

長鏈狀溶液之旋光度測量

篇名：

長鏈狀溶液之旋光度測量

作者：

郭芯妤。台北市立麗山高級中學。高二 4 班

指導老師：

金佳龍 馮愛蓮 老師

## 壹●前言

在某一次的機緣下，我看到了一篇實驗，是有關於長鏈狀溶液與旋光性的探討，其實驗目的是要證明溶液濃度、光線波長的改變會影響到旋光度的大小，但是，就「溫度的改變與旋光度的關係」這方面他並沒有去實驗證明。因此，我決定要用自製的儀器來驗證 Biot 理論

$$\alpha = [\alpha]_D^T \times L \times C。$$

本實驗將以長鏈狀溶液之旋光度作完整性的分析，並觀察長鏈狀混合溶液是否具有加成性質，以及將旋光性溶液與透明 OPP 膠帶做搭配，製做出專屬密碼。本實驗分成三個部分：

- 一、測量長鏈狀溶液在不同溫度、濃度、光程、光源波長下的旋光度，與理論做比較並驗證；
- 二、將長鏈狀溶液互相混合，變因除了實驗一的種類外，還加上「混合比例」，觀察混合溶液是否有加成現象；
- 三、將旋光性溶液與透明膠帶做搭配，使得某一由膠帶所製成的圖像，透過不同的溶液來觀察會有不同的畫面產生。

## 貳●正文

### 一、研究目的

(一)、測量不同溶液加不同變因所產生的旋光度。

1.在光源波長相同的情況下：

- (1).固定溶液濃度、光程，測量其溫度改變時旋光度的大小；
- (2).固定溶液溫度、光程，測量其濃度改變時旋光度的大小；
- (3).固定溶液溫度、濃度，測量其光程改變時旋光度的大小。

2.在溶液溫度、濃度、光程相同的情況下，測量光源波長改變時旋光度的大小。

(二)、測量不同長鏈狀混合溶液加不同變因的旋光度，並探討其是否具有加成現象。

1.在光源波長相同的情況下：

- (1).固定溶液濃度、混合比例、光程，測量其溫度改變時旋光度的大小；
- (2).固定溶液溫度、混合比例、光程，測量其濃度改變時旋光度的大小；
- (3).固定溶液溫度、濃度、混合比例，測量其光程改變時旋光度的大小；
- (4).固定溶液溫度、濃度、光程，測量其質量混合比例改變時旋光度的大小。

2.在溶液溫度、濃度、混合比例、光程相同的情況下，測量光源波長改變時旋光度的大小。

(三)、將旋光性溶液與透明 OPP 膠帶做搭配，使得某一由膠帶所製成的圖像，透過不同的溶液來觀察會有不同的畫面產生。

### 二、研究設備及器材

長鏈狀溶液之旋光度測量

- (一)、線性偏振片
- (二)、玻璃紙(紅：655nm/綠：524nm/藍：500nm)
- (三)、鹵素燈
- (四)、白熾燈
- (五)、長鏈狀溶液(麥芽糖漿溶液、玉米糖漿溶液)
- (六)、水銀/酒精溫度計
- (七)、方型透明容器(長 10/14/18/22/26cm；寬 10cm；高 12cm)
- (八)、照度計
- (九)、電子秤(最大負重=3kg)
- (十)、自製檢偏量角器
- (十一)、萬用夾固定腳架

		
圖一 線性偏振片	圖二 玻璃紙(紅/綠/藍)	圖三 鹵素燈
		
圖四 白熾燈	圖五 麥芽糖漿溶液	圖六 玉米糖漿溶液
		
圖七 水銀/酒精溫度計	圖八 方型透明容器 (長 10/14/18/22/26cm；寬 10cm；高 12cm)	圖九 照度計
		
圖十 電子秤(最大負重=3kg)	圖十一 自製檢偏量角器	圖十二 萬用夾固定腳架



圖十三 器材全體照

### 三、研究理論：Biot 理論

$$1. \alpha = [\alpha]_{\lambda}^T \times L \times C$$

$$2. [\alpha]_{589}^T = \frac{\text{每dm光程下的旋光度}}{\text{每ml溶液之溶質克數}}$$

$$3. \alpha \propto \lambda^{-2} : \text{旋光度與波長平方成反比}$$

$$\alpha : \text{旋光度}(\text{°}) \quad ; \quad [\alpha]_{\lambda}^T : \text{比旋光度}(\frac{\text{°}}{\text{dm}} \frac{\text{g}}{\text{ml}})$$

