

嘉義市第二十七屆中小學科學展覽會

作品說明書

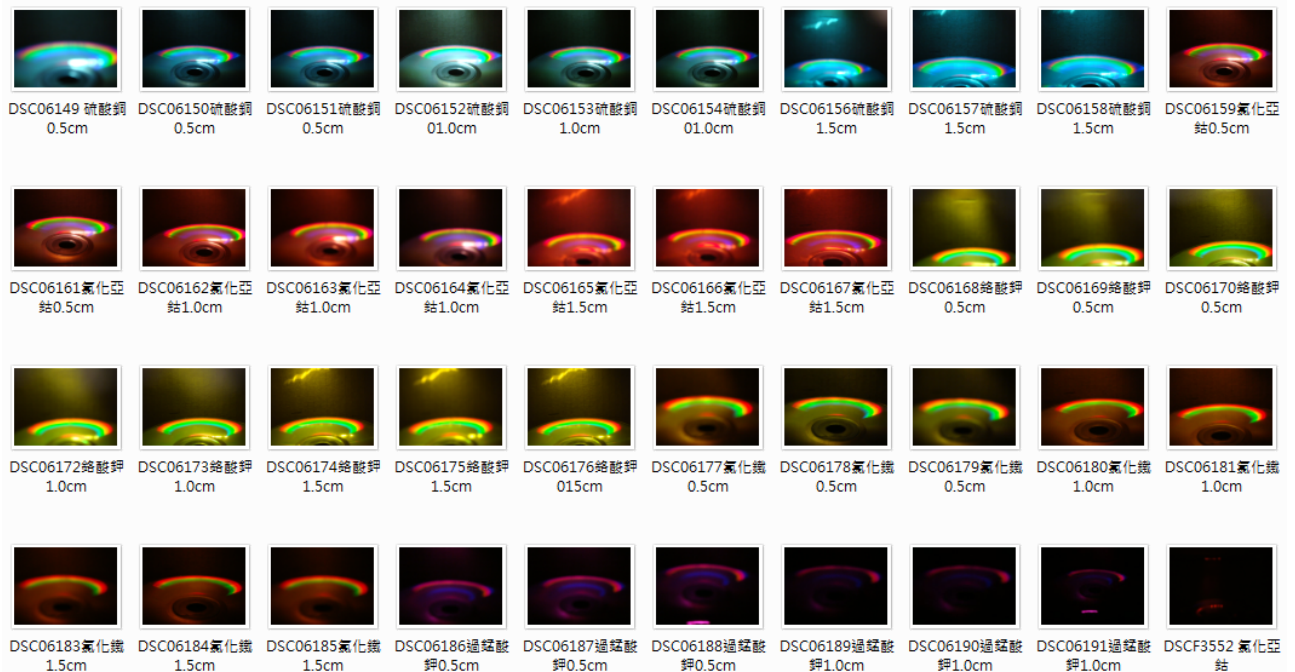
科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：給你一點顏色瞧瞧—自製簡易光譜分析器

關鍵詞：顏色 繞射

編 號：



摘要

我們利用生活當中常用的 CD-R 的空白片，加上一個球鞋的包裝紙盒，完成了一個簡易的光譜分析器，以此來觀測不同化合物的吸收光譜，並將之拍攝下來，我們整理出不同化合物其水溶液顏色及其吸收光譜的關係。

另一方面，我們將 CD-R 上面的染料刮除，留下塑膠層部分，可以作為一個簡單的光柵，用雷射光照射，可以觀測有許多的繞射條紋，以此繞射條紋，可以算出 CD-R 的溝槽槽距。

目錄

壹、研究動機.....	1
貳、研究目的.....	1
參、研究設備及器材.....	1
肆、研究過程及方法.....	1
一、原理.....	1
二、實驗步驟.....	2
(一)自製簡易的分光光譜箱.....	2
(二)測量 CD-R 的溝槽槽距.....	4
伍、研究結果.....	5
一、自製簡易的分光光譜箱.....	5
(一)不同角度分光效果測試.....	5
(二)不同高度 0.5M 硫酸銅溶液的吸收光譜.....	7
(三)不同化合物的吸收光譜.....	8
二、測量 CD-R 的溝槽槽距.....	11
陸、討論.....	12
柒、結論.....	12
捌、參考資料及其他.....	12

