# 中華民國第55屆中小學科學展覽會
# 作品說明書

---

國小組　物理科

**佳作**

080120

## 蓬『管』生輝－綠能導光管之應用研究

學校名稱：臺北市私立復興實驗高級中學(附設國小)

| 作者： | 指導老師： |
| --- | --- |
| 小六 竇方遠 | 陳佳宜 |
| 小六 劉承翰 | 張　慎 |
| 小六 關　愛 | |
| 小五 曾靖中 | |


關鍵詞：導光管、太陽能、環保綠建築

# 摘要

我們提出一套環保導光系統，能有效收集屋外的太陽光，並將收集之太陽光傳遞至屋內，同時證實太陽光可透過導光管的引導，輔助室內照明之利用。本系統分集光與導光兩部分，在集光部份，我們提出二種方法，一、利用裝水的寶特瓶放在導光管上方聚光；二、在廢棄的碟形天線貼上鏡子，加上放大鏡聚光，可以大幅提升入射光的強度達24倍之多。在導光部分，我們提出實心導光管光纖及空心導光管L型、S型導光結構建置，空心導光管內鋪設鋁箔貼紙、烤肉用鋁箔的反光材質，並在轉彎處貼附鏡子或反光片就可大幅提升導光效果。台灣日照率高，我們利用生活中的環保材質將取之不盡用之不竭的『陽光』導入室內，為全球暖化問題盡一份力量，達到節能減碳之目的。

# 壹、 研究動機

有小組成員留意到新聞提及因油電雙漲導致日常生活物價變高，讓社會上許多人的生活變得捉襟見肘；核能發電雖然較便宜，但似乎也充滿對地球與家園造成人類無法控制的危機；上自然課時老師有播放”一公升的光明“(“A Liter of Light”) 的資訊，讓我們瞭解到日光可被善加利用，但卻只受限於平房或頂樓的建築。因此我們想研究如何將光導入室內，讓其它樓層也可善用日光這個寶貴資源。

(本作品與教材相關性：南一版4上單元三光的世界；5上單元一太陽；6上單元一天氣的變化)

# 貳、 研究目的

一、 探討空心導光管管徑大小、距離長短對導光效果的影響。

二、 探討空心導光管內部貼附材質對導光效果的影響。

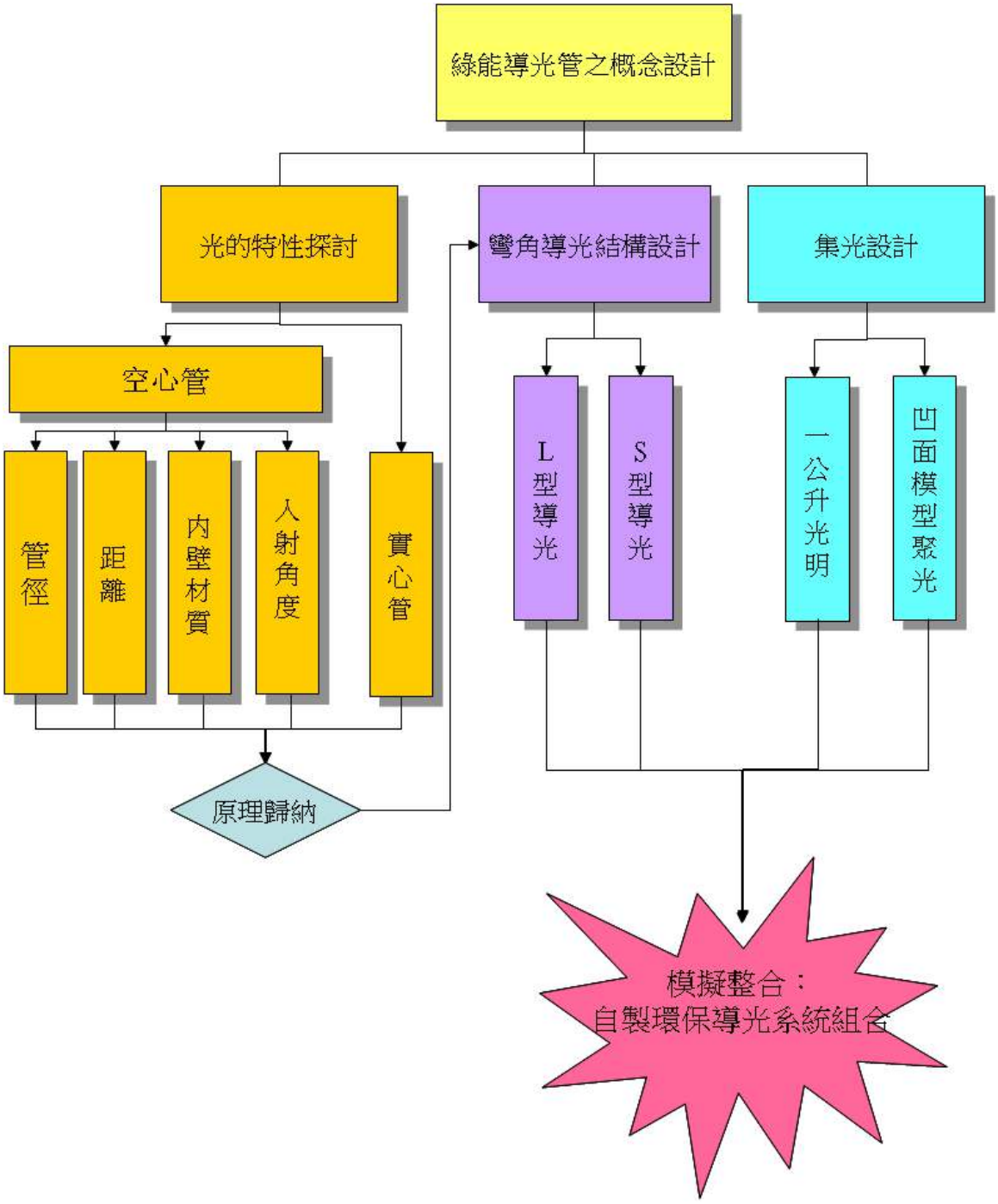
三、 探討光在一次轉彎及兩次轉彎，運用反光材料，進而增強導光的效果變化。

四、 探討實心導光管導光效果。

五、 探討不同方式的集光設計。

六、 提出一套環保的導光系統。

# 參、 研究流程圖


綠能導光管之概念設計
光的特性探討
彎角導光結構設計
集光設計
空心管
管徑
距離
內壁材質
入射角度
實心管
原理歸納
L型導光
S型導光
一公升光明
凹面模型聚光
模擬整合：
自製環保導光系統組合

# 肆、 研究設備及器材

| | |
|---|---|
| | PVC 直管　PVC 彎管<br>PVC 管轉接頭　PVC 管蓋<br>寶特瓶 (6000ml、2000ml、1200ml)<br>光纖 |
| | 照度計 燈座　LED 燈 白熾燈泡<br>雷射筆 |
| | 各種反光材質：<br>反光布　雷射貼紙　鋁箔貼紙<br>烤肉用鋁箔紙　反光片 光碟片<br>鏡片 |
| | 雨傘 碟型天線 炒菜鍋 鍋蓋<br>畫紙 膠帶 鉗子 剪刀 夾子 熱<br>熔膠　直尺　壓條　木板　泡棉<br>螺絲起子　鐵鎚 |

# 伍、 研究方法與結果討論

若要將太陽光順利導入室內，導光管扮演了一個極重要的角色。首先，我們需探討導光管的管徑大小對光傳導的效果是否有影響。

一、 研究一：導光管的特性探討

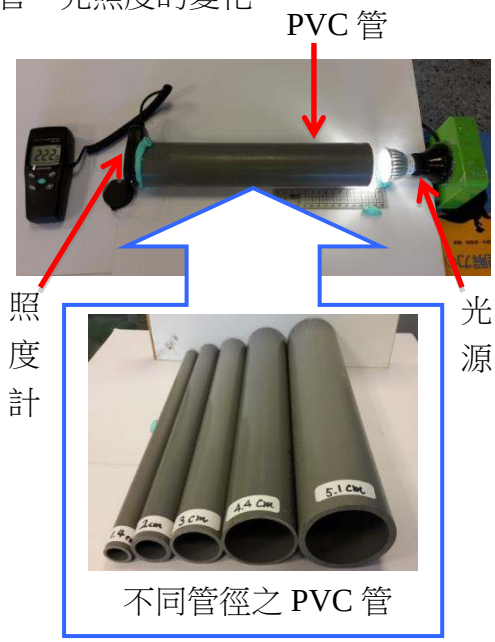
（一）實驗一：探討同一光源下，不同管徑導光管，光照度的變化

1. 實驗步驟

(1) 取 5 支 30cm，不同直徑大小的 PVC 管，自管口 3cm 處放置光源。

(2) 在 PVC 管的另一端放置照度計。

(3) 打開光源，觀察並記錄照度值。

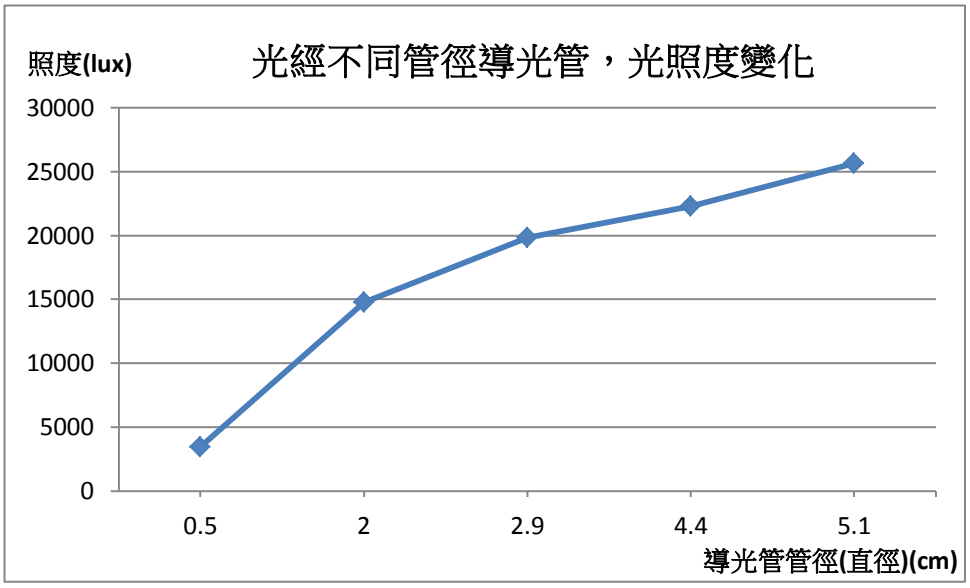


2. 實驗結果

光經不同管徑導光管，光照度變化表

照度(單位：lux)

| 導光管直徑<br>實驗次 | 0.5cm | 2.0cm | 2.9cm | 4.4cm | 5.1cm |
|---|---|---|---|---|---|
| 第一次 | 3500 | 14820 | 19800 | 22200 | 25800 |
| 第二次 | 3500 | 14840 | 19800 | 22300 | 25700 |
| 第三次 | 3470 | 14830 | 19800 | 22300 | 25600 |
| 第四次 | 3410 | 14700 | 19900 | 22300 | 25600 |
| 第五次 | 3410 | 14700 | 19900 | 22300 | 25500 |
| 平均 | 3458 | 14778 | 19840 | 22280 | 25640 |




