

# 中華民國第 51 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

080816

鏡裡乾坤—多射角反光鏡裝置的研究與應用

學校名稱：臺北市信義區吳興國民小學

作者：	指導老師：
小五 陳品仔	許博凱
小五 郭宥辰	陳妍伶
小五 朱品儒	
小五 劉軒文	
小五 徐兆亭	
小五 林佳穎	

關鍵詞：太陽高度角、太陽方位角

# 摘 要

爲了達成節能的目的，我們嘗試將陽光反射進室內以替代使用電能的照明設備，但是太陽的「高度角」和「方位角」會不斷的改變，因此我們利用「最佳太陽高度角」及「有效太陽高度角」的觀念設計出「多射角反光鏡裝置」，並以圖面模擬和縮小版的模型來證明它的實用性。

## 壹、 研究動機：

在一個豔陽高照的夏日午後，全班同學靜靜的聽著老師講課，突然有一股強烈的光線射入教室內，引起班上一陣騷動，經過察看後，才發現原來是學校旁邊的一棟樓房在裝設招牌，那面招牌上有一片光滑的鋁板將陽光反射到教室裡所產生的現象，雖然這是一件很普通的事情，但是這給了我們一個靈感，如果能用鏡子把陽光反射到室內，那麼就可以少開幾盞燈，達成節省能源的目的，於是，我們集結了幾位對這個議題感興趣的同學一起來研究，希望能有一些創新的發現。

## 貳、 研究目的：

- 一、光線反射的基本原理以及影響反射變因的研究。
- 二、依太陽角的變化設計「多射角反光鏡」。
- 三、「多射角反光鏡」應用範例的研究。

## 參、 研究的設備與器材：



鏡 子



照 度 計



雷射指示器



自製量角器具

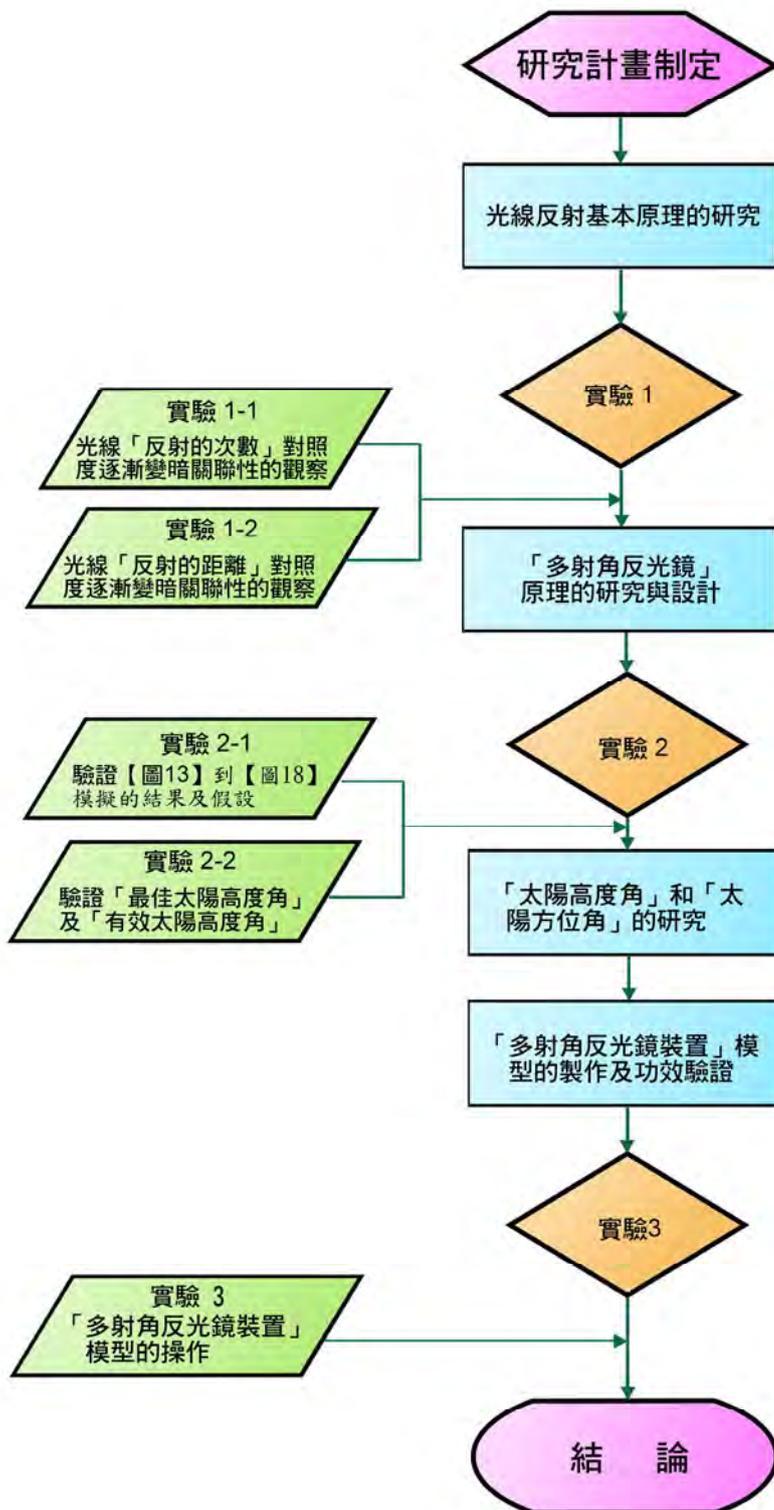


探 照 燈



指南針

#### 肆、研究的過程：



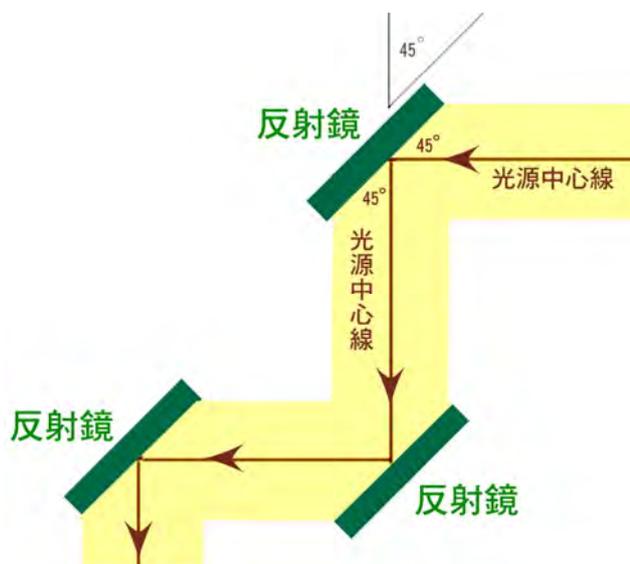
## 伍、研究的方法與結果：

### 一、光線反射基本原理的研究

(一) 根據自然課本上的資料，我們知道光線反射的方向，入射角會等於反射角，如【圖 1】，因此我們調整反射鏡的角度，就可以改變光線的方向，如【圖 2】。



【圖 1】



【圖 2】

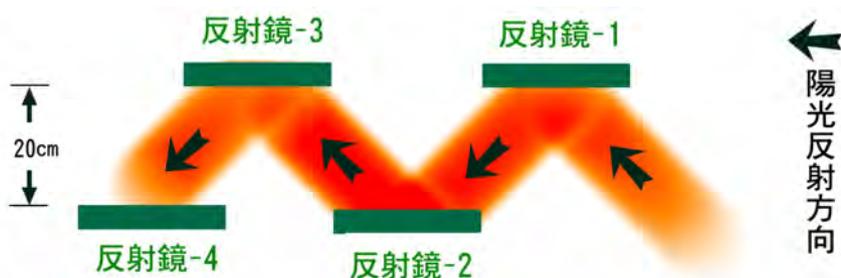
(二) 根據觀察，我們發現光線反射的過程中，照度會逐漸變暗，而讓它變暗的可能因素中，與我們這次研究有關係的是「反射的次數」與「反射的距離」這兩項變因，因此我們針對這兩項變因設計下面的實驗，以證明它們對亮度逐漸變暗的關係。

(三) 實驗 1-1：

一、實驗目的：光線「反射的次數」對照度逐漸變暗關聯性的觀察。

二、實驗方法：

- 1、準備「反射鏡」與「照度計」。
- 2、調整「反射鏡」的相對位置，使它們反射陽光如【圖 3】。



【圖 3】

3、用「照度計」測量投射在「反射鏡」陽光的照度。



調整「反射鏡」的相對位置



測量投射在「反射鏡」陽光的照度

### 三、實驗結果：

- 1、本實驗使用的「照度計」測量範圍為 0.1 – 20000 Lux，經過「照度計」測量後，我們發現投射在每一個「反射鏡」陽光的照度都超過「照度計」測量範圍的上限，換言之，陽光經過 4 次反射後，它的照度依然在 20000 Lux 以上。
- 2、我們與「照度計」廠商聯絡後得知，「照度計」是針對測量室內燈具照明而設計，目前根據相關法令規定，室內照度最大值為 3000 Lux，但是陽光直射的照度卻在 100000 Lux 以上，所以常用的「照度計」是無法測量「照度計」陽光直射的照度。
- 3、本實驗雖然無法證明光線「反射的次數」對照度的影響，但是我們得知陽光經過 4 次反射後，它的照度依然大於相關法令規定的室內照度值很多。

