

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-物理科

科 別：物 理 科

組 別：國 中 組

作品名稱：濃不濃 ~ 光知道

關 鍵 詞：光吸收度、偏光儀、折射率

編 號：030112

學校名稱：

臺中縣立豐東國民中學

作者姓名：

陳宜劭、何書慧、劉曜萱、連建閔

指導老師：

賴月琴、何美幸



作品名稱：濃不濃~光知道

壹、摘要

將實驗室現有的器材及日常生活中可回收利用的材料，自製三種測量儀，以研究溶液濃度：自製光度衰減儀讓光來『讀出』有色溶液的濃度。自製偏光儀讓旋光物質的濃度在光底下『現形』。自製折射儀改進現有裝置，能節省大量的藥品，符合『環保』概念。

貳、研究動機

參加辯論社的阿花又爲了理化實驗 1-2(甲)濃度與飽和溶液在實驗室和阿國損上了，阿花說阿國黃色的硫酸鐵溶液一定配錯了，否則爲什麼同樣是 0.8g 的硫酸鐵溶在 10ml 的水裏，阿國的看起來就比她的淺！我們大家都覺得差不多嘛，何必那麼計較，阿花就罵我們沒有明察秋毫、追根究底的精神…。我們好同情委屈的阿國，如果數字會說話，誰是誰非就揭曉了。

到了下一次理化 1-2(乙)溫度對硝酸鉀固體溶解度的影響實驗時，戲碼又上演了，這次阿國更冤，因爲溶液是無色的…。

祖母在釀酒發酵的期間，頻頻打開蓋子聞一聞有沒有酒味，如果沒有，就會說，孫ㄟ，阿嬤鼻仔不好，快來幫阿嬤聞一聞有沒有酒味好不好？如果我能準確的比較出第幾天酒精的含量爲多少，不知道會有多好…。

上了第四章光的單元後，又加上學妹拿了一台光度計進來測燈管亮度時，我突然有了不錯的想法，如果能讓光來當評判，濃不濃不就知道了？於是我決定走向科研社，在老師的指導下，希望我能與同學設計出簡易的儀器來解決實驗及生活上的問題。加油！

參、研究目的

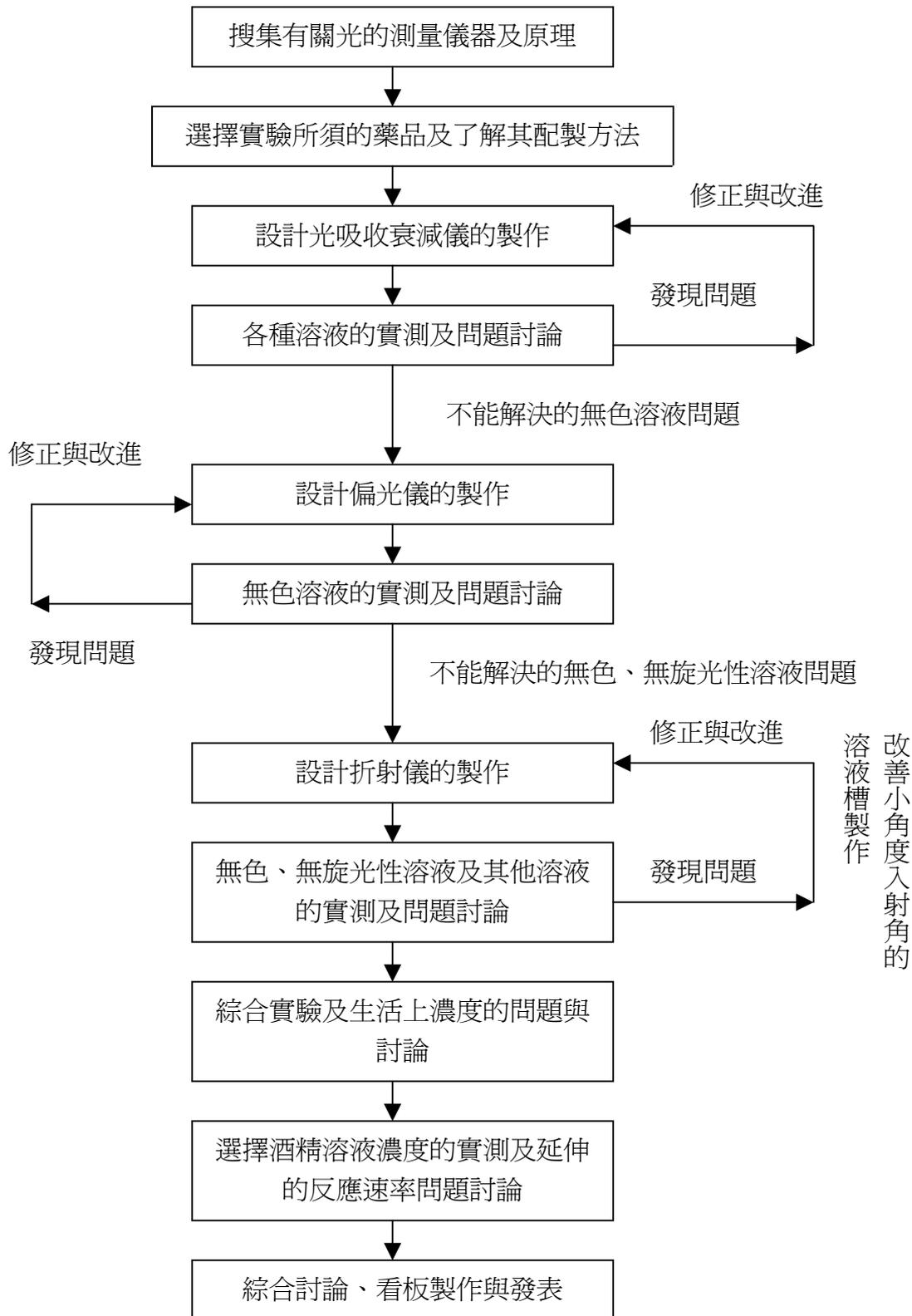
- 一、利用自製光吸收衰減儀來測各種溶液的濃度。
- 二、利用自製偏光儀來測透明溶液的濃度。
- 三、利用自製折射儀來測透明溶液的濃度。
- 四、改善小角度折射誤差的自製折射儀設計。
- 五、利用自製儀器來標定實驗室廢液的濃度以利回收使用。
- 六、利用自製的光吸收衰減儀來比較在不同濃度下的反應速率大小。
- 七、利用自製的儀器來進行酒精濃度的測定並檢測紅標米酒、料理米酒和阿嬤的私釀酒的酒精濃度。

肆、研究設備及器材

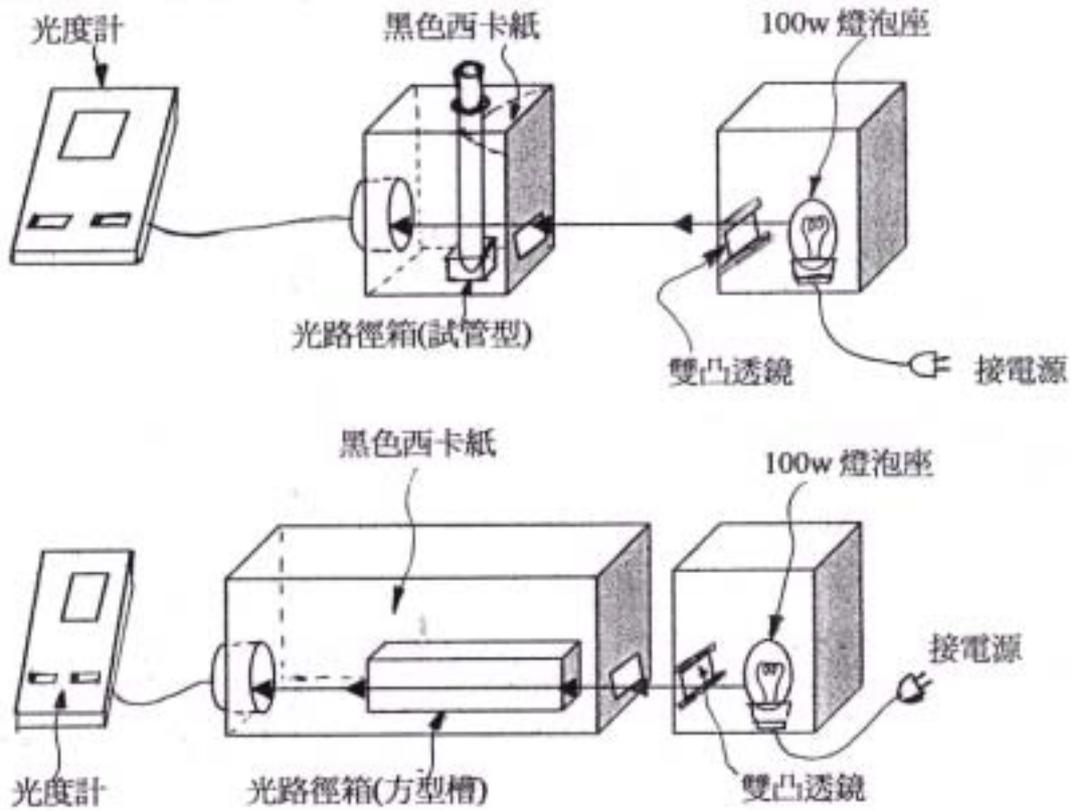
自製光吸收衰減儀、自製偏光儀、自製光折射儀、7.6cm×2~10cm 的自製方形溶液槽、自製 30° 及 60° 等腰三角形溶液槽、光度計、光學燈座、小型電風扇、半圓形量角器、電腦 Excel 及 Microsoft Word 軟體、電腦掃描器、吸量管、量筒、試管、硫酸銅、食鹽、葡萄糖、牛奶、二鉻酸鉀、硫酸、酒精、紅標米酒、料理米酒、自製米酒

