

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

040221

我的光會轉彎

學校名稱： 國立斗六高級中學

作者：	指導老師：
高二 詹宜澤	孫岳暘
高二 張允澤	李榕玲
高二 李忠諺	
高二 張智皓	

關鍵詞：旋光性、色散、偏光

摘要

本實驗是利用食品中具旋光性的光學異構物，如糖類分子溶液，探討在不同條件下食品中旋光性分子的特性。在足夠濃度下，透過偏光片等簡單的裝置，可以展現類似液晶顯示器的功能，產生炫目的七彩色光。並加以探討其他影響偏折色光性質的原因。

我的光會轉彎

探討食品中旋光性分子的性質

壹、研究動機

重力場會使物質附近的空間「彎曲」，穿越這個空間的光會因而「偏折」，這就是 1911 年愛因斯坦預測的光偏折(bending of light)現象。他們拍攝驗證的方法，是日全食的前一夜拍攝一組群星的相片，次日正逢日全食時，在同一地點又拍攝這群星相片。比較之下發現第二張照片的星星已經移動了，星星發出的光由於接近太陽與地球兩點間的直線，受到太陽的重力影響而偏了方向，星星明顯地位移了 1.98 秒弧的角度。與愛因斯坦廣義相對論預測的 1.74 秒弧的角度相當接近。

化學老師上課時提過光學異構物，分為左旋異構物以及右旋異構物，自然界中存在許多光學異構物。而我們日常生活中常見的光學異構物莫過於食品，其中主要偵測旋光性物質純度的方法是看旋光度，也就是光旋轉的度數。知道光透過旋光性介質會轉動後，我們設計以簡單的實驗裝置，效法愛因斯坦等實驗家的精神，試圖用肉眼就可以觀察、驗證食品中旋光性。

貳、研究目的

- 一、 認識了解並觀察各類分子的旋光性。
- 二、 觀測旋光性分子產生偏折色光的條件。
- 三、 觀察旋光性分子與偏折色光的關係。
- 四、 探討影響旋光性分子所表現出偏折色光的因素。

參、研究設備及器材

一、器材

偏光片(兩片，型號：#POA4，偏光效率 99.98%)

燒杯(25ml、50ml)

量筒(10ml、25ml)

量角器

燈座含燈泡

鐵架含鐵環

恆溫槽



二、藥品

葡萄糖($C_6H_{12}O_6$)、果糖($C_6H_{12}O_6$)、食鹽($NaCl$)、味精(麩氨酸一鈉)

醋酸(CH_3COOH)、鹽酸(HCl)、氫氧化鈉($NaOH$)、碳酸氫鈉($NaHCO_3$)

肆、研究方法

一、原理

如果通過三稜鏡的光是一束白光，由於不同波長的光有不同的折射率（波長愈長，折射率愈小）所以合成白光的各單色光經過三稜鏡後，因為偏向角都不相同而分散開來，這種現象叫做色散 (dispersion)。(圖 1)

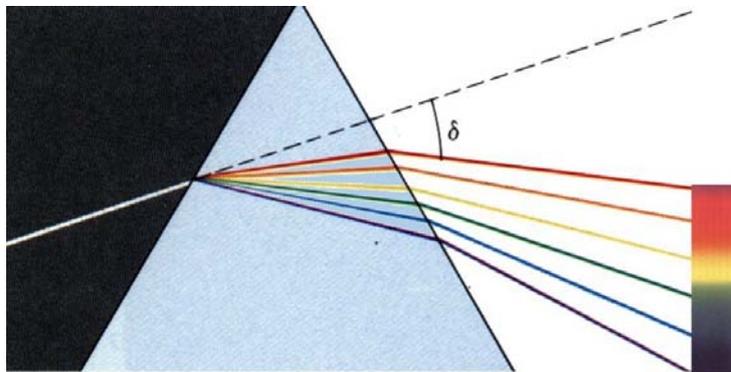


圖 1 三稜鏡分光示意圖

如果一種水溶液可以把一束偏極化光束所存在的平面扭轉某個角度，此水溶液的溶質就具有旋光性(圖 2)。生物最重要的兩種組成物質—胺基酸與糖類，分別為左旋和右旋分子。分子的結構不同，扭轉極性化的角度也不同，旋光度也就不同。

