

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：



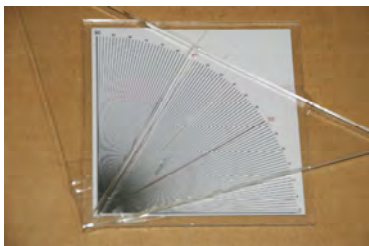
鏡 子



照 度 計



雷射指示器



自製量角器具

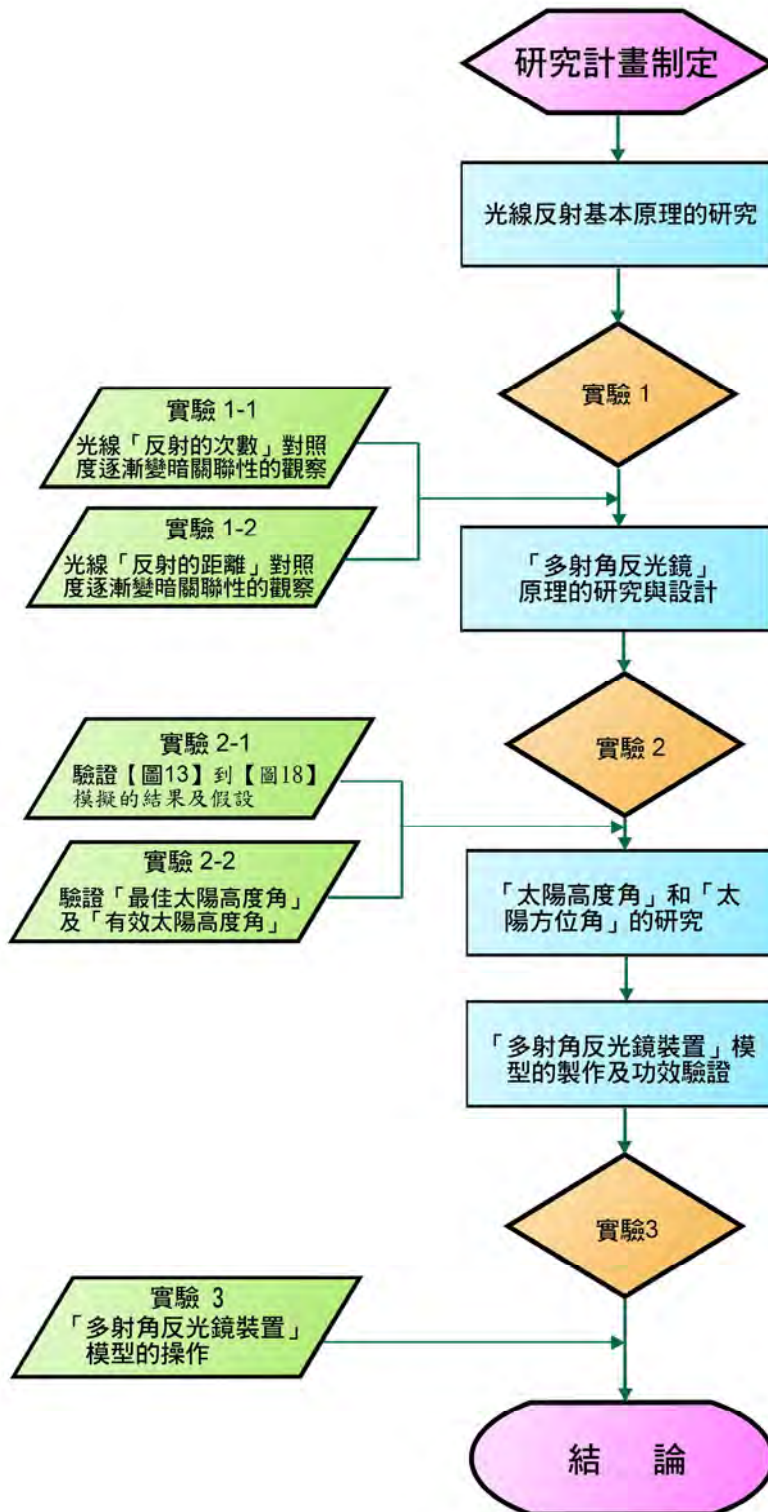


探 照 燈



指南針

肆、研究的過程：



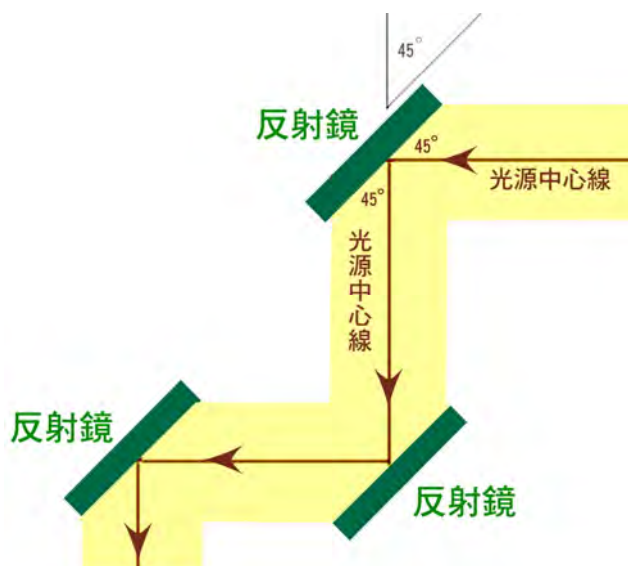
伍、研究的方法與結果：

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。

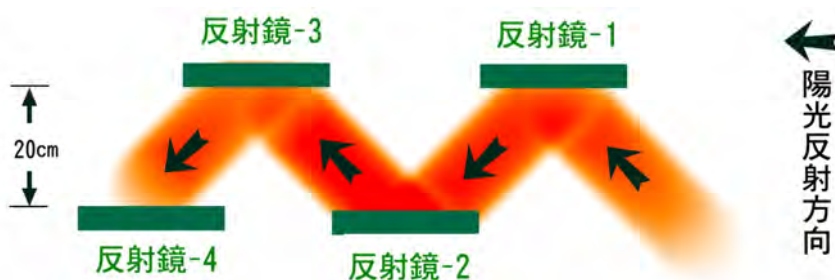
(三) 實驗 1-1：

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。



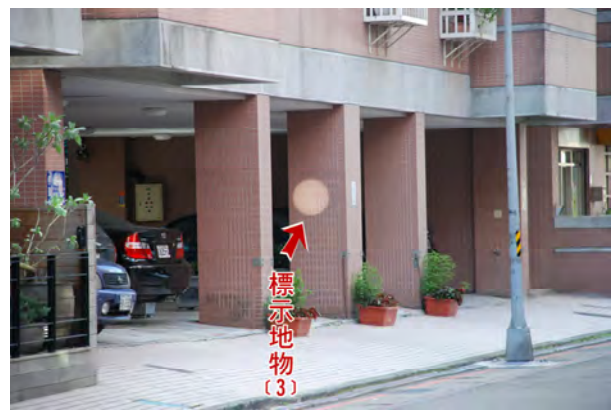
