

嘉義市第 37 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：鑿壁借光——光「照」透了！

關 鍵 詞：照度、透鏡、透明塑膠管

編 號：

鑿壁借光——光「照」透了！

摘要

本研究是針對不同管長與不同透鏡間的照度與光照面積的變化。研究過程中，我們發現管子的長度會影響測試箱內的照度與光照面積，凸透鏡聚光效果優於無透鏡；凹透鏡發散光線，會產生較大的光照面積。放大到 60*60*60 的空間，效果亦成立。可以做為建築工法的參考。

壹、研究動機

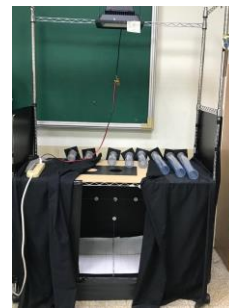
從人的研究看到利用保特瓶內裝水並加入預防細菌滋生、讓太陽光線穿透保特瓶時的照度可以更好。然而「透過寶特瓶裝水放置於屋頂，以增加室內照度的效果，並不比直接照射好！」裝設此裝置的效用為何？讓我們重新思考，有沒有一種方法，可以讓這樣的概念成為可行的建築工法。所以，修正保特瓶瓶壁材質的均勻度不佳的不確定性，省去加水防菌的步驟，我們改以探究透鏡成像方式，了解光線行進路線，並進一步研究：需要有哪些設置，讓光線從二樓屋頂進入後，可以將光傳遞至一層漆黑的屋內呢？嘗試用不同透鏡與不同透明管的組合進行室內空間的照度與光照面積的測量，希望這個研究能夠讓太陽能的照明能夠更具體可行地在建築中落實。依照空間不同的需求可以提供不同的組合。

貳、研究目的

- 一、探究測試裝置在開燈後的時間長短與照度大小的關係。
- 二、探究測試裝置與燈源之間的距離高度，對照度與光照面積變化的影響。
- 三、探究管狀物裝設在測試箱中，燈光對測試空間所產生的照度與光照面積的影響。
- 四、探究鑿壁借光的實驗結果在等比例放大空間的適用性。

參、研究設備及器材

- 一、光照裝置：鐵架與燈源（有聚光效果的 50 瓦 LED 投射燈）、智高積木架子、時間定時器。



- 二、測試器材：

1. 測試箱：長 30 cm、寬 30 cm，底部鋪 0.5 公分的方格紙。

2. 測試儀器：照度計

- 三、透鏡組合：

1. 雙凸(+7.2Dpt, f 約 140mm)、平凸(+5.6Dpt, f 約 180mm)、凹凸(+1.3Dpt, f

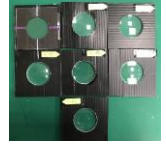


約 770mm)。

2.雙凹(-7.2Dpt, f 約 180mm)、平凹(-5.6Dpt, f 約 180mm)、凸凹(-2.0Dpt, f 約 500mm)。

3.平面透鏡。

4.凸透鏡(如：遠視鏡片)的度數是正數(+), 凹透鏡(如：近視鏡片)的度數是負數(-)。



備註：Dpt, 即為「Diopter」, 稱為屈光度或焦度, 是焦距(f)的倒數, 也是度量透鏡或曲面鏡屈光能力的單位, 國際單位制的單位是 m^{-1} 。

四、透明塑膠管：管徑 6cm, 管長分別為 5cm、10cm、15cm、20cm、25cm、27.5cm、40cm、45cm、50cm、55cm。



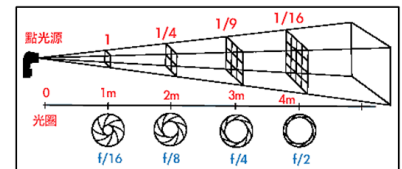
五、其他：黑紙、鋁箔紙。



肆、研究過程或方法

一、研究測試裝置的開燈時間長短與照度數值的關係。

本來, 我們想先探究「實驗二」——了解測試箱底部距離探照燈高度的不同, 對測試箱底面照度和光照面積的影響。因為測試完畢, 且在研討相關數據時, 想再進一步探究其更緊密的關係, 卻發現：燈具關閉後, 雖再度開啟, 但是所測試的數據卻無法馬上出現「再現性」, 因此, 我們細究並思考造成此情況的因素為何? 難道是……開啟燈具也需要運作時間才能達到穩定的照度效果? 我們設計下列的實驗操作以探究之。



圖片來源：
https://market.cloud.edu.tw/content/vocation/art/ks_he/htm/content/ch17/New_Pages/lighting_1.html

實驗一主要是針對開燈後時間對照度數值變化的影響進行測試, 所以應變變因皆是照度數值的變化, 以下實驗設計就不再陳述。

(一)實驗一-1：測試裝置在開燈後, 每隔 5 分鐘的照度變化情形。

1.操縱變因：探照燈分別開啟 0、5、10、15……45 分鐘後的照度大小。

控制變因：光照距離(距燈 70 公分處, 實驗在實驗二)、採用同一測試裝置、……。

2.實驗步驟：

(1)用碼表計時探照燈開啟後的時間。

(2)使用機關零件, 研究並設置測試時所需要的裝置(如圖 1)。



圖 1:製作實驗裝置與實驗歷程

(3)將照度計放在距離燈具下面 70 公分處, 測量出在開啟探照燈 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘……45 分鐘之後照度的數值, 且紀錄之。

(4)操作完後, 想進一步了解, 這些數值的準確性與重現性, 因此, 我們關閉燈源, 經過四小時, 再進行相同測試且紀錄之。

(5)為了確認不同天的相同時辰, 是否也能達成相同的數值與準確性, 所以我們在隔天上午

的相同時辰，再進行一次相同測試且紀錄之。

(二)實驗一-2：測試在開燈後，將相隔時間拉長，且測試 1 小時之後的照度數值變化。

1.操縱變因：燈具開啟後，相隔時間至少 1 小時左右，再用照度計做一次測量。

控制變因：光照距離(距燈 70 公分處)、採用同一測試裝置、……。

2.實驗步驟：

(1)沿用實驗一-1 的實驗裝置與步驟。

(2)但將測試的時間間隔拉長為 1 小時左右，並測試出 1 小時到 6 小時之間的照度數值，紀錄之。

實驗二主要是針對開燈後一段時間光照距離對照度數值變化和光照面積的影響進行測試，所以應變變因皆是照度數值的變化和光照面積的變化，以下實驗設計就不再陳述。

二、光照距離不同，對測試箱底面的照度和光照面積的影響。

(一)實驗二：測試光源到測試箱底不同距離，照度和光照面積數值變化產生的影響

1.操縱變因：光照距離不同，分別為 20、30、40、50、60、70、80 等公分。

控制變因：燈開 1.5 小時(照度約為 214lux)後進行測試、……。

2.實驗步驟：

(1)已先將時間定時器設定開燈時間為實驗測試時間往前推 1.5 小時(每天 6:30 和 11:30)。

(2)本實驗調整測試裝置的光照距離分別為 20、30、40、50、60、70、80 等公分處。

(3)測試時，照度計放置於測試箱底部，將測得的照度記錄之。

(4)另外，測試時，也將 0.5 公分的方格紙固定放置在測試箱底部，測量並計算光照面積，紀錄之。

(5)使用機關零件，研究並設置測試時所需要的裝置（如圖二）



圖 2.實驗裝置與過程.

實驗三主要是針對開燈 1.5 小時後一段時間固定光照距離在 70 公分高度，不同管狀物與不同透鏡之間對測試箱底照度數值變化和光照面積的影響進行測試，操縱變因均是不同管長，應變變因皆是照度數值的變化和光照面積的變化，以下實驗設計就不再陳述。

三、探究裝設管狀物的狀態（長短、透明與包覆）對於不同透鏡之間相對應的關係。

(一)實驗三-1-1：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、無透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、無透鏡

2.實驗步驟：

(1)將燈開到 1.5 小時後測量，將裝置設在 70 公分處。

(2)將箱子放在燈的正下方的實驗裝置上，使光源投射在箱底正中央，並觀察光照面積是否成一個圓和其最亮點。

(3)測試未放置透明管子時的照度與光照面積，當作對照組記錄之。

(4)測試管長 5 公分、10 公分、15 公分、20 公分、25 公分、27.5 公分的照度與光照面積，當作實驗組，繪製表格記錄之。

(5)實驗裝置如下圖 3



圖 3、實驗裝置與歷程

(二)實驗三-1-2：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、雙凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、雙凸透鏡

2.實驗步驟：

(1)將燈開到 1.5 小時後測量，將裝置設在 70 公分處。

(2)將箱子放在燈的正下方的實驗裝置上，使光源投射在箱底正中央，並觀察光照面積是否成一個圓和其最亮點。

(3)測試管長 5 公分、10 公分、15 公分、20 公分、25 公分、27.5 公分，在透明管子正上方放置雙凸透鏡後的照度與光照面積，當作實驗組，繪製表格記錄之。

(三)實驗三-1-3：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、平凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、平凸透鏡

2.實驗步驟：同實驗三-1-2，僅置換成平凸透鏡。

(四)實驗三-1-4：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、凹凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、凹凸透鏡