伍、研究過程及方法

一、研究流程：



二、光吸收衰減儀製作(想法、研究過程及實驗步驟、表格如附件三)



以玻片製方形溶液槽
(用直角三角板控制平行)



自製光衰減儀的外觀



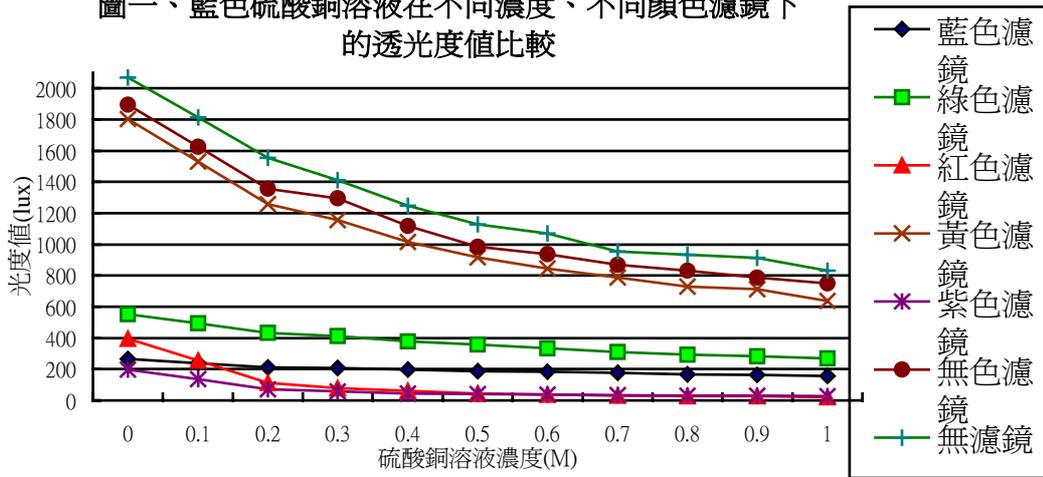
一人計時 一人讀表並紀錄



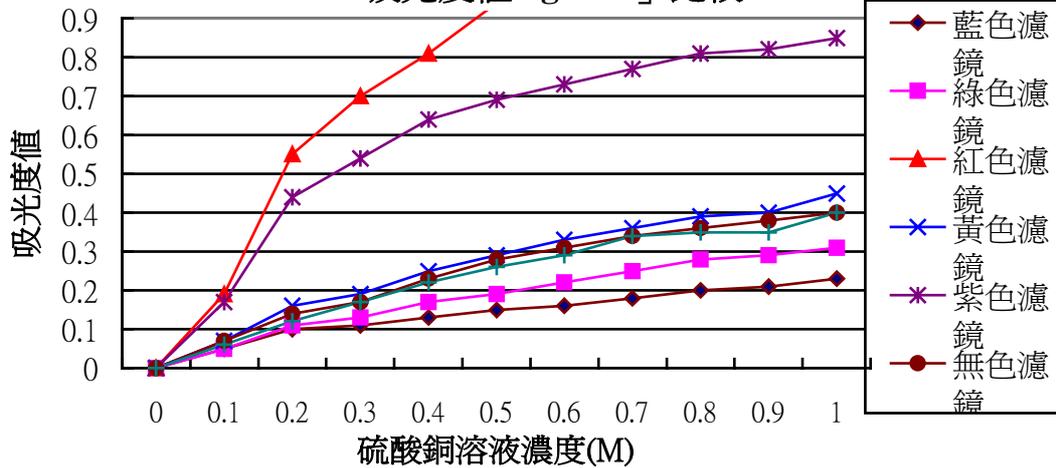
自製光衰減儀的內部情形

實驗一、不同濃度下的有色溶液光度值變化

圖一、藍色硫酸銅溶液在不同濃度、不同顏色濾鏡下的透光度值比較



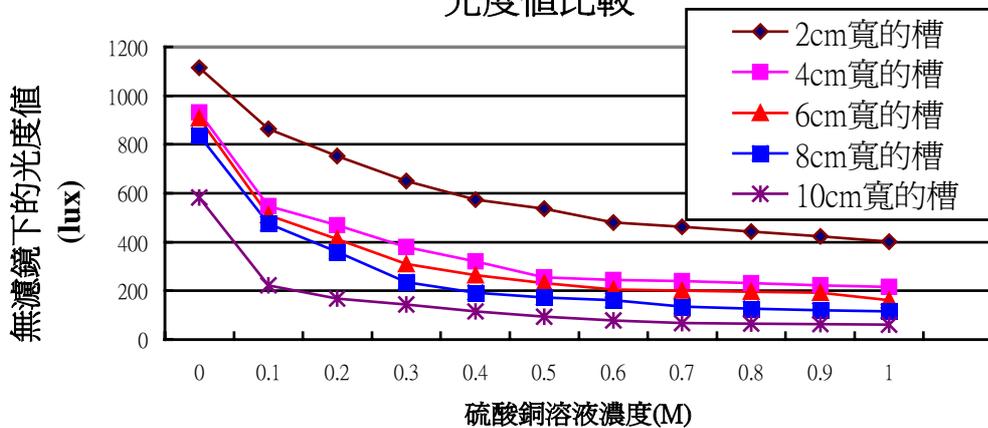
圖二、硫酸銅溶液在不同濃度、不同濾鏡下的「吸光度值logPo/P」比較



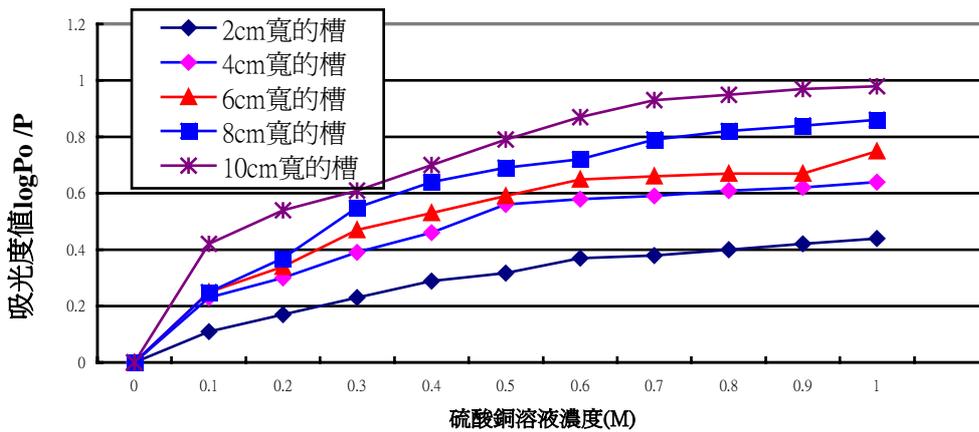
P₀：光經過 0M 溶液的光度值。

P：光經過各種不同溶液的光度值。

圖三、硫酸銅溶液在不同濃度、各種溶液槽的光度值比較

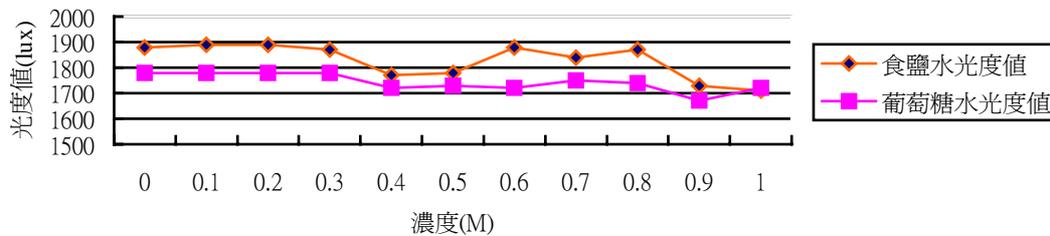


圖四、硫酸銅溶液在不同濃度、各種溶液槽的吸光度值logPo/P比較

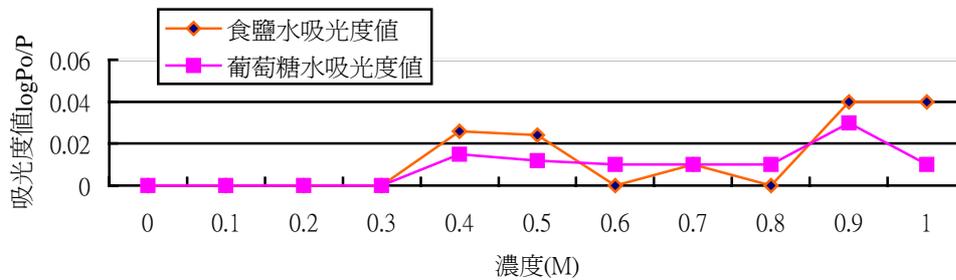


實驗二、不同濃度下的無色溶液光度值變化

圖五、不同濃度食鹽水和葡萄糖水溶液透光度值比較

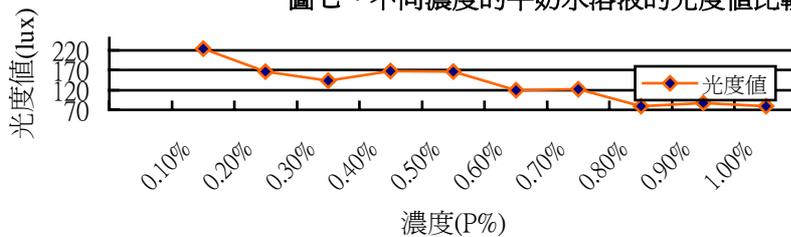


圖六、不同濃度的食鹽水和葡萄糖水溶液吸光度值比較

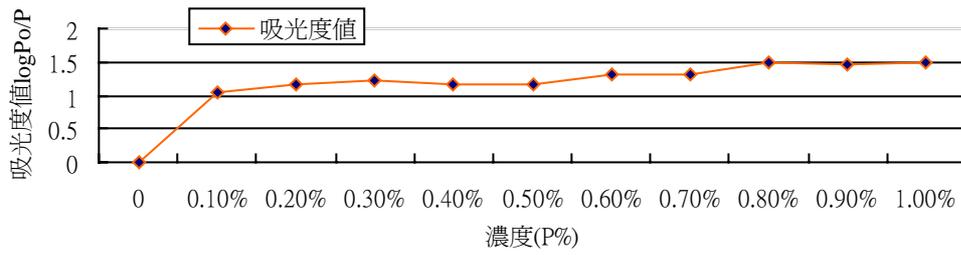


實驗三、不同濃度下的膠態溶液光度值變化

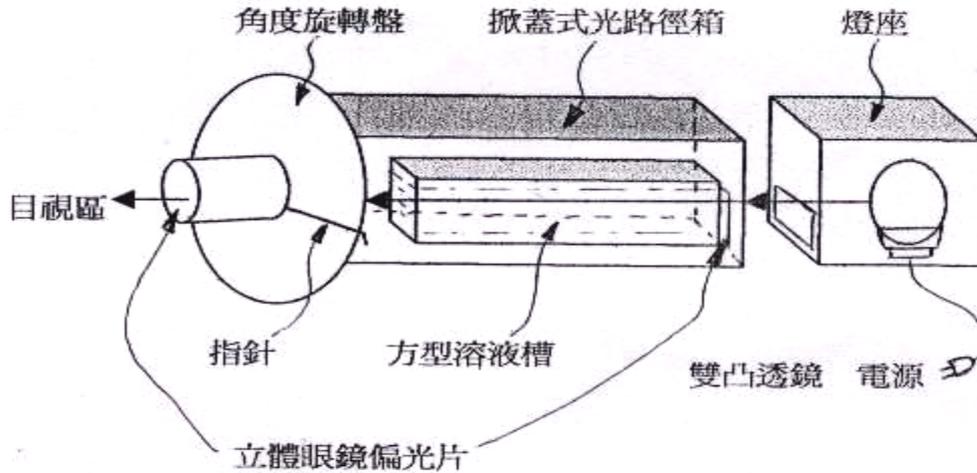
圖七、不同濃度的牛奶水溶液的光度值比較



圖八、不同濃度的牛奶水溶液吸光度值比較



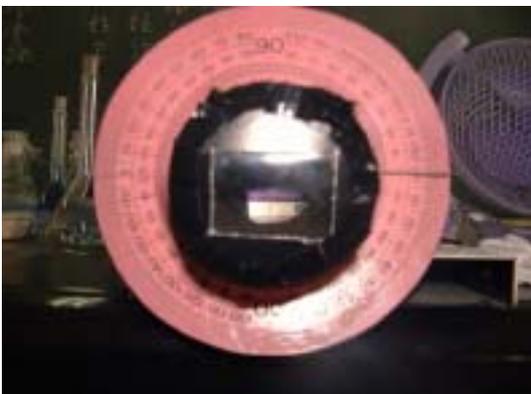
二、偏光儀製作 (想法、研究過程及實驗步驟、表格如附件四)