建立可測量距離的標示物



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

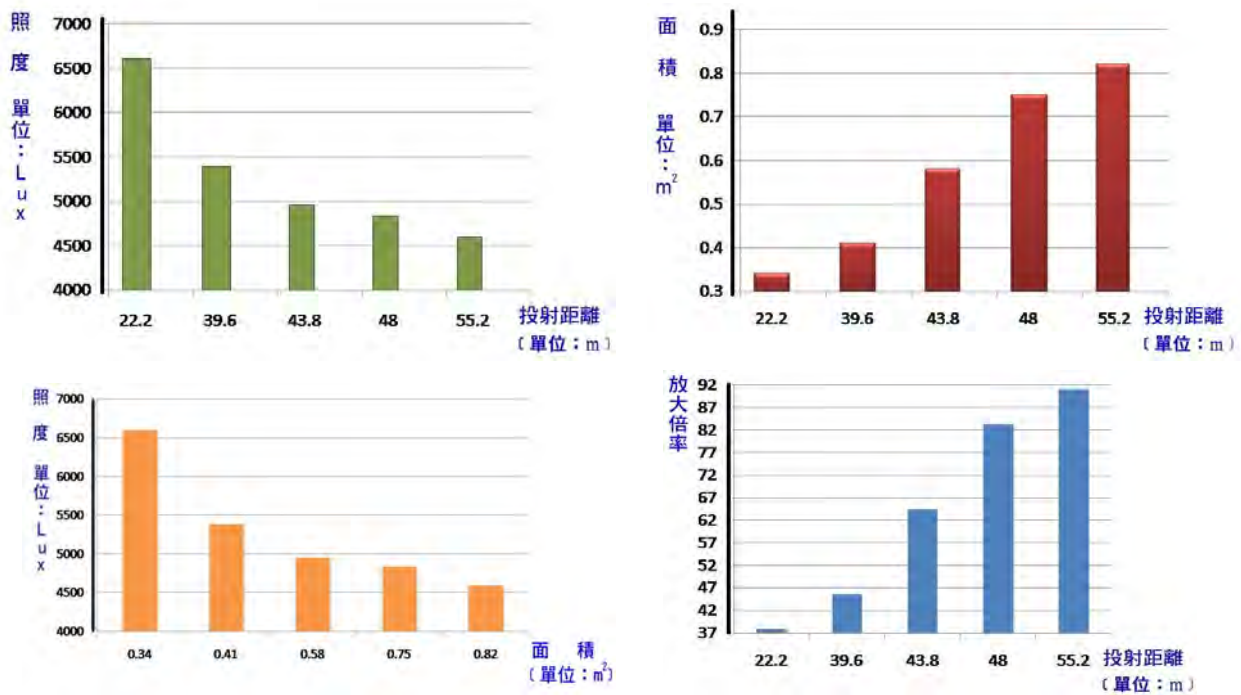
三、實驗結果：

- 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 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 ² 〕	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。

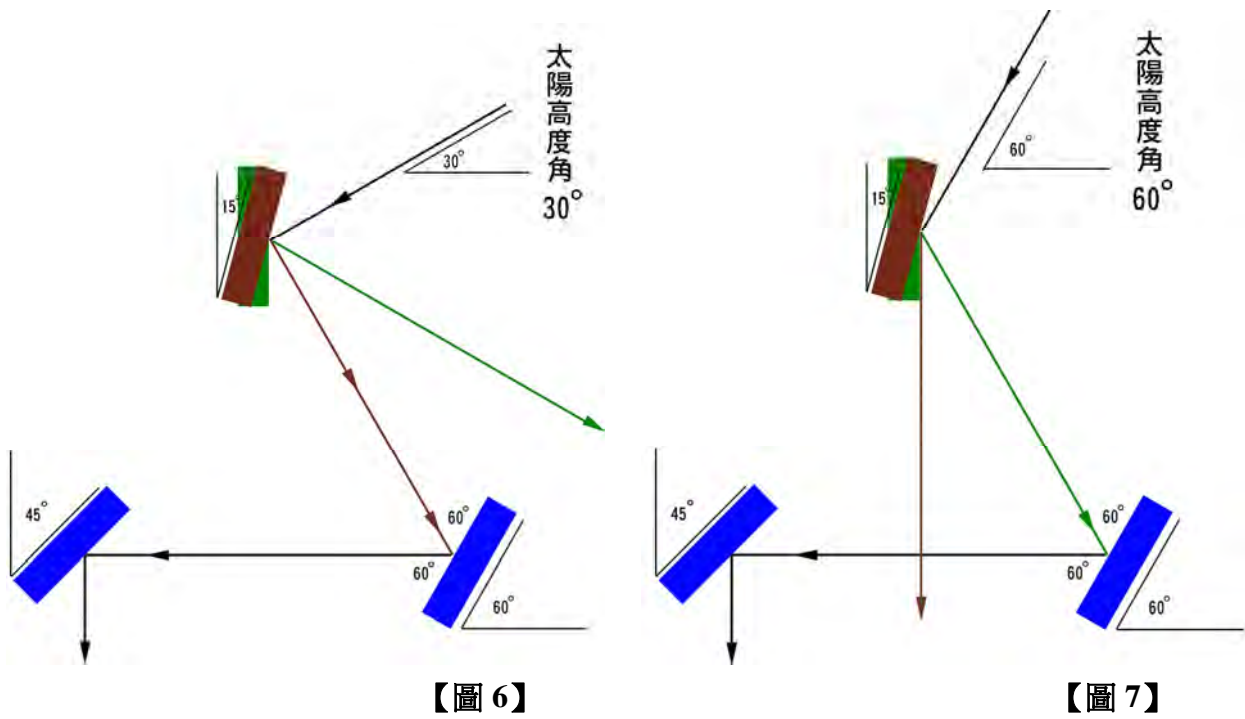
(四) 由實驗 1-1 與實驗 1-2 的結果，我們發現光線反射的過程中，照度會逐漸變暗主要原 因是「反射的距離」，但是太陽光照屬於「面光源」，是一種平行光，所以射在地表時，照度不會受到海拔高低的影響，一旦使用鏡子反射陽光後，它就變成「點光源」，會如同實驗 1-2 的結果改變照度與投射的面積。

