

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080810

在霧中迷失的光線

桃園縣龍潭鄉雙龍國民小學

作者姓名：

小四 賈逸凡 小四 李勛誠 小四 黃有毅

小四 江念祖 小四 陳若谷

指導老師：

徐保嘉

摘要

本實驗中，我們研究了各種顏色光在空氣中的衰減度，以及光因為角度的照射的照度、光穿越水的衰減度，光在煙霧中的衰減度等等，主要在於研究光穿透物質後的照度衰減，應用在生活中的車燈，是否因為由黃燈改成白燈或紫燈後，光穿越霧後的照度會因此比較大呢？

壹、研究動機

在自然與生活科技的課程『光的折射』單元中，學生提出一個疑問：『光的折射是不是從一種物質穿過另一種物質會產生折射？那麼光的強度會變弱嗎？變弱多少呢？爸媽開車時，遇到陰暗的天氣或是晚上時，會開啓大燈，那麼大燈的燈光穿過霧之後，會減弱多少呢？學生說：『常常看見外面一些車子將大燈改成其他非黃色顏色的燈光，那又是為什麼呢？難道這樣會比較亮嗎？』因此，學生們組成了一個研究組，研究光穿過各種物質後，光的強度到底減弱了多少？哪種顏色的燈光的穿透效率最好？一連串的實驗討論與規劃，除了以上的實驗內容外，學生也想到許多生活中常看見的光度衰減現象來進行實驗，真令人大開眼界呢！

貳、研究目的

探討各種顏色光，穿透各種物質後的衰減以及光在各種角度照射某區域的照度，來瞭解是否一般車燈因為改成各種顏色的燈光，而在霧中會有比較好的穿透能力。

參、研究設備及器材

溫度計透明水槽(27cm×20cm)、捲尺、直尺(30cm)、純水、照度計、光源(充電式手電筒)、大型教學用量角器、線香、大型水箱、玻璃紙、

肆、研究過程或方法

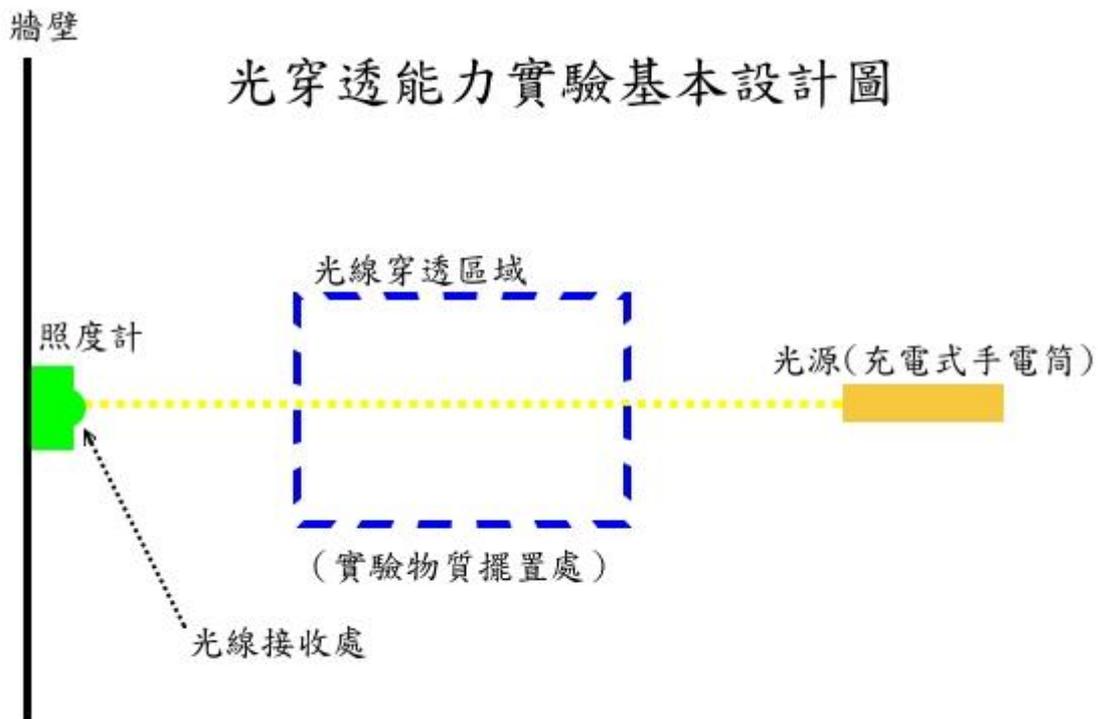
本實驗共分成六項實驗子題

主要探討與發現影響光穿透的因素以及穿透霧、水後的光照度衰減多少。

其次討論光線因入射角不同、距離不同等等，比起直線照射的光線，照度會衰減多少？

我們採用的照度計測量照度範圍是 0~50000 燭光(LUX) ，而實驗系統規劃圖形如下：

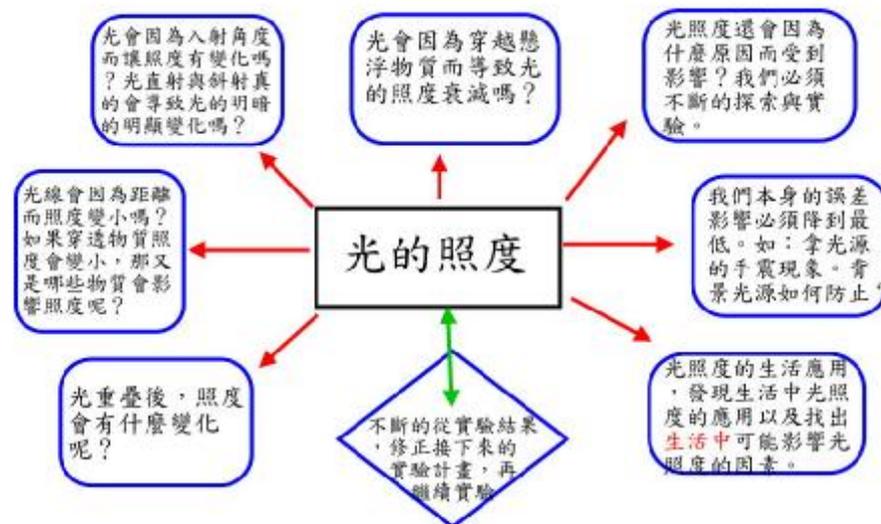
實驗基本架構圖



依據各種實驗子題的不同而有不同的操縱變因，並且將各種可能的其它變因控制好，減少實驗的誤差到最小。

實驗規劃如下分析圖：

光照度實驗的實驗規劃流程



實驗計畫一：探討各種顏色光在空氣中照度情形

一、假設：

各種顏色光在空氣中會有不同的照度

二、研究過程

我們以同材質的玻璃紙來製造出這種顏色的光線，並且在一定的距離放置照度計，實驗看看是否各種顏色的光，它們的光照能力是不是不一樣呢？

在觀察的過程中，我們觀看照度計的數據。照度計的數據越大，代表著光的照度越大，一般來說照度越大，代表著光的亮度也越大。由於照度的單位，我們還沒有學到，因此，實驗指導老師對於『照度』的定義做了一番解說。

