

以自製稜鏡探討溶液的吸收光譜

高中組化學科第一名

建國高級中學

作者：沈偉、楊明煌

指導教師：鄭武勇

一、研究動機：

在高中化學上册中，有一可見光譜的圖片，其為白光通過三稜鏡發生色散而成的。我不禁想到：若稜鏡改用三片薄玻璃，內裝不同的溶液，不知其光譜是否有所改變，乃引起我們探討溶液濃度、顏色、酸鹼度、及溫度四項變因對光譜的色散折射角及吸收色光的影響。

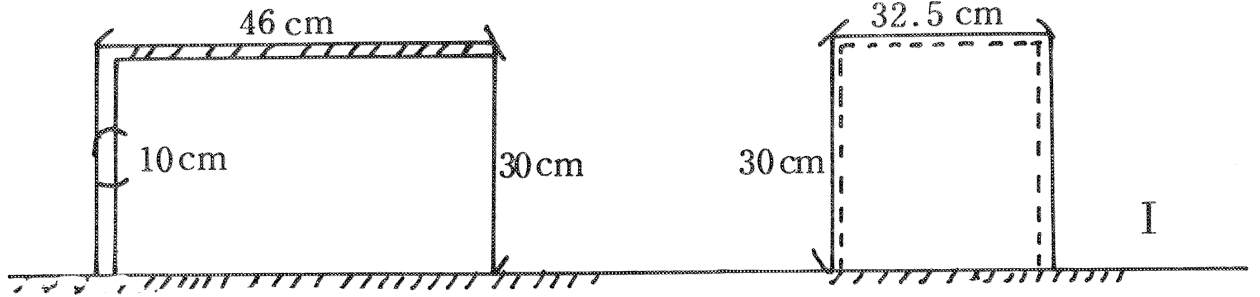
二、研究目的：

- (一)尋找無色溶液色散光譜之折射角與重量莫耳濃度之關係。
- (二)尋找有色溶液色散光譜之折射角與重量莫耳濃度之關係，並解釋有色溶液呈色的原理。
- (三)探討溶液的溫度及 PH 值對其色散光譜及折射角的影響。

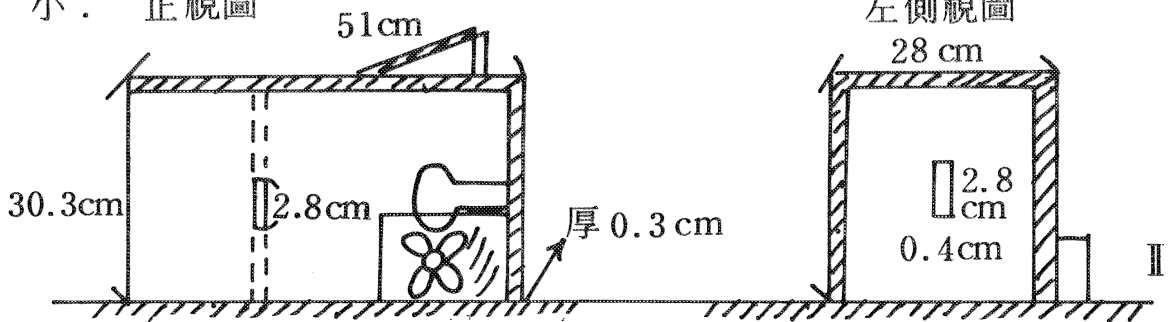
三、研究設備器材：

- (一)光源—三百燭光之裝飾用燈泡。
- (二)三稜鏡—以 AB 膠將三片 10×4 (cm) (厚 2mm) 之普通玻璃黏合成一正三角柱體，再將底用 AB 膠與一正三角形玻璃封好，如此可內置溶液而不漏。
- (三)凸透鏡—四倍，直徑 10 公分。
- (四)兩個長、寬高不同之木箱—現將其正視圖及側視圖畫於下面：

