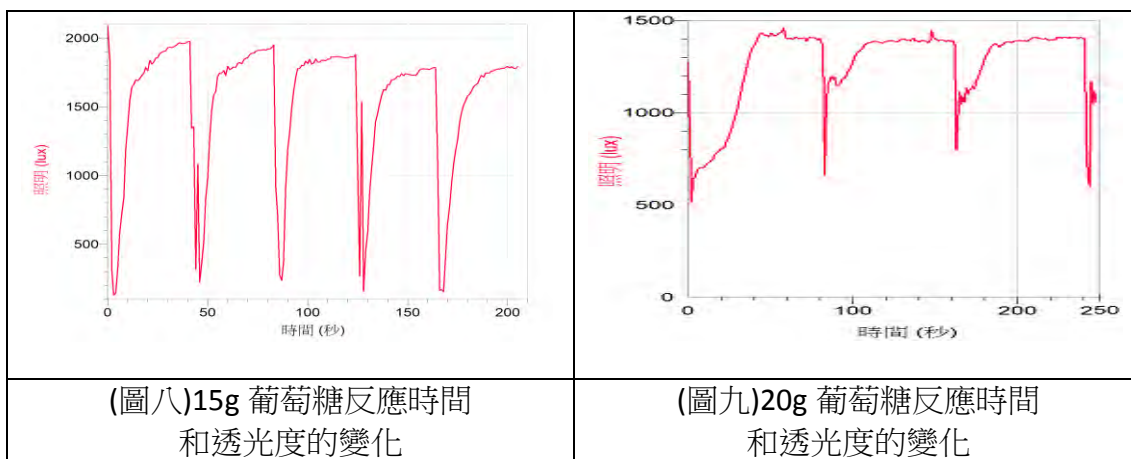
(表二)



(圖六)5g 葡萄糖反應時間
和透光度的變化

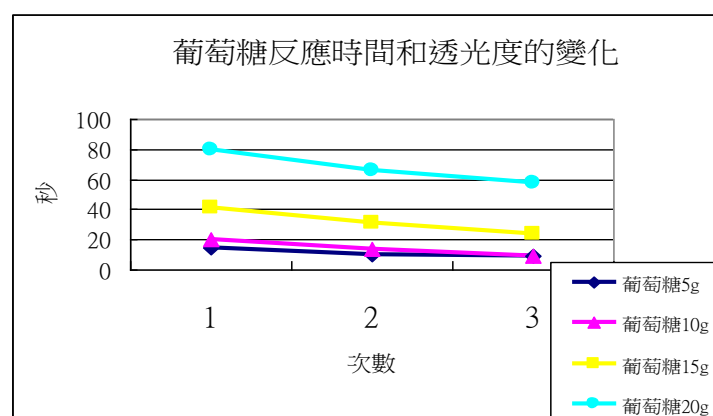


(圖七)10g 葡萄糖反應時間
和透光度的變化



葡萄糖質量(g)	5	10	15	20
第一次反應時間(s)	15	20	41	80
第二次反應時間(s)	10	14	31	66
第三次反應時間(s)	9	9	24	58

(表三)

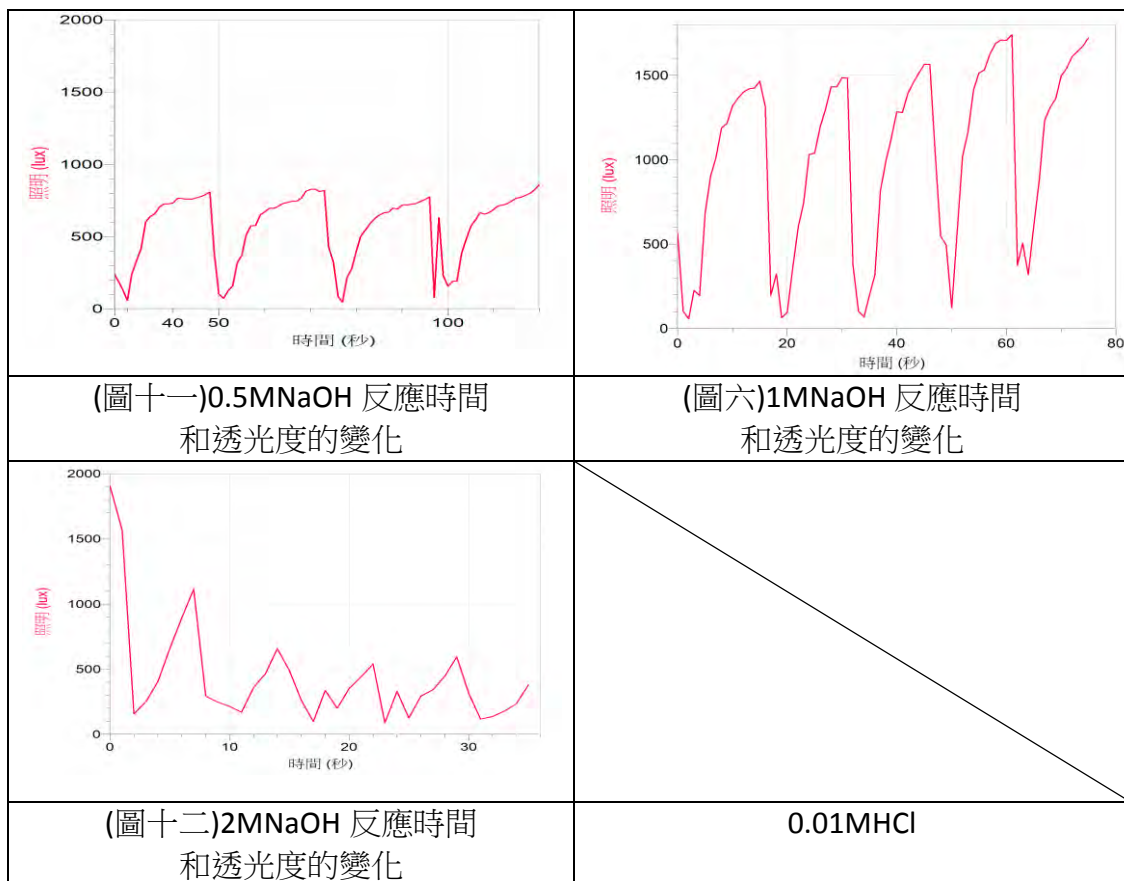


(圖十)

四、(實驗四): 不同濃度的酸鹼環境下透光度的變化:

