

# 臺灣二〇〇六年國際科學展覽會

科 別：物理科

作 品 名 稱：旋光性介質對電磁波影響的分析與討論

學校 / 作者：臺北縣私立及人高級中學 王維淳  
臺北縣私立及人高級中學 王洪斌

## 自傳



我叫王洪斌，是個平凡的高中生學生。我們家原本爸媽都有工作的，但是因為我爸人心地太好了竟然把公司讓給我大叔叔，所以現在我們全家就只靠我媽媽一個人在撐啦！不過我媽常說：「人不在乎窮，只要活的開心就好。」，我覺得我媽說的滿有道理的。我們家不是很有錢，但也不是說很窮，但是我們一家4口每天開開心的過生活，其實這樣也不錯呀！

還記得在我小的時候，因為我很喜歡運動，加上我的腳程又比一般同年紀的同學還快，又加上興趣的關係，因緣際會的我加入了田徑隊，回想起來那可是一段很累人但卻又對我來說是永生難忘的回憶。

到了高中時期，由於與化學及物理老師的關係良好，自然科的成績也不差，而有幸與王學長參加這次的專題研究。在物理老師的指導之下，我們居然能夠進入本次的複試階段，是我作夢都想不到的一件大事。在這次的研究過程中，讓我能夠從中獲得無數寶貴的知識與經驗，也為我的科學知識種下一個優秀的種子。



王維淳

## 個人自傳

Personal  
Autobiography

## 家庭背景

我姓王名維淳，生長於台北的大都會，目前生活在單親家庭中，母親獨自扶養我長大，生活簡單樸實，可是我有著比別人更多的快樂。自幼接受母親的諄諄教誨，喜歡閱讀、音樂欣賞。對於生活時事，具有敏銳的洞察能力。

## 人格特質

自小就極具好奇心，喜歡嘗試各式各樣的事物，在嘗試中學習成長，勇於接受各種的挑戰。或許是因為從小就習慣了凡事自己來，所以思想成熟，勇於表達自己的意見，也會竭盡所能的去達成我的目標。對於自己有著極高的信心，總是會積極地去從事任何事，負責任，辦事能力亦佳！無論做事或讀書都講求較能與效率，期望達到事半功倍的效果。

在生活中，我喜歡從我身邊的人、事、物中，去尋找『為什麼？』並去想『為什麼？』他有助於我去發掘問題、思考問題、解決問題，也因此讓我學習的更多。對人生中各種學習與挑戰，我都會積極的去嘗試並努力做到最好，我堅信『沒有學習及挑戰就不會成長。』在學校及社會中，我都能堅持為善，不因外在之因素誘惑而誤入歧途。



## Analyzing and discussing the influence of the electromagnetic wave in the solution with optical rotation

### Abstract

This experiment mainly aims at three kinds of solution - Dextrose, Saccharose, and Fructose. By changing its temperature, density, length of tube, as well as different wave length factor of polarized light, we observe the influence of the direction of polarization by those factors. The experimental result showed as follow. The Dextrose and the Saccharose can cause the polarized light with the rotary direction of clockwise, so both are 'dextrorotatory'. The Fructose can cause the polarized light with the direction of counterclockwise, so it is the 'laevorotatory'. For the Dextrose, when the temperature is lower than 20°C, the direction of polarization has changed observably, but doesn't have any rule. When the temperature is higher than 20°C, the direction of polarization increase slowly. For those three kinds of solution, when density increased, the polarization increased observably. When the polarized light passed through the solution with longer path, the direction of polarization has more change. When the wave length of the polarized light changed, the direction of polarization has been changed observably. When the wave length of the polarized light is shorter, the direction of polarization change increased.

