

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組 物理與天文學科

佳作

051813

探討霧的散射光

學校名稱：國立旗美高級中學

作者： 高二 顏彩竹 高二 賴致仁 高二 蕭景鴻	指導老師： 鄭瑋凌
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：散射、光譜、霧

摘要

本實驗利用光譜儀測量煙霧和水霧的散射光，探討當煙霧與水霧濃度、與煙霧距離、與煙霧和水霧夾角不同時，散射光的特性與能量變化趨勢。結果顯示，同光源下，水霧濃度越高，散射的能量越強；且不論在煙霧還是水霧中，波長越短，散射光強度越大。同濃度下，與煙霧距離越遠，散射光強度越低，其強度與距離平方的倒數成正比。同濃度下，散射角度越接近0和180度，散射光強度越大；散射角度越接近90度，散射光強度越小。

壹、前言

一、研究動機

前陣子去阿里山玩，當時霧氣很大，看到對面來車跟後方來車都是開白燈，但燈光亮度卻有不同的差別，發現後面直線照來的車燈亮度明顯比斜前方來車來得大，猜想是因為距離或者角度的影響，所造成不同視覺效果。而在我們鄉下靠山的地方，每到清明往往很多人祭拜祖先在燒金紙，附近的空氣中同樣會壟罩著一層薄薄的煙霧。同樣是霧，煙霧和水霧會不會有所差別？所以本實驗想透過來測量在不同距離和角度，光通過不同濃度煙霧和水霧會有怎樣的差別。

二、研究目的

- (一)水霧和煙霧對不同色光的影響。
- (二)水霧和煙霧散射光與距離、角度的關係。

三、文獻探討

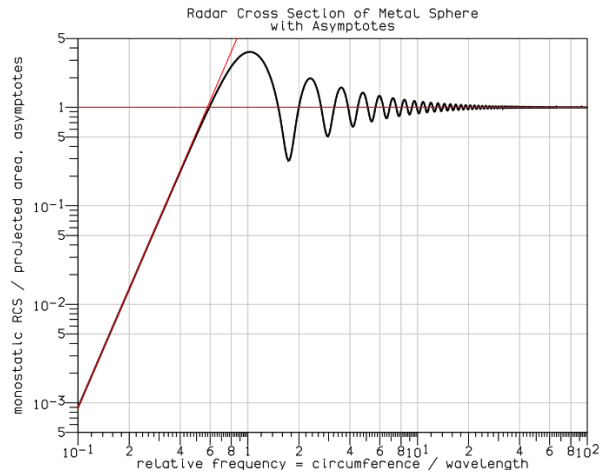
(一)散射 (scattering)

1. 定義[1]

散射是指光波、音波、電磁波或粒子，經過介質的時候，受到不同物質的影響，導致前進方向發生的改變。

(1)不同散射適用範圍[2]

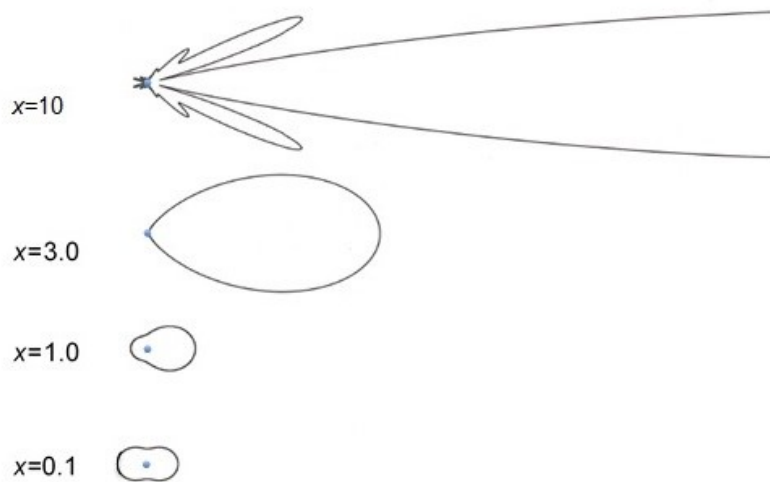
由圖一可知，粒子大小和波長的比值小於0.2時，適用於瑞利散射；大於0.2時適用於米式散射。



圖一

(2) 散射光強角分布[3]

下圖中的 x 為尺度數， $x=2\pi r/\lambda$ （ r 為粒子半徑， λ 為光波長）



圖二

由圖二可知，當光波長相同時，粒子大小會影響散射光強度角分布，且粒子越大，0度方向散射光強度與180度方向強度的差距越大。

(二) 瑞利散射(Rayleigh scattering) [4] [5]

1. 公式

$$I = I_0 \frac{8\pi^4 \alpha^2}{\lambda^4 R^2} (1 + \cos^2 \theta).$$

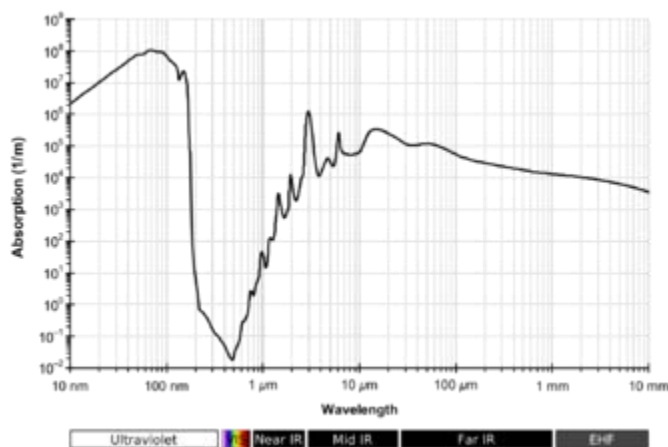
R：粒子半徑
 λ ：輻射波長
 α ：尺度數， $\alpha = 2\pi R/\lambda$

當 α 遠小於0.1時，才適用以上瑞利散射公式；當 $\alpha \geq 0.1$ 時，適用米氏散射；當 $\alpha \geq 50$ 時，則適用幾何光學。

(三) 顆粒大小[6]

1. 大氣中微塵粒子大小，介於10000至0.0001 μm 。其中肉眼可見粒子大小介於10000至10 μm ，包含水霧、工業灰塵等粒子；光學顯微鏡可見粒子大小介於10至0.1 μm ，包含空氣雜質、灰塵等粒子；電子顯微鏡可見粒子大小介於0.1至0.001 μm ，包含病毒、香菸顆粒等粒子。
2. 由資料可知，水霧屬於肉眼可見粒子，粒子大小涵蓋範圍為1000至10 μm ；而線香煙霧中的粒子非單一種類，粒子大小涵蓋範圍更廣，為10000至0.001 μm 。

(四) 水的吸收光譜[7]



圖三






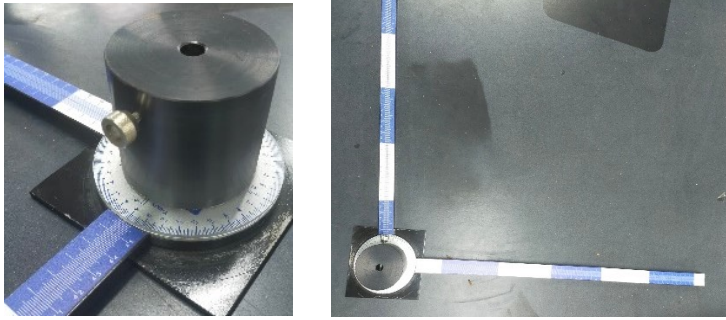
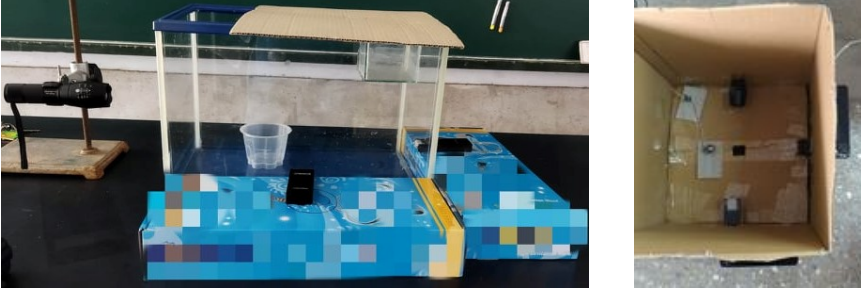

(五) 相關的裝置和研究

查閱了近幾年的全國中小學科展、碩博士論文，沒有實驗有關氣體對米氏散射的影響、還有不同的角度觀察散射的情形、以及研究和散射光譜。

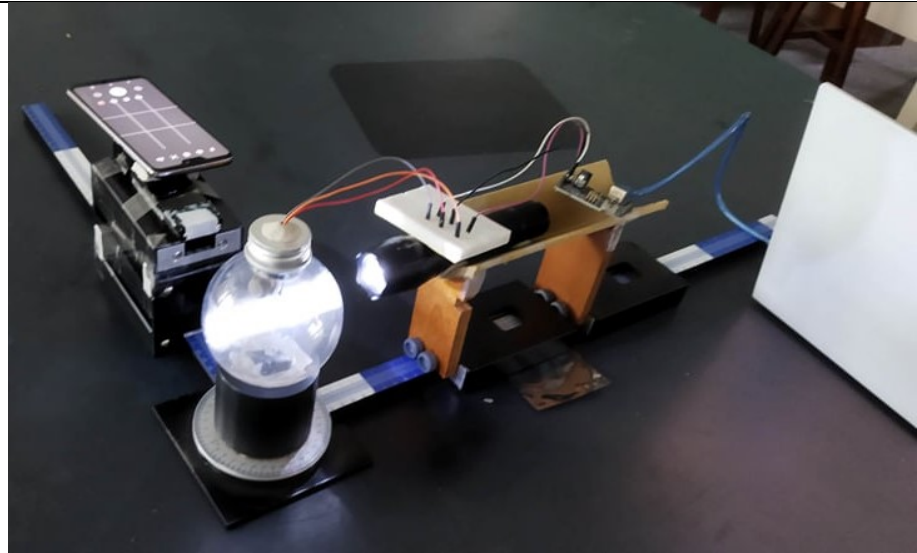
唯參考資料[8]的實驗是將光源放在有煙霧或水霧的密閉箱子中，用光譜儀測量90度角散射光的色溫變化。其結論為：懸浮微粒或小水滴越多，所測得散射相關色溫的變化量就越大；並且該實驗有觀測到，當環境中的水分子濃度達到接近飽和的時候，水霧的相關色溫變化值會有所趨緩。

貳、研究設備及器材

一、器材

<p>1. Arduino UNO 控制器</p>		<p>2. MQ2煙霧偵測模組 [檢測氣體：異丁烷、液 化石油氣、甲烷、煙霧 等]</p>	
<p>3. 光源 [Alonefire E 17 WRGB 手電筒]</p>		<p>4. 霧化器 [霧化量500mL/h]</p>	
<p>5. 線香</p>	<p>6. ImageJ圖像處理軟體</p>	<p>7. SeiView手機光譜儀</p>	
<p>8. 角度尺規 計(微波 實驗組的 套件之 一)</p>			
<p>9. 前置實驗 裝置</p>			
<p>10. 水霧 相關實驗 裝置</p>			

11. 煙霧
相關實驗
裝置

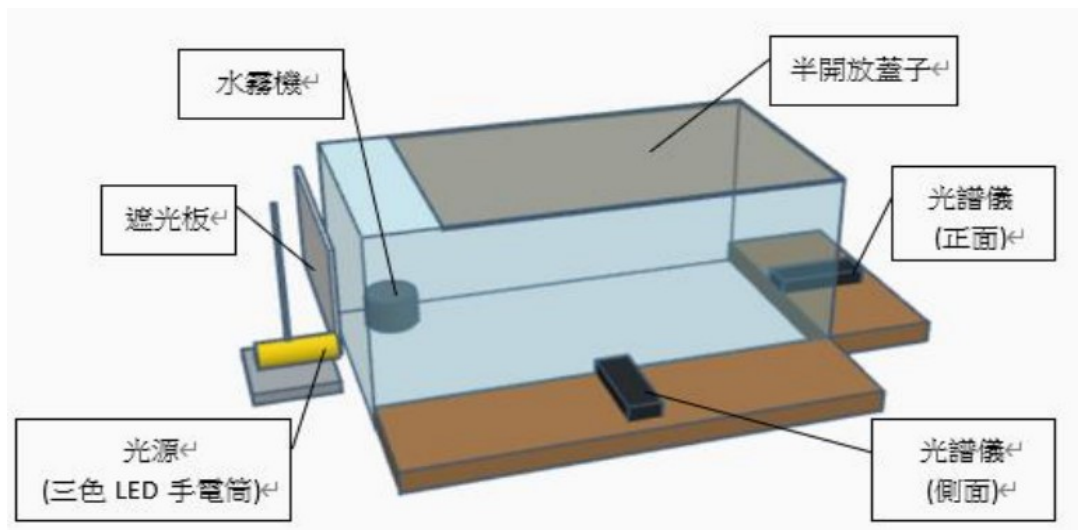


二、裝置架設

1. 裝置的改良

我們發現參考資料[8]的裝置只能測量光路90度角的位置，所以我們將其裝置改良成用圓形透明容器來裝散射源，使裝置可以測量不同角度的散射光，以及將裝置改成水平於地面，讓光線通過煙霧或水霧時，濃度差異不會有巨大差異。

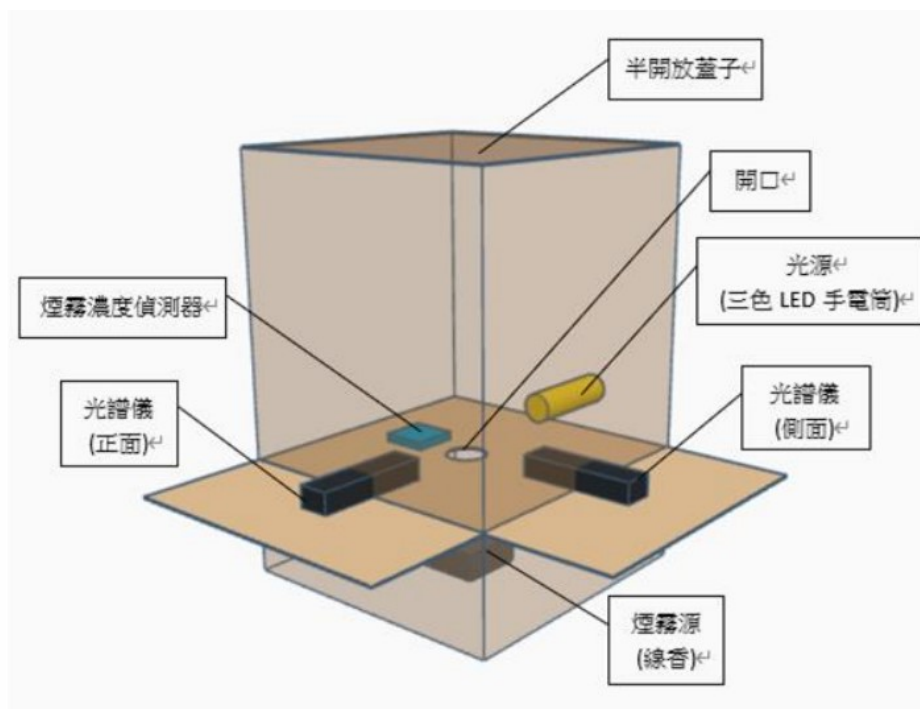
2. 前置實驗一：水霧濃度與散射光



圖四

(1) 根據散射原理，因為可見光通過水霧會產生散射現象，且有些物質具有吸收部分可見光的特性，所以我們於裝置的前方與側面各設置一台光譜儀(圖四)，並於每台光譜儀上使用手機錄製光譜儀內部影像。前方的光譜儀量測可見光通過煙霧後，剩餘能量所形成的光譜；側面的光譜儀量測可見光通過煙霧後，散射之能量所形成的光譜。

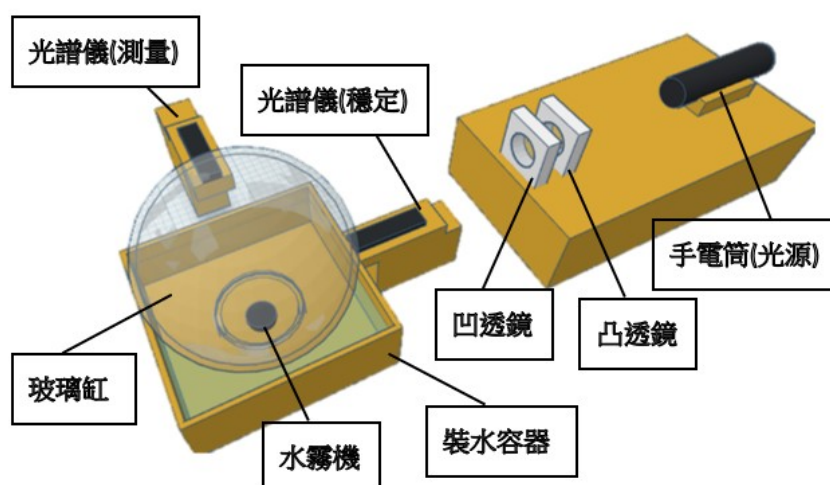
3. 前置實驗二



圖五

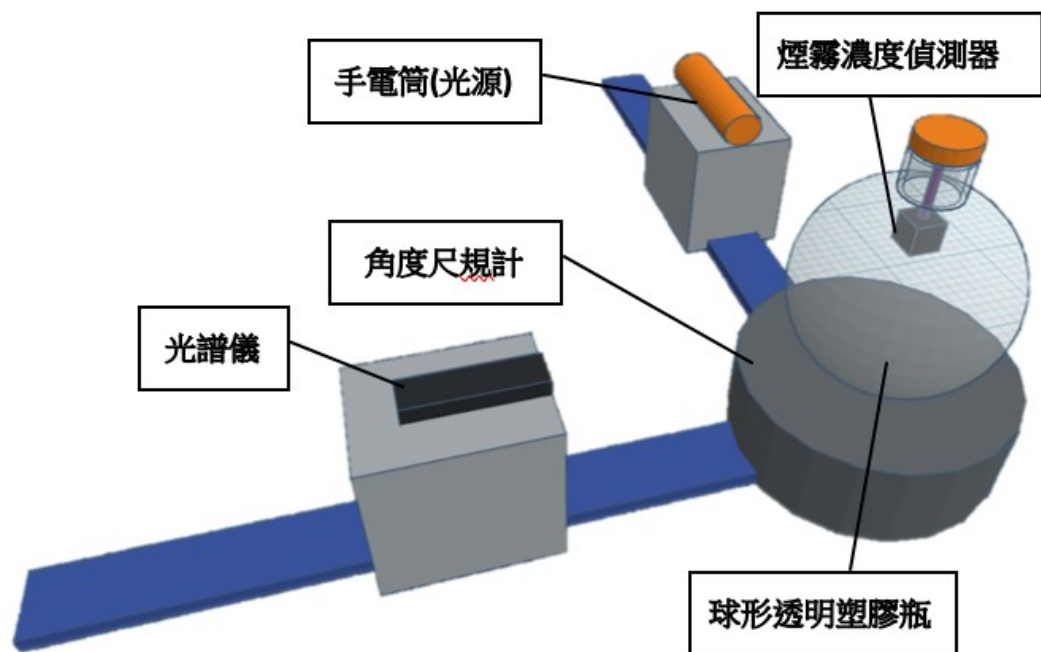
- (1) 煙霧實驗裝置的設置，參考[8]的煙霧實驗裝置設置。按照其模型加設裝置，發現煙霧會下沉，使遮光不平均，所以將煙霧源改置於下方，並於中間夾層開口(約與光束同寬)，僅可使飄升之煙霧顆粒通過，煙霧偵測器也因此改置於該開口旁(與光源齊高)。
- (2) 在光源的正前方設置一台光譜儀，光路的側面90°也設置一台。前方的光譜儀量測可見光通過煙霧後，剩餘能量所形成的光譜；側面的光譜儀量測可見光通過煙霧後，散射之能量所形成的光譜。