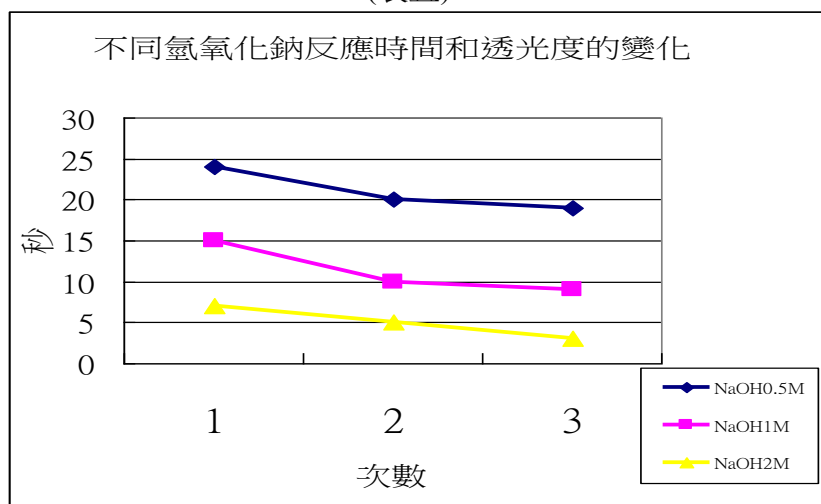
溶液酸鹼濃度 (M)	NaOH 0.5	NaOH 1.0	NaOH 2.0	HCl 0.01
第一次變色時間(s)	23.6	15.4	7.2	X

(表四)



氫氧化鈉濃度(M)	0.5	1	2
第一次反應時間(s)	20	15	7
第二次反應時間(s)	19	10	5
第三次反應時間(s)	15	9	3

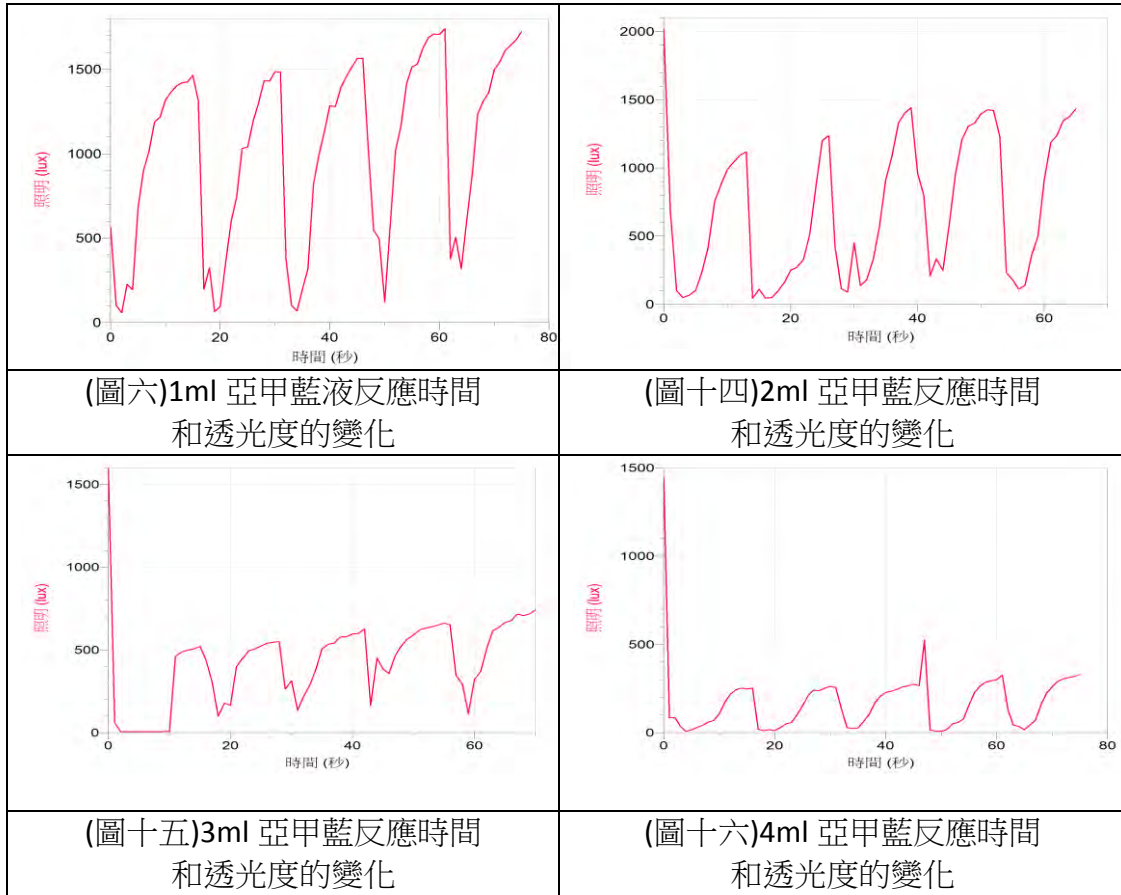
(表五)



五、(實驗五): 不同體積的亞甲藍液下透光度的變化:

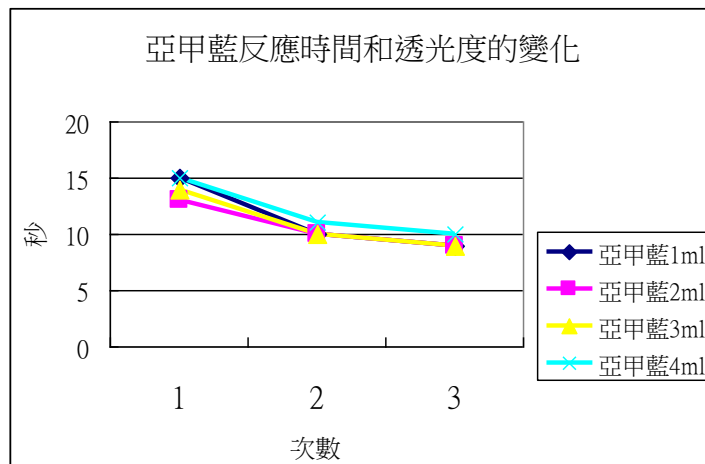
亞甲藍體積(ml)	1	2	3	4
第一次變色時間(s)	15.4	13.0	14.4	15.4

(表六)