以黑色西卡紙遮光



校正零刻度



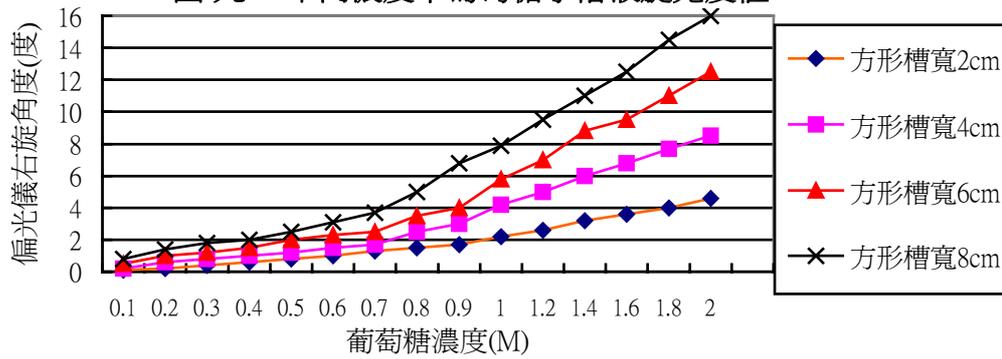
放入旋光物質後下層有溶液部分會透光



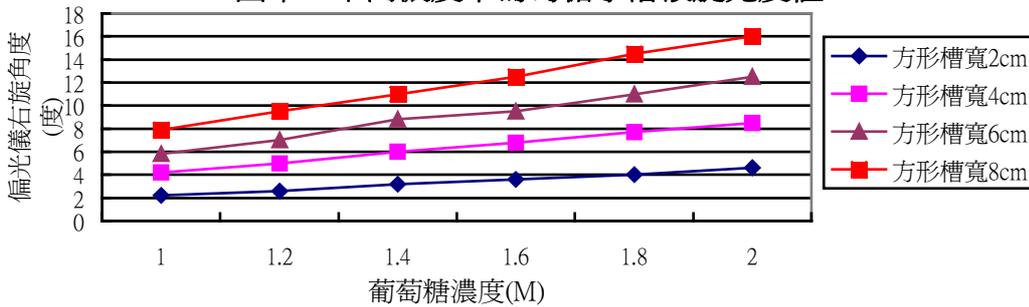
旋轉偏光鏡使下層不透光，可讀出偏光角

實驗四、不同濃度下的葡萄糖水溶液旋光角度值變化

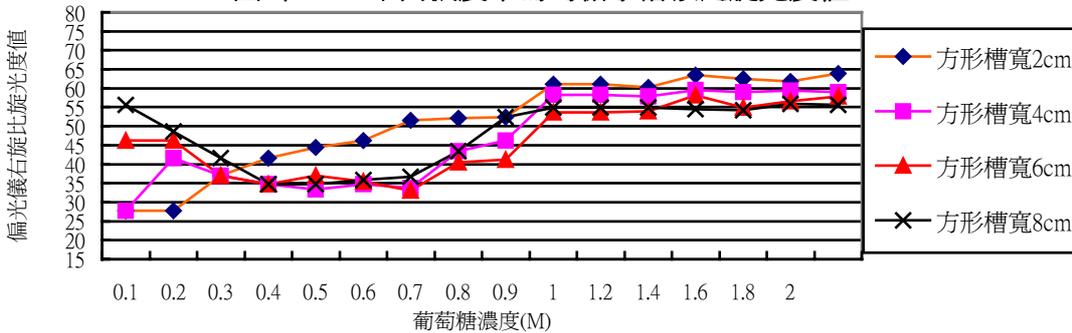
圖九、不同濃度下葡萄糖水溶液旋光度值



圖十、不同濃度下葡萄糖水溶液旋光度值

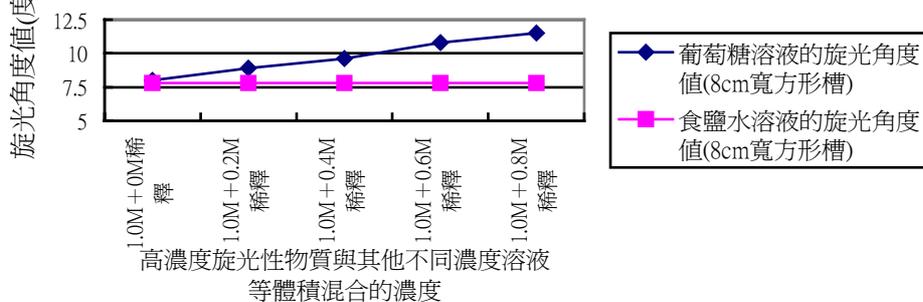


圖十一、不同濃度下葡萄糖水溶液比旋光度值

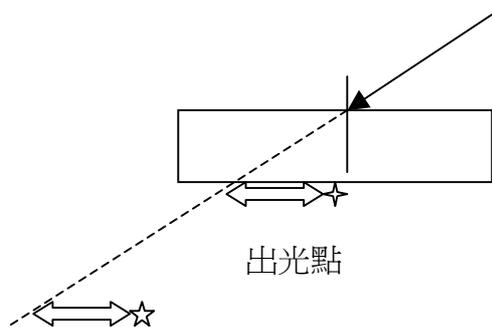
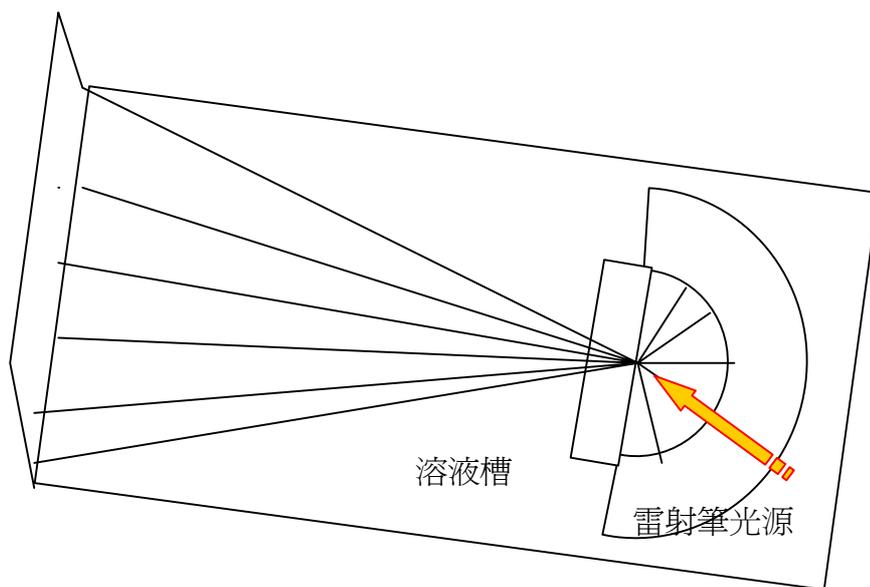


實驗五、低濃度葡萄糖溶液加入高濃度葡萄糖溶液的旋光角度值變化及無旋光性的無色溶液加入高濃度葡萄糖溶液時的旋光角度值變化

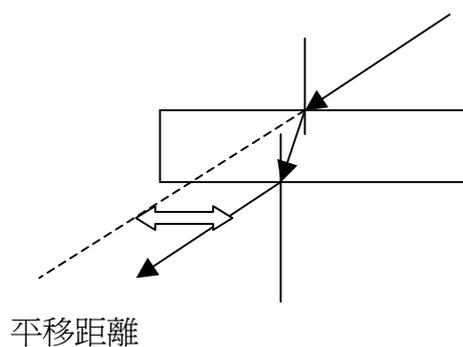
圖十二、混合旋光與非旋光性物質的旋光角度值比較



四、折射儀製作(想法、研究過程及實驗步驟、表格如附件五)

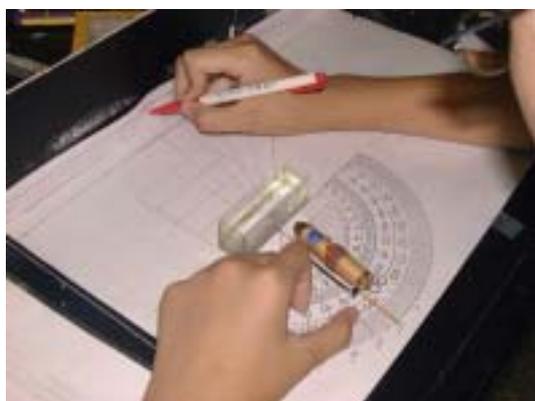


圖甲



圖乙

如圖甲所示，量出出光點，連接光進入溶液槽與出溶液槽的點，即為光在溶液槽中的行進路徑，如圖乙所示，測量此直線與法線的夾角，即為折射角



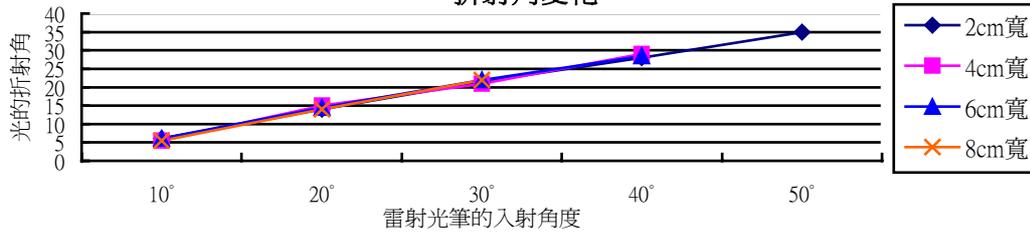
用橡皮筋固定開關避免晃動雷射筆
(筆座下指針加長對準前後刻度)



