

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030823

一公升的光線

學校名稱：宜蘭縣立復興國民中學

作者： 國二 陳佑昕 國二 游淳仁 國二 覃俊傑	指導老師： 張揮鈺 陳信璉
---	-----------------------------

關鍵詞：散光瓶、全反射、傳播介質

摘要

本實驗利用水的折射原理，設計一個能替代傳統燈泡、省電燈泡的照明系統。同時利用水的降溫效果防止 LED 因電熱效應而燒壞，延長燈泡的使用壽命。我們設計出來的此散光瓶裝置，比一般燈具省電，希望將來能應用在日常生活上，為綠色建築點亮環保的一盞燈。另外，我們也針對菲律賓利用寶特瓶增加室內照明的做法做了改進措施，使將日光引進室內的效果更好。

壹、研究動機

我們看見一個影片---名稱是「一公升的光線」(參考資料一)，內容主要是記錄菲律賓的窮苦人家讓室內照明度提升及省錢的方法，他們用寶特瓶將光線折射到室內，看起來就像寶特瓶發光一樣。這個方法雖然在夜晚時無法使用，但是可以在白天時使室內的照明度提升，且不需要用電和花錢買燈泡。我們想：如何能將亮度提升到更高，並設法解決缺點，以及試驗能否改良成室內的裝飾品。

貳、研究目的

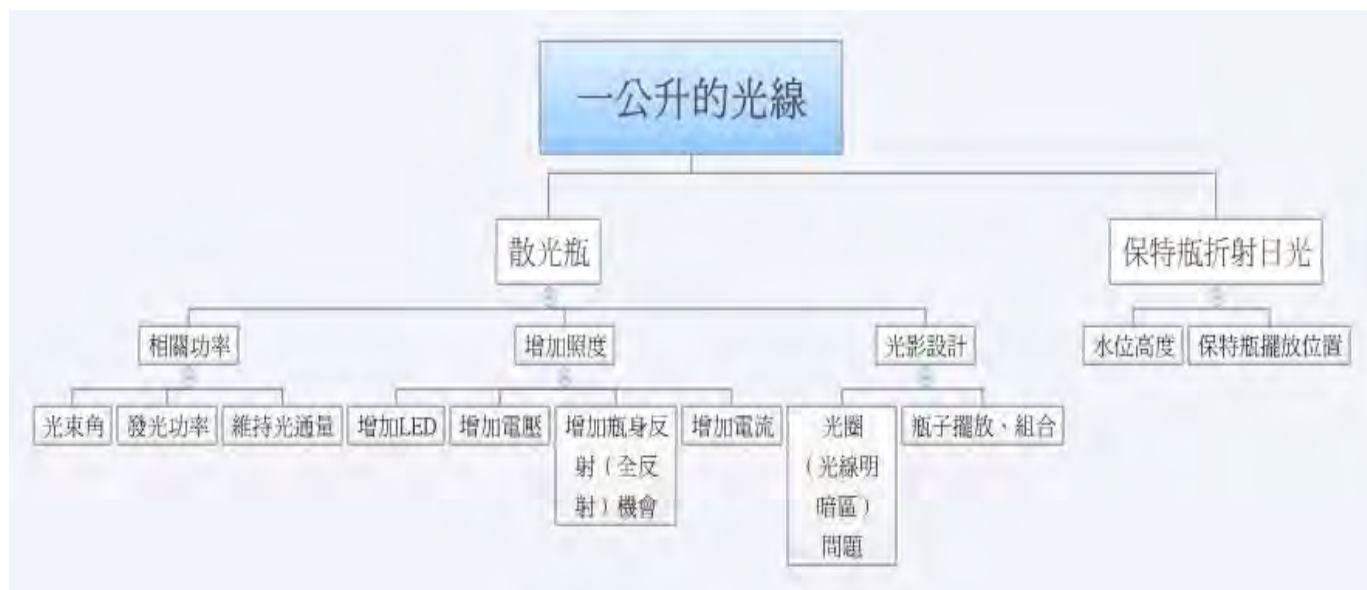
- 一、利用一公升光線原理增加日光引入室內的效果：
 - (一)改變水位高低對亮度的影響
 - (二)改變受光面長度對亮度的影響
- 二、利用散光瓶增加室內照明效果：
 - (一)使 LED 發光亮度增加
 - (二)比較不同形狀，將光線在可接受的照度範圍內加至最廣
 - (三)使光線在散光瓶的可照明區內分佈平均
 - (四)比較各式散光瓶的組合
 - (五)比較不同材質的瓶子做散光瓶的效果

參、研究設備及器材

玻璃瓶（高 9CM*底 1II）	紙板
玻璃瓶（高 7CM*底 1II）	各式保特瓶(高 21CM)
電錶	油性紙
光敏電阻	可變電阻
保利龍球	熱敏電阻
LED 燈	紙箱(高 23.5CM)
照度計	鐵架
手電筒	環氧樹脂
電池組	熱熔膠
鱷魚夾	電供應器(整流器)
省電燈泡	傳統燈泡

肆、研究過程和方法

一、實驗操作流程：



二、實驗設計原理、理念

(一)關於目的一：

實驗一：爲了了解水位高低對亮度的影響，改變保特瓶內的水位，找到能讓室內有最佳照度的水位

實驗二：由於受光面長度會決定室內的照明度，而受光面大小決定於寶特瓶在屋頂放置位置的高低，所以嘗試找出寶特瓶在屋頂的最佳放置位置。

(二)關於目的二：

1.自製散光瓶：由於台灣不需要引進日光而是要增加現有燈具的照度，及簡易燈光配置方式，所以利用一公升光線原理設計散光瓶，實驗三~十三使用散光瓶改變室內照明及燈光配置，做法如下。



在放入瓶子裡的 LED 會產生亮暗分明的區域。如被照射面情形。

被照射面情形



散光瓶示意圖

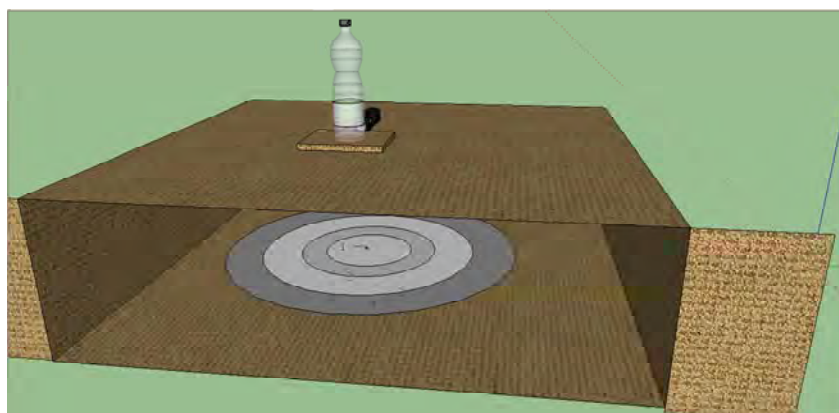


2.散光瓶進階設計：

- 實驗三：藉由了解 LED 壽命與水溫的關係可以推得在降溫下，LED 是否能延長壽命。
- 實驗四：利用水降低電熱效應產生的熱，然後找出在散光瓶中，到底能增加多少電壓還能不讓 LED 燒壞。
- 實驗五：藉由比較 5 V 情況下的 LED 放在水中與放空氣中的照明趨勢，來探究本散光瓶裝置的延長 LED 壽命效果。
- 實驗六：為了測量本散光瓶裝置的 Beam Angle，所以設計實驗五，由光線的擴散來推算光束角。
- 實驗七：為了解市面上燈泡的相關發光功率，進而讓瞭解散光瓶裝置的應用方向與改進方向，故設計此實驗來測量傳統燈泡與省電燈泡的差別。
- 實驗八：為了消除光圈現象，我們移動兩個散光瓶，希望能將光圈疊合，進而消除光圈。
- 實驗九：同樣為了消除光圈而設計之，但此實驗移動兩顆在同一瓶中之 LED，使光線同樣會因為瓶壁的反射對光線擴散得以控制，但透過發光體的擺設位置不同，進而希望達到改善光圈現象的目的。
- 實驗十：分別測量玻璃瓶與寶特瓶兩種散光瓶的光線分布，來找出較適合作為散光瓶瓶體的素材。
- 實驗十一：透過測量散光瓶的全反射角度，進而計算散光瓶裝置若要達到全反射條件，該如何設計瓶身。
- 實驗十二：在實驗中我們得知光圈現象與瓶底形狀有相當大的關係，故藉由改變玻璃瓶的瓶底形狀(凹凸)，來設法消除光圈。
- 實驗十三：分別測量填補瓶底物的透光率，來找出最適合用來填補瓶底凹陷處的材料。

