



嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書



屆 別：64

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：光彩奪目的秘密

關 鍵 詞：彩虹 光譜

編 號：A115



摘要（300 字以內）

研究探討光碟的色散現象及光柵結構。通過觀察光碟表面和側面構造，發現了彩虹光點和多層構造，推斷其發出七彩光的原因。為獲得光碟光柵片，利用熱烘槍分離塑膠層和金屬層，並學習使用 PET 塑膠片壓製光柵片。透過光譜分析軟體（imagej 軟體），利用公式推算出波長。以太陽光譜作為參考，校正實驗光譜。通過模擬空氣污染的煙霧實驗，獲得不同光譜的數據。最後，使用科學 maker 小型光譜儀進行比較實驗，得到三個主題的比較差異結果：光碟光柵片（配合手機）、熱壓印光柵片（配合手機）和小型光譜儀之間的差異。我們發現，模擬污染的線香實驗中，污染度越多，光譜的散射表現越強，在紅外光區，有明顯的散射現象。利用數學回歸的方式分析，污染時間與光譜的散射呈正相關性。

關鍵字:彩虹、光譜、散射

壹、 研究動機

觀察到光碟片上出現彩虹現象是我們研究的初始動機。最初，我們對彩虹的出現感到困惑，不明白為什麼會在光碟表面產生如此迷人的色彩效果。通過上網查詢相關資料和聆聽老師的解釋，我們了解到這種現象被稱為「色散現象」，這也促使我們開始進行相關研究。

色散現象是指光波在穿過介質時，由於不同波長的光受到折射角度的影響而分離出來的現象。這種現象對於我們理解光的行為和性質至關重要，因此我們希望深入研究光碟表面背後的原理和機制。

我們的研究目標不僅是探討彩虹的產生原因，更重要的是理解光碟光柵結構的性質和特徵。通過觀察光碟表面和側面的構造，我們希望能夠揭示其中的奧秘，探究光在光碟上的反射、折射和散射過程。

此外，我們想要探討不同材料和製作方法對光柵效果的影響。研究光柵的製作過程將有助於我們深入了解光學元件的設計和製造技術，並為未來的應用提供基礎。

另外我們也搜尋了光譜與空氣污染之間存在著密切的關聯性，這種關聯性主要體現在以下幾個方面：

一、光譜的吸收特性：

空氣中的污染物（如臭氧、二氧化硫、氮氧化物和顆粒物）會對特定波長的光產生吸收。因此，通過觀察光譜中特定波長的強度變化，可以間接地了解空氣中的污染物濃度。

二、大氣光學現象：

空氣中的污染物會影響太陽光進入大氣層的傳播，從而產生大氣光學現象，例如散射、吸收和折射。這些現象導致了光譜中的特殊結構，進而反映了大氣中污染物的種類和濃度。

三、特定波長的污染物檢測：

利用光譜學的技術，可以通過觀察特定波長的光線在大氣中的吸收情況，來檢測空氣中某些特定污染物的存在與濃度。例如，近紅外光譜可用於檢測大氣中的臭氧，紫外光譜可用於檢測二氧化硫和氮氧化物。

四、光譜分析技術的應用：

光譜學是一種強大的分析技術，可以用於識別和定量測量空氣中的各種污染物。通過對大氣中不同波長的光線進行分析，可以獲得有關污染物的豐富信息，包括種類、濃度和分佈等。

總的來說，光譜與空氣污染之間的關聯性主要體現在光譜的吸收特性、大氣光學現象、污染物檢測以及光譜分析技術的應用等方面。利用光譜學的技術可以更準確地監測和評估空氣質量，有助於制定有效的污染防治措施和環境管理政策。

我們相信，通過這項研究，我們能夠解答光的七彩現象的起因，還能夠獲得對光學原理更深層次的理解。這將為光學相關領域的進一步發展提供重要的參考和指導，並可能應用於光學儀器的改進和創新。因此，我們團隊對這項研究充滿了熱情，並期待著在本次科展中獲得有意義的成果。

貳、 研究目的

- 一、理解光碟的色散現象及光柵結構，並探討其彩虹光點和多層構造的形成原理。
- 二、獲得光碟光柵片，採用熱烘槍分離塑膠層和金屬層，並學習使用 PET 塑膠片製作光柵片的技術。
- 三、透過光譜分析軟體計算光譜中不同波長的波長值，並以太陽光譜為參考進行實驗光譜的校正。
- 四、模擬空氣污染的煙霧實驗，觀察不同污染程度下光譜的變化，瞭解散射的影響。與科學 maker 小型光譜儀進行比較實驗，獲得三種光柵片的差異結果。
- 五、分析光譜中不同波長光線在不同亮度條件下的解讀差異，探討亮度對光譜散射的影響。
- 七、深入探討光學感知的基礎原理，為光學相關領域的進一步發展提供重要參考和指導。

表 1 相關研究章節

章節主題	與本研究相關性
光與影子	這單元通常介紹光的基本性質、光線的傳播、光的反射、光的折射等基礎知識。在這個單元中，可能會探討到光的顏色、光線的走向、透鏡和鏡子的作用等概念。
色彩	這單元通常涉及到顏色的形成原理、光的分解與合成、彩虹的形成等相關內容。在這個單元中，可能會介紹到光的分光性質、顏色的混合、光的波長等知識。
光學儀器	這單元通常介紹一些常見的光學儀器，例如望遠鏡、顯微鏡、投影儀等，以及它們的工作原理和應用。在這個單元中，可能會涉及到光的聚焦、干涉、衍射等光學現象。
自然與生活	這單元可能會介紹一些與光學相關的自然現象和日常生活中的應用，例如太陽能、光合作用、日食和月食等。在這個單元中，可能會探討到光的能量轉換、光的作用原理等知識。

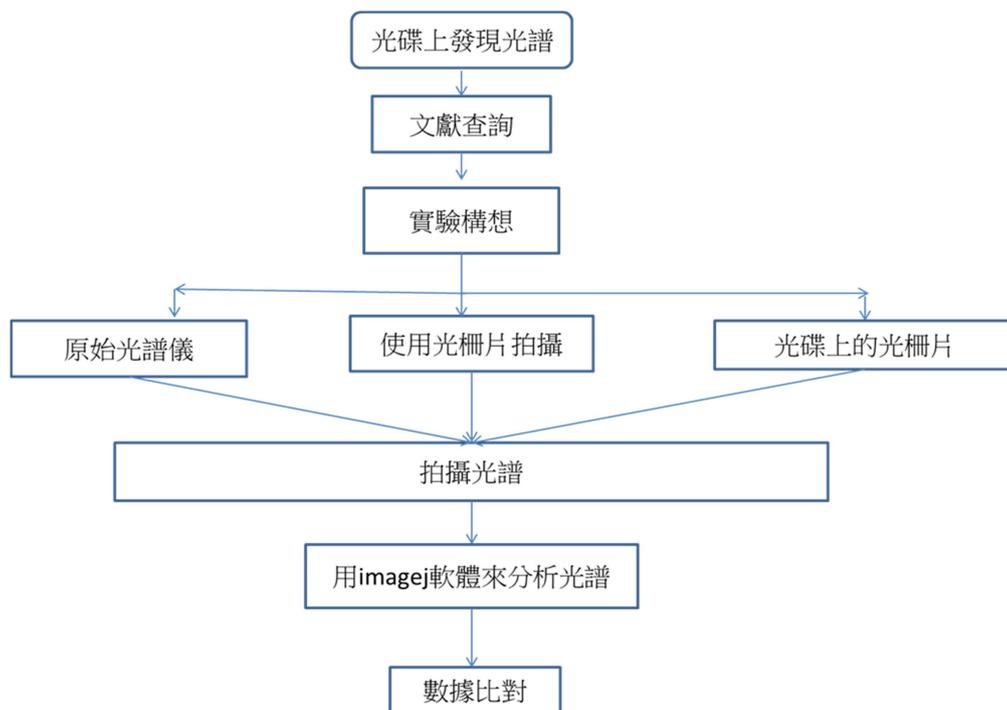


圖 1、實驗流程架構圖

參、研究設備及器材

一、實驗工具:

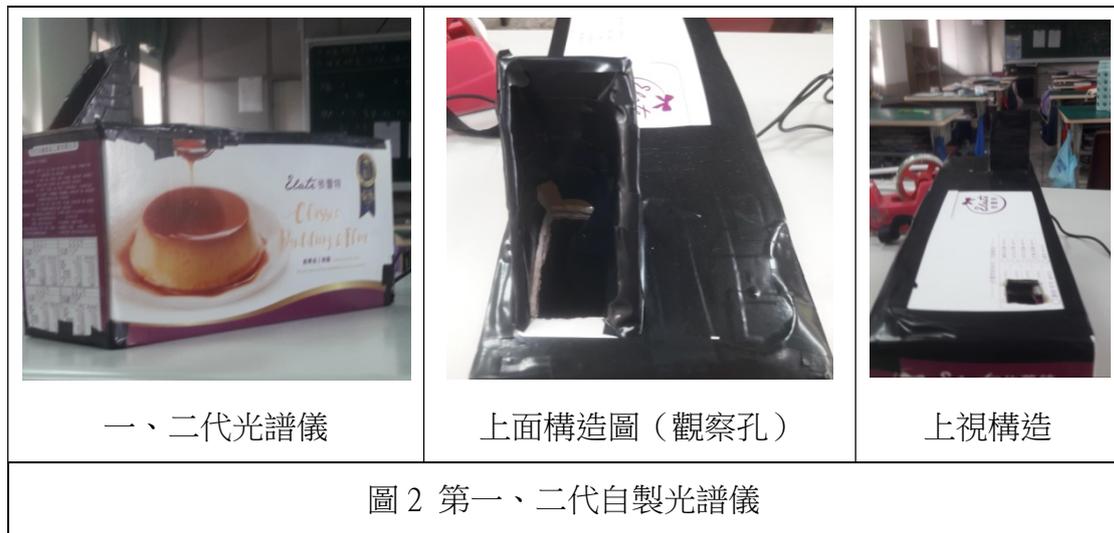
剪刀、寶特瓶、綠色膠帶、美工刀、光碟片、紙板、熱熔膠槍、熱烘槍、USB 手機、鏡子、牙膏盒、光柵片

二、研究設備:

實驗觀察箱、小型光譜儀、亮度計、小燈泡、自製光譜儀(一代、二代、三代、四代)、USB 電子放大鏡

(一) 第一、二代自製光譜儀

第一、二代光譜儀缺陷：我們使用光碟片來當裡面的光柵，但我們的光碟片沒有分離，所以無法分析光譜，另外構造過於複雜，光的路徑也會造成分析光譜時的誤差（見圖 2）。



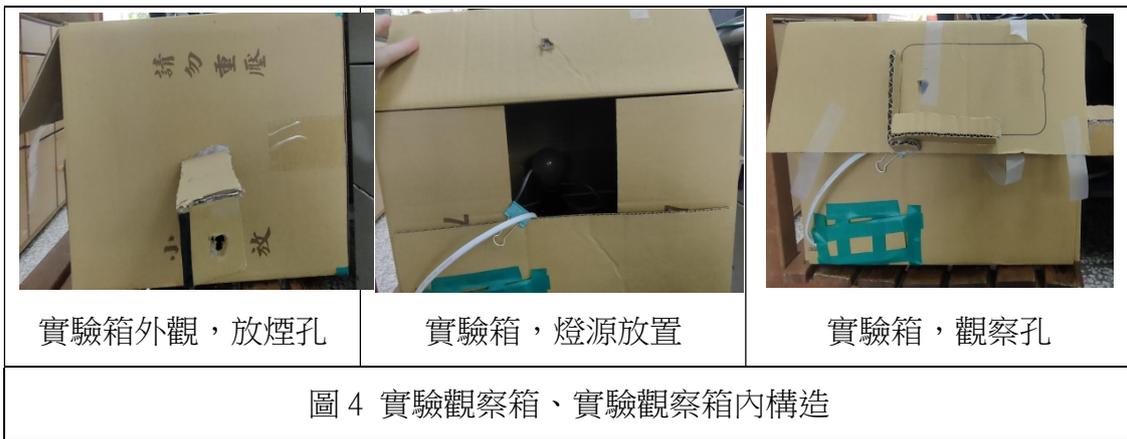
（二）電子放大鏡以及放大鏡支架

顯微鏡支架是用來固定顯微鏡的，顯微鏡使用只需下在顯微鏡軟體和 USB 顯微鏡連接電腦即可使用（見圖 3）。

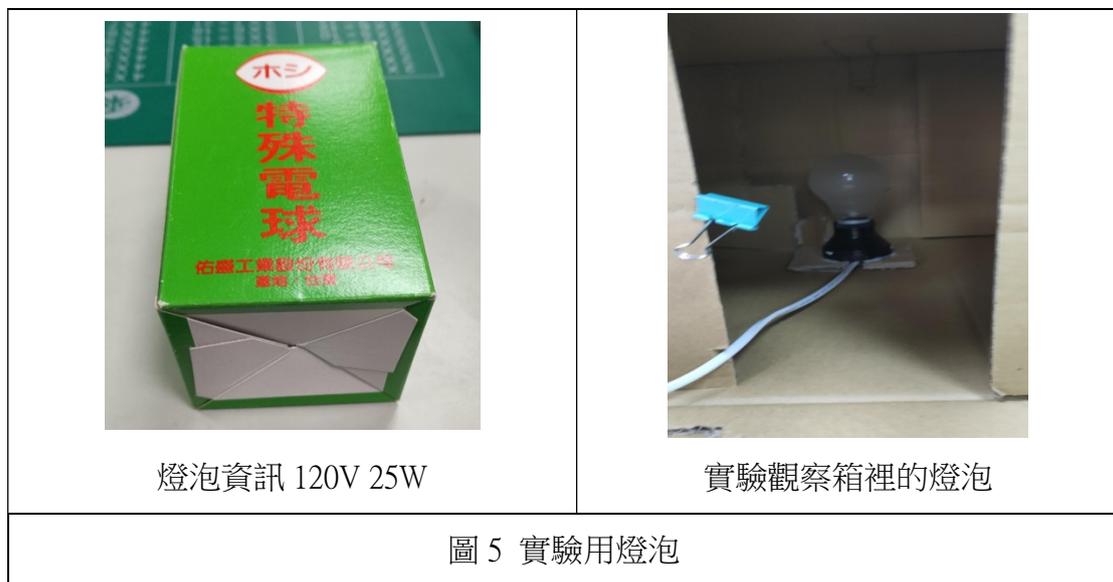


（三）實驗觀察箱、實驗觀察箱內構造

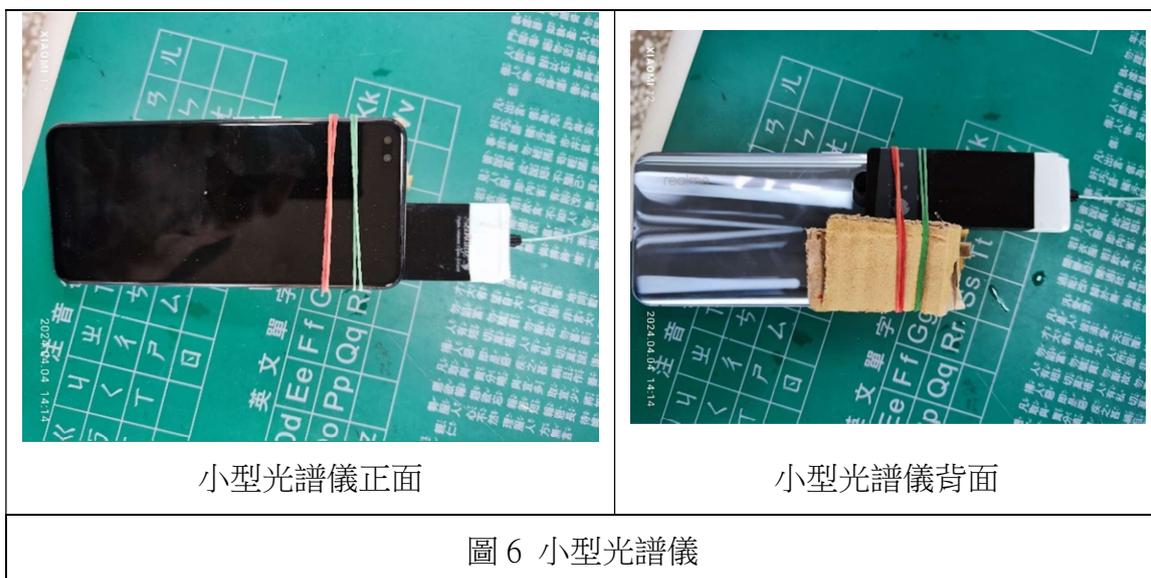
在圖中的實驗觀察箱中，側邊突出的構造是放線香的，在圖中這是掀開的拍攝孔，圖中的黑線區是放手機光譜儀的地方，還有固定的支架（見圖 4）。



(四) 小燈泡



(五) 小型光譜儀



肆、研究過程或方法

一、文獻參考、光譜的形成原理

(一) 色散原理

透過文獻查詢，我們發現光譜主題種類十分多元，有焰色、太陽黑子等各種主題，於是我們決定先觀察光譜的特性，首先透過文獻我們發現光譜的形成是因為光通過不同介質時，色光的速率和不同的光柵角會影響色光的速率，這叫做色散現象。色散現象是指光在穿過介質時，不同波長的光會因其在介質中的折射率而呈現出不同的折射角度，從而使得光被分離成不同顏色的現象。這種分離的效應導致了光的色散，即將原本的白光分解成不同顏色的光譜（見圖7）。

色散現象的主要原理是基於光在介質中傳播時，不同波長的光速度不同。根據光在介質中的折射定律，光的折射角度與波長呈反比關係。當白光經過透明介質（如玻璃或水）時，由於光的波長不同，因此不同波長的光在介質中的折射角度也不同，從而使得光被分離成顏色各異的光譜。

色散現象在自然界和日常生活中普遍存在，例如彩虹是因為降雨中的水滴作為介質，使得陽光經過水滴後呈現出不同波長的光被分解出來而形成。此外，在光學儀器中，色散現象也被廣泛應用，如分光儀和光譜儀就利用了光的色散原理來分析物質的成分和性質

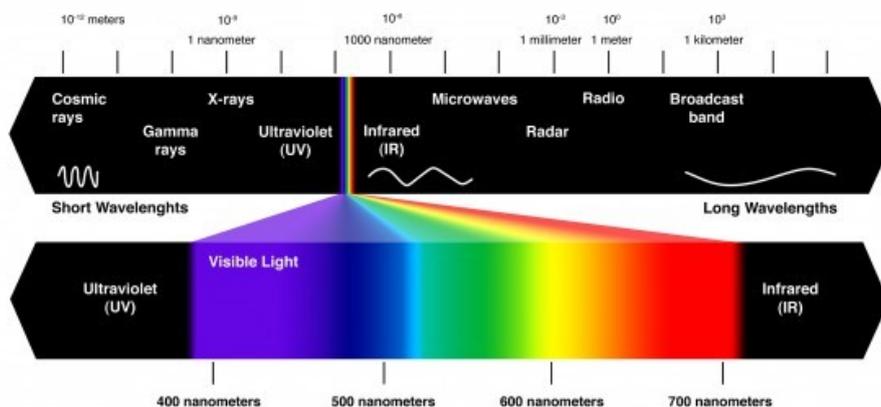


圖 7 光的頻率與波長對照圖

(資料來源：泛科學 <https://pansci.asia/archives/47092>)

（二）散射原理

散射是指光在穿過介質或與介質接觸時，遇到不均勻性或粒子而改變方向的現象。這種現象在光學中具有廣泛的應用，並且在自然界中也是常見的現象。散射的作用包括：

1. 散射光的方向性改變：

當光線與介質中的微粒子（如氣溶膠、塵埃或氣體分子）相交時，光的方向會隨機改變，使光在各個方向上散射出去。這種散射導致原本直線傳播的光線變得不集中，而是在各個方向上擴散開來。

2. 產生散射光譜：

不同波長的光在介質中的散射程度可能會有所不同，這導致了散射光的顏色會因光的波長而有所變化，形成散射光譜。例如，天空之所以呈現藍色，就是因為陽光在大氣中的散射作用，使得較短波長的藍光被散射得更強，而較長波長的其他色光則相對較少被散射。

3. 改變光的強度：

散射也會影響光的強度。在大氣中，陽光經過多次散射後，會導致部分光線被散射出去，使得太陽光在地面上的強度降低。

4. 影響可見度和光路：

在懸浮顆粒較多的情況下，散射會造成光的透過性下降，從而影響視覺的清晰度和可見度。在大氣中的霧、煙霧或懸浮粒子中，散射作用會導致光的傳播路徑彎曲，進而形成視覺上的模糊效果。

（三）廷格耳效應

廷格耳效應（Tyndall Effect）是指當光穿過一個非均勻介質時，光會被散射成多個方向，從而使得這個介質呈現出藍色光暈的現象。這種效應通常在液體中的懸浮顆粒或氣體中的微粒上觀察到。

廷格耳效應的產生原理是當光線遇到介質中的微小顆粒或分子時，光的波長與顆粒或分子的尺寸相當，這時光就會被散射出來。這種散射是非常有效的，尤其是對於較短波長的藍光。因此，當光穿過介質中的微粒時，較短波長的藍光會被大量散射，而較長波長的其他色光則相對較少被散射。

結果就是觀察到的介質呈現出藍色光暈。這是因為人眼對藍光的敏感度較高，所以藍光的散射會比其他色光更明顯。因此，當光穿過懸浮顆粒或微粒時，觀察到的現象就是一個藍色的光暈，這就是廷格耳效應（見圖 8）。

廷格耳效應在日常生活中是非常常見的，例如在懸浮微粒的空氣中、牛奶、霧、煙霧或乳液中都可以觀察到這種現象。這種效應也被廣泛應用於科學研究中，用於分析懸浮顆粒的分布和性質，以及在光學和材料科學中的各種應用。

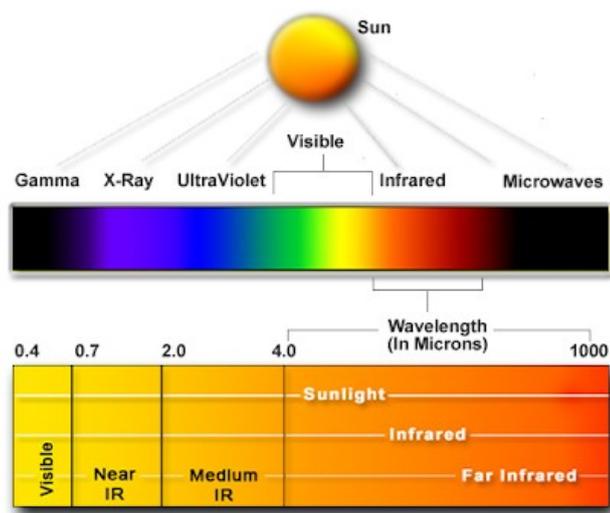


圖 8 廷格耳效應對於溫室效應的影響

(資料來源 LIS 情境科學教材 <https://lis.org.tw/posts/50>)

二、嘗試製作光譜儀和嘗試拍攝

在觀察其他報告書的作品中，我們注意到了拍攝光譜圖並分析光譜波長的做法。因此，我們確定了研究方向，決定嘗試拍攝光譜圖。然而，我們意識到直接拍攝光碟上的光譜可能會受到其他雜光的干擾和影響。為此，我們建造了一個暗室，以避免外部光線干擾光譜的正確拍攝。我們團隊進一步增加了一個拍攝孔，方便將手機放置在特定位置進行拍攝（見圖 9、圖 10）。