### (四) 實驗 1-2：

一、實驗目的：光線「反射的距離」對照度逐漸變暗關聯性的觀察。

二、實驗方法：

- 1、準備「反射鏡」與「照度計」。
- 2、尋找適合的地點，建立可測量距離的標示物。
- 3、將反射的陽光投射在標示物上。
- 4、測量投射在標示物上陽光的照度，觀察「反射的距離」對照度的關聯性。



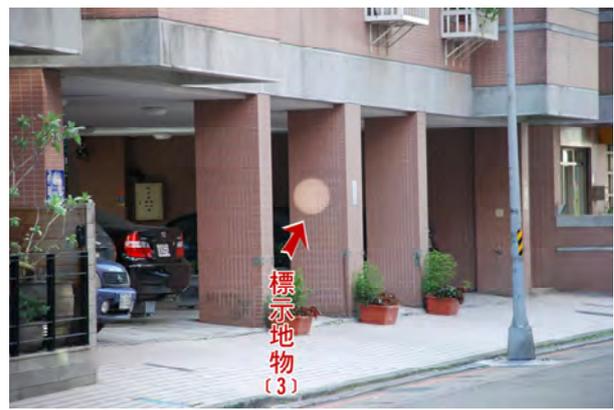
建立可測量距離的標示物



調整「反射鏡」的位置



將反射的陽光投射在標示物上



將反射的陽光投射在標示物上



測量投射在標示物上陽光的照度



測量投射在標示物上陽光的面積

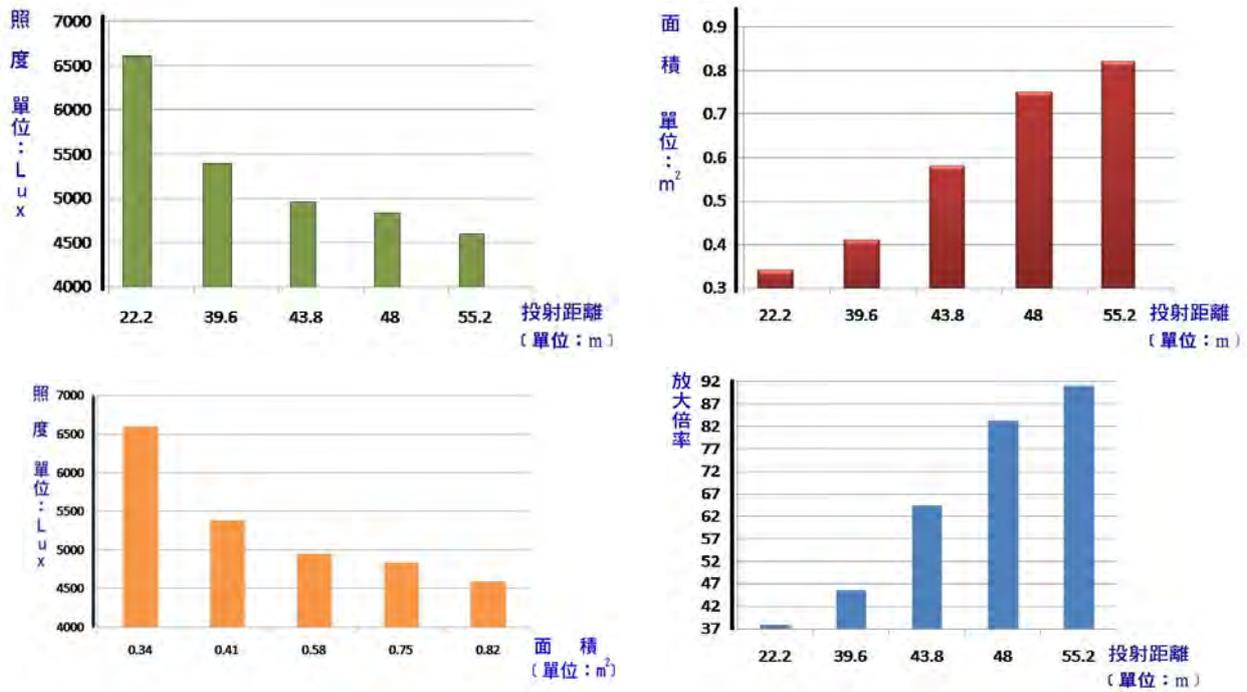
### 三、實驗結果：

- 1、本實驗中我們發現原本「**反射鏡**」近似正方形，但是投射在標示物上的陽光卻近似圓形，並且投射距離越遠，圓形的面積越大，陽光的照度也隨之降低，經過實際測量後，「**反射鏡**」的面積為  $0.009 \text{ m}^2$ ，我們整理相關數據如【表 1】、【圖 4】。

	標示物〔1〕	標示物〔2〕	標示物〔3〕	標示物〔4〕	標示物〔5〕
投射距離〔單位：m〕	22.2	39.6	43.8	55.2	55.2
照 度〔單位：Lux〕	6610	5390	4960	4840	4600
面 積〔單位：m <sup>2</sup> 〕	0.34	0.41	0.58	0.75	0.82
放大倍率	37.8	45.6	64.4	83.3	91.1

放大倍率是將投射面積除以「**反射鏡**」的面積所得的商

【表 1】



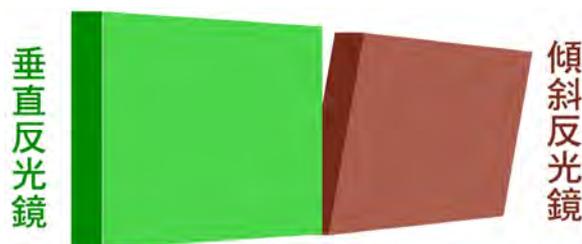
【圖 4】

2、陽光反射的照度與距離和投射的面積成反比，投射的面積和放大倍率則與距離成正比，但是依實驗數據來看，比例關係都無明顯的規則性。

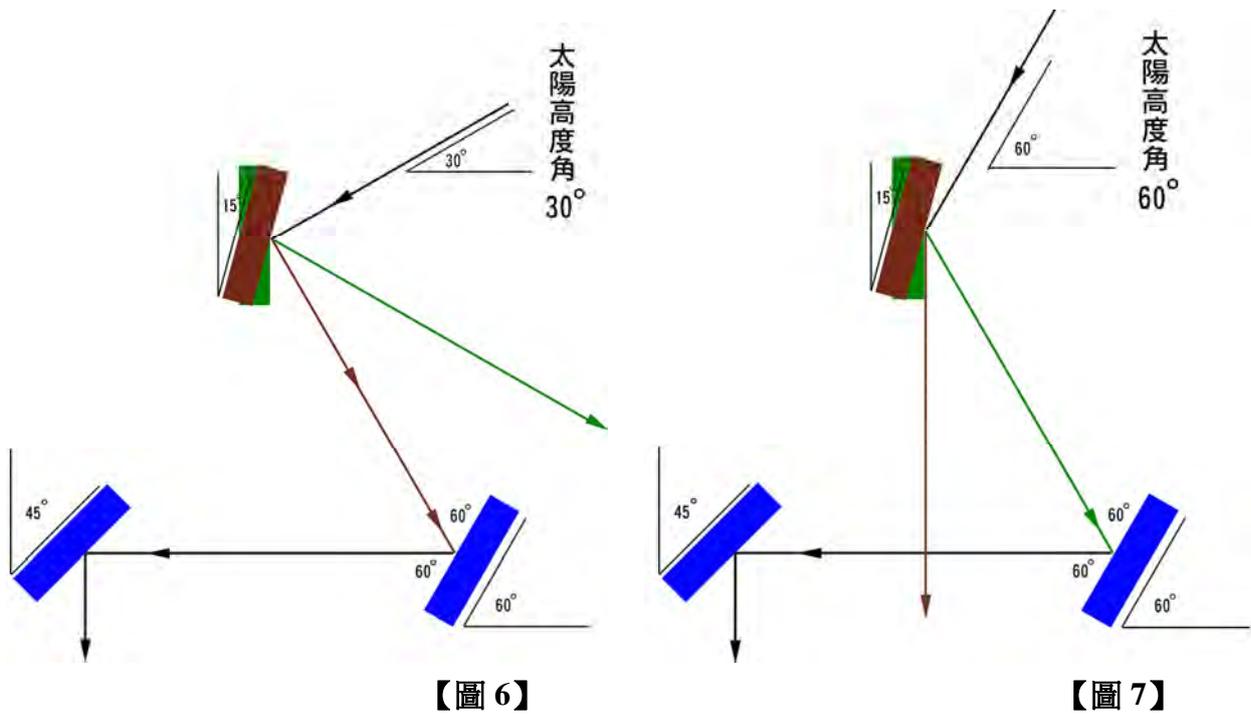
(四) 由實驗 1-1 與實驗 1-2 的結果，我們發現光線反射的過程中，照度會逐漸變暗主要原 因是「反射的距離」，但是太陽光照屬於「面光源」，是一種平行光，所以射在地表時，照度不會受到海拔高低的影響，一旦使用鏡子反射陽光後，它就變成「點光源」，會如同實驗 1-2 的結果改變照度與投射的面積。