3. 實驗討論

(1) 在同樣的光源下，導光管管徑越大，所得到的光照度值越高。

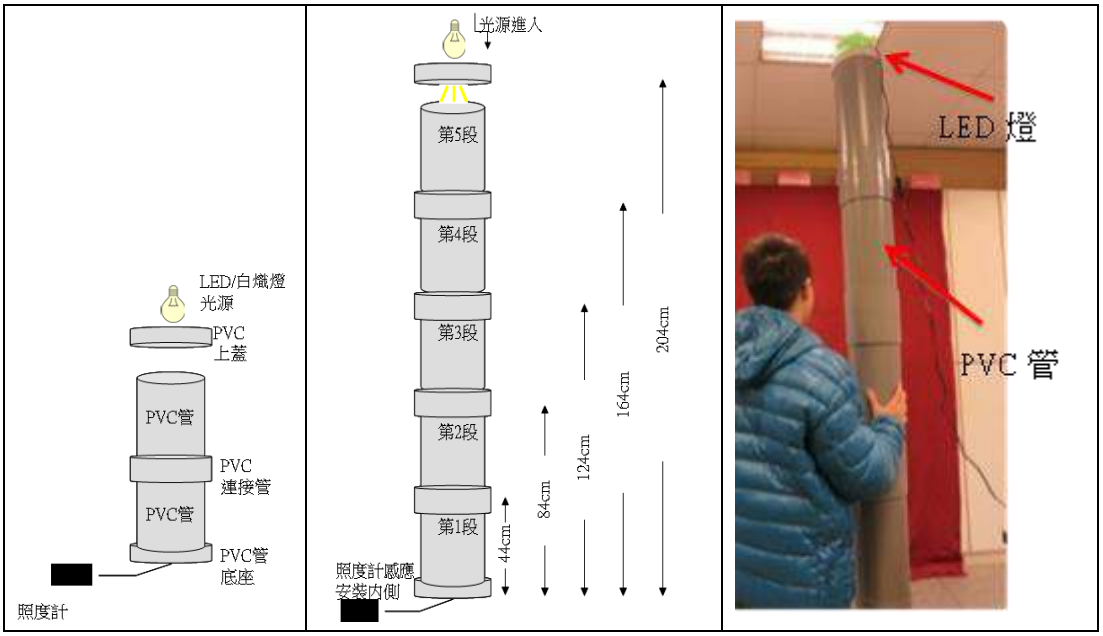
（二）實驗二：探討同一光源下，不同長度導光管，光照度的變化

1. 實驗步驟

(1) 取直徑 16cm，長度 40cm 的 PVC 管，在 PVC 管的上方接上光源(LED 燈及白熾燈 2 種)，PVC 管的下方接上底座，內部放置照度計，測量光照度值。

(2) 利用 PVC 連接管，分別延伸加長第二段、第三段、第四段、以及第五段 PVC 管，在 PVC 管的上方接上光源及下方接上照度計底座，測量光照度值。

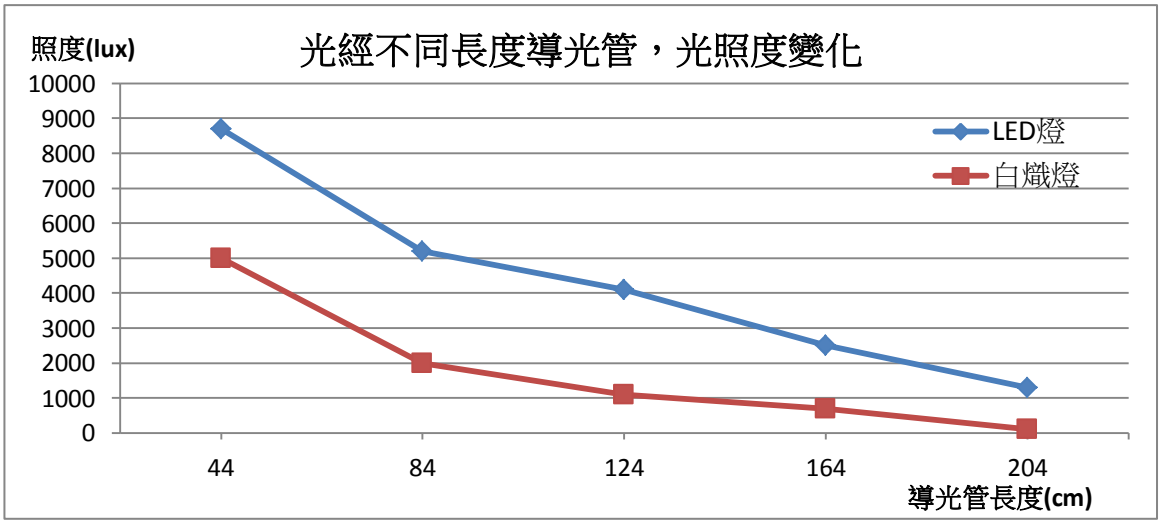
(3) 每次實驗 5 次，觀察並記錄。




2. 實驗結果

光經不同長度導光管，光照度變化表　　照度(單位：lux)

| 光源 | | 導光管長度 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 44 公分 | 84 公分 | 124 公分 | 164 公分 | 204 公分 |
| 實驗 5 次平均值 | LED 燈 | 8700 | 5200 | 4100 | 2500 | 1300 |
| | 白熾燈 | 5000 | 2000 | 1100 | 700 | 100 |



3. 實驗討論

(1) 從實驗數據中得知，光照度在導光管中會隨傳導距離衰減，距離越長，光照度越弱。

(2) 在本實驗使用了 LED 和白熾燈兩種不同光源，因為 LED 燈的照度較亮又穩定，所以往後的實驗都以 LED 燈來當作光源。

因為光會隨傳導距離增長而衰弱，我們想提升光的傳導效率，大家討論後，若在管內貼附具有反光特性的各種材料，說不定可使導光管內的光照度值更大。

（三）實驗三：探討導光管內壁貼附具有反光特性材質，光照度的變化

1. 實驗步驟

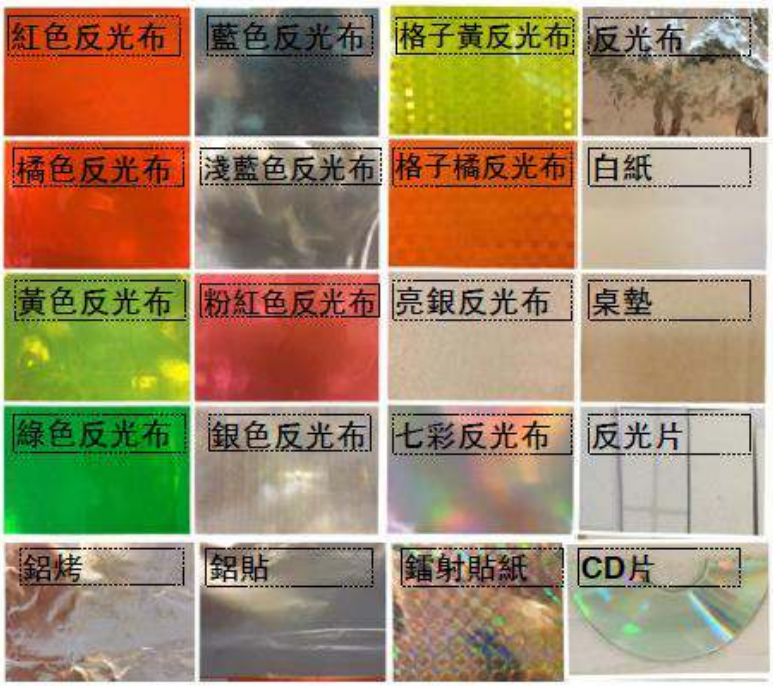
(1) 利用廢棄的寶特瓶，拼裝為一組 63 公分的導光管，20 種不同材質的反光材料（如下表）分別放入導光管內。

(2) 把照度計、LED 燈分別放在導光管的尾端和頭端。

(3) 蓋上綠布，防止光外洩。

(4) 觀察並記錄照度值。

20 種貼附在導光管內不同材質的反光材料：



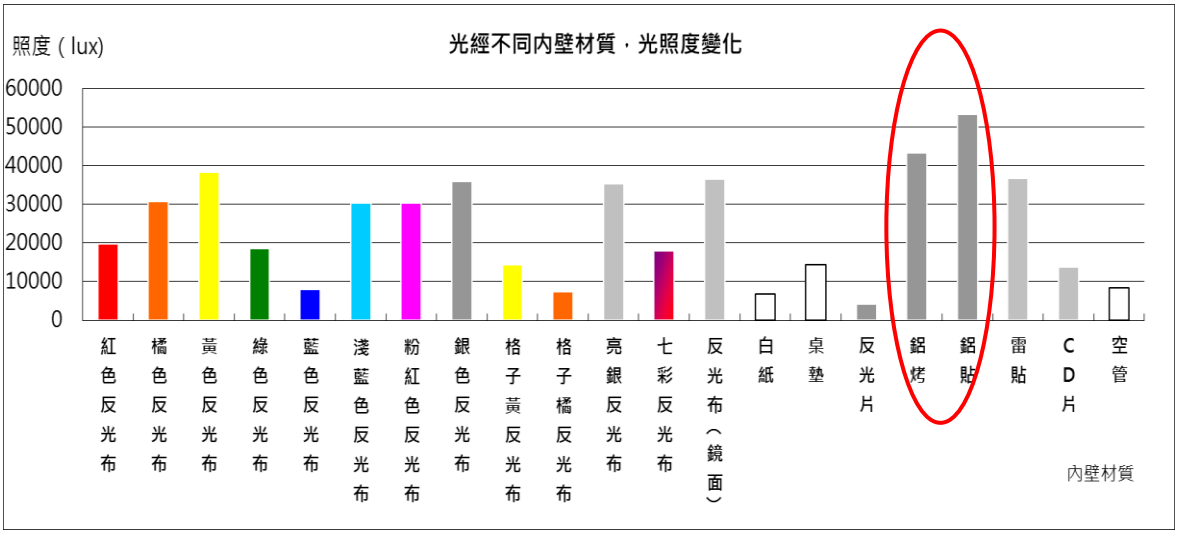
| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 寶特瓶內鋪設白紙 | 寶特瓶內鋪設藍色反光布 | 寶特瓶內鋪設格子黃反光布 |