亞甲藍體積(ml)	1	2	3	4
第一次反應時間	15	13	14	15
第二次反應時間	10	10	10	11
第三次反應時間	9	9	9	10

(表七)

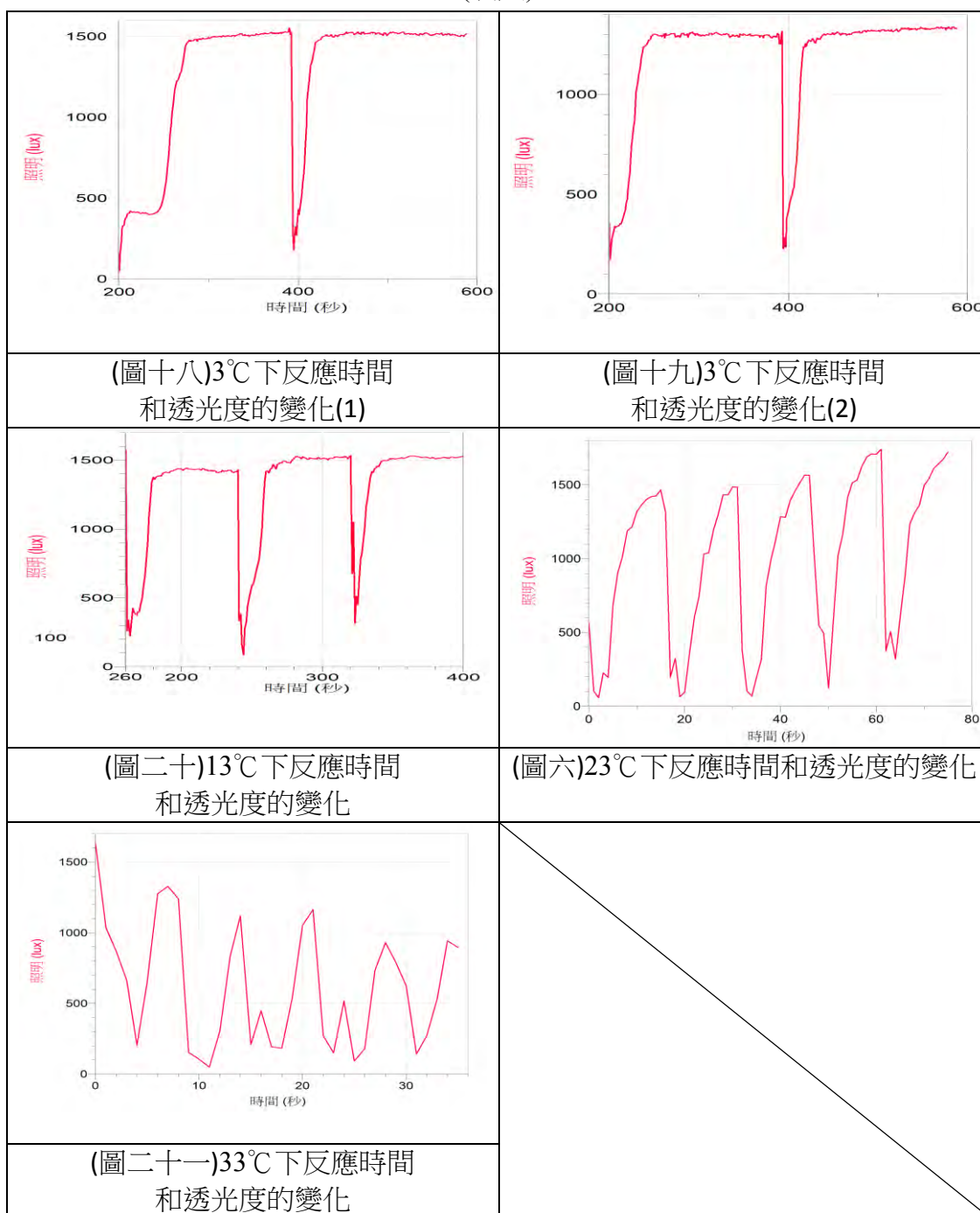


(圖十七)

六、(實驗六): 不同溫度下透光度的變化:

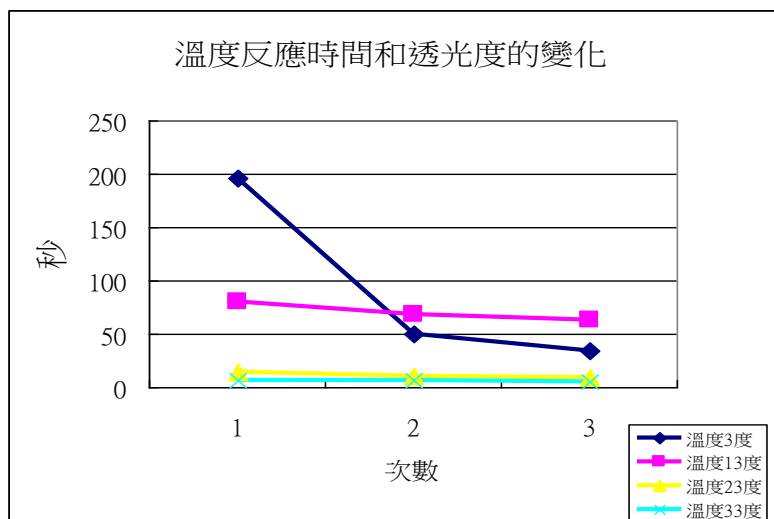
溫度(°C)	3	13	23	33
第一次變色時間(s)	196.3	80.2	15.4	7.2

(表八)



溫度(°C)	13	23	33
第一次反應時間	80	15	7
第二次反應時間	61	10	5
第三次反應時間	63	9	6

(表九)

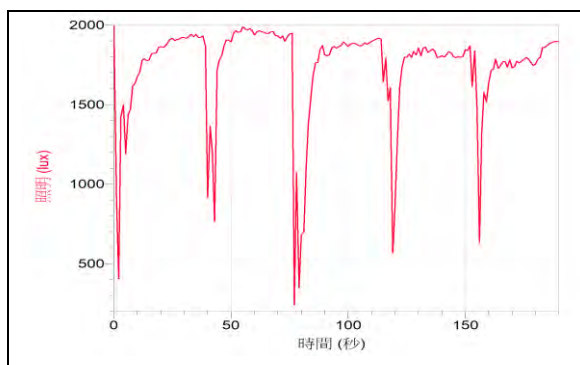


(圖二十二)