$$T : \text{溫度}(\text{°C}) \quad ; \quad \lambda : \text{波長}(\text{nm})$$

$$L : \text{光程}(\text{dm}) \quad ; \quad C : \text{濃度}(\text{g/ml})$$

$$[\alpha]_{589}^T : \text{溶液對}589\text{nm (D線) 光線之比旋光度}$$

$$4. \alpha = \alpha_1 + \alpha_2 : \text{旋光度具加成性}$$

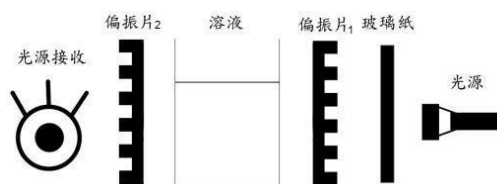
$\alpha$  : 混合溶液之旋光度

$\alpha_1$  : 混合溶液中的溶液1之旋光度

$\alpha_2$  : 混合溶液中的溶液2之旋光度

### 四、實驗裝置設計

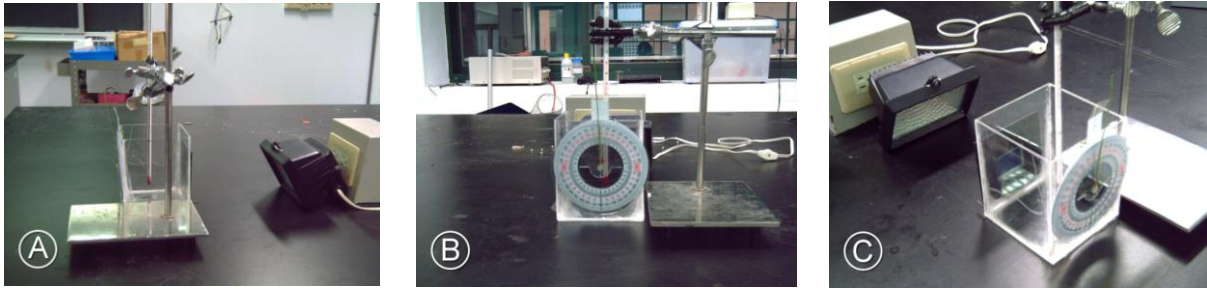
我們放置一光源，使光能依序通過玻璃紙(統一光波長用)、偏振片 1、長鏈狀溶液、偏振片 2(檢偏自製量角器)，最後到達所謂光源接收的部分(如圖十四)。其中，我們將偏振片 1 與偏振片 2 成垂直(即光線不透過)放置於溶液的兩端，在測溶液之旋光度時，我們固定偏振片 1 並以順時針方向旋轉偏振片 2，使其因溶液旋光性而通過偏振片 2 的光再度被偏振片 2 吸收，而偏振片 2 旋轉的角度便是我們要求的旋光度。光源接收的部分，我們以目測、照度計相輔測量其亮度的變化。



圖十四 實驗裝置示意圖

### 五、實驗步驟

- (一)、將實驗裝置如圖十四架設好後會形成圖十五的樣子，溶液及偏振片 2 將會依序放在偏振片 1 及光源接收之間。就像圖十四所標示的。光接收器的部分我們計畫以照度計測量出光度的變化，試圖找出當光線最暗時其旋光度為何，並以目測為輔觀察光的變化。而檢偏的部分，我們是使用自製量角器來進行測量。



圖十五 實驗裝置圖

(A：裝置側視照；B：裝置正視照；C：裝置側面俯視照)

(二)、首先，我們固定偏振片 1，並在裝上偏光片 2 後以鹵素燈作光源，旋轉偏光片 2 直到光通量改變為最小，並標記起始刻度位置  $0^\circ$ 。

(三)、目的之一之實驗設置：

1. 觀察溫度對麥芽糖漿溶液旋光性的影響：

- (1). 取麥芽糖溶液 15% 置於容器  $10 \times 10 \times 12 \text{ cm}^3$  中，並以綠光(524nm)作光源；
- (2). 依序改變麥芽糖溶液之溫度： $15^\circ\text{C}$ 、 $20^\circ\text{C}$ 、 $25^\circ\text{C}$ 、 $30^\circ\text{C}$ 、 $35^\circ\text{C}$ 、 $40^\circ\text{C}$ 、 $45^\circ\text{C}$ ，旋轉偏振片 2 至光通量達最小，並記錄下其終點位置角度。

2. 觀察濃度對麥芽糖漿溶液旋光性的影響：

- (1). 取麥芽糖溶液置於容器  $10 \times 10 \times 12 \text{ cm}^3$  中，並在  $30^\circ\text{C}$  下以綠光(524nm)作光源；
- (2). 依序改變麥芽糖溶液之重量百分濃度：5%、10%、15%、20%、25%，旋轉偏振片 2 至光通量達最小，並記錄下其終點位置角度。

3. 觀察光程對麥芽糖漿溶液旋光性的影響：

- (1). 取麥芽糖溶液 15% 置於容器中，並在  $30^\circ\text{C}$  下以綠光(524nm)作光源；
- (2). 依序改變光程(容器長度)： $1\text{dm}$ 、 $1.4\text{dm}$ 、 $1.8\text{dm}$ 、 $2.2\text{dm}$ 、 $2.6\text{dm}$ ，旋轉偏振片 2 至光通量達最小，並記錄下其終點位置角度。