三、測量工具之製作

一代測量裝置



(一)實驗一、實驗二測量方式（一代測量方式）：

圖中幾個圓圈為測量區塊，由內而外為一、二、三、四，半徑分別為 1.5cm、4.5cm、7.5cm、10.5cm，因為照度計的感光處為直徑三公分的圓，故以此設計測量。是在研究結果中標定的測量區域即為此。

(二)實驗三~十三（十二除外）測量方式：

三代測量方式-實驗十二到十三大部分的實驗，根據光敏電阻的電阻值與照明度成反比的特性，取代了一台要價幾百元的照度計作為實驗測量工具。

(三)測量方法：

- 1.將光敏電阻接上電錶，觀察電阻值變化。
- 2.我們採用的電阻有兩種，一種亮電阻為 523 Ω 暗電阻 1796000 Ω (金屬鍍邊)，另一種亮電阻 4000 Ω 暗電阻 2000000 Ω (塑膠鑲邊)



本研究根據上述之測量工具，測量出等照度區域，並繪製光線分布圖。我們希望能以光線分布圖來清楚了解光束角，並從中了解(被照射面)何處光線分部不均，進一步來改善。

伍、研究結果

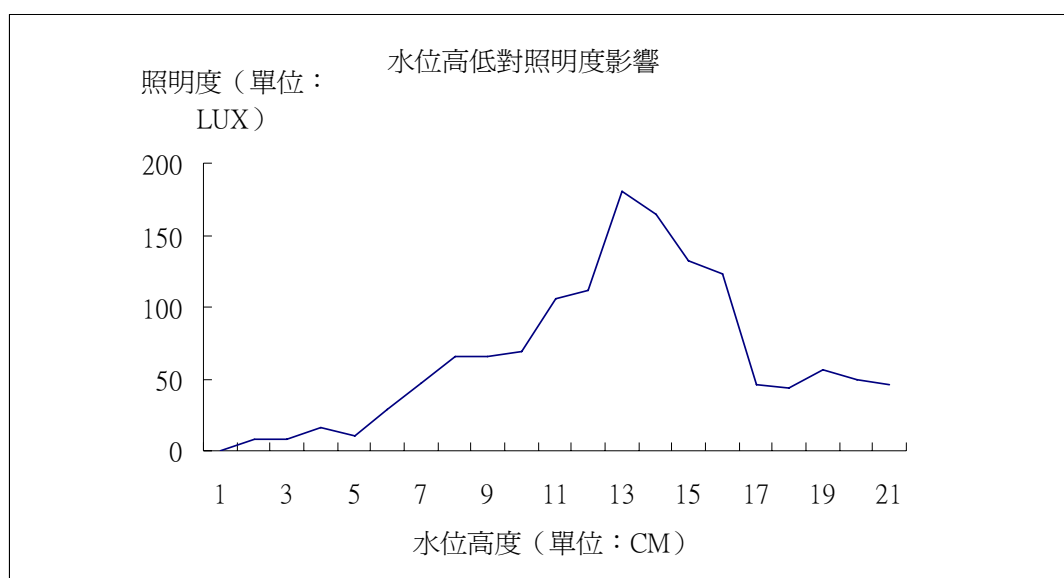
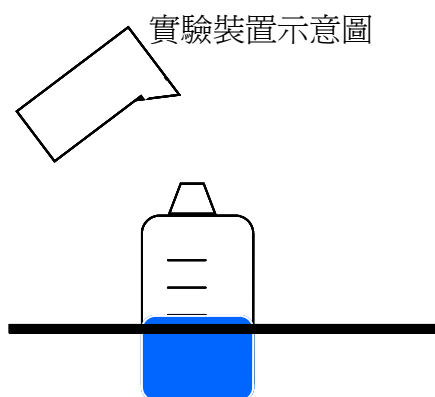
一、水位高低對亮度的影響：

爲了達到增加光線折射進室內之效果，所以設計了這個實驗來找出裝多少水最適合，所以利用照度計測量。根據斯涅爾定律，光在經過介質時會產生偏折，而且也會產生反射，所以理論上裝水的量應該不是裝滿就能使照明度增加，可是其中的平衡點計算還需要找到光在水中的行進路線，這是相當困難的，所以最簡單要找到光線最適合入射的點，直接進行實驗較容易。

(一)作法：

- 1.準備一個容量 600c.c 的寶特瓶
- 2.每次倒入一公分的水(水位)
- 3.測量照明度（當時是向學校健康中心借用照度計）

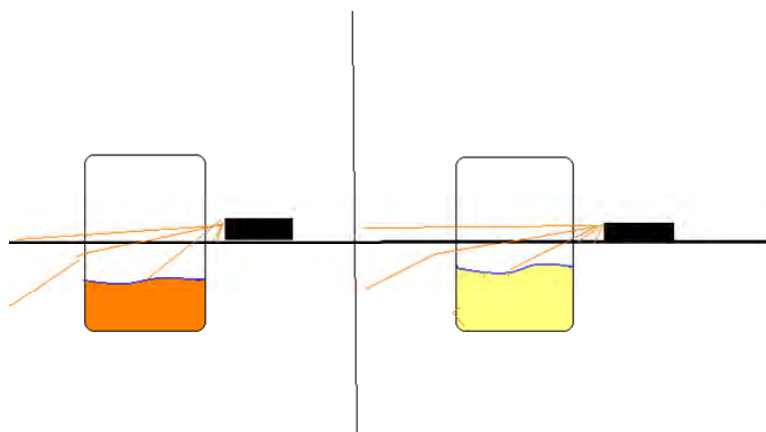
(二)結果：



- 1.由此圖可得知，光在水位爲 13、14CM 時能最有效入射，而後光線則愈趨減弱。
- 2.我們發現平均值最高的 18 公分，17.8 公分則是集中在中間，我們推測可能

是因為在 17.5 至 18CM 的地方，是寶特瓶形狀的轉折，而光線由轉折點進入可以使亮度減少幅度降低。

3. 我們發現實驗中裝滿水的並無使光線減少幅度下降，反而使照明度下降。我們猜想，可能是因為從此角度射入的光線，若是直接照到水面，反射的光就會遠大於折射的光。



水位高低光線行逕圖

4. 水位的高低，還關係著光線進入保特瓶的位置。假設光線從凹面進入瓶內減少的照明度會較小，要是水位不到保特瓶凹面處，就會讓偏折出保特瓶的光線增加。

二、受光面長度：

原先構想直接放在太陽光下，而我們也確實做了這個實驗(原先的實驗參考性不高，測量時照度無法穩定，照度計上的顯示值會一直變動。)，但是照度的部分為了使實驗時不受天候所影響，所以後來改用手電筒模擬。