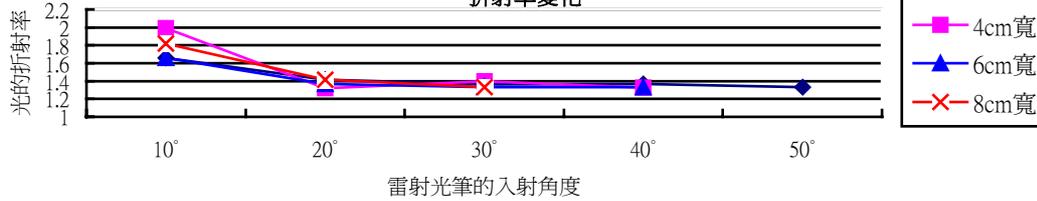
以懸掛的針為鉛垂線找出光點

實驗六、食鹽水溶液的折射實驗

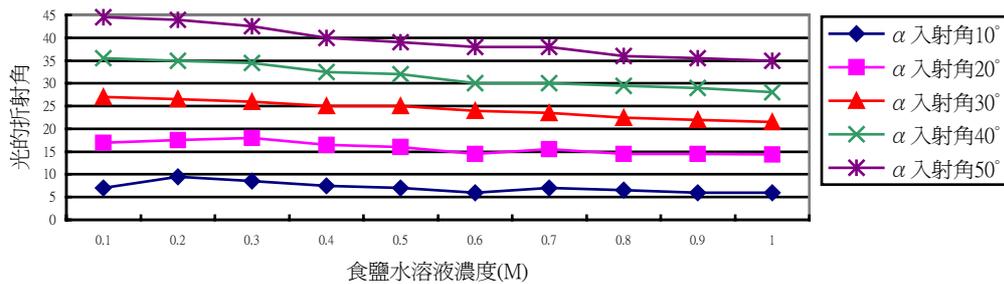
圖十三、不同入射角下，食鹽水1.0M在各種溶液槽的折射角變化



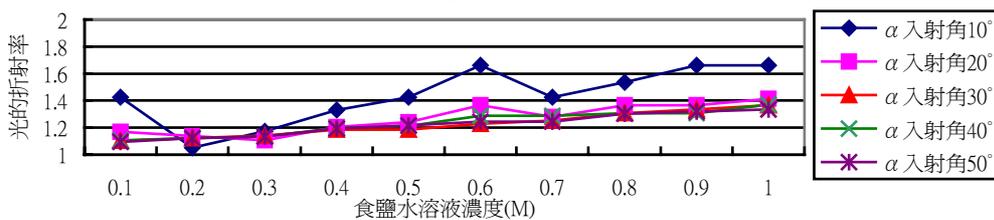
圖十四、不同入射角下，食鹽水1.0M在各種溶液槽的折射率變化



圖十五、不同入射角下，2cm寬長方形食鹽水溶液槽的折射角變化

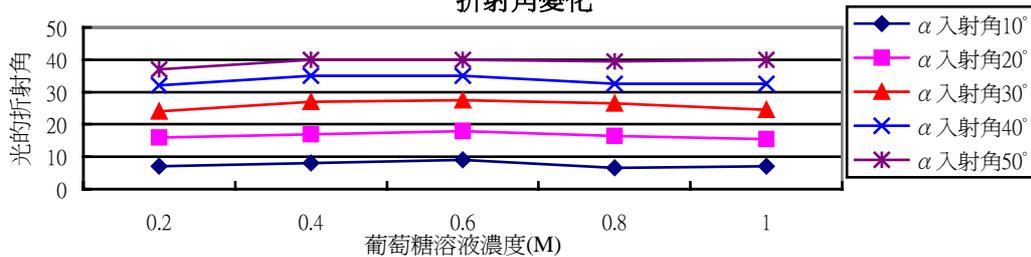


圖十六、不同入射角下，2cm寬食鹽水溶液槽的折射率變化

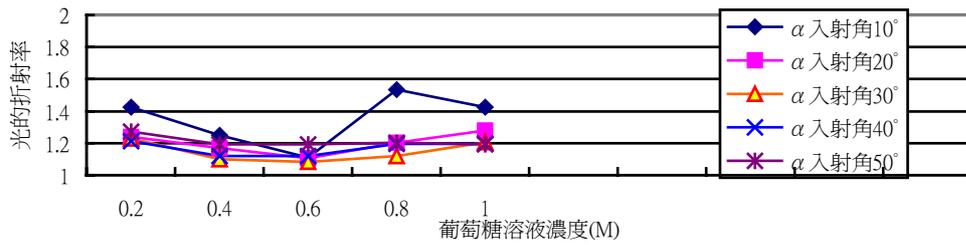


實驗七、葡萄糖水溶液的折射實驗

圖十七、不同入射角下，2cm寬長方形葡萄糖溶液槽的折射角變化

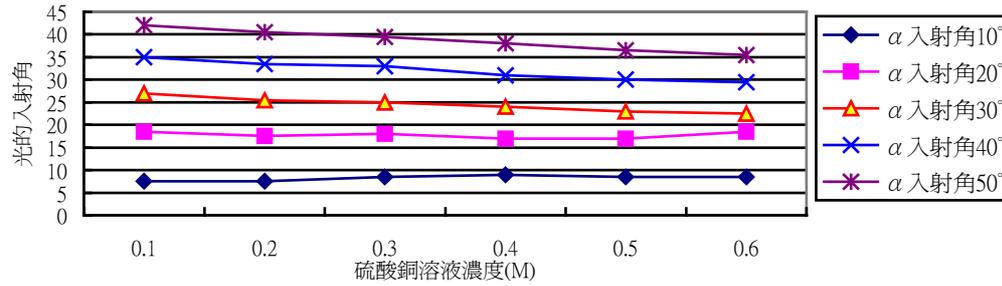


圖十八、不同入射角下，2cm寬葡萄糖溶液槽的