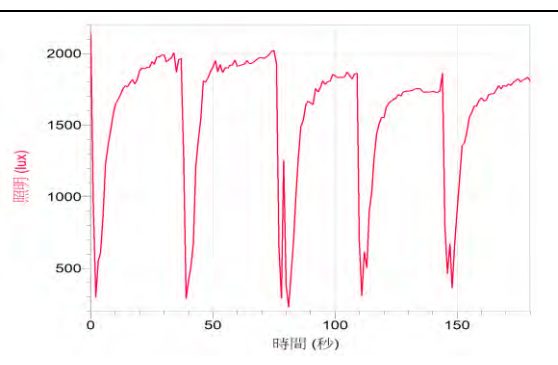
七、(實驗七): 不同氧氣流量下透光度的變化:

流量(LMP)	5	6	7
第一次變色時間(s)	38.3	35.9	33.1

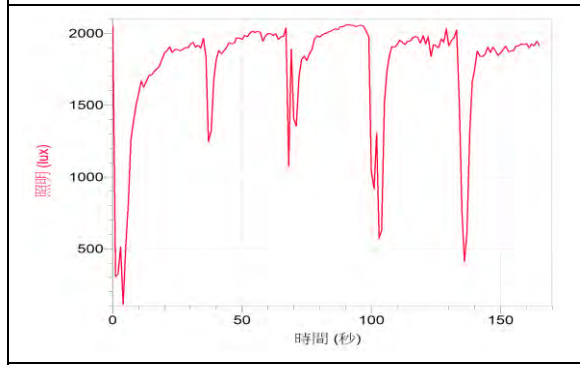
(表十)



(圖二十三)流量5公升/分鐘
反應時間和透光度的變化



(圖二十四)流量6公升/分鐘
反應時間和透光度的變化



(圖二十五)流量7公升/分鐘
反應時間和透光度的變化

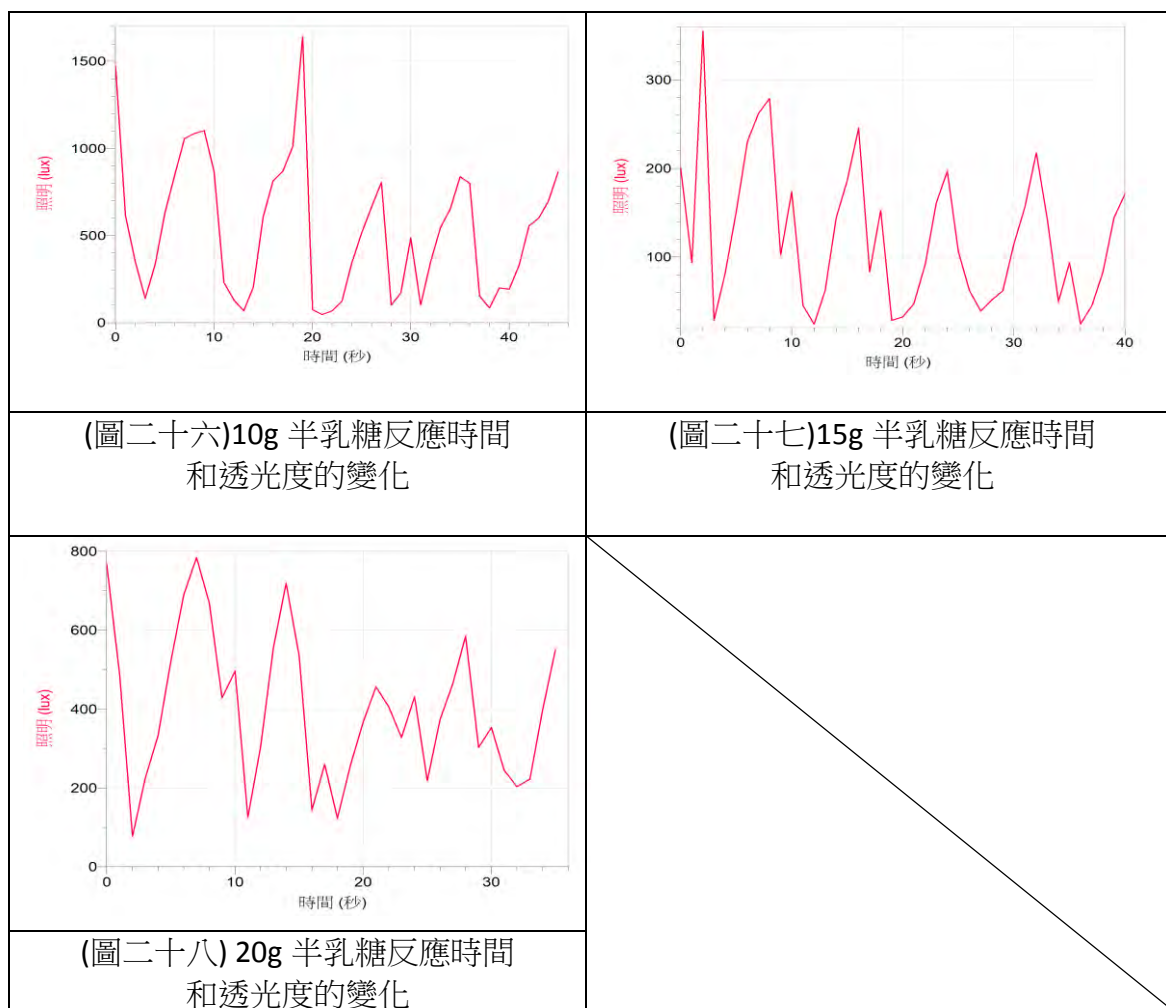
流量(L/min)	5	6	7
第一次反應時間	38	36	33
第二次反應時間	29	26	22
第三次反應時間	23	19	14

(表十一)

八、(實驗八):不同質量的半乳糖和透光度的變化:

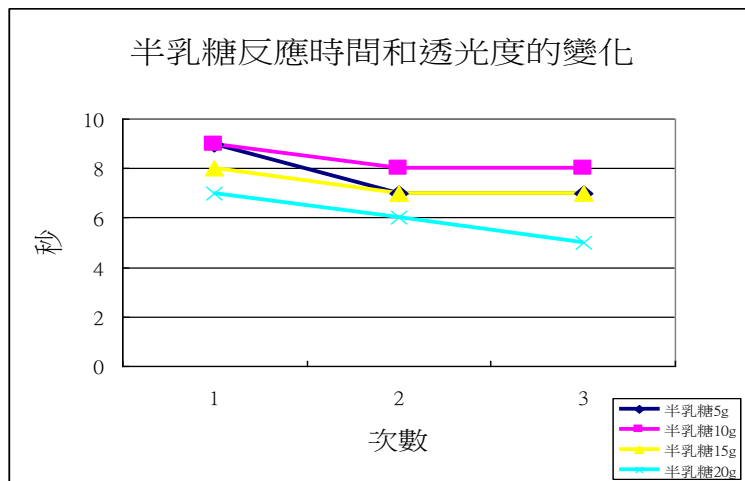
半乳糖質量(g)	10	15	20
第一次變色時間(s)	4.8	3.8	3.2

(表十二)



半乳糖質量(g)	10	15	20
第一次反應時間	5	4	3
第二次反應時間	4	3	2
第三次反應時間	4	3	1

(表十三)

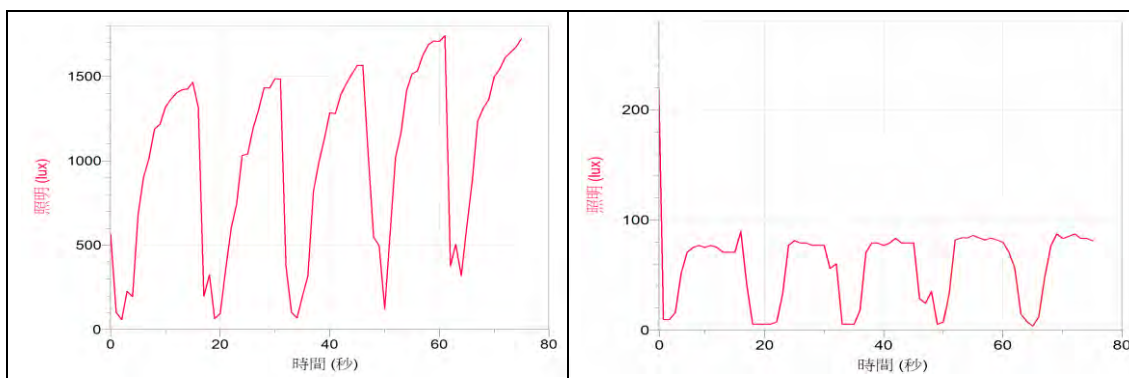


(圖二十九)

九、(實驗九): 不同顏色的 LED 燈和透光度的變化:

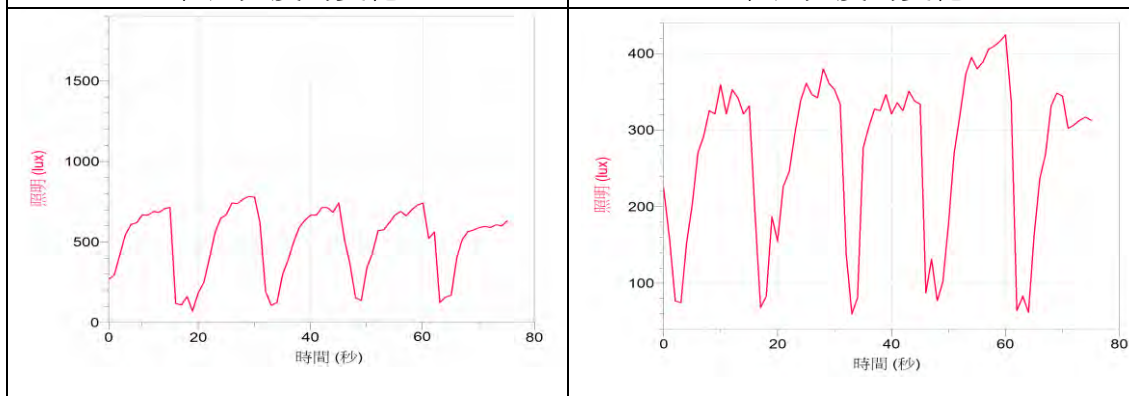
LED 燈的顏色	白	紅	藍	綠
第一次變色時間(s)	15.4	15.2	15.4	14.9

(表十四)



(圖三十)白光反應時間和透光度的變化

(圖三十一)紅光反應時間和透光度的變化

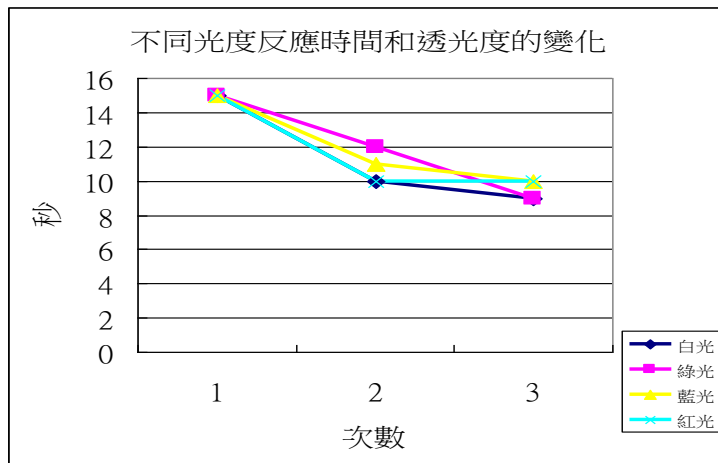


(圖三十二)藍光反應時間和透光度的變化

(圖三十三)綠光反應時間和透光度的變化

LED 燈顏色	白光	紅光	藍光	綠光
第一次反應時間	15	15	15	15
第二次反應時間	10	10	11	12
第三次反應時間	9	10	10	9

(表十五)