### 旋光性介質對電磁波影響的分析與討論

#### 摘要

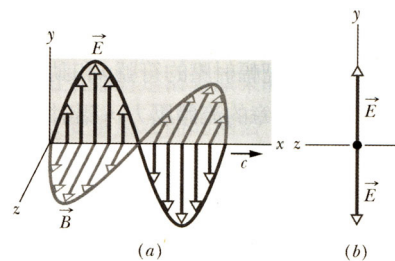
本實驗主要針對葡萄糖、蔗糖、及果糖等三種旋光性溶液，改變其溫度、濃度、容器管長、以及不同波長的偏振光等因子，觀察這些因素對偏振方向所造成的影響。實驗結果顯示：葡萄糖與蔗糖會使得偏振光的偏振方向以順時針旋轉，屬右旋性之光學異構物；果糖會使得偏振光的偏振方向以逆時針旋轉，屬左旋性之光學異構物。若溶液為葡萄糖，當溫度低於 20°C 時，偏振光的偏振方向會有明顯的改變，但無規則可尋；當溫度大於 20°C 時，偏振方向旋轉角位移則以非常緩慢的方式增加。當此三種溶液之濃度增加時，偏振光的偏振方向有明顯遞增的現象。此外，當容器長度越長（即偏振光在介質中的行程越長）時，偏振方向的改變亦越明顯。當偏振光的波長改變時，偏振光的偏振方向有明顯的變化，且當偏振光的波長越短，偏振方向的改變越大，似乎與波長呈反比，但此結果與理論值（即旋光度與波長平方成反比）仍有一些差距。

## 壹、研究動機

光是影響人類生命與文明發展的重要因素。在上過「高一基礎物理第五章—光」之後，我們了解到光兼具波與粒的性質，而且還知道我們看見的光與收音機收到的無線電波其實是一樣的物理現象—電磁波。而在課堂中，物理老師也為我們簡單描述過，電磁波是由電場與磁場兩者相互振盪，不斷地將能量向前傳遞的結果（圖一）。同時也概略地知道光具有偏振的性質，明白為什麼攝影師從外面拍攝櫥窗內的物體時，只需要加一片偏振片便可將櫥窗玻璃上惱人的反射光濾除。

日常生活中，我們偶而會飲用一些含有維他命 C 的飲料，有時會在包裝上看見廠商特別註明「左旋 C」這幾個字，而「左旋 C」到底時什麼東西呢？在我們請教了化學老師後，知道原來自自然界有許多物質具有將偏振光旋轉的性質—旋光性介質，而向左或向右旋轉的特性差異則稱為「光學異構物」。

因此，我們參考老師們的意見後，找了許多日常生活中的物品，希望能觀察到電磁波旋轉的奇妙現象，了解旋光性介質對電磁波的影響。



(a) 偏振電磁波之振動面。(b) 為了表示偏振，我們沿振動面觀察且以雙箭頭表示電場的振動方向。

圖一

## 貳、研究目的

本研究的主要目的如下：

- 一、觀察可見光通過線性偏振片後，亮度的變化情形。
- 二、觀察並紀錄偏振光通過旋光性介質後，偏振方向變化情形。
- 三、討論旋光性介質對電磁波偏振行為的影響。

## 參、研究問題

本研究計劃探討的主要問題如下：

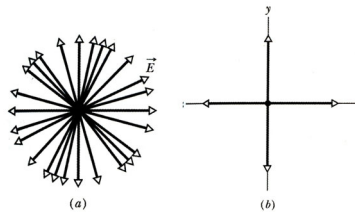
- 一、觀察各種糖對電磁波造成的旋光性行為。
- 二、討論糖的種類、濃度、比重、溫度變化對旋光性行為的影響。
- 三、觀察含維他命 C 之飲料對電磁波的影響。
- 四、觀察蜂蜜對電磁波的影響。

## 肆、研究方法及步驟

### 一、研究原理

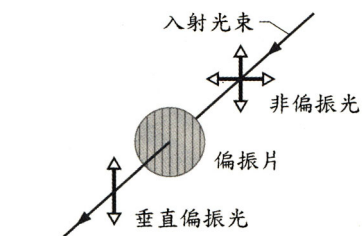
#### (一)、偏振原理：

在這個有線電視的時代裡，要在住家屋頂上看見電視天線似乎有點困難了。不過偶而在逛街時，稍微留意一下，還是能見到它的蹤影。我們可以發現，每具天線都是以相同的方式裝置著。在課堂上學過電磁波後，我們可以初步地了解那是因為電視台發射的電磁波具有單方向偏振性；而我們屋頂上的天線也必須依照該偏振方向裝置，才能收到清晰的訊號。但是一般我們看見的光源所放射出的電磁波則是隨意偏振或未偏振的，由振盪的電場加上垂直電場的磁場所組成。我們將電場震盪的平面稱為「振盪平面」，但是未偏振的電磁波是由許多行進方向相同，但是振盪平面不同的電磁波疊加而成的（圖二）。目前我們知道，我們可以藉由一些方法到偏振光，如偏振片（圖三）、反射光、原子或分子的散射光、、、等等。【參考資料一】