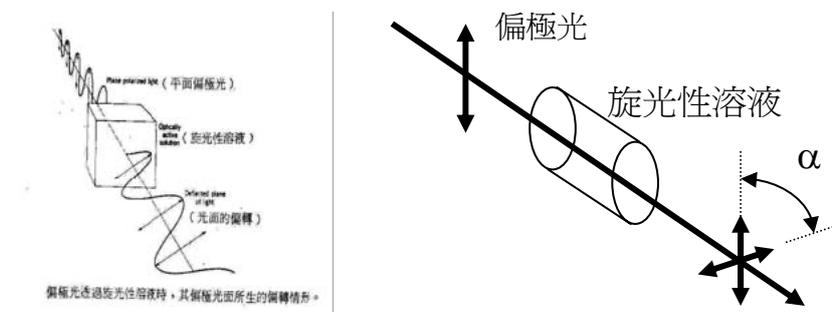


圖 2 平面偏極光的偏轉示意圖

藉由配置不同的旋光性溶液，配合兩片偏光片，調整其角度，我們希望可以用肉眼觀察到色散分光的效果，清楚的觀測到旋光性物質的特性。(圖 3)

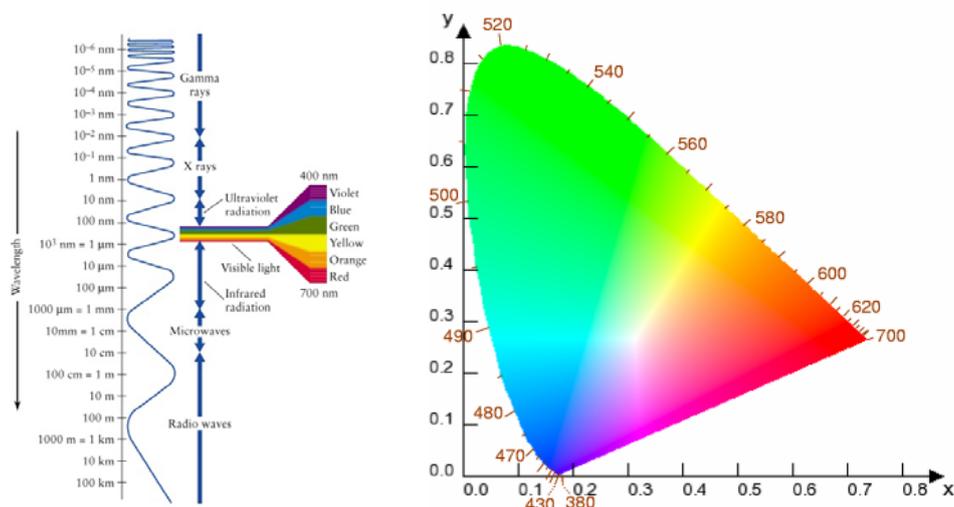


圖 3 以偏光片合成可見色光示意圖

二、裝置

我們參照分光儀理論，規劃以如下裝置進行觀測實驗。(圖 4)

