

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

第三名

040204

「鈣」有「旋」機

學校名稱：高雄市立高雄女子高級中學

作者： 高一 郭耘羽 高一 何尹文	指導老師： 王俊豪 朱億真
-------------------------	---------------------

關鍵詞：鈣離子、酒石酸、旋光性

摘要

本研究探討酒石酸與鈣離子反應在不同環境下造成溶液旋光度改變的情形。首先，我們先利用雷射光、玻璃偏光片、電路板、顯示器(顯示電壓)製作簡易旋光儀器，經測定後能呈現線性關係，證明本儀器的可行性。為了避免沉澱物干擾自製旋光儀的測量，我們採用極微量濃度進行反應。在極微量濃度下，不具旋光性的微粒晶核不會造成溶液旋光值改變，而酒石酸鈣微粒晶核形成時，則會造成溶液旋光值變化。形成酒石酸鈣晶核的過程中，不同條件下會產生(+)旋光性及(-)旋光性的情形。在雷射筆照射下產生廷得耳效應，顯示晶核形成前期應屬於奈米顆粒。最後，我們在反應過程中，利用硫酸鈉移去鈣離子後，能得到一個穩定不變(-)旋光性的溶液。

壹、研究動機

葡萄酒的釀製過程中，往往底部有時會有白白的結晶，經查明後，其主要的成份為酒石(cream of tartar)。酒石是一種固體沉澱出現在葡萄汁或其他漿果汁釀酒時。而酒石的成分主要是酒石酸氫鉀及少量的酒石酸鈣，常常附著在釀酒的瓶底、瓶肩或者出現在軟木塞之底端。因為酒石在水以及在酒精中的溶解度極小，隨著酒的發酵、酒精濃度的增加而析出的酒石多呈粉狀或片狀，顏色由灰色至深紅色皆有，亦是工業上多用於提煉酒石酸或酒石酸氫鉀的來源之一。經查尋資料後發現酒石酸在自然界有左旋、右旋、內消旋及外消旋，這讓我們產生了好奇心，心想為什麼酒石酸會產生這些旋光的特性，因此展開我們的研究…

貳、研究目的

- 一、設計「自製旋光測量器」。
- 二、探討自製儀器與市售旋光儀偵測酒石酸溶液濃度，其旋光度的差異。
- 三、探討不同濃度的鈣離子與酒石酸、酒石酸鉀鈉溶液的反應情形。
- 四、探討旋光及非旋光物質與微量鈣離子濃度反應，其旋光值變化情形。
- 五、在不同酸鹼性下，探討酒石酸與微量鈣離子濃度反應，其旋光值變化情形。

六、探討其晶核的生成情形。

參、研究設備與器材

一、實驗器材：				
旋光儀	微量吸取器	pH 儀	電子天秤	試管
滴管	錐形瓶	量筒	燒杯	試管架
容量瓶	玻璃偏光片	平底反應槽	木板	量角器
三通閥	平底玻璃管	雷射筆	光敏電阻	電容
電子顯示器	電阻	積體電路	電晶體	三用電錶
二、實驗藥品：				
酒石酸	酒石酸氫鉀	酒石酸鉀鈉	氯化鈣	氫氧化鈉
碳酸鈉	鹽酸	硫酸鈉		

肆、研究過程

實驗一 設計「自製旋光測量器」



實驗二 探討自製儀器可行性，並與市售旋光儀比較其差異



實驗三 探討不同濃度的鈣離子與酒石酸、酒石酸鉀鈉溶液的反應情形。



實驗四 探討不同濃度的鈣離子與酒石酸、酒石酸鉀鈉溶液反應，在波長 589nm 下，偵測其「旋光度」與「吸收度」隨時間的變化情形情形。



實驗五 探討旋光及非旋光物質與微量鈣離子濃度反應，其旋光值變化情形。



實驗六 在不同 pH 值條件下，探討酒石酸與微量鈣離子濃度反應，其旋光值變化情形。



實驗七 探討在 pH=4 及 pH=12 條件下，微量鈣離子與酸石氫酸根及酸石酸根形成奈米微粒情形。



實驗八 探討酒石酸根與鈣離子反應初期，進行鈣離子移除，並偵測其旋光度的變化情形



結論

伍、研究結果與討論

實驗一 設計「自製旋光測量器」

(一)、設計原理：

1.自製簡易旋光測量器：

(1)材料：偏振片、雷射光筆、玻璃偏光片、量角器、電子顯示器、光敏電阻、三用電錶、電容、電晶體、積體電路、電阻、可變電阻、平底反應槽、木板。如下圖所示：

(2)偏振片製作：為了有效偵測其旋光度，我們採用了偏光片+量角器的組合，而發現一般的偏光片均易變型不易控制，且其偏光效果誤差較大。

修改：我們取用照像機的鏡頭的玻璃偏光片，一方面可能固定其形狀，一方面可能更精準調整光進來的精準度。我們再將量角器的中心挖空，並放入玻璃偏光片以固定。

(3)光源：為了增加偵測強度，我們利用雷射筆(偏振光)，並調整其偏振光與玻璃偏振片的入射為最大值，並加以固定。並調整入射角，增加光敏電阻能夠感受到光的強度。

(4)顯示器：為了有效及快速偵測旋光值，我們將原來電阻的訊號，利用電路板及電子零件，並將其轉換成電壓值，並外接顯示於儀器外方(如下圖 4 所示)，除方儀量角器的觀測外，由電壓值更能精準偵測。