折射率變化

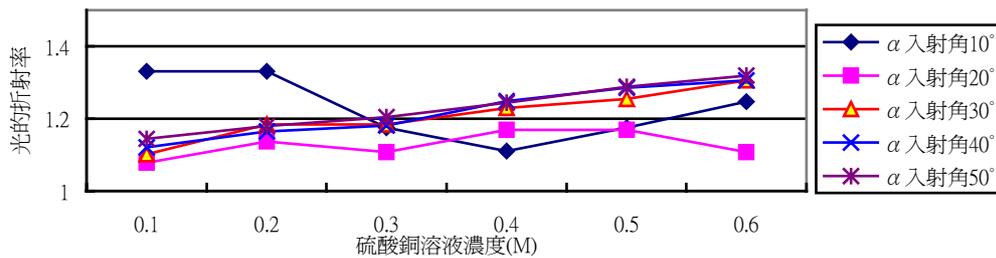


實驗八、硫酸銅溶液槽的折射實驗

圖十九、不同入射角下，2cm寬硫酸銅溶液槽的折射角變化

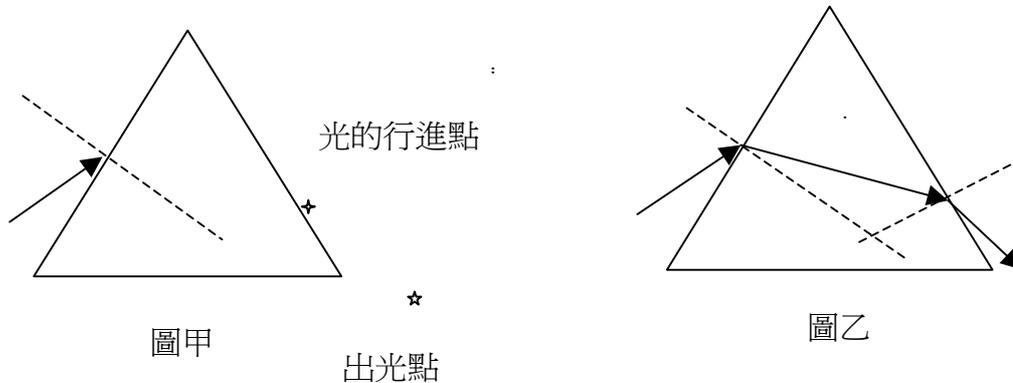


圖二十、不同入射角下，2cm寬硫酸銅溶液槽的折射率變化

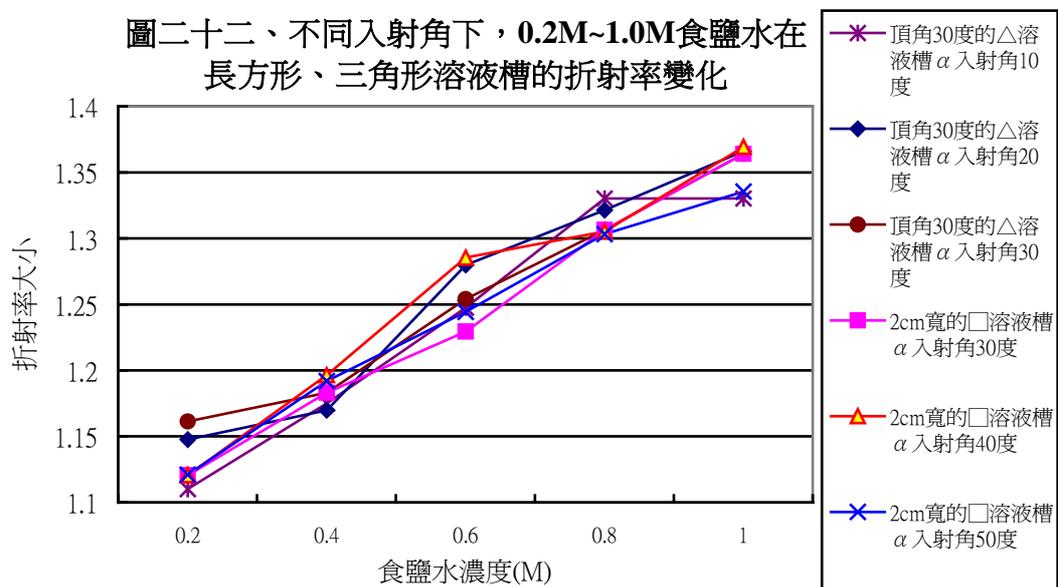
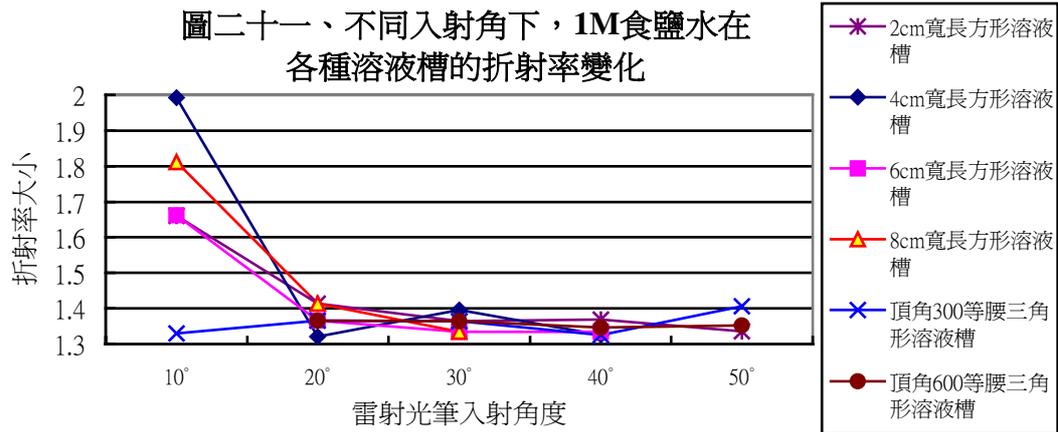


五、改善小角度入射角的折射誤差的自製折射儀(想法、研究過程及實驗步驟、表格如附件六)

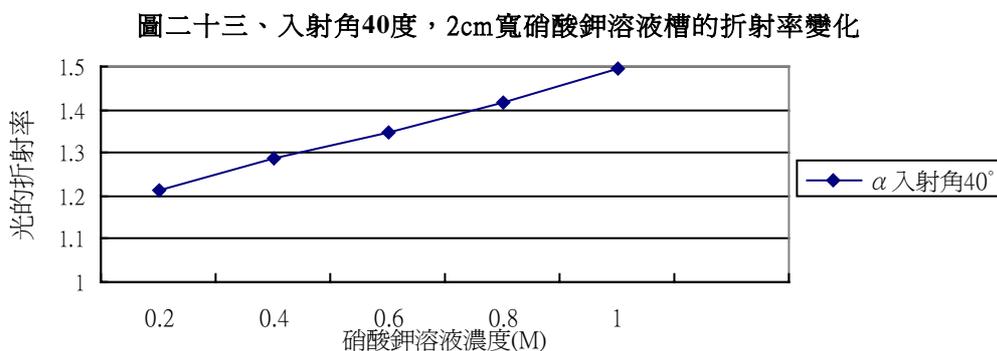
以懸掛的細針利用鉛垂線的觀念及光照到物體可反射光線的原理，另找一個光的行進點，如圖甲所示，將兩點連成一直線，即為光經三角形溶液槽的出光路線，量此直線與法線的夾角，即為光出空氣的折射角，並連接光進入溶液槽與出溶液槽的點，量此直線與法線的夾角，即可測出光入溶液的折射角，如圖乙所示