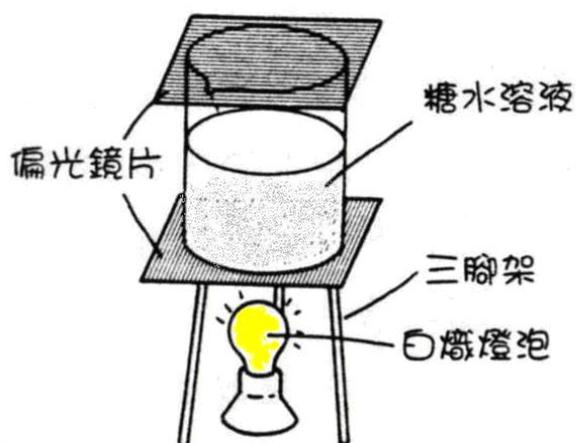


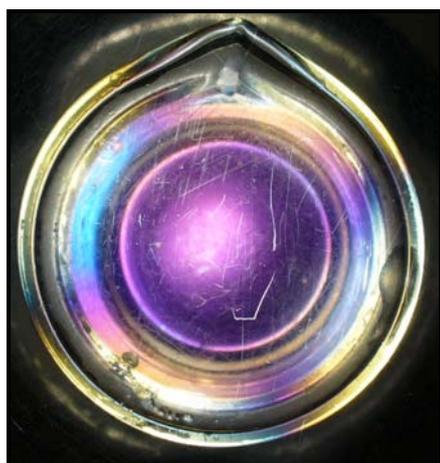
圖 4 實驗裝置示意圖

伍、研究結果

實驗一、各種溶液的偏折光

我們首先在室溫下(25 °C)以蒸餾水將各種溶液配置到飽和，各裝入 20ml 至小燒杯中(高度約 4 cm)，旋轉兩片偏光片，接著比較觀測通過各溶液的色光有無改變。驗證實驗是否真的可以進行。

	葡萄糖	果糖	味精	食鹽
有無偏色光	✓	✓	✓	✗



✓ 有偏色光



✗ 無偏色光

從實驗一中我們明顯可以觀察到有旋光度的溶質才可以引起光線的偏折，而容易扮演的角色類似三稜鏡，可以透過兩片偏光片的作用下分光，形成肉眼可以見到的可見色光，也證實我們的裝置可以繼續進行實驗。

實驗二、葡萄糖的偏折光

1. 不同濃度的葡萄糖水溶液

我們在這個實驗配置不同濃度的葡萄糖水溶液(從 4 M 溶液依序等倍稀釋)，比較不同濃度葡萄糖水溶液所表現的偏折光現象，看看需要多濃的濃度才能引起光線偏折至肉眼可分辨的可見偏折光？

溫度(25 °C)	4M	2M	1M	0.5M
偏光強度	★★★	★★	★	—

註：星號越多表示越明顯觀察

從這個實驗我們發現並不是每個濃度皆能引起色光的偏折，葡萄糖水溶液濃度需要大於 0.5 M 才可以觀測到偏折色光。

2. 不同溫度的葡萄糖水溶液

我們選用 2 M 葡萄糖水溶液為基準，在恆溫槽中調整水溶液溫度，比較不同溫度對於偏折色光的影響。

2 M 葡萄糖 _(aq)	5 °C	25 °C	45 °C
偏光強度	★★★	★★	★

我們發現溫度越低越容易觀測到偏折光線，此可能因為溫度高的環境，分子較易自由快速轉動，導致偏光強度減弱。

3. 不同液面高度的葡萄糖水溶液

我們同樣取 2 M 的葡萄糖水溶液，在室溫下(25 °C)各裝入 10、20、30、40、50 毫升至小燒杯中，固定調整上半部偏光片使其相對與下半部偏光片成逆時針轉動 60°，觀測光通過旋光性溶液的長短對於偏折光的顏色與強度的影響。另取一只裝有蒸餾水之不同高度水溶液當對照組，以利觀測。



編號 1

編號 2

編號 3



編號 4

編號 5

編號	2 M 葡萄糖 _(aq)	偏折光顏色	偏光強度
1	50 ml(高度約 10 cm)	藍紫色	★★★★★
2	40 ml(高度約 8 cm)	紫色	★★★
3	30 ml(高度約 6 cm)	紫色	★★★
4	20 ml(高度約 4 cm)	淡紫	★★
5	10 ml(高度約 2 cm)	淺紫	★