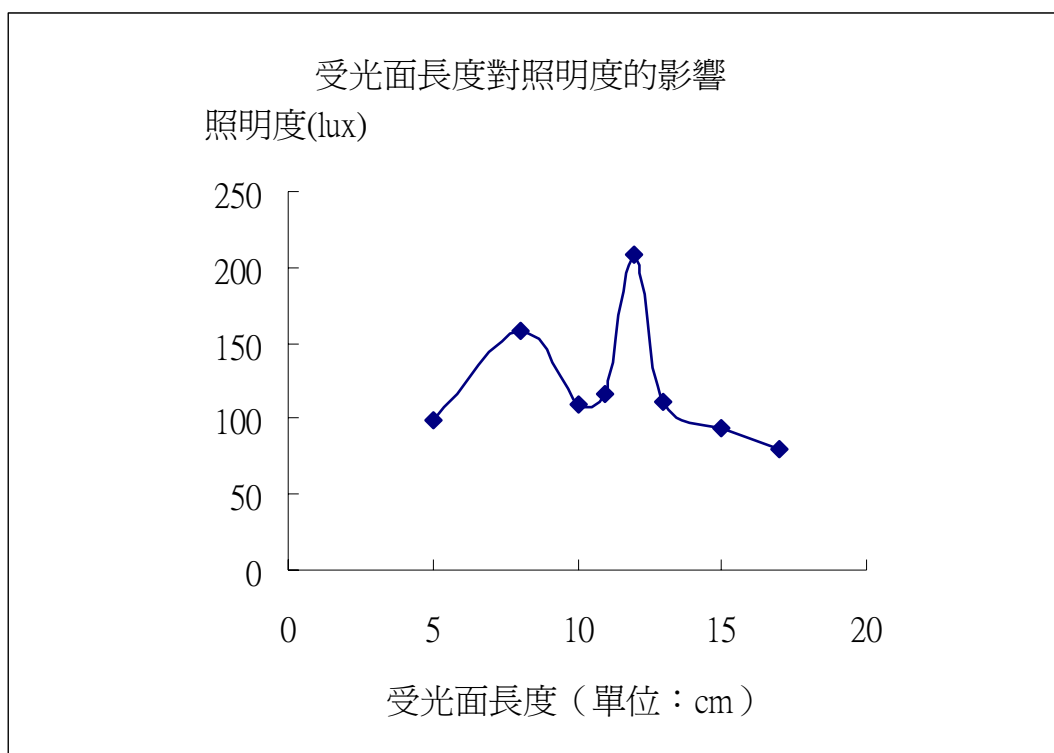
(一)作法：

1. 選定一瓶寶特瓶，將他裝置於瓦楞紙箱上。
2. 在距離底部之五公分處先做測量。
3. 將長度往上加。
4. 繼續測量

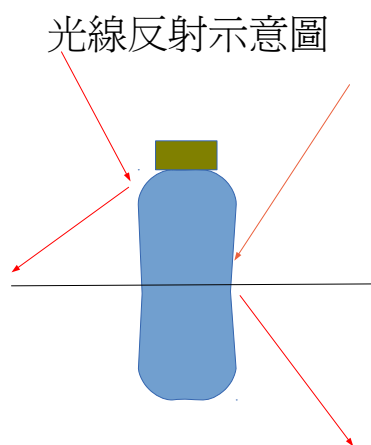
受光面長度實驗裝置示意圖



(二)結果：



1. 保特瓶設於屋頂的最佳位置應為超出屋頂 12CM。(若要集中亮度則 8CM 較佳)
2. 我們發現照明度最佳的是 8cm 的地方，而耐人尋味的是兩個照明度超過 200lux 的高度，竟然差了 4cm。而他們恰好都是位在凹面，所以我們猜測，也許受光面為凹面可以讓折射後的照明度較高，可是照理說 12cm 處，保特瓶上方會有兩個凹面，可是他的照明度卻比 8cm 來的小，因此與我們前面的猜測矛盾。又或許，當太陽非正上方時，由入射角等於出射角的理論，我們可以得知，反射的光線是往瓶內射的，故可以使照明度較高。然而如果是在距離屋頂較遠的凹面，則會因為反射的光射出箱子外，只有折射的光進入箱內。



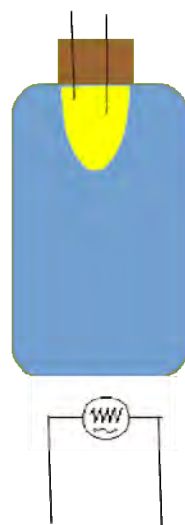
3.其實提高保特瓶的高度，也是讓保特瓶距離箱底的距離越遠。因此，如果把保特瓶裝置得太高，就會失去裝保特瓶的用意了。可是就實際情況而言屋頂距離箱子底部並沒有那麼接近，所以「距離光源愈近，照明度就愈高」的影響也會縮小，所以我們猜測，在實際情況下，5cm 和 17cm 的照明度該都差不了多少，唯一不同的是；高度愈高(箱內寶特瓶還是要有一定 2~3cm 的長度)，光線擴散效果愈好(光束角愈大)。(此概念與「實驗五」相似)

三、水溫與 LED 壽命的關係

(一)作法：

這個實驗我們直接用散光瓶裡水溫來調整 LED 所受到的溫度，可是我們測量光線變化的工具（光敏電阻），是直接放在瓶子底下。當電阻值增加 1000 歐姆時我們計時停止（因為若是以「維持光通量」-LED 照明度最高值 0.7 計算，LED 閃爍時就無從確認究竟何時 LED 衰竭，所以我們以電阻值增加定量值為測量基準是當第一次到達那個值，就停止計時，而且當照明度剩下 0.7 時 LED 也不易閃爍，通常會很穩定，不然就是燒掉，詳情可見「LED 在電壓 5V 狀態下的照明趨勢」。)

水溫與LED壽命實驗示意圖



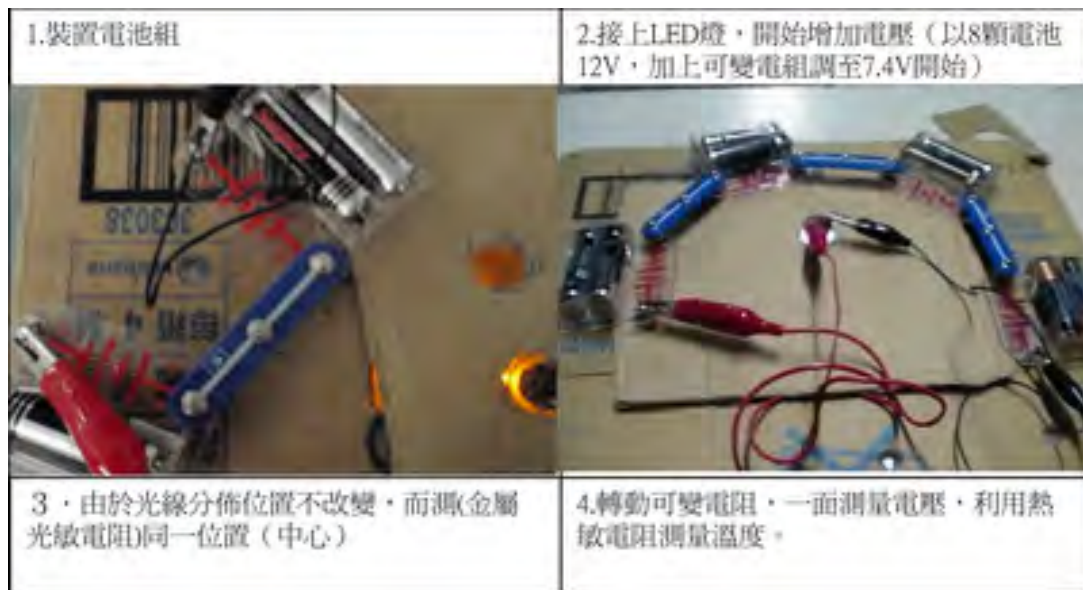
(二)結果：

溫度	90°C	45°C	28°C(室溫)	0°C
時間	14S	31S	在 2 分鐘內沒有電阻值沒有上升趨勢	在 2 分鐘內沒有電阻值沒有上升趨勢

實驗中，我們忽略了溫度對光敏電阻的影響，且若要測出溫度與 LED 維持光通量影響，還要讓溫度維持再固定溫度，所以我們希望重做一次實驗，並以酒精燈加熱，且將光敏電阻置於幾乎不受酒精燈加熱之處測量。

四、找到在水的冷卻下，一顆 3v 的 LED 在穩定狀況下的最高亮度：


(一)作法：



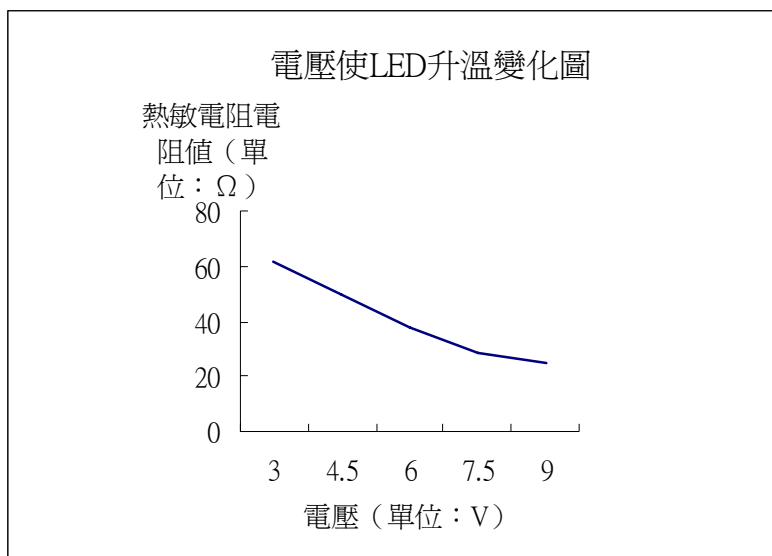
當我們拍得照片再進行顏色分析時，是用電腦進行分析。電腦顏色處理法：

- 1.校色
- 2.用小畫家打開影像檔案
- 3.汲取中央顏色
- 4.從編輯色彩中自行定義顏色

(二)結果：

電壓 (V) \ 照度 (Ω)	3V	4.5	6V	7.5V
LED 照明度	26440K	2302K	1666K	1373K
顏色	偏藍色	偏藍綠色	偏藍綠色	偏藍綠色
色調	138 	120 	120 	120 
電壓 (V) \ 照度 (Ω)	7.75V	7.9	9V	
LED 照明度	733K	1502K	燒掉	
顏色	偏藍綠色	偏紫色		
色調	120 	150  不穩定		