4. 觀察光源波長對麥芽糖漿溶液旋光性的影響：

- (1). 取麥芽糖溶液 15% 置於容器  $10 \times 10 \times 12 \text{ cm}^3$  中，並在  $30^\circ\text{C}$  下以不同色光作光源；
- (2). 依序改變光源波長，加上的玻璃紙分別為：紅色(655nm)、綠色(524nm)、藍色(500nm)，旋轉偏振片 2 至光通量達最小，並記錄下其終點位置角度。

(四)、目的之二之實驗設置：

取玉米糖漿、麥芽糖漿溶液互相混合：

1. 固定光源波長、溶液濃度、混合比例、光程，測量其溫度改變時旋光度的大小：

- (1). 取混合溶液 15%:15%、5:5 注入容器  $10 \times 10 \times 12 \text{ cm}^3$  中(且不另外加水)，並以綠光(524nm)作光源；
- (2). 依序改變混合溶液之溫度： $15^\circ\text{C}$ 、 $20^\circ\text{C}$ 、 $25^\circ\text{C}$ 、 $30^\circ\text{C}$ 、 $35^\circ\text{C}$ 、 $40^\circ\text{C}$ 、 $45^\circ\text{C}$ ，旋轉偏振片 2 至光通量達最小，並記錄下其終點位置角度。

2. 固定光源波長、溶液溫度、混合比例、光程，測量其濃度改變時旋光度的大小：

- (1). 取混合溶液 15%:15%、5:5 注入容器  $10 \times 10 \times 12 \text{ cm}^3$  中，並在  $30^\circ\text{C}$  下以綠光(524nm)作光源；
- (2). 依序改變混合溶液與水混合的重量百分濃度( $\frac{\text{混合溶液}}{\text{水} + \text{混合溶液}}$ ): 20%、40%、60%、80%、100%，旋轉偏振片 2 至光通量達最小，並記錄下其終點位置角度。

3. 固定光源波長、溶液溫度、濃度、混合比例，測量其光程改變時旋光度的大小：
  - (1). 取混合溶液 15%:15%、5:5 注入容器中(且不另外加水)，並在 30°C 下以綠光(524nm)作光源；
  - (2). 依序改變光程(容器長度)：1dm、1.4dm、1.8dm、2.2dm、2.6dm，旋轉偏振片 2 至光通量達最小，並記錄下角度。
4. 固定光源波長、溶液溫度、濃度、光程，測量其混合比例改變時旋光度的大小：
  - (1). 取混合溶液注入 10×10×12 cm<sup>3</sup> 中(不另外加水)，並在 30°C 下以綠光(524nm)作光源；
  - (2). 依序改變混合溶液之質量混合比例(例如：X 糖漿:Y 糖漿)：1:9、3:7、5:5、7:3、9:1，旋轉偏振片 2 至光通量達最小，並記錄下角度。
5. 固定溶液溫度、濃度、混合比例、光程，測量其光源波長改變時旋光度的大小：
  - (1). 取混合溶液 15%:15%、5:5 注入容器 10×10×12 cm<sup>3</sup> 中(且不另外加水)，並在 30°C 下以綠光(524nm)作光源；
  - (2). 依序改變光源波長，加上的玻璃紙分別為：紅色(655nm)、綠色(524nm)、藍色(500nm)，旋轉偏振片 2 至光通量達最小，並記錄下角度。

(五)、目的三之實驗設置：將不同的溶液注入貼有不同層數膠帶的容器中，觀察透過不同的溶液，其膠帶的顏色是否有變化，並可以其變化製作出專屬密碼。

## 六、實驗結果

經實驗過後，我們測量出許多旋光度數值(如附件)，並以圖表的方式呈現：

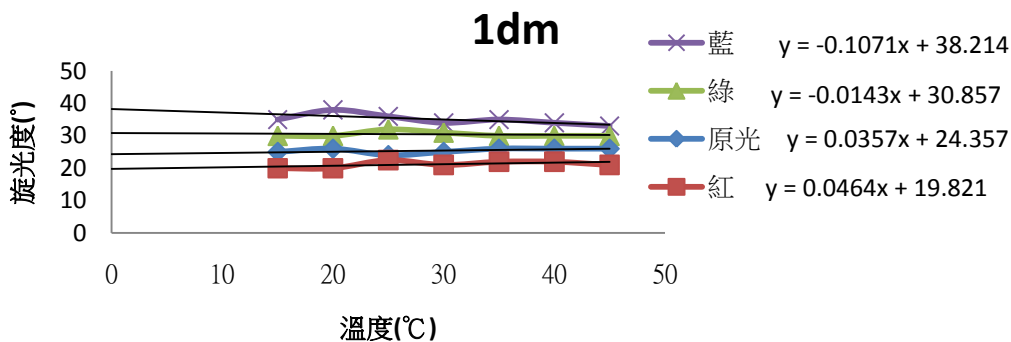
(一)、麥芽糖溶液：

- 1、25%(=0.27g/ml) (詳見附件一)
- 2、20%(=0.21g/ml) (詳見附件二)
- 3、15% (=0.16g/ml) (詳見附件三)：