4. 實驗一：水霧散射光



圖六

- (1)將水霧機放入水箱，確保可以有足夠的水將其化為水霧，在上面用玻璃水缸蓋住，並在四周用塑膠管固定住玻璃水缸。
 - (2)手電筒和水霧箱(玻璃水缸)中間製作一個平台，在平台上放置凸透鏡與凹透鏡，使光線成平行光。
 - (3)在實驗開始時，在光源的正對面用遮光布吸收多餘的光線，避免有物質將光線反射回去。
 - (4)在實驗箱的另一邊放置一台手機光譜儀，用散射光的穩定度來偵測水霧的穩定。
 - (5)在玻璃瓶上面每15度做記號，以利光譜儀測量不同角度的散射光。
5. 前置實驗三與實驗二：光源、煙霧的散射光之穩定度測量以及煙霧散色光



圖七

- (1)角度尺規計的中心架設小塑膠瓶，在瓶蓋銲接MQ2煙霧偵測器，用黏土封住蓋口，將其連接到Arduino控制器，用來偵測煙霧濃度。
- (2)角度尺規計的兩旁架設手電筒和手機光譜儀，將手電筒固定，光譜儀隨角度或距離移動。

參、研究過程與方法

一、前置實驗一：水霧濃度與散射光

- (一)架設裝置如圖四，紀錄手電筒白光通過水箱正面與側面之初始光譜，並於側面架設一台手機紀錄水霧產生情形。
- (二)開啟水霧，兩台光譜儀錄影，且約每秒一次用手拿板子遮擋光源，同時側面手機開始紀錄水霧產生情形。
- (三)兩台光譜儀依時間順序各擷取15張光譜。
- (四)使用 Image j 將所得光譜分析成數據。
- (五)紀錄的水霧產生情形，依時間順序擷取15張圖。

二、前置實驗二：煙霧濃度與散射光

- (一)架設裝置如圖五，紀錄手電筒白光通過裝置正面與側面之初始光譜。
- (二)放入燃燒的線香，開啟煙霧濃度偵測器，兩台光譜儀錄影。
- (三)兩台光譜儀依時間順序各擷取15張光譜。
- (四)架設裝置如圖七。
- (五)將點燃之線香放入裝置中，靜待約10秒後取出。
- (六)鎖上小塑膠瓶的蓋子。
- (七)開啟煙霧濃度偵測器，偵測30分鐘內煙霧濃度變化。

三、前置實驗三：光源、煙霧的散射光之穩定度測量

- (一)架設裝置如圖七。
- (二)無煙霧下，打開光源，光譜儀於光源正前方位置定時拍攝。
- (三)分別拍攝3分鐘(每3秒定時拍攝)、15分鐘、60分鐘(15和60分鐘皆為每1分鐘定時拍攝)光源光譜變動狀況。
- (四)有煙霧下，打開光源，光譜儀於光源90度位置定時拍攝。
- (五)拍攝10分鐘煙霧的散射光光譜變動狀況。

四、實驗一：水霧散射光

- (一)依圖六設好裝置，打開白光光源。
- (二)將水霧機插上電源。
- (三)將左側的手機光譜儀定時拍攝，同時用遮光布遮光。
- (四)右側的手機光譜儀緊貼在大玻璃瓶旁，每15度手動拍三張光譜圖。

五、實驗二：煙霧散色光

- (一)依圖七設好裝置，打白色光源。

(二)放線香在小塑膠瓶裡，靜待10秒後取出。

(三)鎖上小塑膠瓶的蓋子。

(四)同步開啟煙霧偵測器及手機光譜儀在90度的位置，定時每20秒拍攝一張光譜圖，偵測散射光穩定度。

(五)用另一台手機光譜儀，每15度手動拍攝三張光譜圖。

(六)每10度手動拍攝三張光譜圖。

(七)光譜儀固定在270度角，每2公分的距離手動拍攝三張光譜圖，重複以上(一)~(四)。

肆、研究結果

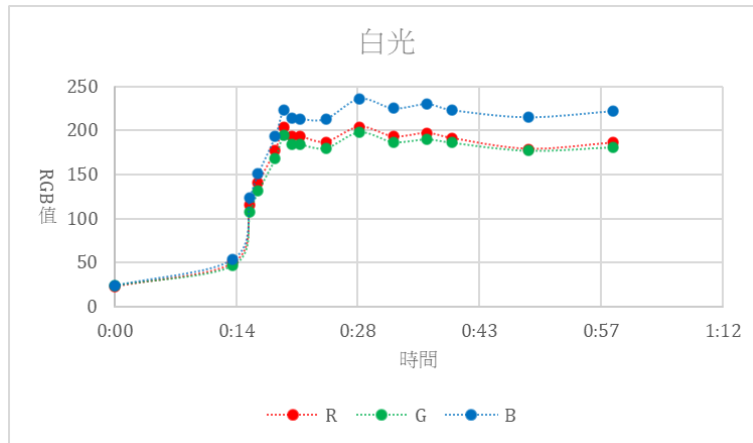
一、前置實驗一：水霧濃度與散射光

水霧濃度變化較為明顯，可用肉眼看出濃淡情形與經過時間之關係，結果見下表一

照片				
時間	0:00	0:16	0:19	0:21
照片				
時間	0:25	0:33	0:40	0:59

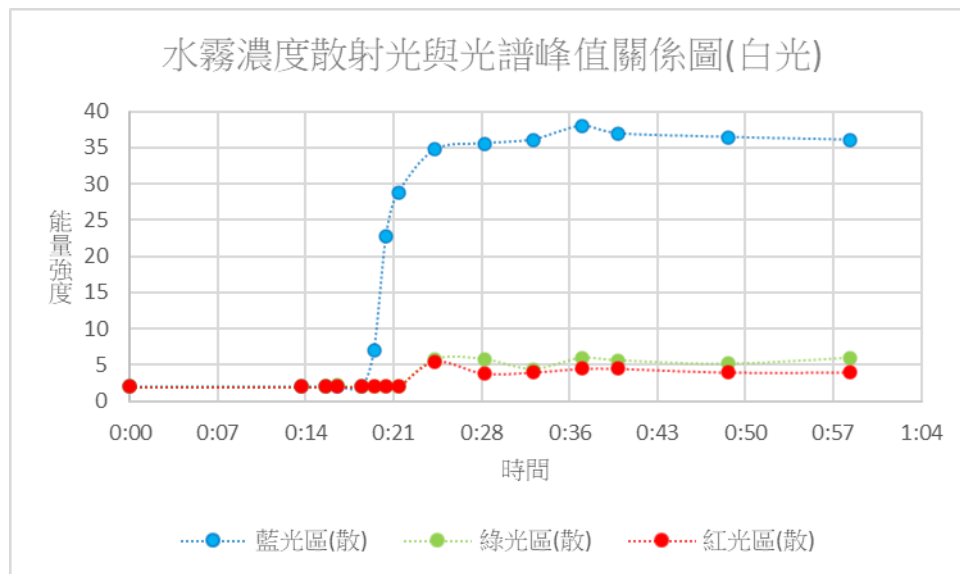
表格一

分析上面表格一的照片的RGB色階，結果見下圖八：



圖八 水霧RGB色階(白光)隨時間變化圖

由此可知水霧濃度會隨著時間增加，而隨時間所測得光譜峰值如下圖九。



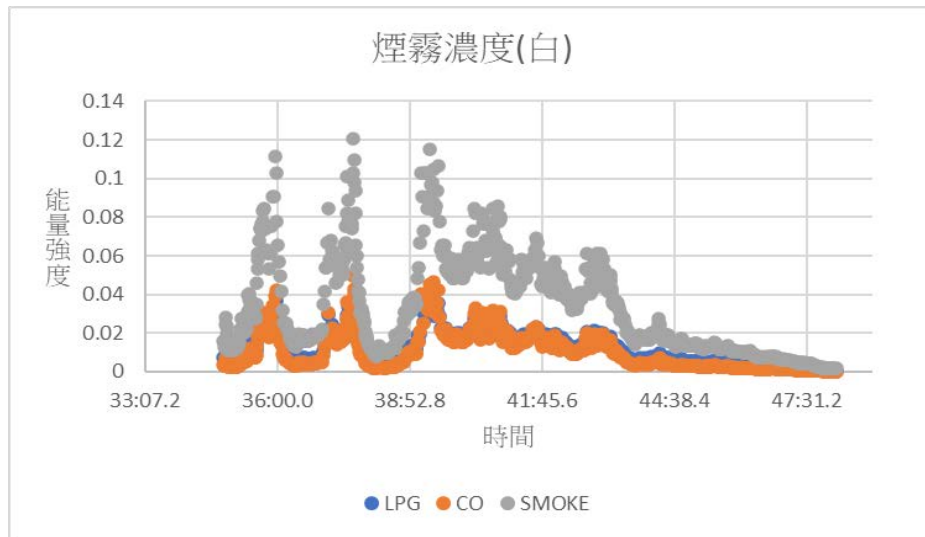
圖九

(一)討論

1. 見圖九，可發現沿著時間增加，達到特定時間三個區段的光譜峰值皆出現上升趨勢，但三個區段數值開始上升的時間並不相同。藍光區峰值到 0:17 時，即開始上升；而綠、紅光區峰值到 0:21 時，才開始上升。時間達 0:28 後，三個區段光譜峰值皆趨向穩定。
2. 見圖九，可以發現在水霧中，同濃度下，散射光的能量藍光區遠高於綠、紅光區。

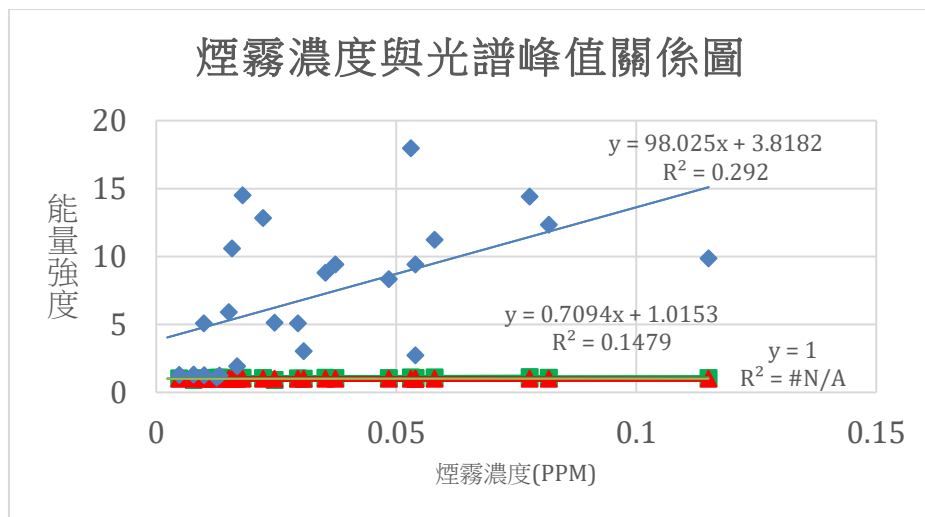
二、前置實驗二：煙霧濃度與散射光

(一)濃度與散射光強度關係



圖十

1. 每 30 秒截一次光譜圖，但根據圖十，每 30 秒期間內有些區段煙霧濃度跳動極大，所以每 30 秒所計的煙霧數據無法確定是否和光譜截圖同步。由於無法精確控制煙霧的生成量，也無法讓煙霧濃度均勻且穩定在實驗箱中增加，在加上兩台手機錄影和煙霧濃度數據無法完全同步開始和結束，會有人體反應時間的誤差。



圖十一

2. 圖十一為，光路90度角所偵測到的煙霧濃度與光線能量強度圖。
3. 見圖十，由於無法完全同步光譜和煙霧濃度偵測，造成圖十一中的煙霧濃度跟光線強度關係圖無法看出關係，但仍然可以看出藍光和紅、綠光的散射光能量差距很大。

(二)煙霧濃度與經過時間關係

由於線香持續燃燒產生的煙霧量並不穩定，所以我們嘗試將煙霧充滿容器後再讓其逐漸散去，並測量其穩定性。

因肉眼難以看出煙霧濃淡的確切情形，所以我們使用MQ2(arduino模組)隨時間測量煙霧濃度，結果見下圖十二。

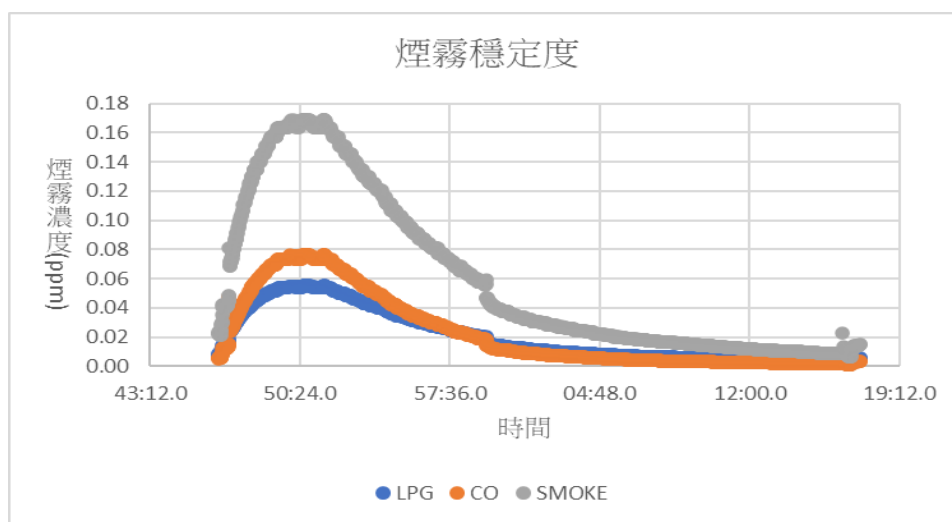


圖 十二

1. 見圖十二可發現，在移除線香後開啟偵測器，三種物質的濃度皆快速上升，約在四分鐘後三種物質的濃度皆趨於穩定，並開始下降，約在十分鐘後濃度下降的速率開始趨緩。
2. 見圖十二可發現，液化石油氣以及一氧化碳的濃度接近，懸浮微粒的濃度約是另兩者的 2.2 ~ 3 倍。

三、前置實驗三：光源、煙霧的散射光之穩定度測量

(一)光源穩定度

1. 一小時內的光譜變動狀況

(光譜曲線圖中，標題之波長皆代表相對波長)

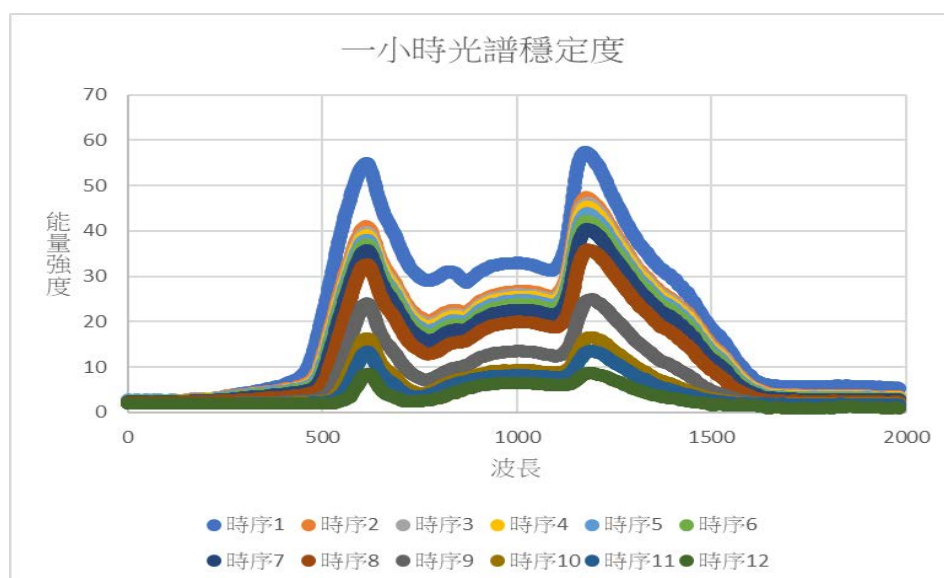


圖 十三

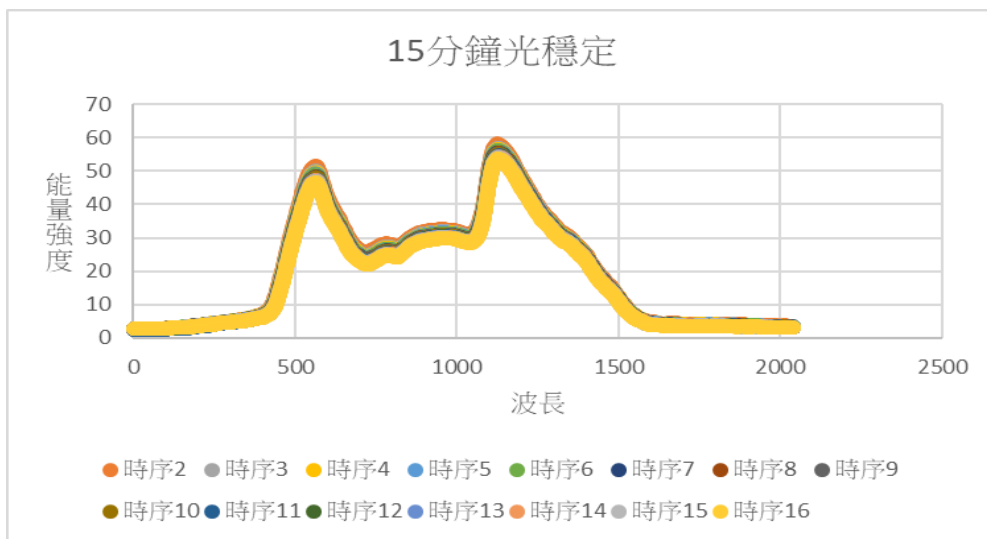
	光譜峰值	
	藍	紅
相對波長值	616	1181
標準差	13.48	15.53
平均	31.62	35.15
變異係數	42.64%	44.17%