2.實驗步驟：同實驗三-1-2，僅置換成凹凸透鏡。

(五)實驗三-1-5：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、凸凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、凸凹透鏡

2.實驗步驟：同實驗三-1-2，僅置換成凸凹透鏡。

(六)實驗三-1-6：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、平凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、平凹透鏡

2.實驗步驟：同實驗三-1-2，僅置換成平凹透鏡。

(七)實驗三-1-7：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、雙凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、雙凹透鏡

2.實驗步驟：同實驗三-1-2，僅置換成雙凹透鏡。

(八)實驗三-1-8：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、平面鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、平面鏡

2.實驗步驟：同實驗三-1-2，僅置換成平面鏡。

(九)實驗三-2-1：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、無透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆黑紙、無透鏡

2.實驗步驟：

(1)將燈開到 1.5 小時後測量，將裝置設在 70 公分處。

- (2)將箱子放在燈的正下方的實驗裝置上，使光源投射在箱底正中央，並觀察光照面積是否成一個圓和其最亮點。
- (3)測試未放置透明管子時的照度與光照面積，當作對照組記錄之。
- (4)測試管長 5 公分、10 公分、15 公分、20 公分、25 公分、27.5 公分的照度與光照面積，當作實驗組，繪製表格記錄之。
- (5)實驗裝置如圖 4，實驗歷程同圖 3

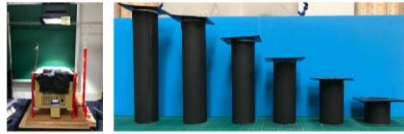


圖 4. 包覆黑紙管長與不同透鏡的實驗裝置。

- (十)實驗三-2-2：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、雙凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化
 - 1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆黑紙、雙凸透鏡
 - 2.實驗步驟：
 - (1)將燈開到 1.5 小時後測量，將裝置設在 70 公分處。
 - (2)將箱子放在燈的正下方的實驗裝置上，使光源投射在箱底正中央，並觀察光照面積是否成一個圓和其最亮點。
 - (3)測試管長 5 公分、10 公分、15 公分、20 公分、25 公分、27.5 公分，在管子正上方放置雙凸透鏡後的照度與光照面積，當作實驗組，繪製表格記錄之。
- (十一)實驗三-2-3：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、平凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化
 - 1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆黑紙、平凸透鏡
 - 2.實驗步驟：同實驗三-2-2，僅置換成平凸透鏡
- (十二)實驗二-4：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、凹凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化
 - 1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆黑紙、凹凸透鏡
 - 2.實驗步驟：同實驗三-2-2，僅置換成凹凸透鏡
- (十三)實驗三-2-5：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、凸凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化
 - 1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆黑紙、凸凹透鏡
 - 2.實驗步驟：同實驗三-2-2，僅置換成凸凹透鏡
- (十四)實驗三-2-6：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、平凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化
 - 1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆黑紙、平凹透鏡
 - 2.實驗步驟：同實驗三-2-2，僅置換成平凹透鏡
- (十五)實驗三-2-7：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、雙凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化
 - 1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆黑紙、雙凹透鏡
 - 2.實驗步驟：同實驗三-2-2，僅置換成雙凹透鏡
- (十六)實驗三-2-8：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、平面鏡箱裡照度和光照面積數值的變化
 - 1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆黑紙、平面鏡

2.實驗步驟：同實驗三-2-2，僅置換成平面透鏡
分，在管子正上方放置平面鏡後的照度與光照面積，當作實驗組，繪製表格記錄之。
(十七) 實驗三-3-1：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、無透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

- 1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆鋁箔紙、無透鏡
- 2.實驗步驟：
 - (1)將燈開到 1.5 小時後測量，將裝置設在 70 公分處。
 - (2)將箱子放在燈的正下方的實驗裝置上，使光源投射在箱底正中央，並觀察光照面積是否成一個圓和其最亮點。
 - (3)測試未放置透明管子時的照度與光照面積，當作對照組記錄之。
 - (4)測試管長 5 公分、10 公分、15 公分、20 公分、25 公分、27.5 公分的照度與光照面積，當作實驗組，繪製表格記錄之。
 - (5)實驗裝置如圖 5



圖 5.包覆鋁箔紙的管長與不同透鏡的裝置

(十八)實驗三-3-2：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、雙凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

- 1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆鋁箔紙、雙凸透鏡
- 2.實驗步驟：
 - (1)將燈開到 1.5 小時後測量，將裝置設在 70 公分處。
 - (2)將箱子放在燈的正下方的實驗裝置上，使光源投射在箱底正中央，並觀察光照面積是否成一個圓和其最亮點。
 - (3)測試管長 5 公分、10 公分、15 公分、20 公分、25 公分、27.5 公分，在管子正上方放置雙凸透鏡後的照度與光照面積，當作實驗組，繪製表格記錄之。

(十九)實驗三-3-3：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、平凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

- 1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆鋁箔紙、平凸透鏡
- 2.實驗步驟：同實驗三-3-2，僅置換成平凸透鏡

(二十)實驗三-3-4：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、凹凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

- 1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆鋁箔紙、凹凸透鏡
- 2.實驗步驟：同實驗三-3-2，僅置換成凹凸透鏡

(二十一)實驗三-3-5：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、凸凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

- 1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆鋁箔紙、凸凹透鏡
- 2.實驗步驟：同實驗三-3-2，僅置換成凸凹透鏡

(二十二)實驗三-3-6：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、平凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆鋁箔紙、平凹透鏡

2.實驗步驟：同實驗三-3-2，僅置換成平凹透鏡

(二十三)實驗三-3-7：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、雙凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆鋁箔紙、雙凹透鏡

2.實驗步驟：同實驗三-3-2，僅置換成雙凹透鏡

(二十四)實驗三-3-8：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、平面鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(70 公分)、包覆鋁箔紙、平面鏡

2.實驗步驟：同實驗三-3-2，僅置換成平面透鏡

實驗四主要針對開燈後一段時間測試箱等比例放大在 60*60*60 空間的照度數值變化和光照面積的影響進行測試，應變變因皆是照度數值的變化和光照面積的變化，以下實驗設計就不再陳述。

四、探究鑿壁借光的實驗結果在等比例放大空間的適用性。

(一)實驗四-1：在 60*60*60 的空間，不同管長在放大空間與無透鏡產生的照度與光照面積的變化

1.操縱變因：不同管長(40 公分、45 公分、50 公分、55 公分)

控制變因：燈開 1.5 小時後的照度(約 214lux)、距燈高度(140 公分)、無透鏡

2.實驗步驟：

(1)將燈開到 1.5 小時後測量，將燈設在 140 公分處。

(2)將箱子放在燈的正下方的實驗裝置上，使光源投射在放大空間底部正中央，並觀察光照面積是否成一個圓和其最亮點。

(3)測試管長 40 公分、45 公分、50 公分、55 公分在管子正上方無放置透鏡後的照度與光照面積，當作實驗組，繪製表格記錄之。

(4)實驗裝置如圖 6、圖 7、圖 8



五、實驗發現：

- 1.開燈 1.5 小時，燈源照度趨於定值。實驗中不小心關到燈，所以延遲測量時間，如果之後有遇到類似的問題，將照度器放在 70 公分處，照度落在 201lux~205lux 之間，即可測量。
- 2.不同透鏡的測量，凸透鏡照度比凹透鏡大，而凹透鏡的光照面積則比凸透鏡大，無透鏡和平面鏡介於中間。
- 3.實驗數據也會受到環境中的光線影響，所以在實驗開始要先進行無透鏡的照度測試，與其他時間操作的數值做一個比較。

伍、研究結果

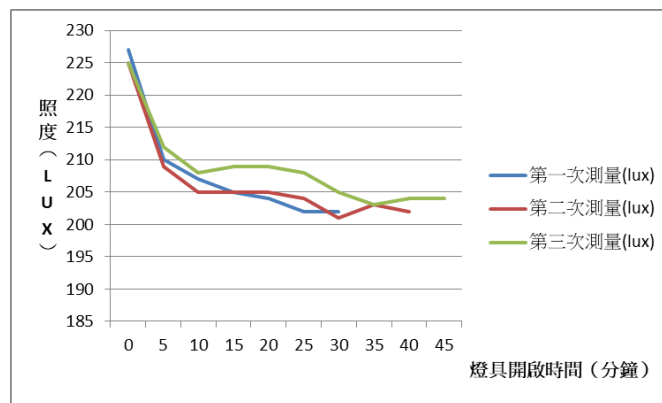
一、研究測試裝置的開燈時間長短與照度數值的關係。

(一)實驗一-1：測試裝置在開燈後，每隔 5 分鐘的照度變化情形。

1.記錄與結果

測量日期—時間	1/7— 8:10~8:40	1/7—12:40~13:30	1/8— 8:10~8:55
燈具開啟時間(分鐘)	第一次測量(lux)	第二次測量(lux)	第三次測量(lux)
0	227	225	225
5	210	209	212
10	207	205	208
15	205	205	209
20	204	205	209
25	202	204	208
30	202	201	205
35	.	203	203
40	.	202	204
45	.	.	204

2.實驗統計圖表：



圖表 35.間隔 5 分鐘照度測試

3.分析與討論：

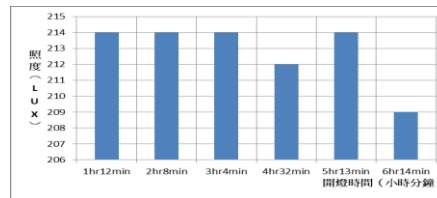
第一次測量沒有考慮再現性，所以看到 25 分鐘和 30 分鐘的數據相同就停止；第二次測到 40 分鐘時數值穩定則停止；第三次想了解燈源隔夜後的測試出來的照度是否有差異。

(二)實驗一-2：測試在開燈後，將相隔時間拉長，且測試 1 小時之後的照度數值變化。
 根據實驗一-1，我們拉長時間，改成每過約一小時進行測量。

1.記錄與結果

時間	照度	備註
1hr12min	214lux	.
2hr8min	214lux	.
3hr4min	214lux	持續跳動 211lux~215lux
4hr32min	212lux	持續跳動 212lux~213lux
5hr13min	214lux	.
6hr14min	209lux	.