(1)、光程

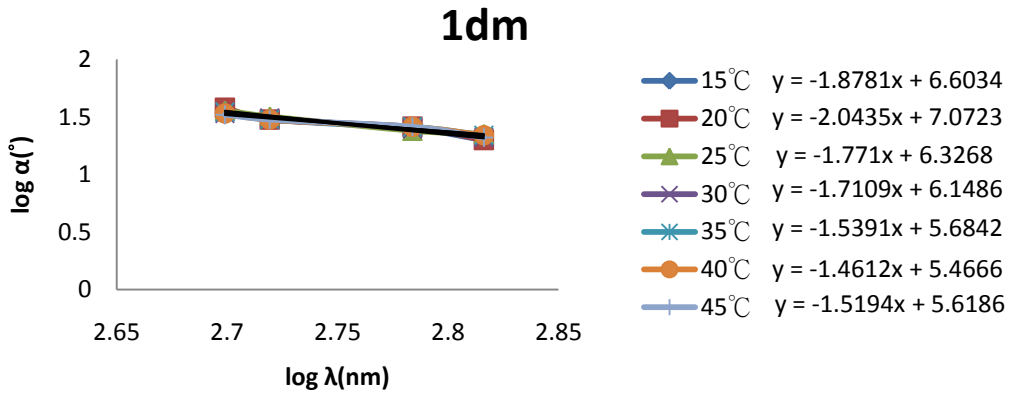
A、在不同溫度下的光源比較

(註：光源部分的”原光”意指鹵素燈原本的色光，其光源波長為 608 nm)



圖十六 T-α 關係圖

B、在不同光源波長下的溫度比較 (註：光源波長 608nm 為鹵素燈，即光源部分的”原光”)

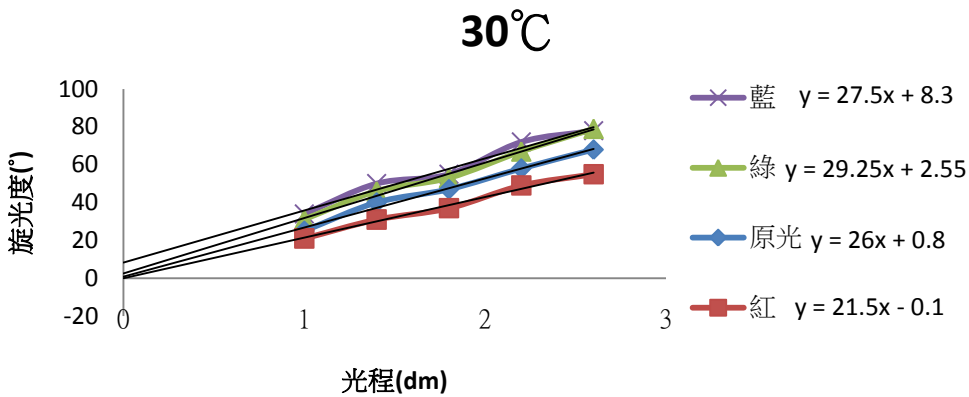


圖十七 log λ — log α 關係圖

(2)、溫度

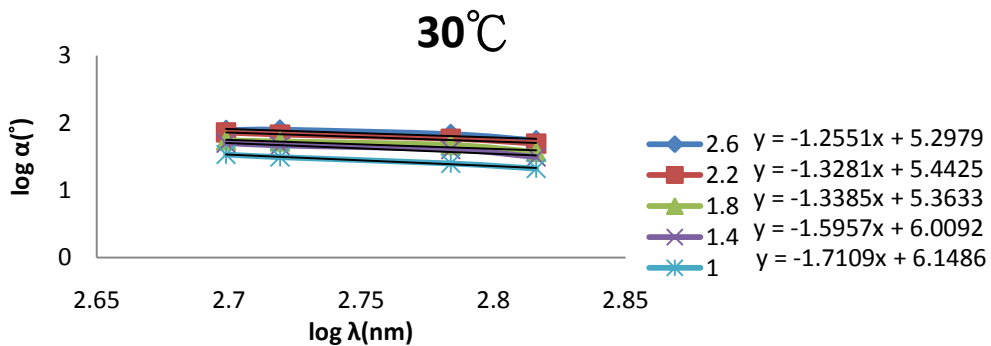
A、在不同光程下的光源比較

(註：光源部分的”原光”意指鹵素燈原本的色光，其光源波長為 608 nm)