(5)校正：我們另外準備一台市售旋光儀器，並偵測酒石酸及酸石酸鉀鈉溶液，並探討本實驗儀器的可行性。

(6)外盒：為了攜帶方便，我們選用飛機木，減輕儀器的重量，並容易固定儀器的相關位置。



圖 1：旋光儀器



圖 2：玻璃偏光片

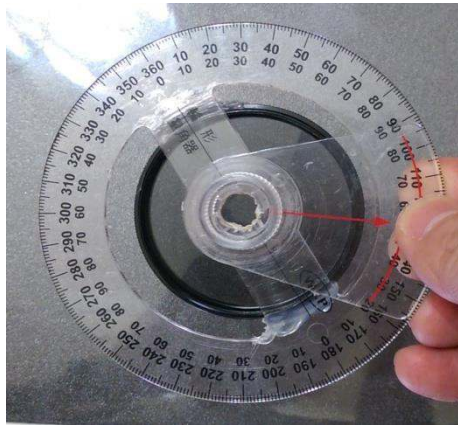


圖 3：玻璃偏光片+量角器



圖 4：顯示器

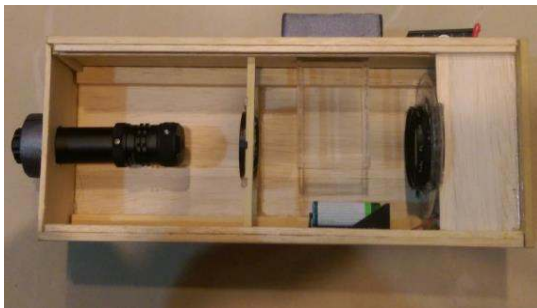


圖 5：自製儀器內部裝置



圖 6：自製儀器外部裝置

實驗二 探討自製儀器可行性，並與市售旋光儀比較其差異。

一、市售旋光儀偵測酒石酸與酒石酸鉀鈉溶液的濃度與其旋光度的關係：

(一)、實驗步驟：

- 1.先用電子秤取 70.56g 酒石酸鉀鈉固體。
- 2.加入 500mL 之量瓶，再將水加到 500mL。
- 3.配成 0.5M 之酒石酸鉀鈉溶液。
- 4.加入蒸餾水稀釋成不同濃度，(Ex: 20mL 酒石酸鉀鈉溶液加入 100mL 之量瓶，再加入蒸餾水製成 0.1M 之酒石酸鉀鈉溶液)。
- 5.各取 10mL 放入旋光器測其旋光值。
- 6.重覆上述步驟，配製酒石酸溶液，並測量其旋光值。

(二)、實驗結果：

表一 利用市售旋光儀偵測不同濃度酒石酸鉀鈉溶液的旋光值

酒石酸鉀鈉濃度(M)	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
旋光值	0.1345	0.2830	0.4045	0.5645	0.7535
酒石酸鉀鈉濃度(M)	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
旋光值	0.9130	1.0130	1.1485	1.3440	1.5535

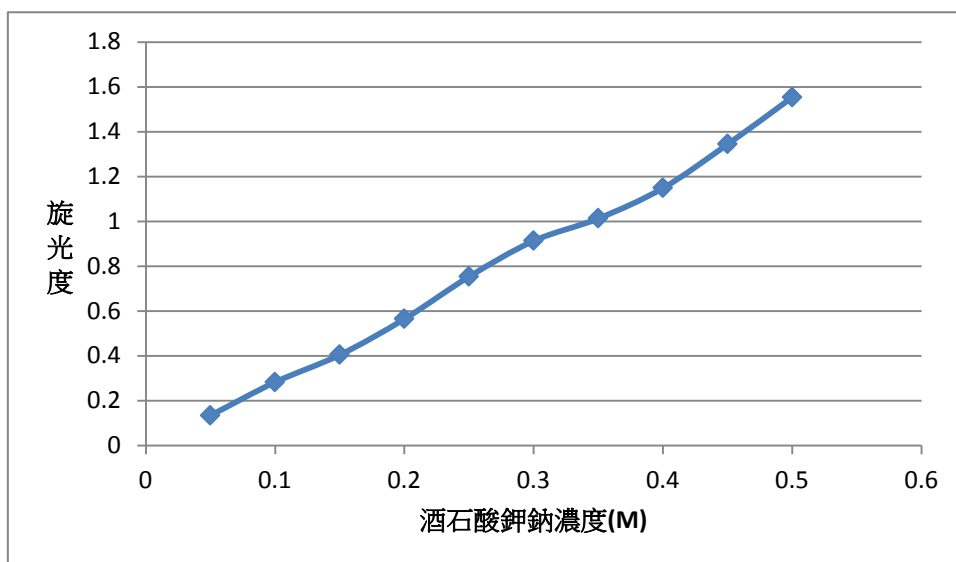


圖 7 利用市售旋光儀偵測不同濃度酒石酸鉀鈉溶液的旋光值

表二 利用市售旋光儀偵測不同濃度酒石酸溶液的旋光值

酒石酸濃度(M)	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
旋光值	0.0010	0.0010	0.0010	0.0005	0.0005
酒石酸濃度(M)	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
旋光值	0.0000	-0.0020	-0.0005	0.0000	0.0000

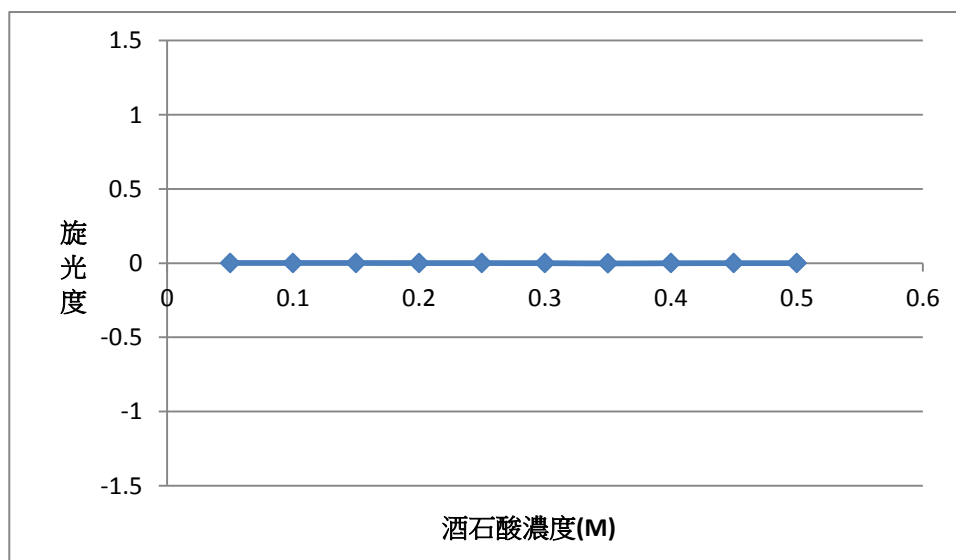


圖 8 利用市售旋光儀偵測不同濃度酒石酸溶液的旋光值

二、自製旋光測量器偵測酒石酸與酒石酸鉀鈉溶液的濃度與其旋光度的關係：

(一)、實驗結果：

表三 利用自製儀器偵測不同濃度酒石酸鉀鈉溶液的旋光值

酒石酸鉀鈉濃度(M)	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
旋光值	15.6	33.7	46.6	64.2	78.6
酒石酸鉀鈉濃度(M)	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
旋光值	100.4	107.8	131.3	140.1	158.9

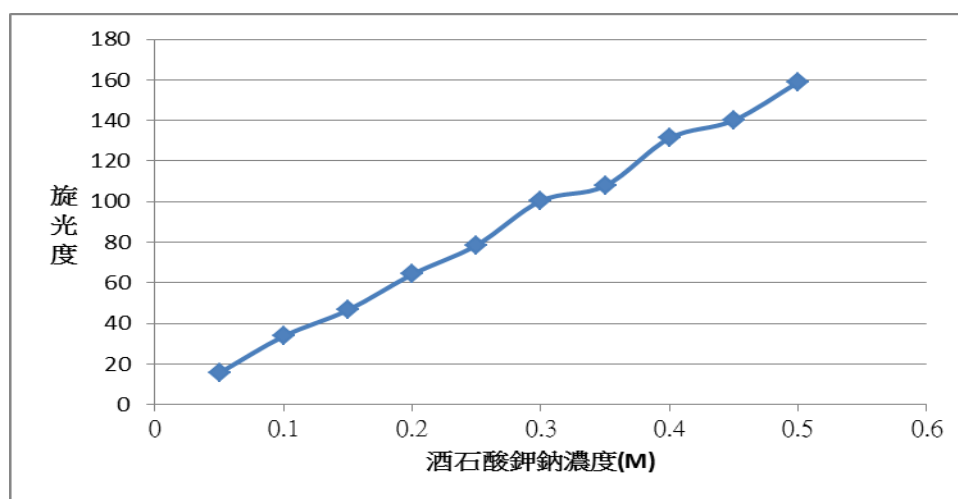


圖 9 利用自製儀器偵測不同濃度酒石酸鉀鈉溶液的旋光值

表四 利用自製儀器偵測不同濃度酒石酸溶液的旋光值

酒石酸濃度(M)	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
旋光值	0.5	0.4	0.5	0.3	0.4
酒石酸濃度(M)	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
旋光值	0.5	0.4	0.3	0.2	0.5