壹、研究動機

可錄式一次光碟(Compact Disc-Recordable；CD-R)已經成爲一般民眾常用的日常用品，讓我們好奇的是 CD-R 片上，在光線之下，常常可以看到 CD-R 片上，反射出許多類似彩虹的顏色，經由二年級國中理化所學的經驗，牛頓的色散現象，光可經由三稜鏡對不同色光的折射程度不同，而得到像彩虹一樣的顏色。可是 CD-R 片上又是如何形成的呢？在老師的指導下，我們利用 CD-R 片，進行了一連串的實驗，希望可以解開我們的疑惑。

貳、研究目的

- 一、利用 CD-R 片研究不同化合物的吸收光譜。
- 二、測量 CD-R 的溝槽槽距。

參、研究設備及器材

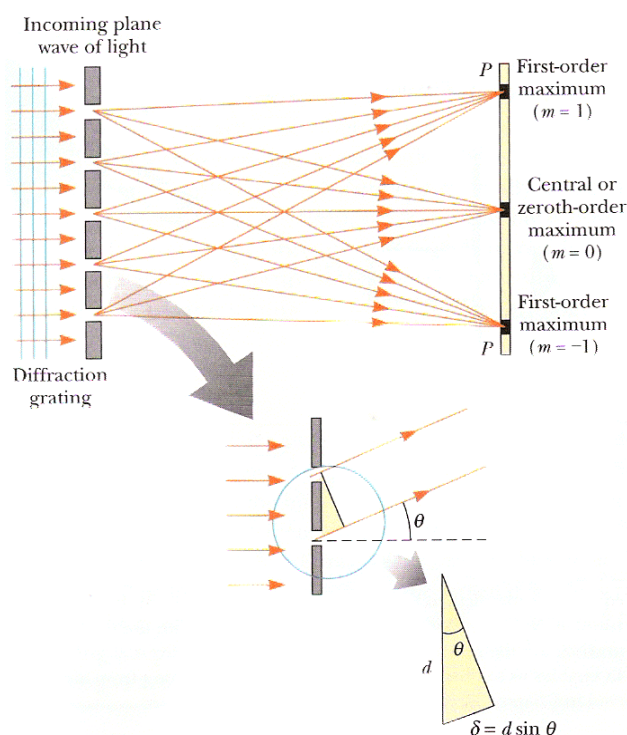
- 一、反射式 CD-R、紙箱、太陽光、燒杯、數位相機 Sony DSC-T200、氯化亞鈷溶液、氯化鐵溶液、二鉻酸鉀溶液、硫酸銅溶液、過錳酸鉀溶液
- 二、透射式 CD-R、綠光雷射筆(波長爲 532 奈米)、尺、紙、筆、白紙。

肆、研究過程及方法

- 一、原理：

(一)光的繞射(diffraction)

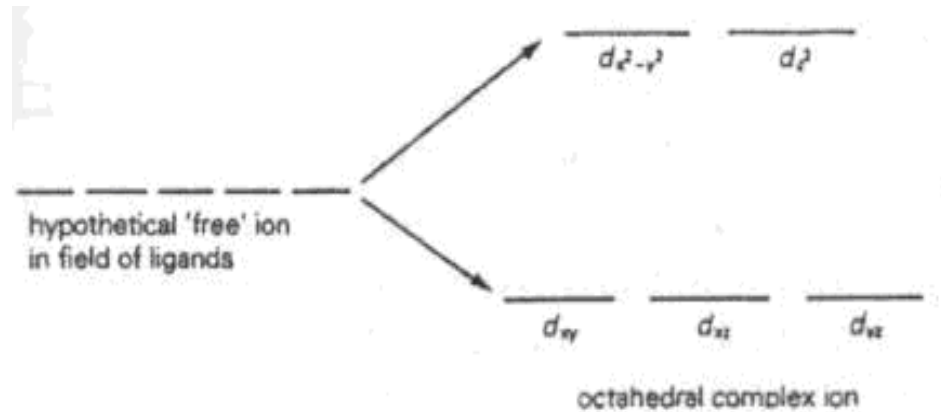
平行光垂直照射穿透式的光柵：光柵的槽距 d ，平行光垂直面照射，繞射角 θ 處極遠的P點，波重疊形成亮紋時， $d \sin \theta = m\lambda$ 。 $m=0$ ，中央亮紋主極大； $m=1$ ，第一亮紋主極大。