我們發現直接使用光碟作為光柵的效果並不理想。每張圖的光譜和光譜分佈都存在差異，使得光譜的分析難以得到準確的結果。為此，我們決定尋找替代品，以替代光碟作為光柵使用，以提高實驗的準確性和可重複性。

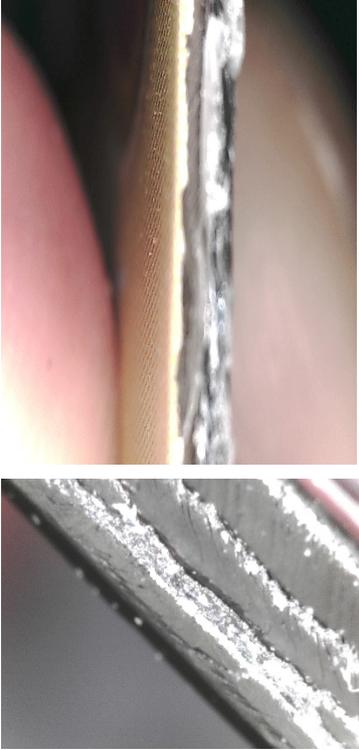
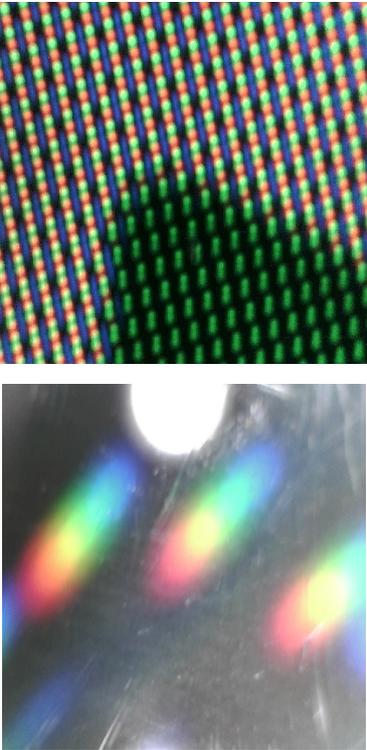
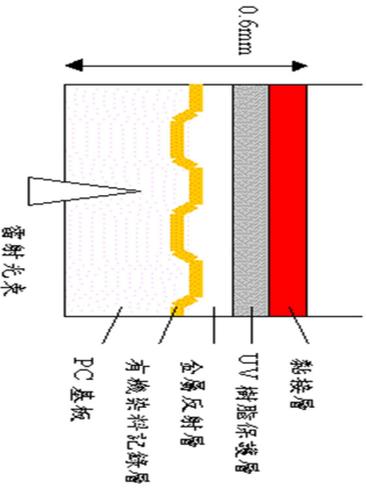
		
<p>光碟光譜 1</p>	<p>光碟光譜 2</p>	<p>光碟光譜 3</p>
		 <p>雷射光束</p> <p>PC 基板</p> <p>有機染料記錄層</p> <p>金屬反射層</p> <p>UV 樹脂保護層</p> <p>黏接層</p> <p>0.5mm</p> <p>資料來源:理財網 https://www.moneydj.com/km/dj/report/reportviewer.aspx?a=0ceeadfd-aed4-11d4-a1a7-00e018b00aed</p>
<p>光碟片的斷面</p>	<p>光碟片上的光柵</p>	

圖 9 嘗試製作光譜儀

				
加熱光碟片	均勻加熱	持續加熱	使用剪刀分解光碟	將分離出的光柵片安裝在手機上測試
圖 10 嘗試拍攝				

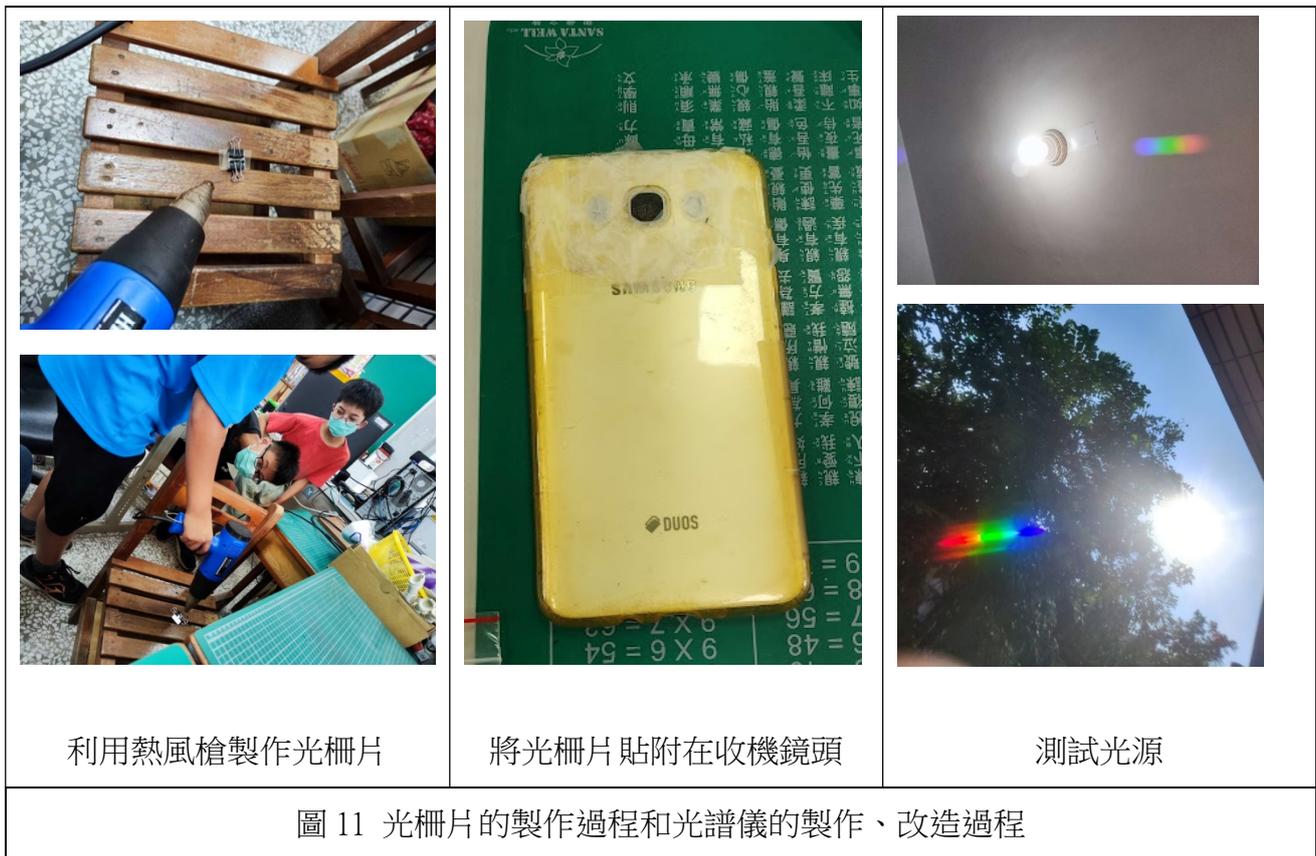
三、光柵片的製作過程和光譜儀的製作、改造過程

在探索光碟的光學性質時，我們認為其中必然存在著能夠產生光譜的結構。因此，我們利用 USB 電子放大鏡仔細觀察光碟表面。除了發現彩虹光點外，我們還觀察到了側面的多層結構。我們推斷這些結構中蘊含著值得深入研究的光學特性。

為了分離光碟的塑膠層和金屬層，我們嘗試了多種方法，包括蠻力和槌子敲打。然而，這些方法都未能達成預期的效果。最終，我們決定採用熱烘的方式，以脆化光碟並使其易於分離。經過多次實驗，我們終於成功獲得了光碟光柵片。

在準備拍攝光譜圖像時，我們安裝了光柵片並使用手機進行拍攝。然而，我們發現光碟光柵片的解析度和光譜位置有些奇怪，這可能是由於光的折射和光碟的老化所致，導致光產生偏折，進而影響了光譜的準確性。

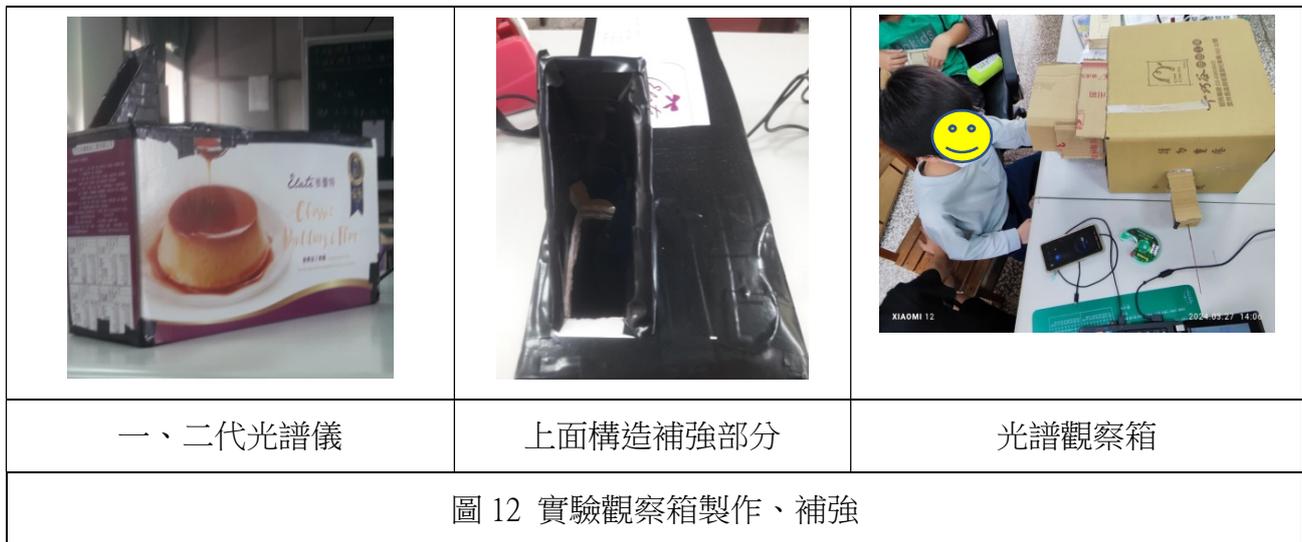
基於這一發現，我們決定自行製作（複製）光柵片。通過觀看網上的壓印示範影片，我們獲得了製作光柵片的靈感。我們按照影片的指示，準備了模具、光柵片、熱烘槍和寶特瓶塑膠片等材料。經過多次試驗後，我們成功地製作了大量的光柵片。將壓印的光柵片安裝在手機上，我們終於成功地拍攝到了清晰的光譜圖像（見圖 11）。



四、實驗觀察箱製作、補強

為了解決手機光譜儀受到其他光干擾的問題，我們決定製作一個類似暗室的觀察箱。在這個觀察箱裡，我們放置了燈泡和亮度計，以確保光源和亮度的穩定性。為了更方便地進行拍攝，我們增加了拍攝孔，使得相機可以直接調整細節。此外，我們還在旁邊加裝了放置線香的通道，以防止雜光進入觀察箱內。這一步使得製作過程更加困難，但也確保了實驗環境的穩定性。

除此之外，我們還對觀察箱進行了補強，特別是一些破損及漏光的區域。這些補強措施不僅加強了觀察箱的結構穩定性，並確保實驗過程的順利進行。透過這些努力，我們期望能夠提高光譜圖像的品質，從而更準確地進行光譜分析和研究。



五、煙霧實驗、亮度實驗模擬和進行

在進行煙霧實驗和亮度實驗之前，我們首先利用電燈泡調節器對亮度進行調節，以保證能夠在合適的亮度下進行光譜拍攝。我們將亮度範圍刪除光譜判定不良的條件至剩下的五個亮度範圍，這樣便可以準確模擬不同亮度下的光譜情況。