畫於下面：
大： 正視圖



小： 正視圖



- (五) 螢幕—以方格紙貼於暗室牆上，以利計算光譜所在之位置。
 (六) 相機及三角架—拍攝光譜在螢幕上之位置，解光譜研究之變化，相片則利將來討論。

註：以光圈 4.9，快門：B（曝光時間標於相片）。

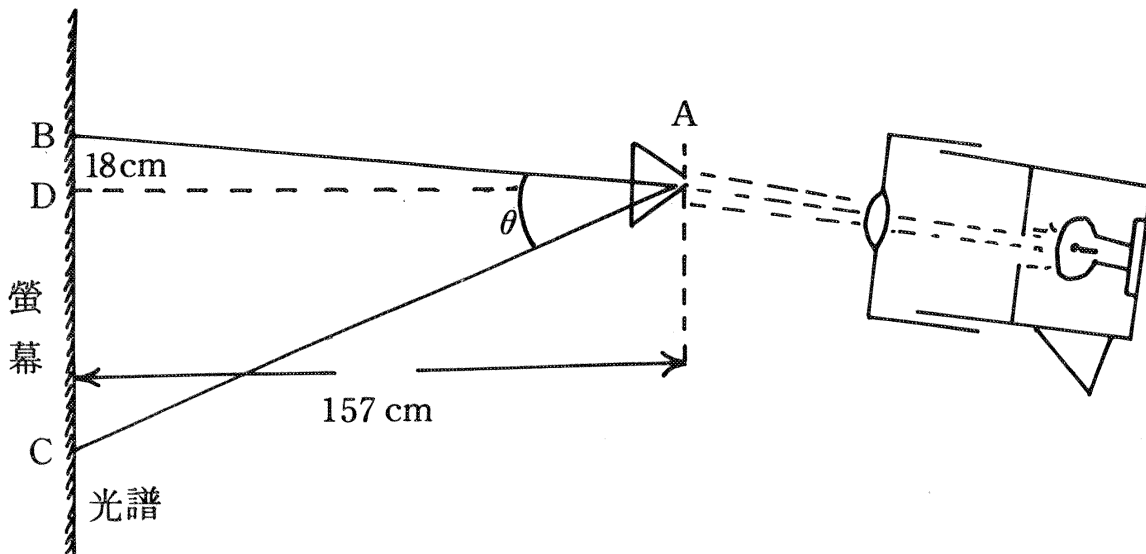
倍率 150 倍。

- (七) 天平—秤取溶質重。
 (八) 量筒—測量水之毫升數。
 (九) 燒杯—盛溶液。
 (十) 溫度計—測量溶液之溫度。
 (十一) 酒精燈—加熱用或藉以蒸取較純之溶質。
 (十二) 皮尺—測量所須距離長。
 (十三) 電扇—保持小木箱內空氣流通，不致使溫度過高而燒壞燈泡。

四、研究過程及細節：

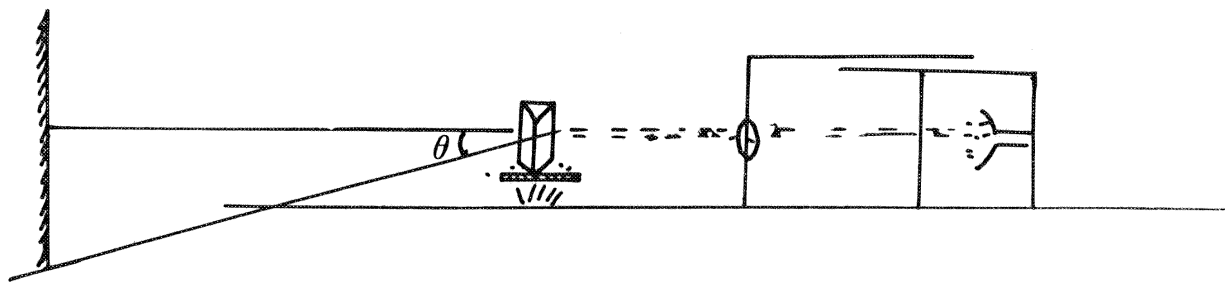
實驗設備簡圖：

（俯視圖）



I

(正視圖)



(一)設置光源及凸透鏡：

1. 用 AB 膠將燈座黏在小箱一側。在距此側 32 公分處將其封密，只留下一 2.8×0.4 (cm) 之距形孔，讓光由此經過。
2. 在小箱箱面裝一風扇，在實驗期將其打開，以避免燈泡過熱燒破，但在風扇外須加一遮蔽板以免洩光。
3. 在箱頂門几小孔，讓空氣流通，同理須加遮蔽板。
4. 舉凡木板相接之處以黑色膠帶封好，不要讓光外洩。