(二) 過渡金屬陽離子的吸收光譜

過渡金屬元素的價軌域包括了 d 軌域，當 d 域填入電子時，會造成 d 域能階分裂成二組，一組為 $d_{x^2-y^2}$ 、 d_{z^2} ，另一組為 d_{xy} 、 d_{yz} 、 d_{zx} ，在 d 軌域未被全填滿或全空時，電子會在兩組分裂的 d 軌域間躍遷，其涉及的能量變化恰好在可見光的範圍，所以一般 d 軌域非全滿或全空時之過渡金屬離子溶液，會因具有 d 軌域電子且在兩組分裂的 d 軌域能階躍遷，而具有特殊顏色。

光經 CD 反射進入眼睛時，不同波長的光，以不同的 θ 入射，因此，看到彩虹狀的光譜，由於各種光源所組成的顏色不同，所照射出的光譜也就有所不同。



二、實驗步驟：

(一) 自製簡易的分光光譜箱

1. 製作分光光譜箱，開一長 3 公分寬 1mm 的孔，另開長 2 公分寬 6 公分的觀測孔。
2. 放入 CD-R，並固定 CD-R，使 CD-R 與底面夾角成 15、30、45、60 度角，以太陽光射入，測試其發散光譜的最佳觀測角度，並以此角度作為後續實驗的角度。
3. 將 0.5M 硫酸銅溶液溶液至於燒杯，並放置於孔上，分別用 0.5cm、1.0cm 及 1.5cm 的高度來測試，得到不同高度的吸收光譜，並以此為依據，作為後續實驗所用的溶液高度。
4. 培養皿內放入 0.5M 的氯化亞鈷(紅)、氯化鐵(橙)、鉻酸鉀(黃)、硫酸銅(藍)、過錳酸鉀(紫紅)，分別由觀測孔，用數位相機拍攝其光譜。



圖一、自製簡易的分光光譜箱內部構造



圖二、自製簡易的分光光譜箱

(二)測量 CD-R 的溝槽槽距

- 1.將 CD-R 上的鋁層用膠帶黏掉
- 2.將 CD-R 與雷射筆固定(CD-R 與紙屏平行，雷射筆與(CD-R 垂直)
- 3.測量紙屏與光碟間的距離 L 。
- 4.測量第一亮點與中央亮點的距離 $\overline{Oy_1}$ 。
- 5.代入以下公式:

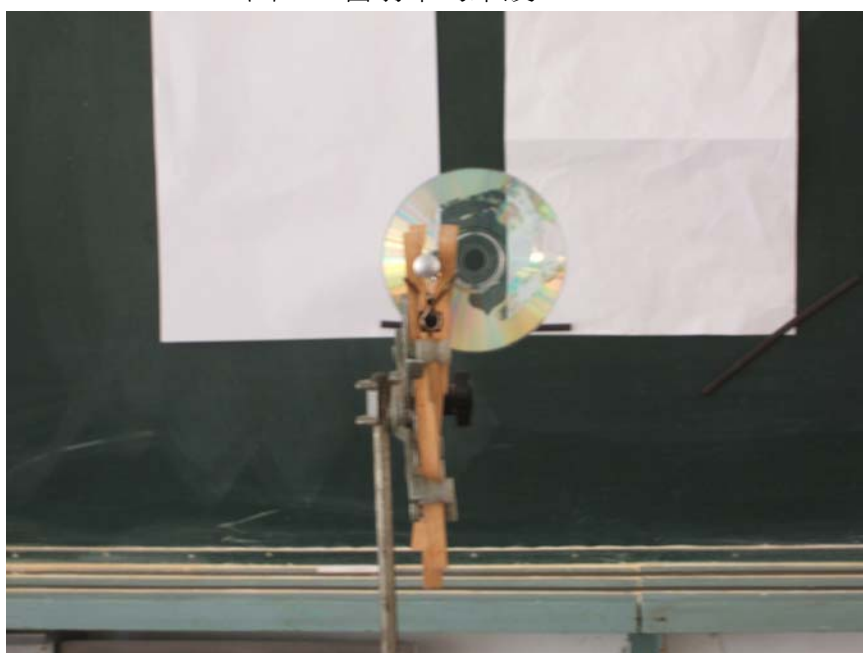
$$d \sin \theta = m\lambda$$

$$\sin \theta_1 = \frac{\overline{Oy_1}}{\sqrt{L^2 + \overline{Oy_1}^2}} = \frac{\lambda}{d}$$