實驗九、三角形溶液槽的食鹽水折射實驗



實驗十、2cm 方形溶液槽的硝酸鉀溶液濃度對折射率檢量線



未知硝酸鉀溶液的折射率 1.4663
依內插法推算得濃度為 0.93M

六、利用自製的光吸收衰減儀來比較在不同濃度下的反應速率大小(想法、研究過程及實驗步驟、表格如附件七)



市售的各種酒精溶液



待測的酒精溶液加入濃硫酸



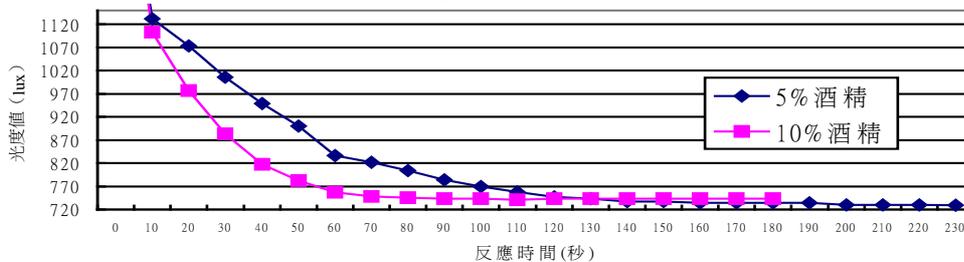
待測液再加入二鉻酸鉀成橙色



一人計時 一人讀表並紀錄

實驗十一、光測定法測酒精與二鉻酸鉀的反應時間、反應速率的比較

圖二十四、0.1M二鉻酸鉀在6M硫酸下與5%及10%不同濃度酒精反應的光度值比較

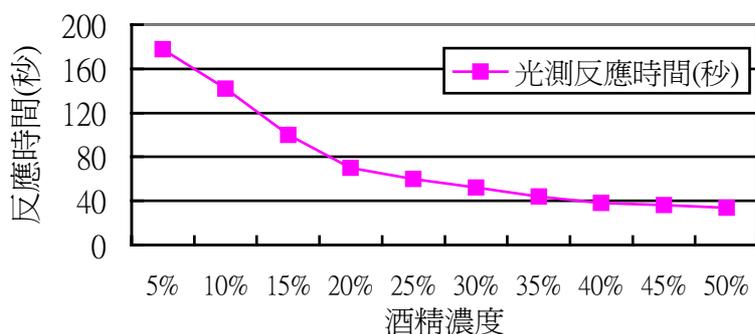


七、利用自製的儀器來進行酒精濃度的測定(想法、研究過程及實驗步驟、部份表格如附件八)

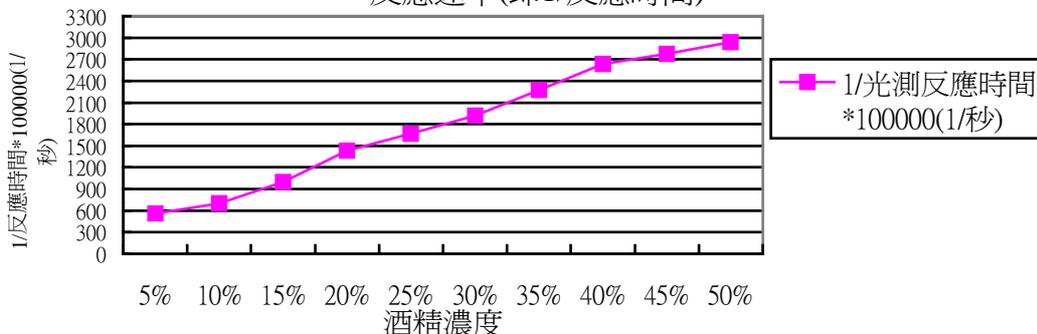
酒的種類	紅標米酒	料理米酒	阿嬤私釀酒
光測反應時間(秒)	75	54	35
1/光測反應時間 *100000(1/秒)	1333	1851	2857
推測酒精濃度	19.17%	28.75%	47.5%

實驗十二、紅標米酒、料理米酒和阿嬤私釀酒的濃度光測法

圖二十五、光測法測各濃度酒精與二鉻酸鉀的反應時間



圖二十六、光測法測各濃度酒精與二鉻酸鉀的反應速率(即1/反應時間)



陸、研究結果

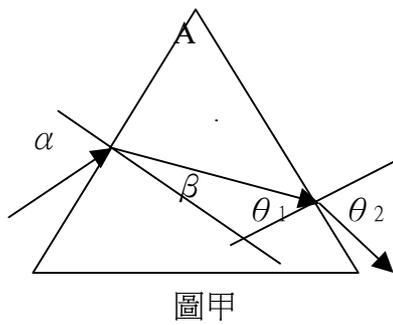
1. **實驗一可知：**不同顏色濾光片為光源，經藍色硫酸銅溶液，其透光度皆隨溶液濃度增加有遞減的趨勢。其吸光度皆隨溶液濃度增加有遞增的趨勢。
2. 硫酸銅溶液濃度愈高，透光度值減少，吸光度值越高，同濃度下，光通過溶液槽越長，吸光度越大。
3. **實驗二可知：**透明溶液不適合用光衰減法來測濃度。
4. **實驗三可知：**膠態溶液不適合用光衰減法來測濃度。
5. **實驗四可知：**角度越小，判讀的誤差越大，所以用偏光儀測旋光性物質的濃度，最好選擇溶液槽較長的，誤差較小。如果未知液的濃度低，可用混合濃度的觀念，用已知高濃度的

溶液去混合未知濃度的溶液，測旋光角，對照檢量表，換算未知液的濃度。

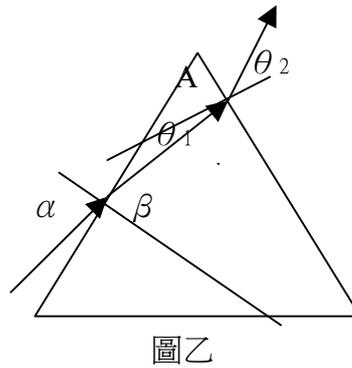
6. 葡萄糖水溶液的旋光角隨濃度增加而遞增，而且同濃度的葡萄糖水溶液，溶液槽越長，光通過葡萄糖數目越多，旋光角越大。
7. **實驗五可知：**可用混合溶液的方式來減少低濃度葡萄糖溶液的旋光角誤差，以求得濃度大小。
8. 高濃度葡萄糖溶液加入無旋光性、等體積不同濃度的食鹽水時，幾乎等於將高濃度旋光性的葡萄糖溶液稀釋一倍的旋光角度值。所以混合旋光只適合具有高、低濃度旋光性的物質的混合。
9. **實驗六可知：**光路徑的長度並不影響折射率量測的精確度，且入射角在 $30^\circ \sim 50^\circ$ 時折射率可隨濃度增加而遞增。
10. 食鹽水的折射率在光入射角為 10° 、 20° 時沒有清楚的線性關係，但是入射角在 $30^\circ \sim 50^\circ$ 時折射率隨濃度的增加而遞增，其斜率變化並不是很大，所以後續葡萄糖溶液我們只取 $0.2M$ 、 $0.4M$ 、 $0.6M$ 、 $0.8M$ 、 $1.0M$ 來測量折射角。
11. **實驗七可知：**葡萄糖水溶液的折射率與濃度在我們的測量範圍間並無明顯的規則性，不適合用光的折射性質來測量。
12. **實驗八可知：**硫酸銅在高濃度時透光性太差，所以我們取 $0.1M \sim 0.6M$ 來測量，其折射率在光的入射角為 10° 、 20° 時沒有清楚的線性關係，但入射角在 $30^\circ \sim 50^\circ$ 時，折射率隨濃度的增加而遞增。
13. **實驗九可知：**以折射率來測量濃度的實驗時，可將 2 公分方形溶液槽，以光入射角 $30^\circ \sim 50^\circ$ 的測量值，與頂角 30° 的等腰三角形溶液槽，以光入射角 $10^\circ \sim 20^\circ$ 的值，求平均值以提高準確度。
14. 頂角 60° 的三角形溶液槽的第二次折射的入射角 θ_1 值較大，誤差較小，當 θ_1 大於 51° 時，遇到了臨界角的困擾，特別是光入射角度小時出現，最後我們決定取頂角 30° 的等腰三角形溶液槽作後續的測量。
15. 在三角形溶液槽的折射測量上，我們以 $n_1 \times n_2$ 的值來檢驗測量的準確度，當 $n_1 \times n_2$ 的值越趨近 1，即表示準確度越大，因為在折射率的關係上 n_1 與 n_2 互為倒數。
16. 由表二十一可知入射角 $10^\circ \sim 30^\circ$ 的 $n_1 \times n_2$ 值比較趨近 1，而且與前一個長方形溶液槽入射角在 $30^\circ \sim 50^\circ$ 時的實驗作比較，折射率也接近，也就是在三角形溶液槽的折射測量上，可以提高小角度入射光的折射測量的準確度。
17. **實驗十可知：**實驗室廢液硝酸鉀溶液的濃度可用自製折射儀標定
18. **實驗十一可知：**不同濃度的酒精溶液與限量的二鉻酸鉀在酸性溶液下的反應速率不同，其光度值對時間的曲線不同，讀出其光度”開始”成定值的時間，以用時間的倒數來代表其反應速率。
19. **實驗十二可知：**我們藉酒精與限量的二鉻酸鉀在酸性溶液下反應速率與酒精濃度的檢量圖，推測出市面上公賣局賣的稻香米酒、料理米酒與阿嬤的私釀酒的酒精濃度。