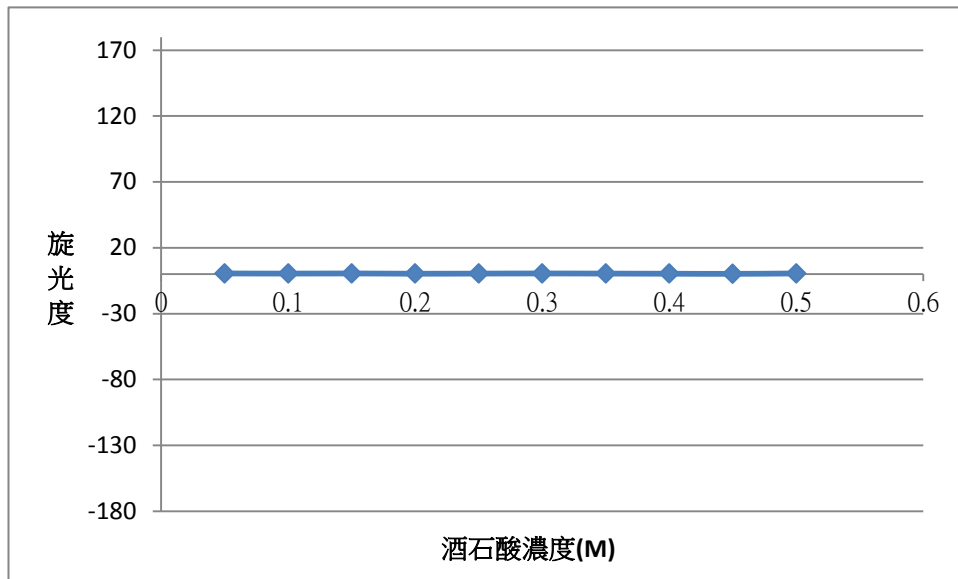


圖 10 利用自製儀器偵測不同濃度酒石酸溶液的旋光值

(三)、結果討論：

- 1.本實驗結果發現，本藥品為(+)酒石酸鉀鈉，其旋光值呈現正值，其濃度與旋光度成正比，每增加 0.1M 酒石酸鉀鈉溶液，其旋光度市售儀器增加數值 0.3 或是自製儀器增加數值 34°。
- 2.酒石酸本身經實驗測定為外消旋，其旋光值不隨濃度增加而增加。因此，我們以下的研究均以酒石酸作為本實驗的藥品。
- 3.利用自製儀器測量出酒石酸鉀鈉溶液的旋光度會隨著濃度上升而呈線性關係，而酒石酸溶液的旋光度則大約在 0° 上下，顯示自製儀器有良好的定量效果。
- 4.我們自製簡易的旋光儀，其材料簡單、便宜並且容易取得，並經由改良後，能精確、有效偵測旋光度的變化。

實驗三 探討不同濃度鈣離子與酒石酸、酒石酸鉀鈉溶液的反應情形。

(一)、實驗步驟：

- 1.配製不同濃度的之氯化鈣溶液(如下表)。
- 2.配製不同濃度的酒石酸溶液(如下表)。
- 3.在試管中取上述溶液以 1：1 等體積混合。
- 4.靜置其沉澱完全後，再加以離心。
- 5.取出試管上部之澄清液，再離心一次，使其懸浮之粉末與澄清液分離。
- 6.取 10mL 的澄清液放入旋光器測其旋光值。
- 7.等待數值穩定後記錄其旋光值。

(二)、實驗結果：

表五 不同濃度的酒石酸+不同濃度的氯化鈣後，其旋光值變化

酒石酸(M) 氯化鈣(M)	0.3	0.4	0.5
0.1	0.0025	0.0350	0.0155
0.2	0.0045	0.0700	0.0445
0.3	0.0030	0.0075	0.0365
0.4	0.0050	0.0100	0.0370
0.5	0.0035	0.0150	0.0610
0.75	0.0025	0.0500	0.0320
1.00	0.0045	0.0500	0.0275
2.00	0.0735	0.100	0.0157



(三)、實驗討論

1. 酒石酸與鈣離子形成沉澱的速度較為緩慢，通常要 2 分鐘以上才逐漸有沉澱微小顆粒生成，故因此我們測定前需靜置一段時間，使其沉澱完全後，再進行離心並進行偵測。
2. 本實驗中，不同濃度的酒石酸與鈣離子形成沉澱後離心，其上清液的旋光度的變化呈現略高於零值的(+)-旋光值(酒石酸溶液的原本旋光值為零)，且均為(+)-旋光值。
3. 雖然酒石酸鈣在沉澱的過程中，並無特別明顯產生(+)、(-)值的酒石酸鈣旋光物質沉澱的選擇性，但其上清液卻呈現(+)-旋光值，這引起我們的注意，並接下來想探討為何會有此差異的情形。
4. 為了避免沉澱物的影響，接下來我們配製微量濃度下(接近該沉澱物的 K_{sp} 的濃度)，並探討溶液反應過程中，其旋光值的變化情形。

實驗四 探討不同濃度的鈣離子與酒石酸、酒石酸鉀鈉溶液反應，在波長 589nm 下，偵測其「旋光度」與「吸收度」隨時間的變化情形情形。

(一)、實驗步驟：

- 1.配製 0.02M、0.01M、0.002M 的之氯化鈣溶液。
- 2.配製 0.5M 的酒石酸溶液。
- 3.在試管中取上述溶液以 1：1 等體積混合放入紫外可見光儀後，並測其旋光值。
- 4.在試管中取上述溶液以 1：1 等體積混合放入旋光器後，並測其旋光值