- 6.算出 CD-R 的槽距 d 並加以記錄。



圖三、雷射筆的架設

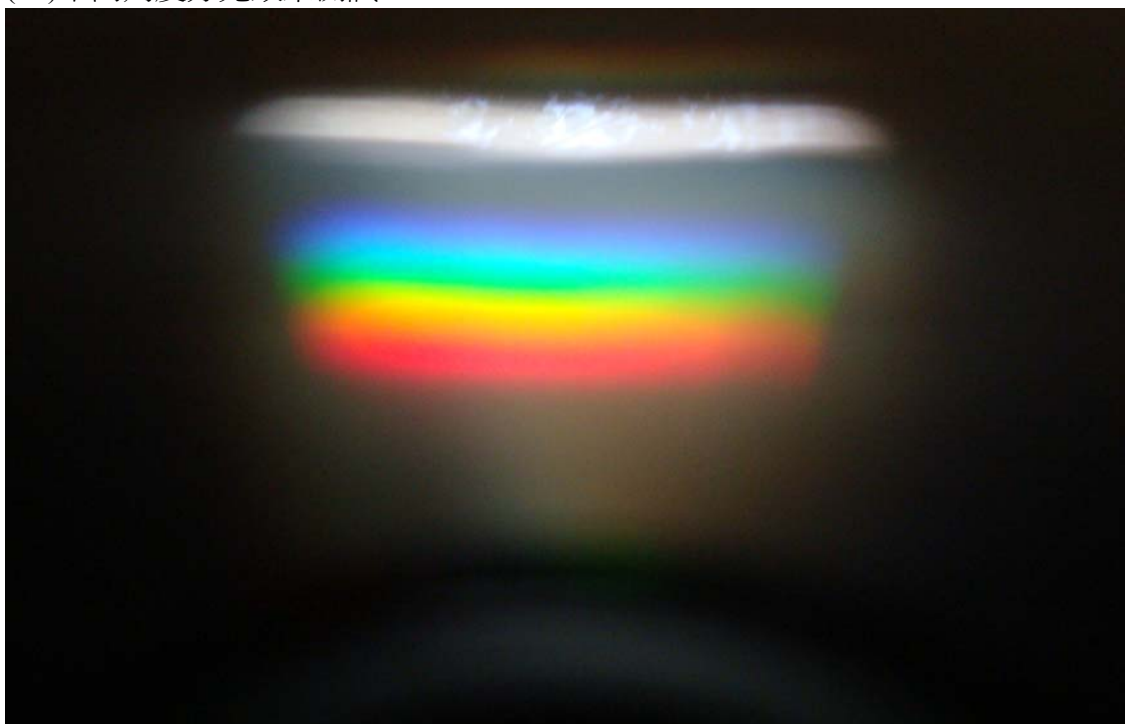


圖四、測量CD-R的溝槽槽距實驗裝置圖

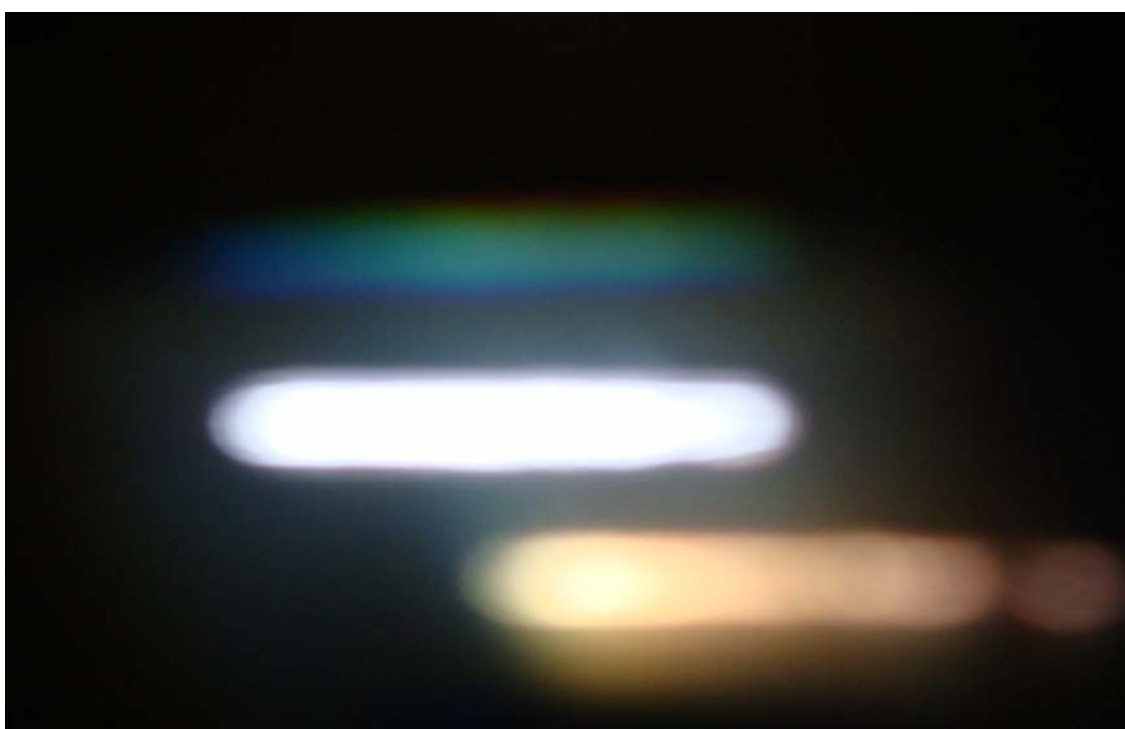
伍、研究結果

一、自製簡易的分光光譜箱

(一)不同角度分光效果測試



圖五、空白實驗 60 度



圖六、空白實驗 45 度



圖七、空白實驗 30 度



圖八、空白實驗 15 度

從以上實驗可知 45 度所呈現的光環最不明顯，15 度所呈現的光環最為明顯，所以我們採用 15 度來做此實驗。

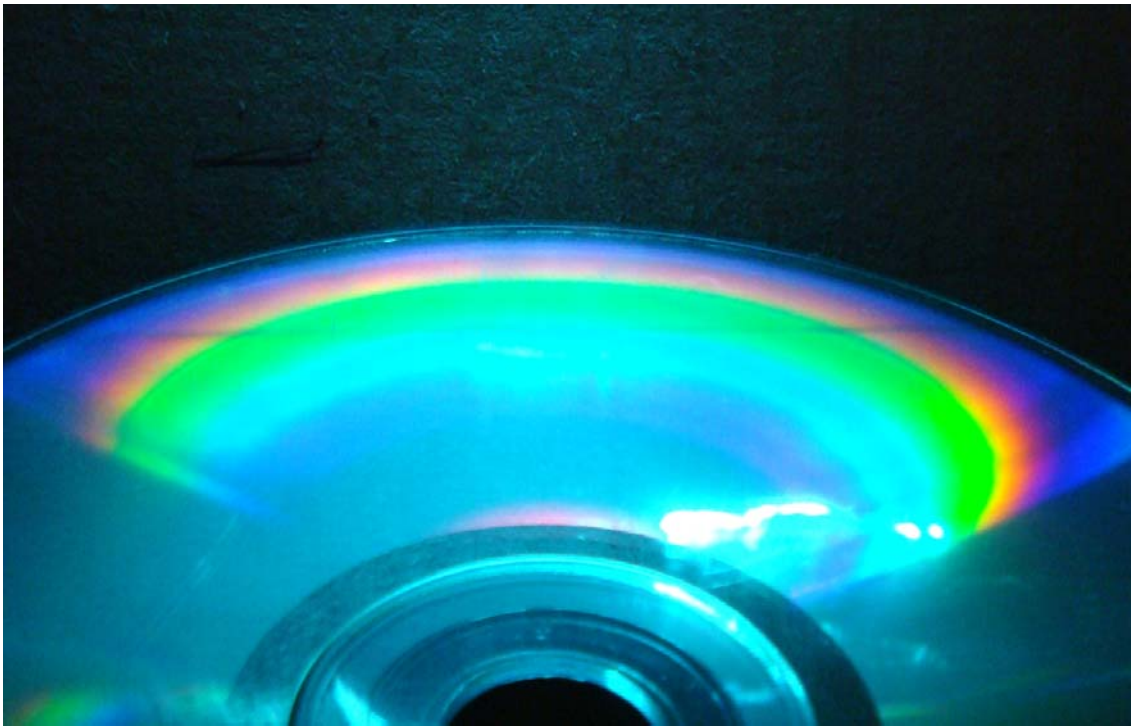
(二)不同高度 0.5M 硫酸銅溶液的吸收光譜



圖九、0.5M 硫酸銅溶液 0.5cm



圖十、0.5M 硫酸銅溶液 1.0cm



圖十一、0.5M 硫酸銅溶液 1.5cm