(a)非偏振光包含由任意方向所組成的電場，在此所有的波都沿著相同的軸而傳播，其方向是指出紙面的方向，且都有相同的振幅 $E$ 。(b)表示非偏振光的第二種方法，此光為兩個振動面互相垂直的偏振波之疊加。

圖二



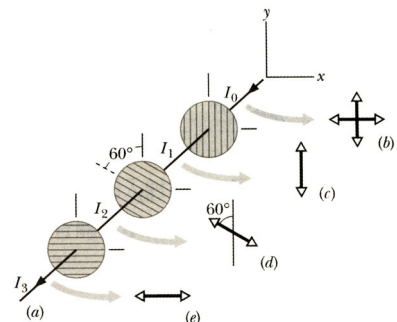
當非偏振光通過偏振片後變成偏振光，其偏振方向平行於偏振片的偏振方向，圖中以偏振片中的垂直線條表示偏振方向。

圖三

#### (二)、偏振片：

實驗室裡，我們利用簡單的偏振片，就可以得到單一偏振的偏振光（圖三）。此偏振片（又稱起偏器或偏振濾波片）是在1932年由Edwin Land所發明的，當時他還是個大學生。此片是將特定長鏈狀分子分布於塑膠中製造時，要使數排延伸的分子相互平行，像犁耕過的田地一般。當光傳播至此片時，延著某特定方向電場的分量可以通過，而垂直該方向的分量則會完全被吸收且消失（圖三）。

如果入射到偏振片上的是已偏振光，則當偏振片的偏振方向與偏振光的振動方向一致時，所穿透出的光最強；旋轉偏振片，當這兩個方向互相垂直時，則沒有透射光。所以我們將未偏振光射入兩片相互垂直的偏振片時，這兩片偏振片可以完全吸收所有射入的光線。不過，在兩相互垂直的偏振片中再加一片偏振片，而此偏振片與原來兩片偏振片皆不垂直，我們發現會有偏振光穿透這組片振片系統（圖四）。



(a)最初非偏振的光其強度為 $I_0$ ，被送至由三個偏振片所組成的系統， $I_1$ 、 $I_2$ 和 $I_3$ 分別表示通過這三片的強度，(b)最初光源的俯視圖，(c)穿過第一片，(d)穿過第二片，(e)穿過第三片的俯視圖。

圖四

### (三)、旋光性理論：

當我們上化學課（第六章－化學反應速率）時，化學老師偶然提到糖類具有旋光性，告訴我們葡萄糖和蔗糖具有「右旋光性」，而果糖具有「左旋光性」。並且向我們介紹微生物學之父巴斯德（Louis Pasteur, 1822-1895）。他發現了酒石酸晶體有兩種相對的結晶型，成溶液時會使光向相反的方向旋轉，因而定出分子有左旋與右旋不同結構的「光學異構」現象，創立「旋光性原理」。此乃許多科學家所無法解決的大課題，因而使他成為「立體化學」的創始者。

旋光性溶液所偏轉的大小是由以下因素所決定：

- (1) 所使用的光之波長：波長越短其偏轉的角度越大。
- (2) 光所經過的溶液層之路程：偏轉的程度與光所經之路徑長度成正比。
- (3) 旋光性物質的本質及其在溶液中的濃度大小：對某些特殊的物質而言，其旋光本領隨著濃度而增加，但是其過程是很複雜的。
- (4) 溫度：不論是正或負的溫度係數均會產生旋光性。【參考資料三】

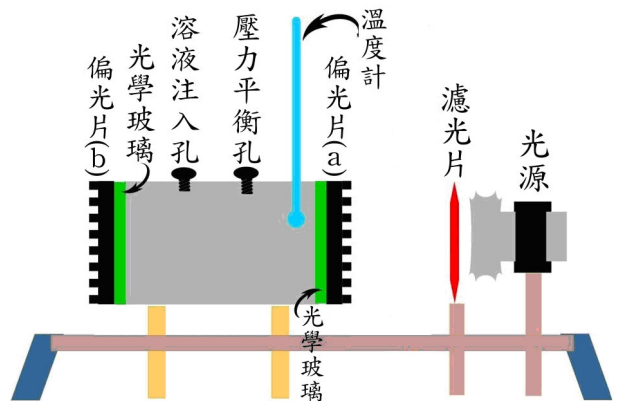
## 二、研究過程

### (一) 觀察光通過偏振片的偏振現象

- 1、取一片線性偏振片，觀察可見光經過偏振片後，透射光強度的變化情形。
- 2、再取一片線性偏振片，觀察兩片偏振片對可見光強度的影響。

### (二) 實驗裝置

我們使用圓型鋁管，兩端車牙後，管的前後兩端可旋入光學玻璃，形成一個密封的圓柱形容器。為了擔心會有滲水的現象發生，我們在玻璃的周圍小心地塗上防水膠。再於前後端鎖上線性偏光片。而管子的上方開兩個小孔，可以將待測的溶液裝入，如圖五。