(二)、實驗結果：

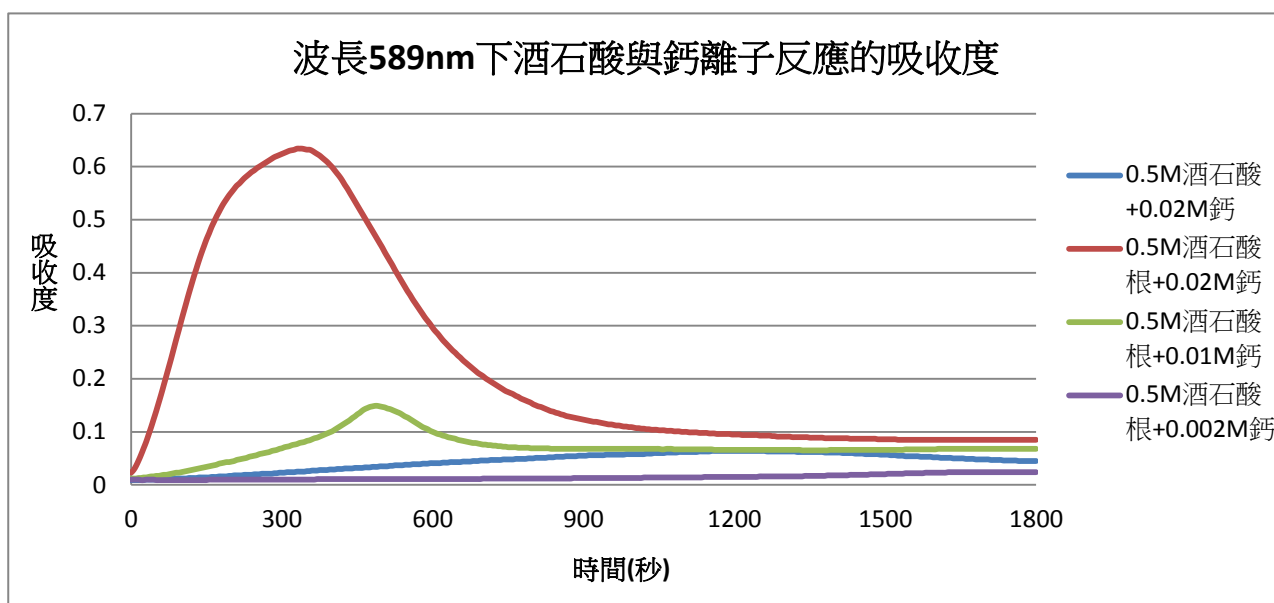


圖 13 固定波長 589nm 照射下，酒石酸溶液與鈣離子在紫外可見光儀中其吸收度變化情形

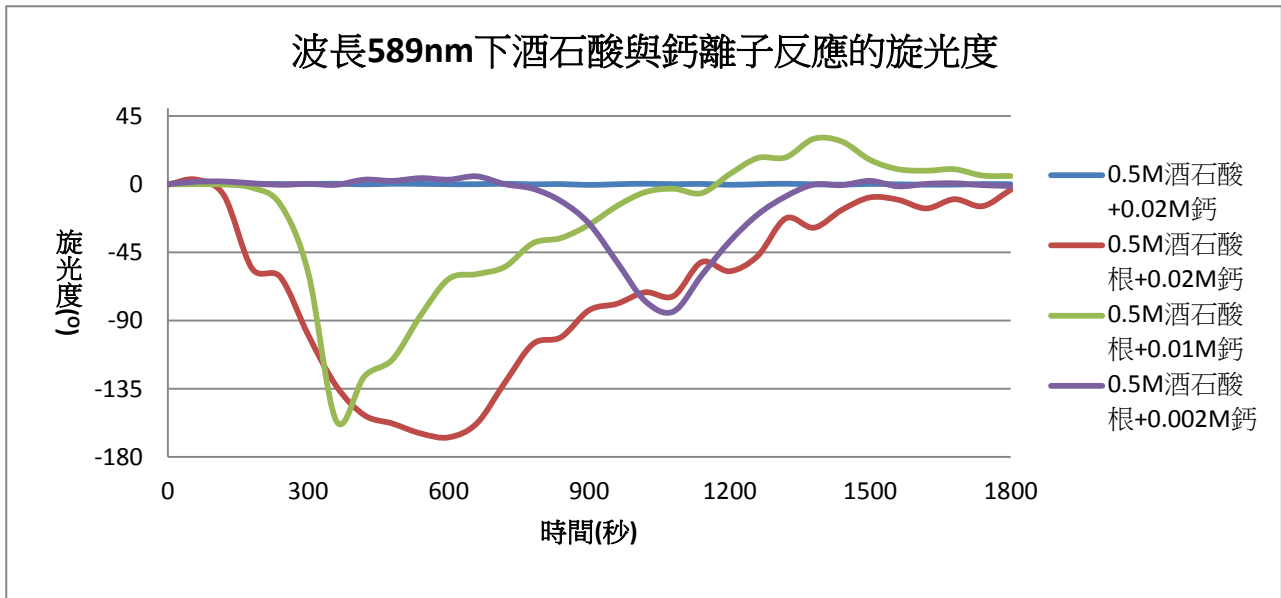


圖 14 固定波長 589nm 照射下，酒石酸溶液與鈣離子在旋光儀中其旋光度變化情形

(三)、實驗討論

- 1.在紫外可見光儀測量下，酒石酸根為 0.5M，並加入不同濃度的鈣離子。結果發現，鈣在 0.02M 時會產生較大的濁度。而在 0.01M 時，其濁度只有略為上升，這表示鈣離子與酒石酸的濃度比值會影響其結晶形成的不同。當鈣離子在 0.002M 下，則溶液並不易產生濁度。
- 2.在紫外可見光儀測量下，酒石酸 0.5M 並加入不同濃度的鈣離子時，其濁度不高，但需要較長時間才能形成。
- 3.在旋光儀測量下，酒石酸 0.5M 並加入 0.02M 的鈣離子時，並不會產生旋光值的改變。
- 4.在旋光儀測量下，酒石酸根為 0.5M，並加入不同濃度的鈣離子。結果發現，鈣在 0.01M 時會產生較大的濁度時，其旋光度也有產生變化。而在 0.02M 時，其濁度只有略為上升，但旋光度則有大量的變化，且形成時間也較長。因此，在鈣濃度太大時，產生的濁度會影響旋光值。
- 5.在旋光儀測量下，酒石酸根為 0.5M 並加入鈣離子在 0.002M 下，此時溶液不會產生濁度，但我們可以發現，溶液的旋光度也會產生改變，這表示除濁度外，酒石酸根與鈣離子在反應過程中，會產生溶液的旋光度改變。因此，接下來我們利用極微量濃度，在不產生濁度下，探討鈣離子與酒石酸溶液形成旋光度變化的情形。

實驗五 探討旋光及非旋光物質與微量鈣離子濃度反應，其旋光值變化情形。

(一)實驗原理：

我們查尋幾種易與鈣離子沉澱，且不具旋光性的陰離子，如碳酸根及氫氧根。資料顯示，碳酸鈣的 $K_{sp}=8.7\times 10^{-9}$ ，氫氧化鈣的 $K_{sp}=5\times 10^{-6}$ ，酒石酸鈣的 $K_{sp}=7.7\times 10^{-7}$ ，為了避免沉澱物影響溶液的旋光性，我們配製了 0.5M 的陰離子及各溶液所對應的微量鈣離子(濃度乘積係數次方略大於 k_{sp})，並放入自製儀器中偵測。