## 二、「多射角反光鏡」原理的研究與設計

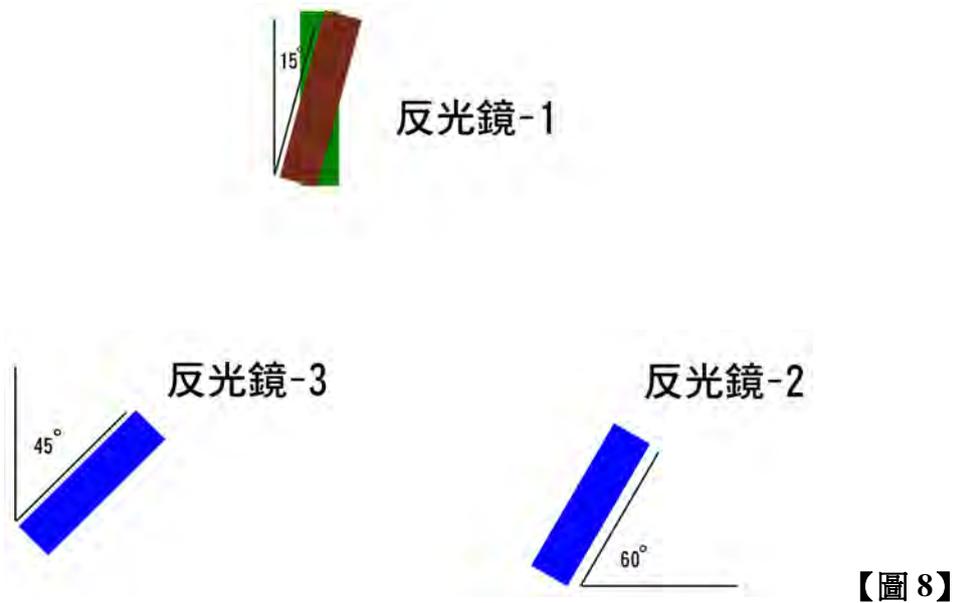
(一) 用鏡子將陽光反射到室內，是一件非常容易的事情，但是「太陽高度角」會不斷的改變，如何將反光鏡保持正確的角度卻是一件很困難的事情，雖然目前已經有一些高科技的方法可以解決這個問題，但是基於成本與耐用性的考量，我們覺得越簡單的方法越好，因此我們嘗試將反光鏡切割成不同區塊，每區塊的傾斜角都不同，這樣就可以反射不同「太陽高度角」的陽光，其說明如【圖 5】、【圖 6】、【圖 7】。



【圖 5】

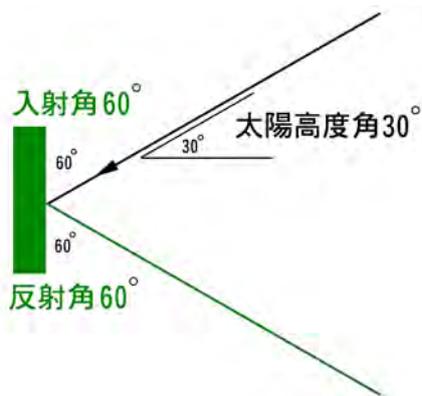


【圖 5】中反光鏡被切割成 2 個區塊，右側**褐色**的區塊傾斜角為 15 度，【圖 6】中當「太陽高度角」為 30 度時，**褐色**的反光鏡能正確的將陽光反射入室內，【圖 7】中當「太陽高度角」為 60 度時，則改由**綠色**的反光鏡將陽光反射入室內，利用這個原理，只要我們選擇適當傾斜角的反光鏡加以組合，便能將不同「太陽高度角」的陽光反射入室內，這種「組合式」的反光鏡，可以同時將光線以多角度反射，因此我們將它命名為「多射角反光鏡」，為了以下研究上的需要，我們將反光鏡依反射陽光的次序加以命名如【圖 8】：



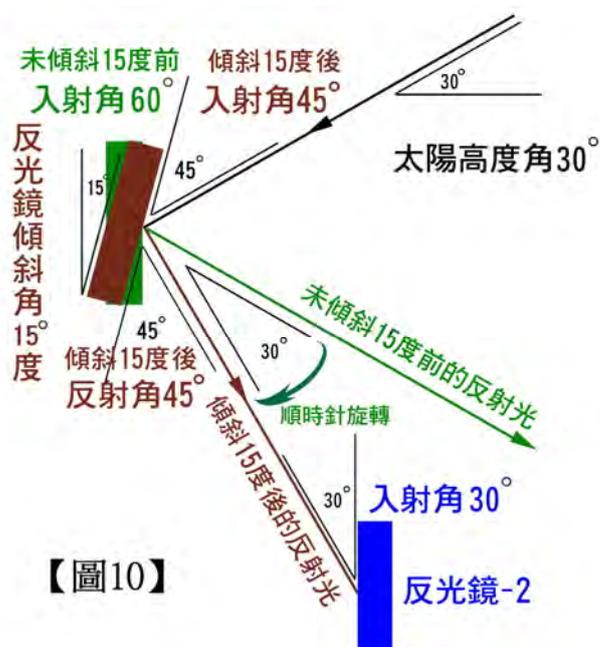
「反光鏡-1」，「反光鏡-2」、「反光鏡-3」共同組成「多射角反光鏡裝置」。

(二) 由【圖六】中，我們進一步發現，太陽光照射在「反光鏡-1」的入射角與反射角都等於 90 度減「太陽高度角」其說明如【圖 9】。



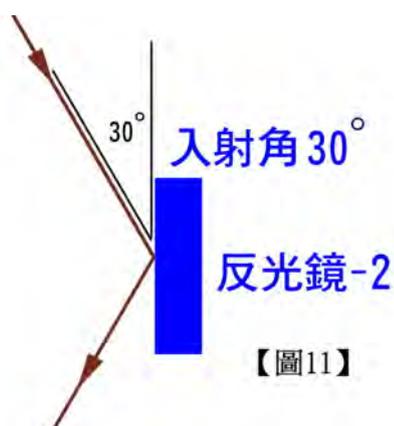
【圖 9】

如果我們將「反光鏡-1」順時針方向傾斜 15 度後，對褐色的反光鏡而言，入射角變成 45 度，反射角也會變成 45 度，反射的光線與未傾斜 15 度前比較，等於順時針旋轉 30 度，換句話說「光線角度的改變等於反光鏡傾斜角的 2 倍」，其說明如【圖 10】。

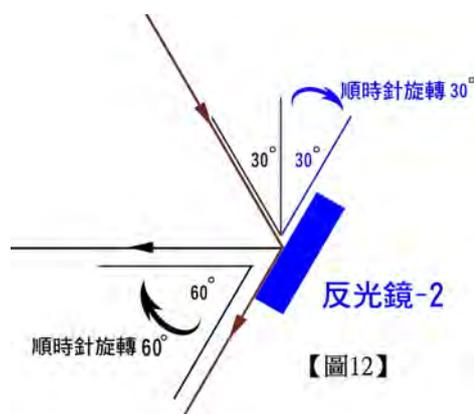


【圖 10】

因此對「反光鏡-2」來說，等於是接受入射角 30 度的光線照射，所以它會以反射角 30 度將光線反射如【圖 11】。



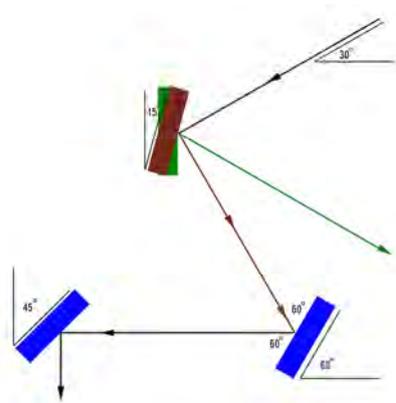
【圖 11】



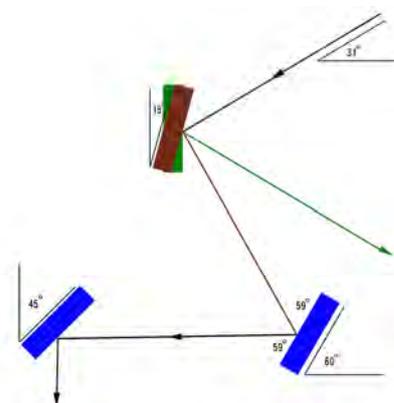
【圖 12】

我們在【圖 6】中希望「反光鏡-2」能將光線以 90 度反射到「反光鏡-3」，與【圖 11】的狀況顯然不同，因此必須調整「反光鏡-2」的傾斜角，我們希望的反射角與實際的反射角相差 60 度，所以我們必須將「反光鏡-2」順時針方向傾斜 30 度如【圖 12】，這樣就可以將光線以 90 度反射到「反光鏡-3」。