二、「多射角反光鏡」原理的研究與設計

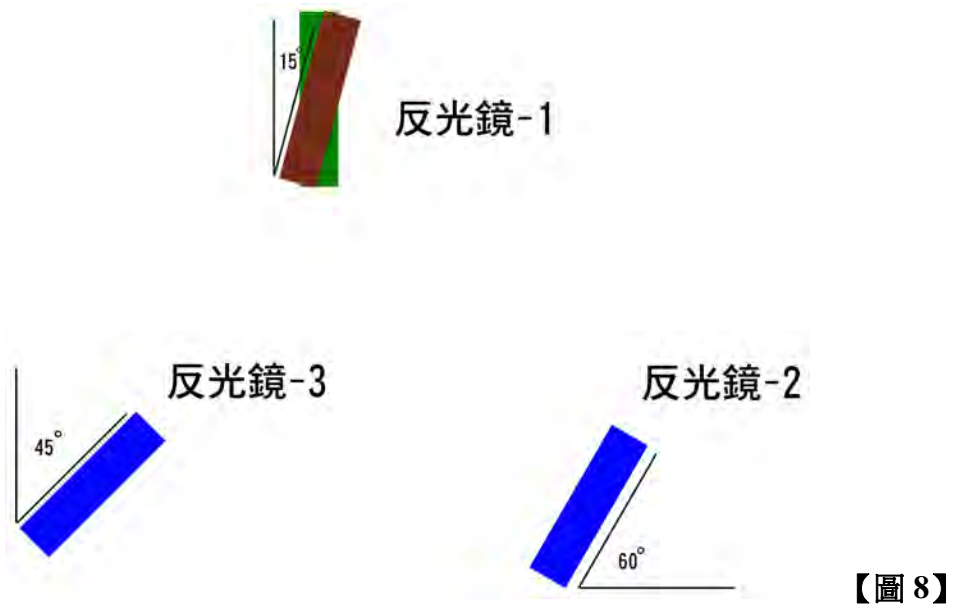
(一) 用鏡子將陽光反射到室內，是一件非常容易的事情，但是「太陽高度角」會不斷的改變，如何將反光鏡保持正確的角度卻是一件很困難的事情，雖然目前已經有一些高科技的方法可以解決這個問題，但是基於成本與耐用性的考量，我們覺得越簡單的方法越好，因此我們嘗試將反光鏡切割成不同區塊，每區塊的傾斜角都不同，這樣就可以反射不同「太陽高度角」的陽光，其說明如【圖 5】、【圖 6】、【圖 7】。



【圖 5】

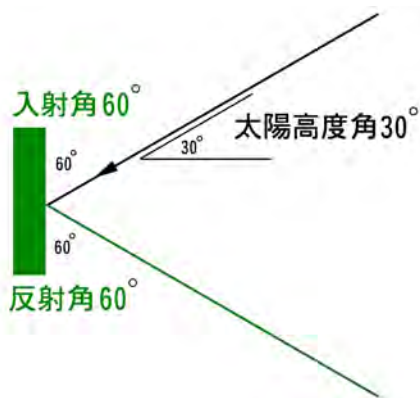


【圖 5】中反光鏡被切割成 2 個區塊，右側**褐色**的區塊傾斜角為 15 度，【圖 6】中當「太陽高度角」為 30 度時，**褐色**的反光鏡能正確的將陽光反射入室內，【圖 7】中當「太陽高度角」為 60 度時，則改由**綠色**的反光鏡將陽光反射入室內，利用這個原理，只要我們選擇適當傾斜角的反光鏡加以組合，便能將不同「太陽高度角」的陽光反射入室內，這種「組合式」的反光鏡，可以同時將光線以多角度反射，因此我們將它命名為「多射角反光鏡」，為了以下研究上的需要，我們將反光鏡依反射陽光的次序加以命名如【圖 8】：