2. 實驗結果

**光經不同內壁材質導光管，光照度變化表**

照度(單位：lux)

| 材料編號 | 管內材質 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | **平均** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 紅色反光布 | 19800 | 19200 | 19900 | 20400 | 19900 | 19840 |
| 2 | 橘色反光布 | 31400 | 30400 | 30200 | 31600 | 30600 | 30840 |
| 3 | 黃色反光布 | 38800 | 38000 | 38500 | 38800 | 37700 | 38360 |
| 4 | 綠色反光布 | 18600 | 18600 | 18400 | 18400 | 18400 | 18480 |
| 5 | 藍色反光布 | 8200 | 8200 | 8200 | 7900 | 7890 | 8078 |
| 6 | 淺藍色反光布 | 26600 | 28700 | 30700 | 32500 | 33100 | 30320 |
| 7 | 粉紅色反光布 | 30700 | 30500 | 30300 | 30400 | 29800 | 30340 |
| 8 | 銀色反光布 | 35600 | 36400 | 36400 | 35900 | 35400 | 35940 |
| 9 | 格子黃反光布 | 13500 | 14600 | 14700 | 14600 | 14200 | 14320 |
| 10 | 格子橘反光布 | 7900 | 7300 | 7200 | 7500 | 7400 | 7460 |
| 11 | 亮銀反光布 | 35800 | 36000 | 34600 | 35400 | 35000 | 35360 |
| 12 | 七彩反光布 | 18400 | 17900 | 16800 | 18900 | 18300 | 18060 |
| 13 | 反光布（鏡面） | 37100 | 36800 | 36800 | 35800 | 36200 | 36540 |
| 14 | 白紙 | 7200 | 6600 | 6700 | 6800 | 6300 | 6720 |
| 15 | 桌墊 | 14400 | 14300 | 14300 | 14300 | 14300 | 14320 |
| 16 | 反光片 | 4300 | 4200 | 4200 | 4200 | 4200 | 4220 |
| 17 | 鋁烤 | 42500 | 39100 | 44600 | 44400 | 45600 | **43240** |
| 18 | 鋁貼 | 54500 | 53900 | 53200 | 51800 | 53400 | **53360** |
| 19 | 雷貼 | 37900 | 40800 | 35600 | 35500 | 33400 | 36640 |
| 20 | CD 片 | 13800 | 13500 | 13800 | 13800 | 13800 | 13740 |
| 21 | 空管(對照組)(未鋪設材質) | 8300 | 8400 | 8300 | 8200 | 8300 | 8300 |




3. 實驗討論

(1) 實驗發現導光管內鋪設反光材料可提升光照度，其中以鋁箔貼紙最有效提升，其次是烤肉用鋁箔。

(2) 鋁烤、鋁貼、雷貼、紅色反光布、橘色反光布、黃色反光布、綠色反光布、淺藍色反光布、粉紅色反光布、銀色反光布、格子黃反光布、亮銀反光布、七彩反光布和反光布，也可以提升光照度。

(3) 在導光管內鋪設藍色反光布、格子橘反光布和白紙時，竟然比沒有鋪設任何材質的空管還差。

(4) 因此，我們決定在後續的實驗裡採用鋁貼(鋁箔貼紙)和鋁烤(烤肉用鋁箔)材料來貼附在導光管內壁。

（四）實驗四：探討光源入射角度，光照度的變化

1. 實驗步驟

(1) 把量角器用膠帶固定在 PVC 管上方，並將量角器 90 度刻度線對準導光管管口側邊的中心。

(2) 利用燕尾夾把 LED 燈座固定在量角器上。

(3) 將照度計放入基座內，並將高 40 公分的 PVC 管固定在基座上。

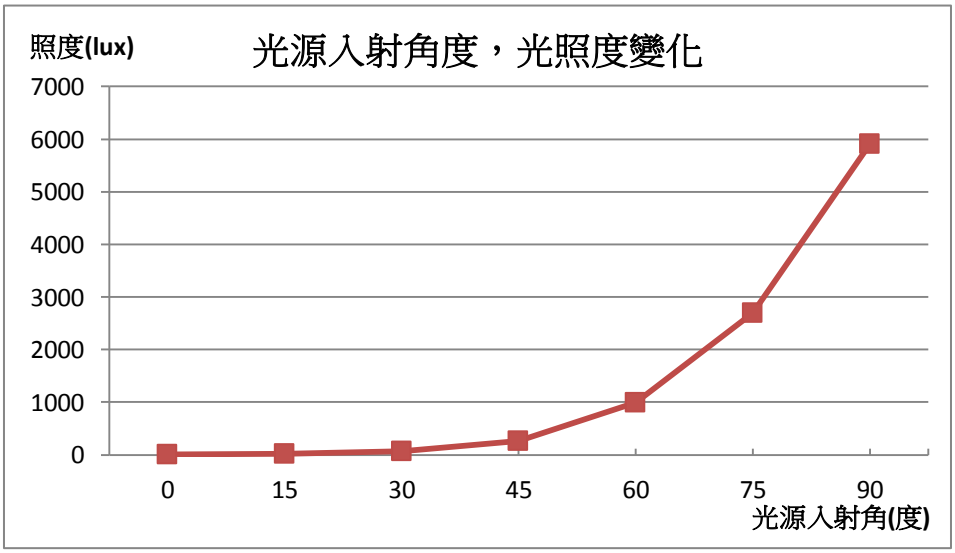
(4) 開啟 LED 燈，測量並予以記錄五次。

(5) 將 LED 燈以 15 度角的增加移動並重複步驟 4-5。

2. 實驗結果

**光源入射角度，光照度變化表** 照度(單位：lux)

| 入射角度 / 實驗次 | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 23 | 60 | 263 | 1005 | 2740 | 5930 |
| 2 | 3 | 23 | 63 | 265 | 1002 | 2720 | 5880 |
| 3 | 3 | 23 | 62 | 262 | 953 | 2740 | 5910 |
| 4 | 3 | 22 | 62 | 260 | 1009 | 2770 | 5890 |
| 5 | 2 | 22 | 69 | 288 | 1006 | 2540 | 5910 |
| 平均 | 2.8 | 22.6 | 63.2 | 268 | 995 | 2702 | 5904 |




3. 實驗討論

(1) 在光源入射角度越接近直射(入射角=90°)的狀況下，照度最高。

有小組成員曾在科學書上看到光可隨水柱轉彎，因此我們想去探討是否可用裝水的水管來當導光管，於是我們開始探討實心導光管的可能性。

實驗中，光可沿著裝滿水的水管及實心壓克力管前進，但是裝滿水的水管怕有漏水的缺點，而實心壓克力不易彎折，無法達到我們的目標。因此我們探討目前在市面上較易取得的實心導光材質-光纖。

利用注滿水的透明軟管導光

（五）實驗五：實心導光管特性探討

實驗五-1：光纖的特性探討 - 不同光纖數量

1. 實驗步驟

(1) 把直徑 0.2 公分、長度 100 公分的塑膠光纖，每 10 條以透明膠帶在頭、尾兩端各 5 公分距離綁成一束，共綁 4 束。

(2) 將 4 束光纖放入壓條內，將照度計和 LED 光源分別固定在光纖的兩端。

(3) 用遮光布蓋住壓條接縫。

(4) 開啓光源測量照度並予以記錄；測量 5 次。

(5) 每次抽出 1 束，重複上述步驟 4。

光源固定在光纖的頭端

將光纖放入壓條內

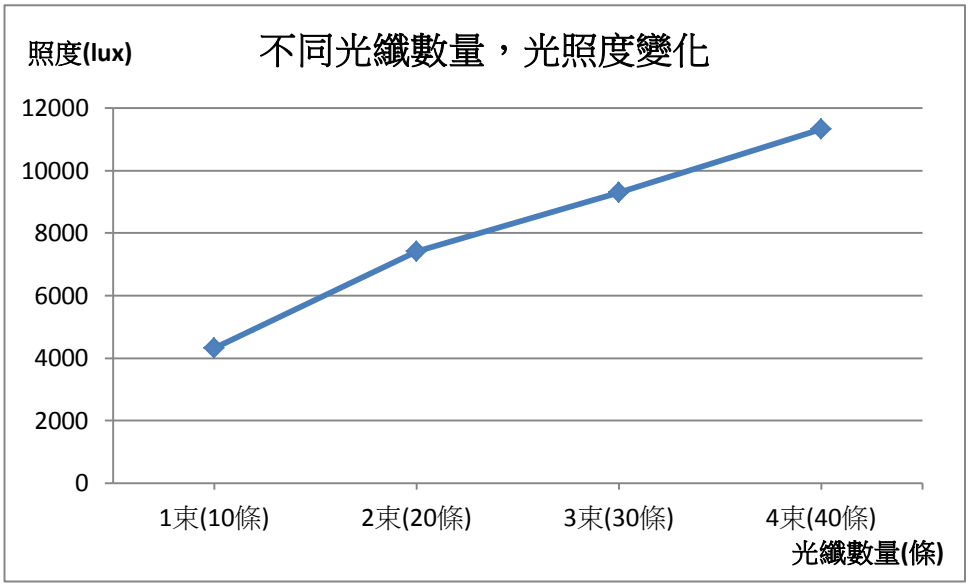
遮光布蓋住壓條接縫

照度計固定在光纖的尾端

2. 實驗結果

不同光纖數量，光照度變化　　照度(單位：lux)

| 光纖數量<br>實驗次 | 1 束(10 條) | 2 束(20 條) | 3 束(30 條) | 4 束(40 條) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 4200 | 7200 | 9200 | 11000 |
| 2 | 4360 | 7500 | 9360 | 11200 |
| 3 | 4320 | 7420 | 9240 | 10800 |
| 4 | 4300 | 7380 | 9280 | 11400 |
| 5 | 4460 | 7520 | 9400 | 12200 |
| 平均 | 4328 | 7404 | 9296 | 11320 |
| 增加光纖束<br>照度成長倍數 | | 1.7 | 2.1 | 2.6 |