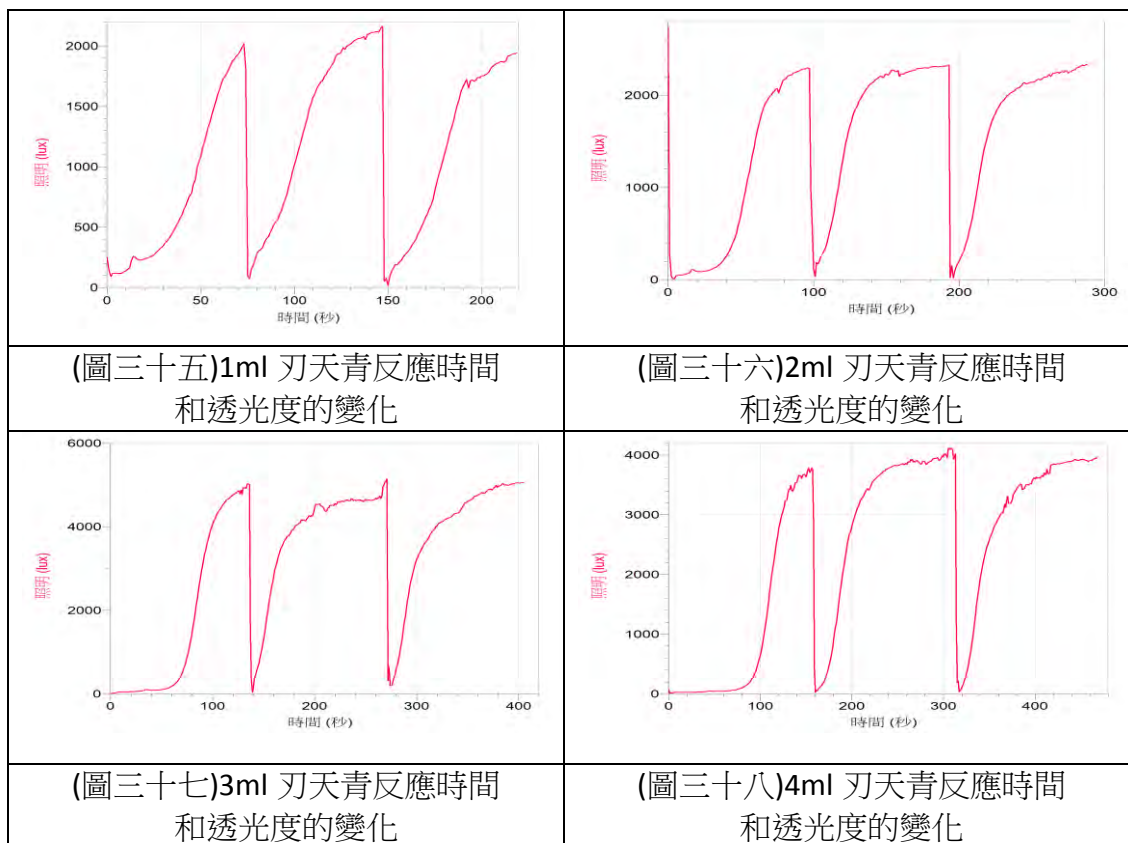


(圖三十四)

十、(實驗十): 不同體積刃天青和透光度的變化:

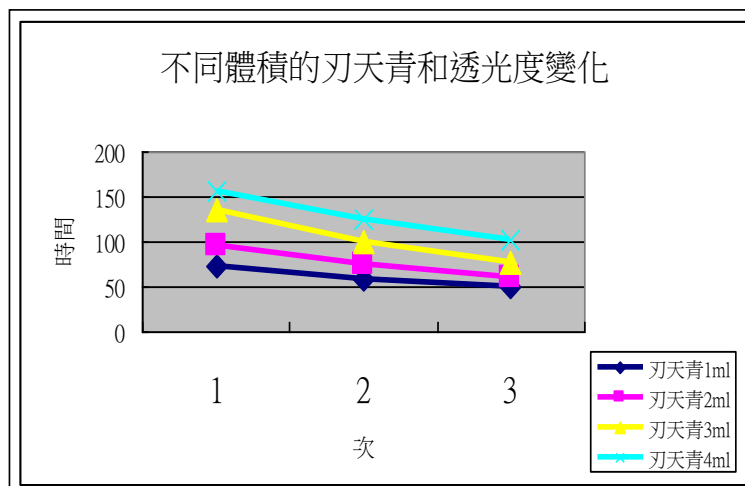
刃天青體積(ml)	1	2	3	4
第一次變色時間(s)	72.8	96.2	135.3	155.7

(表十六)



刃天青體積(ml)	1	2	3	4
第一次反應時間	73	96	135	156
第二次反應時間	58	74	100	125
第三次反應時間	49	61	77	103

(表十六)



(圖三十九)

陸、討論

一、由實驗一暗箱內、外反應時間和透光度的變化得知:

- 1.將自製速率震盪分析儀分別置入暗箱內和暗箱外，測得光度圖。
- 2.比較圖一與圖二，發現透光強度差異不大，可證明自製振盪分析儀為完全不透光容器，因此利用它完成以下實驗。

二、由實驗二不同搖動頻率和透光度的變化數據:

- 1.因搖動的頻率會造成反應時間長短的不同，我們分別以90次/分鐘、110次/分鐘、130次/分鐘、150次/分鐘，進行實驗。
- 2.比較圖三、圖四、圖五與圖六，發現以150次/分鐘的頻率進行實驗，最為穩定。
- 3.因每次搖動的頻率和高度可能造成變因，於是同一人負責、固定高度為六公分、頻率150次/分鐘以減少實驗誤差。

三、由實驗三藍瓶反應中不同濃度的葡萄糖氧化態變成還原態的時間及不同濃度的葡萄糖下透光度的變化:

- 1.比較圖六、圖七、圖八、圖九發現亞甲藍第一次由氧化態(藍色)變為還原態(無色)的時間最久，因為葡萄糖進行氧化反應，試管內釋出大量電子，將電子轉移給氧化態的亞甲藍，當亞甲藍一得到電子馬上又會呈現還原態無色試管內大量電子需要相互碰撞發生轉移，所以變色時間變長。
- 2.因此我們以各克數第一次變色時間為標準，做為反應的週期。
- 3.由自製速率振盪分析儀得到反應級數:根據速率定律

$R = k[C_6H_{12}O_6]^m [NaOH]^n [C_{16}H_{18}N_3ClS]^l [O_2]^p$ ，若固定其中三者，改變第四者，再由其級數

公式 $m = \log(\text{變色時間}1/\text{變色時間}2)/\log(\text{濃度}2/\text{濃度}1)$ ，所以 $m = \log(15/20)/\log(10/5)$ 得 $m = -1.98$ ，再由三個 m 值求得平均的 $m = -2.2$

四、由實驗四不同濃度的酸鹼環境下透光度的變化數據:

- 1.比較圖十一、圖六、圖十二發現 NaOH 濃度越高，亞甲藍由氧化態(藍色)變為還原態(無色)的時間越短，反應速率越快。
- 2.從實驗分析採集器中發現在酸性條件下，無法進行藍瓶反應，所以後面實驗皆在鹼性條件下進行。
- 3.由自製速率振盪分析儀得到反應級數:根據速率定律

$$R = k[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]^m[\text{NaOH}]^n[\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{ClS}]^l[\text{O}_2]^p,$$