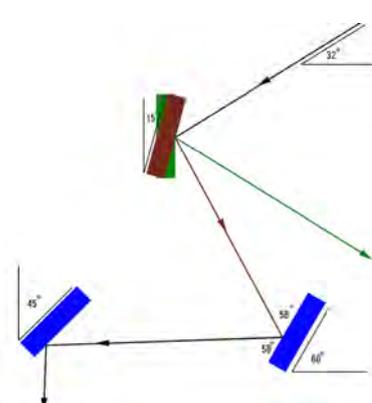
(三) 在真實的世界裡，「太陽高度角」不可能只有 30 度與 60 度，而光線也不會是細細的一條線，如果我們把【圖 6】、【圖 7】的裝置放在真實的世界裡會如何呢？在作實驗之前，我們還是先在圖面上作一些模擬。



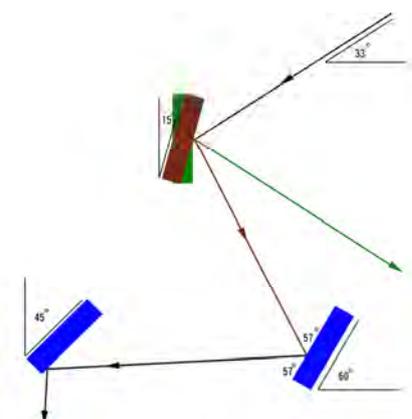
【圖 13】



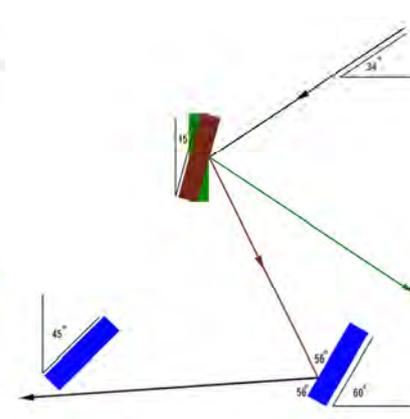
【圖 14】



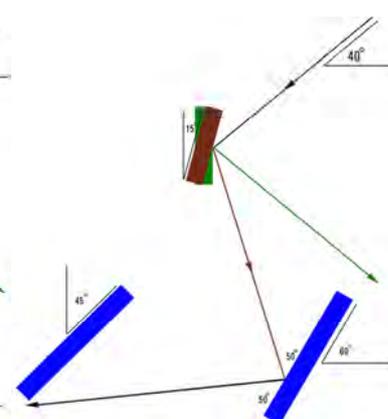
【圖 15】



【圖 16】



【圖 17】

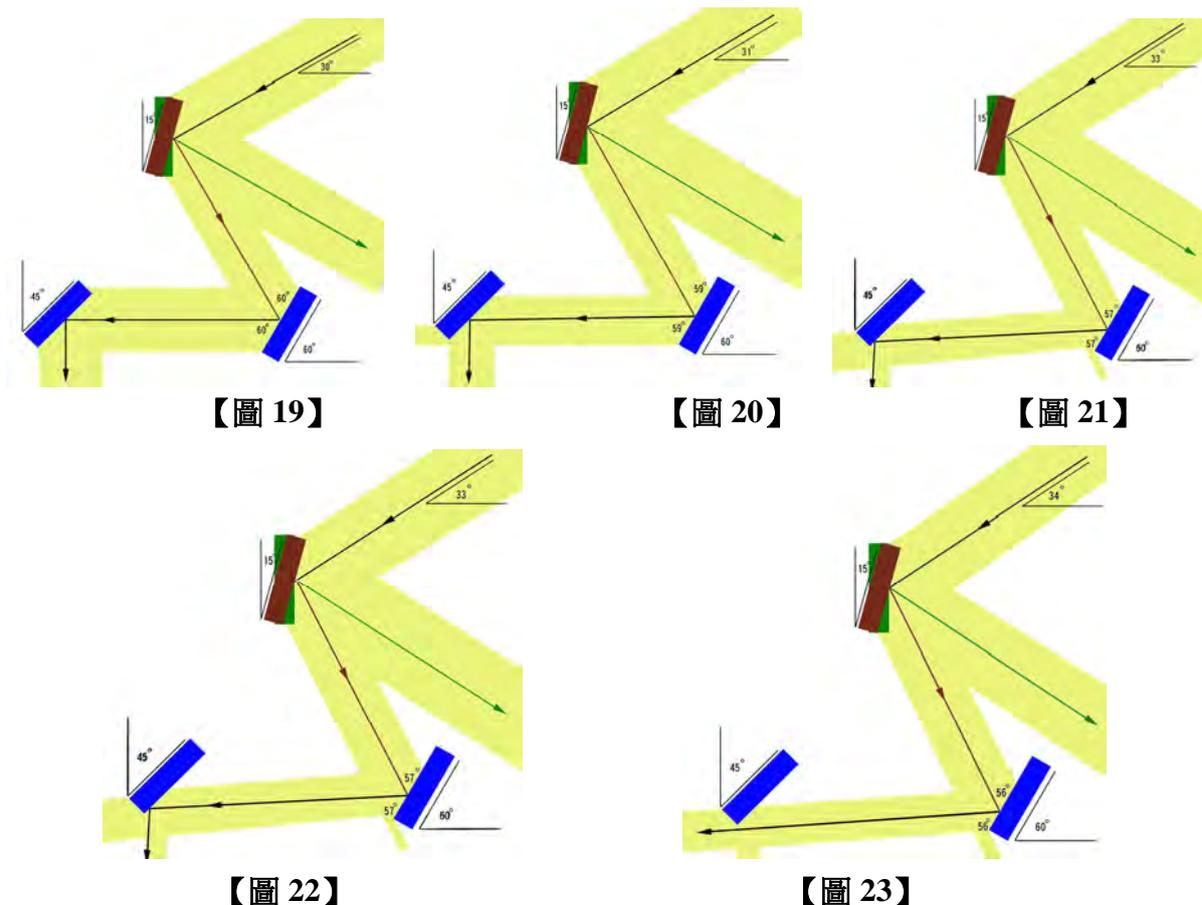


【圖 18】

由【圖 13】到【圖 17】中，我們發現隨著「太陽高度角」的增加，投射在「反光鏡-2」與「反光鏡-3」上的光線也逐漸偏移，其中「反光鏡-3」偏移的程度較「反光鏡-2」大，在【圖 17】中，光線甚至已偏離「反光鏡-3」，這是因為在「相同的反射角，反光鏡相對距離越遠則光線偏離越大」，而我們在實驗 1-2 中也證明了光線投射越遠，投射面積會變大，單位面積亮度會降低，所以反光鏡相對距離要越短越好，至於「光線偏離程度」、「投射面積變大程度」與「投射距離」之間的數學關係，以我們目前所學，實在無法做進一步的研究，只能描述觀察到的現象並加以整理，希望在未來有機會更深入研究。

如果我們將「反光鏡-2」與「反光鏡-3」的面積增加 1 倍如【圖 18】，那麼「太陽高度角」將可增加到 40 度，光線才偏離「反光鏡-3」，這表示「反光鏡-2」與「反光鏡-3」的面積越大越好。

在真實的世界裡，光線不會是細細的一條線，如果我們模擬真實的光線畫入【圖 13】到【圖 17】中，結果如【圖 19】到【圖 23】。



由【圖 19】到【圖 23】中，我們發現隨著「太陽高度角」的增加，投射在「反光鏡-2」與「反光鏡-3」上的光線也逐漸偏移，被反射的光束也越來越細，故由圖面上的模擬我們提出下列的假設：

- 1、「多射角反光鏡裝置」反射陽光的強度會隨著「太陽高度角」的不同而改變，當反射光束的中心線投射在「反光鏡-2」與「反光鏡-3」的中心點時，如【圖 13】與【圖 18】，「多射角反光鏡裝置」反射陽光的強度最大，這時所對應的「太陽高度角」我們稱為「最佳太陽高度角」，【圖 20】到【圖 23】中，雖然反射的陽光已開始偏移，但是還有部份的陽光透「反光鏡-3」投射，並不全然無光，因此我們稱為「有效太陽高度角」，依【圖 20】到【圖 23】為例，「有效太陽高度角」為 31~34 度，並且以對稱的原理來看，29~26 度也是「有效太陽高度角」。
- 2、「反光鏡-1」是由多片不同傾斜角的鏡片組成，每一片鏡片都有它對應的「最佳太陽高度角」及「有效太陽高度角」，因此組成「反光鏡-1」的鏡片越多，「多射角反光鏡裝置」反射陽光的功效越好。
- 3、「反光鏡-2」與「反光鏡-3」的面積越大，則可承受光線的偏移越大，而「有效太陽高度角」也就越廣。