3. 實驗討論

(1) 在 LED 燈泡光源下，增加光纖數量的確可增強照度，增強倍數以從 1 束增至 2 束時最強。

(2) 相同光源下，光纖集結可增強光傳輸效果。

實驗五-2：光纖的特性探討 - 光纖彎角角度，光照度變化

1. 實驗步驟

(1) 在紙卡上用量角器以每 15 度刻度畫線 (0，15，30，45，60，75，90)。

(2) 固定紙卡。

(3) 將一條直徑 0.2 公分、長度 100 公分的塑膠光纖固定在桌面上。

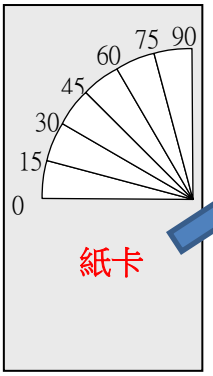
(4) 將光纖直線對準於紙卡上的量角器圓心點。

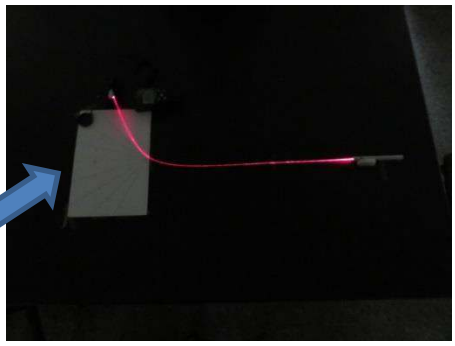
(5) 將雷射筆和照度計固定於光纖的兩端。

(6) 開啟雷射筆和照度計，測試 5 次並記錄。

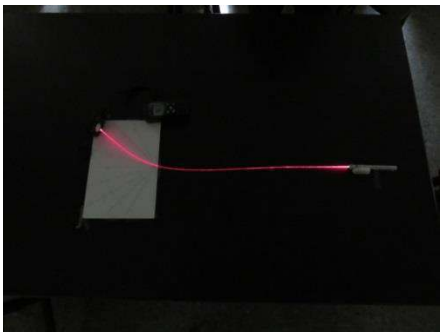
(7) 將光纖尾端（照度計端）以 15 度角增加折彎角度，再重複步驟 6。

將光纖尾端（照度計端）以 15 度角增加折彎角度



光纖尾端彎折 60 度角

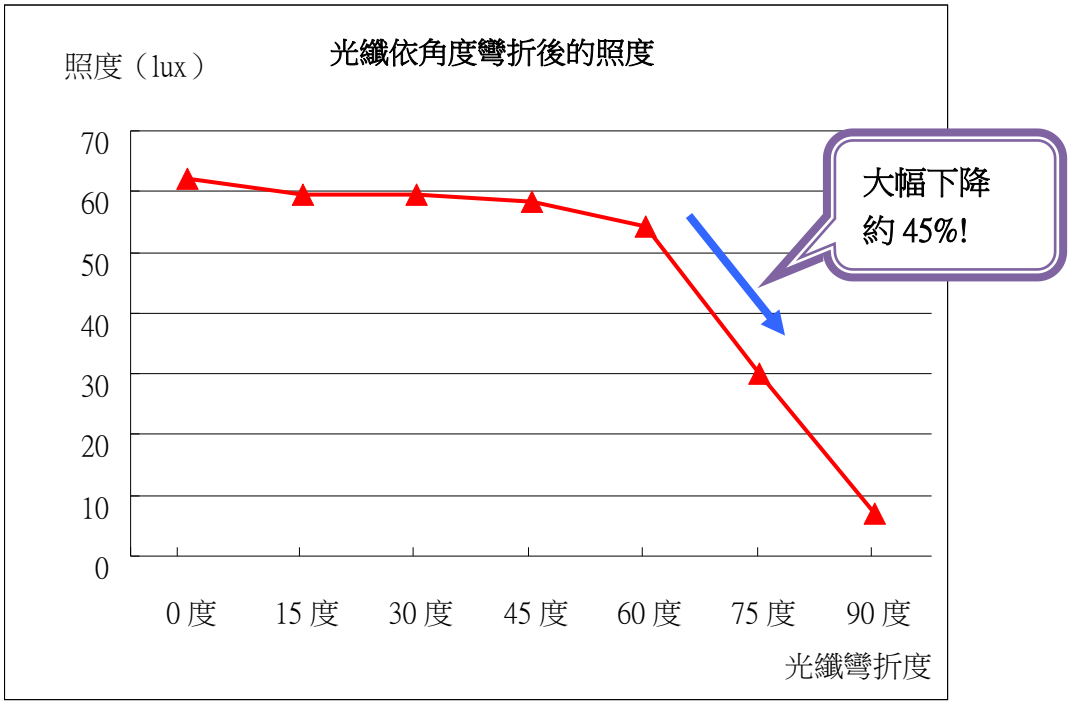


光纖尾端彎折 30 度角

2. 實驗結果

**光纖彎角角度，光照度變化** 照度(單位：lux)

| 光纖彎角 / 實驗次 | 0 度 | 15 度 | 30 度 | 45 度 | 60 度 | 75 度 | 90 度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 66 | 62 | 60 | 58 | 55 | 30 | 9 |
| 2 | 61 | 59 | 57 | 58 | 52 | 32 | 8 |
| 3 | 64 | 61 | 62 | 60 | 52 | 30 | 6 |
| 4 | 62 | 60 | 60 | 58 | 55 | 28 | 6 |
| 5 | 57 | 55 | 58 | 58 | 57 | 30 | 6 |
| **平均** | **62** | **59.4** | **59.4** | **58.4** | **54.2** | **30** | **7** |




3. 實驗討論

(1) 光纖可被彎折，利用光纖傳導光，光纖彎折角度大於 60 度，光照度明顯下降。

若要將自然光源導入室內，必須克服讓光轉彎的問題，因此，如何讓直線前進的光轉彎，我們想到利用光的反射特性。

（六）實驗六：光的反射應用探討

1. 實驗步驟

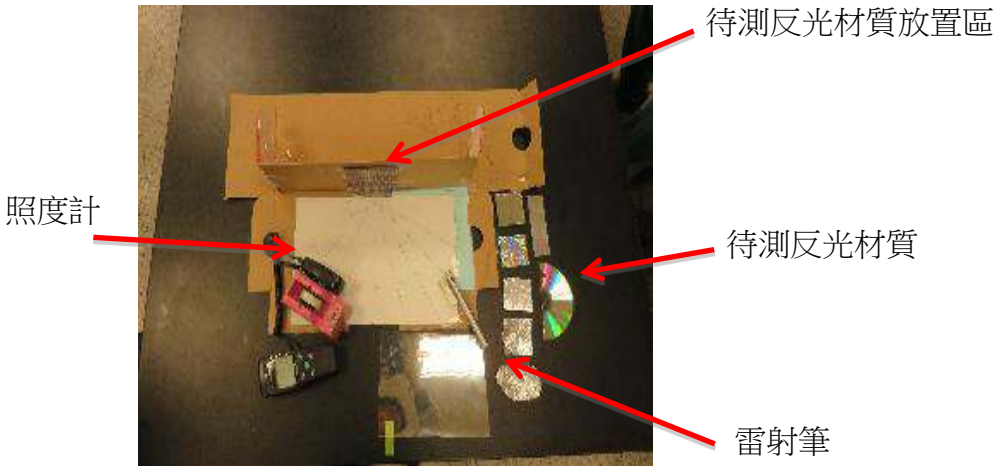
(1) 將一空鞋盒的一長邊面沿著臨角用刀片切開攤平。

(2) 以鞋盒另一未切開的長邊面中心點為基準點，以量角器每 15 度角增加不同度角並在鞋盒底部繪製角度線條。

(3) 在基準點將測試材質以雙面膠帶固定黏在鞋盒直立內面。

(4) 將雷射筆停在每條角度線條，以離基準點 14 公分的同等距離照射，用照度計測量 5 次並記錄。

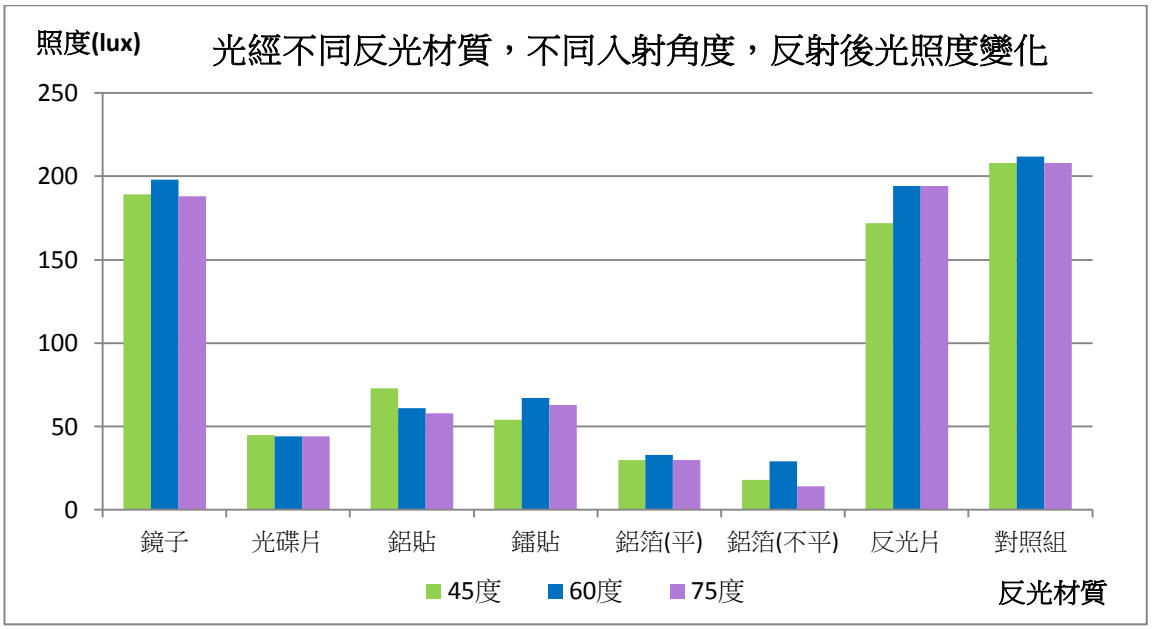
(5) 將不同測試材質重複上述步驟 3 至 4。




2. 實驗結果

**光經不同反光材質，不同入射角度，反射後光照度變化表** 照度(lux)

| 反光材質 | 角度 | | | 與原始照度基礎值比對經反射後照度比例% |
|---|---|---|---|---|
| | 45 度 | 60 度 | 75 度 | |
| 鏡子 | 189 | 198 | 188 | 91.5% |
| 光碟片 | 45 | 44 | 44 | 21. 2% |
| 鋁貼 | 73 | 61 | 58 | 30.6% |
| 鐳貼 | 54 | 67 | 63 | 29.3% |
| 鋁箔(平) | 30 | 33 | 30 | 14.8% |
| 鋁箔(不平) | 18 | 29 | 14 | 9.7% |
| 反光片 | 172 | 194 | 194 | 89.2% |
| 對照組 (未放反光材質) | 208 | 212 | 208 | 100% |