若固定其中三者，改變第四者，再由其級數公式 $n = \log(\text{變色時間}1/\text{變色時間}2)/\log(\text{濃度}2/\text{濃度}1)$ ，所以， $n = \log(20/15)/\log(1/0.5)$ 得 $n = 0.8$ ，再由三個 n 值求得平均的 $n = 0.91$

五、由實驗五不同體積的亞甲藍液下透光度的變化數據:

- 1.由圖六、圖十四、圖十五、圖十六發現亞甲藍濃度的改變但變色時間不變，實驗所測得的數據無關，對亞甲藍而言為0級反應。

六、由實驗六不同氧氣流量下透光度的變化數據:

- 1.由文獻探討已知藍瓶反應在進行時必須在有氧氣的條件下，所以一開始本來是想用攪拌磁石來代替人為的搖動，來減少反應誤差，但實際操作後，發現若以攪拌磁石攪拌並不會發生反應，推論氧氣參與反應的量不夠多。
- 2.我們使用打氣幫浦打入空氣，結果仍無變色最後在搖動之下改變氧氣流速測得由自製振盪分析儀得到反應級數:根據速率定 $R = k[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]^m[\text{NaOH}]^n[\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{ClS}]^l[\text{O}_2]^p$ ，若固定其中三者，改變第四者，再由其級數公式 $p = \log(\text{變色時間}1/\text{變色時間}2)/\log(\text{濃度}2/\text{濃度}1)$ ，所以， $p = \log(38/36)/\log(6/5)$ 得 $p = 2$ ，再由三個 m 值求得平均的 $p = 2$
- 3.最後得到藍瓶反應的速率定律式: $R = k[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]^2[\text{NaOH}]^1[\text{O}_2]^2$

七、由實驗七不同溫度下透光度的變化數據:

- 1.由阿瑞尼士方程式:

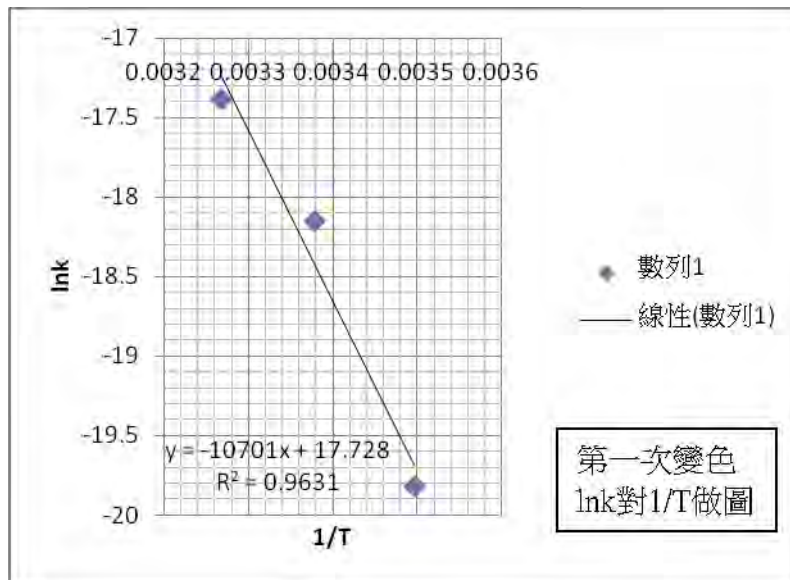
$$\ln k = -E_a/R * 1/T + \ln A$$

(其中 A 為常數、 E_a 為活化能、R 為氣體常數、T 為絕對溫度)

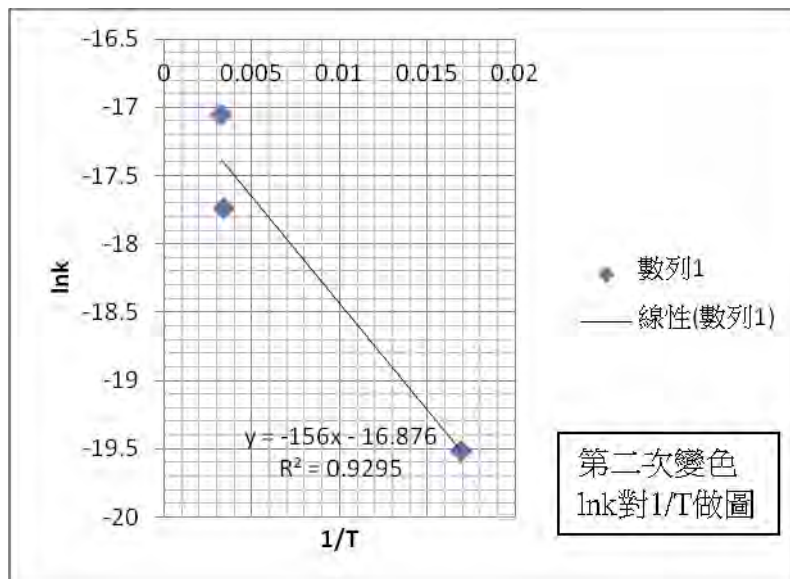
取 $\ln k$ 及 $1/T$ 作圖，斜率 $= -E_a/R$ 、截距 $= \ln A$

	第一次變色			第二次變色			第三次變色		
溫度 T(K)	286	296	306	286	296	306	286	296	306
振盪週期 t(sec)	80	15	7	59	10	5	55	9	6
1/T(1/K)	0.0035	0.0034	0.0033	0.0169	0.0034	0.0033	0.0182	0.0034	0.0033
K 值	2×10^{-9}	1×10^{-8}	3×10^{-8}	3×10^{-9}	2×10^{-8}	4×10^{-8}	4×10^{-9}	2×10^{-8}	3×10^{-8}
lnk	-19.82	-18.15	-17.39	-19.52	-17.74	-17.05	-19.45	-17.64	-17.23