圖十八 L-α 關係圖

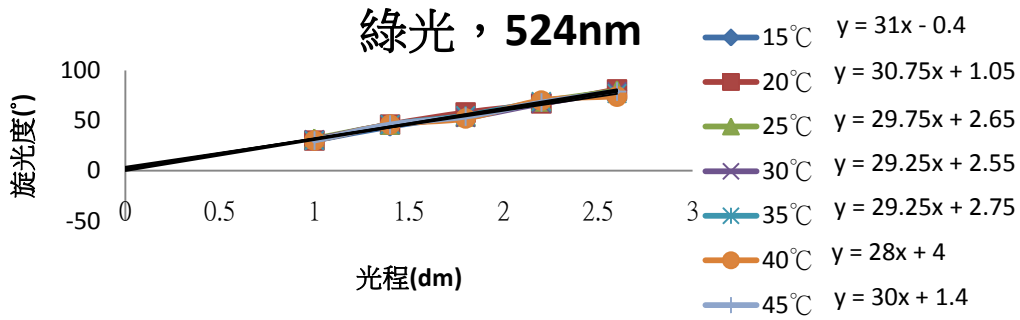
B、在不同光源波長下的光程比較



圖十九 log λ — log α 關係圖

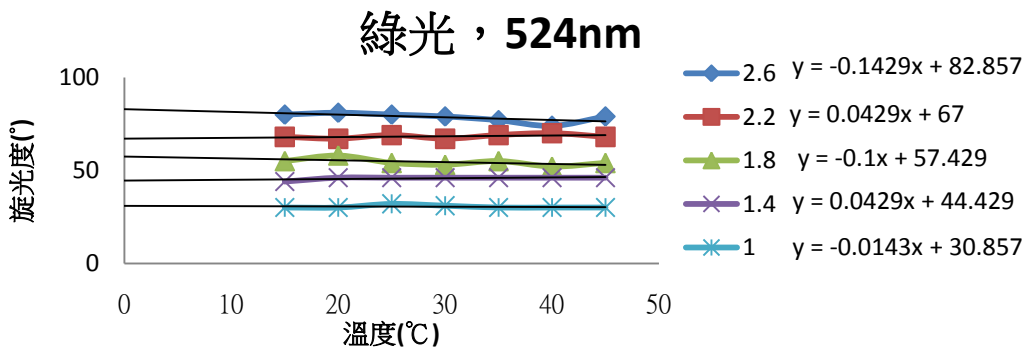
(3)、光源波長

A、在不同光程下的溫度比較 (註：光源波長 608nm 為鹵素燈，即光源部分的”原光”)



圖二十 L-α 關係圖

B、在不同溫度下的光程比較

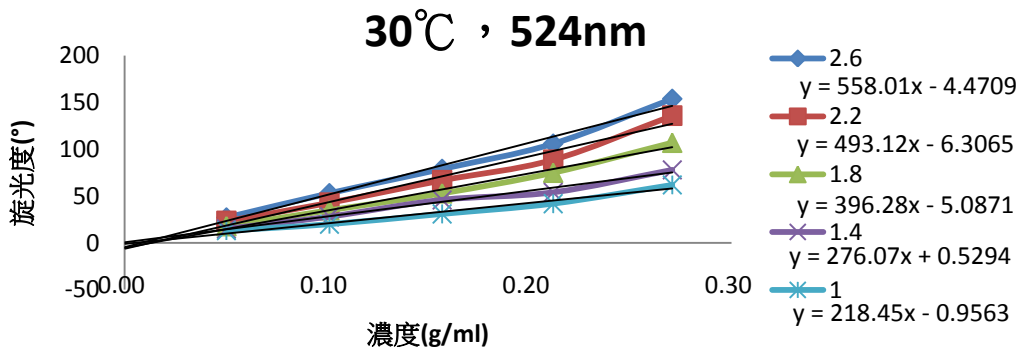


圖二十一 T-λ 關係圖

4、10%(=0.10g/ml) (詳見附件四)

5、5%(=0.05g/ml) (詳見附件五)

6、在同一溫度(30°C)、光源(綠光, 524nm)照射下，不同濃度的光程比較



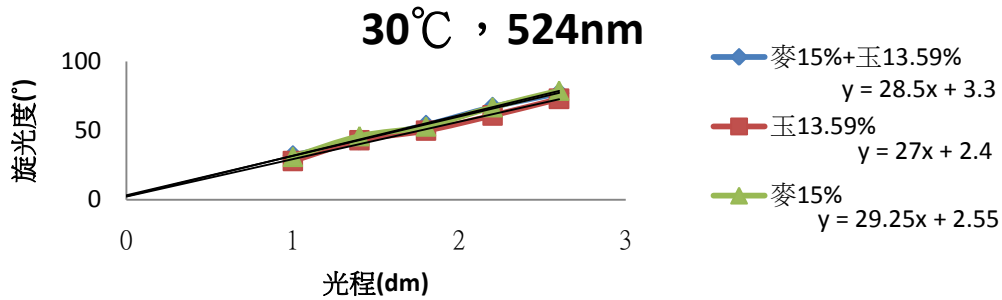
圖二十二 C-α 關係圖

(二)、玉米糖漿溶液<sup>[註1]</sup> (詳見附件六)

(三)、麥芽糖溶液 15% + 玉米糖漿 13.59% (1:1 混合)<sup>[註2]</sup>、麥芽糖溶液 15%與玉米糖漿 13.59% 疊圖比較 (詳見附件七)：