2.實驗統計圖表：



圖表 36.間隔 1 小時的照度變化

3.分析與討論：

我們發現開燈一小時後，照度更穩定，所以往後的實驗，開燈 1.5 小時再進行實驗。

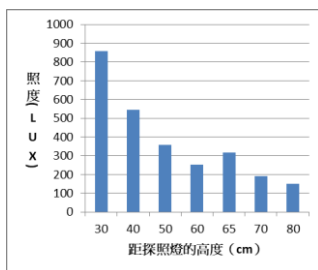
二、光照距離不同，對測試箱底面的照度和光照面積的影響。

(一)實驗二：測試光源到測試箱底不同距離，照度和光照面積數值變化產生的影響

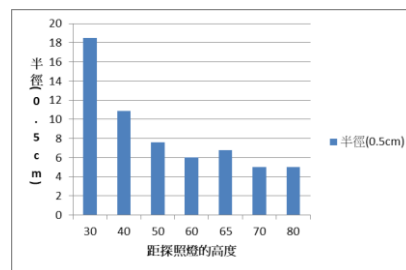
1.記錄與結果

高度(cm)	照度(lux)	半徑(cm)	第二次測量照度
30	858	18.5	.
40	545	10.9	.
50	359	7.6	360
60	253	6	369
65	318	6.8	.
70	191	5	.
80	151	5	.

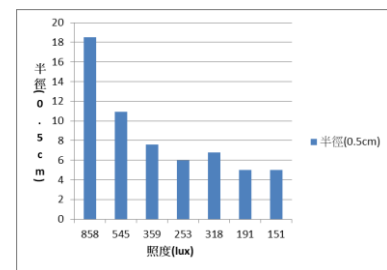
2.實驗統計圖表：



圖表 37.照度與高度關係



圖表 38.高度與光照面積半徑關係



圖表 39.照度與光照面積半徑關係

3.分析與討論：

我們發現從 21 公分開始，才測得到照度(因為 20 公分以上，照度超過 2000lux)。實驗中發現 65 公分處的照度和半徑的數據比 60 公分的數據還大，所以重新測量。

三、探究裝設管狀物的狀態（長短、透明與包覆）對於不同透鏡間相對應的關係。

(一)實驗三-1-1：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、無透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	無透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	180	165	180	165	180	165	6.5	6.5	7
5 公分	229	181	283	189	337	81	5	6.5	12.25
10 公分	358	213	396	237	422	118	4.5	8.5	4.25
15 公分	431	240	568	248	539	157	4	4.5	4
20 公分	510	270	613	309	650	208	3.5	3.75	3.5
25 公分	657	308	654	331	669	261	3.125	3	3.5
27.5 公分	661	393	656	368	670	422	3.25	3	5.5

2.實驗統計圖表：

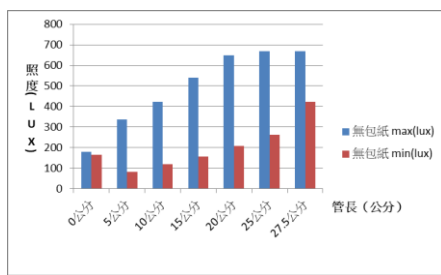


圖 40.無透鏡不同管長的照度變化圖

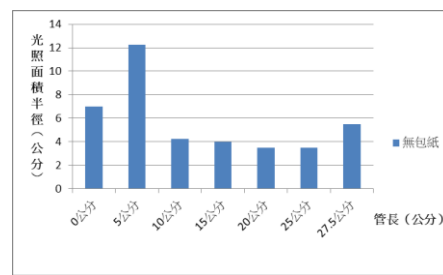


圖 41.無透鏡不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

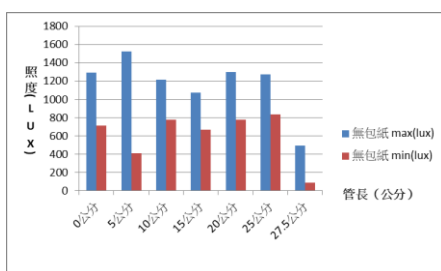
管長 20 公分以上的照度值較佳，推論透明管子有聚光的效果；5 公分管長光照面積較大，推測可能是光線折射和散射產生的效果。

(二)實驗三-1-2：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、雙凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

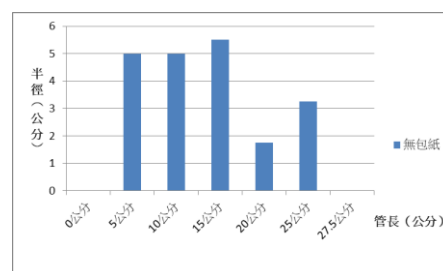
1.記錄與結果

控制變因 管長	雙凸透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	1290	710	1290	710	1290	710	2.25	2.25	
5 公分	1269	615	1243	812	1525	409	2.5	2.5	5
10 公分	1170	661	1260	536	1215	774	2.5	2.5	5
15 公分	1244	642	1180	780	1074	670	2.5	2.5	5.5
20 公分	1218	1100	1212	1183	1300	780	2.25	2.5	1.75
25 公分	1256	1219	1305	1243	1270	833	2	2.25	3.25
27.5 公分					491	85	3		

2.實驗統計圖表：



圖表 42.雙凸透鏡與不同管長的照度變化



圖表 43.雙凸透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

5 公分管長的照度最大； 15 公分管長則是光照面積最大。27.5 公分的管長接近測量箱底，且照度計有厚度不易測量。

(三)實驗三-1-3：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、平凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	平凸透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操作變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	黑紙	鋁箔紙	無包紙
0 公分	1596	1377	1596	1377	1596	1377	2.5	5	1.5
5 公分	1567	1450	1601	1311	1528	78	2.5	3	2.5
10 公分	1577	1463	1585	1310	1526	391	2.5	3	2.5
15 公分	1580	1489	1507	1348	1605	1001	2.5	3	2.5
20 公分	1561	1500	1641	1360	1616	1019	1.75	1.5	2
25 公分	1599	1538	1651	1388	1638	1013	1.75	1.5	1.75
27.5 公分	1601	1550			380	64	1.25		3

2.實驗統計圖表：

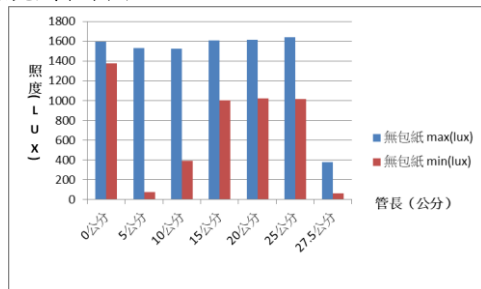


圖 44.平凸透鏡與不同管長的照度變化

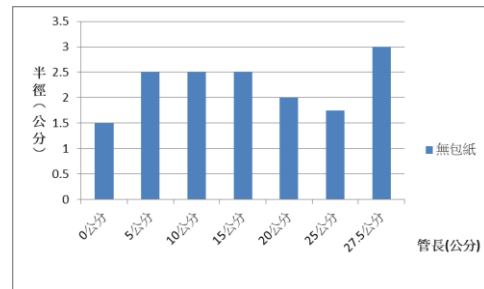


圖 45.平凸透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

不同管長的最大照度相差不大，但 5 公分和 27.5 公分管長的最小照度測量結果和其他管長差異較大，可進一步探討原因。光照面積則因平凸透鏡與管子都有聚焦效果，所以光照面積小於管徑，而 27.5 公分管長的光照面積卻等同管徑，推測管子內的反射使光照面積受限等同管徑大小。

(四)實驗三-1-4：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、凹凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	凹凸透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操作變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	黑紙	鋁箔紙	無包紙
0 公分	86	42	86	42	82	42	7	7	6.5
5 公分	110	69	95	81	110	80	5	6.5	5.75
10 公分	377	62	170	130	354	102	5	5.5	5
15 公分	420	62	211	149	393	153	4	4.5	4.125
20 公分	431	253	427	193	409	182	3.625	3.75	5
25 公分	447	314	471	233	457	193	2.75	2.75	2.25
27.5 公分	451	338		284			2.5	2.5	3