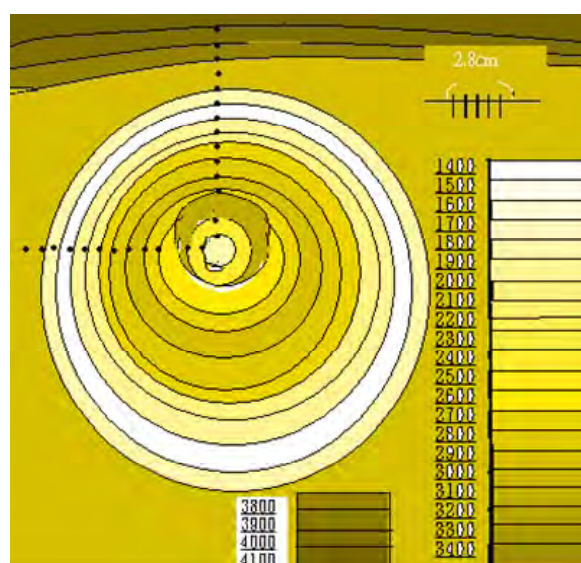
1. 7.75v 時照明度最高，與亮度成反比的電阻值為最小值：733K 歐姆



- 2.實驗結果的溫度上升從 7.5 開始趨緩，可是 9 伏特仍有上升趨勢，所以可證實 75 伏特還沒有燒壞的傾向，若有則應為 7.5 伏特後溫度不增加。

穩定值 (7.5V) 光線分佈圖 (單位: Ω)

7.5v光線分佈圖



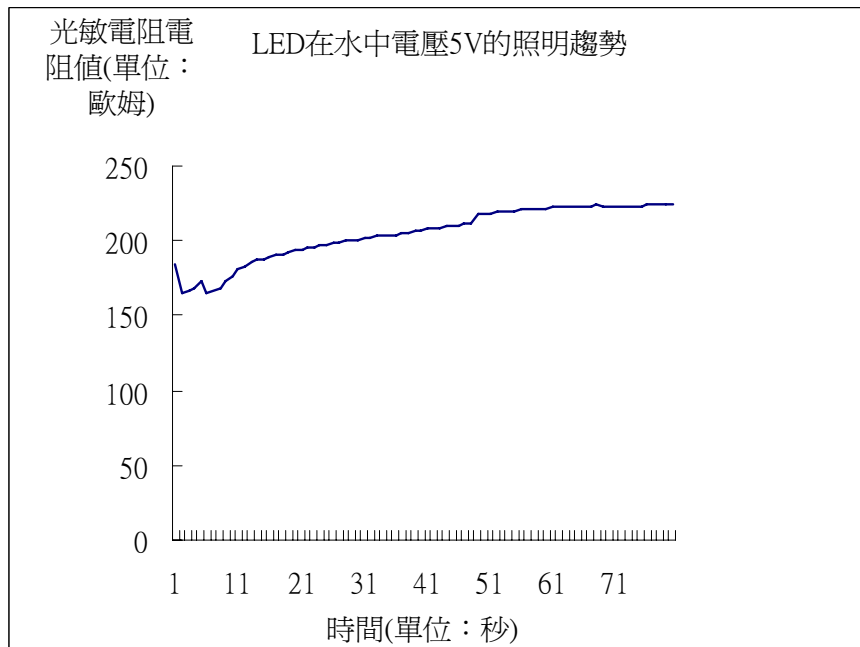
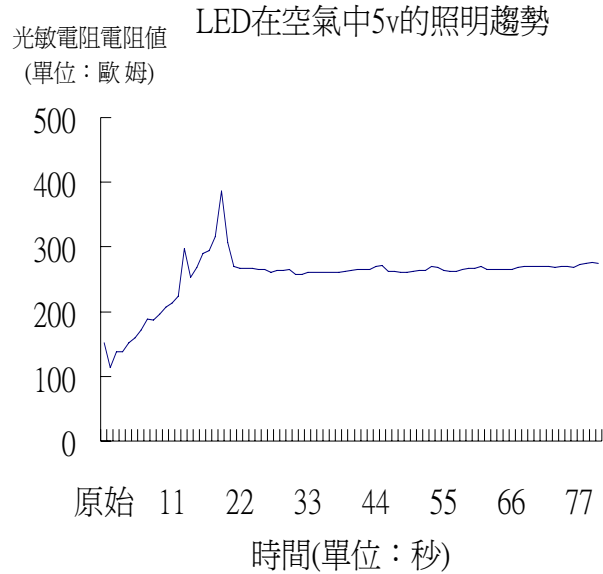
- 3.由於實驗室沒有電源供應器（只有不是很準的手動式），而使用電池與可變電阻替代。實驗中，發現電壓超過極限值時白光 LED 的顏色便由藍色，藍綠色轉向紫色，且愈暗。而從顏色變化，便能觀察燈泡而在此電壓下維持多久、不燒壞。
- 4.實驗結果發現，一顆 3V 的 LED 燈最高能加到 7.75V，而這是在加上散光瓶的條件下才成立，經過測試不加上瓶子的 LED 燈，電壓大於 5V~6V 的情況並不能持續太久。

五、3VLED 在供給 5V 電壓時，在空氣中與水中的照明趨勢：

(一)作法：

- 1.將 LED 接上四顆電池（我們測得正向電壓為 5V）
- 2.分別以放入水裡與不放入水裡的兩組 LED 做對照。
- 3.以秒為時間單位測出本裝置與原 LED 在 80 秒內的維持光通量。

(二)結果：



- 1.從結果得知一開始的亮度，「空氣中」的那組比「水中」的那組還要亮，可是以燈具壽命來說，單將 LED 放在空氣中，它的壽命只有 20 秒，可是從放在水裡的那組資料來看，它的壽命是相當穩定的。

2.一開始兩組的亮度有一些落差，我們猜想也許光線出射（LED 射入水中）的角度有些改變了，導致光線強度有些落差，所以之後我們做了一個 Beam Angle 的實驗，去找出本散光瓶的 Beam Angle。（這也可以進一步推算出光線偏折的角度）

六、光的偏移：

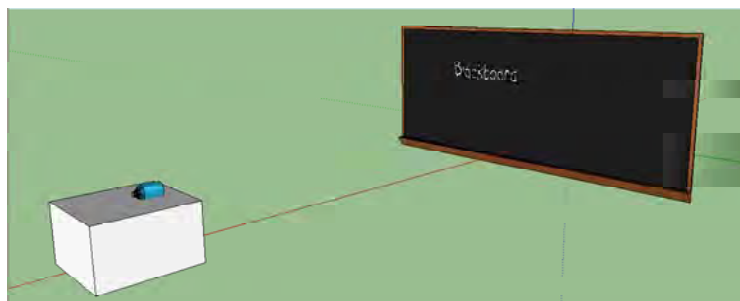
爲了讓光線在可接受的照度範圍內加至最廣，我們做的這個實驗是找到光線擴散的斜率，進而從中推算照明區域與散光瓶放置高低關係。

(一)作法：瓶子面對黑板，測量距離移動後亮度的變化。

光線擴散實驗裝置圖



光線擴散實驗裝置示意圖



(二)結果：

最內圈半徑	離測量面的距離
0.7cm	68cm
0.5cm	64.1cm

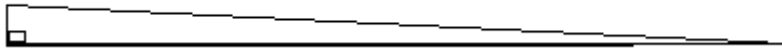
最內圈半徑	第一圈至第二圈之間的距離	離測量面的距離
2cm	11.5cm	61cm
3cm	23cm	129.5cm

- 1.距離拉遠 68.5 公分之後，亮度減弱，但至最明亮處半徑只增加 1 公分，而和第一圈的距離加了一倍。
- 2.整體看來，移動散光瓶對亮度的影響並不大。而改變散光瓶與被照射面之間的距離卻可以改變照射面積。
- 3.根據此實驗結果為光線角度在 120(119.7)的近似值會造成光線擴散的公式為

$$\left[\left(\text{另高為 } H, \text{面積為 } ar \right) \frac{\sqrt{3}H}{3} = \frac{\sqrt{ar}}{\pi} \right]$$