圖五 實驗裝置示意圖

為了討論電磁波進入旋光性介質後，行進路程對偏振角度的影響。我們製作四個長度不同的圓型鋁管，依序為『10cm』、『12cm』、『14cm』及『16cm』。

經過幾次的討論後，我們決定除了使用白光並配合四種不同波長的濾光片，我們還使用氬氦雷射（波長 633nm；紅光）與半導體雷射（波長 532nm；綠光）作為光源，以提高觀察的精確性。

### (三) 實驗器材

品名	規格	數量	品名	規格	數量
白光 LED		1 具	折射式糖度計		1 具
氬氖雷射	波長 633nm	1 具	溫度計	數位液晶顯示	1 支
半導體雷射	波長 532nm	1 具	燒杯		數個
濾光片	波長 582nm	1 片	量筒		數個
濾光片	波長 570nm	1 片	滴管		數個
濾光片	波長 425nm	1 片	電子秤		1 具
濾光片	波長 405nm	1 片	儀器架座		1 組
圓型鋁管	長 16cm	1 個	葡萄糖	500g 試藥級	2 罐
圓型鋁管	長 14cm	1 個	蔗糖	500g 試藥級	2 罐
圓型鋁管	長 12cm	1 個	果糖	500g 試藥級	2 罐
圓型鋁管	長 10cm	1 個	維他命 C	試藥級	1 罐
光學玻璃	口徑 58mm	8 片	蜂蜜		1 罐
線性偏振片	口徑 58mm	2 片			

### (四) 實驗步驟

1、將實驗裝置如圖五方式裝設完成。利用氬氖雷射調整偏光片(a)的偏振方向，使雷射光的光通量達到最大。裝上偏光片(b)，旋轉偏振片(b)直至光通量最小為止，並標定起始刻度位置  $X_1$ 。

2、取 200g 旋光性物質，加入 500c.c.純水中。測量溶液的糖度，將此溶液定為原液。利用漏斗將溶液裝入容器內。測量溶液溫度，開啟光源。我們會發現光通量增加，慢慢旋轉偏振片(b)，直至光通量再度變為最小為止，記錄終點位置  $X_2$ 。