2.實驗統計圖表：

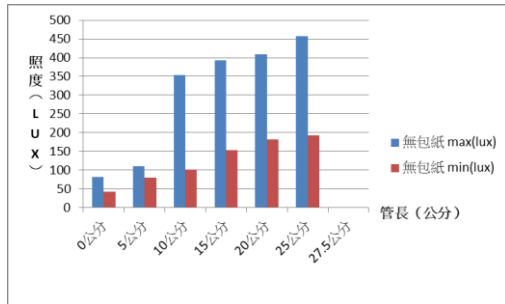


圖 46.凹凸透鏡與不同管長的照度變化

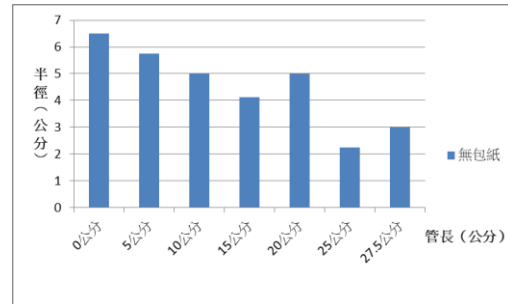


圖 47.凹凸透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

凸透鏡有聚光的效果；凹透鏡使光線發散，會受到管長影響。凹透鏡使光線發散，所以管長較短時，光照面積較大，隨著管子加長，光照面積也趨於定值。但在 25 公分管長光照面積突然變小，需再深入研究光線行進路線。

(五)實驗三-1-5：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、凸凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	凸凹透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	345	302	345	302	345	302	7	7	3.75
5 公分	385	318	411	308	343	320	6.5	4	7.5
10 公分	441	404	493	335	377	359	7	3.5	7.5
15 公分	503	447	586	387	618	370	5.5	3.5	3
20 公分	748	511	711	648	795	618	3.25	2.875	2.25
25 公分	780	514	738	700	800	633	2.875	3.125	3
27.5 公分	789	590	739	720	150	93	2.75	3	3

2.實驗統計圖表：

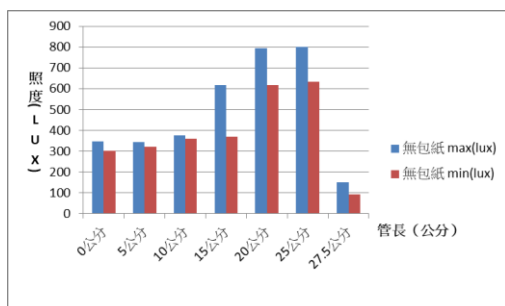


圖 48.凸凹透鏡與不同管長的照度變化

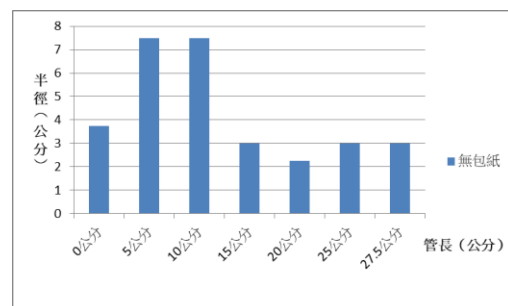


圖 49.凸凹透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

管長愈長照度愈大但光照面積漸趨定值；管長愈短，照度愈小，光照面積愈大，由此可推測凹透鏡有發散光線的效果。

(六)實驗三-1-6：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、平凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	平凹透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)				
0 公分	41	37	41	37	41	37	5	10	9.5
5 公分	143	40	72	40	88	37	7.5	7	6.5
10 公分	234	62	114	61	217	46	5.5	5.5	5.5
15 公分	331	177	177	72	287	78	4.5	4.5	4
20 公分	357	215	317	140	290	159	3.75	3.75	4.25
25 公分	391	239	389	170	334	173	2.5	2	3.5
27.5 公分	395	288	418	257	380	211	2.75	2.75	3

2.實驗統計圖表：

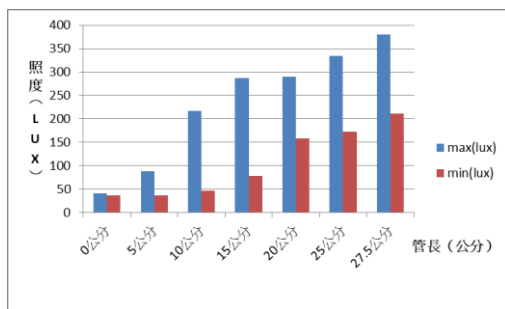


圖 50.平凹透鏡與不同管長的照度變化

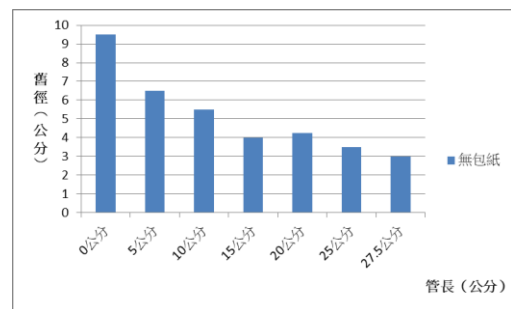


圖 51.平凹透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

平凹透鏡會發散光線，管子有聚光效果，所以管長愈光照度愈大，光照面積愈小。

(七)實驗三-1-7：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、雙凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	雙凹透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)				
0 公分	44	29	44	29	44	29	11	11	8.25
5 公分	72	40	73	30	84	30	7.875	5.625	7.5
10 公分	222	66	210	52	218	56	5.5	5.5	6
15 公分	228	74	287	65	288	77	4.25	4.25	4.5
20 公分	306	139	297	134	307	143	3.875	3.75	3.75
25 公分	321	149	341	147	344	219	2.5	2.725	3.5
27.5 公分	334	185	369	158	346	226	1.75	2.75	3

2.實驗統計圖表：

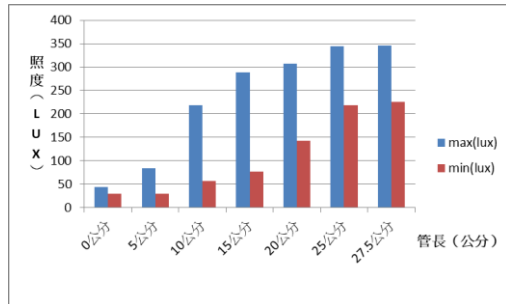


圖 52.雙凹透鏡與不同管長的照度變化

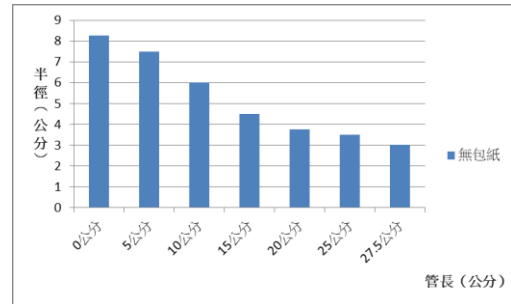


圖 53.雙凹透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

雙凹透鏡使光線發散，管子有聚光效果，所以管長愈長，照度愈大，光照面積縮小趨一個定值。

(八)實驗三-1-8：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、平面鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	平面透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	160	138	160	138	160	138	5	5	5
5 公分	214	149	175	15	219	70	5	4.5	10
10 公分	271	199	336	51	311	165	4.5	4.5	9
15 公分	378	252	375	55	415	264	3.5	4.5	8
20 公分	487	365	461	188	496	310	3.5	3.5	3.5
25 公分	532	463	484	253	500	489	3.25	3.25	3.5
27.5 公分	550	491	542	512	380	482	3	3	3

2.實驗統計圖表：

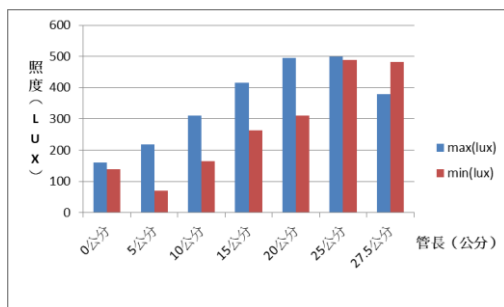


圖 54.平面鏡與不同管長的照度變化

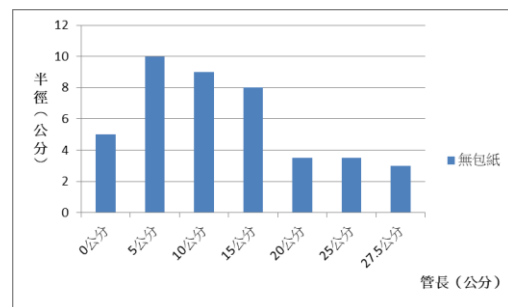


圖 55.平面鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

平面鏡只有讓光線通過，聚光和發散光線的效果不明顯，所以照度最大值和最小值在管子愈長差異愈小。27.5 公分的管長因接近箱底，未能有很好的測量結果。

(九)實驗三-2-1：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、無透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	無透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	黑紙	鋁箔紙	無包紙
0 公分	180	165	180	165	180	165	6.5	6.5	7
5 公分	229	181	283	189	337	81	5	6.5	12.25
10 公分	358	213	396	237	422	118	4.5	8.5	4.25
15 公分	431	240	568	248	539	157	4	4.5	4
20 公分	510	270	613	309	650	208	3.5	3.75	3.5
25 公分	657	308	654	331	669	261	3.125	3	3.5
27.5 公分	661	393	656	368	670	422	3.25	3	5.5