※在同一溫度(30°C)、綠光(524nm)照射下，不同光程的溶液比較



圖二十三 L- $\alpha$  關係圖

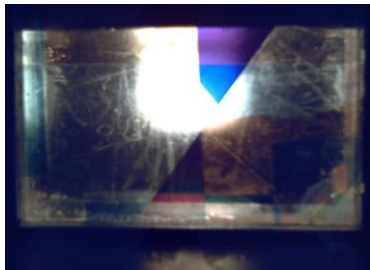
[註 1]原預定玉米糖漿也以 25%、20%、15%、10%、5%等濃度調配，但由於濃度與產品標示不合，做正確修正後的濃度為 22.65%、18.12%、13.59%、9.06%、4.53%。

[註 2]因素請見[註 1]，也因為此因素而使我們原預定「麥芽糖漿 15%+玉米糖漿 15%」更改為「麥芽糖漿 15%+玉米糖漿 13.59%」。

#### (四)、實驗三結果：



圖二十四 麥 25%+5%



圖二十五 麥芽糖水溶液(濃)



圖二十六 玉米糖漿水溶液(稀)

## 參●結論

### 一、討論

(一)、在藍光的部分，其測量出的旋光度截距與其他色光相比明顯偏離原點(如圖十八)，我們考量到以下幾點因素：

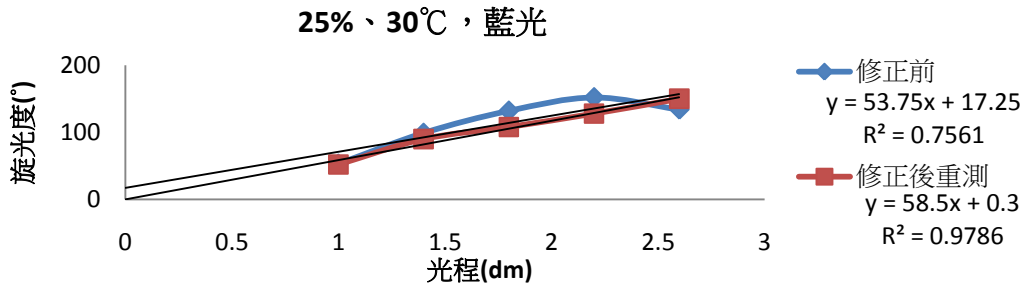
- 1.測量儀器的敏感度：由於照度計最小單位為 1Lux，故在光源較暗時，光通量最小值會停留在 30°範圍內。而我們則取這區域範圍的平均值作測角度。
- 2.人眼對藍光的敏感度：由於照度計敏感度不足的關係，我們會以目測來作測量角度的輔助，但對於人眼對光的敏感度是以光波長為 555nm 時為最大，對藍光的敏感度也為不足，故在以目測做輔助之時，往往也會因此判斷錯誤。
- 3.其他光源干擾：在實驗期間，可能會因為其他光源於四面八方射入溶液中而造成干擾，使測量不準確。

在經過改良以下幾點改良後：

- 1.增加光源強度：以亮度更為明亮的白熾燈泡作取代；
- 2.隔離外界光源：於起偏處貼上黑紙，只讓光通過起偏片，並以黑布覆蓋容器表

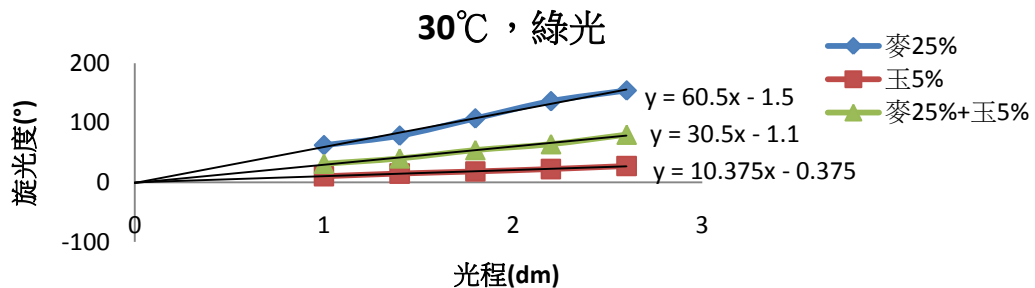
面，因為黑布有一定的厚度，且可折疊，故方便覆蓋在不同長度的容器上。

我們所測出的旋光度其截距明顯的趨近於原點：



圖二十七 外在光干擾改良前後

(二)、在混合溶液的部分，其加成效果並不明顯，經討論過後我們認為是麥芽糖溶液 15%與玉米糖漿 13.59%濃度極為相近的關係，而無法清楚觀察到加成現象。因此，我們重新調配了兩者的濃度比例：麥芽糖溶液 25%與玉米糖漿 5%，並同樣以質量比例 5:5 混合，其加成性即可明顯的看出。測出來的結果如下：