(四) 實驗 2-1：

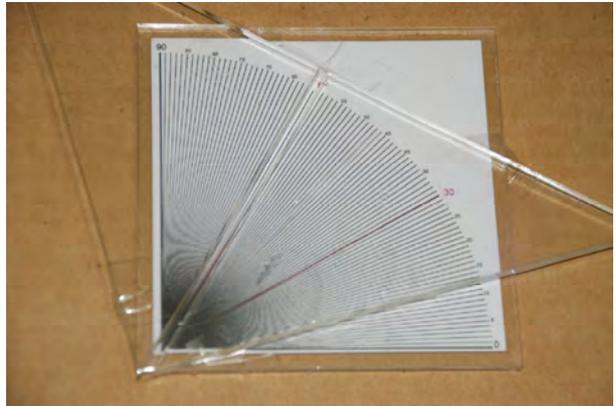
一、實驗目的：驗證【圖 13】到【圖 18】模擬的結果及假設。

二、實驗方法：

1、製作有角度刻度的夾具並將鏡片裝上



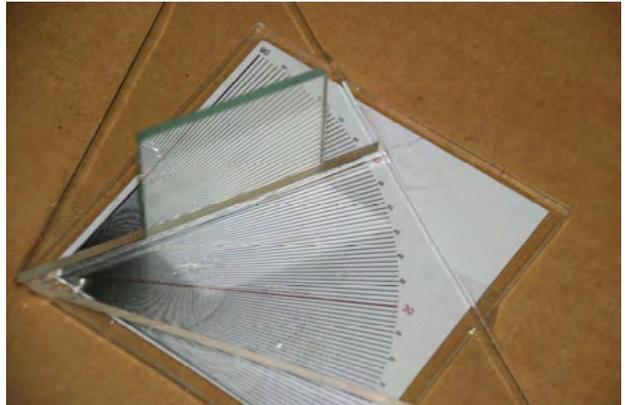
製作有角度刻度的夾具



完成後的夾具

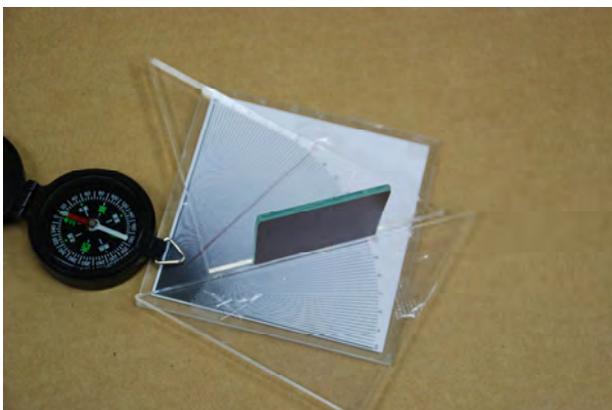


將鏡片裝上夾具

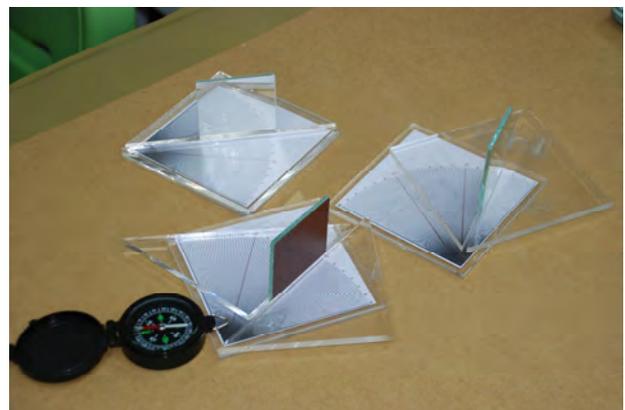


裝上鏡片後的夾具

2、用指南針校正每一片夾具，使它們具有相同的方位角，並依【圖 13】到【圖 17】的模擬圖調整每一片夾具的位置。



用指南針校正夾具

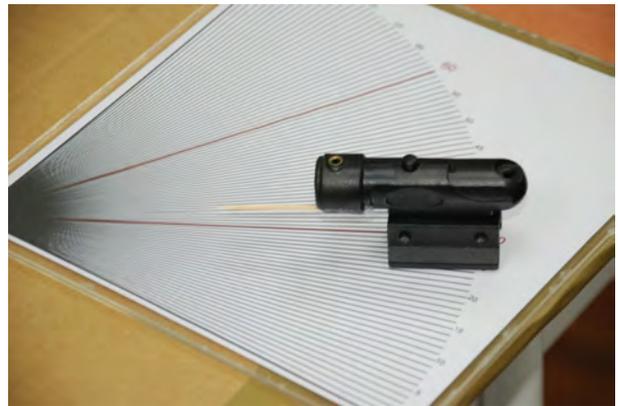


整夾具的位置

- 3、將牙籤貼在「雷射指示器」上，以標示雷射光的方向，再將「雷射指示器」放在有角度刻度的板子上調整雷射光的方向。

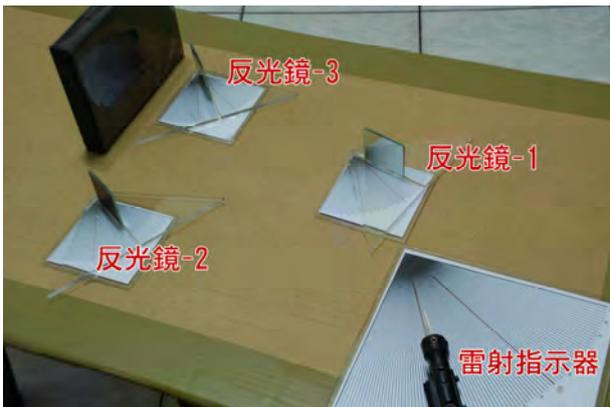


將牙籤貼在「雷射指示器」上



調整雷射光的方向

- 4、用雷射光取代陽光印證【圖 13】到【圖 17】的模擬。

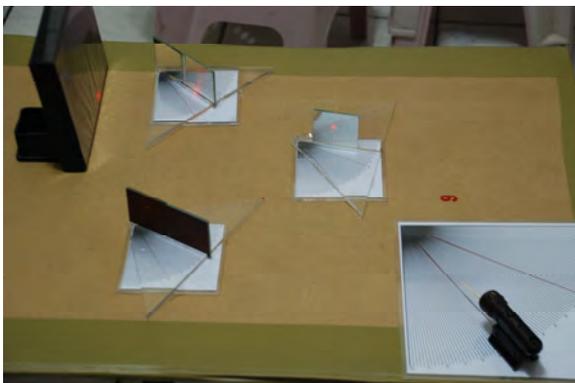


【圖 13】到【圖 17】的模擬

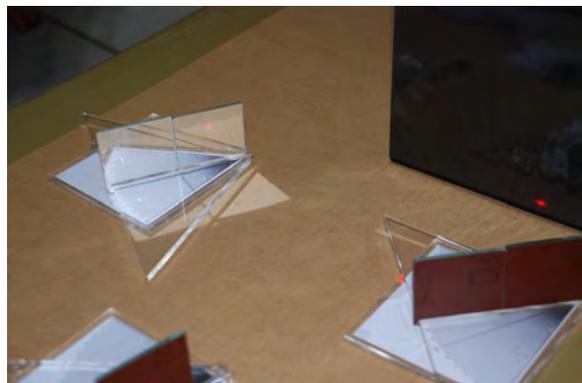


【圖 13】到【圖 17】的模擬

- 5、將「反光鏡-2」與「反光鏡-3」的面積增加 1 倍模擬【圖 18】。



「反光鏡-2」與「反光鏡-3」的面積增加 1 倍

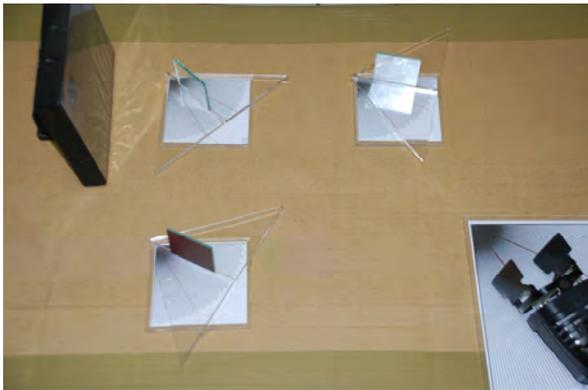


### 三、實驗結果：

- 1、本實驗中我們模擬【圖 13】到【圖 17】的結果，「太陽高度角」為 30 度時，光線偏離「反光鏡-3」的角度為 28 及 34 度，「太陽高度角」為 60 度時，光線偏離「反光鏡-3」的角度為 57 及 62 度。
- 2、模擬【圖 18】將「反光鏡-2」、「反光鏡-3」增加 1 倍的結果，「太陽高度角」為 30 度時，光線偏離「反光鏡-3」的角度為 23 及 37 度，「太陽高度角」為 60 度時，光線偏離「反光鏡-3」的角度為 51 及 68 度。
- 3、本實驗中我們使用的器具都是用手工製作，精度較難控制，所以和圖面模擬的結果有一些不一樣，但是我們認為實驗結果可以證明【圖 13】到【圖 18】的模擬是正確的。