表格二

(1)見圖十三可發現，藍光和紅光的光譜峰值都遠大於綠光的光譜峰值，藍光和紅光的光譜峰值差異不大。

(2)一個小時內，手電筒光線中的藍光強度變動程度約從 54.8791 衰弱到 8.45711 ，紅光強度變動程度約從 57.2637 衰弱到 8.66508 ，大約下降 65%。

2. 十五分鐘之光譜變動狀況



圖十四

	光譜峰值			
	藍		紅	
相對波長值	616		1181	
時間段	1~16分	5~16分	1~16分	5~16分
標準差	4.39	0.76	2.79	0.65
平均	49.33	47.75	52.24	51.23
變異係數	8.91%	1.59%	5.34%	1.27%

表格三

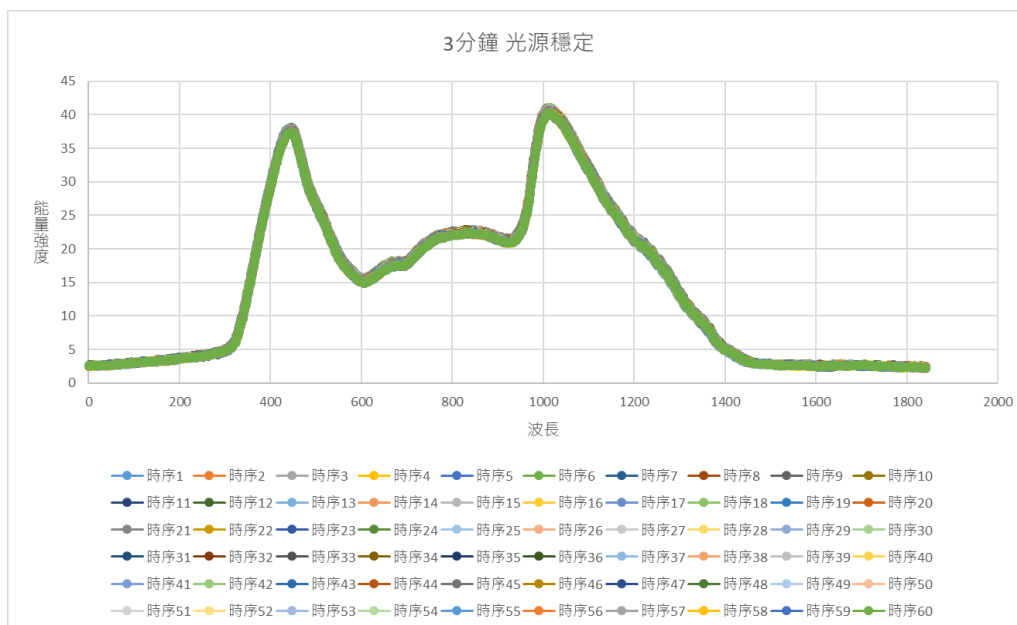
(1)見圖十四可發現，藍光和紅光的光譜峰值都遠大於綠光的光譜峰值，藍光和紅

光的光譜峰值差異不大。

(2)15分鐘內，手電筒光線中的藍光強度變動程度約從 65.07 衰弱到 46.56，大約下降 28%，紅光強度變動程度約從 62.11 衰弱到 50.08，大約下降 19%。

(3)而手電筒光線強度在5到16分鐘內變化明顯比整體1到16分鐘的變動小，藍光的變動約從 49.09 衰弱到 46.56，大約下降 5%，紅光約從 52.22 衰弱到 50.08，大約下降 4%。

3. 三分鐘之光譜變動狀況



圖十五

	光譜峰值	
	藍	紅
相對波長值	447	1015
標準差	0.20	0.25
平均	44.26	56.33
變異係數	0.44%	0.45%

表格四

(1)見圖十五可發現，藍光和紅光的光譜峰值都遠大於綠光的光譜峰值，藍光和紅光的光譜峰值差異不大。

(2) 3分鐘內，手電筒整體的光線強度沒有太大的變化，藍光的變異係數只有 0.44%，紅光的變異係數只有 0.45%。

(二)煙霧散射光穩定度

1. 十分鐘之光譜變化狀況

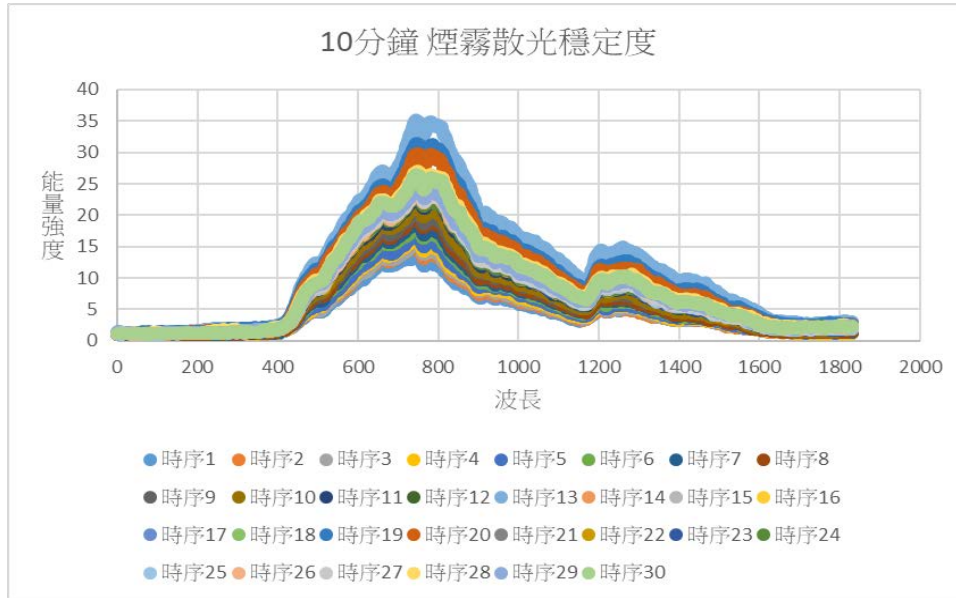


圖 十六

	光譜峰值
	藍
相對波長值	746
標準差	4.87
平均	25.30
變異係數	19.27%

表格 五

- (1)圖十六為有煙霧環境時，十分鐘內的 90度角相對波長與能量強度變化圖。
- (2)藍光的光譜峰值都遠大於綠光和紅光的光譜峰值。
- (3)10分鐘間，藍光的光線變動從34.99衰弱到13.49，大約下降 61%。

四、實驗一：水霧散射光

(一)通過水霧之不同角度散射光之能量

1. 水霧角度散射與相對強度的圖(水霧濃度淡)

(散射光角度分布圖中，光源皆從180方向往0度/360度方向照射)

角度(度)	345	330	315	300	285	270	255	240	225
相對強度	4.95	1.80	1.43	1.31	1.31	1.37	1.30	1.31	1.24

表格 六

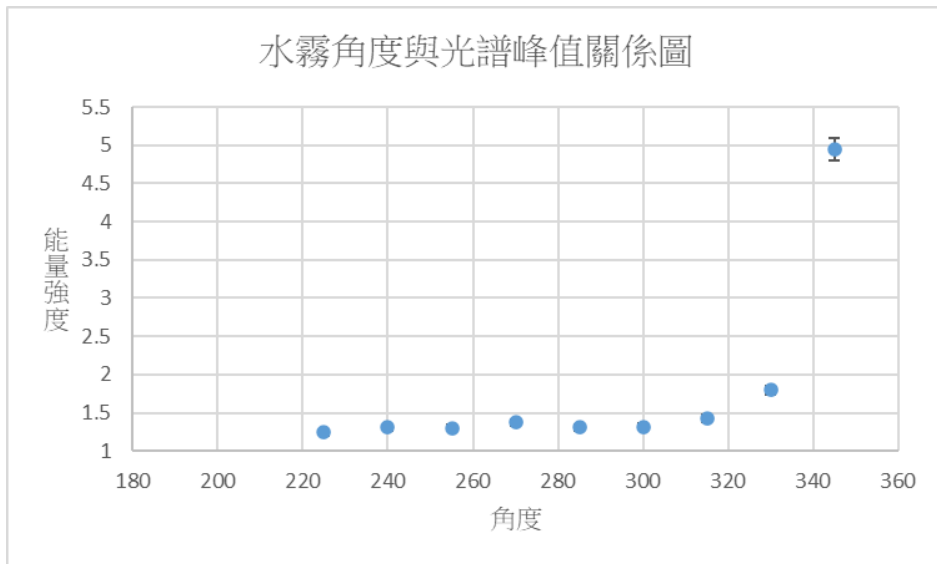


圖 十七

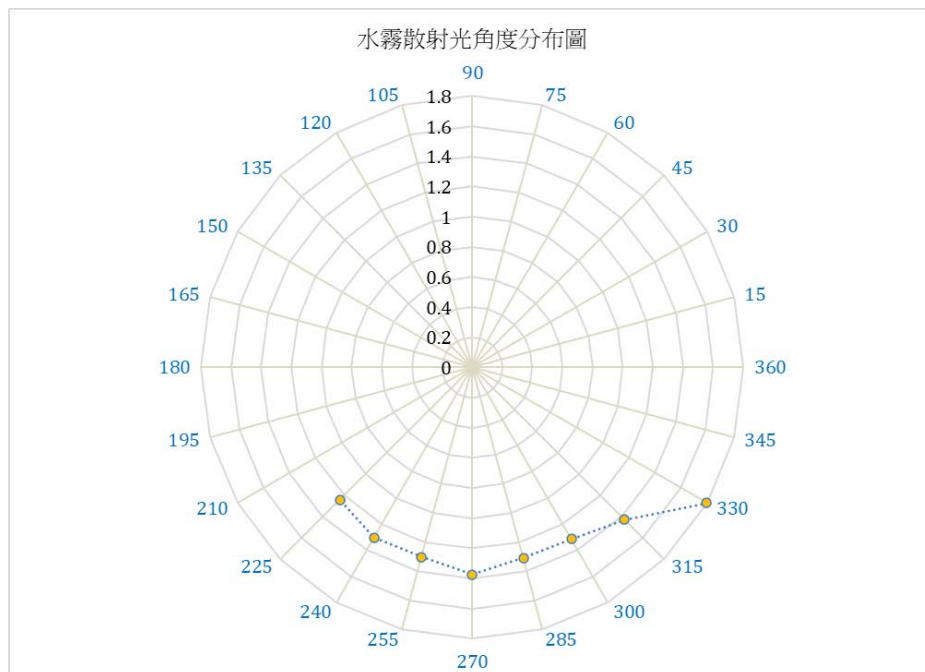


圖 十八

(1)見圖十七可發現，光線強度在225度到315度角的相對強度變化無明顯變化，但角度到330度時，光線的相對強度才相對有上升，345度和360度角因為手電筒有直接照射到所以不採用。

2. 水霧角度散射與相對強度的圖(水霧濃度濃)

角度(度)	360	345	330	315	300	285	270	255	240	225
相對強度	9.83	1.66	1.31	1.28	1.28	1.30	1.26	1.30	1.28	1.34

表格 七

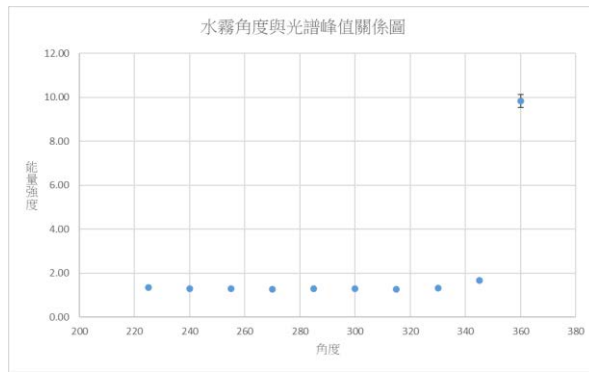


圖 十九

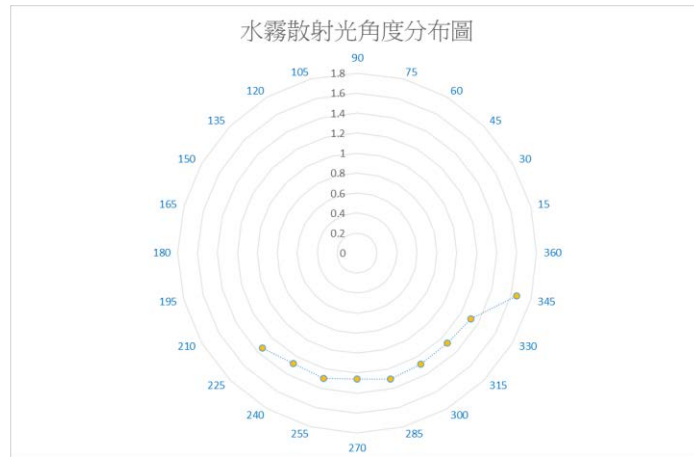


圖 二十

(1)見圖十九可發現，光線強度在225度到330度角的相對強度變化無明顯變化，但角度到345度時，光線的相對強度有明顯的上升，360角因為手電筒有直接照射到所以不採用。

五、實驗二：煙霧散射光

(一)通過煙霧之不同距離散射光能量探討

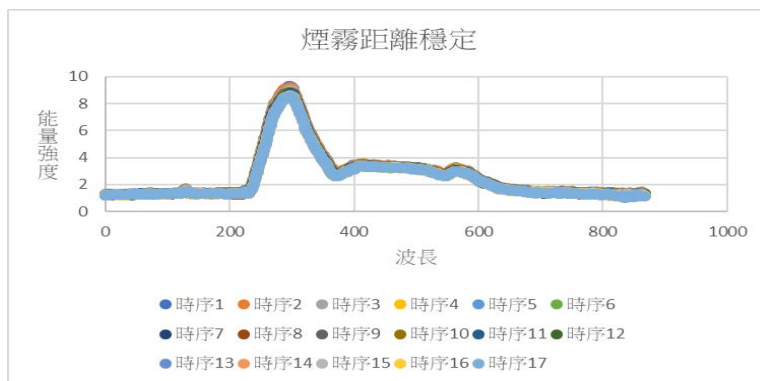


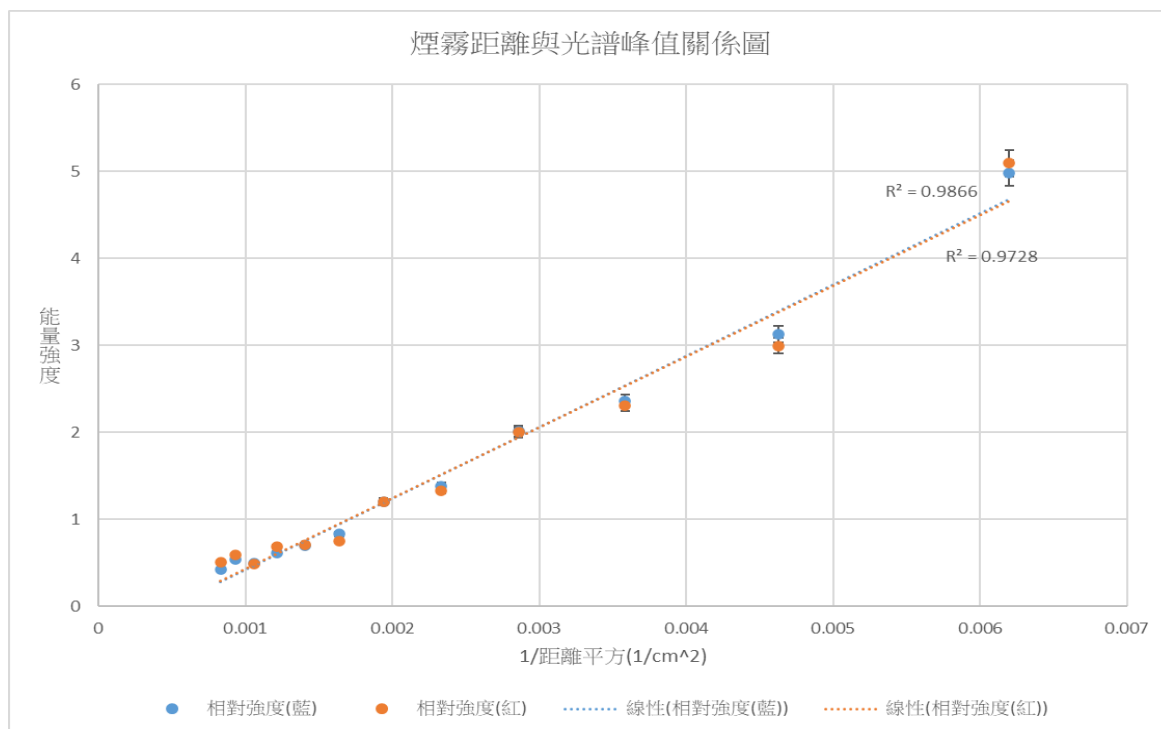
圖 二十一

	光譜峰值
	藍
相對波長值	294
標準差	0.22
平均	8.77
變異係數	3%

表格 八

1. 圖二十一與表格八為固定光譜儀在90度位置定點拍攝，所測得的光譜穩定度。
2. 圖二十一中藍光的光譜峰值都遠大於綠光和紅光的光譜峰值。

3. 圖二十一中藍光的光線強度變異係數約為3%，紅光跟綠光無明顯峰值，所以無法測定光線的變動程度，所以我們採3%作為實驗數據的標準差。



圖二十二(煙霧濃度：0.01429~0.0082ppm)