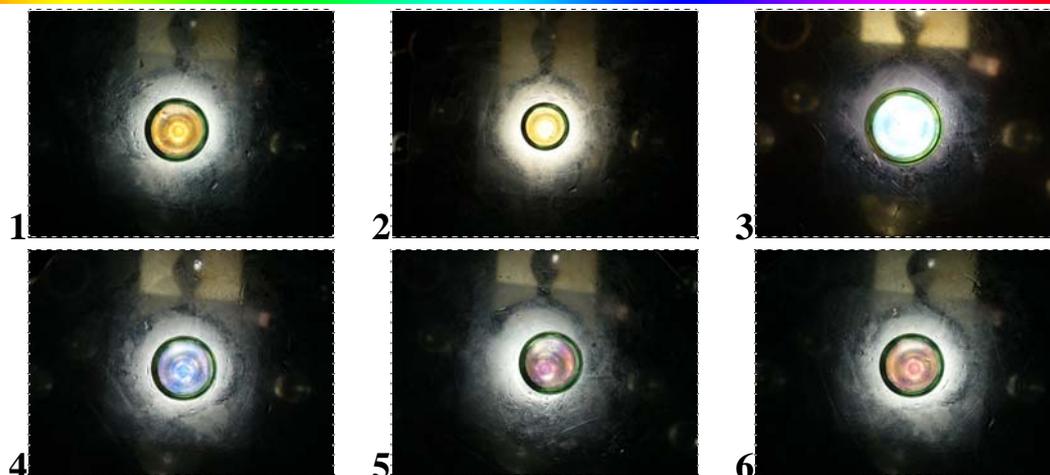
我們從不同液面的高低可以觀察到偏折光的顏色並沒有很明顯的色偏，反而是顏色的深淺強度有明顯的差異，隨著液面的升高(光路徑的增加)而偏折光的強度有所增長。

4. 偏光片不同角度的葡萄糖水溶液

我們在室溫(25 °C)，將 2 M 的葡萄糖水溶液取 20 ml 裝入量筒中，接著以順時針方向調整上半部偏光片，兩個偏光片角度對於偏折色光的影響，試圖組合得到不同的可見色光。在此我們定義可使光線完全通過時兩偏光片角度為 0 度。

編號	1	2	3	4	5	6
角度	6°	28°	62°	107°	135°	142°
顏色	橙色	黃色	綠色	藍色	紫色	紅色

以色帶表示如下：順時針旋轉 



從這個實驗我們發現，如果巧妙的調整兩偏光片的角度，我們可以得到顏色繽紛的七彩光芒。以順時針方向旋轉上半部偏光片，我們可以依序得到橙、黃、綠、藍、紫、紅等可見色光。

5. 酸鹼對葡萄糖水溶液旋光性的影響

我們分別加入 10 ml 2M 的醋酸(弱酸)、鹽酸(強酸)、氫氧化鈉(強鹼)、碳酸氫鈉(弱鹼)溶液至裝有 40 ml 2M 葡萄糖水溶液的 50 ml 燒杯中，初步探討酸鹼對於旋光性強弱的影響。