2.實驗統計圖表：

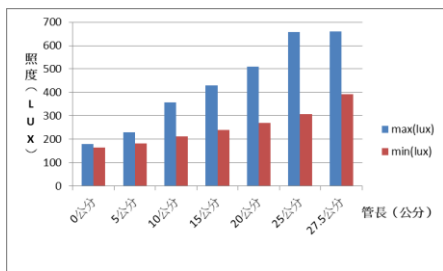


圖 57.無透鏡與不同管長的照度變化

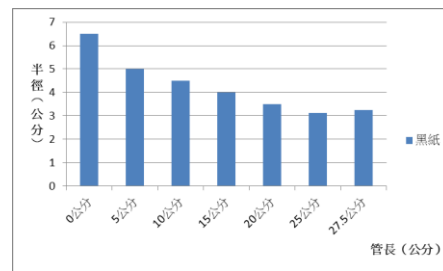


圖 58.無透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

包覆黑紙，隨著管長愈長，照度愈大；光照面積的半徑漸小，趨於一個定值。

(十)實驗三-2-2：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、雙凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	雙凸透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	黑紙	鋁箔紙	無包紙
0 公分	1290	710	1290	710	1290	710	2.25	2.25	
5 公分	1269	615	1243	812	1525	409	2.5	2.5	5
10 公分	1170	661	1260	536	1215	774	2.5	2.5	5
15 公分	1244	642	1180	780	1074	670	2.5	2.5	5.5
20 公分	1218	1100	1212	1183	1300	780	2.25	2.5	1.75
25 公分	1256	1219	1305	1243	1270	833	2	2.25	3.25
27.5 公分					491	85	3		

2.實驗統計圖表：

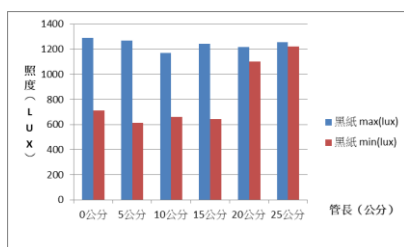


圖 59.雙凸透鏡與不同管長的照度變化

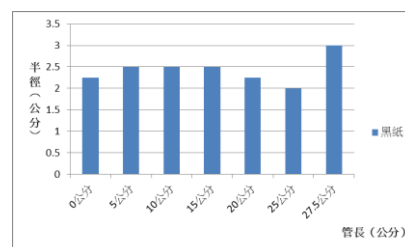


圖 60.雙凸透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

管子長短最大照度變化不大，但最小照度隨著管長愈長，照度愈接近最大值。光照面積在 20 公分管長、25 公分管長變小，推測管子聚光使其縮小。

(十一)實驗三-2-3：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、平凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	平凸透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操作變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	1596	1377	1596	1377	1596	1377	2.5	5	1.5
5 公分	1567	1450	1601	1311	1528	78	2.5	3	2.5
10 公分	1577	1463	1585	1310	1526	391	2.5	3	2.5
15 公分	1580	1489	1507	1348	1605	1001	2.5	3	2.5
20 公分	1561	1500	1641	1360	1616	1019	1.75	1.5	2
25 公分	1599	1538	1651	1388	1638	1013	1.75	1.5	1.75
27.5 公分	1601	1550			380	64	1.25		3

2.實驗統計圖表：

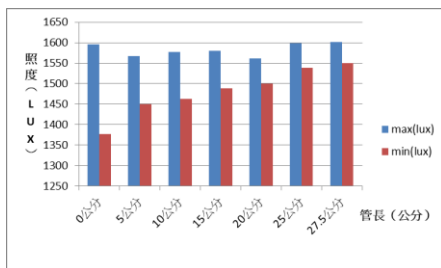


圖 61.平凸透鏡與不同管長的照度變化

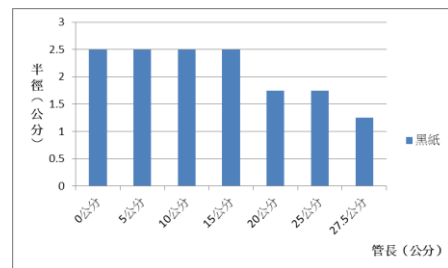


圖 62.平凸透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

管子愈長，聚光效果愈好，照度最大值和最小值愈接近，光照面積也愈小。

(十二)實驗二-4：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、凹凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	凹凸透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操作變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	86	42	86	42	82	42	7	7	6.5
5 公分	110	69	95	81	110	80	5	6.5	5.75
10 公分	377	62	170	130	354	102	5	5.5	5
15 公分	420	62	211	149	393	153	4	4.5	4.125
20 公分	431	253	427	193	409	182	3.625	3.75	5
25 公分	447	314	471	233	457	193	2.75	2.75	2.25
27.5 公分	451	338			284		2.5	2.5	3

2.實驗統計圖表：

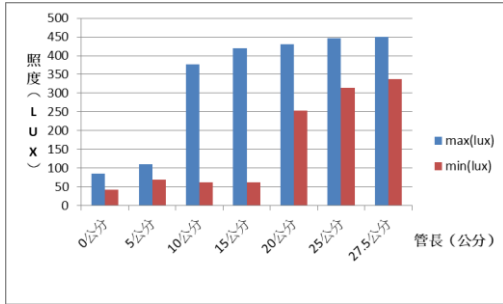


圖 63.凹凸透鏡與不同管長的照度變化

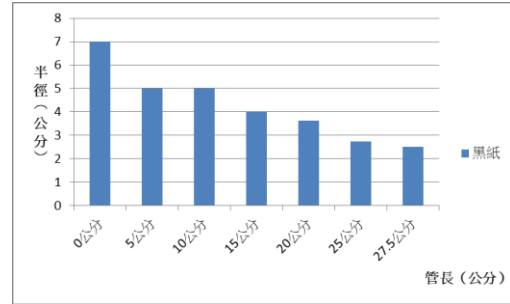


圖 64.凹凸透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

管子愈長，聚光效果愈好，照度最大值和最小值愈接近，光照面積也愈小。

(十三)實驗三-2-5：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、凸凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	凸凹透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操作變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	345	302	345	302	345	302	7	7	3.75
5 公分	385	318	411	308	343	320	6.5	4	7.5
10 公分	441	404	493	335	377	359	7	3.5	7.5
15 公分	503	447	586	387	618	370	5.5	3.5	3
20 公分	748	511	711	648	795	618	3.25	2.875	2.25
25 公分	780	514	738	700	800	633	2.875	3.125	3
27.5 公分	789	590	739	720	150	93	2.75	3	3

2.實驗統計圖表：

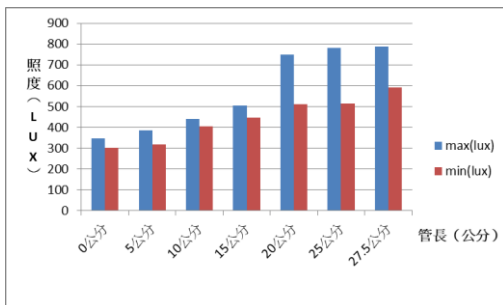


圖 65.凸凹透鏡與不同管長的照度變化

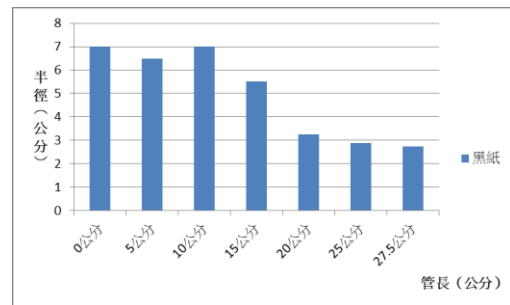


圖 66. 凸凹透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

管子愈長，聚光效果愈好，照度最大值和最小值愈接近，光照面積也愈小。

(十四)實驗三-2-6：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、平凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因	平凹透鏡								
管長	照度						光照面積半徑(cm)		
操控變因	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	41	37	41	37	41	37	5	10	9.5
5 公分	143	40	72	40	88	37	7.5	7	6.5
10 公分	234	62	114	61	217	46	5.5	5.5	5.5
15 公分	331	177	177	72	287	78	4.5	4.5	4
20 公分	357	215	317	140	290	159	3.75	3.75	4.25
25 公分	391	239	389	170	334	173	2.5	2	3.5
27.5 公分	395	288	418	257	380	211	2.75	2.75	3