(二)凸鏡的位置：

在大箱側挖一圓洞，使其正好能容下直徑 10 公分之放大鏡，而凸鏡正好由小箱矩形孔放出之光道上。

(三)三稜鏡之擺置：

1. 在由凸透鏡滙聚的光道上，擺上三稜鏡，鏡高度不足，故以石膏

做的圓錐將其墊高。

2. 石膏錐上釘一木板，並讓木板上突出三根長釘。
3. 三稜鏡以直立黏於一塑膠板上，膠板上鑽三孔，使其正好可讓長釘穿過，如此將三稜鏡固定在圓錐台上，並可隨時取下以換裝溶液。
4. 在經過多次測試——此時稜鏡內裝水——以光譜在螢幕上清晰與否及七色是否完全為準，等到符合上述的最佳狀況，就將圓錐台固定於桌面。

註：因為暗室狹小，若光線與螢幕垂直，則可能光譜將在螢幕外，所以將光線與光譜出現之相反方向轉一點，以使光譜落於螢幕上。

5. 此時稜鏡與螢幕之垂直距離為 157 公分

(四) 以相機將光譜在螢幕的位置拍下，以利長期討論。

(五) 溶液的調配：

因為我們的濃度單位採“重量莫耳濃度”(m)。而我們設計之三稜鏡可容 50 ml，所求溶質重為 $\frac{\text{其分子量}}{200}$ 溶於 50 ml 之水中，即成 0.1 m 之溶液。因此在量溶質重時

$\left[\frac{\text{分子量}}{200} \times 1 \right]$	(g)	$\xrightarrow{\text{溶於 50 ml 水}}$	0.1 m
" × 2		—————→	0.2 m
" × 3		—————→	0.3 m
⋮			⋮
⋮			⋮
⋮			⋮

依此類推，可算出需要之濃度。

(六) 折射角 ($\angle \theta$) 之求法：

在 P.3 圖 III 中， $\overline{AD} = 157 \text{ cm}$ ， $\overline{BD} = 18 \text{ cm}$

$$\therefore \tan^{-1} \frac{18}{157} = 6.54038583^\circ = \angle \text{BAD}$$

$\overline{\text{CD}}$ 之長為 (C 之刻度標 - 16) cm

$$\therefore \angle \text{DAC} = \tan^{-1} \frac{\overline{\text{CD}}}{157}, \text{我們所要的折射角即}$$

$$\angle \text{BAD} + \angle \text{DAC}$$

註：以上數值皆以計算機求得。

※操作：

1. 無色溶液：以 NaCl , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ，兩種作為代表，將其濃度不同之水溶液分別置入稜鏡，並拍照記錄。
2. 有色溶液：以 K_2CrO_4 (黃), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (橙紅), $\text{CO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (淡紅), KMnO_4 (紫紅), FeCl_3 (黃褐), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (藍), $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (淺綠) 為代表。將其濃度不同之水溶液分別置入稜鏡，並拍照記錄。
3. 溶液溫度：我們將不同溫度之水 ($0^\circ\text{C} \sim 90^\circ\text{C}$) 置入稜鏡並作比較。拍照記錄。
4. 溶液之 PH 值：我們以典型之酸 (HCl)，鹼 (NaOH) 從 $\text{PH}_1 \sim \text{PH}_{13}$ 分別置入稜鏡，並作光譜比較，拍照記錄。

	K_2CrO_4	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{CO}(\text{NO}_3)_2$	CuSO_4	FeCl_3	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	KMnO_4
與 $\text{H}_2\text{O}(\ell)$ 比較較淡 (或缺) 光	藍紫	藍紫	綠	黃紅	青紫	青	0.001 m 青 0.005 m (只餘紫紅)
與 $\text{H}_2\text{O}(\ell)$ 比較較深之光。	黃	紅	藍紫	藍	黃綠	黃	0.001 m 紫 橙 0.005 m (只餘紫紅)

五、實驗結果：

- (一) 無色溶液
- (二) 溶液溫度 與 $\angle \theta$ 間之關係
- (三) 溶液 PH 值
- (四) 有色溶液
- (五) 溶液色散光譜之變化：見上表。

六、討論：

(一) $\angle \theta$ 與濃度之關係—

1. 現象：從實驗結果中我們發現 $\angle \theta$ 和濃度成正比，再經尋找規律後，更發現 $\angle \theta$ 和濃度有一線性函數的關係，不論有色溶液或無色溶液均可以整理出類似的結果。