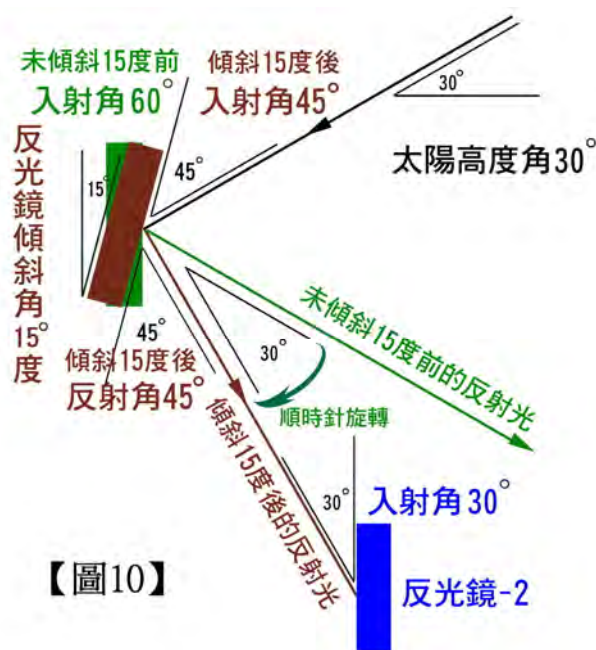
「反光鏡-1」，「反光鏡-2」、「反光鏡-3」共同組成「多射角反光鏡裝置」。

(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】。



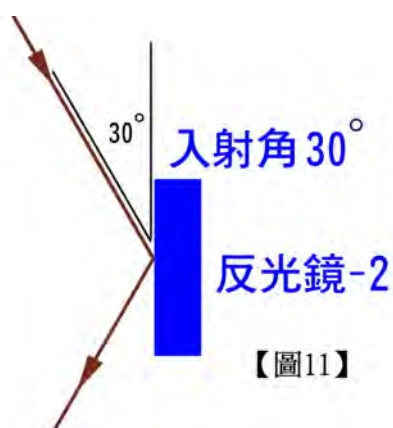
【圖 9】

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】。

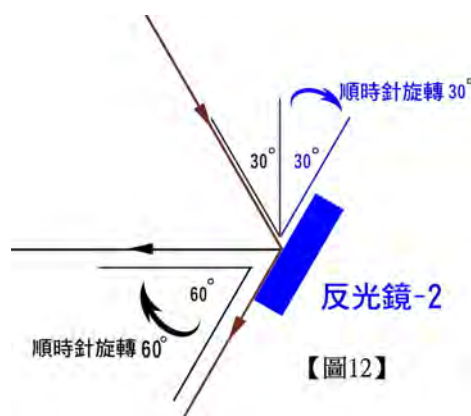


【圖 10】

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】。



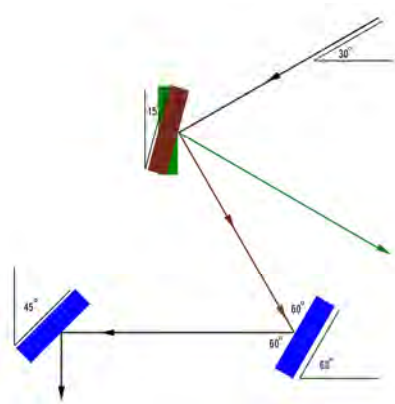
【圖 11】



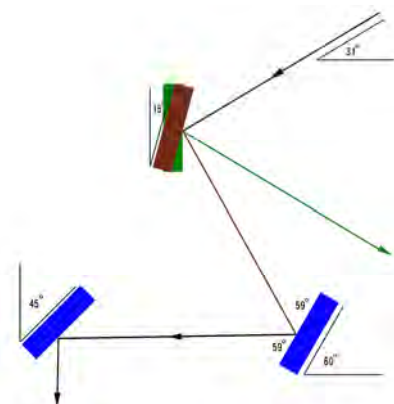
【圖 12】

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」。

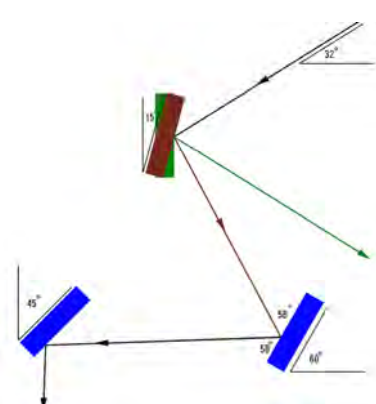
(三) 在真實的世界裡，「太陽高度角」不可能只有 30 度與 60 度，而光線也不會是細細的一條線，如果我們把【圖 6】、【圖 7】的裝置放在真實的世界裡會如何呢？在作實驗之前，我們還是先在圖面上作一些模擬。