(二)、實驗步驟：

- 1.配製 0.5M 的酒石酸根、氫氧根、碳酸根溶液。
- 2.配製微量鈣離子溶液(濃度依其乘積係數次方略大於 K_{sp})。
- 3.在試管中取上述溶液以 1：1 等體積混合，並放入自製旋光儀器測其旋光值，記錄不同時間下，其旋光度的變化情形。
- 4.利用雷射筆來觀看溶液產生晶核的變化情形。

(二)、實驗結果：

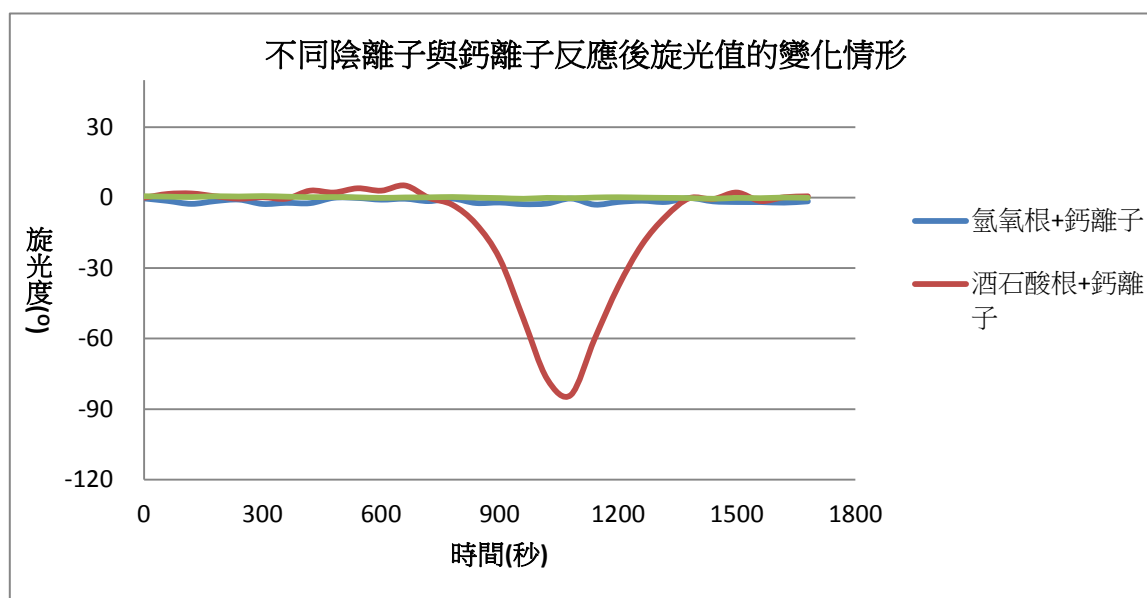


圖 15：氫氧根、酒石酸根與碳酸根與鈣離子在鹼性溶液下其旋光值的變化情形

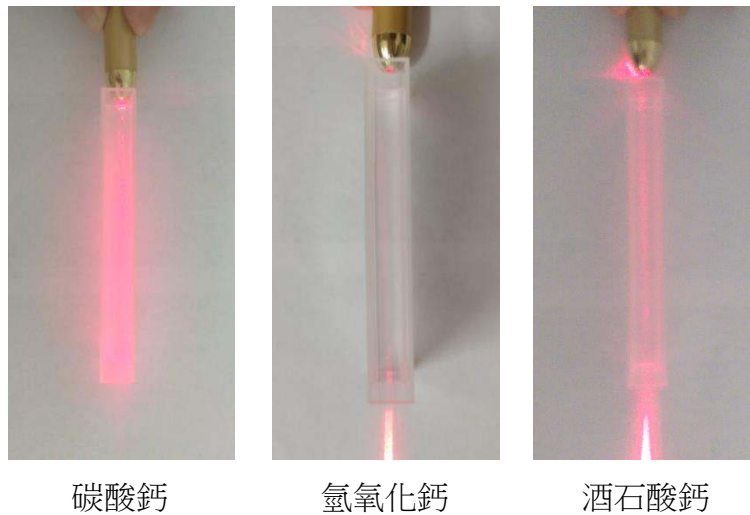


圖 16：氫氧化鈣、酒石酸鈣與碳酸鈣溶液用雷射筆照射產生光徑的差異

(三)、實驗討論

- 1.為了避免沉澱物干擾，我們利用微量濃度進行偵測。在鈣離子微量濃度下，結果發現，其不具旋光性的晶核並不會造成溶液有旋光的特性，而酒石酸鈣在產生晶核時，則會造成溶液旋光值的變化。
- 2.經觀察其反應，碳酸鈣溶液在反應後，其外觀上會產生些許霧狀，而氫氧化鈣與酒石酸鈣溶液則是較為澄清。
- 3.利用雷射筆照射後，發現碳酸鈣有散光狀，氫氧化鈣有細小光徑，而酒石酸鈣則有一片片亮亮的光徑。
- 4.經自製旋光儀器偵測下，發現碳酸鈣與氫氧化鈣的旋光值並無改變，而酒石酸鈣的旋光值會先變成較高的(-)-旋光值後，再變回較低的(-)-旋光值。
- 5.實驗結果發現，在鹼性條件下，其酒石酸與鈣離子形成晶核的過程中，其溶液的旋光值形成(-)-旋光值，這與實驗三所形成(+)-旋光值的結果不同。因此，接下來我們想探討不同的pH值是否對於其形成晶核過程中，有明顯旋光值的差異。

實驗六 在不同 pH 值條件下，探討酒石酸與微量鈣離子濃度反應，其旋光值變化情形。

(一)、實驗步驟：

- 1.我們利用實驗四的酒石酸及鈣離子濃度的溶液，分別取上述溶液以 1：1 等體積混合，並放入旋光儀器偵測其旋光值，並記錄不同時間下，其旋光度的變化情形。
- 2.改變不同的 pH 值，並重覆上步驟 1，並記錄不同時間下，其旋光度的變化情形。