2.實驗統計圖表：

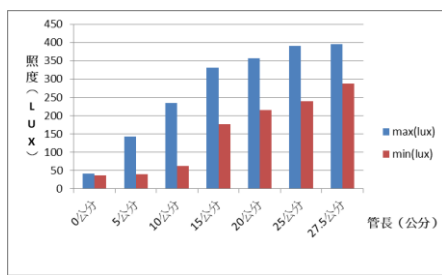


圖 67.平凹透鏡與不同管長的照度變化

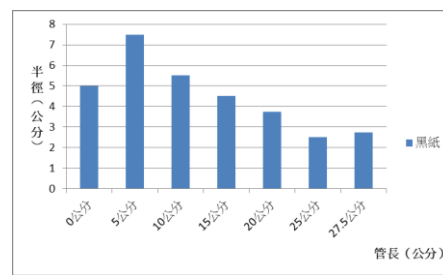


圖 68. 平凹透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

管子愈長，聚光效果愈好，照度最大值和最小值愈接近，光照面積也愈小。5 公分管長的光照面積最大。

(十五)實驗三-2-7：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、雙凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因	雙凹透鏡								
管長	照度						光照面積半徑(cm)		
操控變因	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	44	29	44	29	44	29	11	11	8.25
5 公分	72	40	73	30	84	30	7.875	5.625	7.5
10 公分	222	66	210	52	218	56	5.5	5.5	6
15 公分	228	74	287	65	288	77	4.25	4.25	4.5
20 公分	306	139	297	134	307	143	3.875	3.75	3.75
25 公分	321	149	341	147	344	219	2.5	2.725	3.5
27.5 公分	334	185	369	158	346	226	1.75	2.75	3

2.實驗統計圖表：

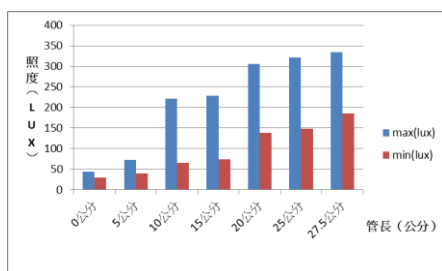


圖 69.平凹透鏡與不同管長的照度變化

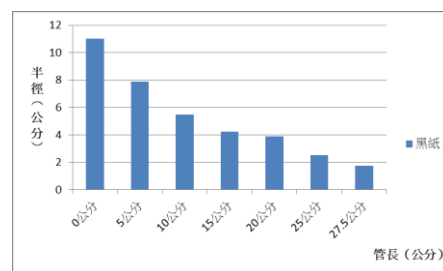


圖 70.平凹透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

雙凹透鏡的發散效果最好，無透鏡的情況下，光照面積最大。

(十六) 實驗三-2-8：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆黑紙、平面鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	平面透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	160	138	160	138	160	138	5	5	5
5 公分	214	149	175	15	219	70	5	4.5	10
10 公分	271	199	336	51	311	165	4.5	4.5	9
15 公分	378	252	375	55	415	264	3.5	4.5	8
20 公分	487	365	461	188	496	310	3.5	3.5	3.5
25 公分	532	463	484	253	500	489	3.25	3.25	3.5
27.5 公分	550	491	542	512	380	482	3	3	3

2.實驗統計圖表：

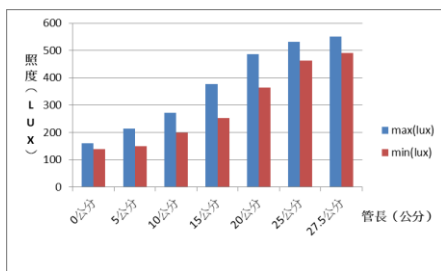


圖 71.平面透鏡與不同管長的照度變化

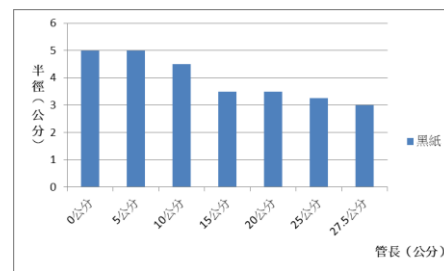


圖 72.平面透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

平面鏡會隔絕部分光線，照度值較無透鏡時小，光線進到管子會產生聚光效果，所以面積隨著管長變小趨於一個定值。

(十七) 實驗三-3-1：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、無透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	無透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	180	165	180	165	180	165	6.5	6.5	7
5 公分	229	181	283	189	337	81	5	6.5	12.25
10 公分	358	213	396	237	422	118	4.5	8.5	4.25
15 公分	431	240	568	248	539	157	4	4.5	4
20 公分	510	270	613	309	650	208	3.5	3.75	3.5
25 公分	657	308	654	331	669	261	3.125	3	3.5
27.5 公分	661	393	656	368	670	422	3.25	3	5.5

2.實驗統計圖表：

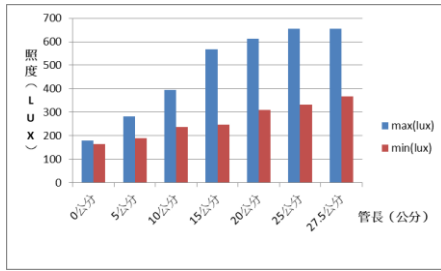


圖 73.無透鏡與不同管長的照度變化

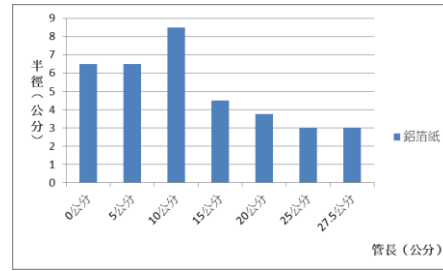


圖 74.無透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

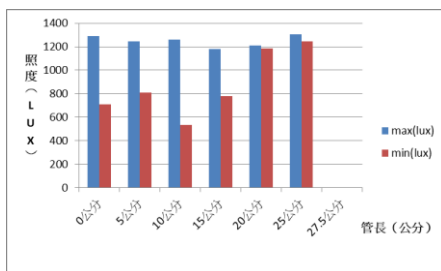
管長愈長照度愈大，光照面積縮小趨近一個定值。但 10 公分管長的光照面積異於其他管長，需要再進一步研究探討原因。

(十八)實驗三-3-2：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、雙凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

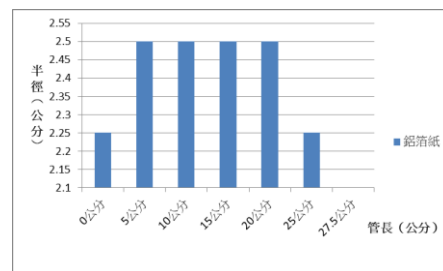
1.記錄與結果

控制變因 管長	雙凸透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	1290	710	1290	710	1290	710	2.25	2.25	-
5 公分	1269	615	1243	812	1525	409	2.5	2.5	5
10 公分	1170	661	1260	536	1215	774	2.5	2.5	5
15 公分	1244	642	1180	780	1074	670	2.5	2.5	5.5
20 公分	1218	1100	1212	1183	1300	780	2.25	2.5	1.75
25 公分	1256	1219	1305	1243	1270	833	2	2.25	3.25
27.5 公分	-	-	-	-	491	85	3	-	-

2.實驗統計圖表：



圖表 75.雙凸透鏡與不同管長的照度變化



圖表 76.雙凸透鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

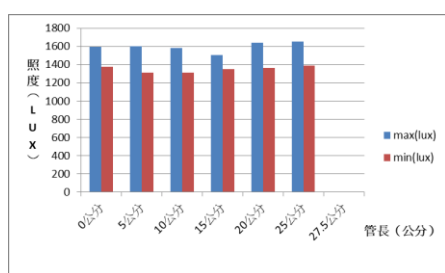
包覆鋁箔紙的管子在照度大與小之間的差異較大；光照面積大小差異不大。圖表 76 是因區間單位較小，所以看起來差很多，實則不然。

(十九)實驗三-3-3：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、平凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

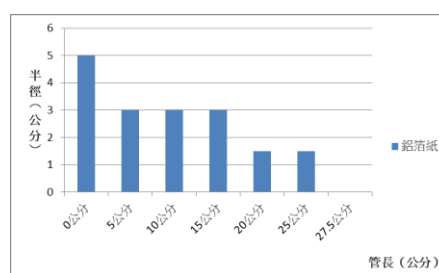
1.記錄與結果

控制變因 管長	平凸透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	1596	1377	1596	1377	1596	1377	2.5	5	1.5
5 公分	1567	1450	1601	1311	1528	78	2.5	3	2.5
10 公分	1577	1463	1585	1310	1526	391	2.5	3	2.5
15 公分	1580	1489	1507	1348	1605	1001	2.5	3	2.5
20 公分	1561	1500	1641	1360	1616	1019	1.75	1.5	2
25 公分	1599	1538	1651	1388	1638	1013	1.75	1.5	1.75
27.5 公分	1601	1550			380	64	1.25		3

2.實驗統計圖表：



圖表 77.平凸透鏡與不同管長的照度變化



圖表 78.平凸鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

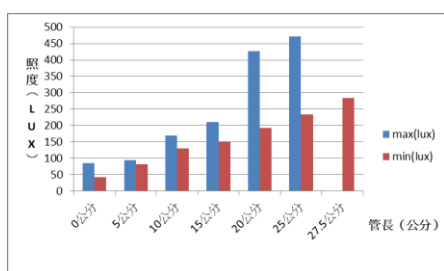
照度不因管長而產生太大的變化，但管愈長，光照面積會愈小。

(二十)實驗三-3-4：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、凹凸透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