#### 3、觀察溫度對葡萄糖旋光性的影響：

(1)取葡萄糖原液注入 16cm 的容器中，並且將溫度控制在 25°C。

(2)依序改變光源波長 633nm、582nm、570nm、532nm、425nm、405nm，計錄偏振片(b)終點位置  $X_2$ 。

(3)改變溶液的溫度為 21°C、18°C、16°C，重複步驟(2)，計錄偏振片(b)終點位置  $X_2$ 。

(4)再將溶液裝入 14cm、12cm、10cm 的容器中，重複步驟(2)、(3)，計錄偏振片(b)終點位置  $X_2$ 。

#### 4、觀察濃度對葡萄糖旋光性的影響：

(1)取葡萄糖原液注入 16cm 的容器中，並且將溫度控制在 20°C。

(2)依序改變光源波長 633nm、582nm、570nm、532nm、425nm、405nm，計錄偏振片(b)終點位置  $X_2$ 。

(3)再將溶液裝入 14cm、12cm、10cm 的容器中，重複步驟(2)，計錄偏振片(b)終點位置  $X_2$ 。

(4)取 400c.c.原液，加入 500c.c.純水中，以改變溶液的濃度。重複步驟(2)、(3)，計錄偏振片(b)終點位置  $X_2$ 。

(5)重複步驟(4)，記錄四種不同濃度的葡萄糖溶液，對偏振光偏振方向的影響結果。

**5、觀察濃度對蔗糖旋光性的影響：**

將步驟 4 之葡萄糖改為蔗糖，記錄四種不同濃度的蔗糖溶液，對偏振光偏振方向的影響結果。

**6、觀察濃度對果糖旋光性的影響：**

將步驟 4 之葡萄糖改為果糖，記錄四種不同濃度的果糖溶液，對偏振光偏振方向的影響結果。

**7、觀察濃度對維他命 C 旋光性的影響：**

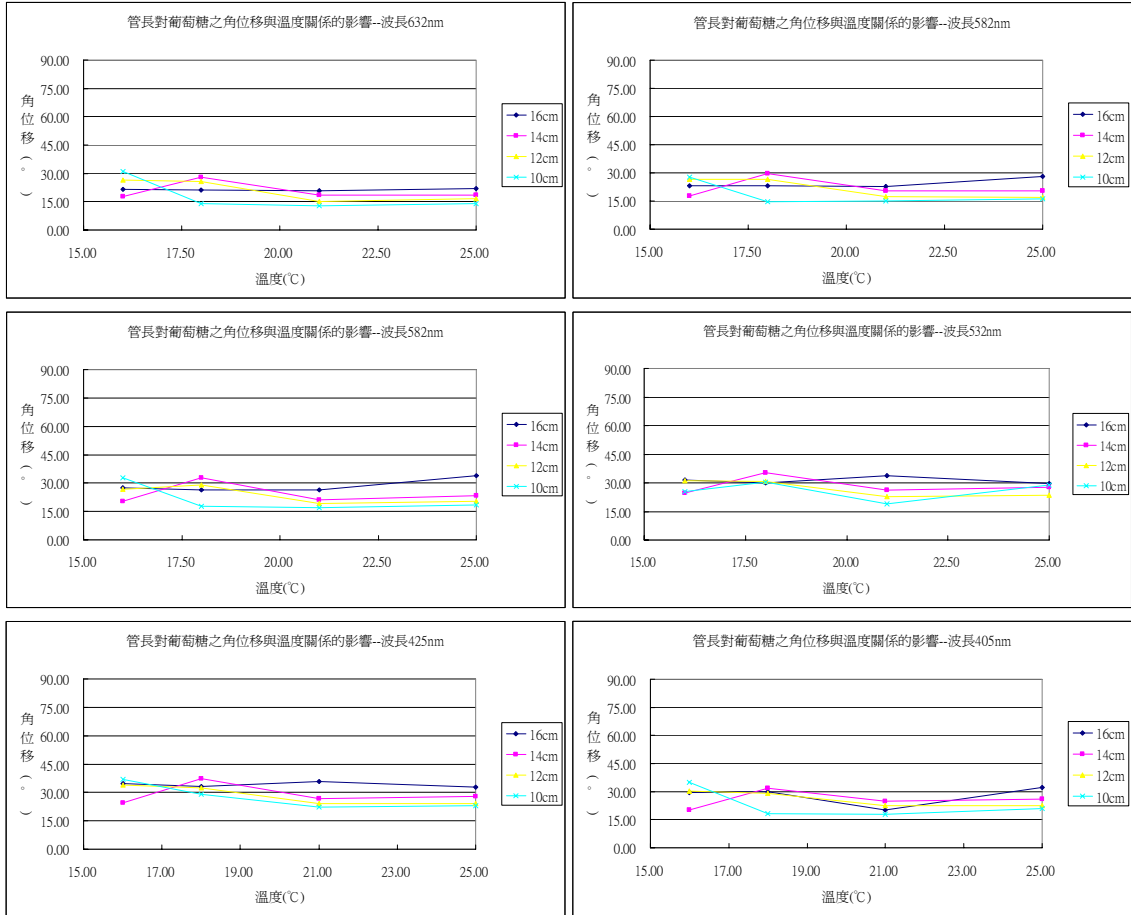
將步驟 4 之葡萄糖改為維他命 C，記錄四種不同濃度的維他命 C 溶液，對偏振光偏振方向的影響結果。