然而，計算結果和實驗結果還有些出入，甚至我們計算出的結果在實際狀況下已產生全反射。

- 4.根據實驗結果，我們可以畫出 0.2cm 底：3.9cm 高的三角形



而計算結果顯示我們散光瓶光線擴散斜度相對於被照射面而言，為 2.25°，所以求得我們要的 Beam Angle 為 2.25（極窄角）。

- 5.我們在這個實驗中，所求得的 Beam Angle 為中心光圈的，所以為極窄角，根據實驗結果其實散光瓶雛形最外圍光圈的 Beam Angle 根據測量，約為 89 度，可是最外圈照度遠不及維持光照度的一半，光線相當微弱。
- 6.另外我們實驗的目的在於希望散光瓶裝置下，能讓光束角以外的光線幾乎為零，換句話說是可以讓光線擴散，但我們不要讓光線照到不需要被照明的區域。

七、散光瓶照明區域與市面燈泡比較：

(一)作法：

- 1.找到傳統燈泡與省電燈泡
- 2.將其架放於桌面（黑板前 61CM）
- 3.測量照明範圍(金屬光敏電阻)

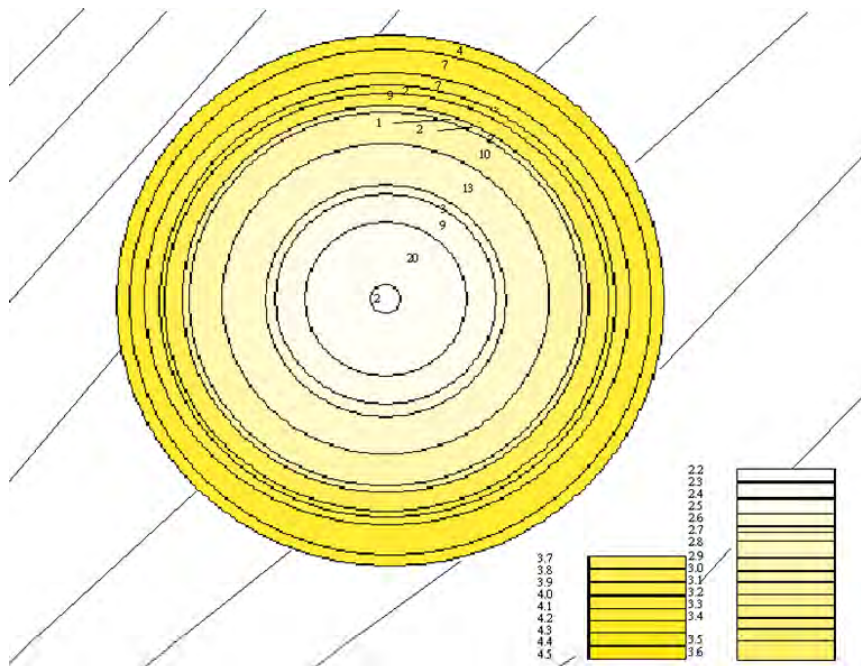
(二)觀察：

實驗中，我們的散光瓶與省電燈泡較接近冷光(幾乎不發熱，除非我們給的電壓過高)而傳統燈泡會發出大量的熱，不過由於本實驗與此關係不大，因此不在此作討論。此圖是省電燈泡的照明區分布圖↓

(照明面積為 0.3488 πM^2)圖中的數字為每圓間距（單位：cm）斜線部分由於照明度小於 4000 Ω ，不足以照明，故以斜線替代。

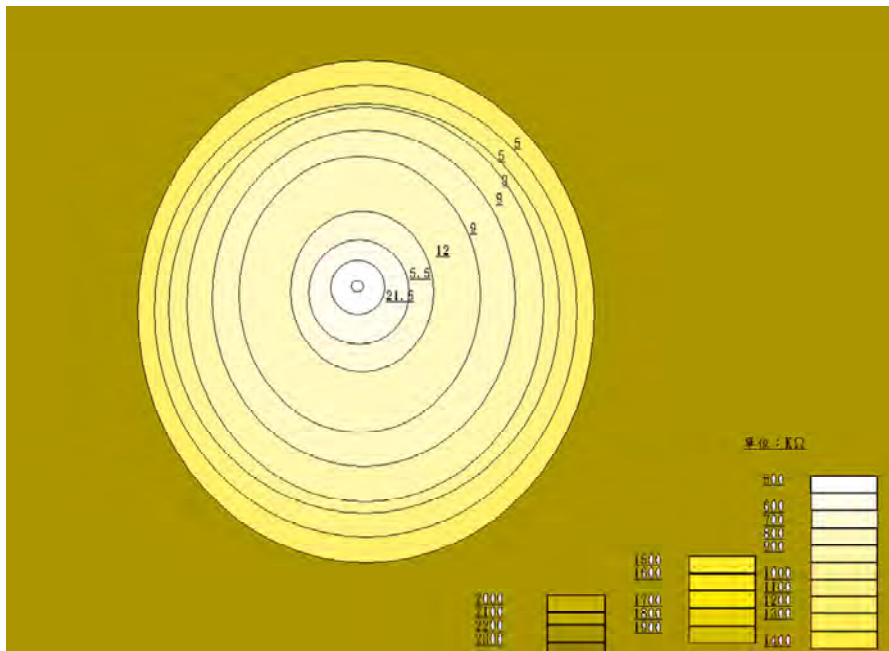
(三)結果：

省電燈泡光線分布圖



傳統燈泡的光線分布圖↓(照明面積為 $0.49 \pi M^2$)圖中以數字表現的部份為間距，每一個圓與另一個圓的間距。


傳統燈泡光線分布圖



1.相較於我們的散光瓶，散光瓶能達到比較大的照明範圍（細節在討論有提到），可是照明度部分能略遜一籌（雖然本實驗只將散光瓶電壓加至 6 伏

特，並非極限之 7.75 伏特，但實驗後與 7.75V 做比較仍然不能以一個散光瓶取代一顆燈泡，而數量之換算部分討論也有提及)

- 2.實驗結果發現，實際上省電燈泡實際照度（光能）並沒有比傳統燈泡亮。而會造成我們認為照明度較亮的原因在於顏色(在文獻中也有資料記載人

類較適合接受白光照明)，傳統燈泡的顏色較偏向紅色，其亮度(小畫家)：192，色調：R-235、G- 194、B- 176。而省電燈泡顏色幾乎是全白



，其亮度（小畫家）：201 色調：R-218、G-208、B-209。所以這是我們散光瓶的優勢，若要與省電燈泡比較，大約 20 顆 LED 燈即可，以一顆 8 塊的 LED 為例，二十顆 160 元足足比一顆 248 元的省電燈泡便宜了 88 元。而散光瓶可以在同條件下達到 2.4400 lm^2 (省電燈泡為 0.3488 lm^2 ，傳統燈泡為 0.49 lm^2)

八、移動兩個散光瓶對光線分布有何影響：

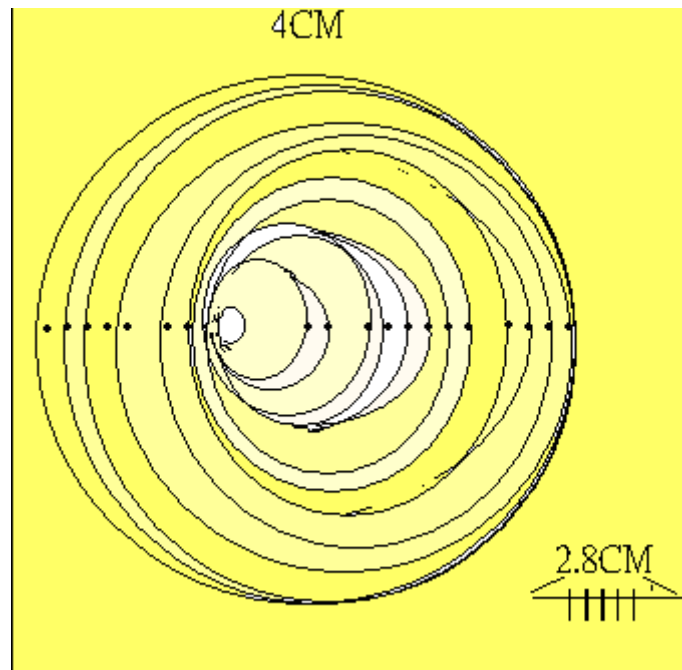
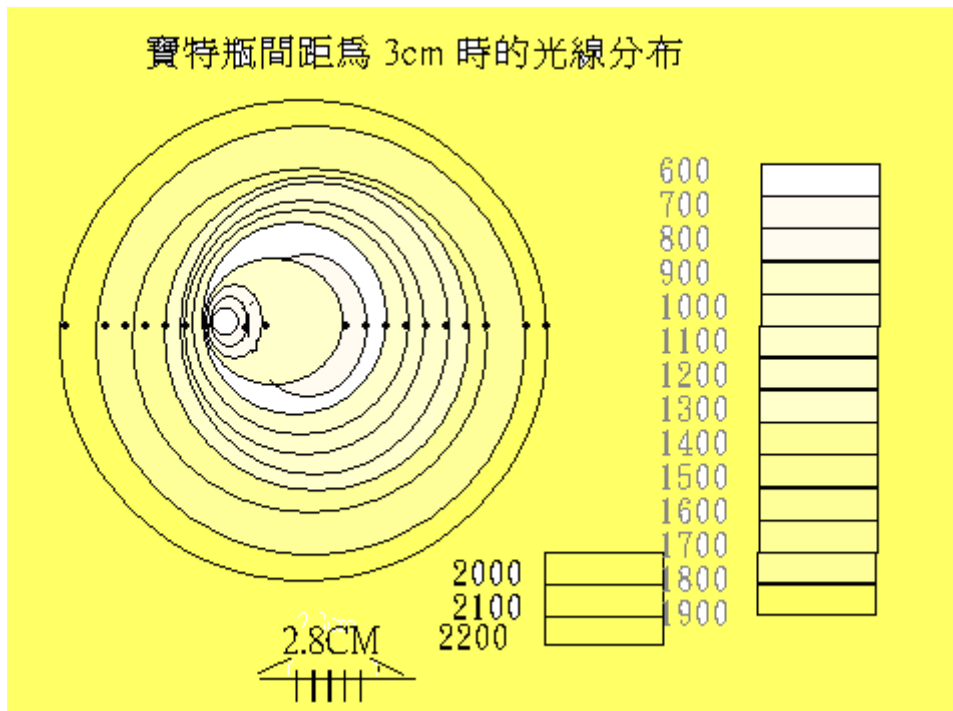
(一)作法：