備註：1.被光照射之物體,於單位面積上所受之光束,稱為照度.單位為勒克司 Lux,簡寫為 lx,

符號則以 E 表之. $E=F/A$ 照度(Lux)=光束(Lm)/面積

2.燭光是光度的單位

三、實驗記錄

實驗記錄表一：

實驗一：各種光的照度實驗

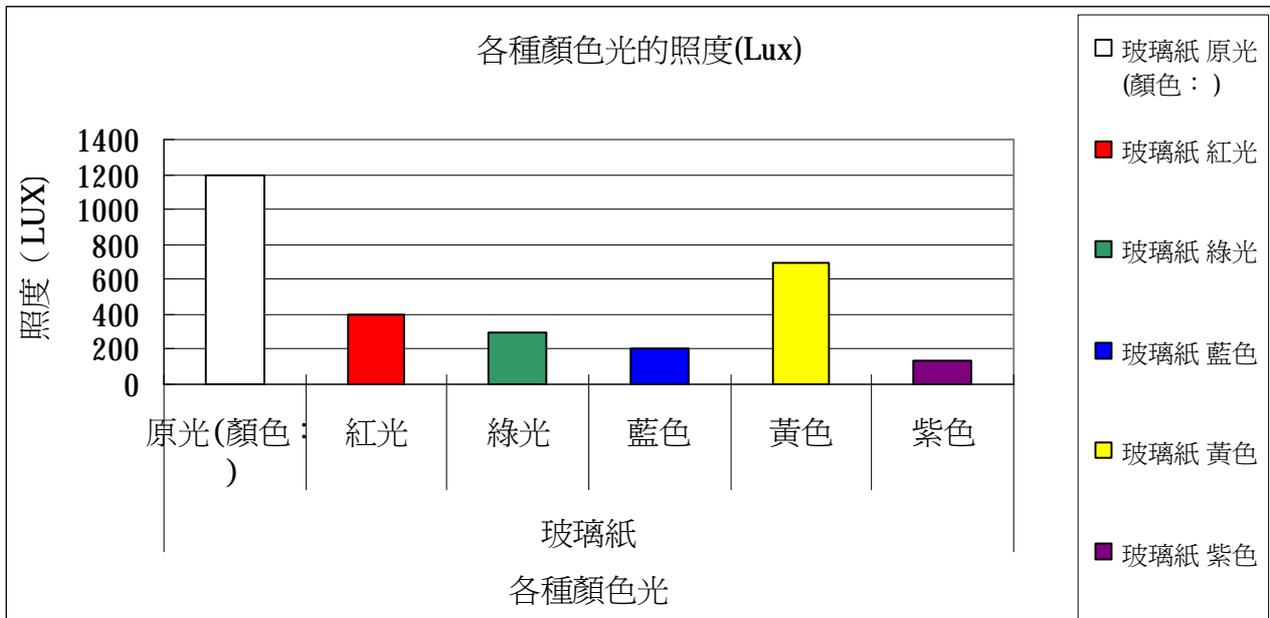
控制變因：距離一定、入射光角度固定、電壓一定等

背景光度：0 燭光。

光離照度計距離：200cm (2m)