我們發現 1.0cm 與 1.5cm 光譜吸收較為明顯，但由於 1.5cm 過錳酸鉀溶液所呈現的光譜為黑色（不透光），所以選用 1.0cm。

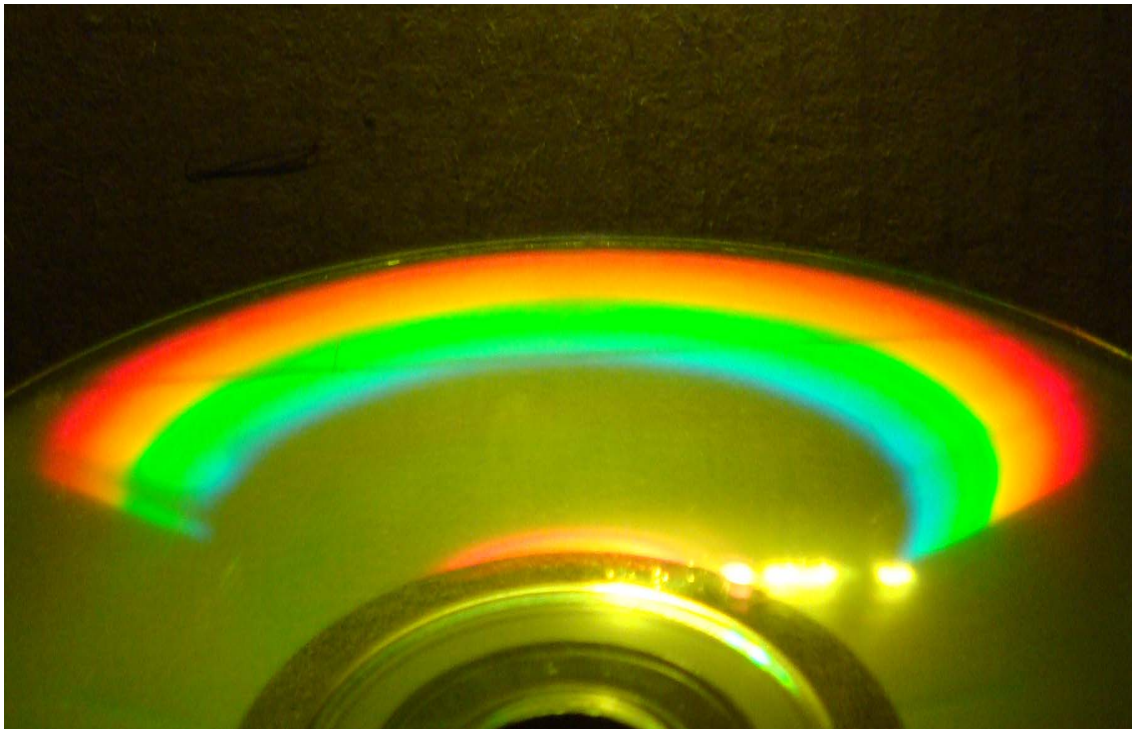
(三)不同化合物的吸收光譜



圖十二、0.5M 硫酸銅溶液 1.0cm



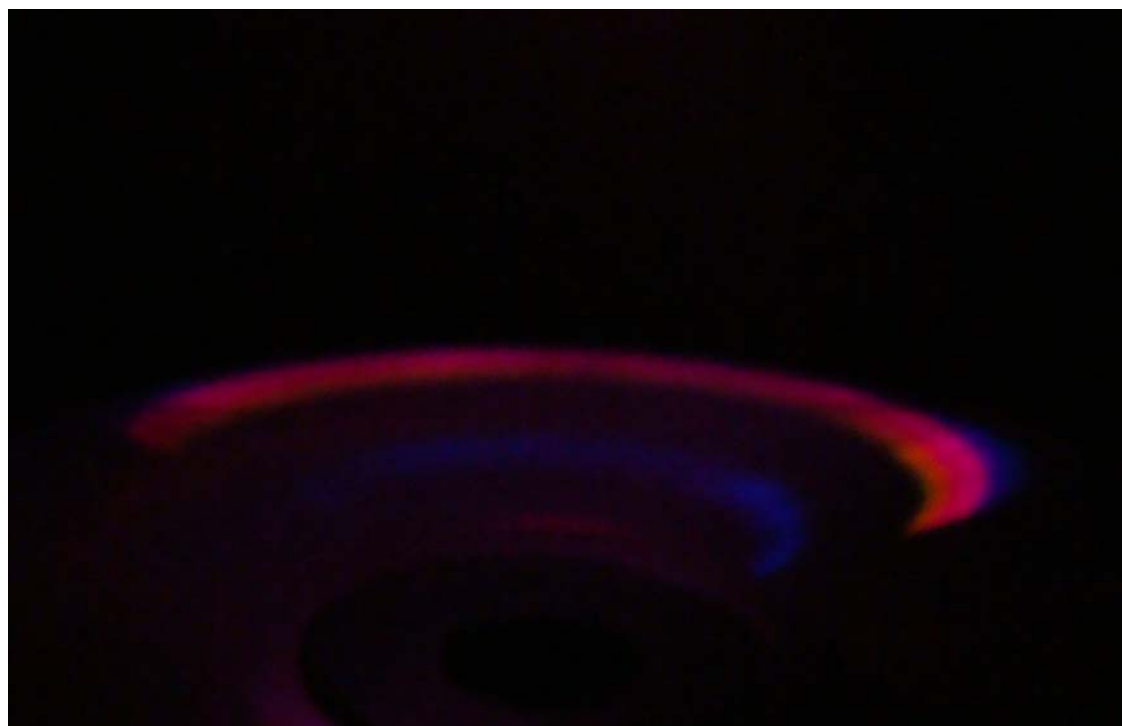
圖十三、0.5M 氯化亞鈷溶液 1.0cm



圖十四、0.5M 鉻酸鉀溶液 1.0cm



圖十五、0.5M 氯化鐵溶液 1.0cm



圖十六、0.5M 過錳酸鉀溶液 1.0cm

表一、化學藥品的顏色與其吸收光譜

藥品名稱	水溶液顏色	吸收光譜顏色
CuSO ₄	藍色	黃色
CoCl ₂	粉紅色	藍色
K ₂ Cr ₂ O ₇	橘色	藍色、紫色
FeCl ₃	黃色	藍色、紫色
KMnO ₄	紫色	黃色、綠色、藍色

二、測量 CD-R 的溝槽槽距

(一)表二、透光式 CD-R 的溝槽槽距 (雷射光波長為 532 奈米)