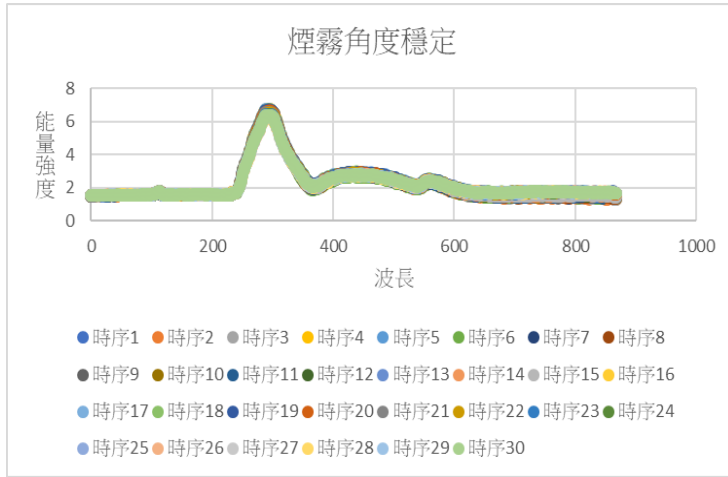
4. 表格九和圖二十二為在同濃度的煙霧情況下，距離和光譜峰值倒數的關係圖。

5. 由圖二十二可以看出藍光與紅光的相對強度隨著1/距離平方上升趨勢幾乎相同。

位置(cm)	至中心距離	距離平方	1/距離平方	相對強度(藍)	相對強度(紅)
6	12.7	161.29	0.0062	4.98	5.09
8	14.7	216.09	0.0046	3.13	2.99
10	16.7	278.89	0.0036	2.37	2.31
12	18.7	349.69	0.0029	2.02	2.00
14	20.7	428.49	0.0023	1.38	1.33
16	22.7	515.29	0.0019	1.21	1.20
18	24.7	610.09	0.0016	0.83	0.75
20	26.7	712.89	0.0014	0.69	0.71
22	28.7	823.69	0.0012	0.61	0.68
24	30.7	942.49	0.0011	0.50	0.49
26	32.7	1069.29	0.0009	0.55	0.59
28	34.7	1204.09	0.0008	0.43	0.51

表格九

(二) 通過煙霧之不同角度散射光之能量



圖表 二十三

	光譜峰值
	藍
相對波長值	294
標準差	0.15
平均	6.57
變異係數	2%

表格 十

1. 圖二十三為測試有距離和光譜峰值時，所測量到的煙霧濃度的穩定度。
2. 藍光的光譜峰值都遠大於綠光和紅光的光譜峰值。
3. 整體實驗完後，藍光的光線強度變異係數約為2%，紅光跟綠光無明顯峰值，所以無法測定光線的變動程度，所以我們採2%作為實驗數據的標準差。

角度	330	315	300	285	270	255	240	225
COS平方	0.75	0.50	0.25	0.07	0.00	0.07	0.25	0.50
相對強度	10.18	6.36	4.28	3.00	2.63	2.48	3.33	6.00

表格 十一

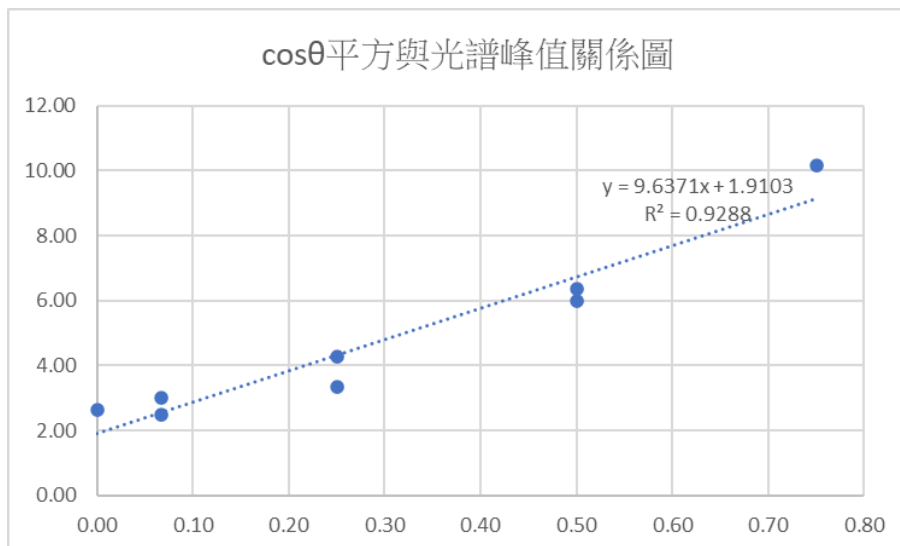


圖 二十四

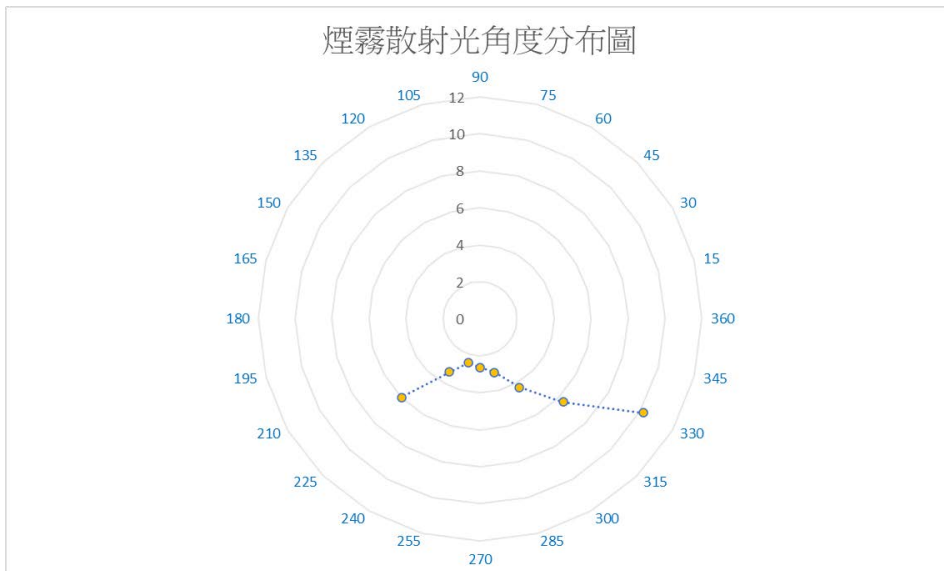


圖 二十五

4. 圖二十四為在同濃度的煙霧情況下，角度 \cos 平方值和光譜峰值的關係圖。
5. 圖二十五為有煙霧環境時，105度角的相對波長與能量強度變化圖。

角度	330	320	310	300	290	280	270	260	250
COS	0.75	0.59	0.41	0.25	0.12	0.03	0.00	0.03	0.12
相對強度	11.65	6.41	3.57	0.05	2.87	2.48	2.01	1.65	1.50

角度	240	230	220	150	140	130	120	110	100
COS	0.25	0.41	0.59	0.75	0.59	0.41	0.25	0.12	0.03
相對強度	1.16	1.70	4.02	13.18	6.95	3.78	2.68	2.23	2.18

角度	90	80	70	60	50	40	30
COS	0.00	0.03	0.12	0.25	0.41	0.59	0.75
相對強度	2.18	2.30	2.23	4.42	0.99	7.04	10.77

表格 十二

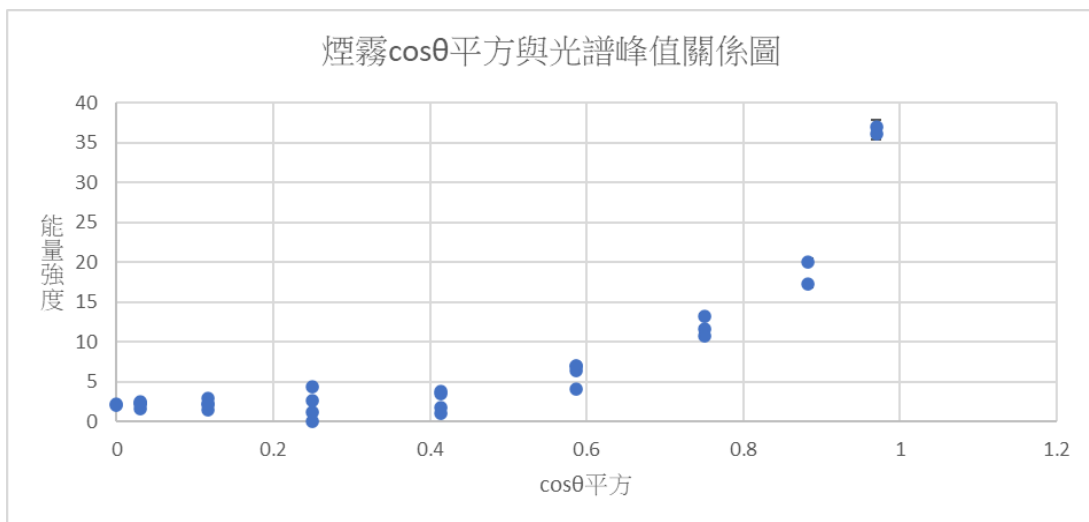


圖 二十六

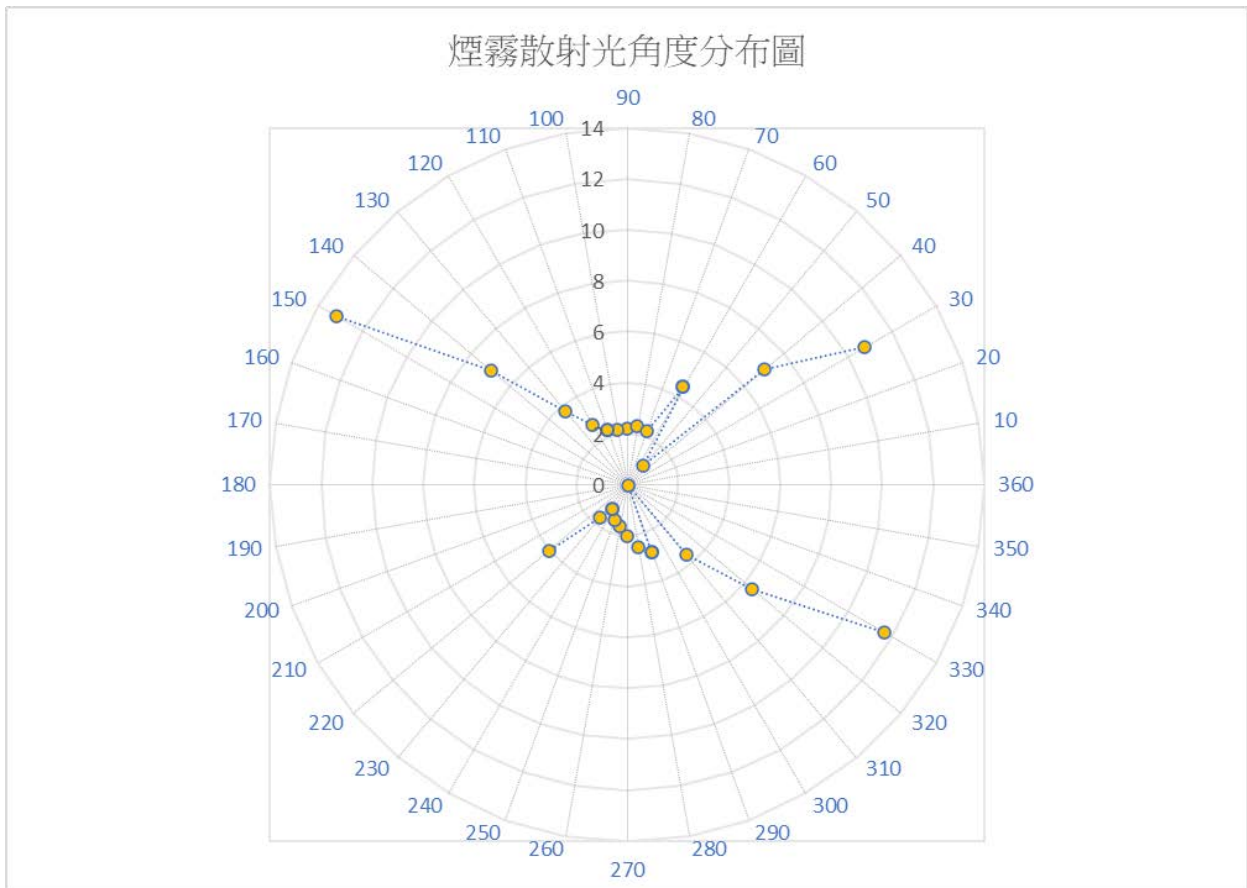


圖 二十七(0.01109ppm~0.00771ppm)

6. 圖二十六為在同濃度的煙霧情況下，角度cos平方值和光譜峰值的關係圖。
6. 圖二十七為有煙霧環境時，360度角的相對波長與能量強度變化圖。
7. 實驗中的340、350、0、10、20度角有手電筒有直接照射到所以不採用，其中160、170、180、190、200、210度角為手電筒放置的位置，無法測量。
8. 在圖二十九中，60度與290度角產生第二極大值，在圖上表現出兩個尖角。

伍、討論

一、討論

(一) [前置實驗一]

1. 由圖八可知，水霧散射之白光光譜在相同濃度下，藍光的能量強度遠大於綠光和紅光，且皆大致為濃度越高，數值越高，但當濃度達到飽和時，所散射的光線能量也會停滯在定值。

(二) [前置實驗二]

1. 從圖十一可知，藍光的散射變化很明顯，而紅、綠區段沒什麼明顯變化。
2. 從圖十二可知，將燃燒中的線香取出後，約十分鐘後濃度變化會趨於穩定，所以有關煙霧的實驗都有在線香取出後，等待十分鐘才開始測試。

(三) [前置實驗三]

1. 由圖十三可知，在無煙霧的情況下，一個小時內，手電筒光線強度約下降 65%。
2. 由圖十六可知，加入煙霧後所造成的散射光線強度的變化量，比原本15分鐘內的光源變化量有明顯的上升，代表煙霧的影響比手電筒還明顯。
3. 全部有關煙霧的實驗都有在3分鐘內完成，依本實驗的數據，手電筒的變化量造成的影響可忽略不記，但由於無測定3分鐘內的煙霧穩定，所以有關煙霧的實驗都有測當下實驗中的煙霧穩定度。

(四) [實驗一]

1. 由此實驗可知，當角度大於165時，測出來的能量強度明顯大幅增加，但是在165度以下，數值隨角度的變化不明顯。推測是水霧太濃，肉眼看也是整瓶水霧發光，且看不到光束。

(五) [實驗二]

1. 由表八可知，可以發現隨距離增加，光源的相對強度有成下降趨勢，其中紅光與藍光相對強度差不多。由圖二十二可知，能量強度跟距離的平方成反比，可看出點光源的特性，因為光譜儀有指向性。
2. 由圖二十六數據可知，能量強度與 $\cos \theta$ 平方並非呈直線，故不適用瑞利散射。
3. 圖二十七的散射光角度分布，比對文獻圖二角度分布可知，此實驗適用米式散射。

二、實驗整體限制

1. 我們無法測定水霧的濃度，不過本實驗有持續加入水霧，讓水霧維持在飽和，且有測量水霧的穩定度，並且有讓實驗在一定時間內完成。

2. 本實驗用手電筒當作光源，但手電筒會因為電池電量消耗導致光線強度減弱，藉由測量光線的穩定度，並且讓測量在一定時間內完成，可大大降低影響。

陸、結論

一、結論

- (一) 從水霧角度的實驗中可以發現無論水霧濃度高低，當角度大於165度時，光線的相對強度就開始有明顯的上升。
- (二) 在煙霧距離實驗中，在同濃度的煙霧情況下，能量強度和距離平方的倒數呈正比。
- (三) 在煙霧角度實驗中，與煙霧夾角越接近0度，散射光強度越大；與煙霧夾角越接近90度，散射光強度越小；與煙霧夾角越接近180度，散射光強度越大。
- (四) 過去的實驗裡，多數都是使用水溶液來模擬米式散射裝置，因為比起使用氣膠粒子，水溶液可以提供更穩定的濃度且更明顯的數據差異。但我們的實驗探討在不同角度下煙霧散射光的情形，將其繪成角分布圖，顯示使用煙霧來研究米式散射是可行的。
- (五) 在本次實驗中，我們利用簡便的材料代替較為昂貴的儀器，例如用手機光譜儀去代替電子的光譜儀，或利用凹、凸透鏡來縮小手電筒光線的半徑，去替代買穩定的點光源發射器。

二、未來展望

- (一) 水霧角度實驗中，因為水霧的濃度太高，讓大部分光源都被水霧給連續散射，形成像一個發光體，無法看出米氏散射隨角度變化的尖角特性，期望可以透過降低水霧的濃度來達成。
- (二) 因為我們只找單一色光的波長進行計算，未來可以將光譜每一個光譜的波長變化計算出比率，更進一步研究米氏散射的特性。