實驗紀錄：※表中記錄數據為三次實驗平均值

顏色光	玻璃紙					
	原光(顏色：)	紅光	綠光	藍色	黃色	紫色
照度(Lux) 平均值	1200	400	300	200	690	140



四、實驗結論：

在相同距離、相同電壓光源下，各種顏色光中，以黃色光的照度最亮，其次依序為：紅光、綠光、藍光、紫光，其中紫色光光度最暗。

實驗計畫二：光的照度會因為距離而減弱

一、假設：

各種顏色的光的照度會隨著距離增遠而衰弱

二、研究過程：

我們將不同顏色的光依照不同的距離，看看哪一種色光隨著距離，照度減少最多。



三、實驗記錄：

實驗二：各種顏色光隨距離照度衰減實驗

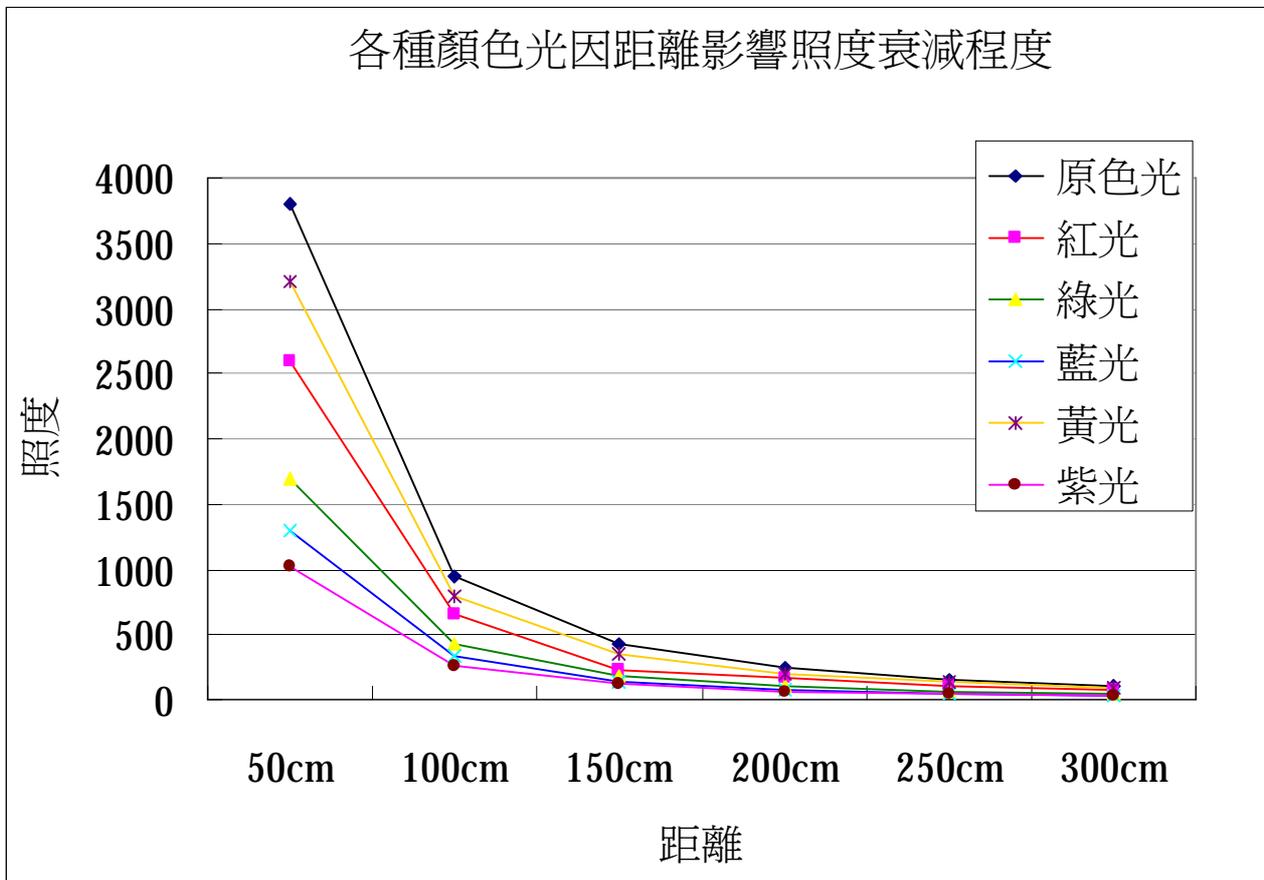
控制變因：入射光角度固定、電壓一定等

背景光度：0 燭光。

實驗紀錄：※表中記錄數據為三次實驗平均值

各色光離 照度計距 離	50cm	100cm	150cm	200cm	250cm	300cm	光衰減度程度	衰減度 排名 (最多 為 1， 最少為 6)
原色光	3800	950	425	238	152	105	0.97236842105	3
紅光	2600	650	230	165	105	75	0.97115384615	6
綠光	1700	425	190	106	68	47	0.97235294117	4
藍光	1300	340	145	80	50	35	0.97307692307	2
黃光	3200	800	358	200	130	90	0.97187500000	5
紫光	1030	256	115	65	40	26	0.97475728155	1
單位：LUX(燭光) $50\text{cm}\sim 300\text{cm}$ 照度衰減程度=(50cm 的照度-300cm 的照度)/50cm 的照度								

各種顏色光因距離影響照度衰減程度



備註：上圖各種顏色光的點，將點連接起來是爲了觀察光的照度增加或遞減情形，除了點的值外，其餘連接線非實驗所得之數據。

四、實驗結論：

- (一) 我們發現，不論各種顏色光都會隨著距離而衰弱。
- (二) 即使距離加大，黃色光依然是最亮的光。
- (三) 各種光在沒有障礙物（不含介質空氣）的情形下，都呈現穩定的衰弱。
- (四) 各種顏色的光照度，會隨距離增大而衰減。
- (五) 上圖各種顏色光的點，將點連接起來是爲了觀察光的照度增加或遞減情形，除了點的值外，其餘連接線非實驗所得之數據。



▲上圖：紅光在不同距離時，照度變化大小



▲上圖：黃光在不同距離變化下，照度變化情形



▲上圖：綠光在不同距離時，照度變化大小



▲上圖紅光在不同距離時，照度變化大小。

實驗計畫三：探討各種光的角度照度實驗

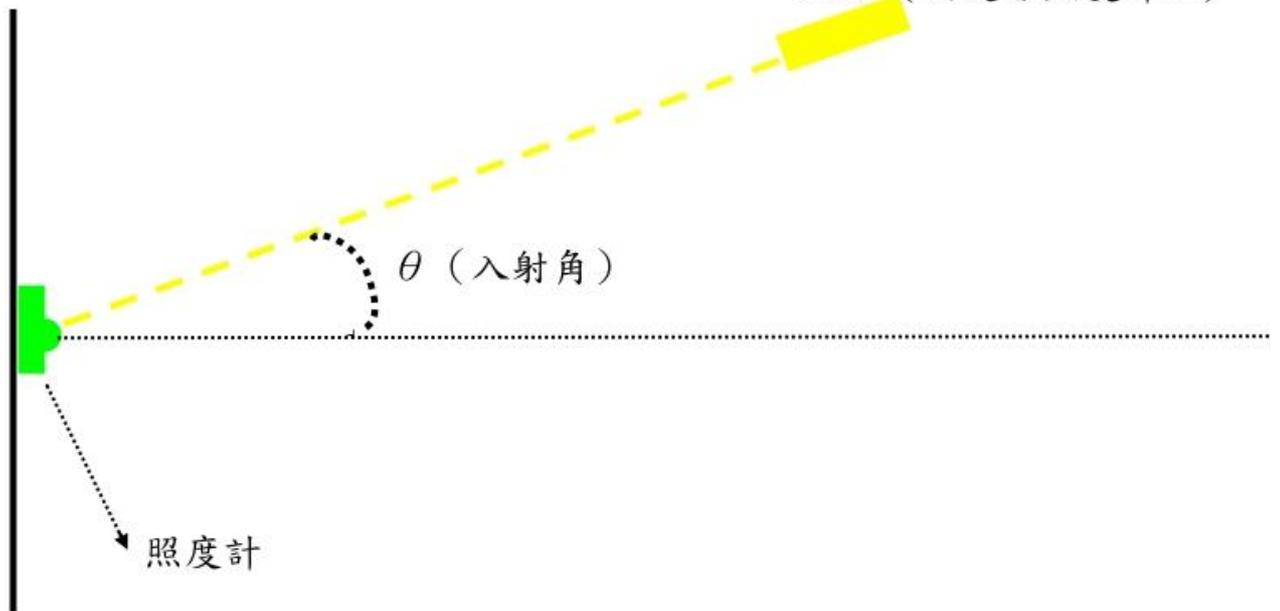
一、 假設：

各種光入射角度越小，照度越大，入射角度越大，照度越小。

二、 研究過程：

我們將各種顏色的光以各種不同的角度入射至一個定點，以相同距離，但不同角度入射至照度計，觀察各種顏色光的照度。

各種顏色光照射角度的照度實驗
光源 (固定離照度計2m)