### (四) 實驗 2-2：

- 一、實驗目的：驗證「最佳太陽高度角」及「有效太陽高度角」的假設。
- 二、實驗方法：
  - 1、重複實驗 2-1 實驗方法 1 到 3 的步驟，但是將「雷射指示器」換成「探照燈」。
  - 2、用「照度計」測量背景照度值。

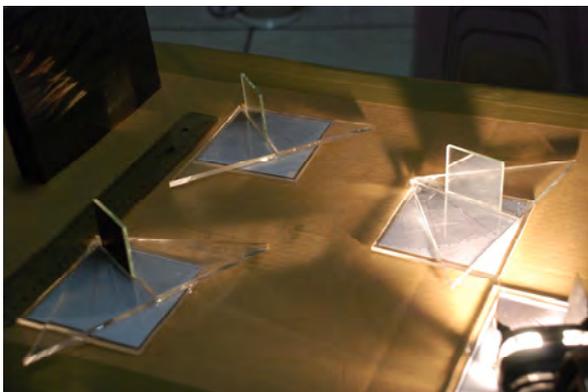


將「雷射指示器」換成「探照燈」

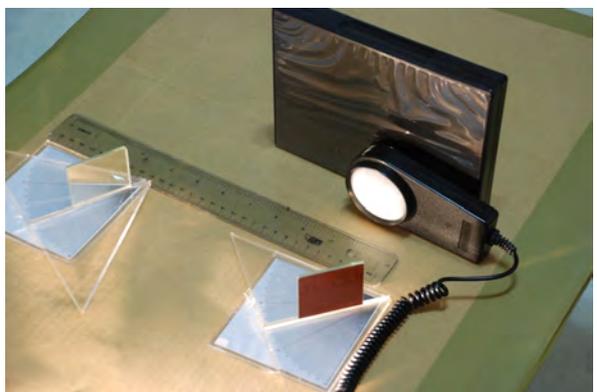


測量背景照度值

- 3、啓開「探照燈」並依【圖 19】到【圖 23】的模擬改變「探照燈」的角度並以「照度計」測量「反光鏡-3」的照度值。

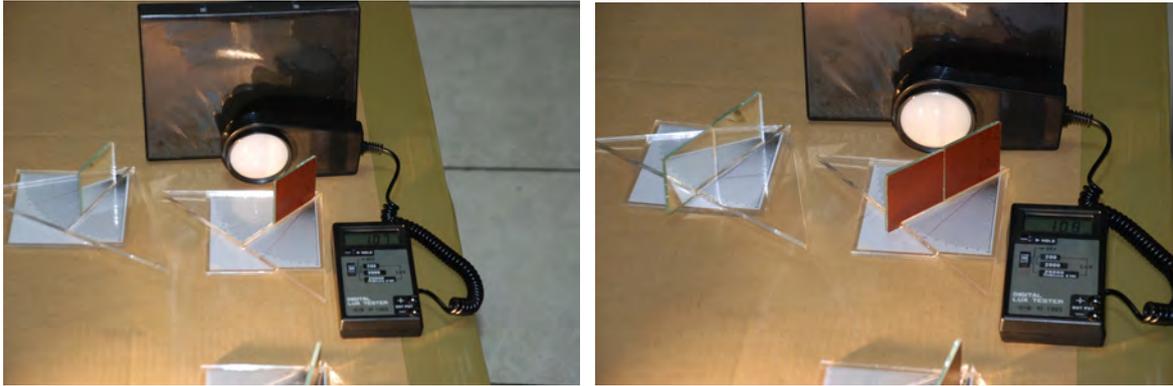


啓開「探照燈」



測量「反光鏡-3」的照度值

4、將「反光鏡-2」與「反光鏡-3」的面積增加 1 倍模擬【圖 18】。



將「反光鏡-2」與「反光鏡-3」的面積增加 1 倍

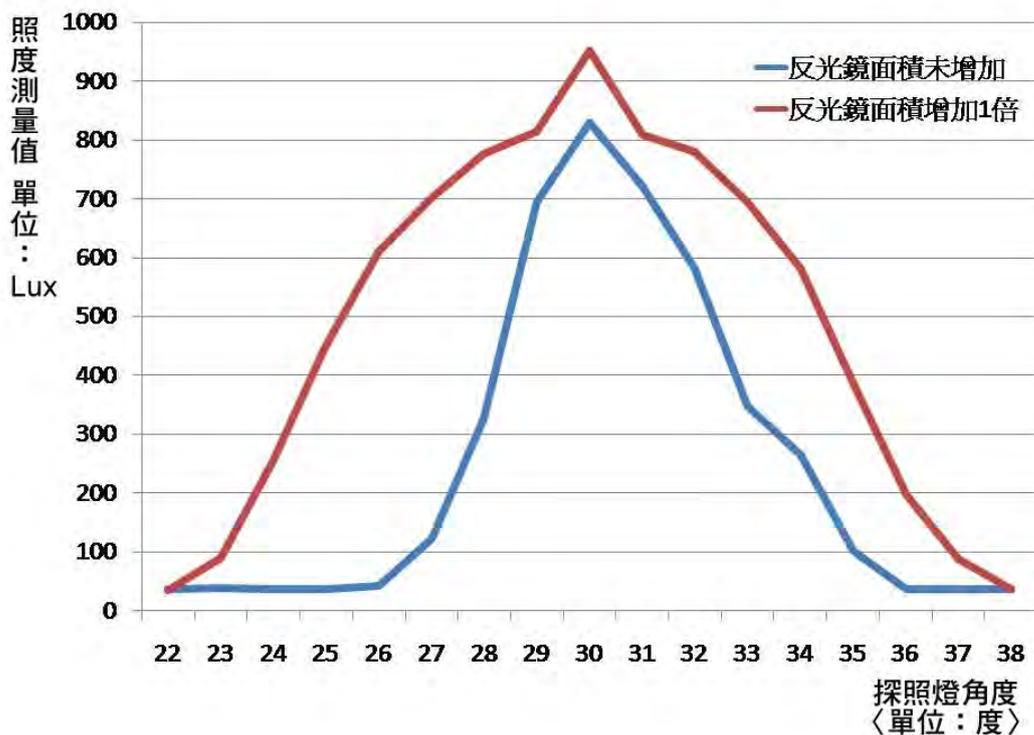
三、實驗結果：

1、本實驗中我們測量背景照度值為 35.7Lux。

2、【圖 19】到【圖 23】的模擬實驗「反光鏡-3」的照度測量值如【表 2】、【圖 24】

探照燈角度 〈單位：度〉	反光鏡面積未增加 〈單位：Lux〉	反光鏡面積增加 1 倍 〈單位：Lux〉
22	36	35
23	37	91
24	36	254
24	36	451
26	42	611
27	121	703
28	326	776
29	695	815
<b>30</b>	<b>830</b>	<b>952</b>
31	721	809
32	582	781
33	348	694
34	265	583
35	101	386
36	36	198
37	36	89
38	36	37

【表 2】



【圖 24】

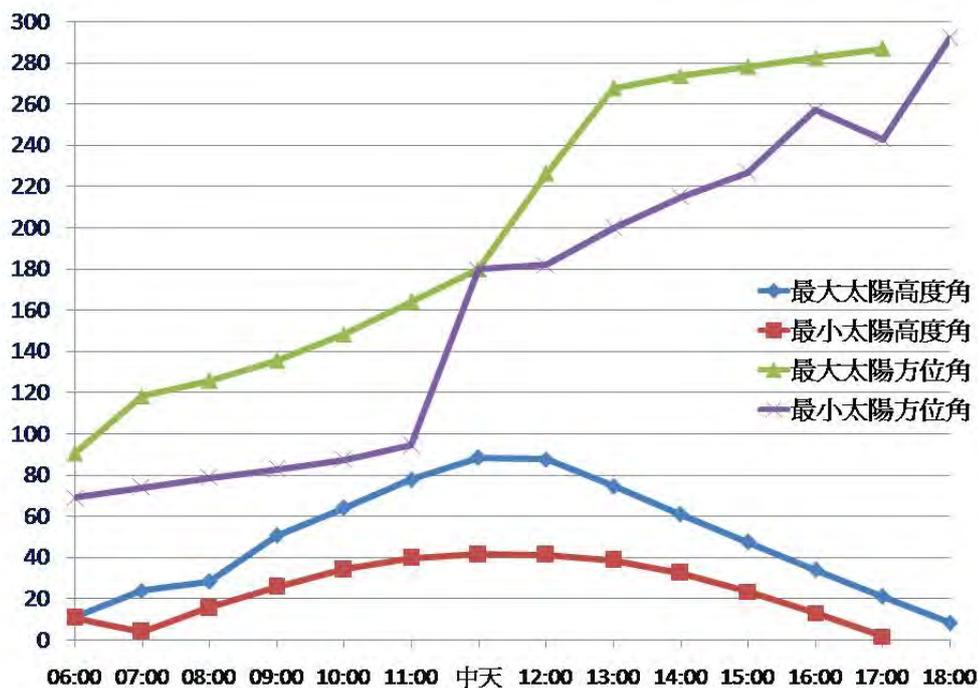
3、本實驗中我們認為實驗結果可以證明「最佳太陽高度角」及「有效太陽高度角」的假設是正確的。