3. 實驗討論

(1) 從實驗中，我們發現鏡子的反射效果最好，其次是反光片。

(2) 因此我們決定在接下來的彎管導光實驗中，採用鏡子和反光片貼附在轉彎處增強導光效果。

找到了具有較佳反射率的材質後，我們接著利用 PVC 直管和彎管進行導光管的結構組合探討。

二、 研究二：彎角導光結構設計探討

（一）實驗七-1：L 型導光管(直管 1+彎管+直管 2)：光經一次轉彎，光照度的變化

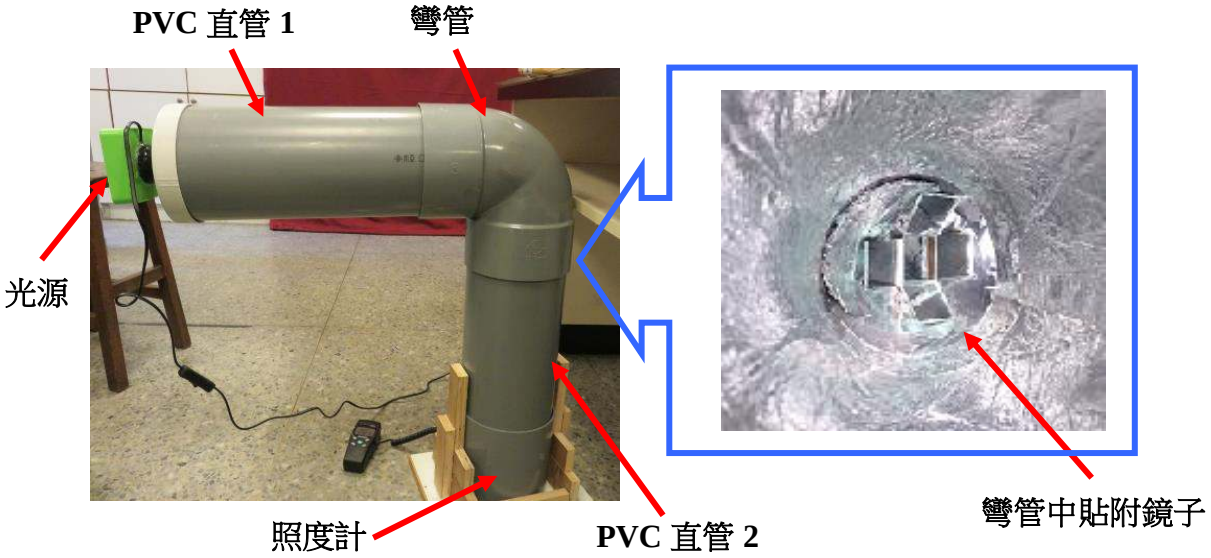
1. 實驗步驟

(1) 將第一段長 40 cm 的 PVC 直管(直管 1)水平放置，再以 L 型彎管連接另一段長 40 cm 垂直放置的 PVC 直管(直管 2)。

(2) 將光源固定於 PVC 直管 1 的開口端，照度計固定於 PVC 直管 2 底部端。

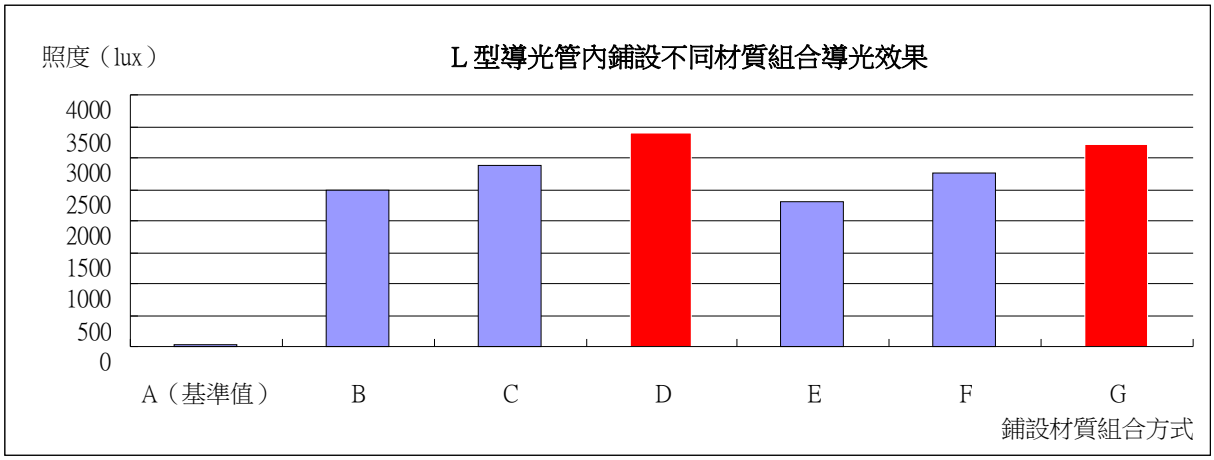
(3) 將上述 2 段 PVC 直管分別貼上鋁貼、鋁烤 2 種材質，搭配在彎管處貼鏡子或反光片共 7 種組合。

(4) 開啟光源，測量照度。觀察貼附不同材質組合的導光效果。



2. 實驗結果

| 組合方式 | | 導光管內鋪設材質 | | | 平均照度 (單位：lux) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 直管 1 | 彎管 | 直管 2 | |
| 對照組 | A | 空管 | 空管 | 空管 | 42 |
| 實驗組 | B | 鋁貼 | 鋁貼 | 鋁貼 | 2478 |
| | C | 鋁貼 | 反射片+鋁貼 | 鋁貼 | 2880 |
| | D | 鋁貼 | 鏡子+鋁貼 | 鋁貼 | 3380 |
| | E | 鋁烤 | 鋁烤 | 鋁烤 | 2308 |
| | F | 鋁烤 | 反射片+鋁烤 | 鋁烤 | 2760 |
| | G | 鋁烤 | 鏡子+鋁烤 | 鋁烤 | 3216 |




實驗中，我們也進行在 L 型導光管內鋪設不同材質組合，光照度提升的變化。我們自己討論將光提升倍數值定義如下：

$$\text{光提升倍數值} = \frac{(\text{Lux不同組合} - \text{Lux空管})}{\text{Lux空管}}$$

**導光彎管內鋪設不同材質組合光提升倍數值比較 - L 型導光管**

| 組合方式 | A(對照組) | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 光提升倍數值 | 基準值 | 58 | 68 | 79 | 54 | 65 | 76 |

3. 實驗討論

(1) 導光管若無貼附任何反光材質，經一次轉彎後，光照度非常低，只有 42 lux。

(2) 導光管貼入反光材質，並在轉彎處貼入反光鏡片，光照度都有大幅提升。實驗中，組合方式 D 在直管裡貼上鋁貼，彎管裡貼上鏡子，最能有效提升導光率，光照度由 42lux 提升至 3380 lux，光提升倍數值達 79 倍。

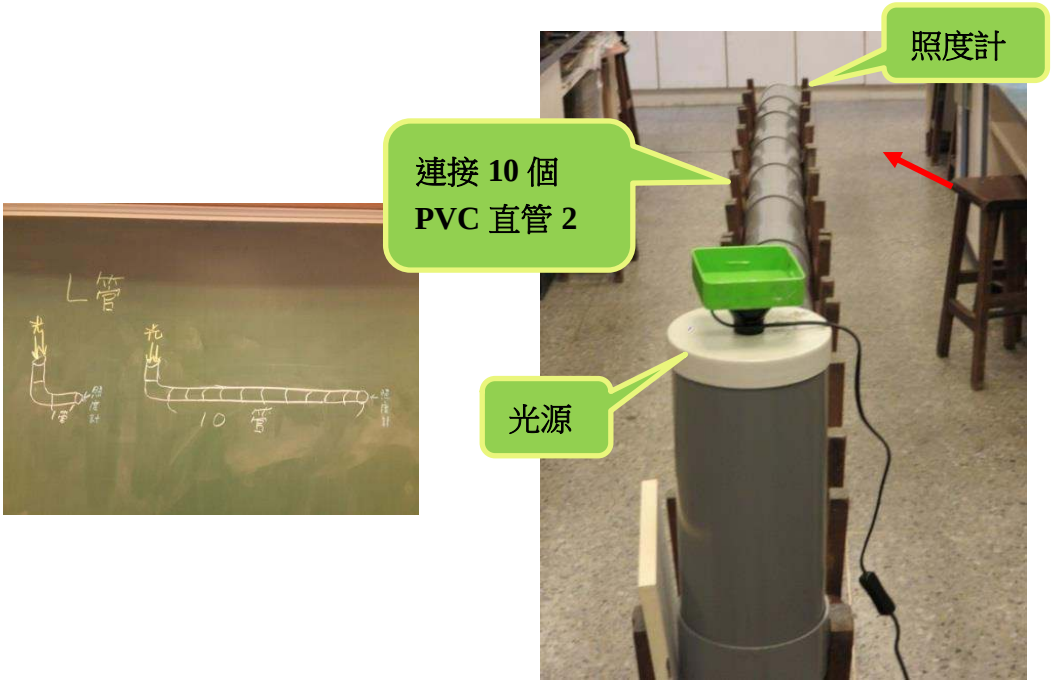
實驗七-2：增加 L 型導光管(直管 2)長度，光照度的變化

1. 實驗步驟

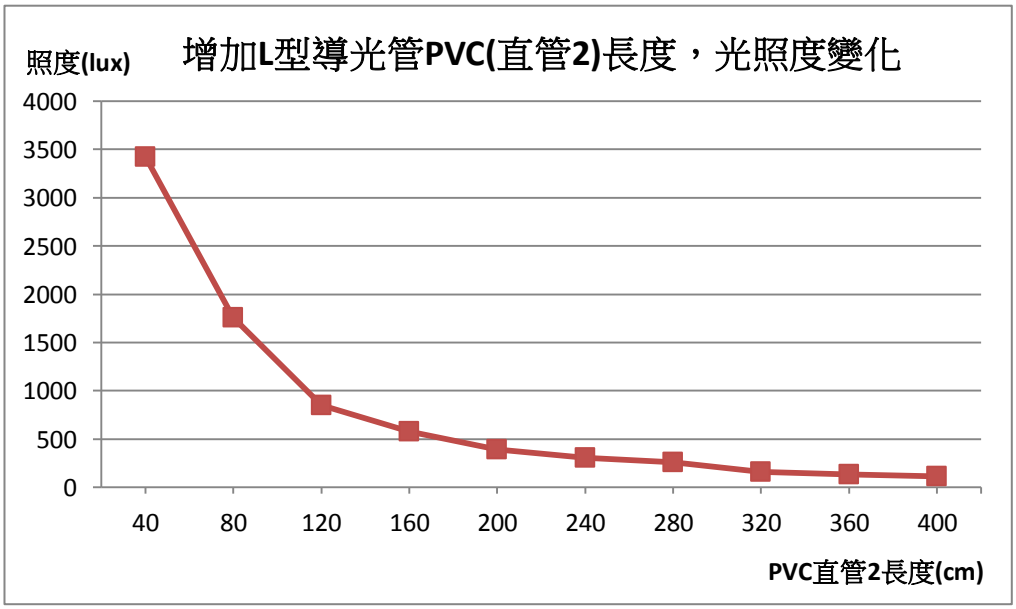
(1) 將光源固定於 PVC 直管 1 的開口端，照度計固定於 PVC 直管 2 底部端。

(2) 將所有 PVC 管貼上鋁貼材質，並在彎管處加貼鏡子。

(3) 增加 PVC 直管 2 的個數，由 1 個至 10 個。開啟光源，測量照度。




2. 實驗結果



（二）實驗八-1：S 型導光管(直管 1+彎管 1+直管 2+彎管 2+直管 3)：光經二次轉彎，光照度變化

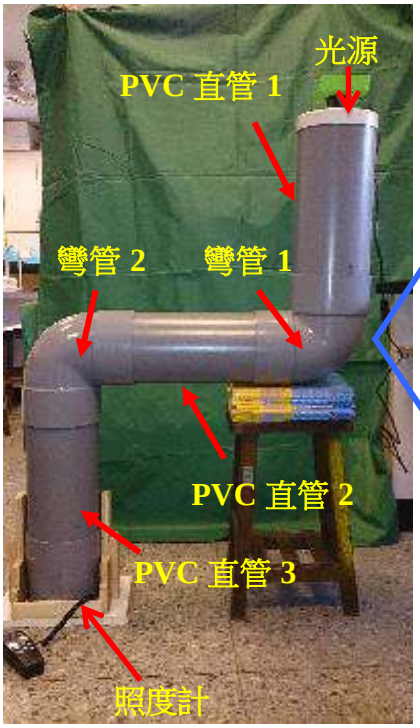
1. 實驗步驟

(1) 將第一段長 40 cm 的 PVC 直管(直管 1)垂直放置，以 L 型彎管(彎管 1)連接一段長 40 cm 水平放置的 PVC 直管(直管 2)，再以另一 L 型彎管(彎管 2)連接另一段長 40 cm 垂直放置的 PVC 直管(直管 3)。