接著，我們將貼上光柵片的手機放置在觀察箱的拍攝孔中，並分別拍攝了亮度一到五的光譜圖像。這些光譜圖像將作為後續光譜波長校正的基礎。

在煙霧實驗中，我們引入了線香的煙霧，模擬了不同程度的空氣污染情況。通過觀察這些煙霧下的光譜，我們可以探究空氣污染對光譜的影響。這些實驗提供的數據可讓我們進一步分析光譜在不同環境條件下的變化。

六、拍攝太陽光譜（校正用）以及學會使用 Image J 光譜分析軟體

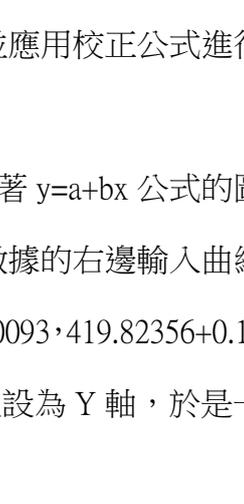
經過拍攝燈泡光譜圖後，我們需要對光譜進行校正。校正的目的是獲得準確的光譜波長訊息，以便後續分析和研究。根據獲取的資訊，我們得知光譜校正需要一張被校正的光譜圖和一張標準光譜圖。我們決定使用太陽光譜作為標準光譜，因其易於取得且具有較高的穩定性。為此，我們使用設計的支架固定手機來拍攝太陽光譜。

隨後，我們下載了 Image J 光譜校正軟體（見圖 13），開始了校正工作。首先，將拍攝的太陽光譜圖片導入軟體，然後進行光譜範圍的選取和波峰值的讀取。接著，將所選取的光譜範圍轉換為灰階值和像素值圖表，並進行波峰值的讀取。隨後，切換至被校正的光譜圖，並進行同樣的波峰值讀取。最後，利用曲線擬合功能，根據所得到的波峰值進行曲線擬合，得

到一個表示光譜校正的公式。

完成光譜校正後，我們將校正後的光譜圖表數據匯入 excel，並根據擬合公式進行數據的處理。在 excel 中，我們將波長設定為 x 軸，灰階值設定為 Y 軸，並應用校正公式進行數據轉換。

接著打開曲線擬合功能，輸入要校正的值按下確定鍵，一張寫著 $y=a+bx$ 公式的圖就出來了，接著將校正光譜的圖表數據貼上到 excel 中，在第一個灰階值數據的右邊輸入曲線擬合功能中寫的 b 值、a 值乘像素值的第一格數據，假如： $a=-419.82356$ 、 $b=0.10093$ ， $419.82356+0.10093*A1$ 這個就是公式，校正終於完成，於是我們將波長設為 x 軸，灰階值設為 Y 軸，於是一張圖表就製作完成了。

	
<p>Duplicate 是放大圖功能</p>	<p>Transform-rotate、Rotate 90 Degrees left、right (轉角度)</p>
	
<p>Plot profile 是圖表功能</p>	<p>曲線擬合以及 $y=a+bx$ 公式</p>
<p>圖 13 Image J 光譜校正軟體</p>	

七、數值分析相關性

(一) 相關係數：

標準化數據 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ 的相關係數為：

$$r = \frac{X_1Y_1 + X_2Y_2 + \dots + X_nY_n}{n}。$$

說明：將數據標準化之後，在散布圖上兩變量的平均值會成為原點。設每一筆資料的標準化數據為 (X_i, Y_i) 。當點 (X_i, Y_i) 在第一、三象限時，有 $X_iY_i > 0$ ；而當點 (X_i, Y_i) 在第二、四象限時，有 $X_iY_i < 0$ 。因此觀察 $X_1Y_1 + X_2Y_2 + \dots + X_nY_n$ 的值，如果其值是正的，通常表示落在第一、三象限的點多，圖形會是右上左下的正相關趨勢（如圖 14），而且其值愈大，表示趨勢愈強；同理，如果其值是負的，通常表示落在第二、四象限的點多，圖形會是左上右下的負相關趨勢，如圖 15，而且其值愈小，表示趨勢愈強。

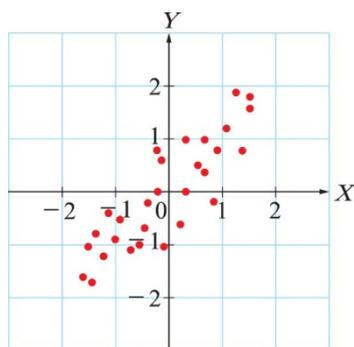


圖 14

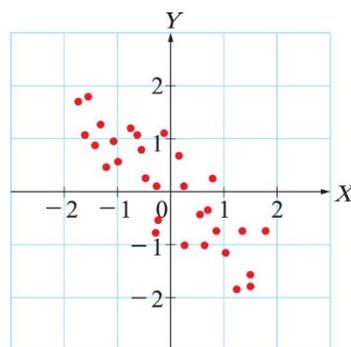


圖 15

因此， $X_1Y_1 + X_2Y_2 + \dots + X_nY_n$ 可以用來衡量相關程度。為了消弭資料個數的影響，我們除以資料個數，得到 $\frac{X_1Y_1 + X_2Y_2 + \dots + X_nY_n}{n}$ 。此即相關係數的定義，通常記為 r 。

(二) 由原始資料求相關係數：

原始數據資料 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ 的相關係數為

$$r = \frac{(x_1 - \mu_x)(y_1 - \mu_y) + (x_2 - \mu_x)(y_2 - \mu_y) + \dots + (x_n - \mu_x)(y_n - \mu_y)}{\sqrt{(x_1 - \mu_x)^2 + (x_2 - \mu_x)^2 + \dots + (x_n - \mu_x)^2} \cdot \sqrt{(y_1 - \mu_y)^2 + (y_2 - \mu_y)^2 + \dots + (y_n - \mu_y)^2}}。$$

(三) 散布圖和相關係數的關係：

1. 相關係數 $r > 0$ ：

當 $r = 1$ 時，資料均在同一條斜率為正的直線上，當 $0 < r < 1$ 時， r 愈大，代表資料分布大致呈右上左下，且資料的分布愈靠近於某條斜率為正的直線，如圖 16~圖 19。

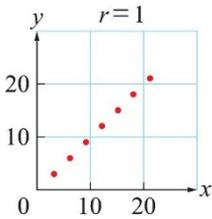


圖 16

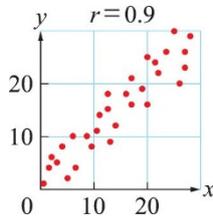


圖 17

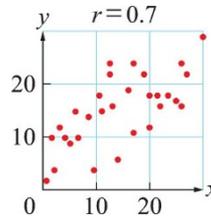


圖 18

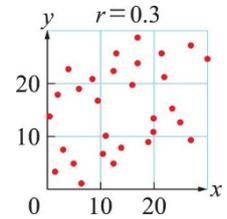


圖 19

2. 相關係數 $r < 0$ ：

當 $r = -1$ 時，資料均在同一條斜率為負的直線上，當 $-1 < r < 0$ 時， r 的絕對值愈大，代表資料分布大致呈左上右下，且資料的分布愈靠近於某條斜率為負的直線，如圖 20~圖 23。

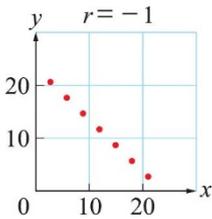


圖 20

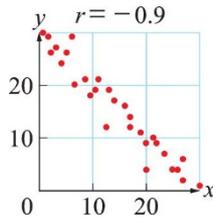


圖 21

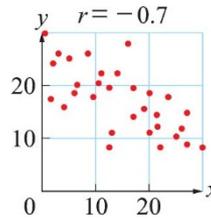


圖 22

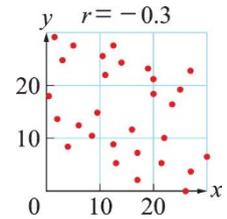


圖 23

3. 相關係數 $r = 0$ ：

這兩組數據，其中一組變量的變化對另一組數據沒有影響，例如它們的分布呈現左右對稱、或者上下對稱。又當兩組數據的散布圖完全落在一條水平直線或鉛垂直線時，我們規定其相關係數 $r = 0$ ，如圖 24~圖 27。

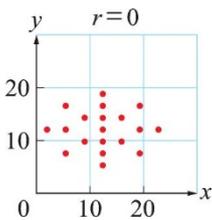


圖 24

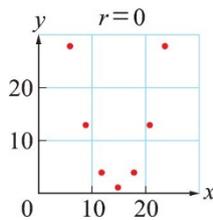


圖 25

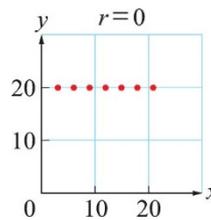


圖 26

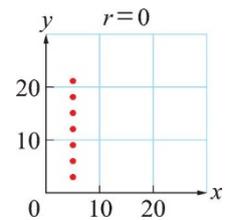


圖 27

4. 相關係數 r 的性質：

- (1) $r > 0$ 為兩變量正相關， $r < 0$ 為負相關， $r = 0$ 為零相關。
- (2) $-1 \leq r \leq 1$ 。
- (3) $r = 1$ 為完全正相關， $r = -1$ 為完全負相關。
- (4) $|r|$ 愈大表示兩變量的相關程度愈強。
- (5) 即使兩個變量的相關程度很強，這兩個變量也不一定有因果關係。

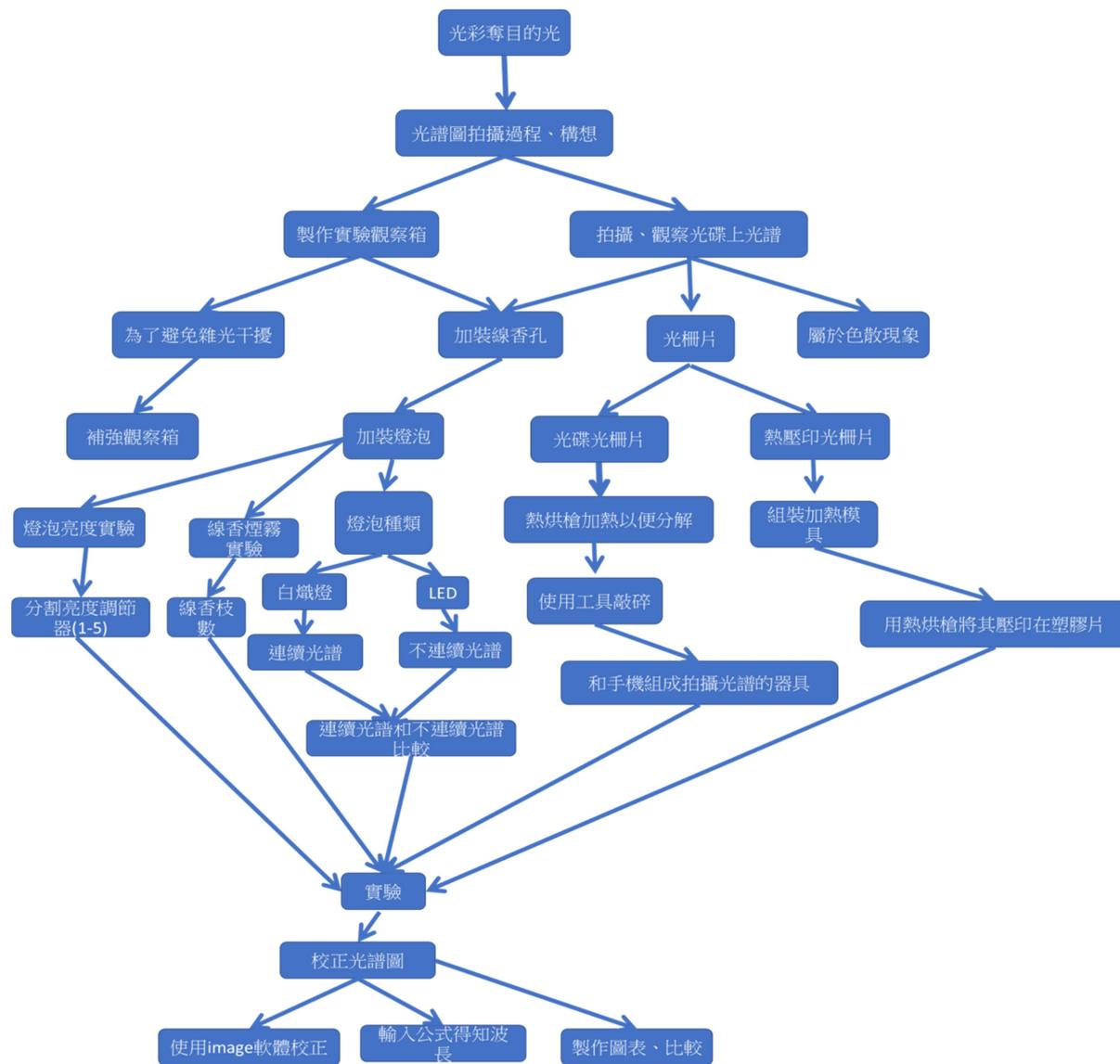


圖 28 實驗流程構想圖

八、進行圖表堆疊和數據處理、excel、word 卡頓問題解決

我們避免在 excel 中大量使用儲存格空格，這樣可以減少文件的記憶量，從而減輕 excel

的負擔，提高運行效率。同時，我們盡量減少工作表的數量，將相關的數據集中到一個工作表中，避免了過多的分頁切換，降低了 excel 的負擔。

另外，我們還嘗試使用網頁版的 word 來進行報告書的編輯，這樣可以有效減輕電腦的負擔，提高操作的流暢度。相比於桌面版的 word，網頁版的 word 通常具有更輕量級的特性，運行速度更快，對於大量數據的處理也更為順暢。