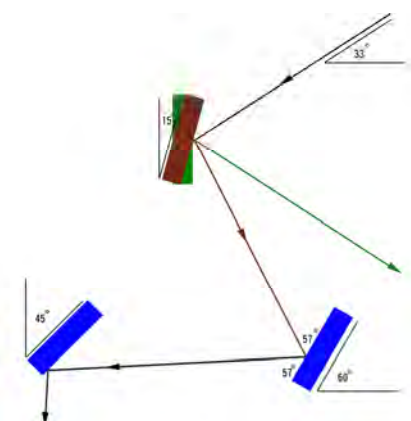
【圖 13】



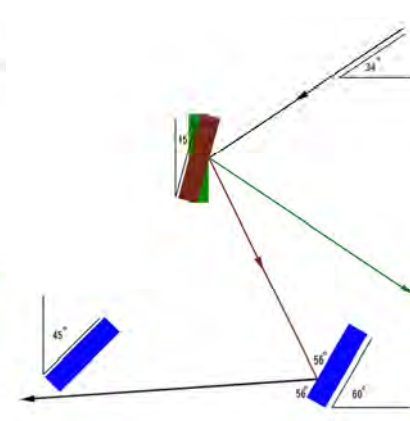
【圖 14】



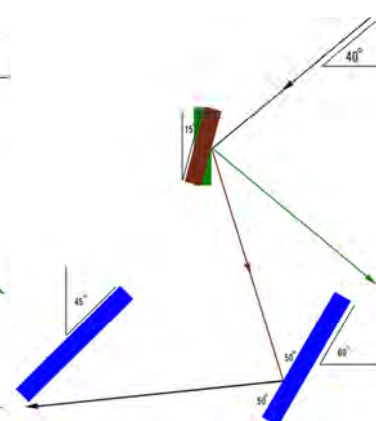
【圖 15】



【圖 16】



【圖 17】

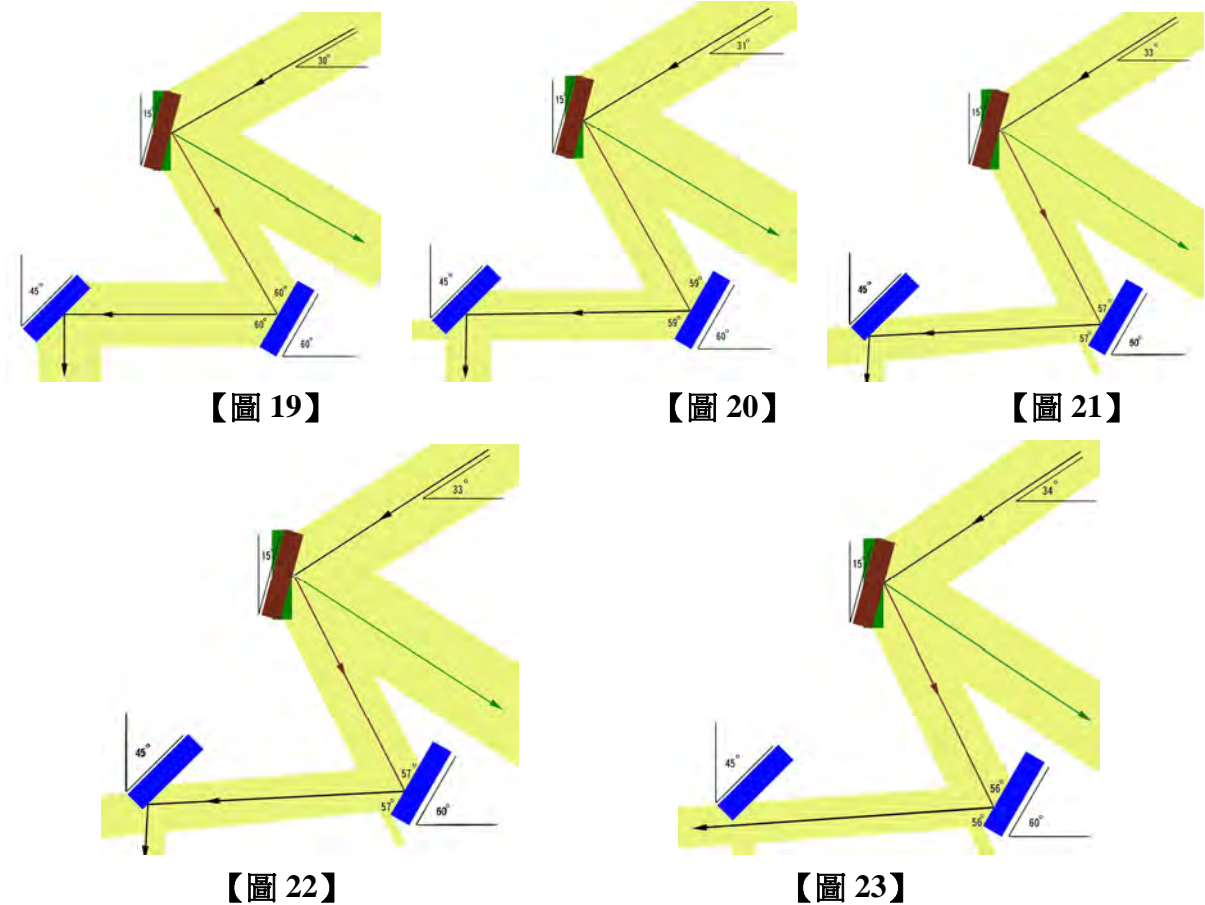


【圖 18】

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：

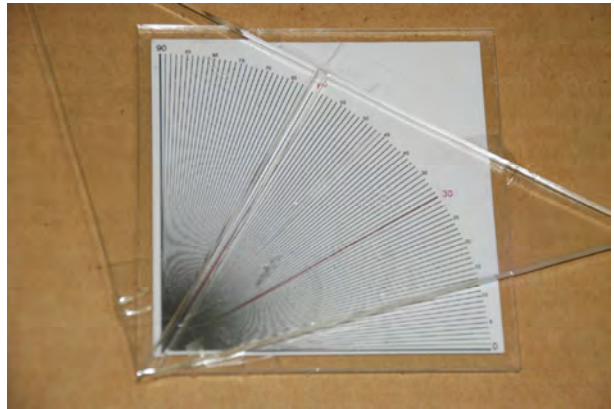
一、實驗目的：驗證【圖 13】到【圖 18】模擬的結果及假設。

二、實驗方法：

1、製作有角度刻度的夾具並將鏡片裝上



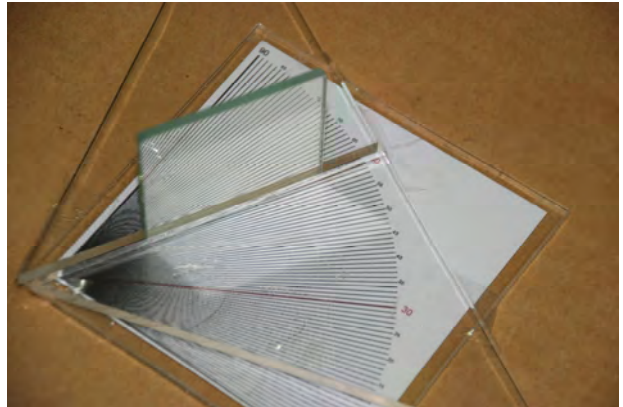
製作有角度刻度的夾具



完成後的夾具

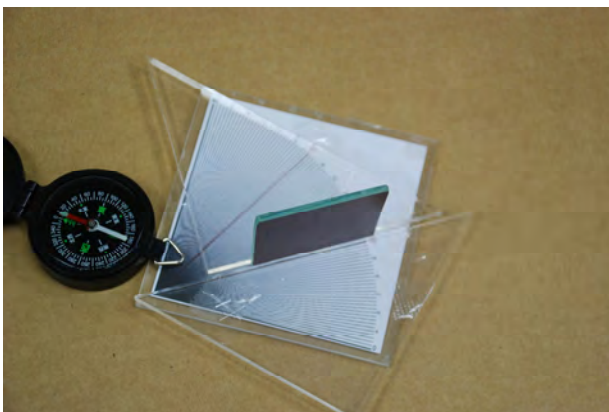


將鏡片裝上夾具

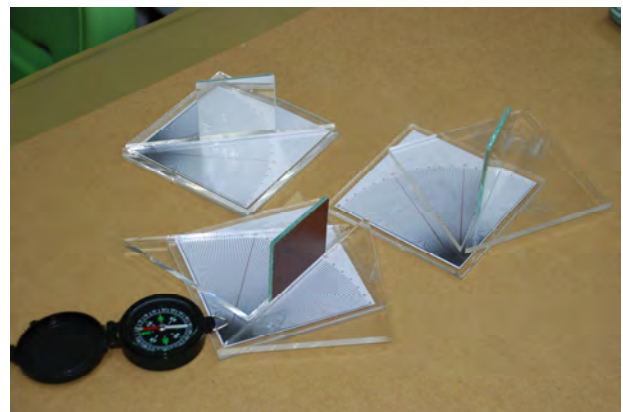