柒、參考資料

- 一、[1] 王尊信、洪連輝（2011 年 8 月 20 日）。散射。科學 Online。 <https://bit.ly/36TN0bq>
- 二、[2] Mie scattering(Ed.) (2022,June 10). In Wikipedia. <https://bit.ly/3NMCKM7>
- 三、[3] Raymond,N (2020). What about scattering? *METEO 300 Fundamentals of Atmospheric Science*. <https://bit.ly/3MNplZk>
- 四、[4]瑞利散射 (2021年9月26日)。在維基百科。 <https://bit.ly/3aJJClD>
- 五、[5]瑞利散射 (2022年4月27日)。在百度百科。 <https://bit.ly/3QefWx1>
- 六、[6]無塵室的級數標準規格(2010年10月13日)。電子製造討論區 <https://bit.ly/3xIuIVs>
- 七、[7] Electromagnetic absorption by water (Ed.)(2021,December 8). In Wikipedia. <https://bit.ly/3K8eys0>
- 八、[8]黃增稜、林柏喬、何建茂(2019)。不同散射源對相關色溫變化值之探討(全國中小學科展)。高雄市立高雄高級中學，高雄市。 <https://bit.ly/39sZMiy>

【評語】 051813

本實驗作品探討煙霧與水霧所造成之散射光，包括煙霧與水霧濃度、與煙霧距離、與煙霧和水霧夾角之散射光的特性與能量變化。本作品在實驗設計、分析上，能顯現散射光特性，但這一些都是散射的標準問題，內容完整性，可發展成實驗課教材，在對散射光與霧之濃度及煙霧顆粒大小的關係，可作理論上的分析，然本實驗卻無法測量水滴濃度，未做分析，為可改進之處。

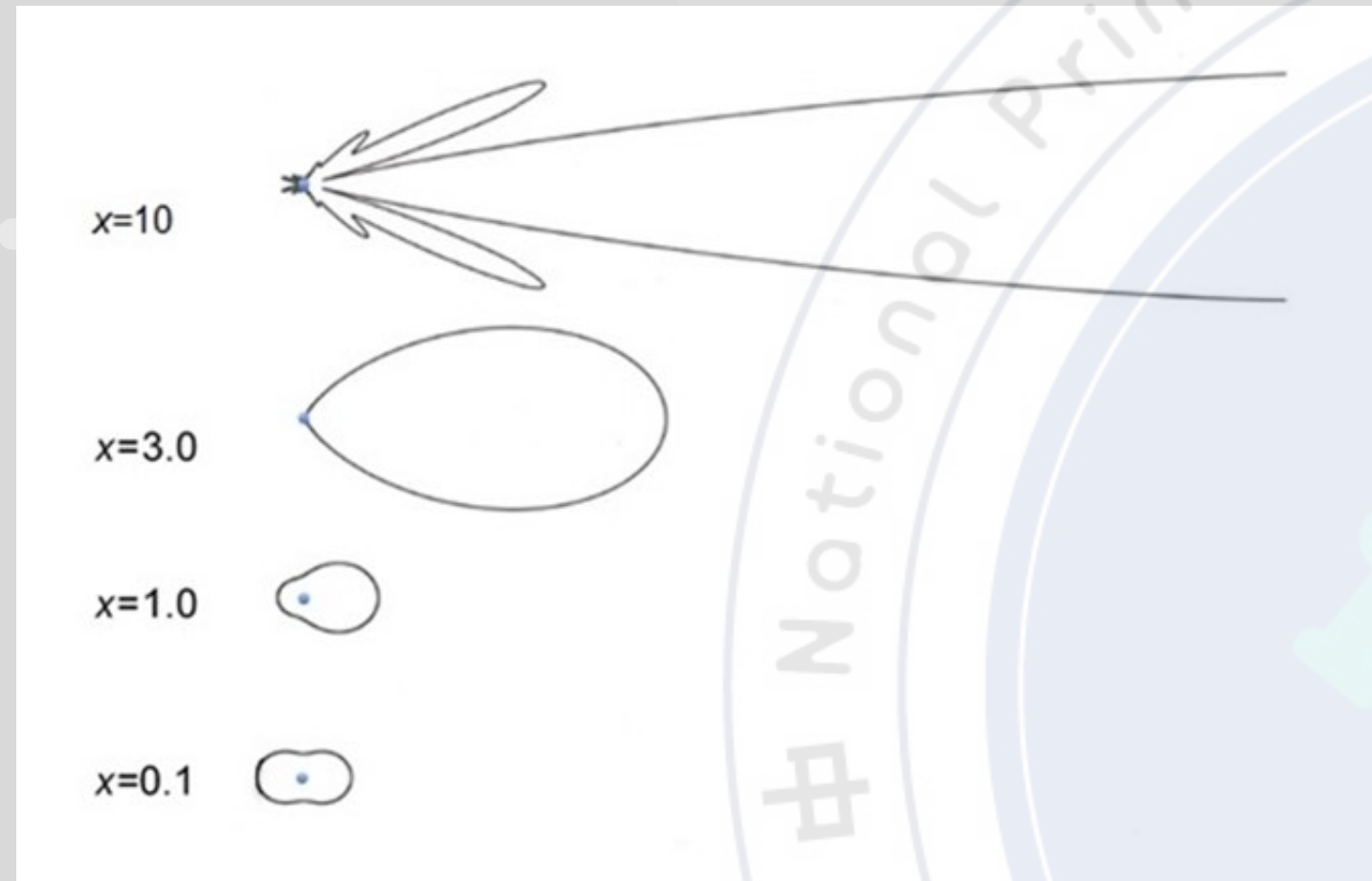
作品簡報



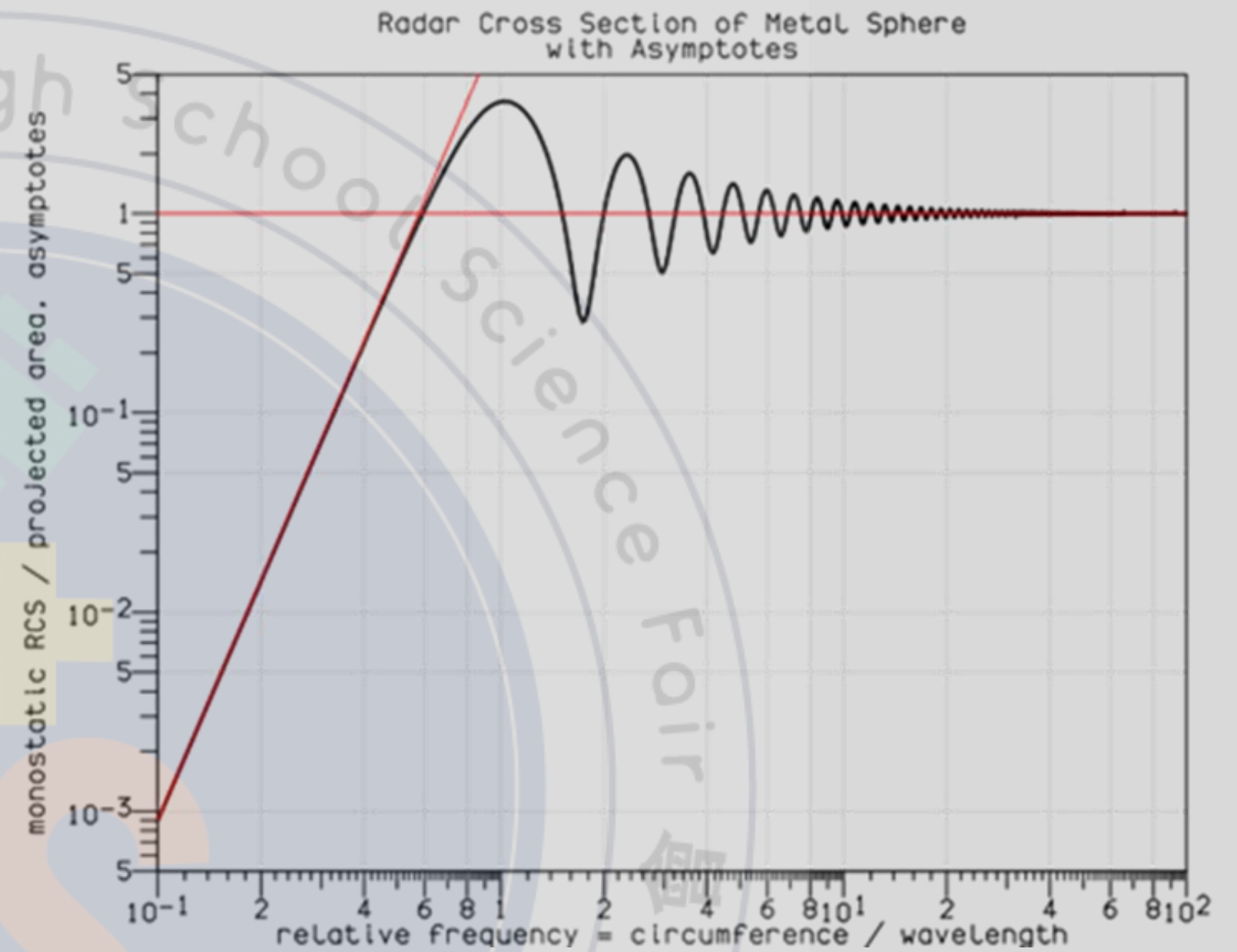
探討霧的散射光

高級中等學校組
物理與天文學科

前言：研究問題



散射光強角分布



不同散射適用範圍

$$I = I_0 \frac{8\pi^4 \alpha^2}{\lambda^4 R^2} (1 + \cos^2 \theta).$$

R：粒子半徑

λ ：輻射波長

α ：尺度數， $\alpha = 2\pi R/\lambda$

當 α 遠小於0.1，適用瑞利散射；
 當 $\alpha \geq 0.1$ ，適用米氏散射；
 當 $\alpha \geq 50$ ，適用幾何光學。

文獻探討

依據第59屆科展「不同散射源對相關色溫變化值之探討」的實驗，是將光源放在有煙、霧的密閉箱子中，測量90度角散射光的色溫變化。

其結論為：

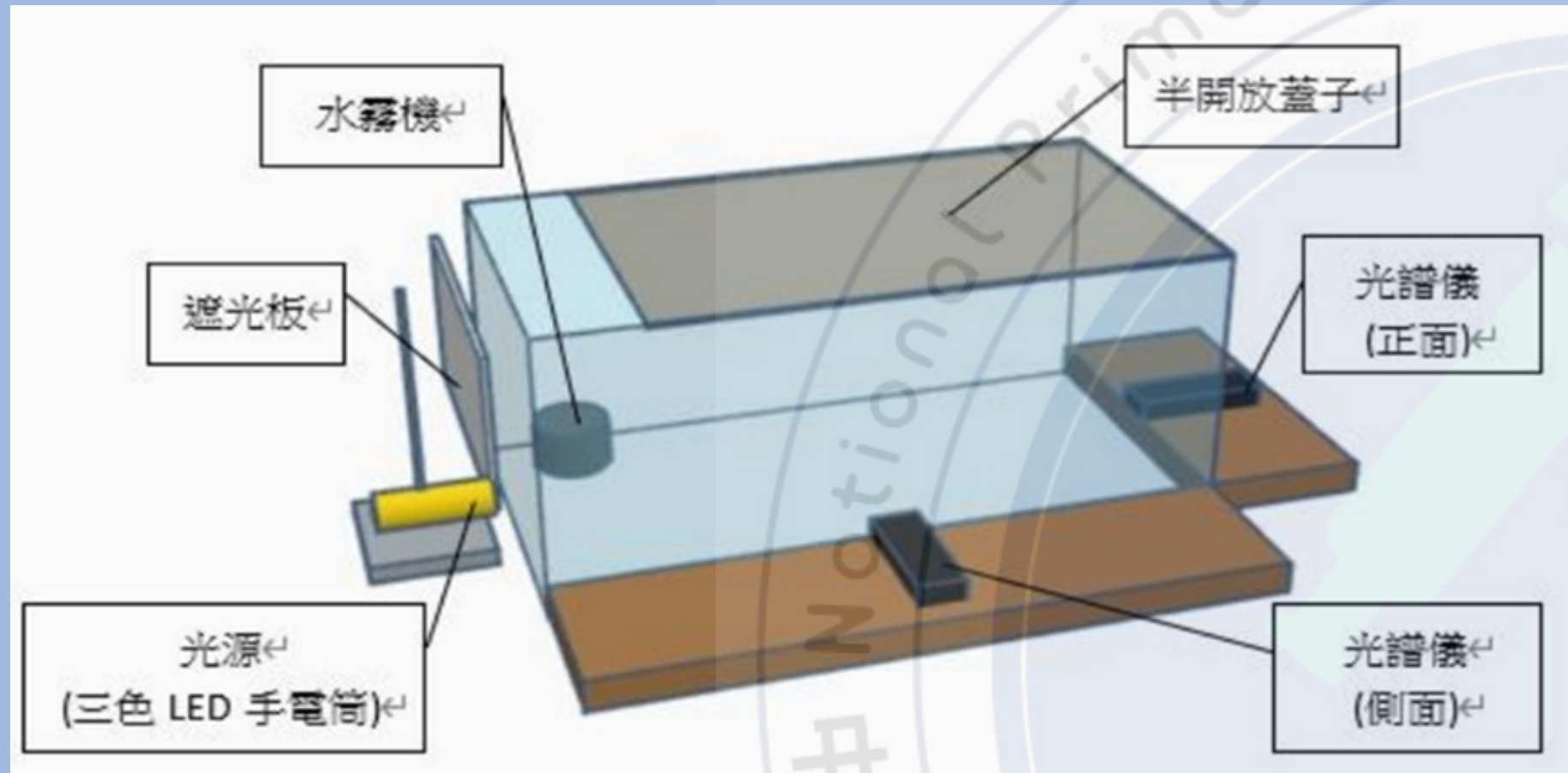
1. 懸浮微粒或小水滴越多，散射相關色溫的變化量越大。
2. 水霧濃度接近飽和時，散射相關色溫值會趨向定值。

研究目的

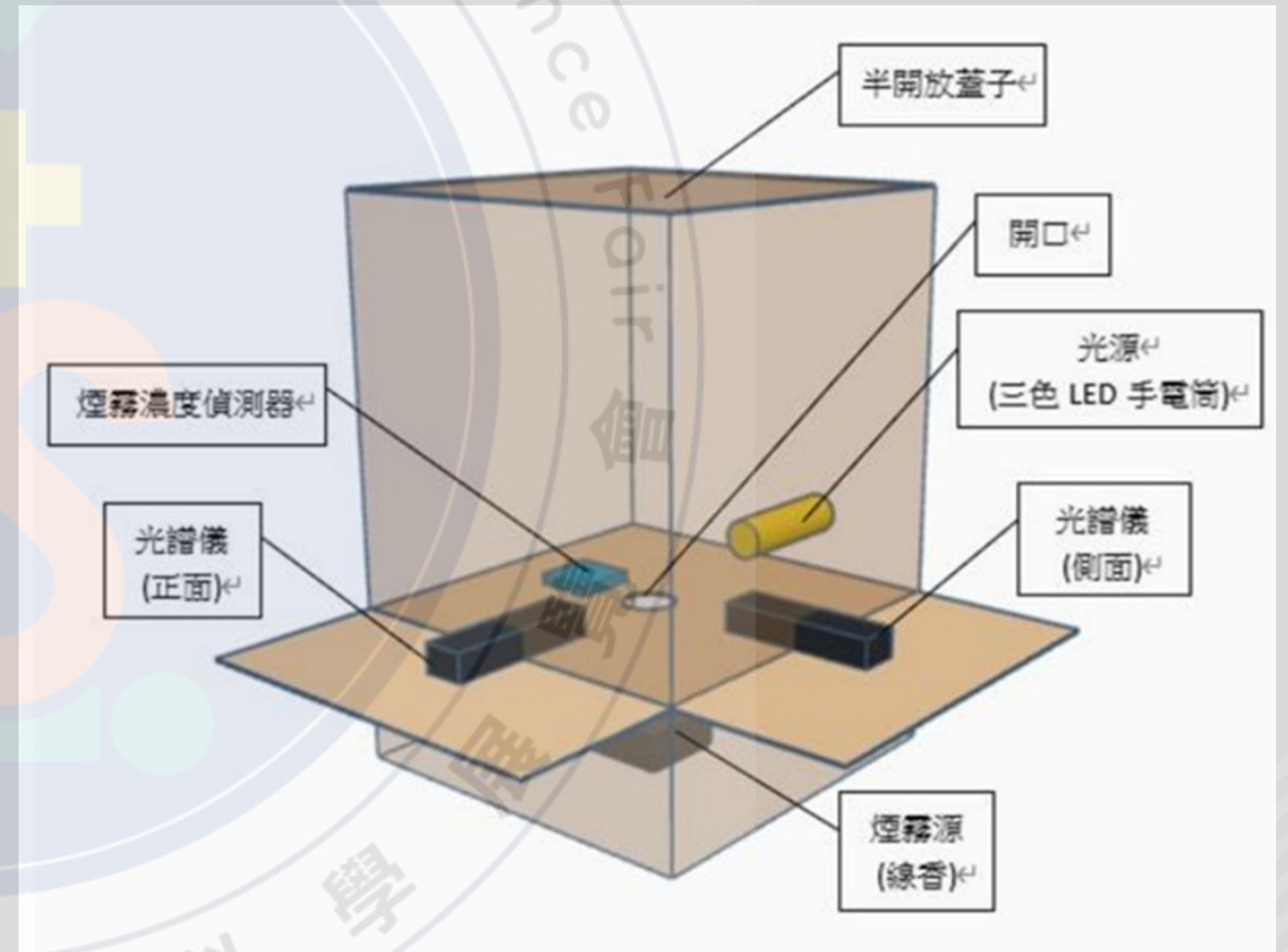
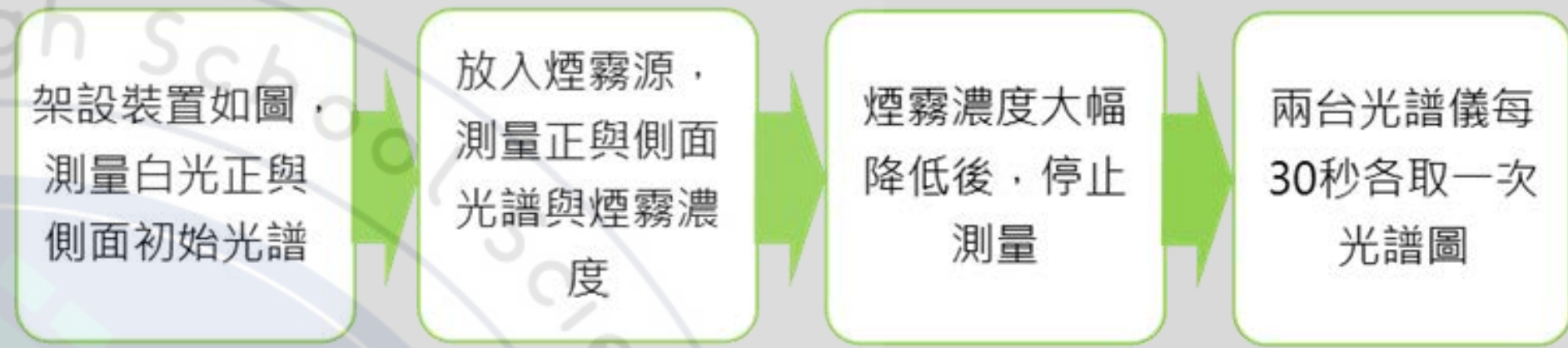
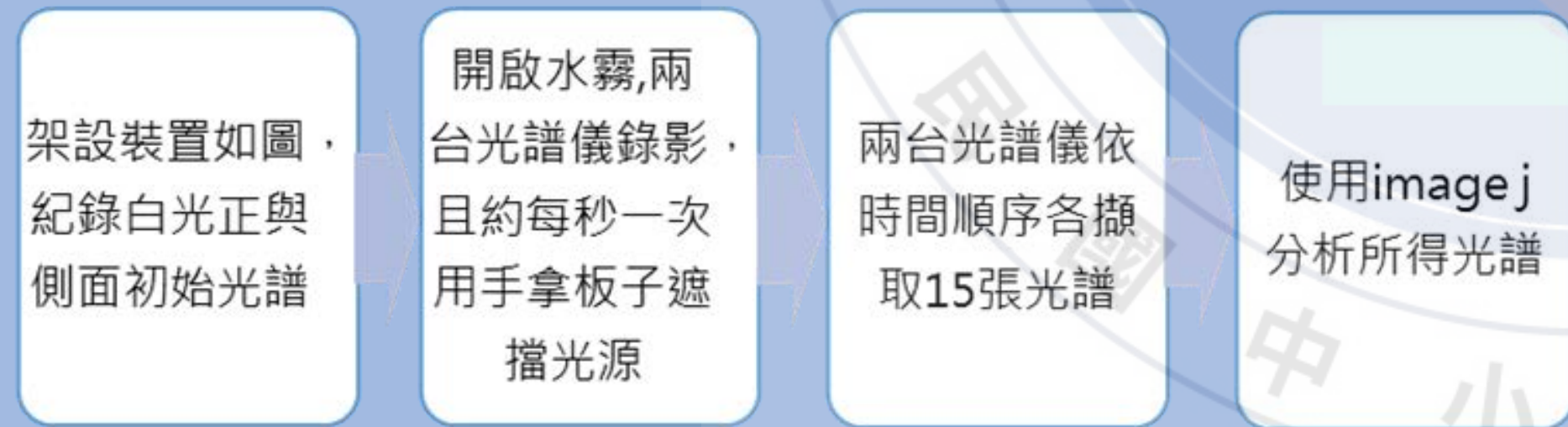
- (一) 水霧和煙霧對不同色光的影響。
- (二) 水霧和煙霧散射光與距離、角度的關係。