三、實驗記錄：

實驗三：各種光的角度照度實驗

控制變因：各種光線離照度計距離一定、電源電壓一定等

背景光度：0 燭光。

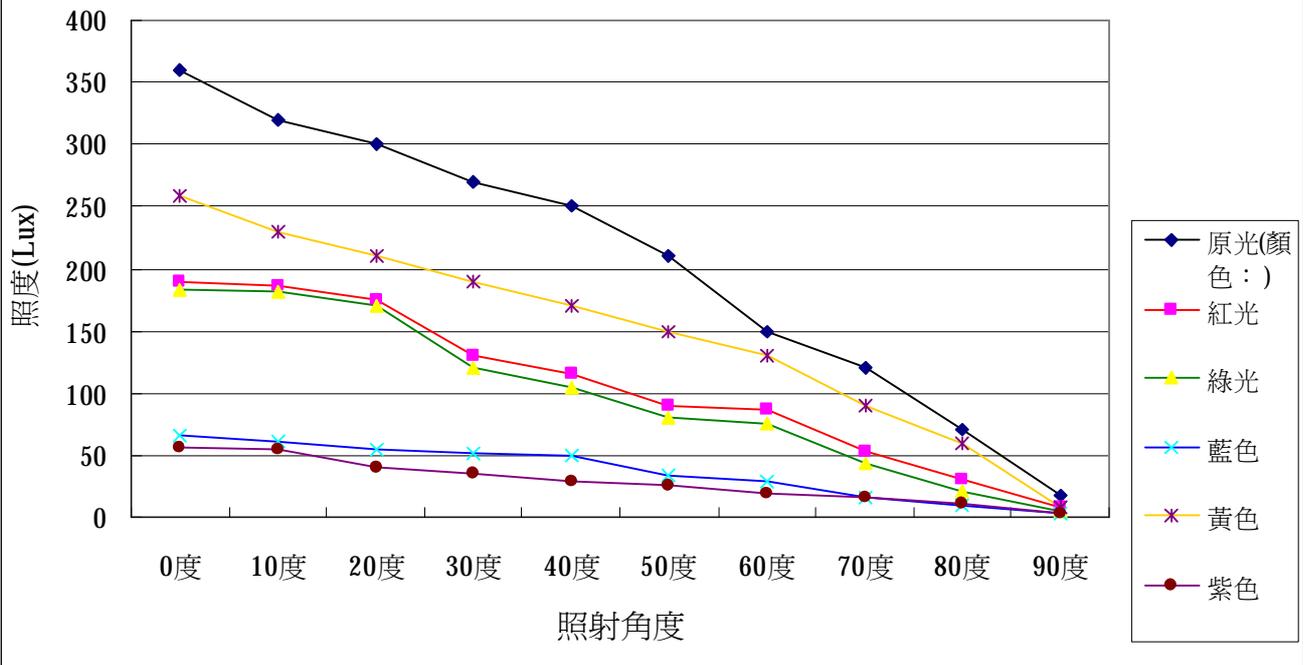
光離照度計距離：200cm (2m)

實驗紀錄：※表中記錄數據為三次實驗平均值

顏色光 照度(Lux) 照射角度	玻璃紙					
	原光(顏色:)	紅光	綠光	藍色	黃色	紫色
0	360	190	183	66	259	56
10	320	186	181	61	230	55
20	300	175	170	54	210	40
30	270	130	121	51	190	35
40	250	116	105	49	170	29
50	210	90	80	34	150	26
60	150	86	75	29	130	19
70	120	53	43	16	90	16
80	70	31	21	10	60	12

90	18	8	5	3	8	4
----	----	---	---	---	---	---

各種顏色光的角度照度實驗



備註：上圖各種顏色光的點，將點連接起來是為了觀察光的照度增加或遞減情形，除了點的值外，其餘連接線非實驗所得之數據。

四、實驗結論：

- (一) 光入射角度越大，照度越來越小。
- (二) 各種顏色光依然以黃光、紅光照度最佳，其次為綠光，最差為藍光、紫光。
- (三) 入射角度越大，光的之照度越低，當達到將近 90 度時，這時微弱的光線，照度計幾乎已經很難收到光的照度了，表示光線越斜射，固定點接收光線越少，照度就當然較低了。

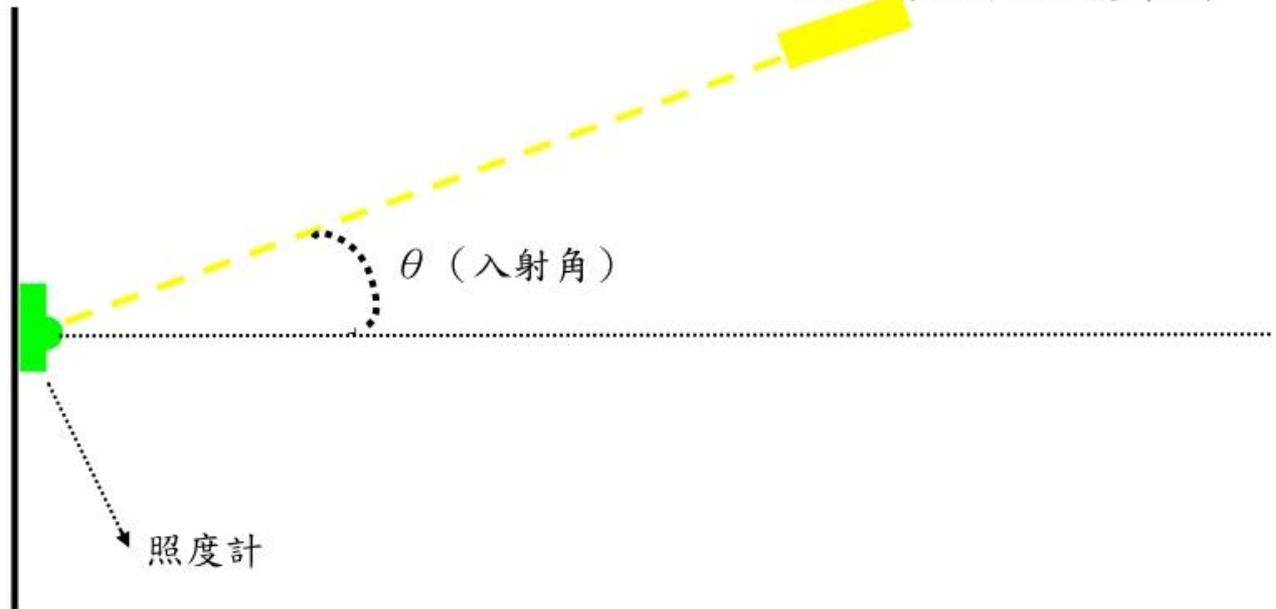
實驗計畫四：各種光的反射照度衰減實驗

一、假設：

各種顏色的光經平面鏡反射後，光的照度會呈現遞減性

二、研究過程：

各種顏色光照射角度的照度實驗
光源 (固定離照度計2m)