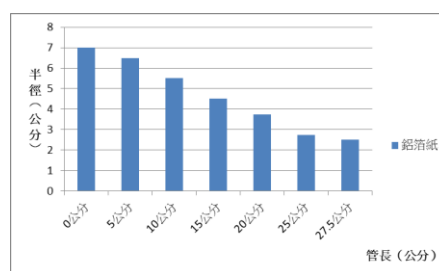
1.記錄與結果

控制變因 管長	凹凸透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	86	42	86	42	82	42	7	7	6.5
5 公分	110	69	95	81	110	80	5	6.5	5.75
10 公分	377	62	170	130	354	102	5	5.5	5
15 公分	420	62	211	149	393	153	4	4.5	4.125
20 公分	431	253	427	193	409	182	3.625	3.75	5
25 公分	447	314	471	233	457	193	2.75	2.75	2.25
27.5 公分	451	338			284		2.5	2.5	3

2.實驗統計圖表：



圖表 79.凹凸透鏡與不同管長的照度變化



圖表 80.凹凸鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

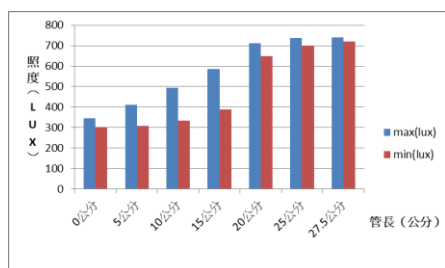
凹凸透鏡的照度在管長 25 公分時達最大值，管長 27.5 公分因為貼近箱底所以測量不易；光照面積則隨著管長愈長，光線聚焦而變小。

(二十一)實驗三-3-5：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、凸凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

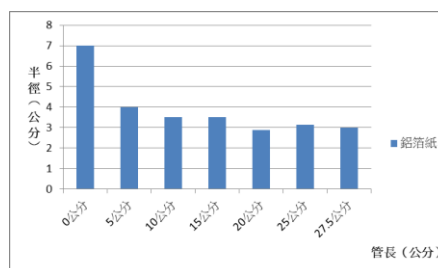
1.記錄與結果

控制變因 管長	凸凹透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	345	302	345	302	345	302	7	7	3.75
5 公分	385	318	411	308	343	320	6.5	4	7.5
10 公分	441	404	493	335	377	359	7	3.5	7.5
15 公分	503	447	586	387	618	370	5.5	3.5	3
20 公分	748	511	711	648	795	618	3.25	2.875	2.25
25 公分	780	514	738	700	800	633	2.875	3.125	3
27.5 公分	789	590	739	720	150	93	2.75	3	3

2.實驗統計圖表：



圖表 81.凸凹透鏡與不同管長的照度變化



圖表 82.凸凹鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

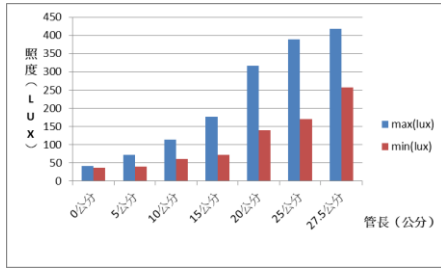
凸凹透鏡的凹透鏡使光線發散，所以隨著管長愈長，照度最大最小值間差異變小。且光照面積趨於一個定值。

(二十二)實驗三-3-6：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、平凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

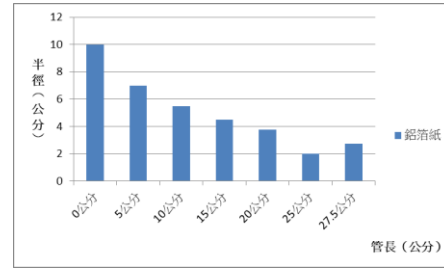
1.記錄與結果

控制變因 管長	平凹透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	41	37	41	37	41	37	5	10	9.5
5 公分	143	40	72	40	88	37	7.5	7	6.5
10 公分	234	62	114	61	217	46	5.5	5.5	5.5
15 公分	331	177	177	72	287	78	4.5	4.5	4
20 公分	357	215	317	140	290	159	3.75	3.75	4.25
25 公分	391	239	389	170	334	173	2.5	2	3.5
27.5 公分	395	288	418	257	380	211	2.75	2.75	3

2.實驗統計圖表：



圖表 83.平凹透鏡與不同管長的照度變化



圖表 84.平凹鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

25 公分管長的光照面積較小，推測可能在凹透鏡的焦距內，成像較小的原故。

(二十三)實驗三-3-7：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、雙凹透鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

1.記錄與結果

控制變因 管長	雙凹透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操作變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	44	29	44	29	44	29	11	11	8.25
5 公分	72	40	73	30	84	30	7.875	5.625	7.5
10 公分	222	66	210	52	218	56	5.5	5.5	6
15 公分	228	74	287	65	288	77	4.25	4.25	4.5
20 公分	306	139	297	134	307	143	3.875	3.75	3.75
25 公分	321	149	341	147	344	219	2.5	2.725	3.5
27.5 公分	334	185	369	158	346	226	1.75	2.75	3

2.實驗統計圖表：

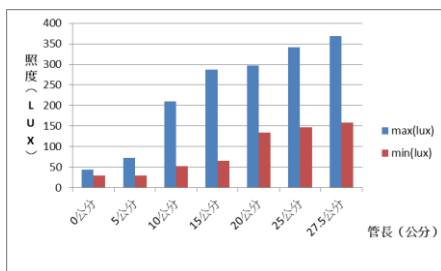


圖 85.雙凹透鏡與不同管長的照度變化

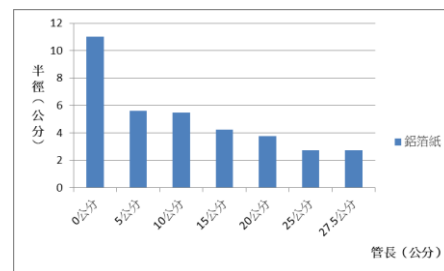


圖 86.雙凹鏡與不同管長的光照面積半徑變化

3.分析與討論：

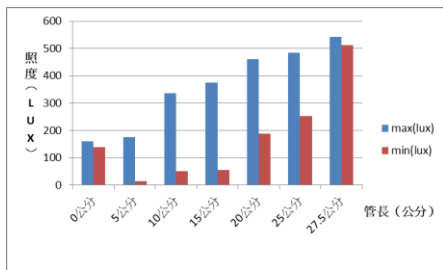
凹透鏡無管時的光照面積和裝上管子後的光照面積差異很大，由此可推知管子有聚光的效果。

(二十四) 實驗三-3-8：測試不同管長(距燈高度)70 公分處、包覆鋁箔紙、平面鏡箱裡照度和光照面積數值的變化

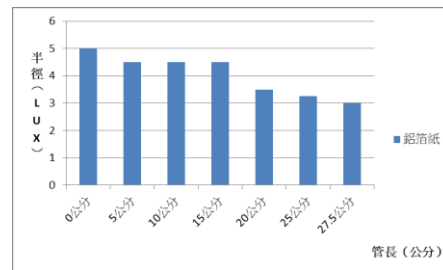
1.記錄與結果

控制變因 管長	平面透鏡								
	照度						光照面積半徑(cm)		
	黑紙		鋁箔紙		無包紙		黑紙	鋁箔紙	無包紙
操控變因	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)	max(lux)	min(lux)			
0 公分	160	138	160	138	160	138	5	5	5
5 公分	214	149	175	15	219	70	5	4.5	10
10 公分	271	199	336	51	311	165	4.5	4.5	9
15 公分	378	252	375	55	415	264	3.5	4.5	8
20 公分	487	365	461	188	496	310	3.5	3.5	3.5
25 公分	532	463	484	253	500	489	3.25	3.25	3.5
27.5 公分	550	491	542	512	380	482	3	3	3

2.實驗統計圖表：



圖表 87.雙凹透鏡與不同管長的照度變化



圖表 88.雙凹鏡與不同管長的光照烏回積半徑變化

3.分析與討論：

包覆鋁箔紙的管子愈長，光照面積趨於一個定值，推測管子愈長的折射的光愈少所致。

四、探究鑿壁借光的實驗結果在等比例放大空間的適用性。

(一)實驗四-1：在 60*60*60 的空間，不同管長在放大空間與無透鏡產生的照度與光照面積的變化

1.記錄與結果

60*60*60 的空間 無透鏡		
管長 (公分)	照度(lux)	光照面積半徑 (公分)
40	147	4.5
45	148	4
50	151	4
55	136	3.75