圖二十八 重新調配濃度後

## 二、結論

(一)、我們可經由結果的圖表看出以下我們目的一所要求得的關係：

- 1、圖十六、圖二十一： $\alpha$  與 T 無相關性；
- 2、圖二十二： $\alpha$  與 C 成正比關係；
- 3、圖十八、圖二十： $\alpha$  與 L 成正比關係；
- 4、圖十七、圖十九： $\alpha$  與  $\lambda^{-2}$  成正比關係 (圖表中各趨勢線公式之斜率趨近於理論值-2)。

(二)、在溶液加成性結果部分：我們可經由改良後的圖二十八，清楚看出旋光性溶液的旋光度加成現象。但其混合溶液的斜率並非麥芽糖 15%與玉米糖漿 5%斜率的中間值，我們預測是因為玉米糖漿的分子量(=180)約為麥芽糖(=342)二分之一，故在同樣的克數下時，玉米糖漿的莫耳數約為麥芽糖莫耳數的二倍，又玉米糖漿在 20°C、D 線下的比旋光度(=+52.7)比麥芽糖的比旋光度(=+130)來的小 (即玉米糖漿每顆粒所能讓光旋轉的角度比麥芽糖的要來的小)，因此這混合溶液的趨勢線較偏於玉米糖漿是在預期之內。

(三)、在膠帶密碼的部分，我們可清楚的觀察到當注入的溶液不同時，膠帶的顏色變化也會有所不同。而產生此現象的主因便是因為溶液旋光度的不同，我們便可利用這一點，來製作出當你混合出正確的溶液時，方可見到的祕密專屬圖像。

## 肆●引註資料

- 一、周鑑恆(2005)。輕鬆學物理的第一本書——31個有趣的實驗。台北市：如何。
- 二、Jearl Walker 著，葉偉文譯(2000)。物理馬戲團 III。台北市：天下遠見。
- 三、Paul G. Hewitt 著，陳可崗譯(2001)。觀念物理 IV。台北市：天下遠見。
- 四、邱文純(2006.10)。維他命的『旋』機。科學發展，406。52-57。
- 五、陳致真(1997)。以旋光法量測葡萄糖溶液濃度之系統統計與研製。國立台灣大學電機工程研究所：碩士論文。
- 六、游展汶(2000)。以旋光外差干涉術測量雙折射晶體之尋常光及非尋常光折射率。國立交通大學光電工程研究所：碩士論文。
- 七、蔡姓賢(2007)。偏振干涉術使用在量測旋光效應及葡萄糖濃度。國立中央大學機械工程研究所：碩士論文。
- 八、廖志曄(2004)。非侵入式葡萄糖濃度量測技術之研究。國立台灣大學應用力學研究所：碩士論文。
- 九、曾文杰、崔祐荃、林宜學(1996.06)。五顏六色——利用旋光色散製造各種單色光。中華民國第三十六屆中小學科學展覽會優勝作品專輯(高中組)，36。175-185。台灣：國立教育資料館。

附件一：麥芽糖 25%

2.6 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500*
T(°C)				
15	109	123	156	155
20	108	130	162	148
25	110	132	156	119
30	109	125	154	134
35	112	122	162	156
40	107	124	157	153
45	109	120	155	152

2.2 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500*
T(°C)				
15	75	106	125	137
20	76	113	126	147
25	83	105	115	130
30	87	108	136	152
35	85	110	129	144
40	81	104	127	152
45	80	106	123	156

1.8 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500*
T(°C)				
15	66	89	110	128
20	71	85	110	122
25	68	85	110	124
30	71	86	107	132
35	70	85	109	127
40	71	90	109	129
45	65	80	108	131

1.4 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500*
T(°C)				
15	56	64	83	98
20	57	63	82	104
25	58	68	83	97
30	55	64	78	99
35	55	69	83	101
40	54	66	82	100
45	59	68	83	101

1 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500*
T(°C)				
15	41	51	59	45
20	45	52	61	48
25	41	50	61	49
30	42	50	62	53
35	41	50	60	55
40	38	50	55	50
45	42	52	62	52

附註：\*代表該列量測是用照度計

附件二：麥芽糖 20%

2.6 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	82	95	111	115
20	74	88.5	105	115
25	75	89	110	109
30	72	87	106	100.5
35	69	92	109	111
40	75	92	110	112
45	70	87	106	95

2.2 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500*
T(°C)				
15	63	83.5	92	101
20	60	82.5	102	101
25	65	85	92	100
30	60	78	89	81
35	60	89	97	105
40	61.5	82	95.5	98
45	65	80	93.5	95.5

1.8 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	52	62	75	81
20	51	63	74	81
25	53	65	76	80
30	52	63	75	81
35	52	64	77	79
40	51	63	74	76
45	52	63	73	80

1.4 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	41	46	56	58
20	41	48	58	62
25	41	50	57	61
30	41	49	54	63
35	40	47	55	57.5
40	40	48	56	60
45	40	49	59	59

1 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	28	35	40	43
20	28	36	42	44
25	29	37	42	46
30	30	36	42	45
35	30	37	43	44
40	30	37	43	45
45	29	37	43	47