### 三、「太陽高度角」和「太陽方位角」的研究

(一) 在一天當中，太陽除了高度角外，方位角也會不斷改變，「多射角反光鏡裝置」反光鏡的傾斜角必須與「太陽高度角」和「太陽方位角」相對應才能有良好的反射陽光功效，可是組成「反光鏡-1」的鏡片組的數量有限，不可能對應所有的「太陽高度角」和「太陽方位角」，因此我們要有所取捨，在做選擇之前，必須先了解「太陽高度角」和「太陽方位角」的數值，因為要統計「太陽高度角」和「太陽方位角」的數值必須用一整年的時間來觀察，為了縮短研究的時間，我們引用「中央氣象局」所公布的資料，經過整理後如【表 3】、【圖 25】。

台 北 (北緯25.03度, 東經121.5度)															
季節	時	6	7	8	9	10	11	中天	12	13	14	15	16	17	18
夏至	仰角	11.3	24.1	37.3	50.7	64.2	77.8	88.5	87.8	74.7	61.1	47.6	34.2	21.1	08.4
	方位	069.1	074.1	078.6	082.9	087.4	094.4	180.0	226.4	267.8	273.7	278.1	282.4	287.0	292.1
春分 秋分	仰角	01.9	15.1	28.5	41.3	53.0	61.9	65.0	64.9	60.2	50.4	38.4	25.4	12.1	
	方位	090.7	097.3	104.7	114.2	128.2	150.9	180.0	184.1	215.4	235.6	248.3	257.2	264.3	
冬至	仰角		04.2	15.6	25.9	34.3	39.8	41.5	41.4	38.8	32.6	23.6	13.1	01.7	
	方位		118.3	125.9	135.7	148.3	164.1	180.0	182.1	199.8	214.9	226.8	236.0	243.2	

【表 3】 資料來源：<http://www.cwb.gov.tw/V6/astromy/sunrise/sunrise.htm>



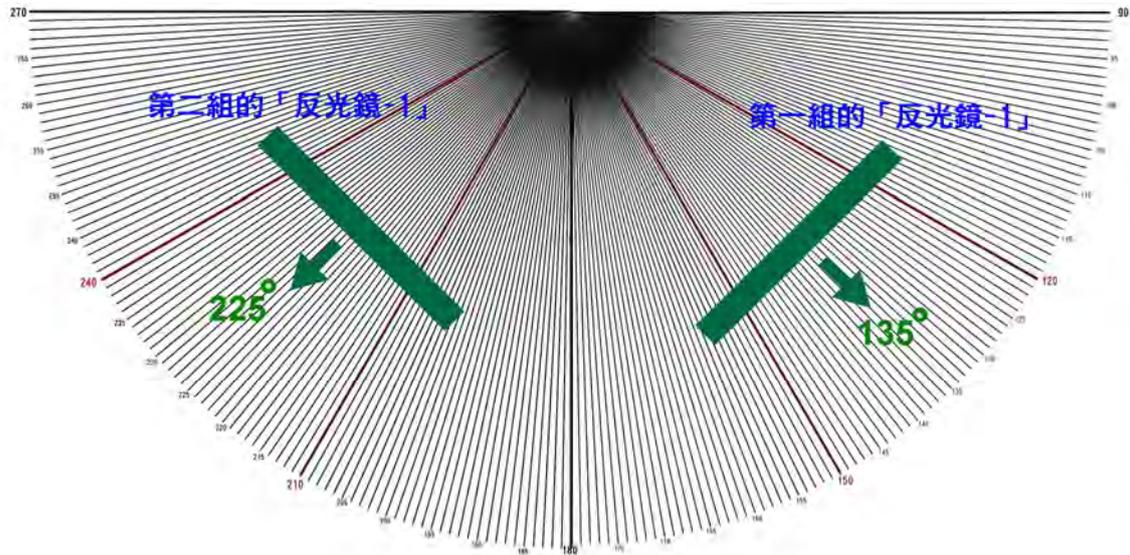
【圖 25】

由【表 3】、【圖 25】中我們發現，上午 7 點到下午 5 點之間的「太陽高度角」比較容易與「多射角反光鏡裝置」對應，因此我們選擇上午 7 點到中天為第一個對應時段，中午 12 點到下午 5 點為第二個對應時段，每一個時段設置一組「多射角反光鏡裝置」，每一組「多射角反光鏡裝置」的「反光鏡-1」由 6 片不同傾斜角的鏡片組成，分別對應該時段內的 6 個整點，根據【表 3】中的數值，我們發現「春分」與「秋分」的「太陽高度角」較接近該時段「太陽高度角」的中間值，所以我們選擇「春分」與「秋分」的「太陽高度角」為「反光鏡-1」鏡片組的「最佳太陽高度角」，依照這樣的原理，「多射角反光鏡裝置」的「反光鏡-1」鏡片對應的「最佳太陽高度角」如【表 4】。

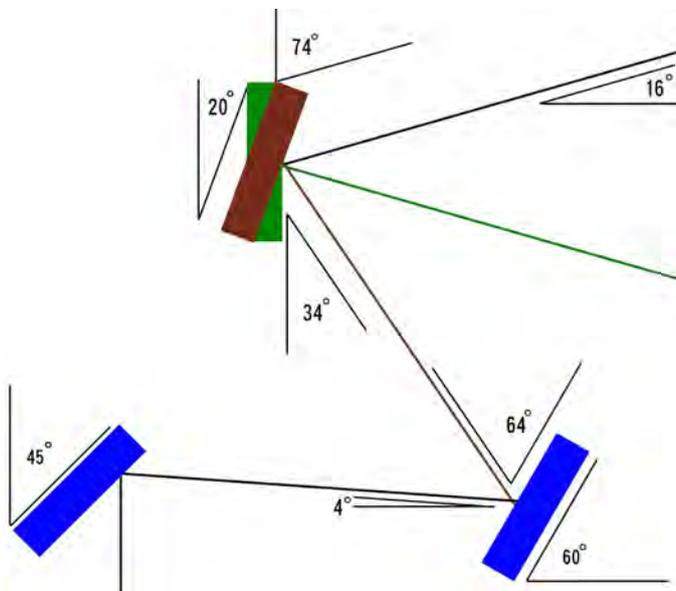
	第一組多射角反光鏡裝置						第二組多射角反光鏡裝置					
鏡片編號	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
太陽高度角	15.1	28.5	41.3	53.0	61.9	65.0	64.9	60.2	50.4	38.4	25.4	12.1
太陽方位角	97.3	104.7	114.2	128.2	150.9	180.0	184.1	215.4	235.6	248.3	257.2	264.3

【表 4】

因為「第一組多射角反光鏡裝置」對應的「太陽方位角」範圍為 97.3 到 180 度，所以第一組的「反光鏡-1」應該面向大約 135 度，這樣可以讓鏡片的傾斜角較小，同理第二組的「反光鏡-1」則應該面向大約 225 度，其說明如【圖 26】。



【圖 26】



【圖 27】

另外「第一組多射角反光鏡裝置」對應的「太陽高度角」範圍為 15.1 到 65 度，依照【圖 7】的模擬，「太陽高度角」為 60 度時，鏡片呈垂直，又依【圖 27】的模擬，「太陽高度角」為 16 度時，鏡片傾斜角為 20 度，因此我們認為第一組的「反光鏡-1」的鏡片，傾斜角的範圍大約為垂直到 20 度之間，平均分配在 6 片鏡片組，第二組的「反光鏡-1」應該與第一組對稱，所以鏡片傾斜角也是和第一組一樣，這樣的設計和【表 3】的數據有一些不一樣，可是因為有「有效太陽高度角」的存在，一點點的誤差應該不會有影響。