(2) 將光源固定於 PVC 直管 1 的開口端，照度計固定於 PVC 直管 3 底部端。

(3) 將上述 5 段 PVC 管分別貼上鋁貼、鋁烤並在彎管處分別貼上反光片和鏡子的 7 種組合。

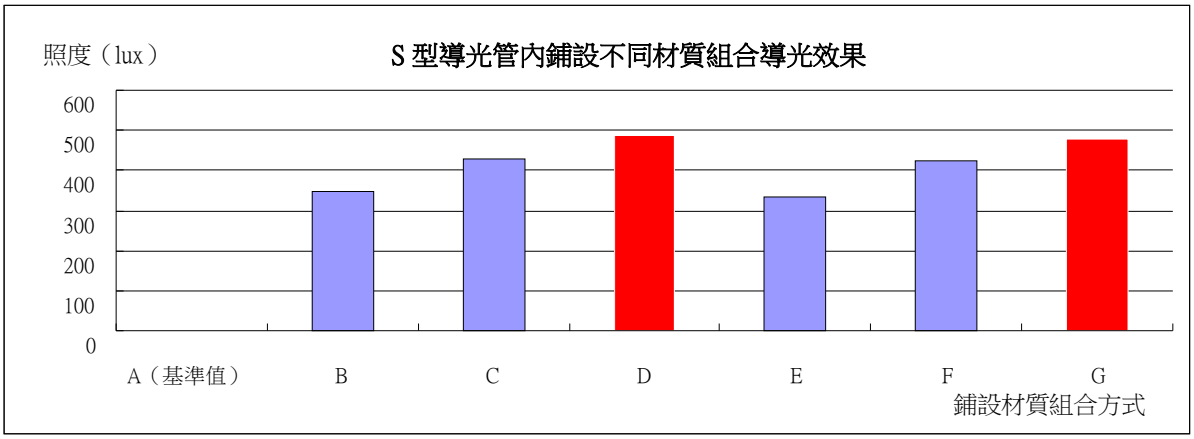
(4) 開啟光源，測量照度。觀察光經兩次轉彎的導光管，貼附不同組合材質的導光效果。



直管內側貼覆鋁烤、彎管貼覆鏡片

2. 實驗結果

| 組合方式 | | 導光管內鋪設材質 | | | | | 平均照度(單位：lux) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 直管 1 | 直管 2 | 直管 3 | 彎管 1 | 彎管 2 | |
| 對照組 | A | 空管 | 空管 | 空管 | 空管 | 空管 | 0.2 |
| 實驗組 | B | 鋁貼 | 鋁貼 | 鋁貼 | 鋁貼 | 鋁貼 | 347 |
| | C | 鋁貼 | 鋁貼 | 鋁貼 | 反光片+鋁貼 | 反光片+鋁貼 | 430 |
| | D | 鋁貼 | 鋁貼 | 鋁貼 | 鏡子+鋁貼 | 鏡子+鋁貼 | 485 |
| | E | 鋁烤 | 鋁烤 | 鋁烤 | 鋁烤 | 鋁烤 | 333 |
| | F | 鋁烤 | 鋁烤 | 鋁烤 | 反光片+鋁烤 | 反光片+鋁烤 | 425 |
| | G | 鋁烤 | 鋁烤 | 鋁烤 | 鏡子+鋁烤 | 鏡子+鋁烤 | 480 |




我們亦分析了在 S 型導光管鋪設不同材質，光照度可提升多少：

$$\text{光提升倍數值} = \frac{(\text{Lux不同組合} - \text{Lux空管})}{\text{Lux空管}}$$

**導光彎管內鋪設不同材質組合光提升倍數值比較- S 型導光管**

| 組合方式 | A(對照組) | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 光提升倍數值 | 基準值 | 1734 | 2149 | 2424 | 1664 | 2124 | 2399 |