研究方法

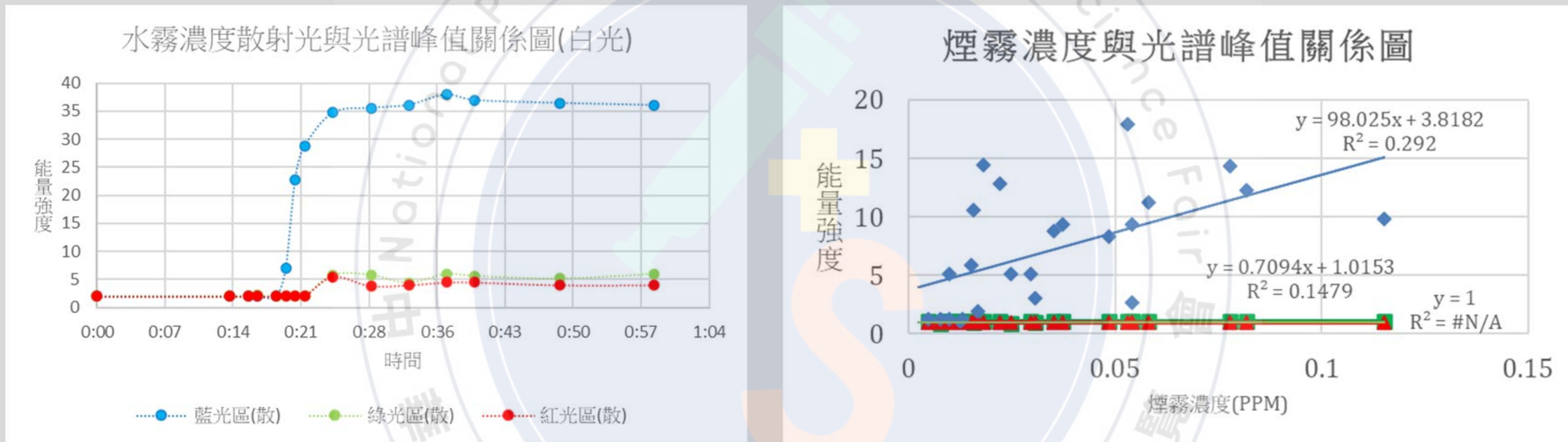


前測水霧實驗裝置圖



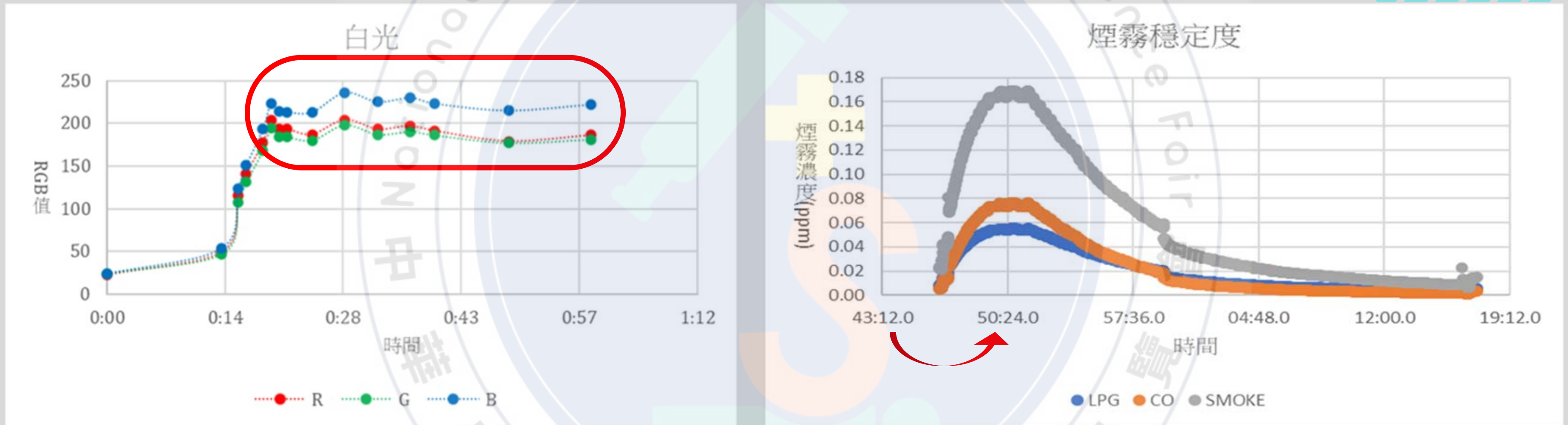
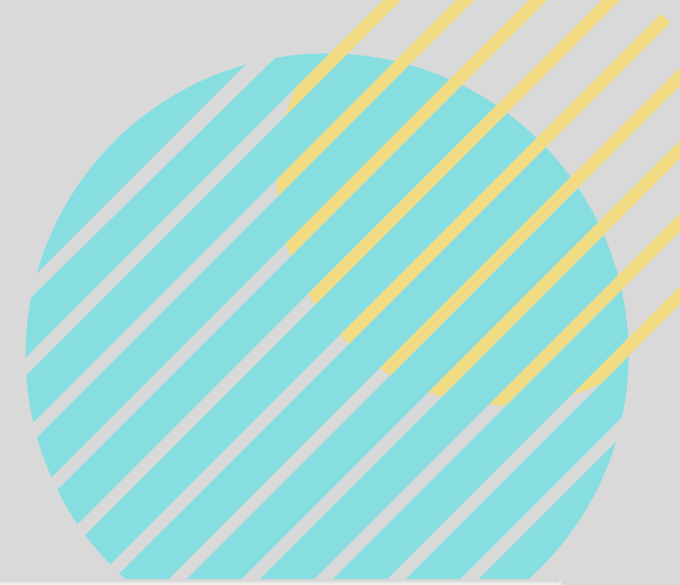
前測煙霧實驗裝置圖

研究結果：水霧、煙霧濃度與散射光關係

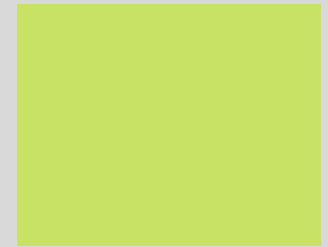


1. 兩者在相同濃度下，藍光的能量強度皆遠大於綠、紅光
2. 兩者皆為濃度越高，散射光強度越高。

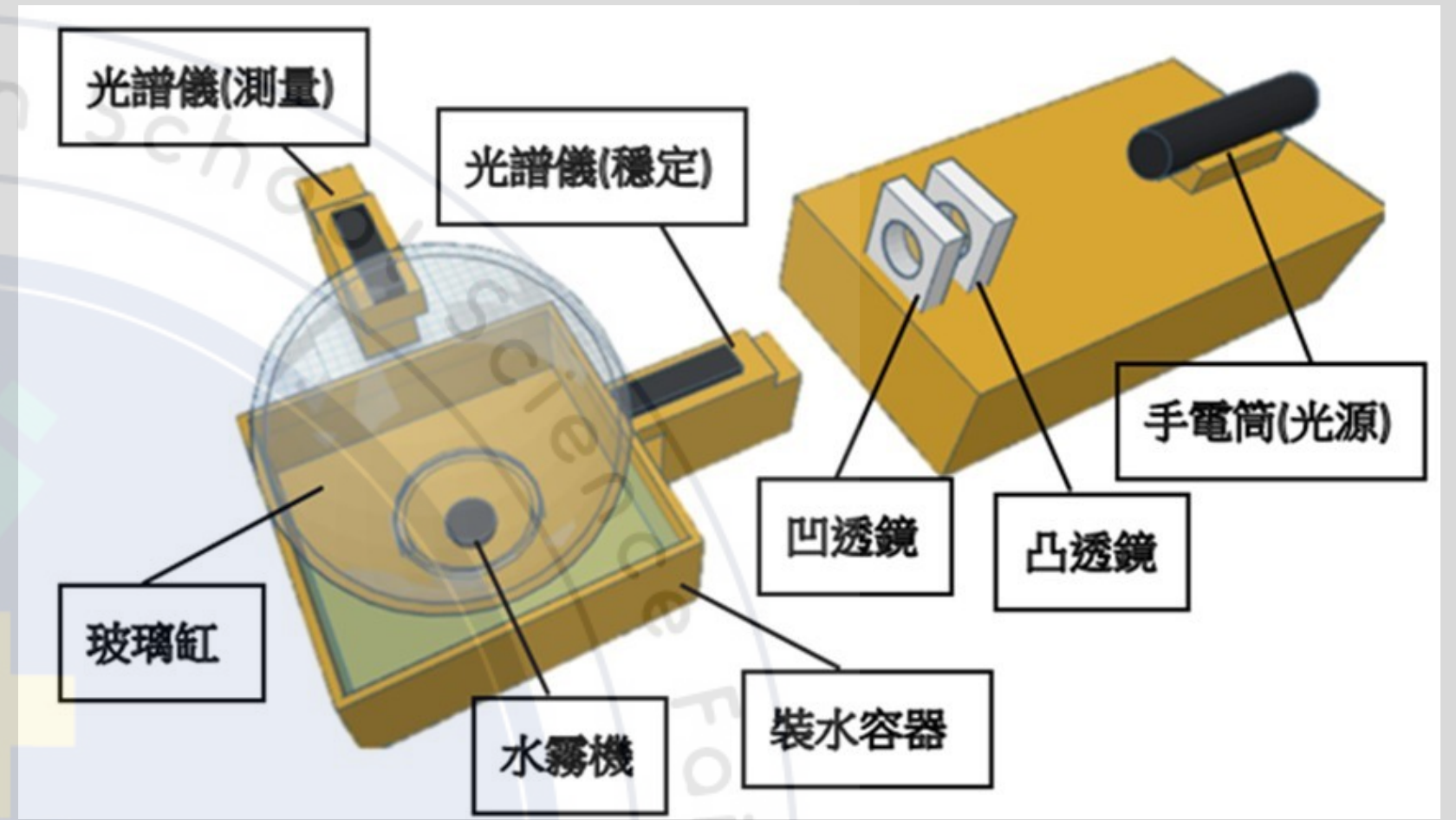
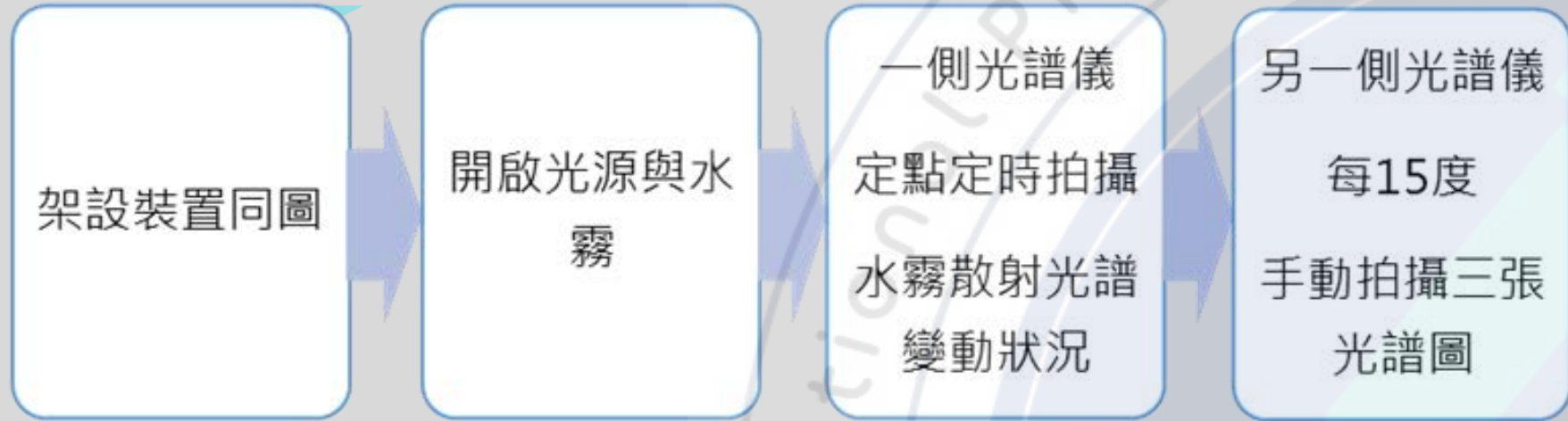
研究結果：水霧、煙霧濃度穩定



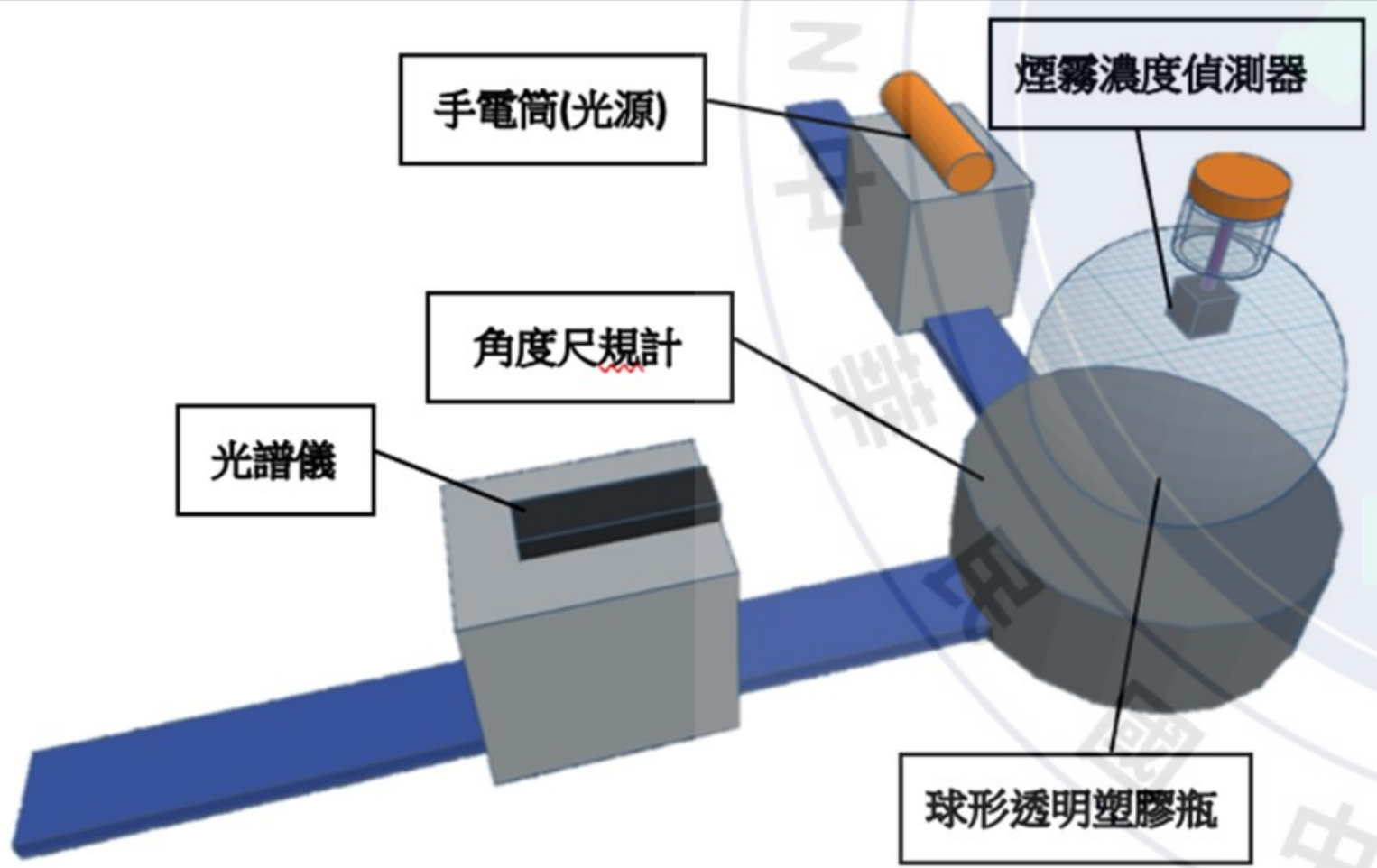
1. 水霧濃度達飽和時，散射光能量會趨於定值。
2. 線香取出十分鐘後，煙霧濃度趨於穩定下降。