裝上鏡片後的夾具

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

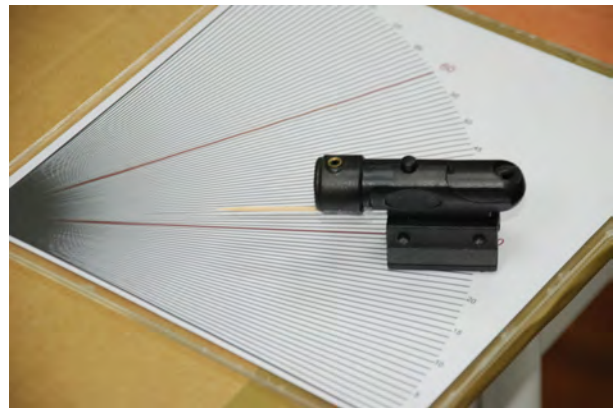


整夾具的位置

- 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。

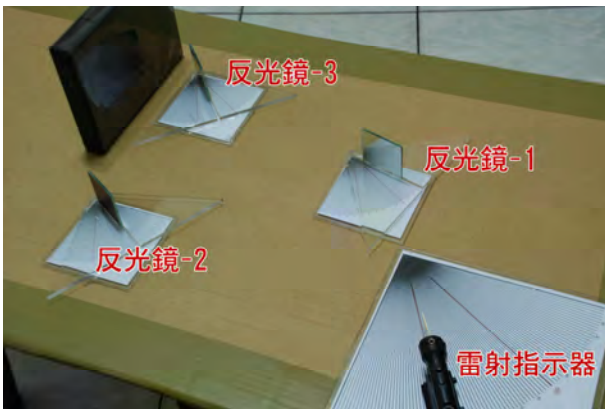


將牙籤貼在「雷射指示器」上



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。

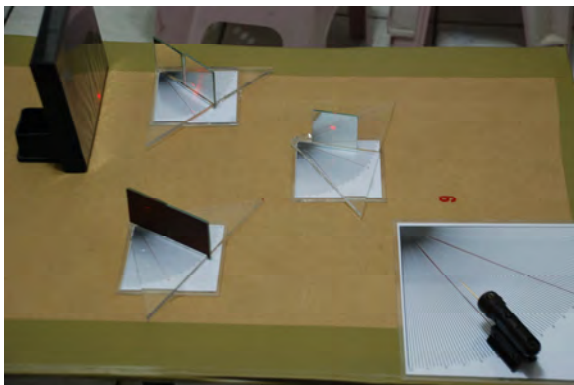


【圖 13】到【圖 17】的模擬



【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】。



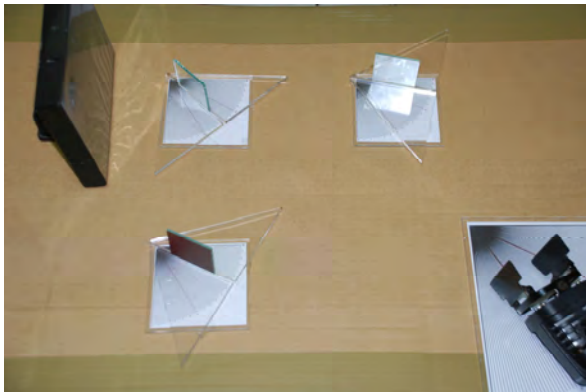
「反光鏡-2」與「反光鏡-3」的面積增加 1 倍

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。