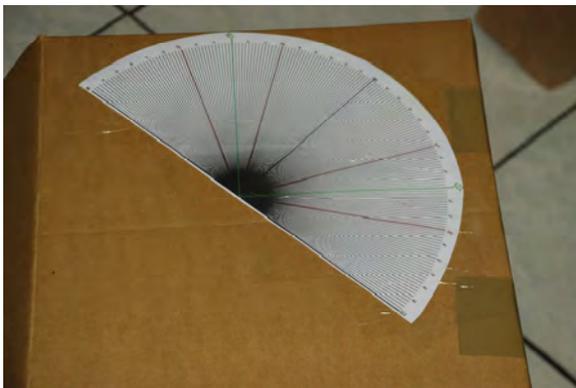
基於這樣的設計，我們計算出「多射角反光鏡裝置」鏡片傾的斜角如【表 5】，其中「垂直傾斜角」代表為對應「太陽高度角」鏡片的調整，「水平傾斜角」代表為對應「太陽方位角」鏡片的調整。

	第一組多射角反光鏡裝置						第二組多射角反光鏡裝置					
鏡片編號	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
垂直傾斜角	20	16	12	8	4	0	0	4	8	12	16	20
水平傾斜角	右傾 38	右傾 31	右傾 21	右傾 7	左傾 16	左傾 45	右傾 41	右傾 10	左傾 11	左傾 23	左傾 32	左傾 39

【表 5】

#### 四、「多射角反光鏡裝置」模型的製作及功效驗證

- (一) 由「實驗 2-2」中，我們發現在「有效太陽高度角」的範圍裡，當高度角逐漸偏離「最佳太陽高度角」，「反光鏡-3」的照度會也跟著變暗，這表示使用「多射角反光鏡裝置」當作照明設備的地方，光線會忽明忽暗，但是我們查閱中華民國國家標準（National Standards of the Republic of China, CNS）中關於室內照度的相關規定，「走道、樓梯、倉庫、儲藏室堆置粗大物件處所」要求最低，僅 50 Lux 以上即可，印證在實際生活經驗上，光線明暗改變對這些場所影響確實不大，因此我們認為「多射角反光鏡裝置」雖然有光線會忽明忽暗的缺點，但是可裝設在某些對照度要求不高的場所，替代部分傳統照明設備。
- (二) 「多射角反光鏡裝置」的外型與規格必需配合裝設的場所，所以不容易制式化或標準化，並且以我們目前的能力而言，也無法製造實體樣品裝在建築物的外牆來驗證，但是我們卻可以作一個縮小版的模型來證明「多射角反光鏡裝置」的功能，基於裁切與加工較容易的考慮，我們選擇用紙箱來代替建築物，以硬紙板製作「多射角反光鏡裝置」，另外請賣玻璃的商店幫我們裁切一些 3 cm × 3 cm 與 9 cm × 6 cm 的鏡片，「反光鏡-1」用 6 片 3 cm × 3 cm 的鏡片以橫 3 片直 2 片的方式組成，「反光鏡-2」與「反光鏡-3」則以 9 cm × 6 cm 的鏡片組成，如此算來「反光鏡-2」與「反光鏡-3」的面積是「反光鏡-1」的 6 倍，應該會有較廣的「有效太陽高度角」。
- (三) 「多射角反光鏡裝置」模型的製作



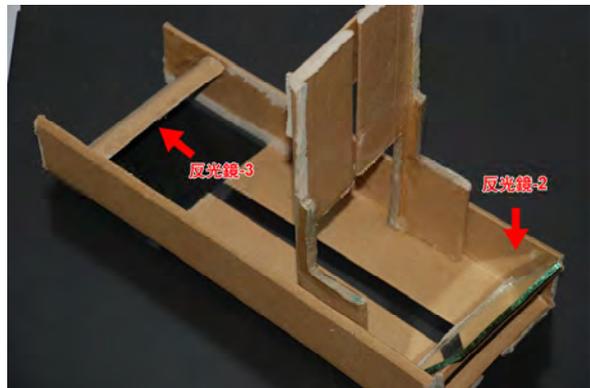
一、將角度尺規貼在紙箱上



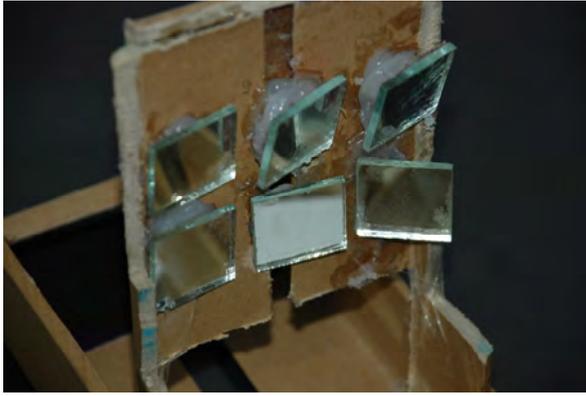
二、於方位角 135 度切出第一個開口



三、於方位角 225 度切出第二個開口



四、製作「多射角反光鏡組」



五、依【表 4】的數據貼上鏡片



六、裝上「多射角反光鏡組」完成模型

(四) 實驗 3：

一、實驗目的：以模型驗證「多射角反光鏡裝置」的功效。

二、實驗方法：

1、將「多射角反光鏡裝置」的模型置於陽光下，並以指南針校正方位。



將模型置於陽光下



以指南針校正方位

2、用「照度計」測量背景照度值，並觀察陽光反射的狀況。



測量背景照度值



觀察陽光反射

3、用「照度計」測量不同時段陽光反射的照度值。



測量不同時段陽光反射的照度值



測量不同時段陽光反射的照度值

三、實驗結果：

- 1、本實驗中我們測量背景照度值為 94 Lux。
- 2、本實驗時間為 2011 年 2 月 6 日上午 09：00 到下午 04：00，實驗地點為台北市某區，不同時段陽光反射的照度值如下【表 6】。

時 段	09：00	10：00	11：00	12：00	13：00	14：00	15：00	16：00
照度值 (Lux)	1213	826	1053	955	1538	1078	547	836

【表 6】

四、實驗結果分析：

「多射角反光鏡裝置」的模型，因為製作技術的限制，模型的精度不太理想，所以實驗的數據和理論的數據有一些差異，但是以【表 5】的數據來看，已足以證明關於「最佳太陽高度角」及「有效太陽高度角」的假設，以及「多射角反光鏡裝置」的實用價值。

## 陸、結 論：

- (一) 我們在實驗 1-1 中因為測量儀器的限制，無法證明光線「反射的次數」對照度的影響，但是我們得知陽光經過 4 次反射後，它的照度依然大於相關法令規定的室內照度值很多，但是在實驗 1-2 中，我們發現陽光反射的**照度與距離**和**投射的面積**成反比，**投射的面積**和**放大倍率**則與**距離**成正比，但是依實驗數據來看，比例關係都無明顯的規則性。
- (二) 由【圖 6】到【圖 12】的研究，我們發現當陽光照在反射鏡時，入射角與反射角都等於 90 度減「太陽高度角」，並且「光線角度的改變等於反光鏡傾斜角的 2 倍」，我們也將新設計的反射鏡組命名為「多射角反光鏡」。
- (三) 在【圖 13】到【圖 23】中，我們以圖面模擬的方式，定義了「最佳太陽高度角」及「有效太陽高度角」，並在「實驗 2-1」與「實驗 2-2」中以自製的器材來證明關於「最佳太陽高度角」及「有效太陽高度角」的假設。
- (四) 為了驗證「多射角反光鏡裝置」的功效，我們以「中央氣象局」所公布「太陽高度角」和「太陽方位角」的數值資料為基礎，推算出製作「多射角反光鏡裝置」模型的數據，在「實驗 3」中，我們實際操作「多射角反光鏡裝置」的模型，因為製作技術的限制，模型的精度不太理想，所以實驗的數據和理論的數據有一些差異，但是已足以證明關於「最佳太陽高度角」及「有效太陽高度角」的假設，以及「多射角反光鏡裝置」的實用價值。

## 柒、參考資料：

- (一) 網頁：<http://www.cwb.gov.tw/V6/astronomy/sunrise/sunrise.htm>  
檢索日期：2010 年 10 月 22 日
- (二) 網頁：<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1610101411495>  
檢索日期：2010 年 10 月 22 日
- (三) 網頁：<http://www.cnsonline.com.tw/>  
檢索日期：2010 年 11 月 16 日
- (四) 奇摩知識查詢，關鍵字：「太陽高度角」。
- (五) 翰林 – 「自然與生活科技」 - 四下 第四章 – 光的世界。

## 【評語】 080816

為了節能減少電能照明設備的使用，本研究利用「最佳太陽高度角」及「有效太陽高度角」的觀念設計出「多射角反光鏡裝置」將陽光引進室內增加照度，是一個很好的想法，對現有都會區公寓而言，該「多射角反光鏡裝置」之安裝，受到公寓採光方位之限制，多射角反光鏡是由許多不同平面鏡所組成，可利用太陽能驅動反光鏡，藉以達到較小體積但較高效能。