**8、觀察濃度對蜂蜜旋光性的影響：**

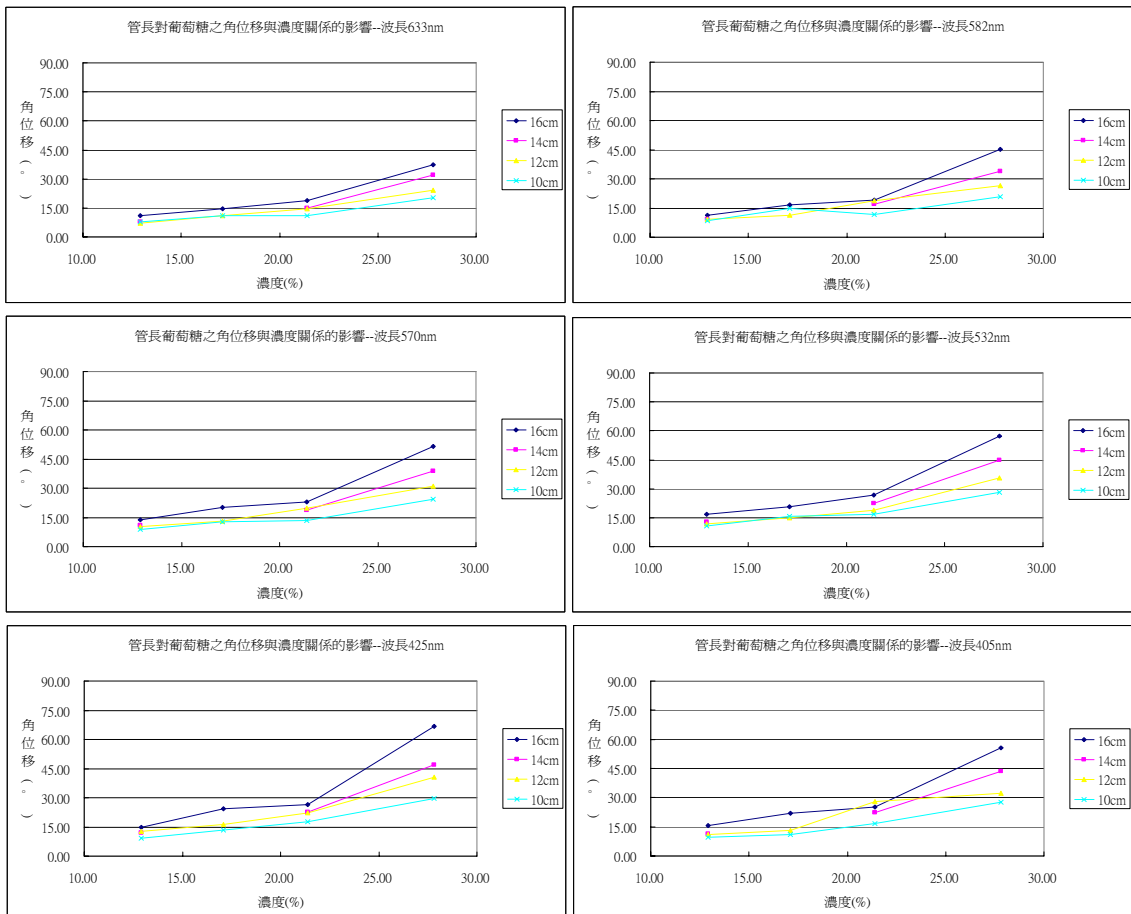
將步驟 4 之葡萄糖改為蜂蜜，記錄四種不同濃度的蜂蜜溶液，對偏振光偏振方向的影響結果。