2.實驗統計圖表：

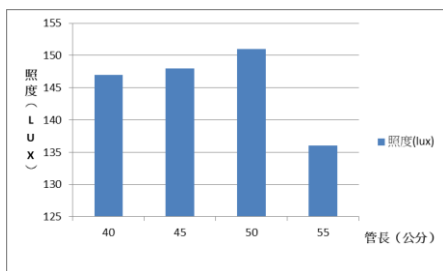
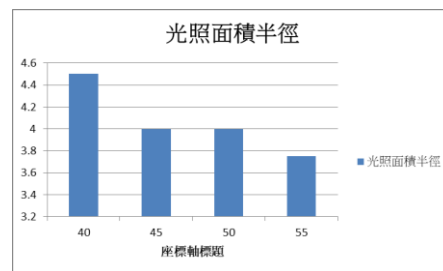


圖 89.放大空間不同管長的照度變化



圖表 90.放大空間不同管長的光照面積半徑變化

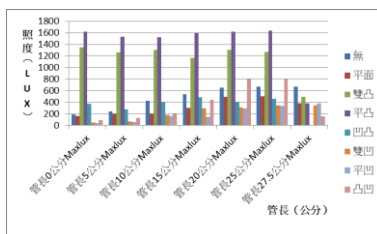
3.分析與討論：

實驗中可以發現，管長愈長，光照面積愈大；照度在 50 公分管長時是最佳狀態。但接近空間底部的照度就會變小。

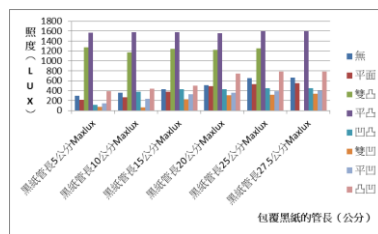
五、實驗結果總表

管長與照度的變化	管長與半徑的變化	管長與照度的變化	管長與半徑的變化
無透鏡		雙凸	
平凸		凹凸	
凸凸		平凹	
雙凹		平面	

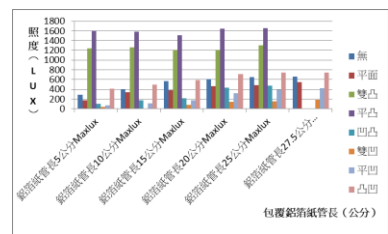
圖表 91.不同透鏡與不同管長的照度與光照面積半徑總表



圖表 92.無包覆不同管長與不同透鏡的照度變化

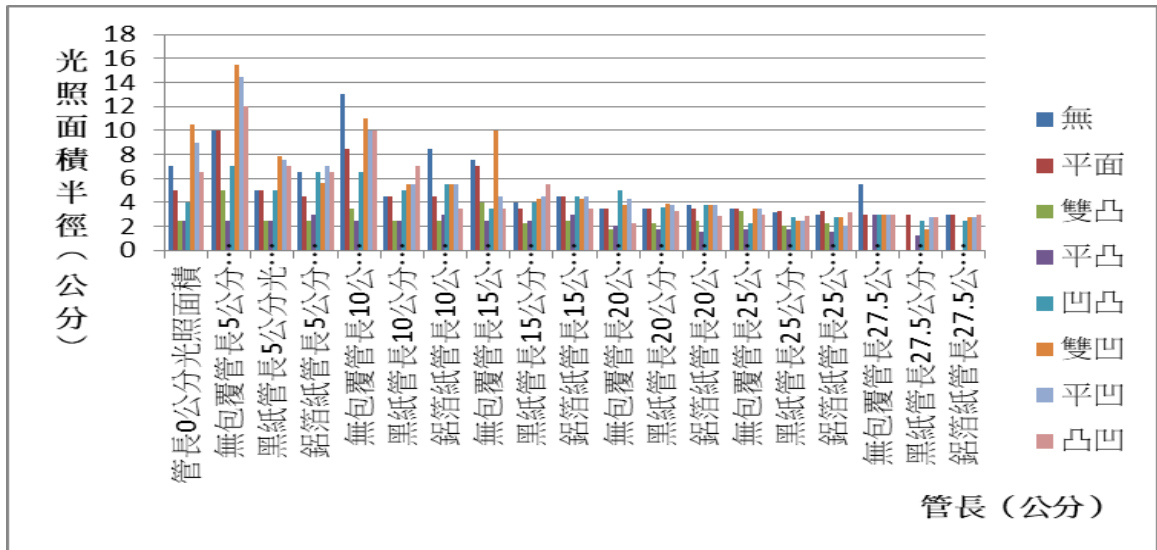


圖表 93.包覆黑紙不同管長與不同透鏡的照度變化



圖表 94.包覆鋁箔紙的不同管長與不同透鏡的照度變化

從圖表 92、圖表 93 和圖表 94 可以知道，不同管長與不同透鏡，無論有無包覆或包覆黑紙或鋁箔紙，平凸透鏡的照度都是最高的，其次才是雙凸透鏡，雙凹和平凹的照度差不多，都是較低的。



圖表 95. 有無包覆不同管長與不同透鏡的光照面積半徑變化

從上圖表 95. 可以看出雙凹透鏡搭配無包覆 5 公分管長，可以產生最大光照面積，其次是平凹透鏡搭配無包覆 5 公分管長；接著是無透鏡搭配無包覆 10 公分管長，再來是凸凹透鏡搭配無包覆 5 公分管長，然後是雙凹透鏡與無包覆 10 公分管長。

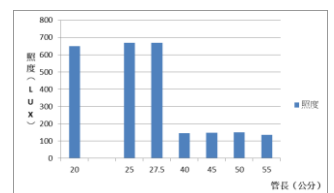
陸、遇到的問題

實驗過程中，未考慮到很多狀況，所以產生了下面幾個問題：

1. 光源的不穩定所以同樣的步驟重覆數次；在測量間隔 5 分鐘的照度時，也受到室內光源的影響造成數值的差異，最後固定室內場域的光線照度後再進行測量。
2. 凹透鏡測照度最小值時，數值很小，照度計的擺放以最高點對齊光照的周長上。
3. 凸透鏡的光照面積小，甚至會與照度計的裝置一樣大，所以置中測照度找到最大值後，要測最小值就以最高點對齊光照圓的周長。
4. 管長 27.5 靠近測試箱底，所以測量不易。測試幾次後數值僅供參考。

陸、討論

1. 透明管有聚光的效果，管愈長，聚光效果愈好，但光照面積受限。
2. 整理實驗數據時，發現凹凸透鏡和凸凹透鏡的數值和前幾次的不太一樣。無透鏡透明管長，凹凸透鏡的照度較大凸凹透鏡；光照面積會少於凸凹透鏡，所以，這二種透鏡其是是不太一樣的。
3. 鋁箔紙的亮面要仿造鏡子反射，有折痕時會干擾實驗結果，可以參考另一種塑膠銀面的包裝紙材質，進行比較。
4. 將實驗裝置調整為原來的 2 倍，光照距離、測試空間與管長都增為 2 倍，探討照度與光照面積，希望能了解在照度與面積上有哪些改變？
5. 改變管徑的大小，對於照度和光照面積的影響又是什麼？是否也會呈現一個固定的關係。



柒、結論與建議

- 1.凸透鏡搭配管子，可以聚光，提高照度。
- 2.凹透鏡搭配的管子愈長，聚光效果愈好，照度值較高，但仍低於凸鏡組合。
- 3.管子愈短，光照面積愈大；管子愈長，光照面積愈小，最後趨於一個定值，即和管口大小一致。
- 4.凹透鏡可以分散光源，加大光照面積，降低照度。
- 5.光的照度隨著遠離光源而衰減，遠離距離增為 2 倍，照度變為原來的 1/4。放大到到 60*60*60 空間亦有此效果。管長增為原來的 2 倍，照度減為原來的 1/4。
- 6.此實驗結果運用在建築物上的建議：
 - (1) 建築物僅一層樓時：
 - a.需要較大的照度，可以使用平凸透鏡，若要使光照面積較大，可搭配使用室內高度的 1/6 長度無包覆管子（即 5：30，管徑暫不考慮）。
 - b.需要較大的光照面積，無需較強的照度時，可以使用雙凹或平凹透鏡搭配無包覆 5 公分管子。
 - c.如果僅要聚焦某一個位置，需要較大照度則使用平凸透鏡，較小照度可選擇雙凹和平凹搭配較長的管子（15：30）約室內高度一半以上的長度。前者光照面積更小；後者光照面積趨於管徑，可視需求而定。
 - (2) 建築物二層樓時的建議：
 - a.可透過與第二層樓高等長的管子將光線引入第一層樓，再搭配不同的透鏡來滿足該空間實際上的需求。
- 7.本研究可再進一步探討不同管徑、放大到實體建築物及透鏡的焦聚與距離間的照度和光照面積的變化，使研究結果能運用在建築工法。

捌、參考資料及其他

- 1.嘉義市志航國民小學。光「照」得住你—光線與寶特瓶的散射探討。嘉義市第 35 屆中小學科學展覽會。
- 2.嘉義市垂楊國民小學。「島嶼天光」—太陽能水瓶燈。嘉義市第 36 屆中小學科學展覽會。
- 3.康軒四上。單元三、奇妙的光。
- 4.休伊特。觀念物理 4：聲學·光學。天下文化出版社。
- 5.基礎攝影。網址：

https://market.cloud.edu.tw/content/vocation/art/ks_hc/htm/content/ch17/New_Pages/lighting_1.html