- 1.分別將 LED 裝到寶特瓶內，並接上電路。
- 2.移動兩個寶特瓶，觀察其光線分布變化。
- 3.測量光敏電阻(塑膠)電阻值

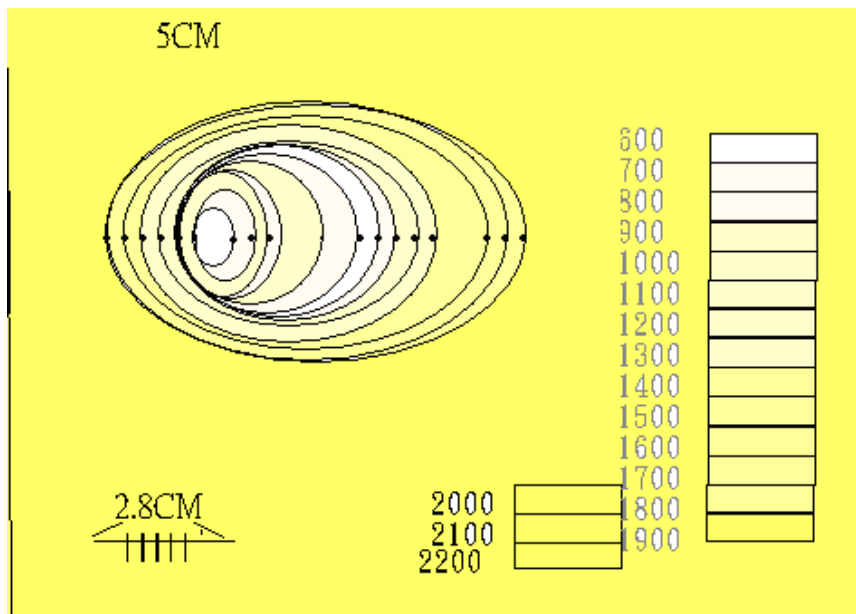
移動兩個散光瓶實驗照片



(二)結果：



光線定義圖-色彩對照見 3 c m



(單位：歐姆)

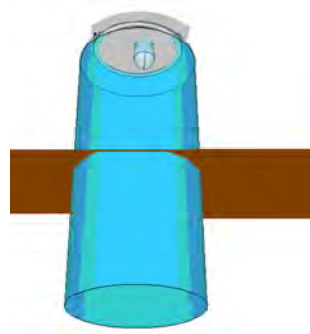
1. 當我們接上兩組寶特瓶時光線分布與我們學過的干涉現象相關，出現了「橢圓形」的光圈，可是也因為干涉現象使得光線無法彌補照明度較低的暗區。
2. 而結果也顯示，在散光瓶的組合中，寶特瓶排列愈近的，對增加照明度的效果不佳。若是距離遠的散光瓶排列，光圈現象較不明顯，且照明範圍會增加(即面積單位照明度)

九、在同一瓶中移動 LED 對照明範圍的影響：

(一)作法：大部分的實驗步驟都與上面的移動散光瓶實驗相似，但是為了便於固定 LED 的位置，我們買了保麗龍球作為固定 LED 的工具。

移動LED實驗

裝置示意圖



(二)觀察：

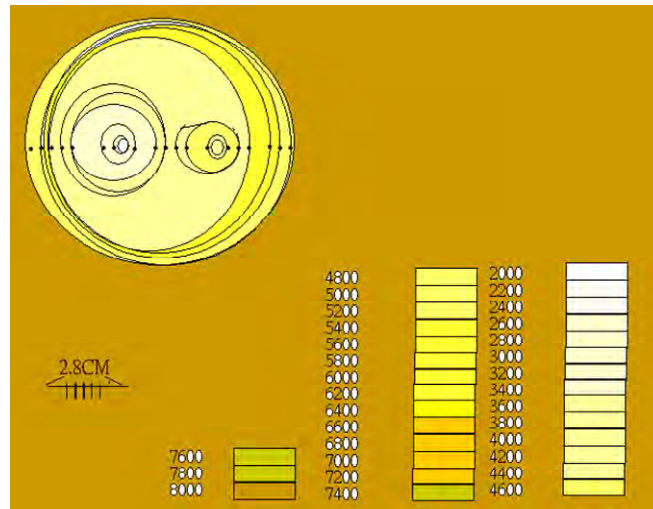
實驗中我們發現用保利龍會很容易熔化(詳情在討論中我們會提到)，而產生下圖的情況。



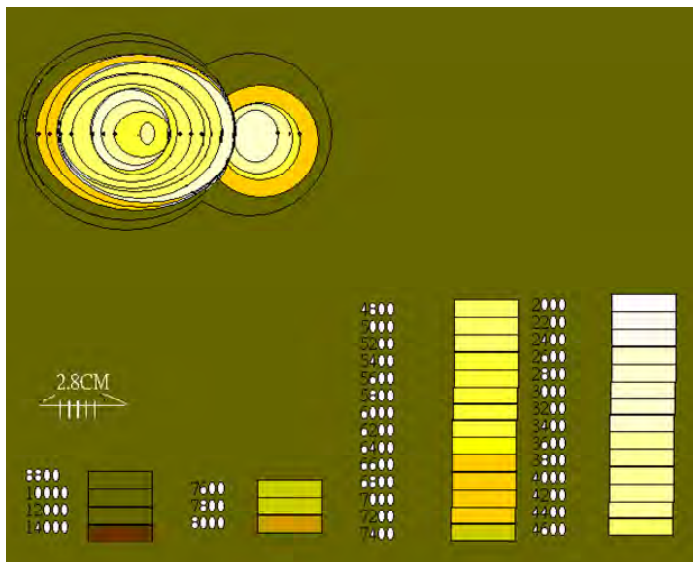
另外因為我們的口徑不夠大，雖然能將 LED 裝到瓶子裡，但是很容易碰觸到瓶壁。如此來看，若用小的瓶子做測量還要考慮與瓶壁之間關係，實驗結果，會看到平常原本不亮的瓶身也開始亮了。

(三)結果：

相距0.5CM的兩顆LED的光線分布圖



兩顆LED相距1CM



(單位：歐姆)

- 1.由結果很明顯可得知移動 LED 使光線減弱，周圍亮度由 8 千歐姆降為 14 千歐姆。
- 2.另外，當我們同時將四顆 LED 裝在瓶中時則如下圖第一張：