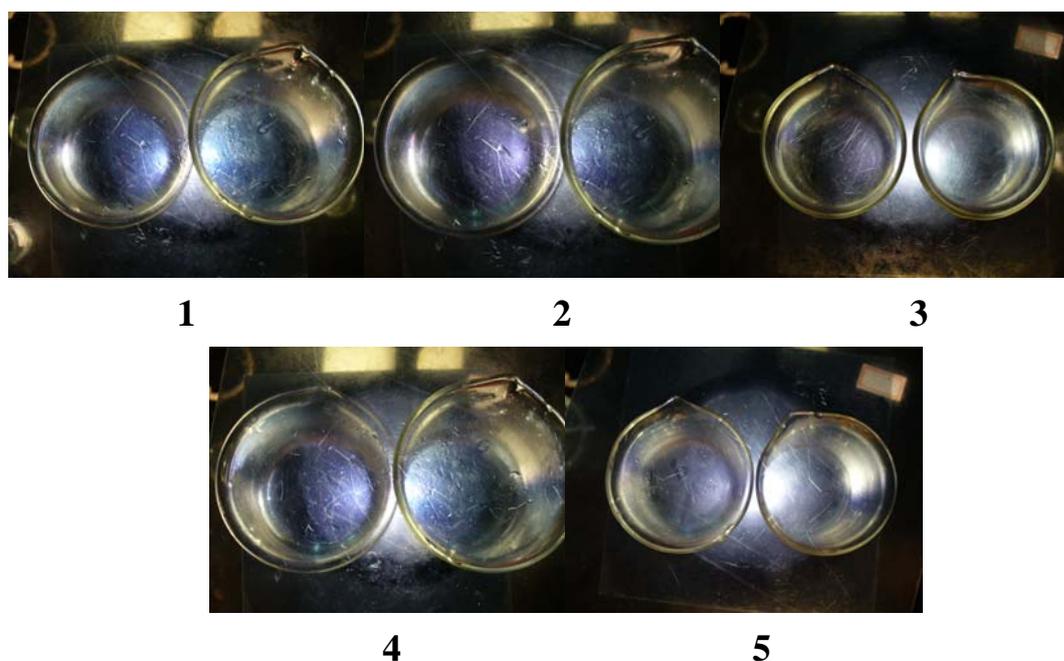
	醋酸	鹽酸	氫氧化鈉	碳酸氫鈉
偏光顏色	—	—	—	—
偏光強度	—	★★★	—	—

註：★★★表示強度增強 —表示無明顯改變

由於只有強酸會明顯引起葡萄糖旋光性的變化，我們接著探討強酸對於葡萄糖水溶液的影響。分別加入 10 ml 1、2、4、8、12 M 的鹽酸溶液至裝有 40 ml 2M 葡萄糖水溶液的 50 ml 燒杯中，探討酸性強度對於偏光性的影響。

編號	1	2	3	4	5
鹽酸濃度	1 M	2 M	4 M	8 M	12 M
偏光強度	★	★★	★★★	★★	★

我們發現葡萄糖水溶液偏光性並不是隨著酸性的大小增加而成正比的增加，而是類似常態分布曲線有最大值，大約是在加入 10 ml 4 M 的鹽酸時達到最大的偏光性。



實驗三、果糖的偏折光

1. 不同濃度的果糖水溶液

溫度(25 °C)	4M	2M	1M	0.5M
偏光強度	★★★	★★	★	—

2. 不同溫度的果糖水溶液

2 M 葡萄糖 _(aq)	5 °C	25 °C	45 °C
偏光強度	★★★	★★	★

3. 不同液面高度的果糖水溶液

編號	2 M 果糖 _(aq)	偏折光顏色	偏光強度
1	50 ml(高度約 10 cm)	紫色	★★★★
2	40 ml(高度約 8 cm)	紫色	★★★
3	30 ml(高度約 6 cm)	紫色	★★
4	20 ml(高度約 4 cm)	淡紫	★★
5	10 ml(高度約 2 cm)	淺紫	★

此實驗仿效實驗二的作法，我們發現果糖水溶液和葡萄糖水溶液的偏光性質幾乎都一樣，趨勢都相同，在此不加以贅述。

4. 偏光片不同角度的果糖水溶液

我們在室溫(25 °C)，將 2 M 的果糖水溶液取 20 ml 裝入燒杯中，接著以順時針方向調整上半部偏光片，兩個偏光片角度對於偏折色光的影響，試圖組合得到不同的可見色光。在此我們定義可使光線完全通過時兩偏光片角度為 0 度。

編號	1	2	3	4	5	6
角度	80°	99°	120°	128°	142°	155°
顏色	黃色	橙色	紅色	紫色	藍色	綠色

以色帶表示如下：順時針旋轉 



我們發現以果糖水溶液進行實驗，以順時針方向旋轉上半部偏光片，我們可以依序得到黃、橙、紅、紫、藍、綠等可見色光。



1

2

3



4

5

6

5. 酸鹼對果糖水溶液旋光性的影響

	醋酸	鹽酸	氫氧化鈉	碳酸氫鈉
偏光顏色	—	—	—	—
偏光強度	—	★★★	—	—

我們發現僅與葡萄糖溶液類似的性質，僅有鹽酸(強酸)對於果糖水溶液的偏光強度有顯著影響。

6. 左右旋是否會抵消偏折光?