3. 實驗討論

(1) 導光管內無論貼入鋁貼，鋁烤，照度都有大幅提升。

(2) 在轉彎處貼上反光片或鏡子，效果更好，光提升倍數值比未貼附任何材質的空管，多了 2424 倍。

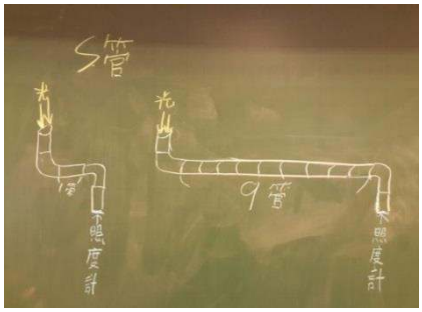
實驗八-2：增加 S 型導光管(直管 2)長度，光照度的變化

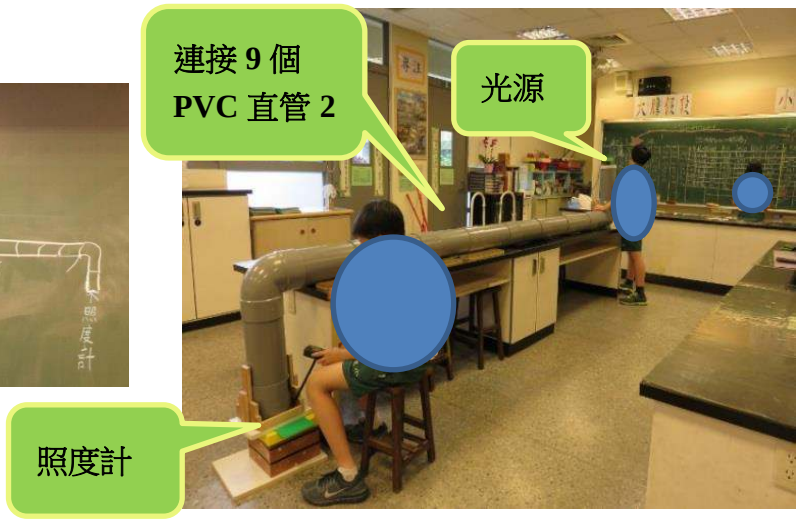
1. 實驗步驟

(1) 將光源固定於 PVC 直管 1 的開口端，照度計固定於 PVC 直管 3 底部端。

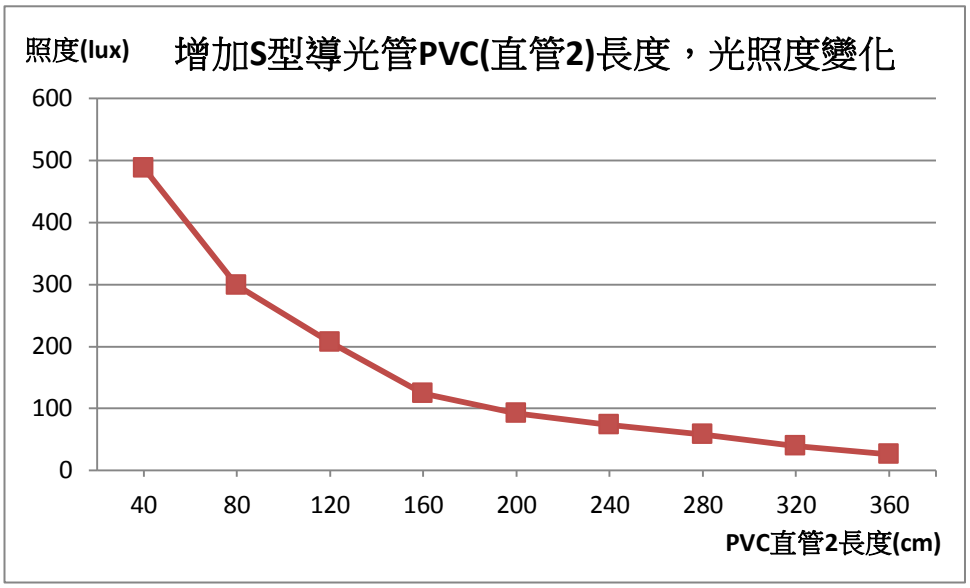
(2) 將所有 PVC 管分別貼上鋁貼並在彎管處加貼鏡子。

(3) 增加 PVC 直管 2 的個數，由 1 個至 9 個。開啟光源，測量照度。



2. 實驗結果




除了要讓光在導光管內有效地傳導外，將太陽光完全地搜集，也是非常重要的課題。我們思考若增加導光管的入口光源量，應可增加光照度，於是進行集光裝置實驗探討。

三、 研究三：集光設計探討

（一）實驗九：利用寶特瓶裝水來集光

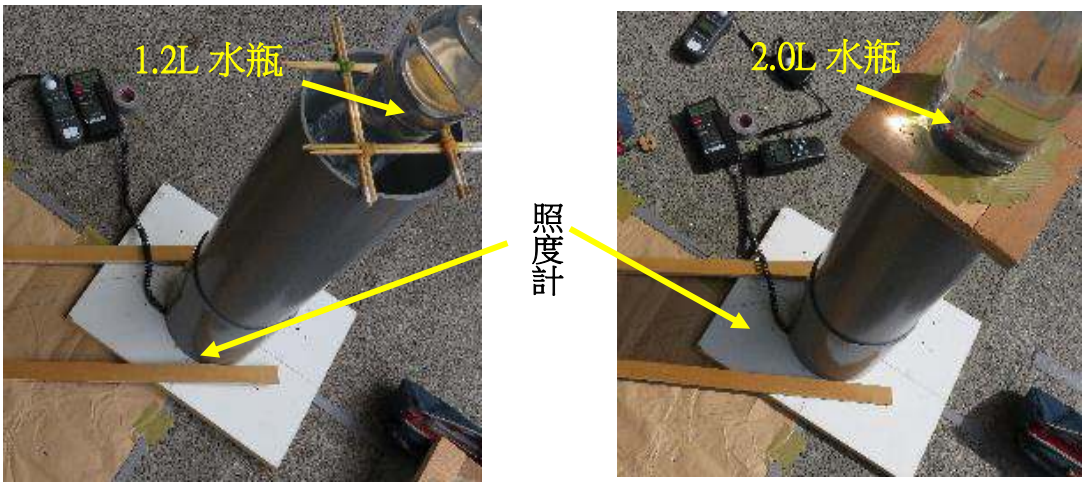
1. 實驗步驟

(1) 將 1.2L 、2L、 6L 的寶特瓶裝滿水。

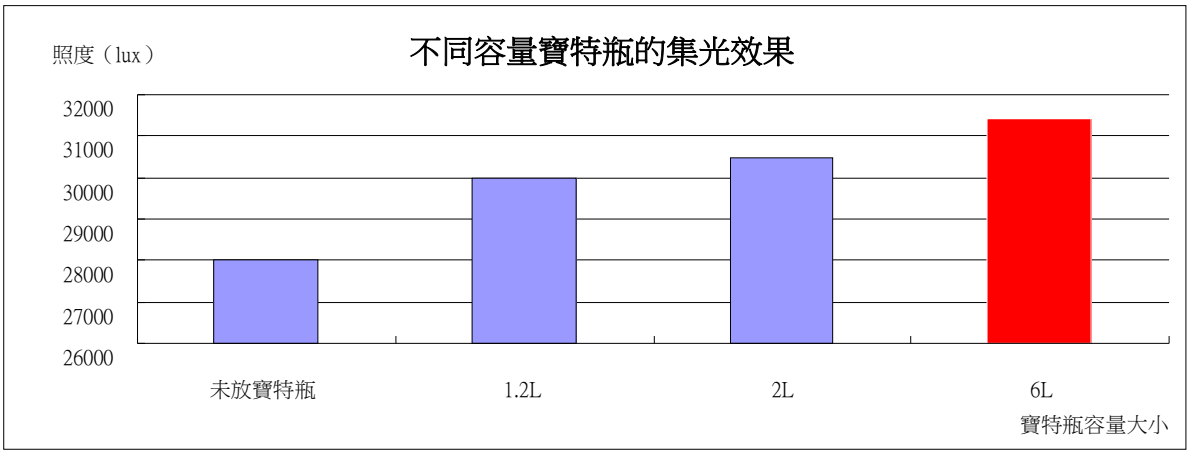
(2) 分別用木板或筷子製成一固定架，固定在寶特瓶瓶身的中間。

(3) 於室外太陽光下，將裝有固定架的寶特瓶水瓶放置在一 40 cm 長的 PVC 管上方端，將照度計放置於 PVC 管底部端。

(4) 觀察並記錄。



2. 實驗結果




3. 實驗討論

(1) 導光管前裝置加水的寶特瓶，具有集光的效果，照度值都比太陽光直接進入導光管大。

(2) 利用加水的寶特瓶進行集光，集光效果 6 L > 2L > 1.2L。

上課時，聽老師說阿基米德曾召集城中百姓手持鏡子排成扇形，將陽光聚焦到羅馬軍艦上，我們就想，是不是可以利用這樣的方式來將光線集中，導入導光管，增加光傳導照度。因此我們找了幾個具有弧面的物品，測試它們的集光效果。

（二）實驗十：利用凹面物品進行集光實驗

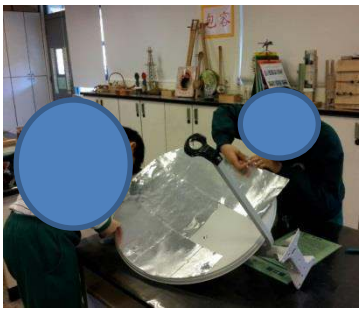
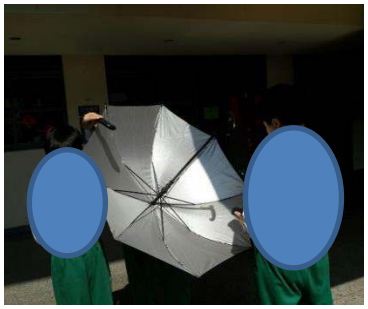
1. 實驗步驟

(1) 在廢棄的碟型天線(小耳朵)、蒸籠、電風扇扇蓋上貼上鋁烤材質、雨傘貼上鋁貼、光碟片及炒菜鍋平放在太陽光下，測量太陽光照度值。

(2) 分別記錄碟型天線、蒸籠、雨傘、電風扇扇蓋及炒菜鍋弧面上的照度值。

(3) 再將照度計朝下測量找尋聚焦點，並記錄最大的照度值。

(4) 重複 2~3 步驟五次並記錄。

| | | |
|---|---|---|
|  | |  |
| 在廢棄的小耳朵貼上鋁烤材質 | 在陽光下找小耳朵焦點 | 沒貼反光材質的雨傘 |

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 陽光下找經傘面反射的焦點 | 炒菜鍋集光效果不錯 | 各種有弧面的物品 |

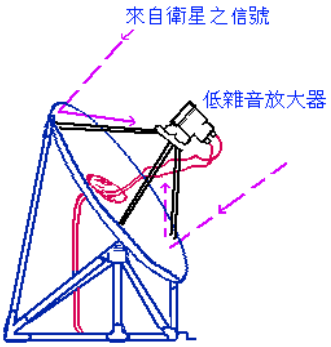
2. 實驗結果

(1) 在實驗中，發現凹面貼附反光材質時，確有集光效果，光線經盤面反射後，在盤面前方可找到單個或多個集光點，在集光點所測得的照度可高於盤面。

3. 實驗討論

(1) 在做實驗的過程中，由於要考慮天候，即使是晴天，太陽亦不時會被天空的雲遮住，使得實驗的進行難度增加。因此我們決定後續採用穩定的大燈在室內進行實驗。

(2) 我們的實驗顯示，小耳朵的集光效果比雨傘、炒菜鍋或蒸籠都好。查詢文獻發現小耳朵是經過設計的單焦弧面，集光效果應該比較好，故後續我們決定用小耳朵繼續實驗。




(碟型天線圖示，摘自：http://www.genbest.com.tw/genbest/dth/recever.htm)

由於小耳朵的集光效果顯著，我們思考若將小耳朵的盤面改鋪設反光效果最佳的鏡子，如果再加上放大鏡，能否再更進一步加強集光效果。

實驗十一：碟型天線＋放大鏡 集光實驗

1. 實驗步驟

(1) 先將廢棄的小耳朵及中耳朵的弧面貼滿鏡子。

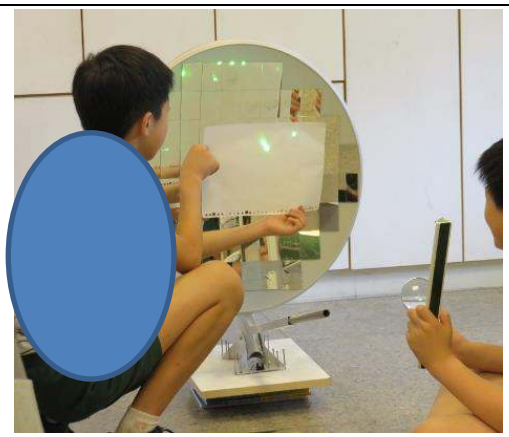
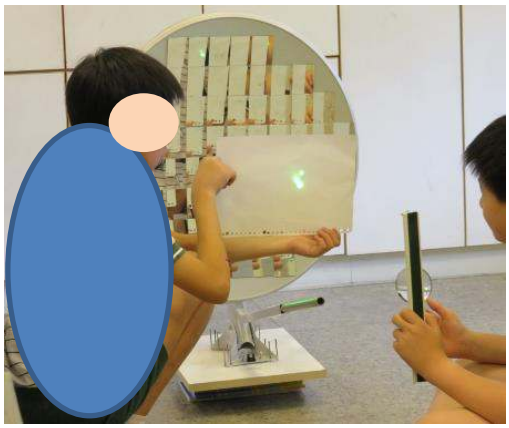
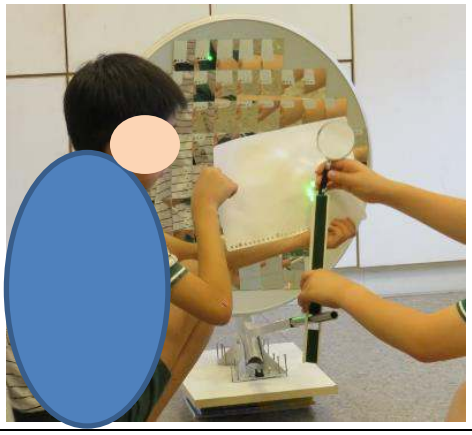
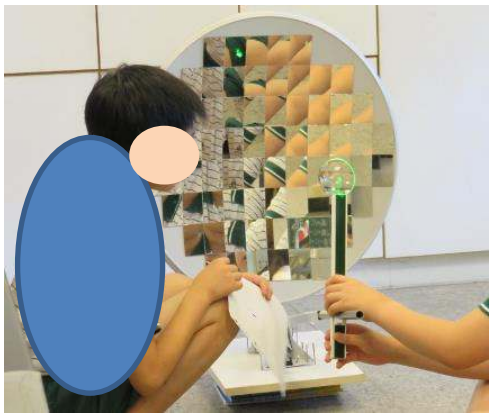
(2) 架設兩隻雷射筆，並將雷射光平行射至盤面。

(3) 取一張白紙，置於盤面中間位置離盤面大約 10cm，前後移動白紙，找尋**兩個反射的雷射光點共同聚焦的位置**，此為**焦點位置**。

(4) 取一段適當高度的壓條，固定一面平凸透鏡於壓條的頂端，確保平凸透鏡位於上述焦點位置。

(5) 利用一盞大燈作為光源，調整光源位置使盤面測得照度值為 500 lux。

(6) 測量焦點位置的照度值，和經過放大鏡後焦點的照度值。

| | |
|---|---|
| | |
| 架設雷射筆，遠處小耳朵弧面貼滿鏡子 | 二個雷射光平行射至小耳朵盤面 |
|  |  |
| 利用白紙，找尋兩個反射的雷射光點 | 前後移動白紙，找尋兩個反射的雷射光點共同聚焦的位置 |
|  |  |
| 找到焦點位置 | 焦點處放置放大鏡 |

2. 實驗結果

| 位置 | 實驗 5 次平均照度 (單位：lux) | |
|---|---|---|
| | 碟型天線(小耳朵) | 碟型天線(中耳朵) |
| 盤面 | 500 | 500 |
| 焦點 | 900 | 2160 |
| 焦點處放置放大鏡 | 3700 | 12730 |

3. 實驗討論

(1) 從數據中我們可以看出碟型天線貼滿鏡片有很好的聚光效果，利用中耳朵聚光，照度由 500lux 提升到 2160 lux

(2) 在中耳朵焦點再架設放大鏡更大幅提升聚光效果，照度由 2160 lux 再提升到 12730 lux。

(3) 我們成功的利用碟形天線(小耳朵及中耳朵)及放大鏡來集光，**集光效果分別達 7 倍及 24 倍之多**。

我們接下來想測試試看，能否將聚集的光透過光纖傳導。我們以上述中耳朵加透鏡並加光纖來進行以下實驗：

實驗十二：碟型天線＋放大鏡+光纖 集光實驗

1. 實驗步驟

(1) 取用 40 根 1m 長的光纖綑成 1 束並且拉直，一端置於中耳朵放大鏡的焦點位置，另一端則是接照度計，測量照度值。

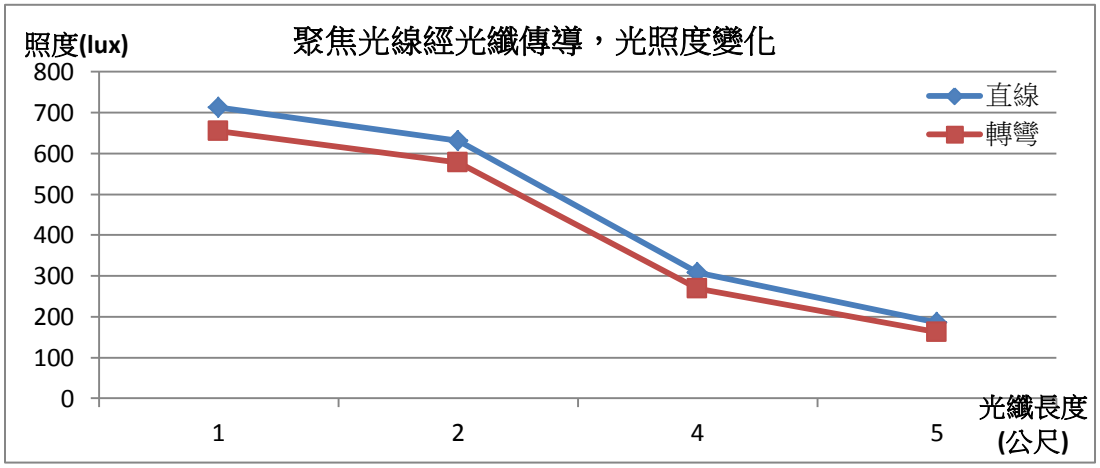
(2) 取用 40 根 1m 長的光纖綑成 1 束並且拉直，一端置於放大鏡的焦點位置，另一端則是穿過 T 型 PVC 管後再接照度計，測量照度值。