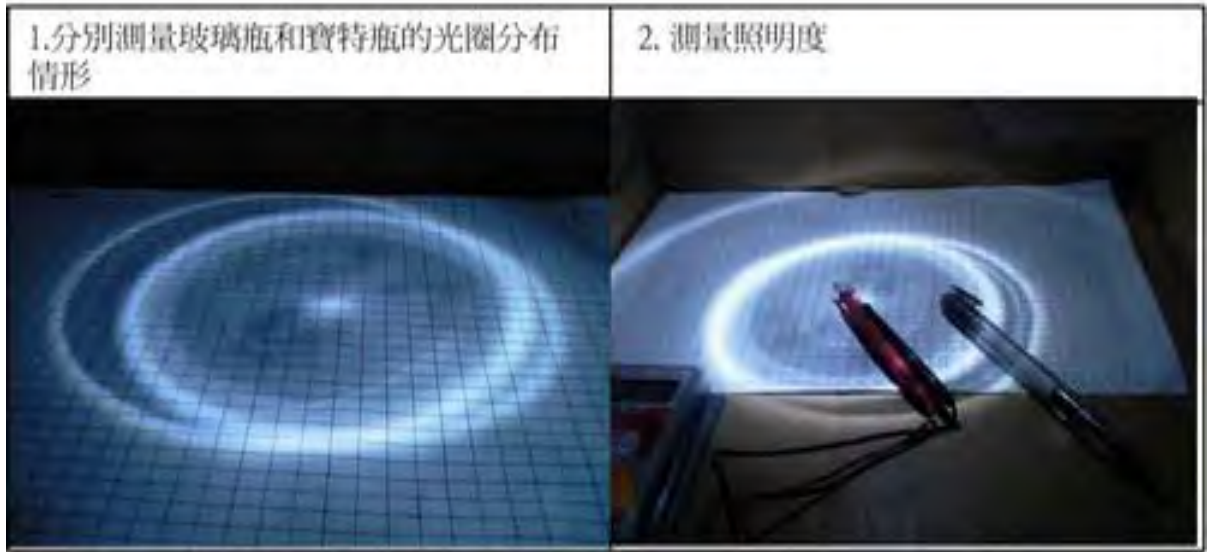


- 3.上面幾張圖片是我們將同時裝有四顆 LED 的瓶子，分別開啓以兩顆為一組、三顆為一組的 LED，並觀察其變化。
- 4.在多數區域因為光線的重疊(干涉)而消除了光圈現象，使光線分布的較平均。
- 5.結果發現當 LED 不是裝於瓶子中心，而是與其他三顆等分時，光暗分別的光圈現象就會減弱。
- 6.由結果我們很明顯的得知，光線會因為我們移動 LED 而衰弱。可是實驗中我們將 LED 插在保麗龍上，以方便 LED 在口徑較小的瓶子裡移動及固定，但是後來有發現水中有入白色膠狀物(疑似融化之保麗龍)，而造成實驗誤差，所以最後為了確認結果，我們有找了口徑大(3CM)的瓶子作測量。

十、玻璃瓶和寶特瓶的差別：

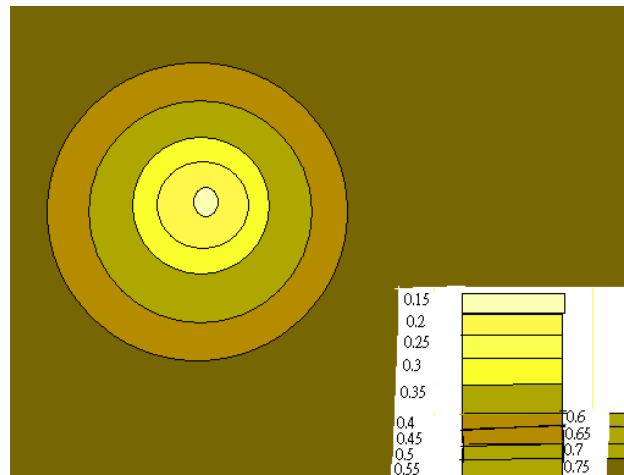
從這個實驗我們可以瞭解一般常見的保特瓶與玻璃瓶到底何者較適合用於散光瓶設計？何者能提供較高照明度？

(一)作法：

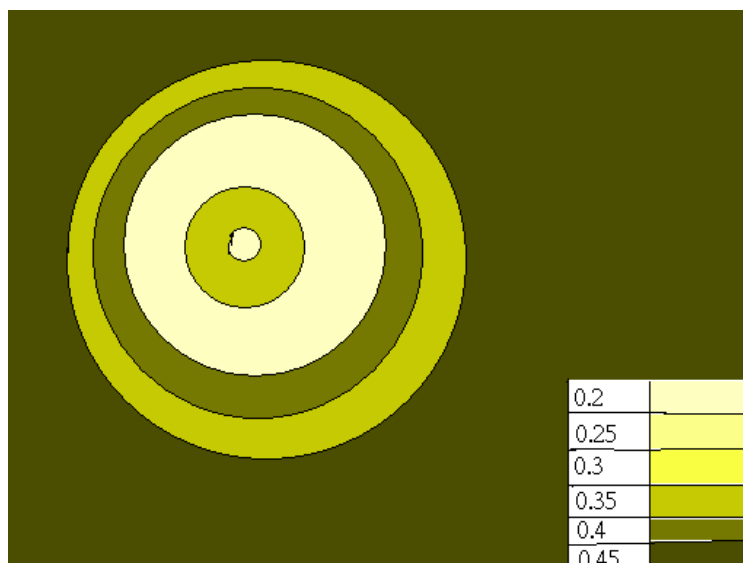


(二)結果：

保特瓶光線分佈圖↓



玻璃瓶光圈分布圖↓



1.以上兩圖顯示由寶特瓶為容器的散光瓶，較玻璃瓶亮。

2.由實驗結果可知照度平均玻璃瓶要比寶特瓶好，可是玻璃瓶中心亮度(同時也是最高亮度)並沒有比寶特瓶亮。實驗中我們發現到光線經由寶特瓶出射後壁上的光度會比玻璃瓶亮。因此，根據我們學過的透光度可知，寶特瓶透光率(93%且較薄)(一般厚度下)要比玻璃瓶(92%較厚)大，也因此由瓶身散出之光線會比玻璃瓶多，所以中心的最高亮度值也會比玻璃瓶大。反之，玻璃瓶的透光率較小，所以從瓶身折射出去的量也少，故底面亮度會較寶特瓶大。

十一、全反射的角度

$$\theta_c = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

根據臨界角公式，再加上玻璃和空氣的折射率 1.5 與 1.0，透過計算機，我們得出若要產生全反射，得有 50 度的臨界角，可是實際測量結果（見此實驗結果），能產生全反射的角度與計算出結果並不相同（而且有蠻大一段差距），我們猜想，這可能與玻璃的實際材質和玻璃厚度有關。

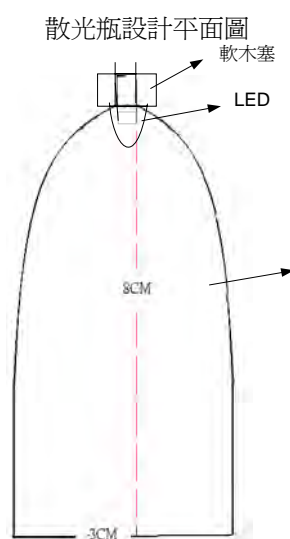
(一)作法：

我們在暗室利用雷射筆與鐵架，在同一位置，不同角度進行照光，在瓶子（玻璃）與光線交會點（瓶外）進行測光。

(二)結果：

	50 度	40 度	30 度	25 度	20 度
光敏電阻值（千歐姆）	0.705	1.11	40.41	43.5	全反射

1.我們認為實際求出數據之所以會與計算數據有如此落差在於忽略了厚度，可是若要測量玻璃瓶厚度又稍嫌複雜，而實際求出的結果，雖然不比計算(如果各方面都考慮到)精準，但仍能再全反射(測量出的數據)範圍下設計出一個合宜的玻璃瓶形狀。