我們將 2 M 的左旋果糖水溶液，慢慢的滴加入裝有 20 ml 2 M 的右旋葡萄糖水溶液的燒杯中，固定兩偏光片的角度，觀察左右旋混合溶液是否對於偏折光有所影響。

2 M 葡萄糖 _(aq)	2 M 果糖 _(aq)	偏光片角度	偏光強度
20 ml	0	135°	★★★★
20 ml	2	135°	★★★★
20 ml	4	135°	★★★★
20 ml	6	135°	★★★★
20 ml	8	135°	★★★
20 ml	10	135°	★★
20 ml	12	135°	★

我們發現當加入 8 ml 的果糖水溶液時，偏折光強度逐漸減弱，當加入 12 ml 的果糖水溶液時，幾乎已看不見偏折光了，故左右旋的溶質溶液，的確會抵消偏折光的強度。

實驗四、味精的偏折光

我們同樣對於味精水溶液進行不同濃度、溫度等實驗，實驗數據表格如下所示：

1. 不同濃度的味精水溶液

溫度(25 °C)	4M	2M	1M	0.5M
偏光強度	★★★	★	★	—

2. 不同溫度的味精水溶液

2 M 味精 _(aq)	5 °C	25 °C	45 °C
偏光強度	★	★	★

由於味精溶液並不太容易配製成濃的水溶液，而且對於偏折光的改變也不大，並不易用肉眼繼續觀察實驗，故不進行進階的實驗。

實驗五、探討鹽酸對於糖類水溶液旋光性質的影響

從實驗二與實驗三的實驗中，我們發現僅有鹽酸對於葡萄糖與果糖水溶液的偏光強度有明顯的影響，我們進行以下的實驗更進一步探討鹽酸中何種離子造成偏折色光的改變。

鹽酸為強電解質，在水中解離出氫離子(H^+)與氯離子(Cl^-)，為了找出何種離子影響糖類分子水溶液的偏折色光，我們分別加入 10 ml 1、2、4、8、12 M 的氯化鉀(KCl)溶液至裝有 40 ml 2M 葡萄糖與果糖水溶液的 50 ml 燒杯中，固定兩偏光片角度，觀察並紀錄變化。

編號	1	2	3	4	5
KCl 濃度	1 M	2 M	4 M	8 M	12 M
葡萄糖(aq) 偏光強度	★	★	★	★	★
果糖(aq) 偏光強度	★	★	★	★	★

我們從本實驗中發現氯化鉀溶液並不會影響糖類分子水溶液的偏折色光性質，表示氯離子(Cl^-)對於糖類分子的旋光性質並沒有顯著直接的影響。所以我們可以推斷氫離子(H^+)為主要造成糖類分子水溶液旋光性質變化的原因。

陸、問題與討論

Q：什麼物質具光學活性？

A：簡單的說，將一物體放在鏡子前，則該物體有一鏡像。許多物質的分子也都有一個鏡像(分子)，若該物質的分子不能與其鏡像體分子重疊，則該物體和其鏡像體均具有光學活性。

Q：為何同樣以順時針偏轉偏光片，葡萄糖水溶液與果糖水溶液的色光與角度會有所不同？

A：經查證文獻，葡萄糖旋光度為右旋($+52.6^\circ$)，而果糖旋光度為左旋(-93.0°)，故透過不同旋光性的溶液，會產生不同程度的偏折光，所以雖然皆會產生七彩的偏折色光，但兩片偏光片的角度就有所不同。

Q：光射到具有光學活性的物質上，會發生何種現象？為何能觀測到各種顏色？

A：光射到光學活性物質上時，能使該入射光的振動方向改變。能觀察到各種不同顏色的光，是由於每種色光的波長不同，導致每種色光的振動方向不同，但通過溶液的距離相同，故調整偏光片的角度，可以讓不同的色光通過，也就能觀察到不同的色光。