柒、討論

1. 實驗一可知：光源前濾光片顏色，甚至放濾光片與否，硫酸銅溶液的吸光度值與濃度間都有良好的線性關係，所以後續實驗中我們選擇不放濾鏡繼續光吸收衰減的測量。
2. 實驗二可知：光通過食鹽水溶液與葡萄糖水溶液，光度並無清楚的衰減的現象，可能是因為食鹽水與葡萄糖水皆為透明無色液體，透光性良好，不易吸收光的緣故，所以透明溶液不適合用光衰減法來測濃度。
3. 實驗三可知：光通過牛奶水溶液，光度迅速的衰減，但是並無線性關係，可能是因為牛奶水溶液為膠態溶液，溶質顆粒大易吸光，所以透光性差，且其易產生沉澱，顆粒分散不均勻，所以光度的衰減並沒有隨濃度而成比例，因此膠態溶液並不適合用光衰減法來測濃度。
4. 實驗四可知：我們認為量角器的最小刻度是 1 度，所以小於 1 度的值都是誤差，我們只能從持續更換溶液濃度來判斷角度是否稍增，所以小於 1 度的值都不應該列入數據探討。葡萄糖水溶液的濃度大約從 1M 以後才出現線性關係，濃度在 2M 以上時接近飽和，所以我們只探討到 2.0M。
5. 我們依據資料中比旋光度的公式：比旋光度 = 旋光角度 / 光程 (公分) \times 濃度 (g/ml)，將旋光角換算成比旋光度作圖，由圖十一可以發現：葡萄糖水溶液的比旋光度大約從 1M 到 2.0M 之間接近定值，尤其是 6cm 和 8cm 的曲線幾乎重疊，依照參考資料顯示：比旋光度是物質的重要特性，可以作為辨識物質之用，我們的葡萄糖藥品上標示大約是 +52.5~+53.0，所以溶液槽越長實驗的準確性會越高。
6. 實驗五可知：混合溶液的旋光角度與我們計算的混合濃度的旋光角大約相等，所以我們可以表八為檢量表，用混合溶液的方式來減少低濃度葡萄糖溶液的旋光角誤差，以求得濃度大小。
7. 實驗六可知：2 公分長到 8 公分長溶液槽中，光路徑長並不影響折射率量測的精確度，8 公分長溶液槽產生光的平移現象，雖比 2 公分長溶液槽清楚，但受限於溶液槽的寬度不夠，能取得的數據太少，也為了避免浪費藥品，我們後續皆以 2 公分長的溶液槽來做 0.1M~0.6 M 食鹽水的折射實驗。
8. 實驗七可知：葡萄糖溶液的濃度並不適合用光的折射性質來測量，而較適合用光的旋光性質來測量。
9. 實驗八可知：由食鹽水與硫酸銅溶液的折射率中發現：光從空氣進入水溶液中時因速率變慢，折射角變小，使得光更偏向法線，而光的入射角度小時，折射角小不易測量，易產生較大誤差。所以後續我們企圖以可見光經三稜鏡色散時『折射角小的光偏向角大』的觀念，來改善小角度的入射角的測量誤差。
10. 實驗九可知：在三角形溶液槽的折射測量上，我們需量取 α 、 β 、 θ_1 、 θ_2 四個角來計算 n_1 與 n_2 ，其中 α 是我們設定的雷射筆入射角；我們知道角 β + 角 θ_1 = 角 A (如下圖甲所示)，所以為了減少小角度的測量誤差，我們在 β 與 θ_1 之間擇一角度清晰的來測量，且 β 值會隨 α 角度的增加而遞增，光線會逐漸出現乙圖所示，此時角度關係會變成角 β - 角 θ_1 = 角 A。



圖甲

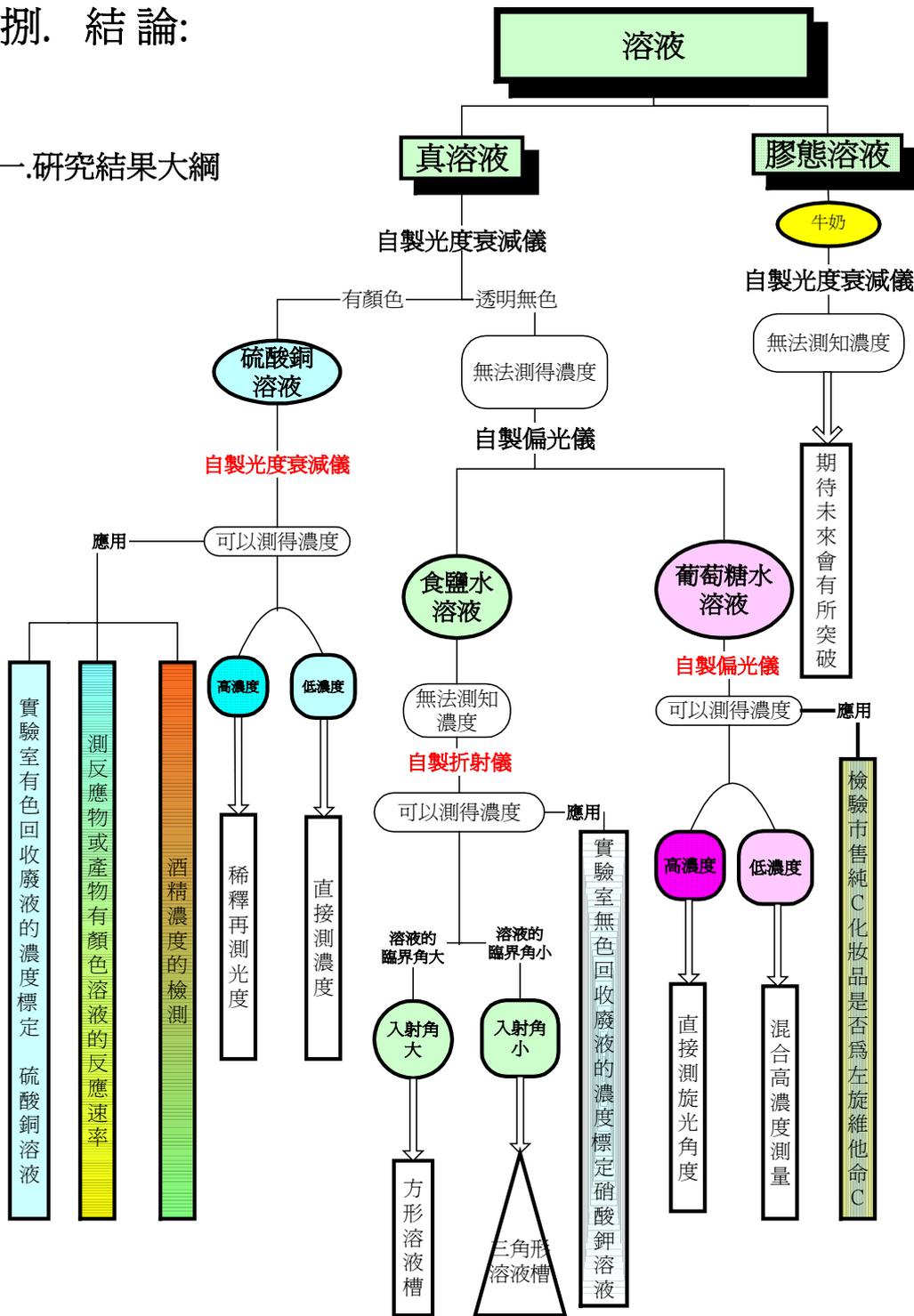


圖乙

11. 實驗十可知：標定硝酸鉀廢液時，先以入射角 40° 測其出溶液槽的光是否超過臨界角，結果未超過，故可以直接用入射角 40° 的光來建立檢量線，以內差法求出廢液濃度。
12. 實驗十一可知：酒精與限量的二鉻酸鉀在酸性溶液下反應，當二鉻酸鉀的顏色由橙色完全變綠色，也就是二鉻酸鉀完全反應後，其光度值會呈現定值，所以我們只要找出各種濃度的酒精溶液與限量的二鉻酸鉀在酸性溶液下反應時，其光度值對時間的曲線，讀出其光度“開始”成定值的時間，即代表“恰”反應的時間，因為限量反應，所以完全反應後產生的生成物質量相同，因此我們可以用時間的倒數來代表其反應速率。
13. 實驗十二可知：酒精與限量的二鉻酸鉀在酸性溶液下反應速率隨酒精濃度的增加而有明顯的線性關係，所以我們可藉此檢量圖以內差法來推測市面上公賣局賣的稻香米酒、料理米酒與阿嬤的私釀酒的酒精濃度，甚至以後阿嬤釀酒就可以藉助此方法來控制酒精濃度了。