## 伍、研究結果

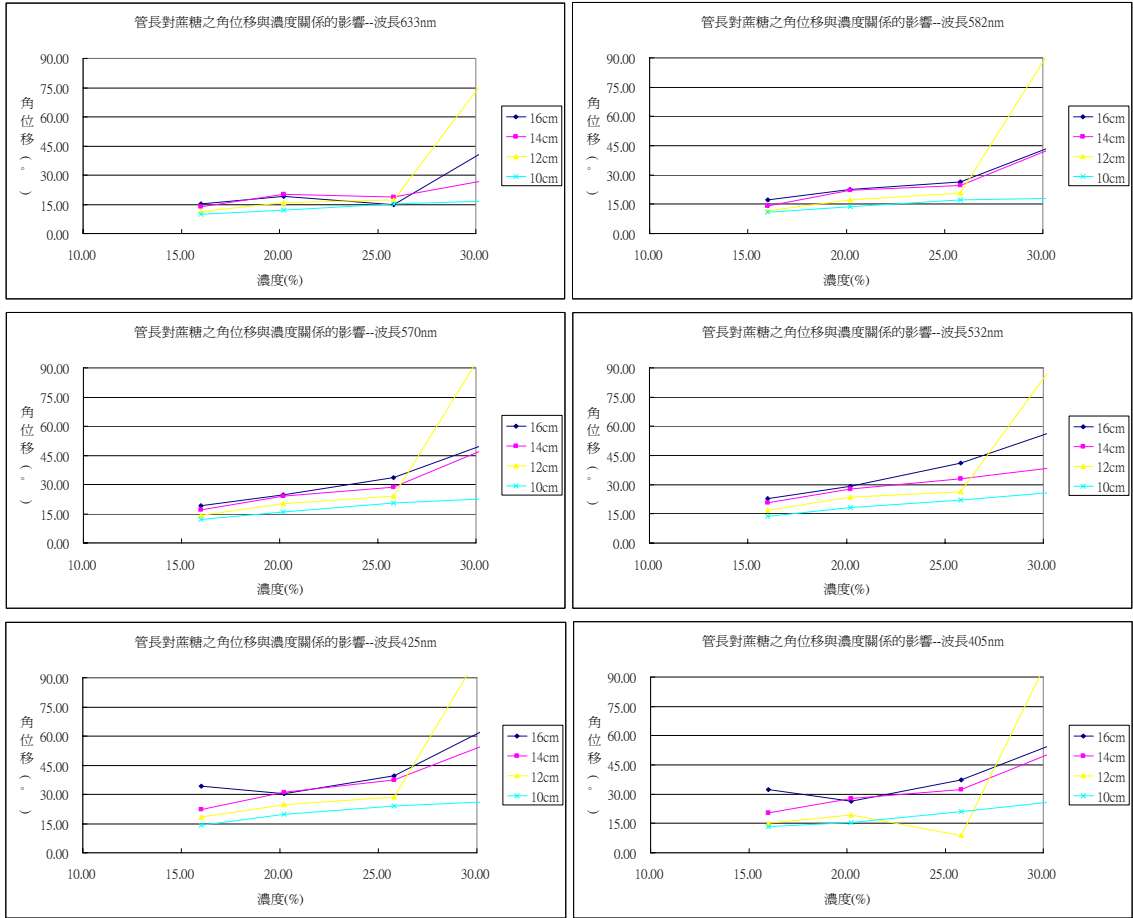
### (一) 溫度對葡萄糖旋光性的影響：



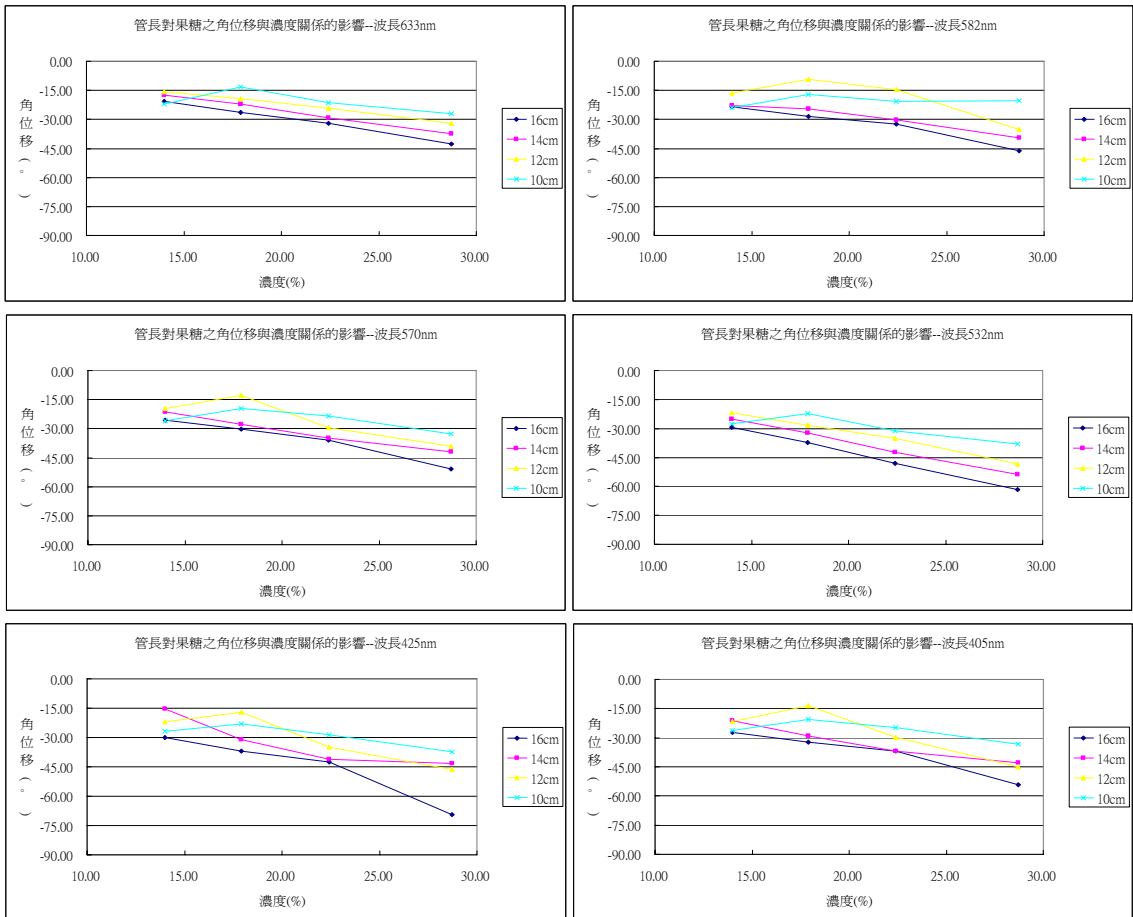
### (二) 濃度對葡萄糖旋光性的影響：



(三) 濃度對蔗糖旋光性的影響：



(四) 濃度對果糖旋光性的影響：



(五) 濃度對維他命 C 旋光性的影響：

經由我們多次嘗試針對不同種類的維他命 C 溶液，以不同的濃度、不同的溫度、不同的管長進行觀察。對於偏振光偏振方向影響的結果，我們都無法觀察到任何變化的發生。

(六) 濃度對蜂蜜旋光性的影響：

由於蜂蜜溶液的顏色過深，使我們無法調製濃度太高的溶液進行觀察。經由我們多次嘗試了蜂蜜溶液，在觀察上允許的不同濃度、不同的溫度。對於偏振光偏振方向影響的結果，我們仍然無法觀察到任何變化的發生。

## 陸、研究心得

本實驗目前的研究結果顯示，我們針對不同的旋光性溶液、以不同的溫度、不同的濃度、不同的容器管長、以及不同波長的偏振光，對偏振方向的影響結果，進行了以下的分析與討論：

### (一) 溶液對偏振光偏振方向的影響：

- 1、葡萄糖與蔗糖會使得偏振光的偏振方向以順時針旋轉，屬右旋性之光學異構物。
- 2、果糖會使得偏振光的偏振方向以逆時針旋轉，屬左旋性之光學異構物。
- 3、我們目前無法觀察到維他命 C 的旋光性質。
- 4、因為蜂蜜溶液的濃度過深，我們目前無法調製濃度的蜂蜜溶液，以至於目前我們仍然無法觀察到蜂蜜溶液的旋光性質。

### (二) 溶液溫度對偏振光偏振方向的影響：

我們針對葡萄糖溶液，觀察到溫度在  $20^{\circ}\text{C}$  以下時會使得偏振光的偏振方向有明顯的改變，但是變化方式並不規律；而溫度大於  $20^{\circ}\text{C}$  時，偏振方向旋轉角位移以非常緩慢的方式增加。