附註：\*代表該列量測是用照度計

## 附件三：麥芽糖 15%

2.6 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	55	66	80	47.5
20	53	68	81	53
25	54	67	80	63
30	55	68	79	78
35	59	68	77	65
40	52	67	74	55
45	53	67	79	66

2.2 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	48	59	68	59
20	49	57	67	70
25	48	59	69	74
30	49	58	67	72
35	49	59	69	71
40	49	59	70	74
45	50	59	68	65

1.8 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	37	45	55	59
20	37	44	58	61
25	36	45	54	59
30	37	47	53	55
35	36	44	55	57
40	36	45	52	57
45	38	47	54	56

1.4 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	32	39	44	52
20	32	39	46	47
25	33	39	46	50
30	31	40	46	50
35	31	38	46	49
40	32	38	46	49
45	31	38	46	50

1 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	20	25	30	35
20	20	26	30	38
25	22.5	24	32	36
30	21	25	31	34
35	22	26	30	35
40	22	26	30	34
45	21	26	30	33

附件四：麥芽糖 10%

2.6 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	37	48	53	63
20	32	41	54	60
25	35	43	51	62
30	38	48	53	60
35	39	47	59	57
40	38	45	53	59
45	37	45	53	56

2.2 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	30	32.5	47	51
20	34	38	48	51
25	30	38	43	46
30	32	28	43	46
35	31	32	45	43
40	31	40	45	49
45	32.5	39	45	49

1.8 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500*
T(°C)				
15	25	31	36	11
20	25	30	38	23
25	26	32	36	2.5
30	23	31	35	17.5
35	29	29	35	21
40	25	30	34.5	32
45	26	31	33	34

1.4 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	14	16	21	19.5
20	20	20	27	28
25	21	24	29	36
30	20.5	25	28	32
35	19	24	29	29
40	20	24	30	31
45	18	25	28	27.5

1 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500*
T(°C)				
15	15	17.5	21	6
20	15	18	21	0
25	15	18	23	6
30	14	16	20	8.5
35	14	18	20	9
40	15	15	19	9.5
45	13	18	20	6

附註：\*代表該列量測是用照度計

附件五：麥芽糖 5%

2.6 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	19	23	26	27
20	19	22	27	29
25	17	22	29	25
30	19	21	27	25
35	19	22	27	27
40	18	23	26	28
45	18	22.5	26	31

2.2 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	15	16	20	22
20	17	19	22	22
25	14	17	20	22
30	15	20	23.5	24
35	15	19	21	
40	16	13	23	
45	14	15	22	

1.8 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500*
T(°C)				
15	13	12	17	0
20	12	15	20	-16
25	14	16	18	-6
30	12.5	16	18	-3
35	12	15	17.5	-2.5
40	12	15	18	-7.5
45	13	16	15	-1.5

1.4 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	11	13	16	17
20	11	13	15	18
25	12	13	15	19
30	11	13	15	18
35	11	12	15	17
40	10	13	15	16
45	11	14	15	16

1 dm

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
T(°C)				
15	1	8	11	
20	8	8	14	
25	8	7	12	12.5
30	11	7	13	15
35	8	6	14	14
40	8	4	12	12
45	9	3	11	10

附註：\*代表該列量測是用照度計



附件六：玉米糖漿，30°C 下測量

22.65%

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
L(dm)				
2.6	93	112	133	132
2.2	78	91	114	131
1.8	63	76	92	111
1.4	49	60	74	91
1	39	45	52	59.5

18.12%

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
L(dm)				
2.6	69	83	99	117
2.2	57	70	84	92
1.8	51	60	70	72
1.4	40	46	59	61
1	30	39	40	47

13.59%

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
L(dm)				
2.6	52	63	73	76
2.2	44	53	61	66
1.8	37	44	50	53
1.4	30	36	43	46
1	22	27	28	33

9.06%

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
L(dm)				
2.6	34	42	49	56
2.2	29	35	41	40
1.8	24	31	36	36
1.4	18	22	27	27
1	15	16	21	22

5%

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
L(dm)				
2.6	20	24	27	32.5
2.2	15	19	22	26
1.8	12	15	18	21.5
1.4	9	12	14.5	17
1	6	8	10	13.5

4.53%

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
L(dm)				
2.6	18	22	24	25
2.2	14	18	22	25
1.8	14	15	18	18
1.4	8	11.5	13	14
1	7	8	11	11.5

附件七：混合溶液，室溫下測量

麥 15%+玉 13.59%

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
L(dm)				
2.6	55	64	77	79
2.2	49	55	67	71
1.8	39	45	54	57
1.4	29	37	43	44
1	23	29	32	33

麥 25%+玉 5%

$\alpha$ (°) \ $\lambda$ (nm)	655	608	524	500
L(dm)				
2.6	57	66	80	85
2.2	47	58	64	75
1.8	39	48	54	60
1.4	32	36	40	45
1	23	27	31	33.5