三、實驗記錄：

實驗三：各種光的角度照度實驗

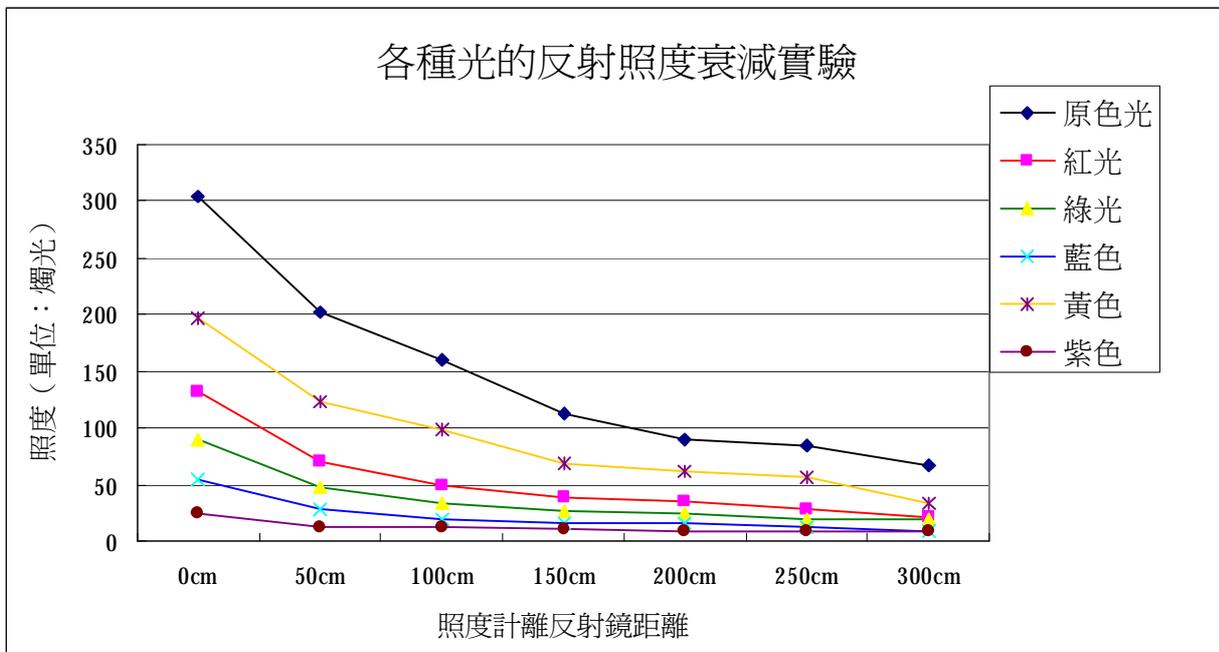
控制變因：各種光線離照度計距離一定、電源電壓一定，光入射角度一定等

背景光度：0 燭光。

光源離反射鏡計距離：300cm (3m)，入射角 20 度，反射角 20 度固定。

實驗紀錄：※表中記錄數據為三次實驗平均值

照度計 離反射 鏡距離	0cm	50cm	100cm	150cm	200cm	250cm	300cm
原色光	305	203	160	113	90	84	66
紅光	132	70	50	39	36	29	21
綠光	90	48	33	26	25	20	19
藍色	54	29	20	16	15	12	9
黃色	197	123	99	69	62	57	34
紫色	24	13	12	10	9	9	8



備註：上圖各種顏色光的點，將點連接起來是為了觀察光的照度增加或遞減情形，除了點的值外，其餘連接線非實驗所得之數據。

四、實驗結論：

- (一) 假設成立：各種顏色的光經平面鏡反射後，光會呈現遞減性。
- (二) 各種顏色光的照度依然以黃光最亮。
- (三) 經過平面鏡反射，光的遞減比較沒這麼明顯。
- (四) 經過反射出來的光，比起相同距離直接照射來說，照度比較低。
- (五) 經過平面鏡反射後的光線，照度比不經過平面鏡反射照度低的原因，可能是鏡面會吸收部分光線能量，另外，經過鏡子反射後而照射到照度計，這之間的光線路線總距離也增加了。



▲紅光經反射鏡照度衰減實驗



▲黃光經反射鏡照度衰減實驗



▲色光經反射鏡反射後照度實驗



藍色光經反射鏡反射後照度實驗

實驗計畫五：各種顏色光穿透液態、氣態、塵埃等照度衰減實驗

一、 假設：

光會因為塵埃等物質阻擋，而減少照度

二、 研究過程：

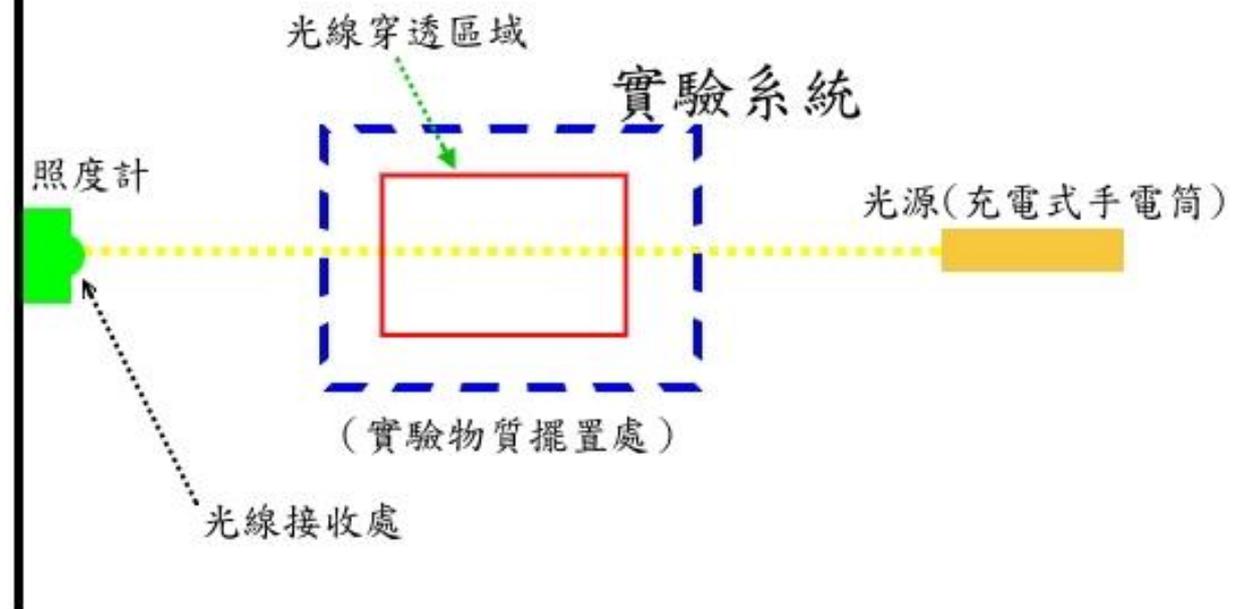
我們實驗小組利用透明箱子，將收集到的煙塵（以線香的煙塵）或水蒸氣（高溫所蒸發的水蒸氣）來進行光的穿透實驗。要盡量保持煙塵不流失，除了保持實驗室空氣不流動之外，另外我們也將透明箱的周圍以膠帶封好，避免流失而影響實驗。