紙屏與光碟間的距離 $L(cm)$	第一亮點與中央亮點的距離 $\overline{Oy_1}$ (cm)	$\sin \theta$	溝槽槽距 $d(\mu m)$
98.50	38.00	0.3599	1.478
88.40	34.10	0.3599	1.478
100.00	38.30	0.3577	1.487
95.00	36.50	0.3586	1.483

(二)結果平均值為 $1.482 \mu m$

陸、討論

- 一、以不同角度的光入射，所得到的光譜不同，我們選擇 CD-R 與紙箱成 15 度夾角，作為實驗觀測的條件，所得的光譜較為清晰。
- 二、以不同高度的水溶液來觀測吸收光譜，高度太高或濃度太濃時，會產生光線無法穿越的現象，故選擇以濃度 0.5M 及溶液高 1.0cm 高的溶液來觀察。
- 三、各個化合物，其水溶液的顏色與欲被吸收的光譜恰成互補色。
- 四、透光式 CD-R 的溝槽槽距所測平均值為 $1.482 \mu\text{m}$ ，與我們所查得的標準值 $1.60 \pm 0.10 \mu\text{m}$ ，結果相差不多，可能是不同 CD-R 製程有所差異所導致。
- 五、購買整桶 CD-R 光碟片，上下各放置一片類似塑膠片的保護片，其實也可以當成簡易的光柵，與刮除染料層後的 CD-R，有相同的構造，以雷射光照射，也具有繞射條紋。

柒、結論

- 一、利用 CD-R 可做簡易分光光譜儀。
- 二、利用 CD-R 可作為簡單的繞射光柵實驗器材，並以此觀測 CD-R 的溝槽槽距。

捌、參考資料及其他

- 一、T. Knauer. (2002) A Compact Disc Transmission Spectroscope . *The Physics Teacher* 40, 466
- 二、A. Byrne. (2003) Compact Disc Spectroscopes Revisited. *The Physics Teacher*. 41, 144-145.
- 三、李柏青.(2004) 利用雷射光碟(CD)做光的繞射實驗.台灣 2004 國際科學展覽會.