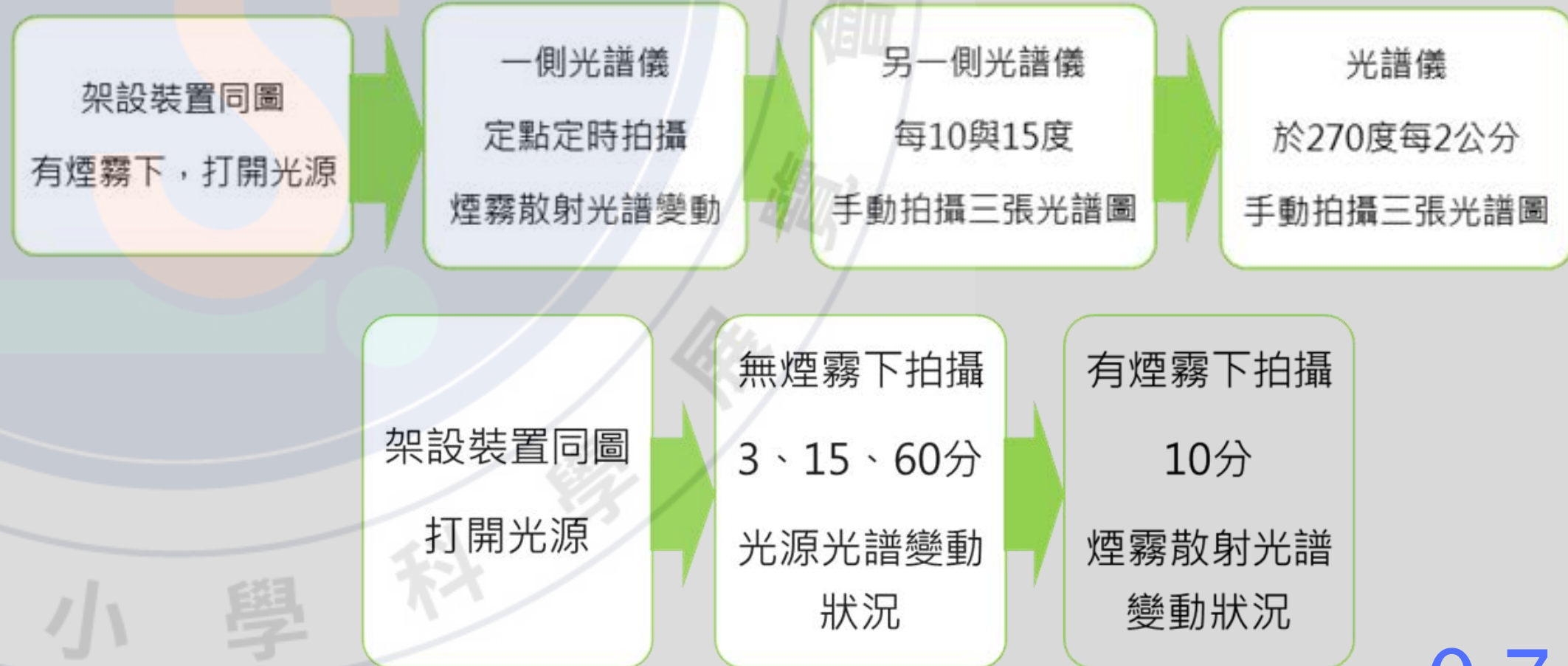
研究方法



煙霧散射光角度、距離實驗裝置圖

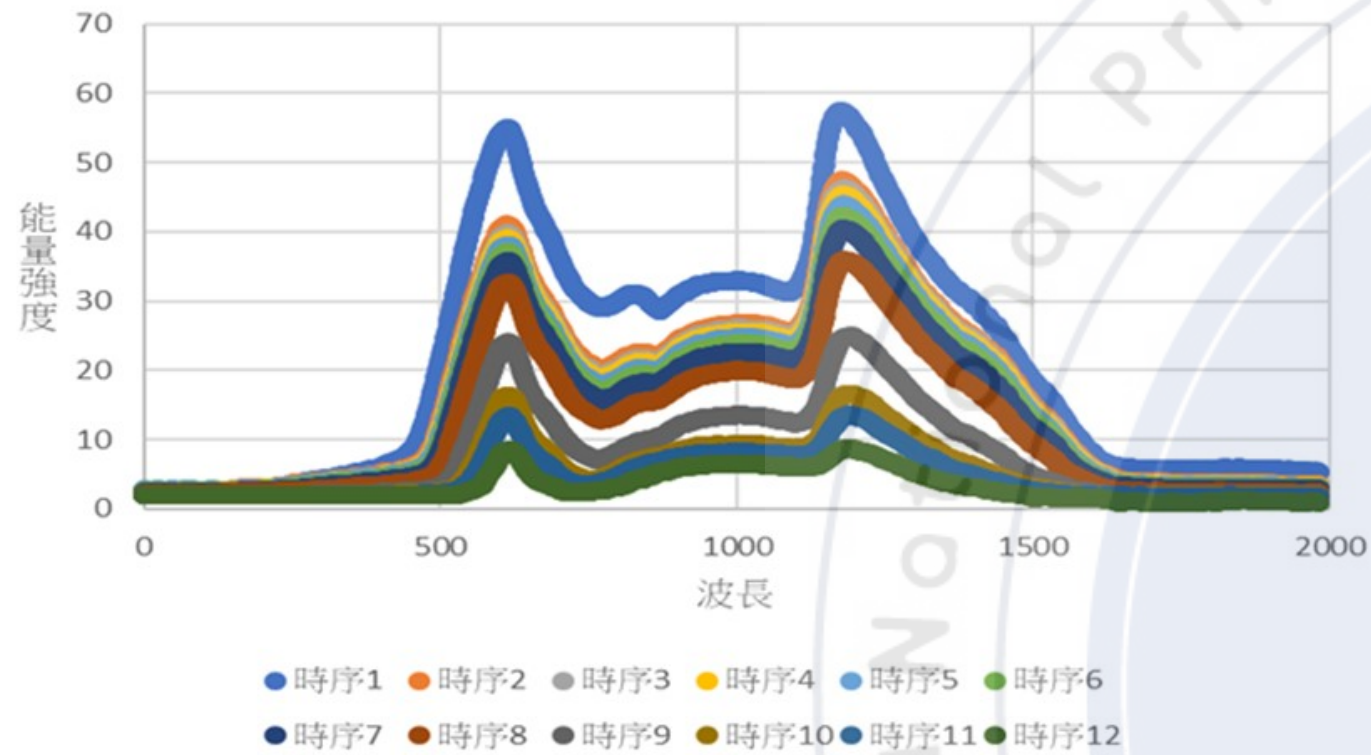


水霧散射光角度實驗裝置圖

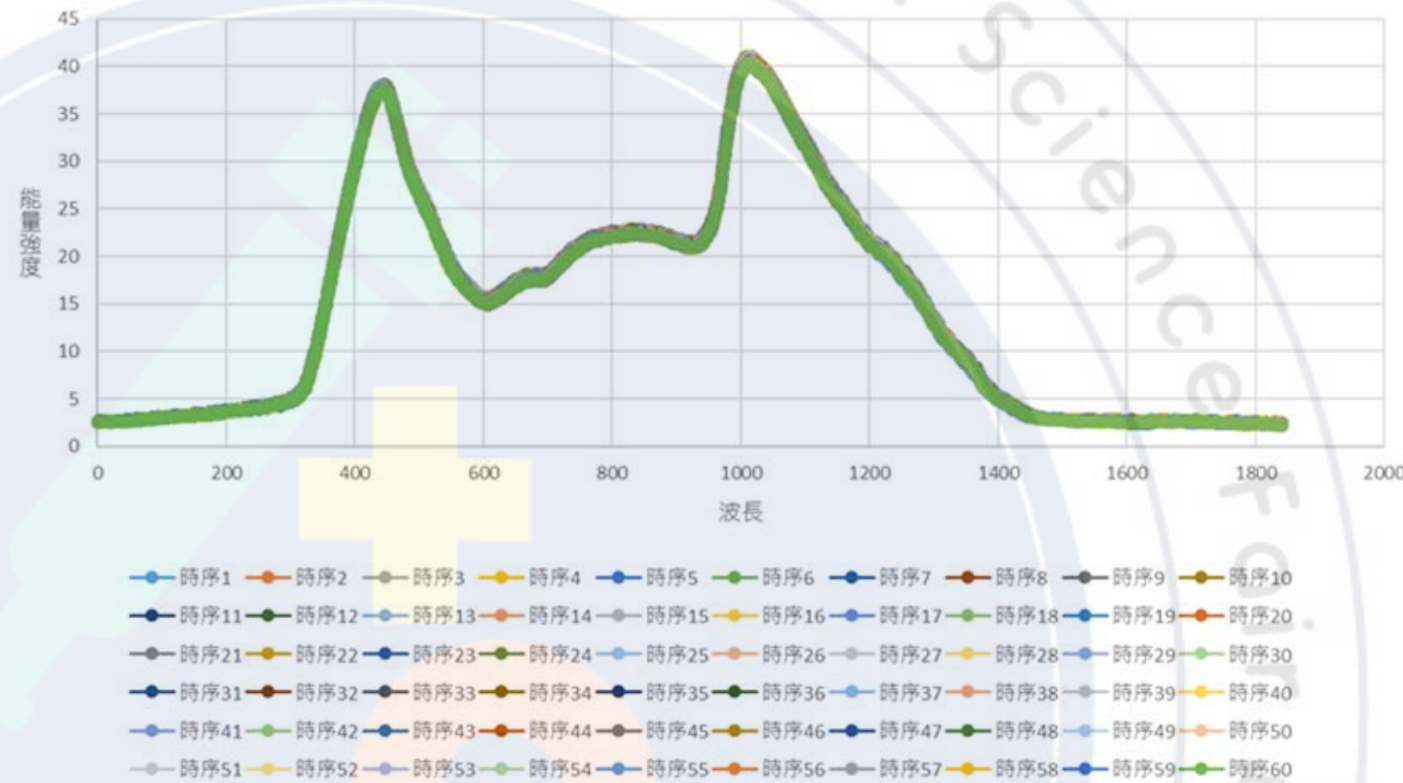


研究結果：光源、煙霧散射光穩定

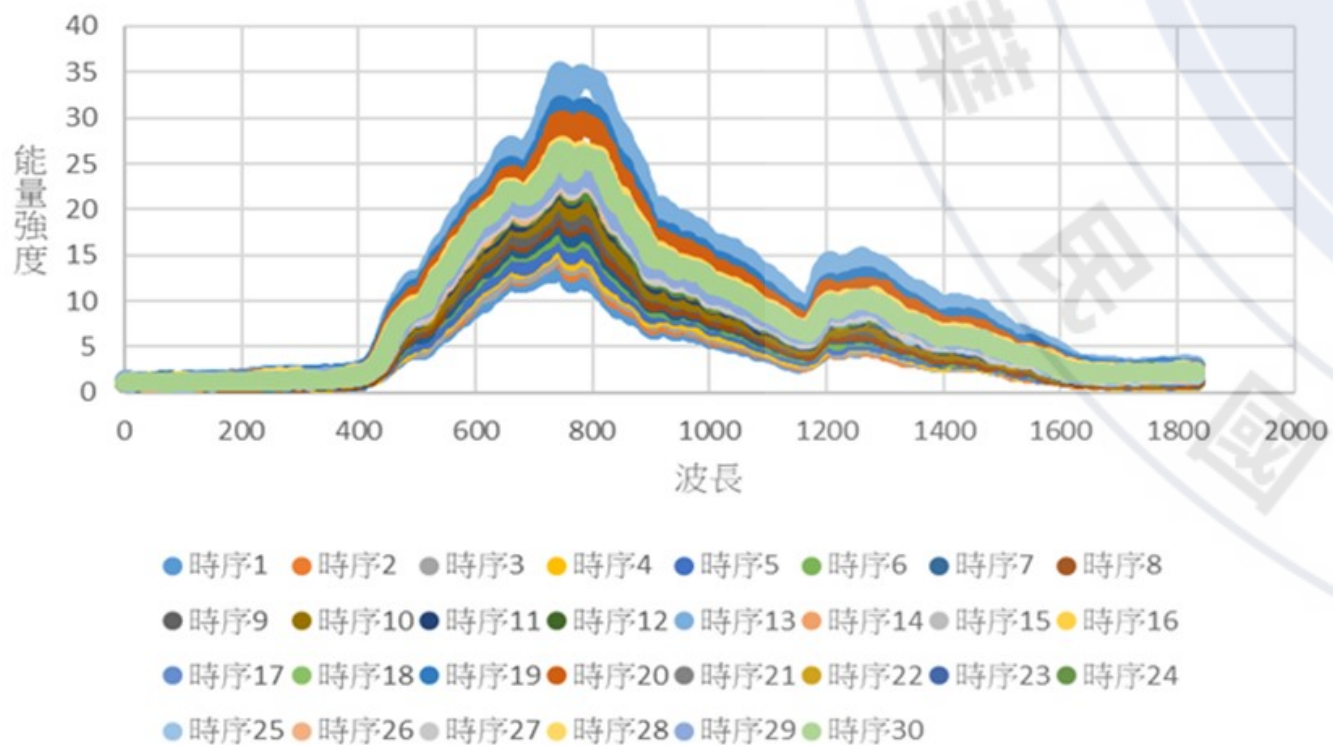
一小時光譜穩定度



3分鐘 光源穩定



10分鐘 煙霧散射光穩定度



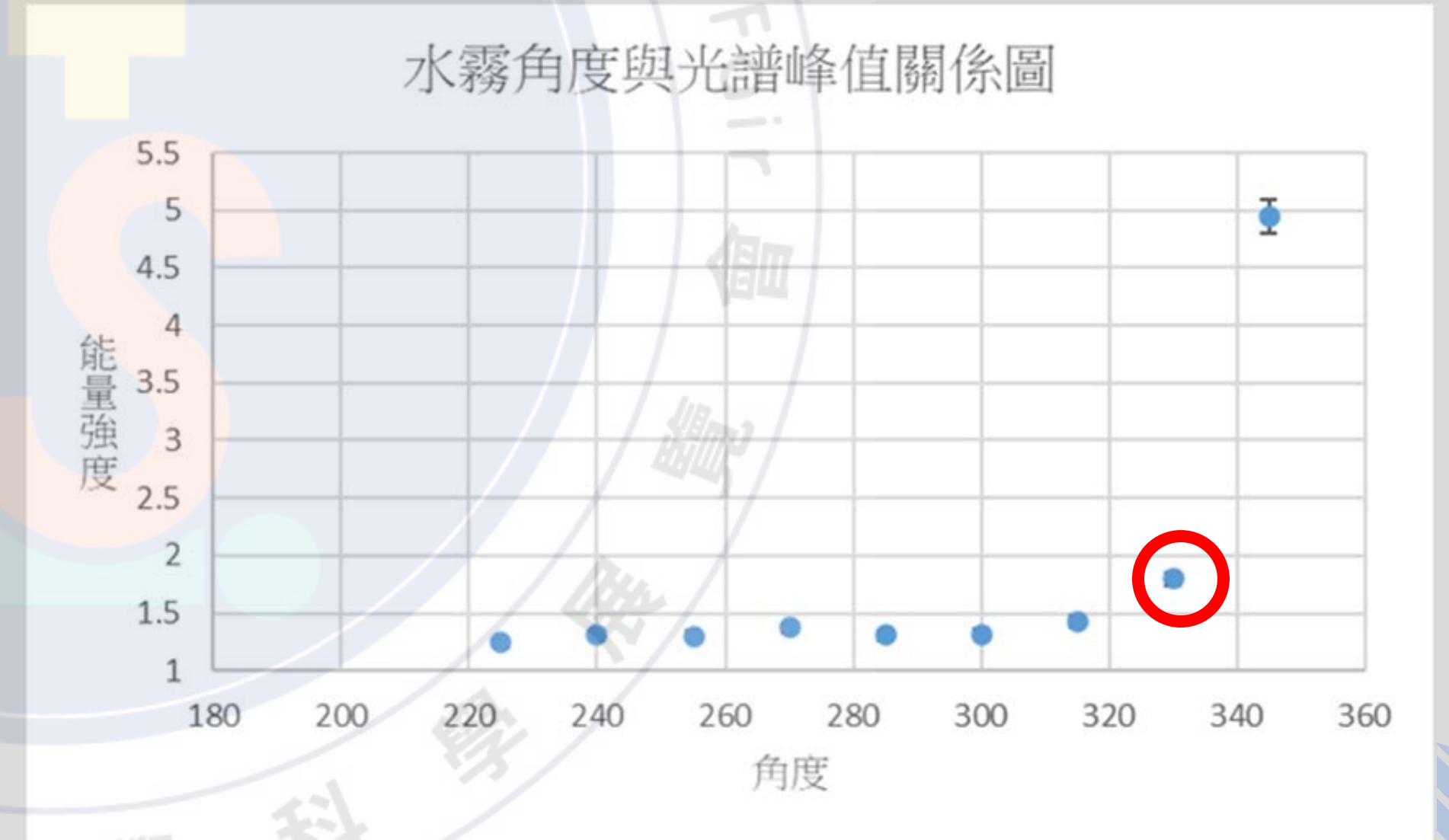
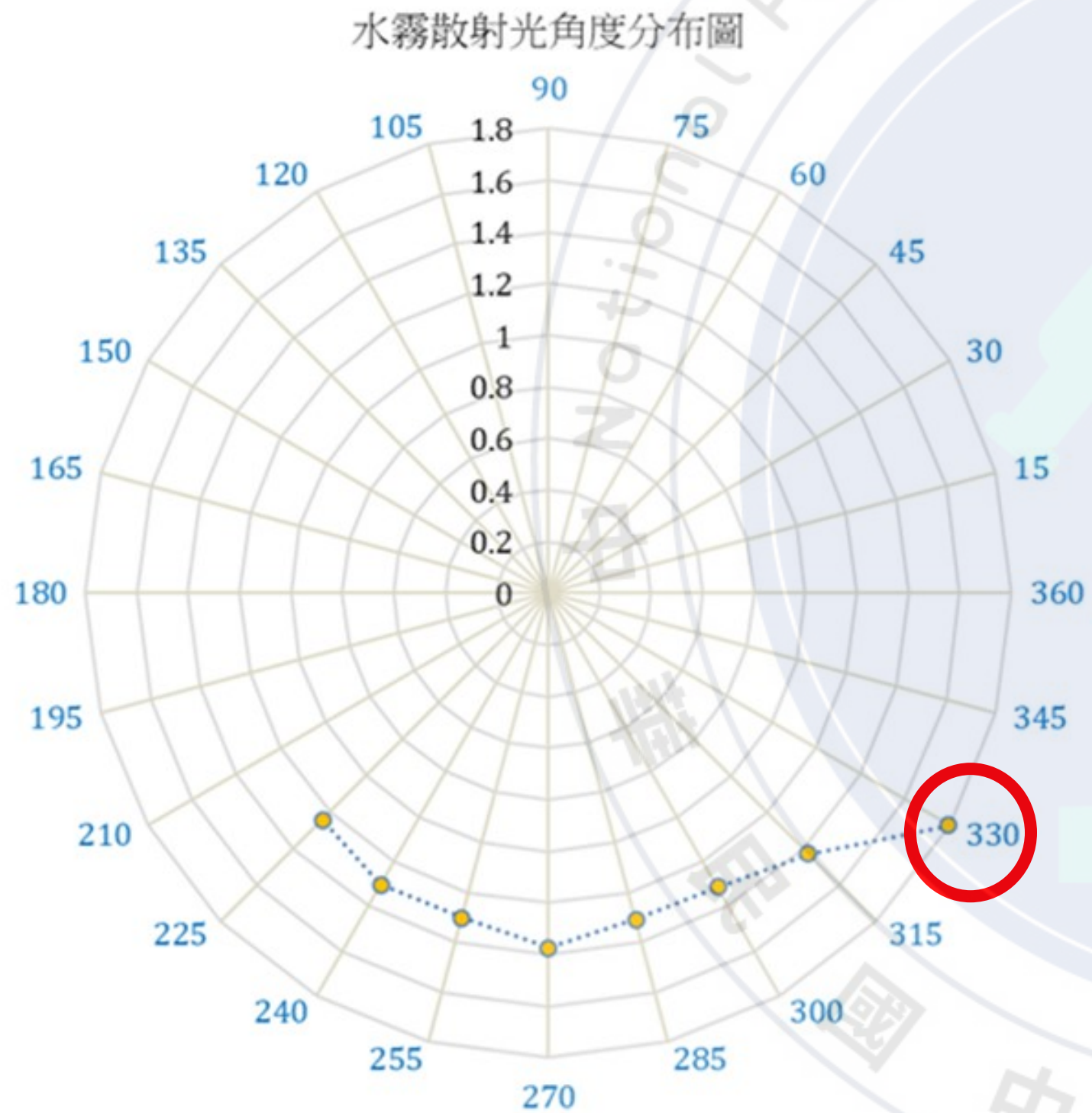
3分鐘	光譜峰值	
	藍	紅
相對波長值	447	1015
標準差	0.20	0.25
平均	44.26	56.33
變異係數	0.44%	0.45%

散光	光譜峰值
	藍
相對波長值	746
標準差	4.87
平均	25.30
變異係數	19.27%

1. 一個小時內手電筒光線能量變化極大。
2. 散射光強度變化量，與無煙時相比有明顯的上升。
3. 3分鐘內手電筒對光強的變化量極低。

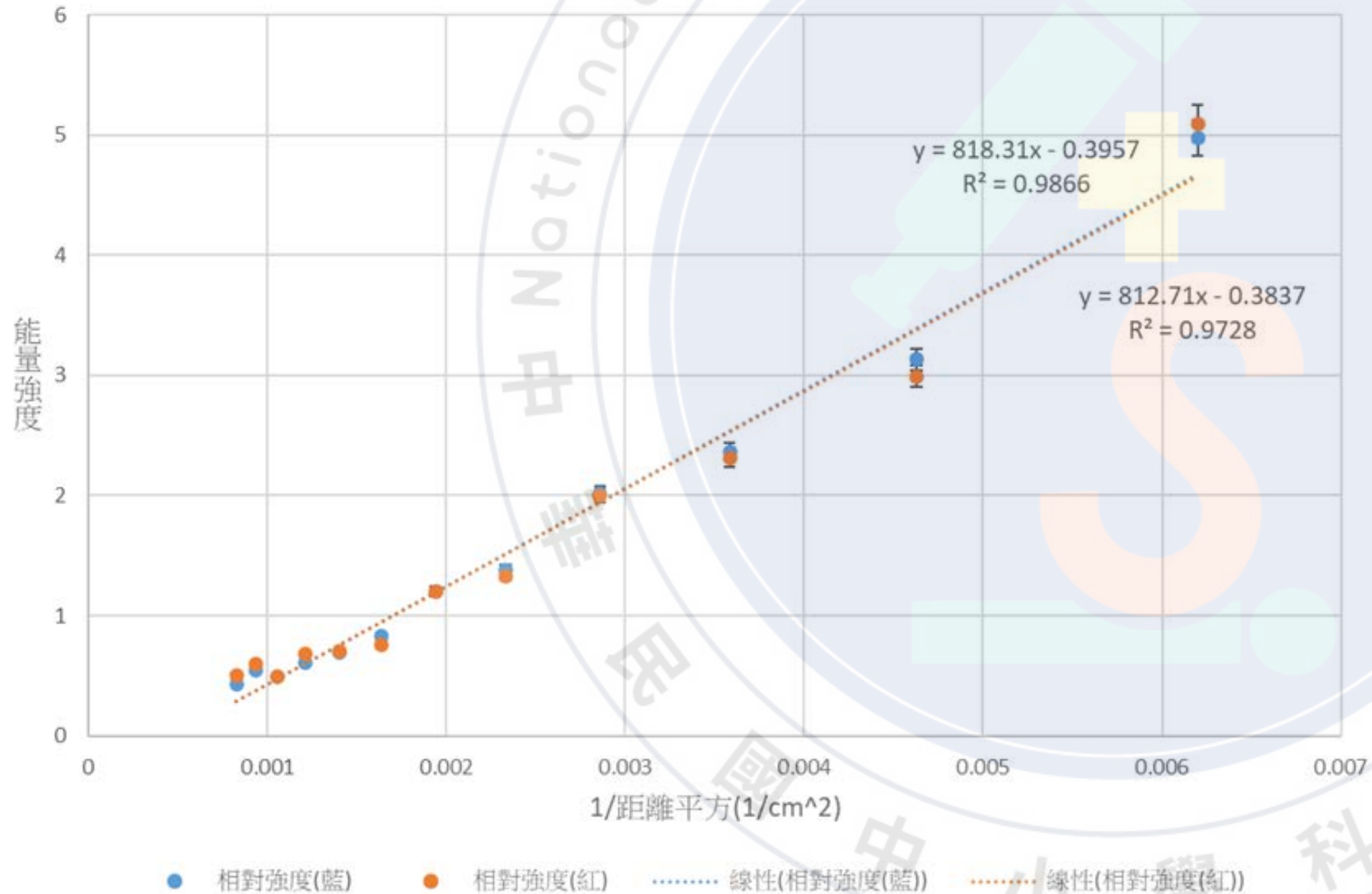
研究結果：水霧散射光

1. 角度大於330度，水霧散射光強度大幅增加。
2. 角度小於330度，水霧散射光強度變化不明顯。
3. 肉眼看是整瓶水霧發光，且看不到光束，推測原因為水霧濃度過大。



研究結果：煙霧散射光(距離)

煙霧距離與光譜峰值關係圖

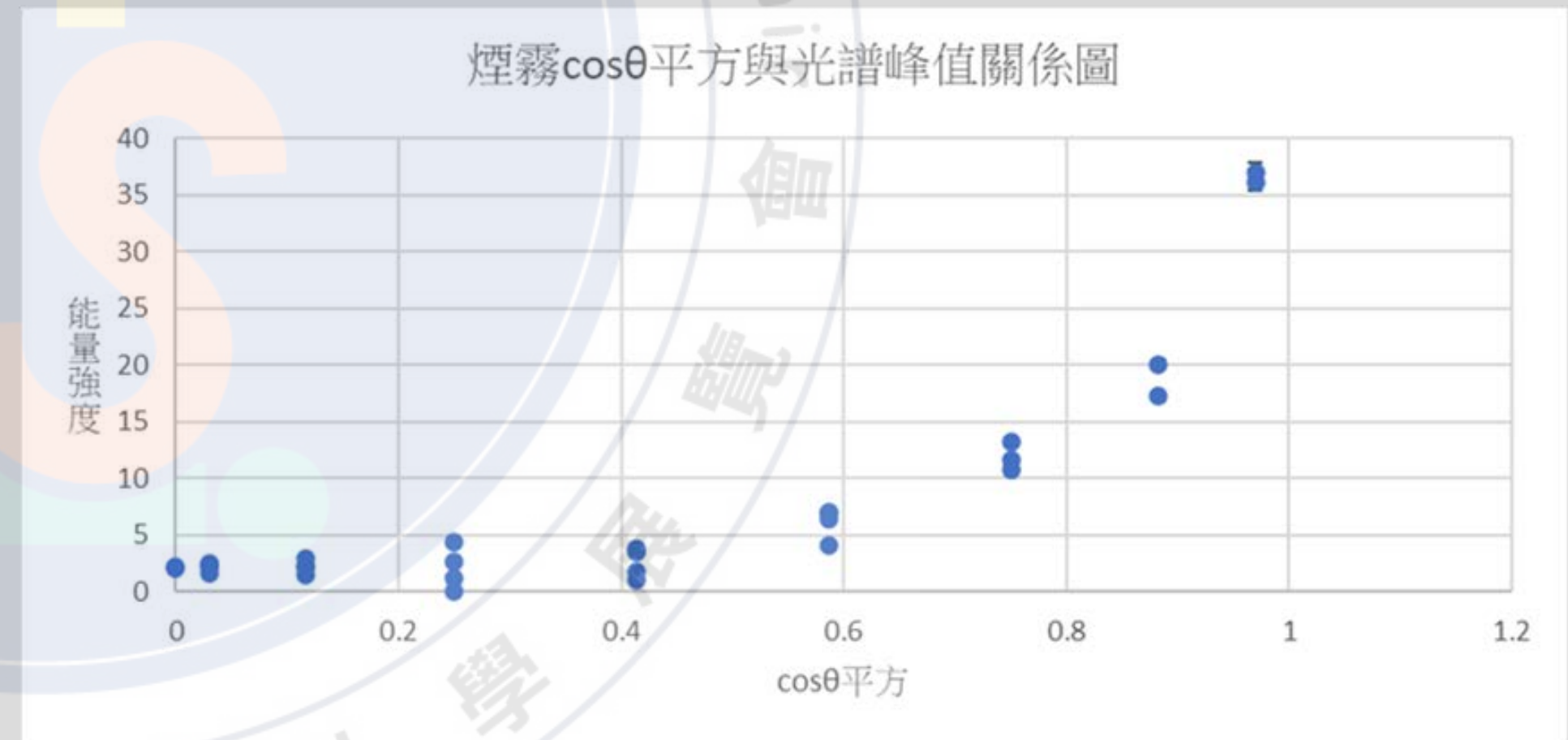