經過這些措施的應用，我們成功地解決 excel、word 卡頓的問題，提高了數據處理和報告製作的效率及準確性。這些措施不僅在實驗過程中發揮了重要作用，同時也提供了一個比較實用的解決方案也避免忘記存檔的窘境，替類似問題的處理提供了參考和借鏡。

伍、研究結果

一、現象探討

在拍攝光譜圖片時，我們遭遇到了一些問題。首先，我們面臨的一個主要問題是瞬時過曝。由於光譜的強度可能會在短時間內劇烈變化，當光譜強度突然增加時，相機的感光元件可能無法即時調整，導致部分或全部的光譜圖片出現過曝現象，使得數據失真或無法解讀。

另外一個常見的問題是多重光譜。在實際拍攝過程中，光譜圖片可能會受到多重光源的干擾，導致產生多重光譜的現象。這可能是由於周圍環境中存在多個光源，或是光線在光學元件表面反射或折射而產生的。多重光譜的存在會使得圖片中出現額外的光譜峰值或干擾，增加了圖像的複雜性，使得光譜分析變得困難（見圖 29）。

為了解決這些問題，我們可能需要採取一些措施。例如，對於瞬時過曝問題，我們可以通過調整相機的曝光時間或光圈大小，以及適當控制光源的強度來降低光譜的強度變化幅度，從而減少過曝的發生。對於多重光譜問題，我們可以通過改變拍攝角度或位置，調整光源的方向，以減少多重光源對光譜圖片的干擾。同時，我們還可以使用適當的光學濾鏡或遮光罩來避免額外光源的影響，提高圖片的純度和準確性。

		
瞬間過曝	瞬間過曝	瞬間過曝
		
多重光譜		多重光譜
圖 29 瞬間過曝、多重光譜		

二、實驗結果

(一) 亮度實驗

光碟片的光譜現象源於光的色散特性，即不同波長的光在穿過介質時會因折射率的不同而分離。當光線照射到光碟片表面時，光碟上微小的凹槽或刻痕會使不同波長的光經過不同的折射，形成七彩的光譜。

在不同強弱光源下（亮度 1、亮度 2、亮度 3、亮度 4、亮度 5），光碟片的光譜表現會有所不同。當光源較強時，光譜圖像中的光強度會增加，使得光譜的顏色更加明亮，對應的灰階值也會增大。反之，當光源較弱時，光譜圖像中的光強度較低，導致光譜的顏色較暗，對應的灰階值則較小。

這種現象可以通過光學原理來解釋。光在照射到光碟表面後，會被分解成不同波長的光譜，這些光譜通過光學儀器捕捉後，會被轉換成數字信號，其中亮度信息以灰階值的形式呈現。因此，光源的強弱直接影響了光譜圖像中的灰階值，強光源對應較高的灰階值，而弱光

源對應較低的灰階值。

光碟片的光譜圖比較圓潤，波長集中在 20nm~700nm 之間，這是屬於可見光的區域。在波長 400nm~500nm 間有峰值，但光譜受到的干擾較大，再現性不佳。

透過自製光柵片拍攝不同亮度燈泡的影響，我們可以觀察到光的強度對光譜圖像的影響。當燈泡的亮度較小時，拍攝到的光譜圖像中，對應的灰階值也較小。這是因為亮度較小的燈泡產生的光較弱，照射到光柵片上的光也相對較少，導致光譜圖像中的亮度較低，對應的灰階值較小。

相反，當燈泡的亮度較大時，拍攝到的光譜圖像中，對應的灰階值則較大。這是因為亮度較大的燈泡產生的光較強，照射到光柵片上的光也相對較多，導致光譜圖像中的亮度較高，對應的灰階值較大。

此外，我們觀察到拍攝到的光譜圖像中的波長落在可見光區域，這是因為自製光柵片能夠有效地分散光線，使得不同波長的光得以分離並在影像中呈現出來。而且，隨著光源亮度的增加，光譜圖像的波峰和波谷變得更加清晰和銳利，這是因為光源亮度增加導致光柵片所接收到的光強度增加，從而提高了影像的解析度。

因此，透過這些觀察，我們可以得出結論：光源的亮度對光譜圖像的灰階值和影像品質有明顯影響，亮度越大，對應的灰階值越大，影像品質越銳利。

光柵片是一種具有類似光柵結構的光學元件，其主要作用是分散入射光線，使不同波長的光分離出來。在熱壓製的自製光柵片中，可能由於製程較為精密，表面紋理較為均勻，因此能夠較有效地分散光線，並產生清晰的光譜圖像。

光柵片對入射光線的分散效果受到入射角度的影響。當光源的入射角度不夠垂直時，部分光線可能無法正確地被光柵片分散，而是反射或折射至其他方向，導致拍攝到的光譜圖像模糊或不清晰。在自製熱壓製的光柵片中，可能由於裝置的光柵片是在鏡頭前，因此能夠獲得較為垂直的入射光線，從而產生較為清晰的光譜圖像，而光碟光柵是光線經光碟面反射至鏡頭，所以影像較為模糊不銳利。

不同光源的光譜特性對光柵片的表現確實具有重要影響。某些光源可能具有較廣的光譜範圍，例如太陽光，而某些光源可能僅釋放特定波長的光線，例如發光二極體。在我們分析

中太陽光的光譜在不同時間下確實會出現明顯的差異，這可能與太陽照射的角度及大氣中的汙染物等因素有關。

此外，在單一波長的發光二極體中，我們觀察到光譜上的不連續性。這種不連續性與太陽光的連續光譜形成了鮮明對比。這種現象可能是由於發光二極體的工作原理導致的，該元件僅釋放特定波長的光，因此在光譜上呈現出類似的突波現象。

在自製熱壓製的光柵片中，可能能夠有效地分散不同波長的光線，從而呈現出較豐富的光譜特徵，使得拍攝到的光譜圖像更為清晰和準確。

自製熱壓製的光柵片表現較好的可能原因包括其光學特性優越、對入射角度較為敏感、以及對不同光源的光譜特性有較好的適應性。因此，在實驗中觀察到其在不同光源組別下表現較佳的現象（見圖 30~圖 35）。