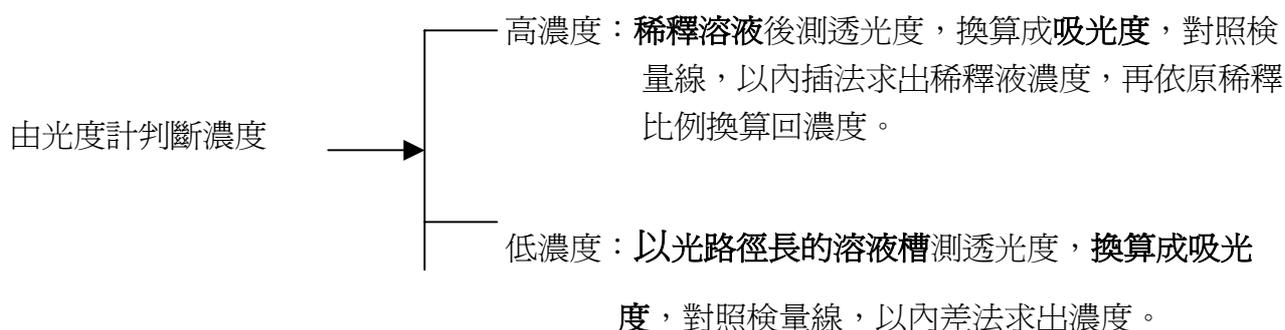
捌. 結論:

一. 研究結果大綱

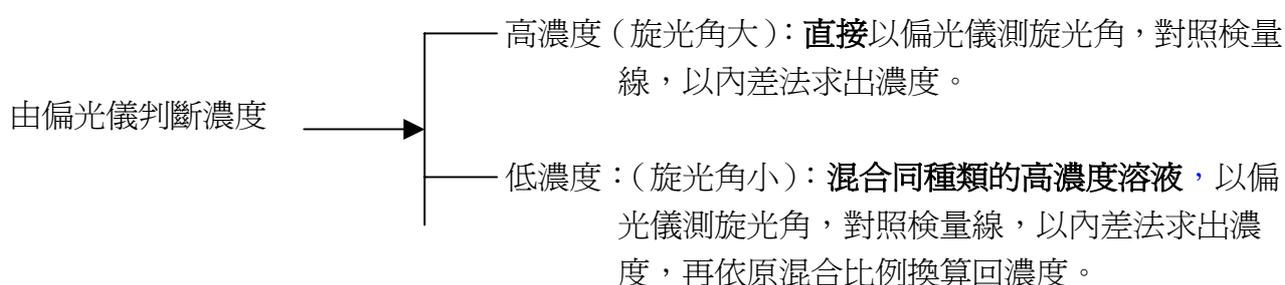


二、自製儀器的使用：

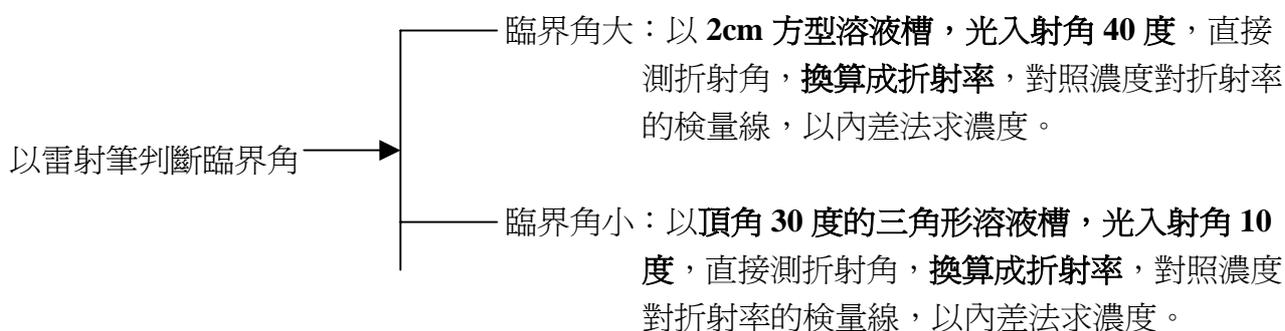
(一) 自製光吸收衰減儀測有色溶液的濃度：



(二) 自製偏光儀測有旋光性物質濃度：



(三) 自製折射儀測濃度：



◎ 精準度：

方型溶液槽：出溶液槽的光必須與原入射光的延長線平行。

三角形溶液槽：光進入溶液的折射率 N_1 ，與光出溶液的折射率 N_2 的乘積需接近 1。

三、各種儀器在教學上的適用章節：

(一) 自製光吸收衰減儀

1. 有色溶液濃度的測定【理化課本第一冊 1-3 (p33); 理化課本第三冊 13-3 (p66); 理化選修課本第四冊 12-2 (p11)】
2. 判斷有色溶液的溶解度【理化課本第一冊 1-3 (p33); 理化選修課本第三冊 9-1 (p7); 】
3. 實驗室有色廢液的濃度標定以利回收再使用【理化課本第一冊 1-3 (p33); 理化課本第三冊 13-5 (p75); 13-6 (p79); 14-1 (p91)】

4.反應物或產物為有色溶液的反應速率之測定【理化課本第二冊 9-1 (p57)；理化選修課本第三冊 9-4 (p21)】

5.酒精濃度的檢測【理化課本第二冊 10-2 (p79)】

(二) 自製偏光儀

1. 利用選修理化 11-4 所介紹偏振片的原理來滿足我們的好奇心，也是 3D 立體鏡片的廢物利用嘍！【理化選修課本第三冊 11-4 (p73)】
2. 利用偏光儀來檢測媽媽買的維他命 C 化妝品是不是真的左旋維他命 C，說不定媽媽當了冤大頭呢！（相關資料請參考附件九）

(三) 自製折射儀

1. 推算折射角，節省藥品用量符合環保概念【理化課本第一冊 4-3 (p101)；理化選修課本第二冊 5-3 (p11)；】
2. 實驗室無色廢液的濃度標定以利回收再使用【理化課本第三冊 14-1 (p91)】

四、使用自製儀器測濃度的建議

(一) 理化第三冊的電解電鍍及鋅銅電池等單元，實驗後會留下大量的硫酸銅、硫酸鋅、硝酸鉀溶液，銅離子、鋅離子都是重金屬污染，對環境有很大的危害。我們可以自製光吸收衰減儀及折射儀來測定濃度，標示濃度，以利實驗室回收再使用。

(二) 我們經常在科博館立體電影院外看到一堆廢棄的立體眼鏡，實在非常可惜，我們可以拿來自製偏光儀，測有旋光性物質的濃度，根據我們的實驗知道：葡萄糖水溶液的旋光角隨濃度的增加而遞增，而且同濃度的葡萄糖水溶液，溶液槽越長，也就是光通過葡萄糖的數目越多，其旋光角越大。角度越小，判讀的誤差越大，所以利用旋光角測旋光性物質的濃度，最好選擇溶液槽較長的，誤差會較小。

(三) 如果待測物是無旋光性的透明溶液，我們建議可以用自製折射儀來測濃度，先做濃度對折射率的檢量表，如果以方型容器當溶液槽，入射角不宜太小（最好避開 20° 以內），但要留意光的臨界角問題。如果臨界角小的溶液，就以三角形的容器來當溶液槽，三角形的溶液槽還可以用光入溶液槽與光出溶液槽的兩個折射率來檢驗實驗數據的準確性。最好是將 2 公分的方形溶液槽，以光入射角 $30^\circ \sim 50^\circ$ 的折射率測量值，與頂角 30° 的等腰三角形溶液槽，以光入射角 $10^\circ \sim 20^\circ$ 的折射率測量值，求平均值以減少誤差，提高準確度。

(四) 若反應物或生成物帶有顏色，則該顏色的深度會隨著反應的進行而改變，這變化可用自製光度衰減儀來測定可以測得其“恰完全反應的時間”（也就是光度值不再變化的時間），求反應速率。

(五) 酒精濃度的檢驗可以利用酒精跟二鉻酸鉀反應的顏色變化，再以光度衰減法來測量。先做各種酒精濃度跟二鉻酸鉀反應的反應速率檢量表，再測未知濃度的酒精與二鉻酸鉀反應的反應速率，對照檢量表，查出酒精濃度。

玖、參考資料

1. 國中理化課本一、二、三冊
2. 國中理化選修課本二、三、四冊
3. 第 40 屆全國科展得獎作品「與光的對話」
4. 遠哲發現月刊 57 期
5. 電光源原理 凡異出版社
6. 網路 <http://home.school.net.hk/~chem/main/ALexpt/EXPT05.html> 用比色法來研習溴和甲酸的反應速率
7. 細說高中基礎物理 建宏出版社
8. 活用高中化學 建宏出版社