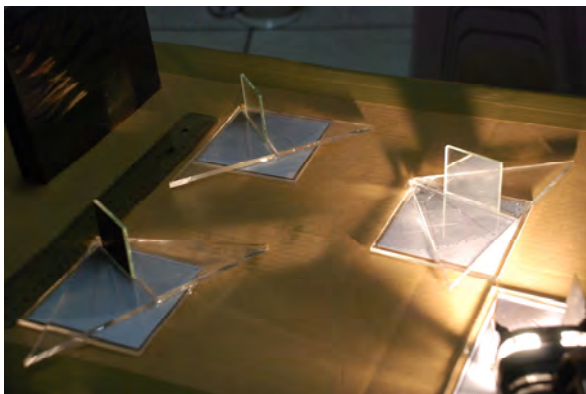


將「雷射指示器」換成「探照燈」

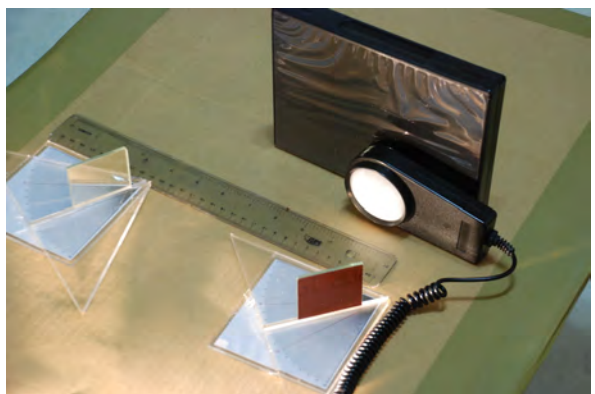


測量背景照度值

- 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。

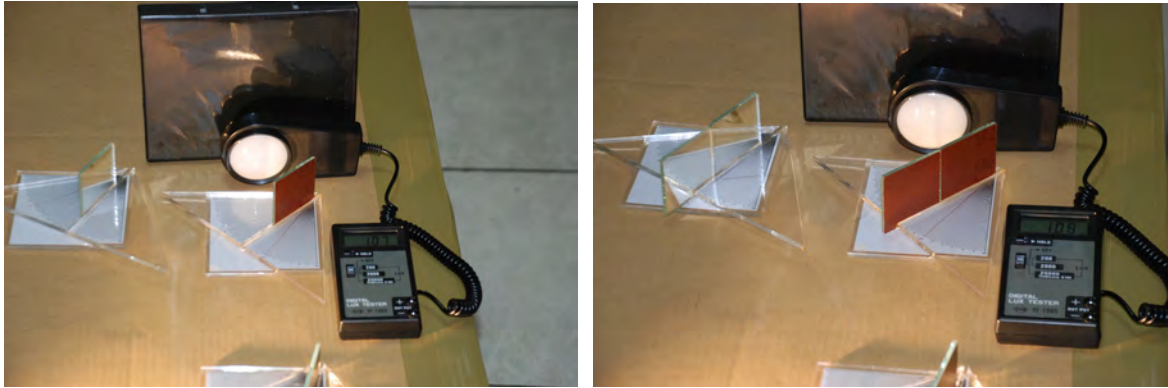


啓開「探照燈」



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

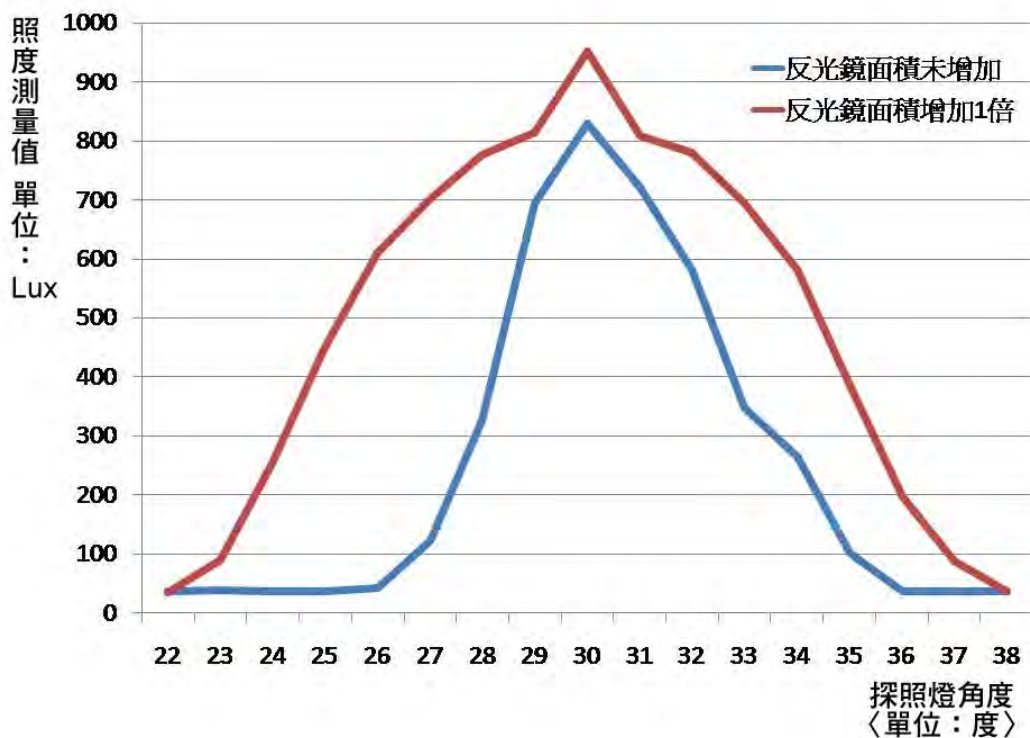
三、實驗結果：

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
30	830	952
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】

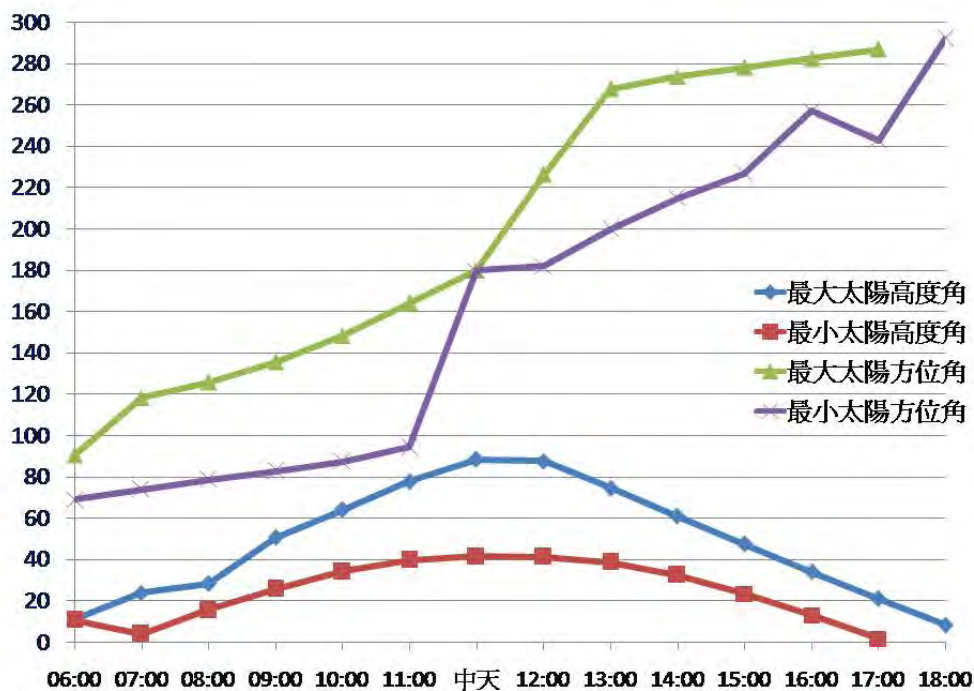
3、本實驗中我們認為實驗結果可以證明「最佳太陽高度角」及「有效太陽高度角」的假設是正確的。