我們小組在進行實驗時，收集的煙塵以及霧氣都維持收集六十秒鐘。

所謂對照組是指：系統中有透明箱，但並沒有實驗項目（煙塵或霧氣或純水），我們實驗後，比較兩組，發現因為煙塵、霧氣等懸浮物質會阻擋光線前進，因而光的照度發生了變化。

牆壁

光穿透能力實驗



三、實驗紀錄：

實驗五：氣體、液體、固體光穿越衰減實驗

控制變因：各種光線離照度計距離一定、電源電壓一定，光入射角度一定等

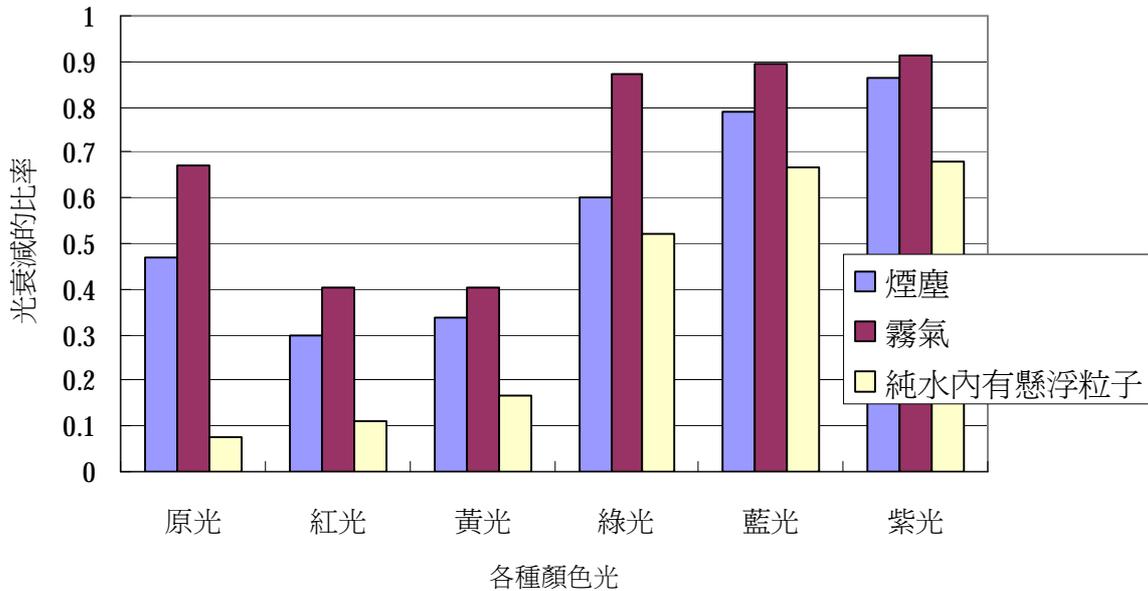
背景光度：0 燭光。

光源離障礙物距離：20 cm，照度接收器離障礙物距離：20 cm

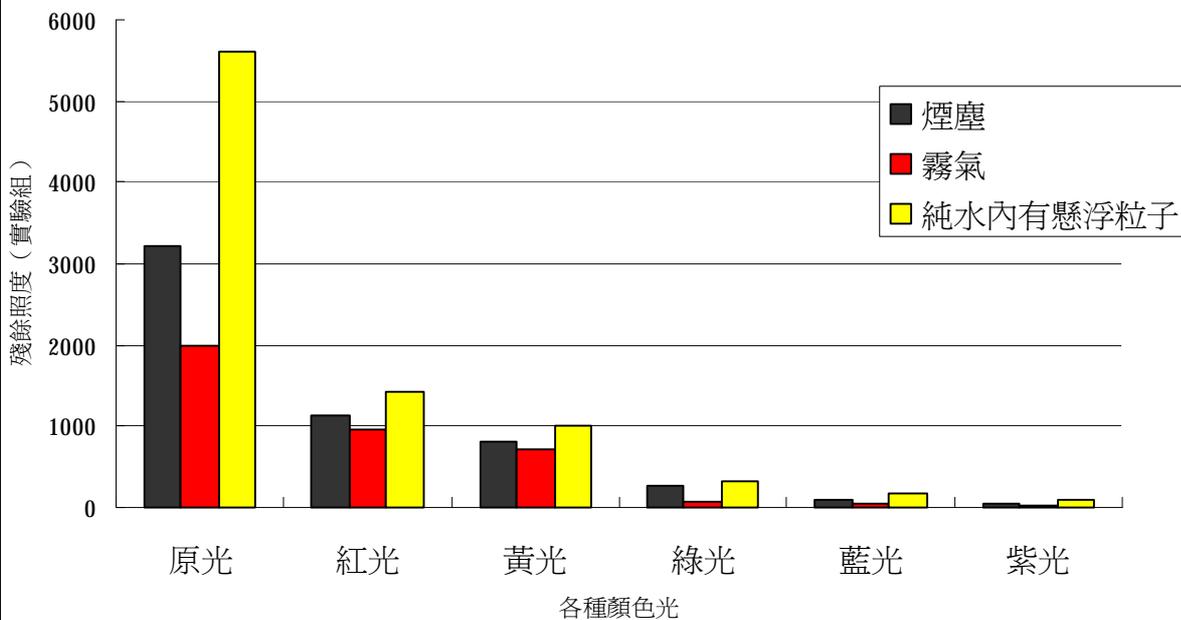
實驗紀錄：※表中記錄數據為三次實驗平均值

各色光		原光 (顏色：)	紅光	黃光	綠光	藍光	紫光	結論
煙塵	對照組	6050	1610	1210	650	480	293	黃光、紅光穿透性
	實驗組	3210	1130	800	260	101	40	
	光線衰減程度	0.46942	0.29814	0.33884	0.60000	0.78958	0.86348	
霧氣	對照組	6050	1610	1210	650	480	293	黃光、紅光穿透性
	實驗組	1990	960	720	83	49	29	
	光線衰減程度	0.67107	0.40373	0.40496	0.87231	0.89623	0.91034	
純水內有懸浮粒子	對照組	6050	1610	1210	650	480	293	黃光、紅光穿透性
	實驗組	5610	1430	1010	310	160	94	
	光線衰減程度	0.07272	0.11180	0.16528	0.52308	0.66667	0.67918	
備註	單位：LUX(燭光) 本實驗光穿透 20cm 照度衰減程度=(穿透前的照度-穿透後的照度)/穿透前的照度							