(二)、實驗結果：

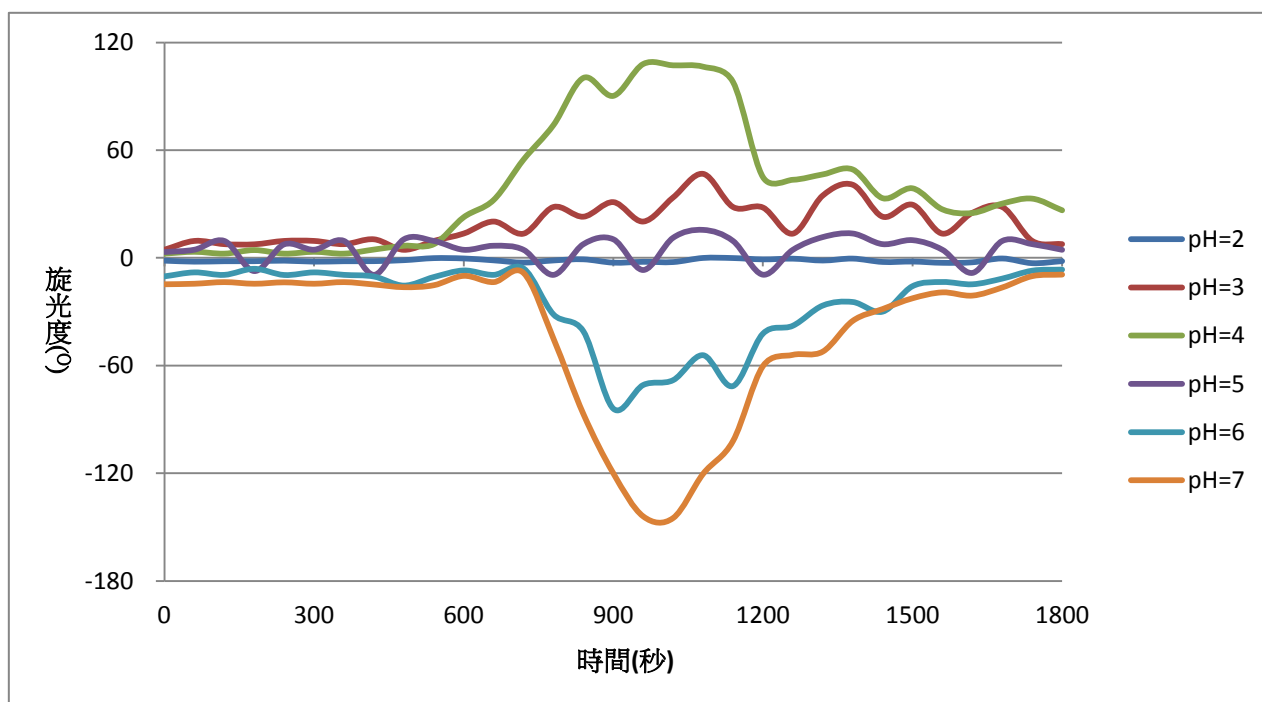


圖 17： pH=2-7 條件下，其旋光度的變化情形

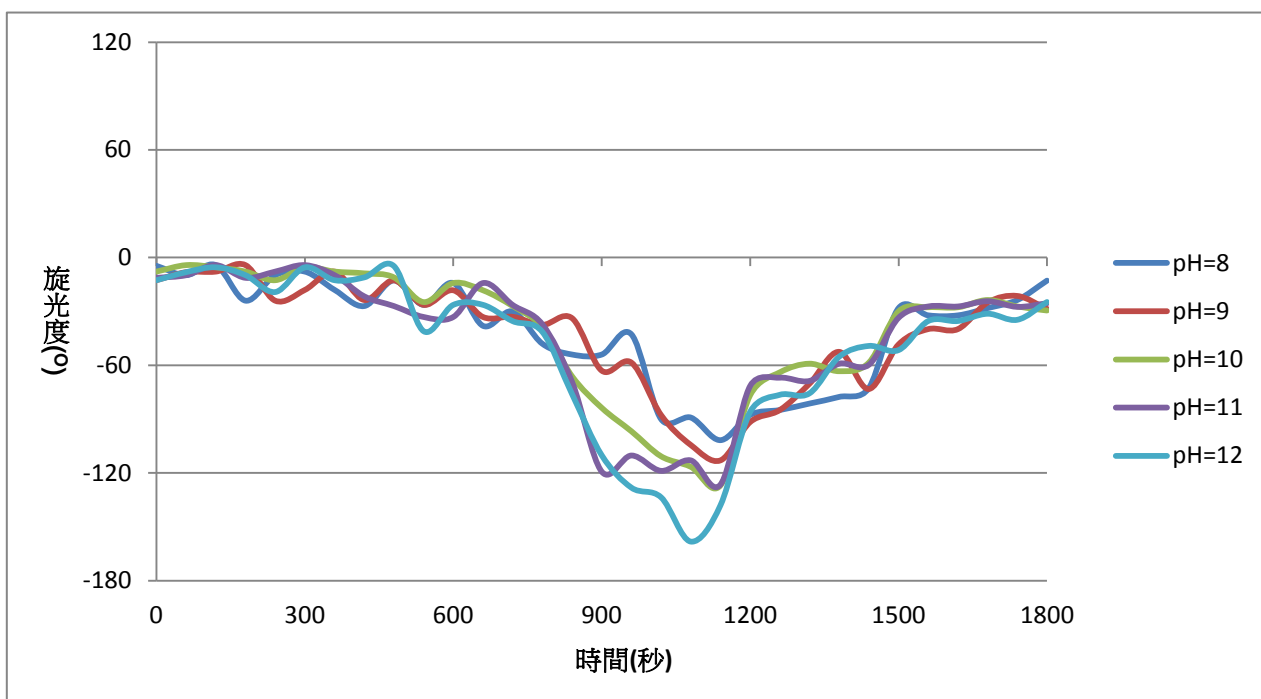


圖 18： pH=8-12 條件下，其旋光度的變化情形

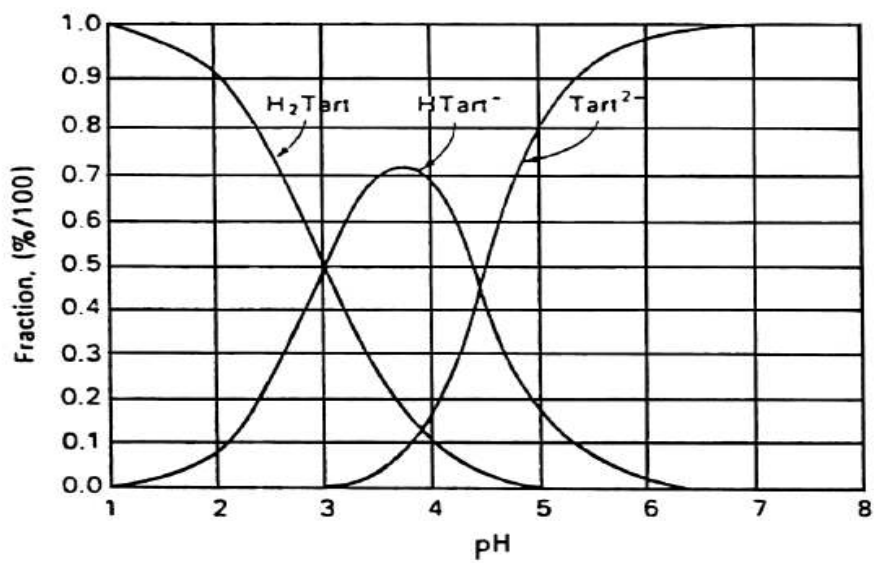


圖 19：不同 pH 下酒石酸的形態

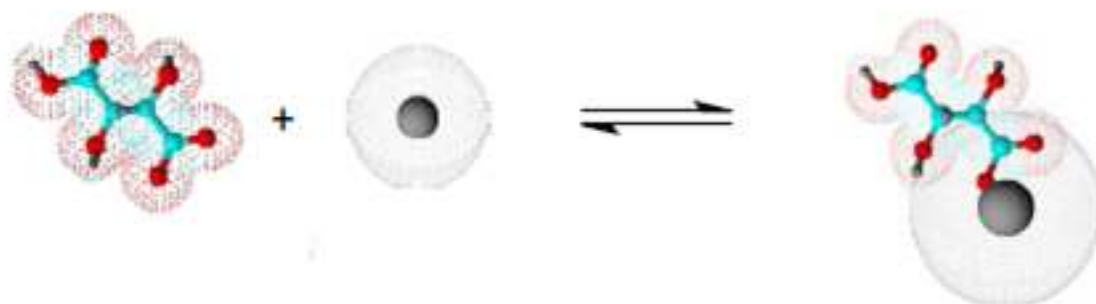


圖 20：形成酒石酸氫鈣的結構情形

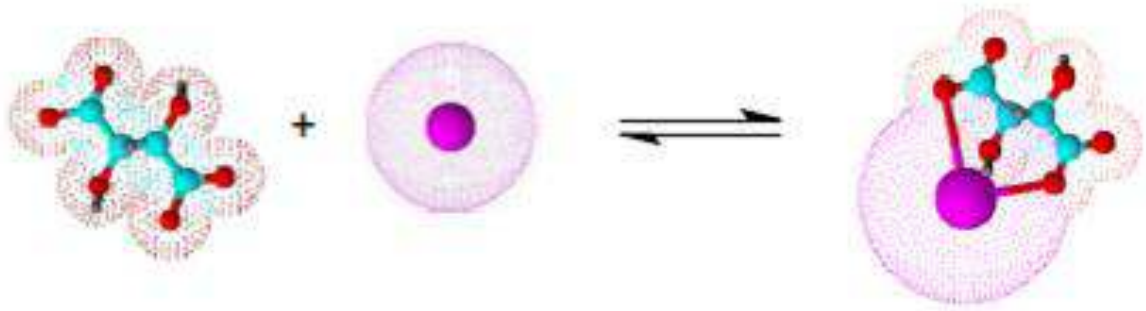


圖 21：形成酒石酸鈣的結構情形

(三)、實驗討論

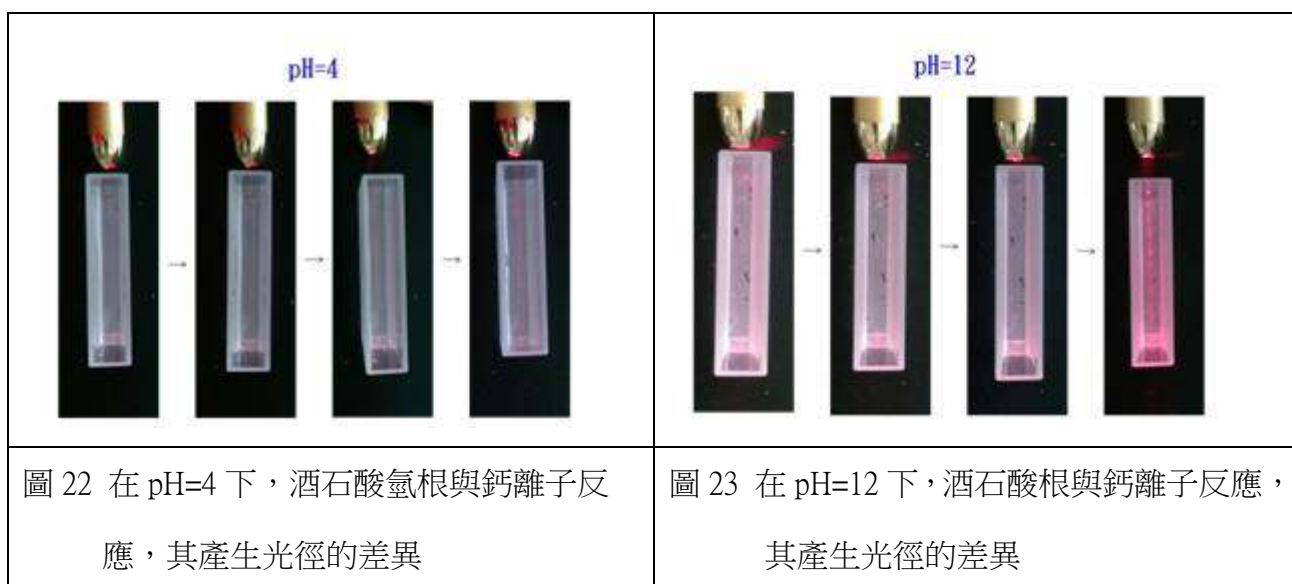
- 1.我們發現在 pH=2 下，幾乎沒有酒石酸鈣的晶核反應，其旋光值一直保持不變。
- 2.在 pH=3 時，主要以酒石酸與酒石酸氫根為主，此時我們測得的旋光值開始偏(+)-旋光值，其主要的原因為可能是產生了酒石酸氫鈣微粒。
- 3.在 pH=4 時，其值偏較高的(+)-旋光值，這表示酒石酸氫鈣在長晶的初期所產生微粒會造成溶液產生(+)-旋光值。
- 4.在 pH=5 時，偵測發現其值在(+)-旋光值及(-)-旋光值間。