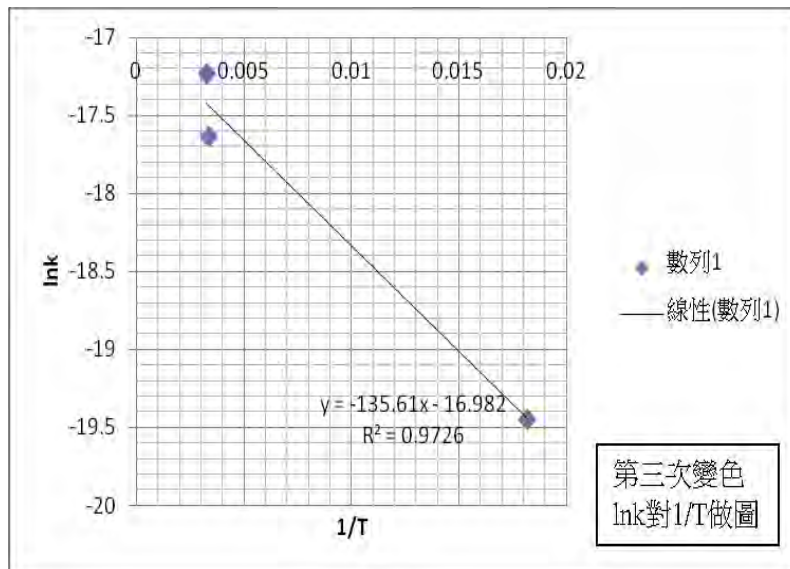
(表十七)



(圖四十)



(圖四十一)



(圖四十二)

由上的三張圖表中所呈現的斜率，我們可以求得第一次到第三次的活化能，反應級數由討論六得： $m=-2$ 、 $n=1$ 、 $r=0$ 、 $p=2$ ，故速率常數 $k=1/t/[C_6H_{12}O_6]^{-2}[NaOH]^1[O_2]^2$ ，將反應時間與葡萄糖、氧氣、氫氧化鈉濃度帶入此公式可求得 k 值，其結果如(表十七)所示。

- 2.以(表十七)的 $\ln k$ 對 $1/T$ 作圖得第一次變色斜率為-10701，又斜率= $-E_a/R$ ，且 $R=8.314$ ，故求得活化能 $E_a=88.968$ 千焦耳。
- 3.以(表十七)的 $\ln k$ 對 $1/T$ 作圖得第二次變色斜率為-156，又斜率= $-E_a/R$ ，且 $R=8.314$ ，故求得活化能 $E_a=1.297$ 千焦耳。
- 4.以(表十七)的 $\ln k$ 對 $1/T$ 作圖得第三次變色斜率為-135.61，又斜率= $-E_a/R$ ，且 $R=8.314$ ，故求得活化能 $E_a=1.127$ 千焦耳。
- 5.推論隨著每次變色所需要的時間越短，反應速率越快，表示活化能越小。

八、由實驗八不同質量的半乳糖和透光度的變化數據:

- 1.由自製速率振盪分析儀得到反應級數:根據速率式

$$R=k[C_6H_{12}O_6]^m[NaOH]^n[C_{16}H_{18}N_3ClS]^r[O_2]^p,$$

若固定其中三者，改變第四者，再由其級數公式 $m=\log(\text{變色時間}1/\text{變色時間}2)/\log(\text{濃度}2/\text{濃度}1)$ ，所以， $m=\log(9/9)/\log(5/10)$ 得 $m=0$ ，再由三個 m 值求得平均的 $m=0$

- 2.由於半乳糖濃度的改變但變色時間不變，故半乳糖為0級反應，反應速率與半乳糖濃度無關。

九、由實驗九不同顏色的 LED 燈和透光度的變化數據:

- 1.由(表十五)得知，用各種不同顏色的光所測得的數據相當相近，所以光的顏色並不影響實驗反應速率。

十、由實驗十不同體積刃天青和透光度的變化數據:

- 1.由自製振盪分析儀得到反應級數:根據速率定律式

$R=k[C_6H_{12}O_6]^m[NaOH]^n[C_{12}H_6NNaO_4]^r[O_2]^p$ ，若固定其中三者，改變第四者，再由其級數公式 $r=\log(\text{變色時間1}/\text{變色時間2})/\log(\text{濃度2}/\text{濃度1})$ ，所以 $r=\log(96/73)/\log(1/2)$ 得 $r=0.07$ ，再由三個 r 值求得平均的 $r=0$ 。

- 2.比較藍瓶與紅瓶反應，發現刃天青變色時間比亞甲藍長是因為刃天青變色需要兩段的變色期，所以變色時間比較長。
- 3.亞甲藍與刃天青皆為零級反應，其濃度與反應速率無關。

柒、結論

我們利用此實驗裝置可以準確的求得，藍瓶反應在不同濃度的葡萄糖、不同濃度的氫氧化鈉、不同體積的亞甲藍、不同溶氧量反應時的反應數律定律式

$$R=k[C_6H_{12}O_6]^2[NaOH]^1[O_2]^2。$$

利用改變溫度下的條件，由阿瑞尼士方程式求得活化能。第一次變色的活化能 $E_a=88.968$ 千焦耳；第二次變色的活化能 $E_a=1.297$ 千焦耳；第三次變色的活化能 $E_a=1.127$ 千焦耳。最後使用刃天青來進行紅瓶反應，記錄下反應情形，比較藍瓶與紅瓶反應的差異，觀察整體實驗情形，發現刃天青為零級反應與亞甲藍相同。我們發現無論是第一次變色、第二次變色、第三次變色，甚至到第四次變色，反應所計算出的反應級數約略相同，而在活化能方面，第一次變色活化能最大，後來越來越小，所以我們可以推論出活化能到最後是越來越小。

未來若有變色相關的實驗，皆可以使用我們的實驗方法，即可順利的求出反應速率定律式及活化能。

捌、參考資料及其他

【文獻】

陳韋丞、林佳萱、陳昱楹(2010)。http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/51/pdf/040208.pdf。中華民國第51屆中小學科學展覽會作品說明書。DCPIP 變色比一比

簡榮均、王致驊、莊博惟、蘇子森(2007)。http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/48/senior/040214.pdf。中華民國第48屆中小學科學展覽會作品說明書。搖哩！搖勒！變色水

鄭年芳、張庭瑜(2006)。http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/senior/040206.pdf。中華民國第47屆中小學科學展覽會作品說明書。We Are BZ-振盪反應的探究

【文獻】

曾國輝(2001)。化學上冊。

曾國輝(2005)。化學下冊。

【評語】 040213

作品以自製的反應器探討藍瓶反應的反應動力，儀器的設計目的在於改善直接觀察的誤差。但對於研究系統中產生的固定誤差並沒有探討，導致研究結果易受質疑，且溶氧濃度的控制亦有改善的空間，整理而言，探討的精神值得嘉許。