各種色光經過不同阻礙物後，光衰減程度比較



各種顏色光穿透水內懸浮粒子、霧氣、塵埃等殘餘照度



四、實驗結論：

- (一) 我們發現：在各種顏色光中，紅光最不容易受煙塵以及霧氣所影響，黃光也是。而藍光和紫光是最容易受煙塵及霧氣所影響。
- (二) 不論各種顏色的光，以霧氣最難穿透。霧氣會使的光的照度降低許多。
- (三) 不論是煙塵或是霧氣，都會讓光照度忽大忽小，因為煙塵或霧氣會飄動，雖然我們將各種可能影響因素降低或排除到最小，另外，我們也採取平均值來記錄實驗

結果。

(四) 我們發現塵埃、霧氣中，紅綠黃光的穿透性比較好，難怪紅綠燈以綠、黃、紅燈為主。

(五) 在天文學中，我們發現常以或遠紅外線來觀察、拍攝遠方天體，這是因為紅外光不易受塵埃、霧氣等影響。



▲上圖：黃光穿越煙塵障礙，照度遞減情形

▲上圖：紅光穿越霧氣障礙，照度遞減情形



▲紫光穿越煙塵，照度遞減情形

▲藍光穿越霧氣阻礙物，照度遞減情形

實驗計畫六：光的重疊

一、 假設：

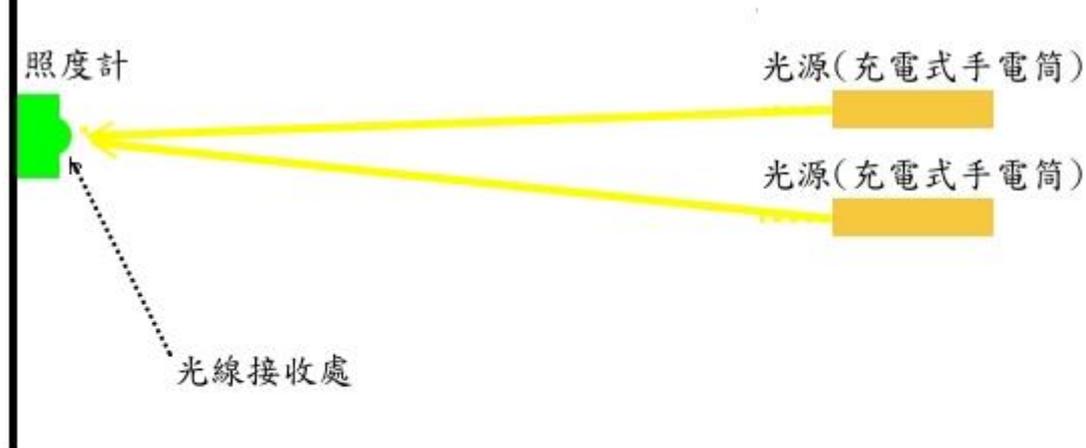
光重疊後，光的照度會累積。

二、 研究過程：

我們小組分別將手電筒的照度分別量出來，然後以幾乎平行的方式（註1）照射照度計，測量看看是不是兩支手電筒所發出的光的照度，會累積起來，來證明光的照度是可以累積的。

牆壁

光重疊照度實驗



註 1：我們沒辦法做到兩光源完全重疊射出，但我們以近乎夾角 ϕ ($\phi \approx 0^\circ$) 的角度射出光線。

註 2：兩個光源照度不同。

三、實驗記錄：

實驗三：各種光的角照度實驗

控制變因：各種光線離照度計距離一定、電源電壓一定等

背景光度：0 燭光。

光離照度計距離：200cm (2m)

實驗紀錄：※表中記錄數據為三次實驗平均值

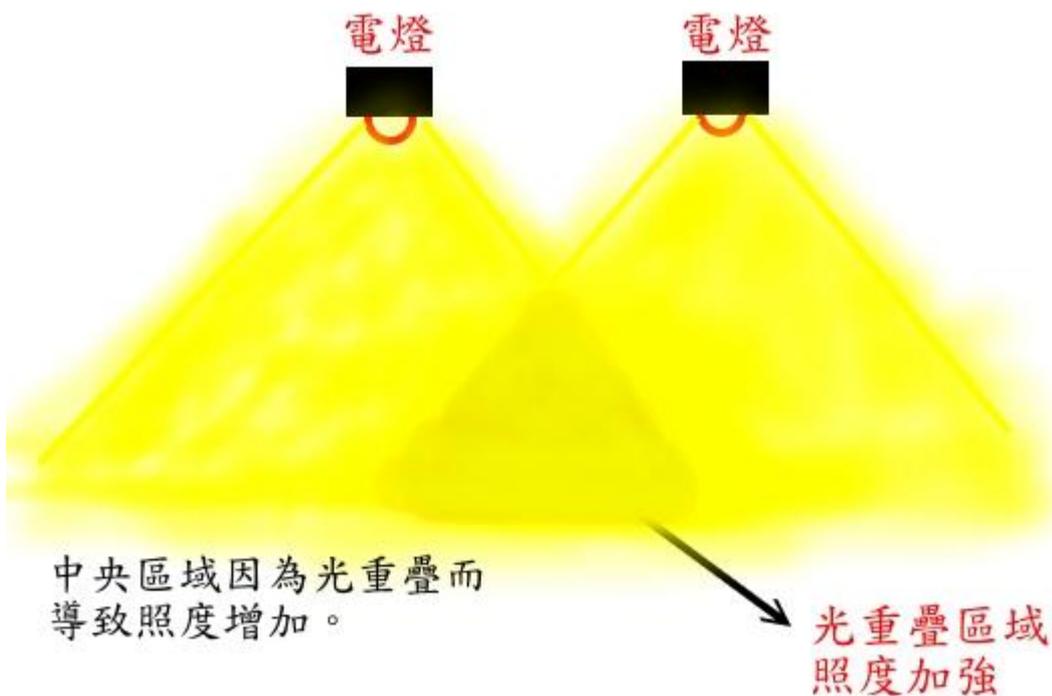
顏色	原色光	紅光	黃光	綠光	藍光	紫光
照度						
手電筒 1 號	820	410	530	310	180	130
手電筒 2 號	430	189	250	169	98	60
兩支手電筒共測得	1190	530	720	456	250	157