(3) 取用 40 根 2m、4m、5m 長的光纖綑成 1 束並且以壓條拉直，重複步驟 1, 2。

| | |
|---|---|
| | |
| 被聚焦的光經光纖直線傳導 | 被聚焦的光經光纖轉彎傳導 |

2. 實驗結果

| 光纖長度(公尺) | 實驗 5 次平均照度 (單位：lux) | |
|---|---|---|
| | 直線 | 轉彎 |
| 1 | 713 | 655 |
| 2 | 631 | 577 |
| 4 | 308 | 268 |
| 5 | 186 | 162 |




3. 實驗討論

(1) 利用光纖導光，光纖轉彎角度對光照度影響不大，導光效果不錯。

四、 模擬整合：自製環保導光系統組合（碟型天線＋放大鏡+光纖+PVC 導光管）

1. 實驗步驟

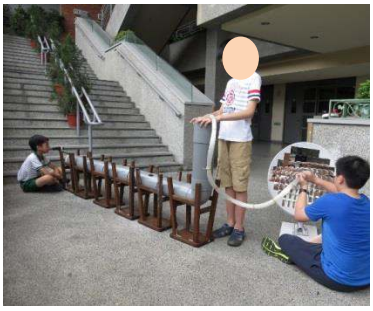
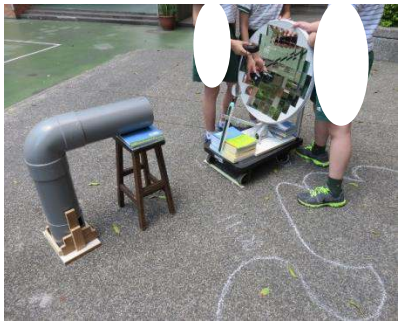
(1) 將 PVC 管組成 L 型導光管及 S 型導光管。

(2) 利用 PVC 直管及連接管，分別延長 L 型導光管及 S 型導光管直管 2 的數量。

(3) 讓陽光進入導光管入口處，在導光管末端，測量照度值。

(4) 取用 1 捆 1m 長的光纖綑成 1 束，一端置於小耳朵放大鏡的焦點位置，另一端則穿過一長度 40cm 的 PVC 管，測量照度值。

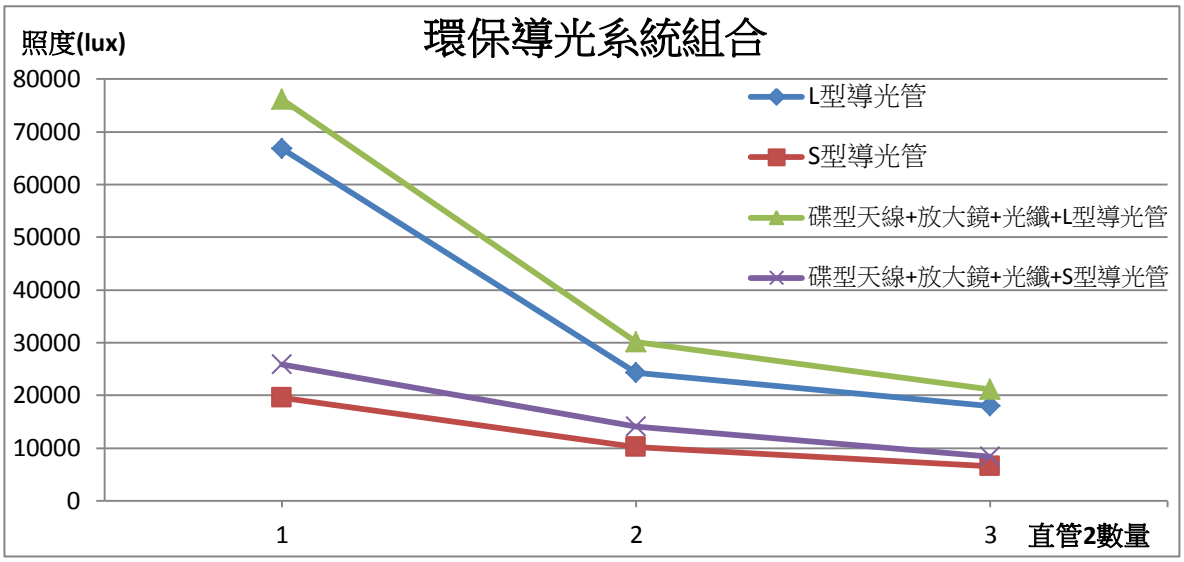
(5) 重複步驟 2.3.，測量照度值。

| | | |
|---|---|---|
| | |  |
| 將太陽光導入 L 型導光管 | 將太陽光導入 S 型導光管 | 陽光經小耳朵及放大鏡集光，再透過光纖導入 L 型導光管 |
| | | |
| 利用小耳朵進行集光 | 實驗不同時間導光系統效果 | 上午 10 點樹影的形狀及位置 |
|  | | |
| 陽光經小耳朵集光導入導光管 | 陽光經小耳朵集光導入光纖 | 陽光經小耳朵集光導入光纖再導入導光管 |

| | |
|---|---|
| | |
| 小耳朵及放大鏡集光，再透過光纖導入 PVC 導光管.(無彎管) | 小耳朵及放大鏡集光，再透過光纖導入 PVC 導光管(有彎管) |

2. 實驗結果

| 自製環保導光系統組合 | | | | | | | 照度(單位：lux) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 導光管結構組合 | 直管 2 數量 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
| L 型導光管 | 1 | 65000 | 68000 | 64000 | 72400 | 64800 | 66840 |
| | 3 | 22000 | 24600 | 23000 | 26000 | 25800 | 24280 |
| | 5 | 17600 | 18000 | 16800 | 17900 | 19400 | 17940 |
| S 型導光管 | 1 | 20100 | 18600 | 19700 | 18800 | 20300 | 19500 |
| | 3 | 10800 | 11000 | 9800 | 10200 | 9400 | 10240 |
| | 5 | 6000 | 6200 | 7200 | 6400 | 7000 | 6560 |
| 碟型天線+放大鏡+光纖+L 型導光管 | 1 | 74200 | 77000 | 73500 | 81800 | 74400 | 76180 |
| | 3 | 28200 | 29800 | 29200 | 31200 | 32000 | 30080 |
| | 5 | 20400 | 21200 | 20000 | 21300 | 22900 | 21160 |
| 碟型天線+放大鏡+光纖+S 型導光管 | 1 | 26900 | 24800 | 26200 | 24800 | 26500 | 25840 |
| | 3 | 14600 | 14800 | 13600 | 14000 | 13200 | 14040 |
| | 5 | 7800 | 8400 | 8800 | 8200 | 8800 | 8400 |




3. 實驗討論

(1) 利用自製環保導光系統組合都能成功地將陽光導入室內，導光效果不錯。

(2) 環保導光系統組合中以碟型天線+放大鏡+光纖+ L 型導光管(1 個直管 2)能導入最多的光，照度約 76180 lux。

(3) 環保導光系統組合中，光經二次轉彎的 S 型導光管(5 個直管 2)導入的光是組合方式中最少的，但導入的光照度也有 6560 lux。

# 陸、 結論

一、 在同樣的光源下，導光管管徑越大，所得到的光照度值越高。

二、 光在導光管中會隨傳導距離增加而衰減，距離越長，光照度越弱。

三、 導光管內鋪設反光材質，可以提升導光效果，在本實驗中以貼附鋁貼、鋁烤材質最有效提升。

四、 利用鏡子和反光片貼附在轉彎處，可增強導光管彎管處的導光效果，光經二次轉彎，比起完全未貼的空心導光管，光照度增強了 2424 倍。

五、 實心導光管以光纖的傳導效果較佳，光纖集結會增強光傳輸效果，光纖經轉彎在一定角度範圍內，光照度損失並不大，實際應用上可行性相當高，但光纖相較於本實驗所使用 PVC 導光管而言，有成本較高的缺點，這是使用光纖來當導光管需考量的因素。

六、 利用裝水的寶特瓶放置在空心導光管上，或將凹面物品平放，都可達到集光的效果，其中以焦點明確的碟型天線效果最好。

七、 在碟型天線盤面鋪設鏡子，並加上放大鏡，大幅提升集光效果，與盤面照度相比提升達 24 倍。

八、 綜合以上實驗結論，我們成功的使用日常生活容易取得的材質，提出一套環保的導光系統，此系統分『集光』及『導光』兩部分：

(一) 、集光部分：以裝滿水的寶特瓶放置在導光管光線入口處，具有集光效果。利用廢棄的碟形天線貼上鏡子，再加上放大鏡聚光，集光效果更佳，大幅提升入射光的強度達 24 倍之多。

(二、) 導光部分：我們提出 L 型及 S 型導光管佈建，以空心 PVC 管做導光管，在管內鋪設像鋁貼、鋁烤的反光材質，並在轉彎處貼附鏡子或反光片即可以大幅提升導光效果，此方法優點是價格低。同時，也可使用實心導光管—光纖，但是成本較高是考量因素。

台灣日照充足，陽光是台灣的資產之一，目前我們可利用太陽能板來發電，達到節能的效果，然而太陽能板主要是將光轉電，電再轉光，使 LED 燈泡或燈管發亮。而我們所提出的導光系統是將光導入室內直接取用，減少能源轉換的損失亦無設置後維修困擾。將太陽光導入室內，並非要取代室內所有光源，我們希望能利用導光管所導入的光輔助室內的照明功能，降低室內燈管的瓦特數，達到節能減碳的效果。

我們提出的環保的導光系統模型屋，如下圖所示：

# 柒、 參考資料


1. 一公升光明 菲國用寶特瓶水燈取光 https://www.youtube.com/watch?v=-WTvGtdLVLU。
2. Liter of Light http://literoflight.org/#/popup。
3. 光之進行曲 https://www.youtube.com/watch?v=IAvIRDH8sCgA。
4. 太陽能光管系統 https://www.youtube.com/watch?v=37axeTSQf08。
5. 太陽能烤肉 https://www.youtube.com/watch?v=YrOLE4yfUu4。
6. 中華民國第 50 屆中小學科學展覽會作品說明書：030115 轉角遇到光。
7. 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會作品說明書： 080104 引「光」入室－探究影響寶特瓶燈泡照明表現的各種因素。
8. 中華民國第 47 屆中小學科學展覽會作品說明書：080836 光纖及雷射導光在建築物振幅及結構安全可行性之探討。

## 【評語】080120

能想到把太陽直線的光線轉彎並利用，想法獨特，但如現實生活要將研究結果應用，可再探討其可行性。