Q：產生色光偏折的充分條件為何？

A：前提是需要具有光學活性的溶質。依照我們所做的實驗，我們發現旋光度越大的物質，越容易觀察到光的偏折，那也就是為什麼味精(旋光度 -32°)水溶液較難觀測到偏折色光的原因。另外，我們從各項實驗得知，光學活性溶質的濃度要大於 0.5 M 以上，才適宜以肉眼進行觀測。

Q：為什麼酸會對於旋光度有所影響？

A：我們發現加入酸後，會慢慢的使偏折色光強度增強後再減弱，經過與老師討論後，我們覺得可能有二個原因：

(1)微量的強酸產生的氫離子可以引起水溶液中葡萄糖分子的聚集，故造成類似放大的作用。過量的氫離子使整個的環境都已充滿氫離子的存在，就沒有放大的效果。

(2)葡萄糖與果糖中含有少量不純的蔗糖分子(旋光度較小)，在酸性環境下水解成旋光度較大的葡萄糖與果糖，造成偏折色光強度增強。

柒、結論

一、我們使用自製的裝置，成功的探討旋光性物質的特性，並且可以直接進行觀測偏折色光，表現出類似液晶面板的顯示原理。

二、我們對於旋光性物質與影響偏折色光的因素加以探討，更加了解食品中的旋光性，也能與上課老師提過的內容相互應證。

三、對於不同旋光性溶質溶液而言，我們發現濃度需要在 0.5 mole/L 以上的濃度，較易使用肉眼觀察的可見色光的偏折光，在濃度 0.5 M 以下則觀測不到。

四、我們發現當溶液溫度較低時，較容易觀測到可見偏折色光，當溫度升高時，分子亂度增加，可能影響偏折光的效果，故溫度高時較不易觀測到可見偏折色光。

五、我們調整兩片偏光片的角度，預期且成功的分光得到七彩色光，而對於不同偏光性溶質，同樣也可以看到可見偏折光，只是偏光片的角度會有所不同。

六、我們發現對於不同旋光性溶液高度而言，會明顯影響其偏光強度，但對於偏折光線的顏色影響並不大，應該是光通過的路徑增長，

更容易有時間受到旋光性溶質的偏折作用，而讓我們觀測到可見偏光作用。

七、我們發現當我們混合不同左、右旋的旋光性溶質後，可見偏光確實會受到抵消作用。但預期得到可見偏光需要旋光度較大的溶質，如葡萄糖(+52.6°)、果糖(-93.0°)。如味精(-32°)並不易觀察到。

捌、參考資料

- 1.王忠茂、邱智宏、翁春和與葉名倉 (民 94 年 8 月)。高中物質科學化學篇上冊，第五章。中華民國：南一書局。
- 2.林敬二等 (1993)。化學大辭典。中華民國：高立圖書公司。
3. 陳陵援、吳慧眼 (民 89 年 8 月)。儀器分析。中華民國：三民書局。
- 4.張為憲等 (民 85 年)。食品化學。中華民國：華香園出版社。
- 5.網頁資料 關鍵字：偏光性

<http://www.pu.edu.tw/~chem/news/5.htm>

<http://fossil.weinong.dyndns.org/npweb3/20050122.html>

<http://www.contact-polarized.com.tw/polarized.htm>

<http://www.3dglases.com.tw/chinese/polarizer.htm>

<http://www.ajoc.or.jp/lummy/lens/lineup/henkou.html>

評 語

040221 我的光會轉彎

用相當原始，簡便的偏光板，示範出光經過一些常用天然食品會轉方向，對”抽象”的(尤其是科普化)”旋光化合物”之數學有相當幫助。可惜所用”理化”術語，尤其是標題會有誤導的錯誤概念！且所出示的旋光度只有簡單”定性”概念，沒有詳細的”定量”數據！