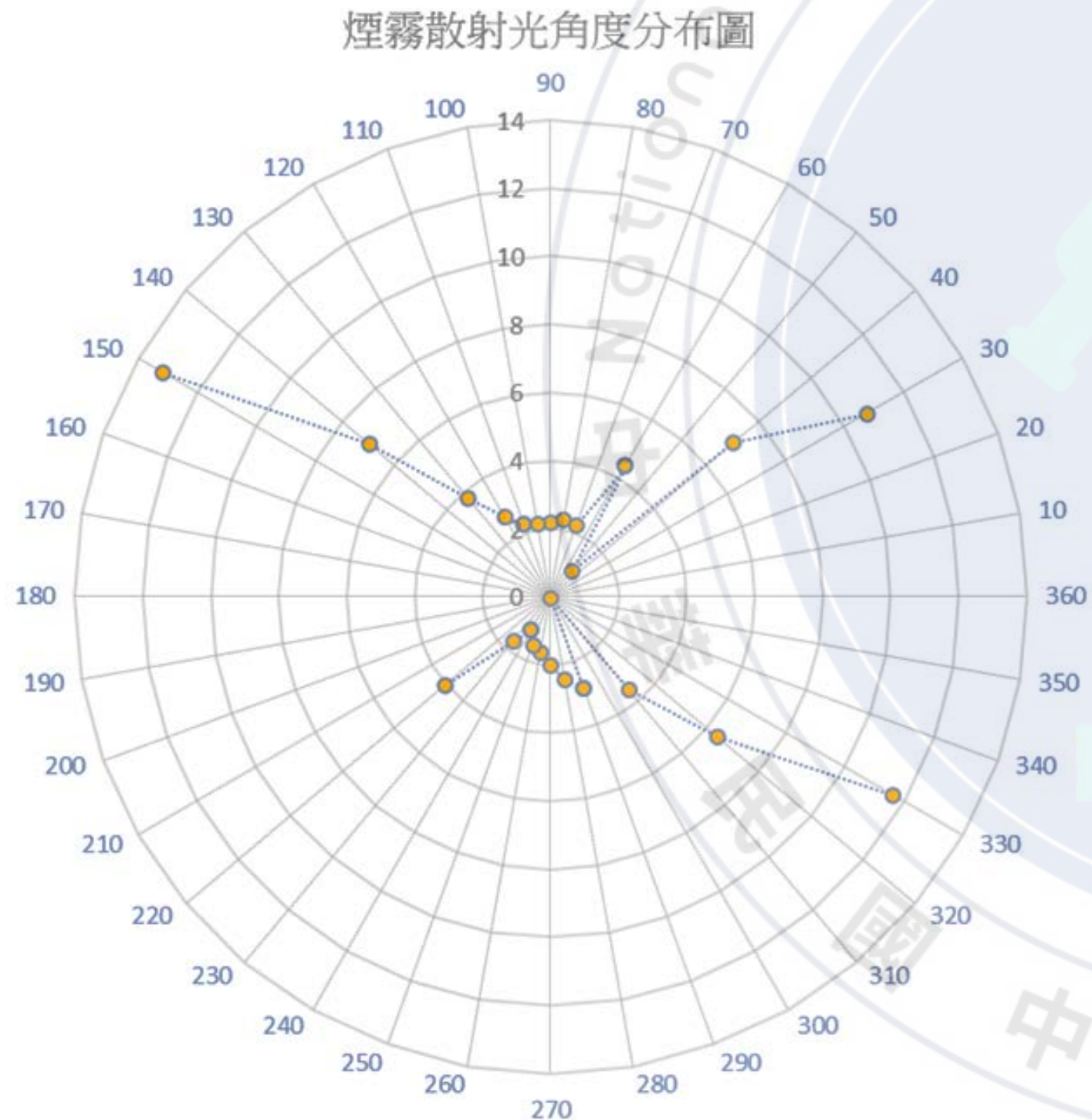


1. 紅光與藍光強度變化趨勢差異不大。
2. 能量強度跟距離平方倒數呈正比，可看出點光源的特性。

研究結果：煙霧散射光(角度)

1. 能量強度與 $\cos\theta$ 平方值的關係並非呈一直線，故不適用瑞利散射。

2. 散射光角度分布，比對文獻之角度分布可知，此實驗適用米式散射。



結論

- 一、水霧散射光角度夾角大於150度時強度明顯上升。
- 二、煙霧散射光強度和距離平方倒數呈正比。
- 三、煙霧散射光角度越接近0與180度，強度越大；越接近90度，強度越小。
- 四、使用手電筒、手機光譜儀等簡易儀器，研究煙霧的米式散射具有可行性。

參考資料

- 一. Mie scattering(Ed.) (2022,June 10). In Wikipedia. <https://bit.ly/3NMCKM7>
- 二. Raymond,N (2020). What about scattering? METEO 300 Fundamentals of Atmospheric Science. <https://bit.ly/3MNplZk>
- 三. 瑞利散射 (2021年9月26日)。在維基百科。 <https://bit.ly/3aJJClD>
- 四. 無塵室的級數標準規格(2010年10月13日)。電子製造討論區 <https://bit.ly/3xluIVs>
- 五. 黃增稜、林柏喬、何建茂(2019)。不同散射源對相關色溫變化值之探討(全國中小學科展)。高雄市立高雄高級中學,高雄市。 <https://bit.ly/39sZMiy>