### (三) 溶液濃度及容器長度對偏振光偏振方向的影響：

我們針對葡萄糖、蔗糖、及果糖三種溶液進行實驗觀察，發現到當溶液濃度增加時，偏振光的偏振方向有明顯的改變，且傾向於漸增的變化；此外，我們也發現到，當容器長度越長（即偏振光在介質中的行程越長）時，偏振方向的改變亦越明顯。

### (四) 偏振光的波長對偏振光偏振方向的影響：

我們針對葡萄糖、蔗糖、及果糖三種溶液進行實驗觀察，發現到當偏振光的波長改變時，偏振光的偏振方向會有明顯變化，且當偏振光的波長越短，偏振方向的改變越大，似乎與波長呈現反比的關係。但我們的實驗結果與理論結果（旋光度與波長平方成反比）相比較，仍然有很大的差距。

## 柒、參考資料

- (一) Halliday, Resnick & Walker, Fundamentals of Physics, Sixth Edition。黃崢瑜 等人編譯，初版，台灣，全華科技圖書股份有限公司，第 34-12~34-16 頁、民國九十二年。
- (二) Jearl Walker, The Flying Circus of Physics with Answers。物理馬戲團 III，葉偉文 編譯，台灣天下遠見出版股份有限公司，第 70~71 頁，民國九十一年。
- (三) 黃蔭樺 著，食品分析法，初版。國立編譯館編譯，大學圖書出版社，第 246~261 頁，民國七十九年。
- (四) 陳偉民 著，生活科學家—動手做偏光儀。發現月刊，第 57 期，民國九十年。

## 評語

糖類等物質的旋光性質是個有趣的現象，本作品研習了光的偏振性質，並且自製裝置測量光偏振經過介質的旋轉，學生實驗認真，記錄詳實，但是旋光性質是一個很傳統有趣的主题。詳細的實驗，認真有餘，創意不足。