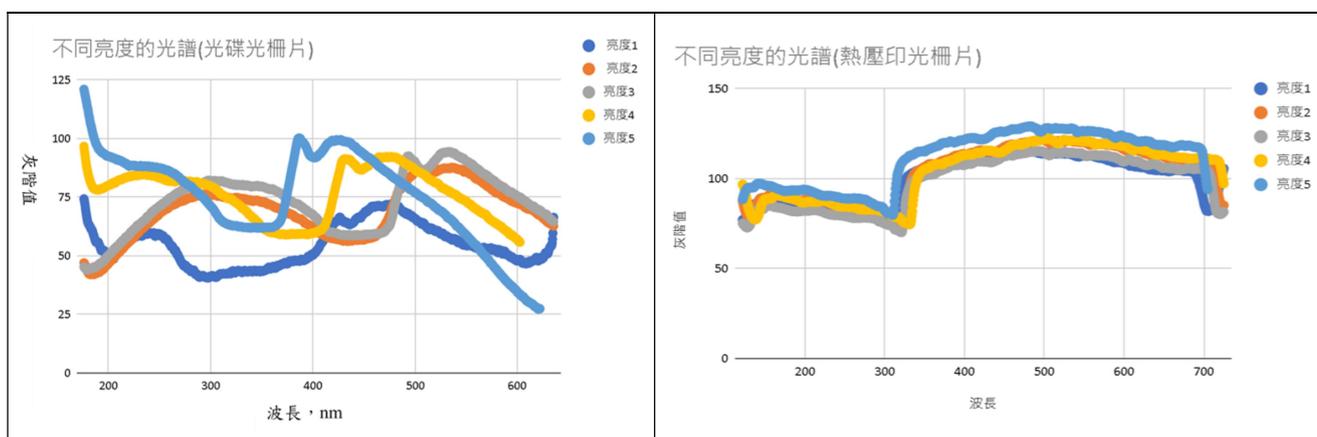
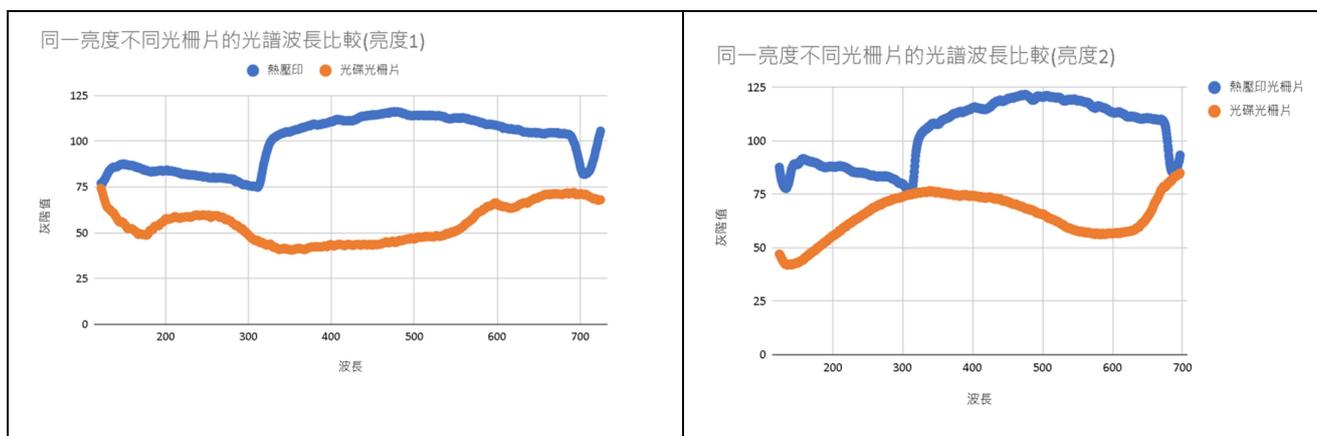
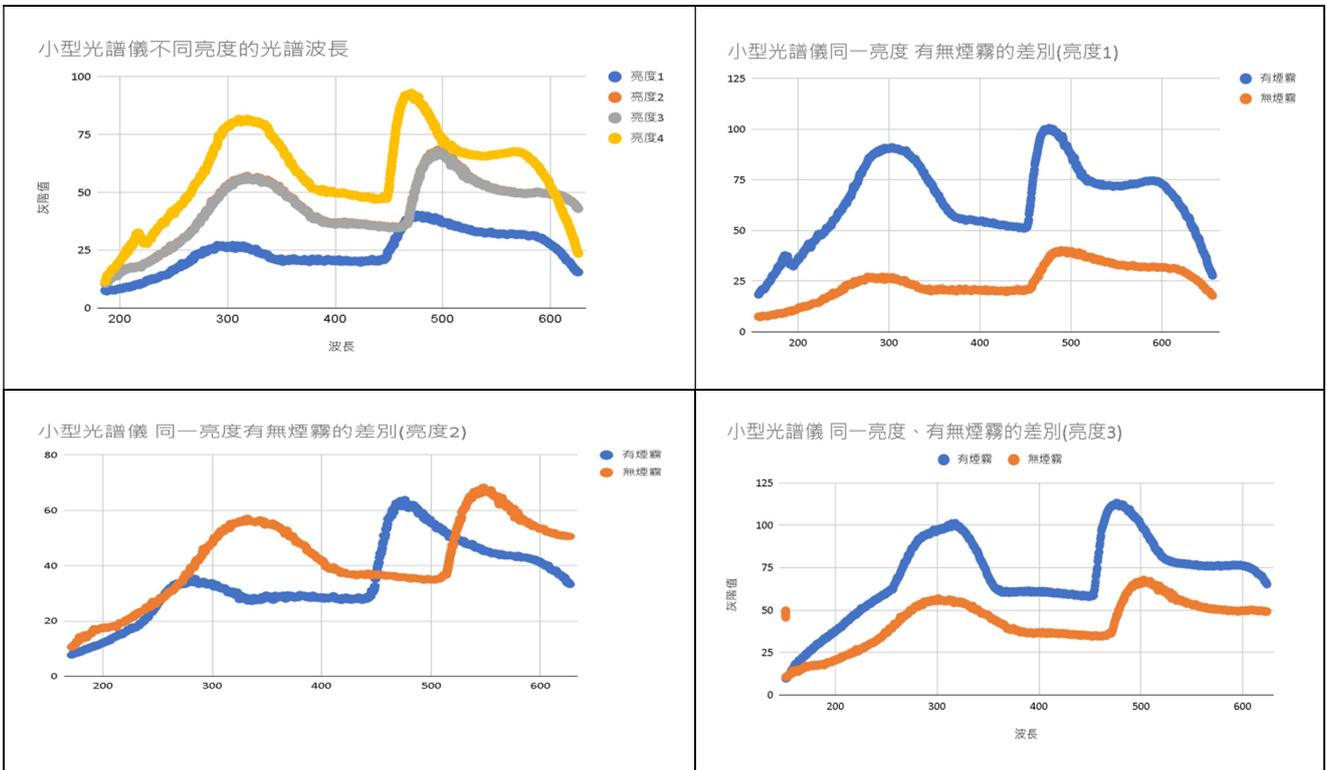
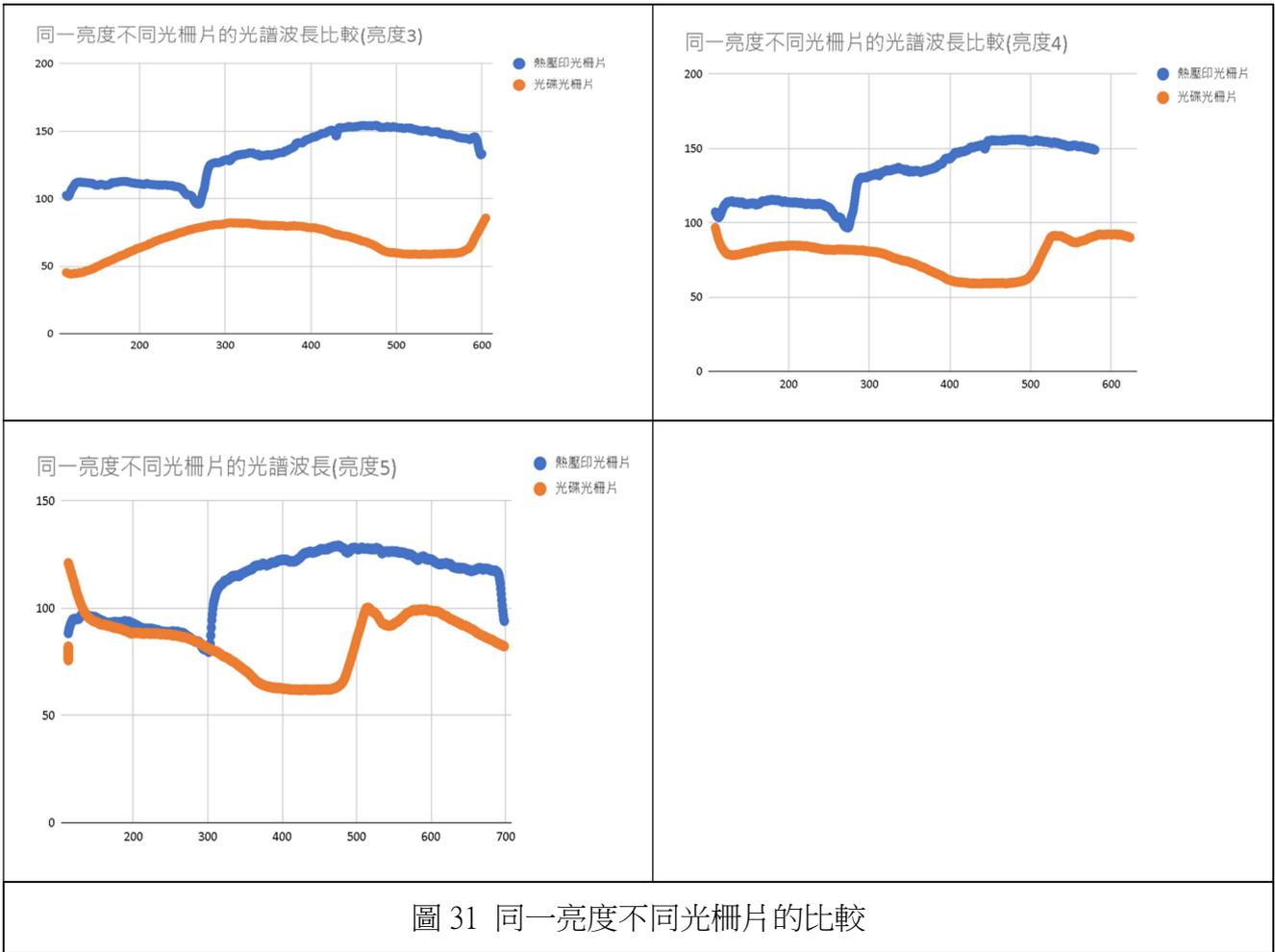
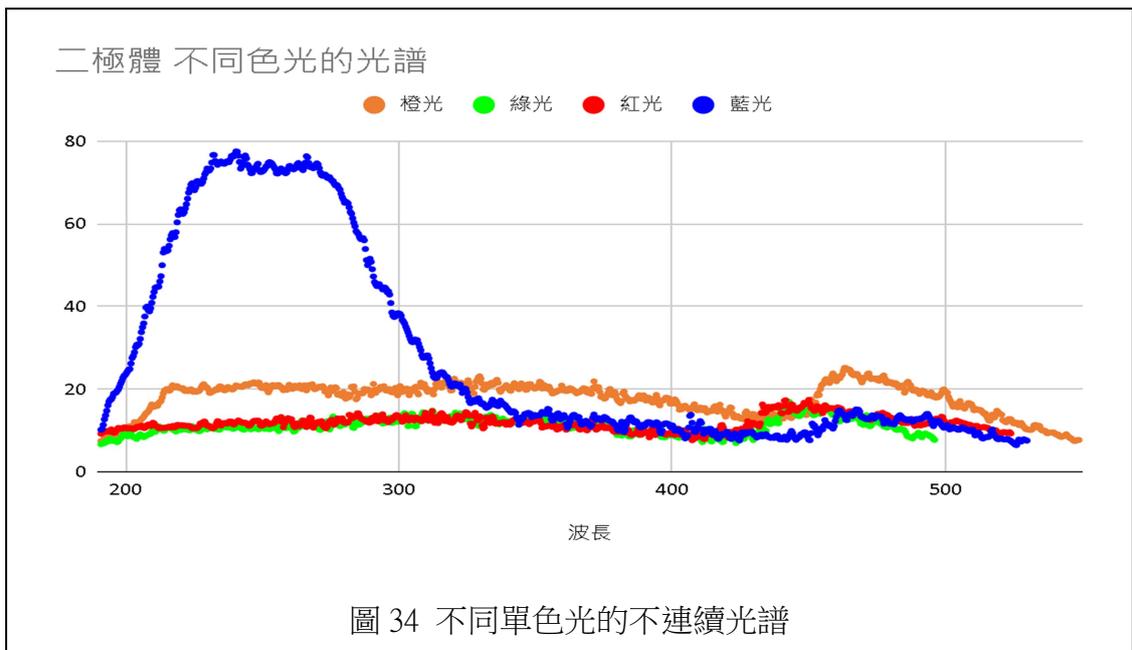
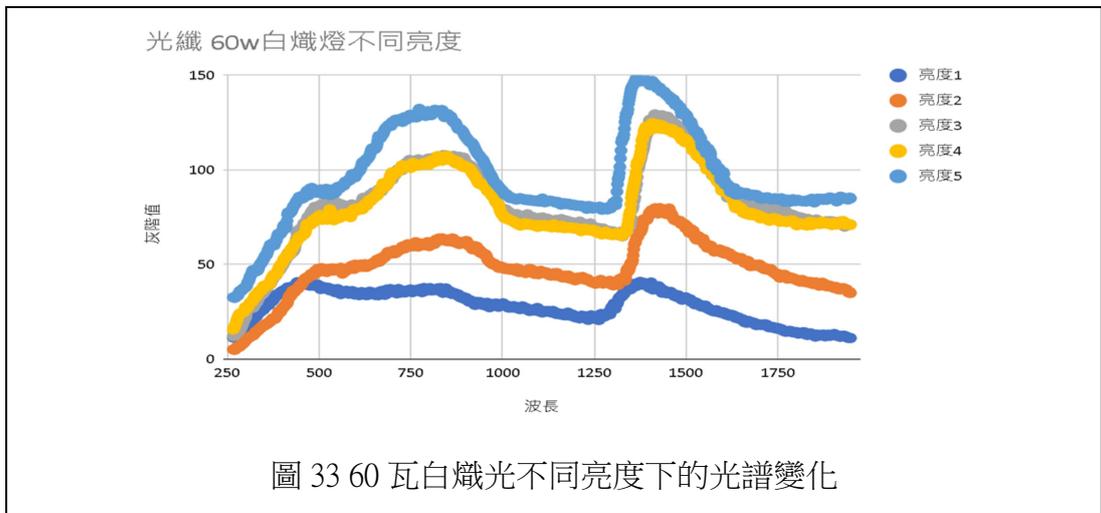
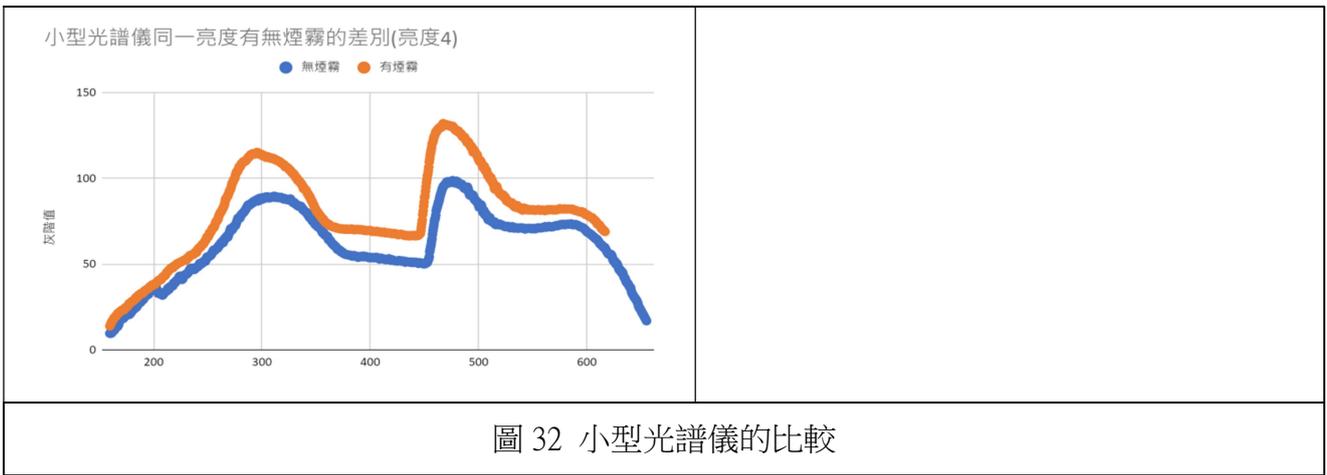
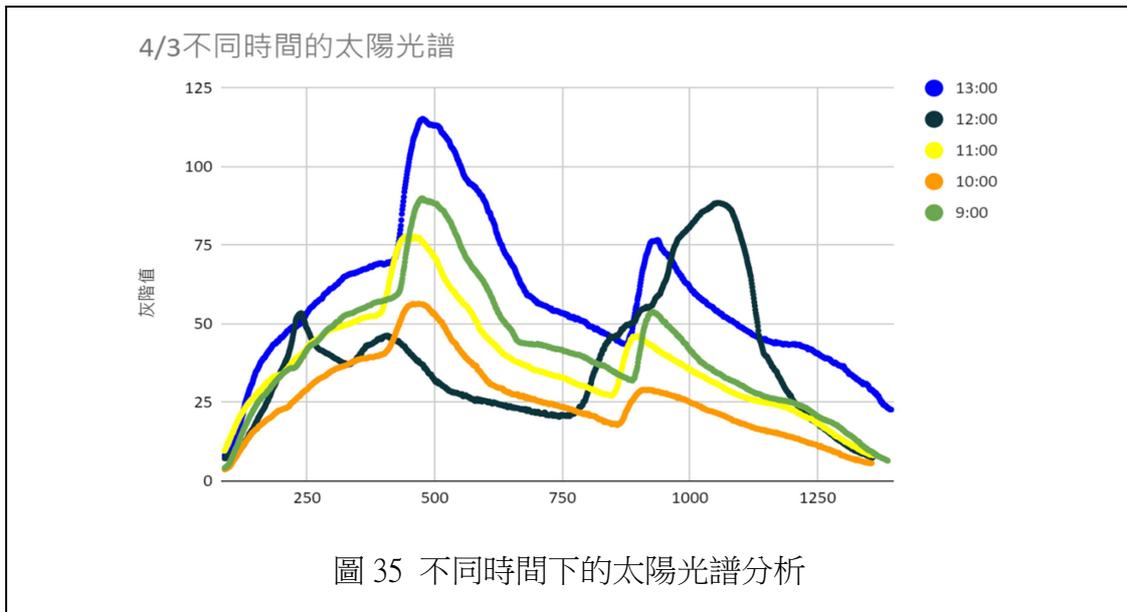