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>



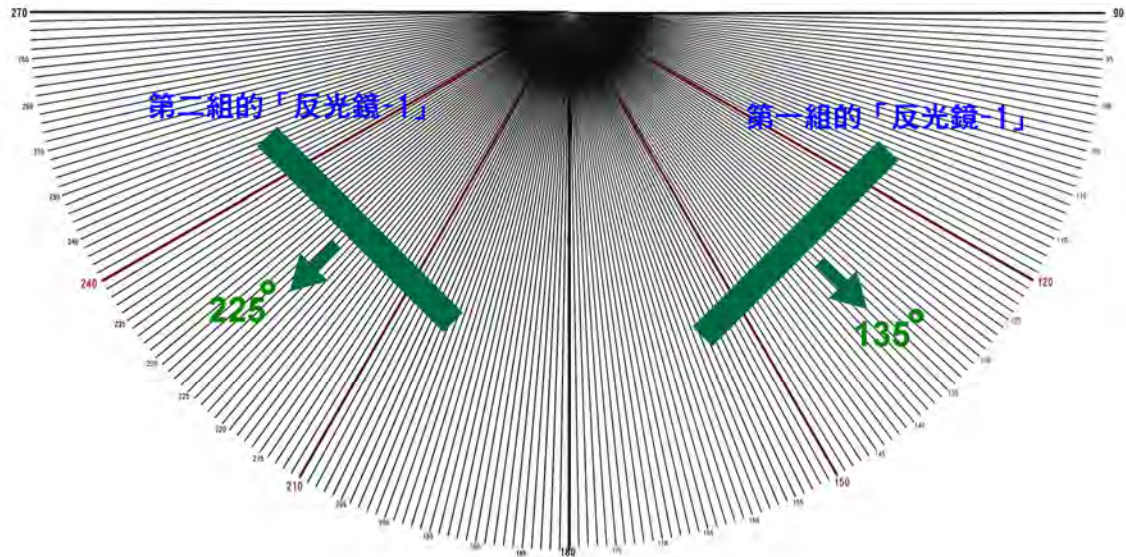
【圖 25】

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】。

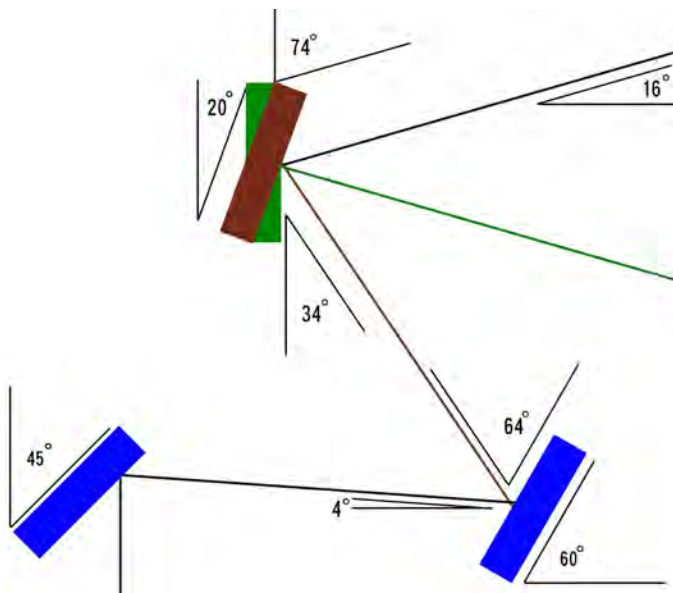
鏡片編號	第一組多射角反光鏡裝置						第二組多射角反光鏡裝置					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
太陽高度角	15.1	28.5	41.3	53.0	61.9	65.0	64.9	60.2	50.4	38.4	25.4	12.1
太陽方位角	97.3	104.7	114.2	128.2	150.9	180.0	184.1	215.4	235.6	248.3	257.2	264.3

【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。

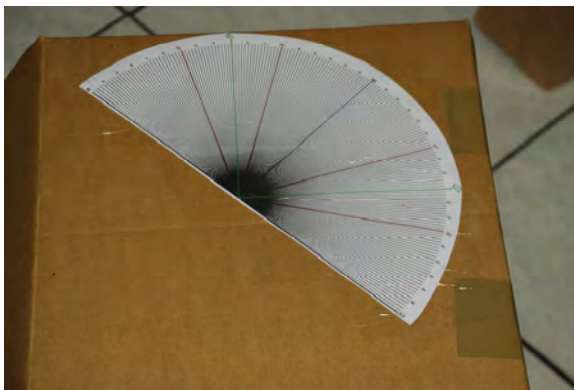
基於這樣的設計，我們計算出「多射角反光鏡裝置」鏡片傾的斜角如【表 5】，其中「垂直傾斜角」代表為對應「太陽高度角」鏡片的調整，「水平傾斜角」代表為對應「太陽方位角」鏡片的調整。

	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



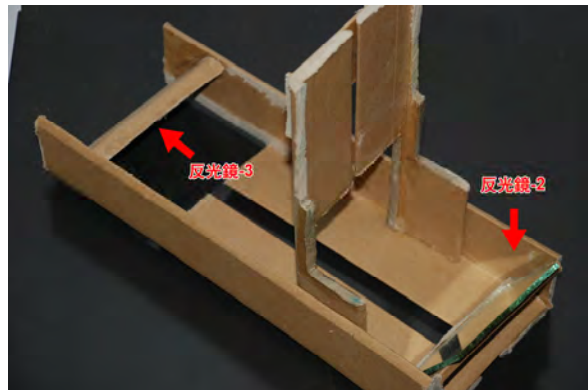
一、將角度尺規貼在紙箱上



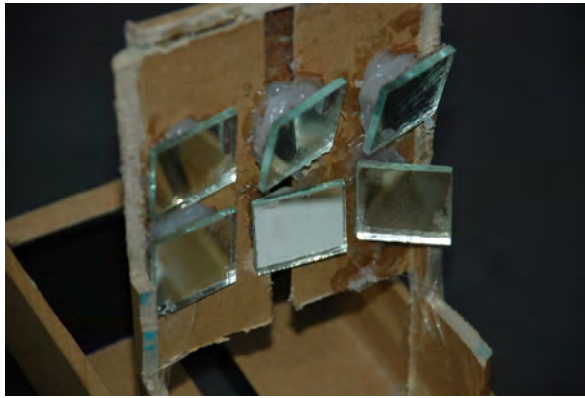
二、於方位角 135 度切出第一個開口



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/astromy/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。