- 5.在 pH=6-12 之間，其主要的形態為酒石酸根。而反應過程發現，儀器偵測出的旋光值主要以(-)-旋光值為主，這表示酒石酸鈣在長晶的初期會造成溶液產生(-)-旋光值。
- 6.不論在那一種條件下，最後旋光值都會降低至接近零處，這表示當晶核越來越大，其會產生與實驗三結果相同的結果，最後都呈現無特別明顯產生(+)-(-)值的酒石酸鈣旋光物質沉澱的選擇性。可是在形成期間，溶液卻會短暫呈現(+)-(-)-旋光值現象，引起我們的好奇心，接下來想探討為何會有此差異的情形。

實驗七 探討在 pH=4 及 pH=12 條件下，微量鈣離子與酸石氫酸根及酸石酸根形成奈米微粒情形。

(一)、實驗步驟：

1.在 pH=4 及 pH=12 的情形下，利用雷射筆觀看鈣離子與酸石氫酸根及酸石酸根反應，其隨著時間逐漸產生光徑的變化情形。

(二)、實驗結果：



(三)、實驗討論

- 1.在微量鈣濃度下，可以延緩其晶體的生成，而在晶體生成為奈米粒子大小時，會產生廷得耳效應(此時眼睛看不到沉澱的生成)，此時的晶體微粒會造成旋光改變。
- 2.經重覆實驗發現，在 pH=4 下，前期均可以生成(+)值的旋光性溶液，而溶液開始有酒石酸氫鈣晶核形成(此時應屬於晶核初期)，但時間一久後，其晶體越來越大(形成沉澱)。
- 3.在 pH=12 下，前期均可以生成(-)值的旋光性溶液，溶液中開始有酒石酸鈣晶核(此時應屬於