圖 30 不同亮度的光譜









(二) 煙霧實驗

我們的實驗旨在探討線香煙對光的散射及光譜的影響。首先，我們使用了鎢絲燈泡產生光源，並利用自製的熱壓光柵和小型光譜儀，進行了一系列的實驗。在不同的污染狀況下，我們觀察了光譜的變化（如圖 36～圖 38）。

我們將燃燒中的線香放入實驗箱中，直到達到我們所需的濃度，依次是 0 支、1 支、2 支、3 支、4 支線香。然後，我們等待 1 分鐘，並拔出線香，使箱子靜置 10 秒。接著，我們使用光譜分析儀連續測量經散射後的光源的相關光譜資料。

煙霧中的光譜圖變化可能與煙霧中的微粒和分子成分有關。當光通過煙霧時，其中的微粒和分子會吸收、散射或是透射光線，從而導致光譜圖的變化。以下是觀察到的一些光譜變化：

1. **吸收帶增加**：煙霧中的微粒和分子可能吸收特定波長的光線，導致吸收帶的增加。這會導致光譜圖上在特定波長處出現吸收峰，而其他波長則相對較暗。
2. **散射增加**：煙霧中的微粒可以散射光線，尤其是短波長的藍光。這可能導致光譜圖上較短波長處的光強度增加，甚至可能形成一個散射峰。
3. **色散效應**：煙霧中的微粒和分子可以導致光線的色散，即不同波長的光線在煙霧中傾向於以不同的角度散射或折射。這可能導致光譜圖上不同波長處的光線位置稍有偏移或拉長。

4. **特定特徵增強**：煙霧中某些特定成分的存在可能導致光譜圖上特定波長處的光線強度增強。這可能是由於該成分對光線的吸收或發射而引起的。

我們又針對光譜與線香污染物之間的相關性進行了深入的探討，並通過數值分析計算其相關係數來加以評估。在可見光紅光區之前，光譜和線香污染物的相關性顯示出相當高的正相關性（相關係數 >0.6 ）。可能存在在這個波長範圍內，光譜的特定特徵與線香污染物的存在之間存在著一種密切的聯繫，可能是由於某些光學性質或化學組成與線香的排放有關。

當波長進入紅光區時，我們發現相關性出現明顯的負相關。這可能顯示在紅光區的特定波長範圍內，光譜與線香污染物之間的關係受到了線香排放的影響，從而導致相關性的降低。這可能與線香燃燒時產生的特定化學物質或污染物排放模式有關，例如存在雙鍵結的污染物如二氧化碳，這些污染物可能在紅光區的波長範圍內對光譜產生了負面的影響，從而導致兩者之間的相關性降低。

結果顯示光譜和線香污染物之間複雜的相互作用關係。在不同的波長範圍內，光譜和線香污染物之間的相關性可能呈現出不同的模式，這可能受到線香排放的影響以及光學和化學特性的影響。

（三）煙霧成分及性質

煙霧是由燃燒過程中釋放出的微粒和氣體組成的混合物，其成分主要包括如下：

1. **微粒物質**：煙霧中的微粒物質通常是由燃燒過程中的固體和液體燃料中產生的碳、灰塵、有機物質等組成。這些微粒的大小和形狀會對光的散射和吸收產生影響。
2. **氣體成分**：煙霧中的氣體成分包括燃燒產生的一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物等氣體，以及燃料中的揮發性有機化合物。這些氣體的存在會對光的吸收和散射產生影響。

（四）光與煙霧的相互作用機制

當光線通過煙霧時，會與煙霧中的微粒和氣體發生相互作用，主要包括：

散射：煙霧中的微粒會對光進行散射，將光線的方向改變並將能量散佈到不同方向。根據散射的角度和波長，可以分為瑞利散射、米氏散射和非彈性散射等。

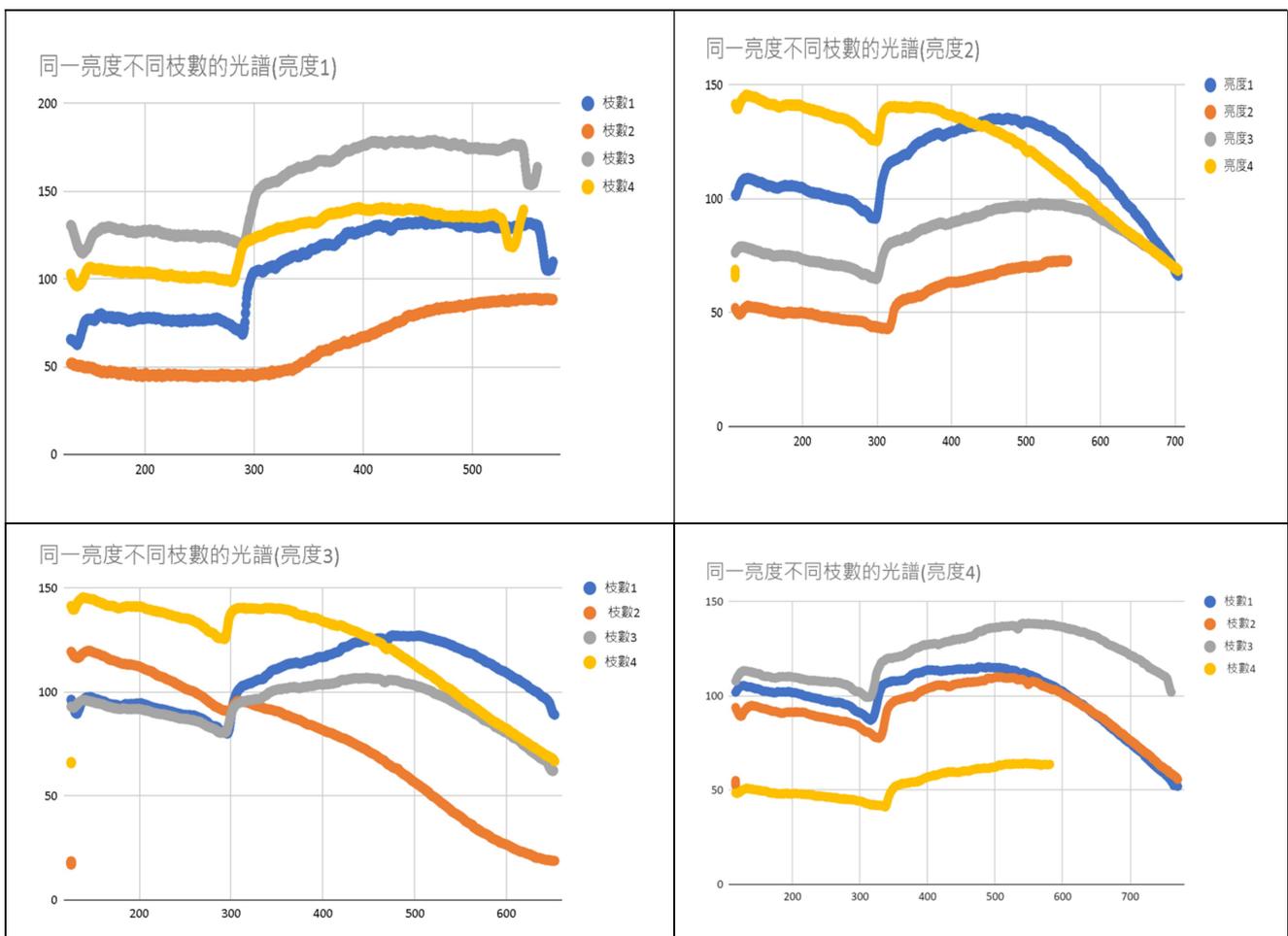
吸收：煙霧中的微粒和氣體會吸收光的能量，導致光的能量減弱或轉化為其他形式的能量。不同成分的微粒和氣體對不同波長的光有不同的吸收特性。