理論上估計數據	1250	599	780	479	278	190
---------	------	-----	-----	-----	-----	-----

四、實驗結論：

- (一) 我們發現，因為兩支手電筒，讓光的照度增加了。
- (二) 雖然兩支手電筒所測出來的數據，並不如我們理論上所加起來的值，推就原因是：
 - (1) 我們並非將兩支手電筒完全重疊照射（可能因角度不同）雖然我們已經盡可能靠近在一起。
 - (2) 手拿手電筒的同學，可能因為些微晃動，造成我們取照度值的時候，會有誤差。
 - (3) 假設成立，光重疊照射時，照度會增加。
- (三) 因此，生活中光重疊照射的區域，照度會增加。

生活中應用在光重疊的例子





▲光重疊實驗。以光線間夾角幾近於0度方式實驗

▲光重疊實驗--綠色光。



▲光重疊實驗--綠光



▲光重疊實驗--紅光。

伍、研究結果

- 一、黃色光的照度最亮，其次依序為：紅光、綠光、藍光，其中紫色光光度最暗。
- 二、光的照度會因為距離增大而減弱
- 三、各種光入射角度越小，照度越大，入射角度越大，照度越小。
- 四、各種顏色的光經平面鏡反射後，光的照度會呈現遞減
- 五、光會因為塵埃等物質阻擋，而減少照度。霧氣、水中有懸浮粒子、煙塵，其中以霧氣最難穿透。
- 六、光重疊後，光的照度會累積。

陸、討論

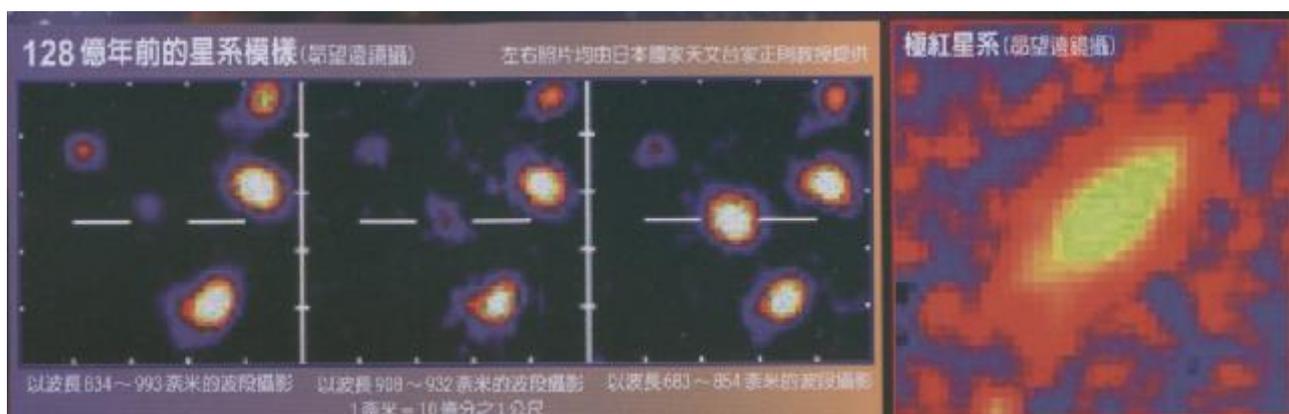
- 一、我們發現，各種顏色光，以黃光最亮，其他顏色光次之，其中以藍色或紫色光的照度最小。因此，生活中，燈具以白光、黃光當照明光源為多。在宇宙天文中，如果像太陽一樣大小、能量相當的恆星，但卻發出藍光的恆星，是不是也比我們太陽暗了許多？
- 二、光的照度會隨著距離加大而減弱，依照有一定的規則減少，越遠越暗。
- 三、各種顏色光的入射角度越小，照度越大；入射角度越大，照度越小。因此，一個物體

被正面照射以及斜照，以正面直接 90 度照射會最亮。因此，我們相信，在日正當中和太陽西下，為何亮度及熱度能量會有差異，直射與斜射對照度影響很大。

四、光經過平面鏡反射後，光的照度會減低，就好像加深距離從鏡中照射出來一樣。

五、光會因為有物體阻擋而減少照度，即使是煙塵也會減低照度，而霧氣是比煙塵更容易減低照度的。因此，我們在霧中開車時要特別小心。我們也在實驗中發現，黃光、紅光比起其他顏色光比較不會因為霧氣或煙塵而降低照度，因此行車時，應該打開黃色的霧燈，大燈若是採用黃色會比採用藍色光為佳。

六、生活中常有許多紅外光的情形。比如：相機的紅外線對焦、雷射光的對焦、切割，這些都是應用了紅色光不易受到阻礙物的影響。



上圖：天文學利用各種波段的紅外線相機拍攝由星系發出的紅外線光芒來判斷星系的組成。

七、應用在交通上，紅綠燈以紅、黃、綠當作只是燈的原因，也是因為這三色光不易受到阻礙物的影響，尤其在起霧天氣，紅、黃、綠色光的穿透性比藍紫光好

八、光重疊後，照度會增加。

柒、結論

一、黃色光的照度最亮，其次依序為：紅光、綠光、藍光，其中紫色光光度最暗。

二、光的照度會因為距離而減弱

三、各種光入射角度越小，照度越大，入射角度越大，照度越小。

四、各種顏色的光經平面鏡反射後，光的照度會呈現遞減性

五、光會因為塵埃等物質阻擋，而減少照度。霧氣、水、塵埃，其中以霧氣最難穿透。

六、光重疊後，光的照度會累積。

捌、參考資料及其他

南一版 自然與生活科技課本 南一書局 民國九十四年二月初版

※部分照片出處：

牛頓雜誌 Newton 257 期 牛頓出版股份有限公司

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 生活與應用科學科

080810

在霧中迷失的光線

桃園縣龍潭鄉雙龍國民小學

評語：

本作品探討太陽能熱水器的原理與如何自製更佳之太陽能熱水器，頗具創意，但略缺乏實用效果，若能再多探討太陽加熱系統的構造，將會有機會成為一件成功的作品。