2. 推想：為何濃度 \uparrow ， $\angle \theta \uparrow$ 。我們知道折射是因光由原來的介質進入另一不同的介質，而使光速發生改變所致。已知光速 \uparrow ， $\angle \theta \downarrow$ ，又在高中化學東華課本第六冊中，知光具粒子性，因此濃度 \uparrow ，溶液內粒子數 \uparrow ，光行經溶液之速度 \downarrow ， $\therefore \angle \theta \downarrow$ 。

(二) $\angle \theta$ 與溫度之關係：我們發現在溫度和 $\angle \theta$ 間，溫度 \uparrow ，折射角 \downarrow ，所以溫度亦為變因之一。

(三) $\angle \theta$ 和溶液 PH 值之關係：因實驗結果中，角度未有明顯變化，所以知 $\angle \theta$ 和溶液 PH 值無關。

(四) 溶液呈色原理： H_2O 的色散光譜：從照片上我們發現沒有色光減弱的現象，所以 H_2O 不吸收可見光，而呈無色透明。

註：將各溶液光譜和 H_2O 光譜比較，得出較弱的光色，此光色是這溶液所吸收的，我們種為吸收之光色，故這溶液將呈現此光色之互補色。

	K_2CrO_4	$K_2Cr_2O_7$	$CO(NO_3)_2$	$CuSO_4$	$FeCl_3$	$Ni(NO_3)_2$	$KMnO_4$
溶液的顏色	黃	橙紅	紅	淡藍	黃褐	綠	紫紅
吸收之光色	紫	紫	綠	黃紅	青紫	紅	黃綠
吸收光之互補色	黃	橙紅	紅	藍	紅黃	綠	紫紅

七、結論：

(一) $\angle \theta$ 與濃度之關係：從實驗結果中，我們整理出下面的一個通則：

$$\text{溶液折射角} - \text{溶劑折射角} = k \times m$$

k 為常數，m 為重量莫耳濃度。

※如 $C_6H_{12}O_6(aq)$ 中，因其較特殊，所以溶液折射角 $- 36.45^\circ$ (

$$0.1 \text{ m 時之折射角}) = 0.114^\circ \times \frac{m}{0.1} \pm 0.08^\circ$$

※如 $\text{Ni}(\text{CO}_3) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 中

$$\text{溶液折射角} - 35.78^\circ (\text{水之折射角}) = 0.156^\circ \times \frac{m}{0.1} \pm 0.08$$

這個通則亦可以適用於其他溶液，但須要在同溫（ 16°C ）同三稜鏡的條件限制下。

(二) 溶液呈色原理：從光譜中我們探討出溶液呈色的原理，其吸收的部分可見光，而顯現出其互補色光。

八、未來展望：

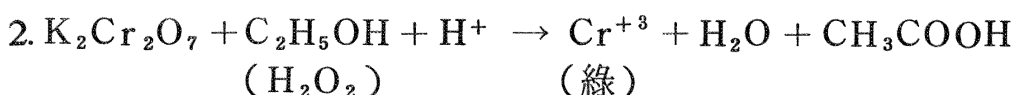
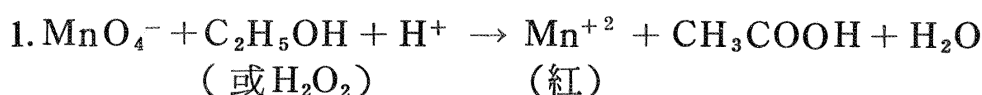
(一) 待溶液的濃度和折射角間尋求出各係數之值，即可由溶液之折射角得知此溶液之重量莫耳濃度。

(二) 若將實備設備改進後，更可以實驗其各種物質不論氣體、液體、固體，乃至正在進行反應之物質均待更多實驗和發現。

(三) 決定平衡之時間。

(四) 由 $\angle \theta$ 及光譜的變化探討反應的過程，速率。

例如：



※顏色：紫 藍 綠 黃 橙 紅

互補色：黃 橙 紅 紫 藍 綠

見第一冊美術課本

評語：

優點：

從日常生活所見白光經三稜鏡色散現象，探究各種化學物質溶液在濃度、酸鹼度、顏色及溫度四項變因對折射角的影響，着眼點正確，實驗技巧生動，整理的很完整，值得鼓勵。

建議：

進一步探討各種溶液的吸光度、波長與折射率等關係。