晶核初期)，但時間一久後，其晶體越來越大(形成沉澱)，即產生晶狀(會亮亮的)的酒石酸鈣沉澱。

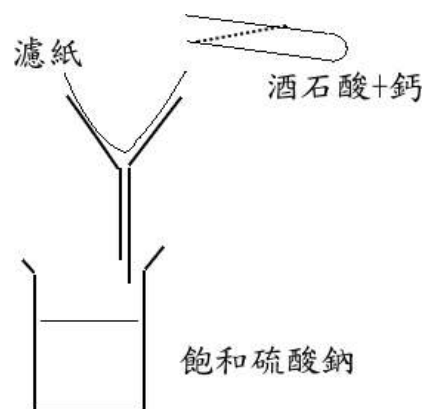
4.查資料顯示，造成在晶核時，我們可以測到(+)值的旋光值及(-)值的旋光值，但經長時間後將沉澱物過濾，最後溶液只有較小的旋光值。這表示其成晶核到沉澱過程中，對於外消旋的(+)-酒石酸及(-)-酒石酸形成晶核時並無特別選擇性。

實驗八 探討酒石酸根與鈣離子反應初期，進行鈣離子移除，並偵測其旋光度的變化情形

目的：為了瞭解酒石酸根與鈣離子反應過程中，瞬間移去鈣離子，並測其旋光度變化。

(一)、實驗步驟：

- 1.配成 0.002M 氯化鈣溶液。
- 2.配製 0.5M 的酒石酸根溶液。
- 3.在試管中取上述溶液以 1：1 等體積混和，並混合數杯。
- 4.準備數杯相同飽和硫酸鈉溶液(先過濾後，取澄清液)。將上述兩杯溶液開始混合數杯，在不同的時間(經過 5 分、10 分、15 分…)，並將溶液通過濾紙後，流入下方飽和硫酸鈉溶液內，以便去除鈣離子，其裝置如上。
- 6.並記錄其旋光值。



(二)、實驗結果：

表六 0.5 M 酒石酸根+0.002M 氯化鈣在不同反應時間下過濾後，其旋光值變化情形。

經過時間	5 分	10 分	15 分
旋光度(°)	-8.5	-14.2	-73.2

(三)、實驗討論

- 1.我們先進行空白實驗，先測定(1)硫酸鈉，無旋光性；(2)酒石酸根與硫酸鈉混合靜置，無旋光性；(3)硫酸鈉+氯化鈣沉澱後離心取上層澄清液，無旋光性。根據上述實驗表示，我們加

入硫酸鈉後，不會與酒石酸或是氯化鈣產生影響旋光的物質，因此以硫酸鈉作為鈣離子的去除方式來測定。

2.實驗結果發現，在過濾後的濾液我們發現溶液的旋光度相當穩定(變化度不大)持續相當長的一段時間，其旋光值能穩定呈現(-)-旋光度。

陸、討論與結論

- 1.實驗一中，我們找到一些材料，簡單、便宜並且容易取得，如雷射光、玻璃偏光片、電路板、顯示器(顯示電壓)等裝置，經由改良後，能精確、有效快速偵測含旋光物質溶液的旋光度變化。
- 2.實驗二中，與市售旋光儀比較下，本儀器進行酒石酸鉀鈉濃度的測試，實驗結果其濃度與旋光值呈線性關係，證明本儀器的可行性。
- 3.實驗三中，不同濃度的酒石酸與鈣離子形成沉澱後離心，其上清液的旋光度的變化呈現略高於零的(+)-旋光值，雖然酒石酸鈣沉澱並無特別明顯的選擇性但其上清液卻呈現(+)-旋光值(酒石酸溶液的原本旋光值為零)。
- 4.實驗四中，我們發現當酒石酸根為 0.5M，加入過高濃度的鈣離子時，會產生濁度並影響旋光度，而在低濃度的鈣離子下，溶液中並不會產生濁度，而且我們可以發現，溶液的旋光度也會產生改變，這表示除濁度外，酒石酸根與鈣離子在反應過程中，會產生溶液的旋光度改變。
- 5.實驗五中，為了避免沉澱物干擾，我們利用微量濃度進行偵測。結果發現，其不具旋光性的晶核並不會造成溶液有旋光的特性，而酒石酸鈣在產生晶核時，則會造成溶液旋光值的變化，此時旋光值會先變成較高的(-)-旋光值後，再變回較低的(-)-旋光值。且在鹼性條件下，其溶液會形成(-)-旋光值。
- 6.在實驗六中，pH=2 下，無法形成酒石酸鈣的晶核，可能是因為在酸中溶解度較大，酒石酸鈣無法有效形成晶核的原因。pH=3-4 時，主要以酒石酸與酒石酸氫根為主，此時我們測得的旋光值開始偏(+)-旋光值，這表示酒石酸氫鈣在長晶的初期所產生微粒會造成溶液產生(+)-旋光值。pH=6-12 之間，其主要的形態為酒石酸根。而反應過程發現，儀器偵測出的旋光值主要以(-)-旋光值為主，這表示酒石酸鈣在長晶的初期會造成溶液產生(-)-旋光值。
- 7.在實驗七中，我們利用雷射筆可能看到廷得耳效應，也確定其在晶核前期應屬於奈米顆粒的形成。

8.在實驗八中，我們先排除會影響旋光性的因素後，利用硫酸鈉來移除溶液中的鈣離子。在不同時間下，測試過濾後的濾液，我們發現溶液所形成的旋光度相當穩定(變化度不大)維持相當長的一段時間，其旋光值能穩定呈現(-)-旋光度。

柒、參考資料

- 一、耿繼業、何建娃(2008)。幾何光學。台北：全華科技 鐘錫華(2009)。現代光學基礎。北京：北京大學出版社
- 二、科技部高瞻自然科學教學平台(2010) · 酒石酸與葡萄酒 · 取自：
<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=8638>
- 三、酒石酸 · 維基百科 · 取自：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%85%92%E7%9F%B3%E9%85%B8>
- 四、Rib´ereau-Gayon et. al.,(2006) 。Handbook of Enology Volume 2: The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments 。
- 五、F. Grases*, G. Melero & J.G. March(1993) 。Kinetics of calcium tartrate crystal growth from supersaturated solutions 。Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 71, 115-121 。

【評語】 040204

優點：

1. 自製旋光儀，值得鼓勵。
2. 觀察到十分有趣的結果，為過去不曾研究過。數據結果豐富。

建議：

1. 對於所得的現象或結果應多做說明和文獻討論。
2. 可將測量時間延長(目前最常為 30 分鐘)，所得結果應更可說明現象。