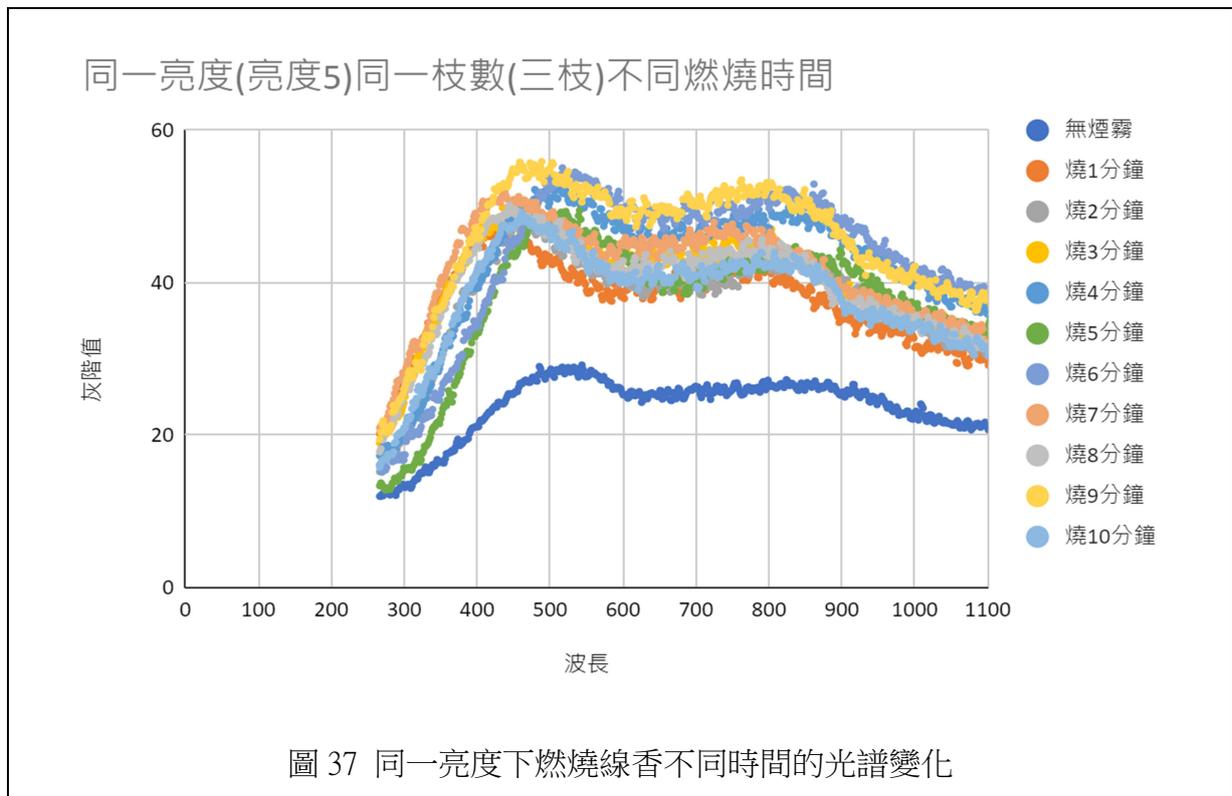
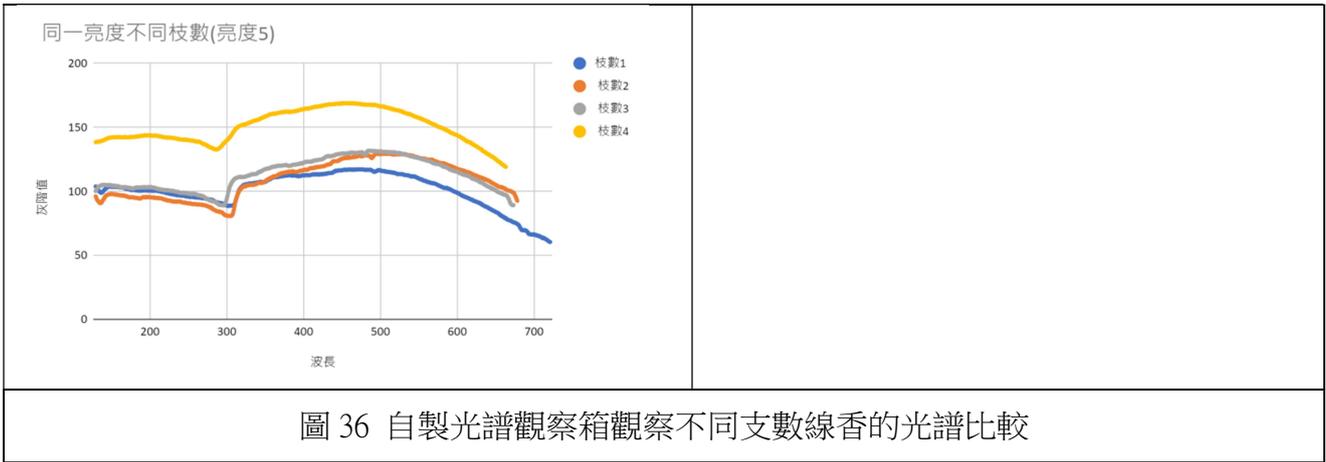
折射和反射：煙霧中的微粒和氣體會導致光線的折射和反射，使光線的傳播方向發生變化。

(五) 煙霧對光譜圖的影響

煙霧對光譜圖的影響主要表現在以下幾個方面：

1. **光譜強度**：煙霧中的微粒和氣體會吸收和散射光，使光線的強度發生變化。在光譜圖上，這會表現為不同波長光的強度變化。
2. **光譜形狀**：煙霧中的微粒和氣體會改變光的波長分佈，從而影響光譜的形狀。例如，吸收特定波長的氣體會在光譜圖上產生吸收帶，使得該波長的光譜強度減弱。
3. **光譜波峰和谷值的位置**：煙霧中的微粒和氣體會影響光的折射、反射和散射，從而改變光的傳播路徑和波峰、谷值的位置。這會導致光譜圖上波峰和谷值的位置發生變化。
4. **光譜的寬度**：煙霧中的微粒和氣體會影響光的散射和吸收，從而影響光譜的寬度。例如，散射和吸收造成的光譜增寬可以反映煙霧中微粒和氣體的濃度和分佈。





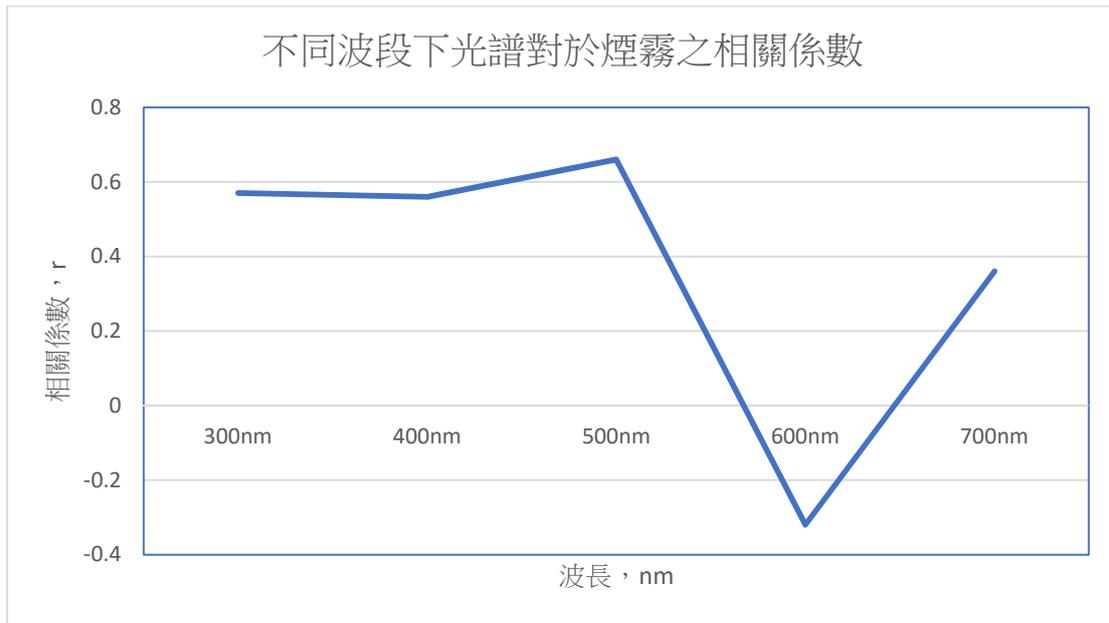


圖 38 不同波段波長比利用相關係數比較

陸、結果與建議

一、在拍攝光譜圖片的過程中，我們遇到了一些問題。首先，我們面臨的一個主要問題是瞬時過曝。由於光譜的強度可能會在短時間內劇烈變化，相機的感光元件可能無法即時調整，導致部分或全部的光譜圖片出現過曝現象，這會導致數據失真或無法解讀。

二、另外一個問題是多重光譜。在實際拍攝過程中，光譜圖片可能會受到多重光源的干擾，導致產生多重光譜的現象。這可能是由於周圍環境中存在多個光源，或是光線在光學元件表面反射或折射而產生的。多重光譜的存在會使得圖片中出現額外的光譜峰值或干擾，增加了圖像的複雜性，使得光譜分析變得困難。

三、為了解決這些問題，我們需要採取一些措施。例如，對於瞬時過曝問題，我們可以通過調整相機的曝光時間或光圈大小，及適當控制光源的強度來降低光譜的強度變化幅度，從而減少過曝的發生。對於多重光譜問題，我們可以通過改變拍攝角度或位置，調整光源的方向，以減少多重光源對光譜圖片的干擾。同時，我們還可以使用適當的光學濾鏡或遮光罩來避免額外光源的影響，提高圖片的純度和準確性。

四、在亮度實驗中：在不同強度的光源下，光碟片的光譜表現會有所不同。較強的光源導致光譜圖像中的光強度增加，使得顏色更明亮，而較弱的光源則導致光譜較暗。這種現象可以通過光學原理來解釋，即光的強度影響光譜圖像的灰階值。此外，在光譜圖中觀察到的波長範圍和特徵對不同光源的亮度也會產生影響，這顯示光源強度對光譜的解析度和品質具有重要影響。

五、在煙霧實驗中：我們觀察到煙霧對光譜的影響主要表現為吸收帶增加、散射增加、色散效應和特定特徵增強等現象。這些變化可能與煙霧中微粒和分子的成分有關，它們吸收、散射或透射光線，導致光譜圖的變化。此外，我們通過數值分析計算發現光譜和煙霧污染物之間存在著複雜的相關性，這種相關性在不同波長範圍內表現出不同的模式。這些結果顯示未來我們可針對煙霧污染物對光譜的影響機制以及光譜分析在環境監測中的應用具有重要意義。

六、未來我們可以從事的研究方向：

（一）光譜圖像處理與分析：探索更有效的方法來處理和分析光譜圖像，以解決瞬時過曝和多重光譜等問題。這可能涉及到影像處理技術和光學元件的改進。

（二）光學觀測元件設計與優化：研究中常有漏光及其他光源的干擾，未來研究可開發新型的光學元件，如光柵片或光學濾鏡，以提高光譜圖像的品質和解析度，同時降低外界干擾。

（三）環境污染監測：進一步研究光譜與煙霧、污染物等之間的相互關係，可由數值分析探討其應用於環境污染監測的可能性，並開發相應的監測系統和方法。

（四）煙霧成分分析：深入研究煙霧中微粒大小和分子的成分，以及其對光譜的影響機制，進一步了解煙霧對環境和健康的影響。

（五）光譜技術應用：未來可將光譜技術應用於其他領域，如醫學診斷、食品安全檢測、材料分析等，以擴大其應用範圍和價值。

柒、參考文獻資料及其他

湯奇霖、蔡佳霏（民 109）。燒好香，有保庇？！。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會生活與應用科學科。

林筱彤、陳芊卉（民 105）。自製光譜儀完全攻略。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會高中組電腦與資訊學科。

科學 Maker 手機光譜儀的使用與 imagej 光譜分析。連結:

<https://padlet.com/ml1201/maker-imagej-d1hixu59wfv16wfg?fbclid=IwAR0XiYRB9u9Fgdx6qkb88Ad3RU4UfDuXOQ3rI6OSJPXrlCKFOOEdZXwcGS0>

imagej 光譜分析軟體下載區

連結: <https://imagej.net/ij/download.html>

imagej 操作教學。連結：

<https://www.youtube.com/watch?v=OrsxpVGoNTs&list=PLm6x13NbsKl74Ut0Mr-KNxHaOs3WlJchV>

寶來證券(2000/10/31)。光碟片製程/讀取/寫錄原理（一）。連結：

<https://www.moneydj.com/kmdj/report/reportviewer.aspx?a=0ceeadfd-aed4-11d4-a1a7-00e018b00aed>