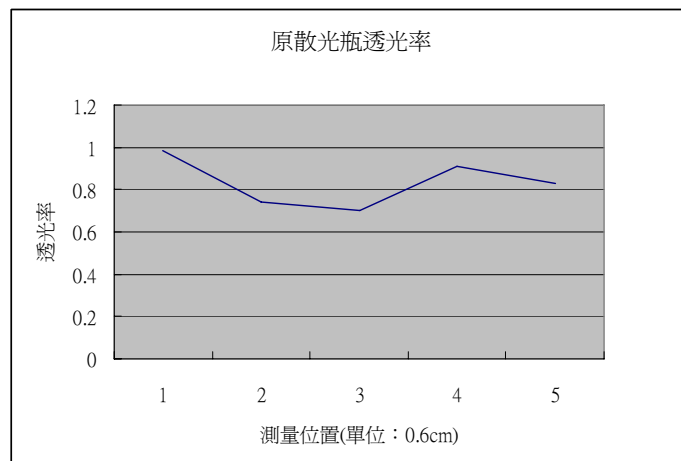
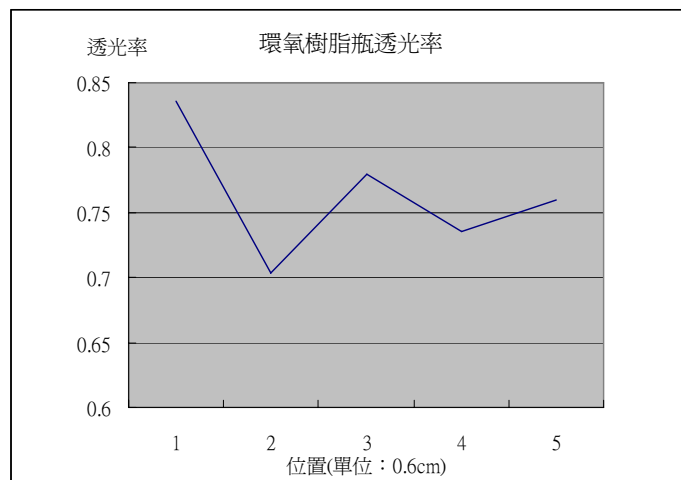
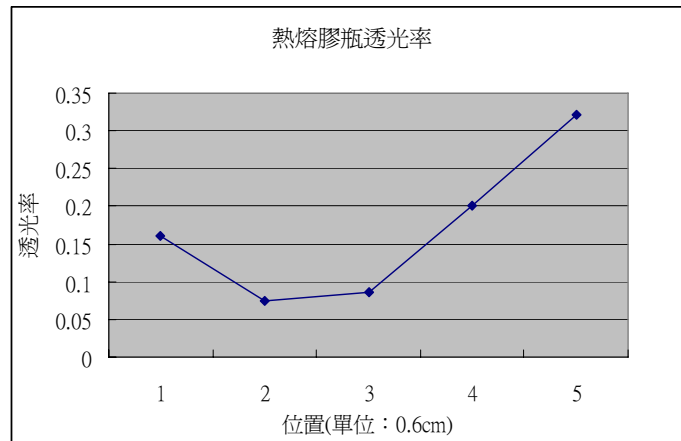


十二、填補瓶底物的透光率

(一)作法：

我們以雷射筆橫掃(0.6CM 為測量位置)已填補瓶底之散光瓶，並計算其透光率。

(二)結果：



- 1.我們發現環氧樹脂透光率比較好(與熱熔膠相比)。在過程中，我們也看到環氧樹脂填補的瓶子很容易使光線反射。
- 2.基本上此實驗是爲了要讓光線不會因爲瓶底形狀而有光圈現象故設計之。
- 3.原本我們做了一個加上油性紙的實驗，極力嘗試任何可以將瓶底變平的方式，可是大部分的方式，都會因爲不完全透光，可是後來我們找到了透光率相當高，且折射率與玻璃瓶接近的環氧樹脂，這是目前最適合用來做填補的素材。

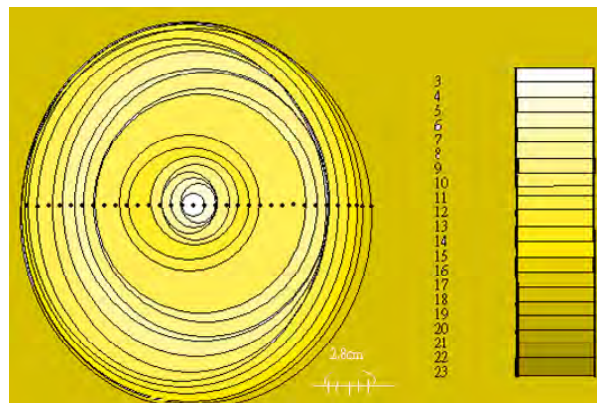
十三、玻璃瓶底形狀(平、凹)對光圈現象的影響

(一)作法：

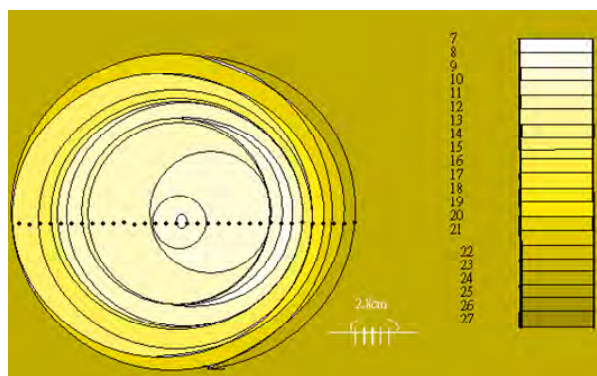
我們用熱熔膠先黏住玻璃瓶底部，趁熱熔膠尚未冷卻，用玻片將熱熔膠在瓶底壓平，以做出平底的玻璃瓶。另一組環氧樹脂填充底部的是直接將調好但尚未凝固的環氧樹脂倒在倒置的散光瓶底部，靜候它凝固。

(二)結果：

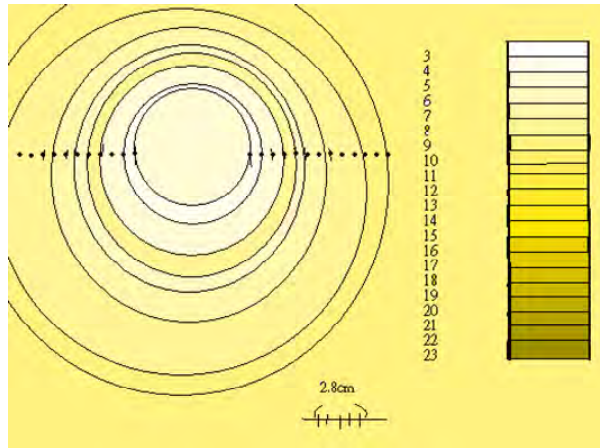
凹底玻璃瓶光線分布圖



熱熔膠爲底



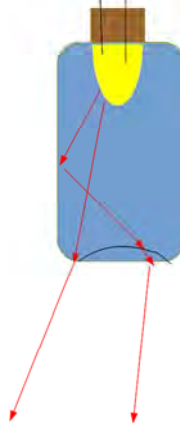
環氧樹脂為底



(單位：千歐姆)

- 1.根據結果，光圈最少的是環氧樹脂，可是樹脂的折射率與玻璃畢竟不同，難道將他填平光圈就會減少嗎?結果發現環氧樹脂確實能消除光圈(甚至肉眼難見得光圈，從等照度圖上也能看到等照度區由內而外增加照度的區域僅兩圈)。
- 2.原本我們預期結果會因為透光率差而使光線散布平均，此一想法類似以油性紙遮光(見<討論-散光瓶雛形>)。可是結果顯示光線確實會因加了環氧樹脂(透光率極高，幾乎接近玻璃)而散布平均。
- 3.理論上，環氧樹脂與玻璃的折射率接近，環氧樹脂為 1.5，玻璃為 1.49，可是我們認為原因應不僅於此，加上環氧樹脂的散光瓶幾乎不會有疊影，所以我們推斷光線應該是被導正回來了。

光線導正示意圖

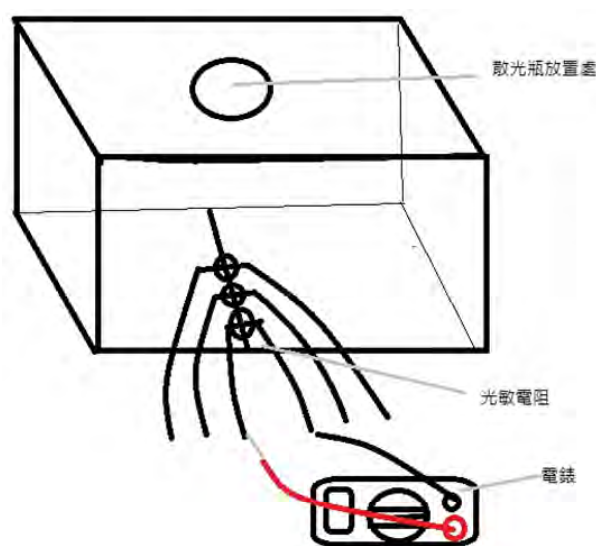


陸、討論

一、測量工具：

本實驗的測量工具歷經三代，一代為測量方式中所述：以照度計測量之。一、三代因為測量結果較符合我們的需求，所以後來採納之，且報告內以三代測量方式為散光瓶相關實驗的測量方式，而一代為保特瓶折射光線實驗用之。

二代測量工具示意圖



二、光線分布圖：

如實驗<方法與過程-實驗裝置製作>中所述，要畫出光線分布圖的目的是為了從中了解光線分布問題，並計算出 Beam Angle，而二代測量方式就做出這種效果，由於光敏電阻的變異性很大(每一顆)，所以兩顆電阻之間會因為裝置的位置與固定時是否穩固而影響其電阻值(原本用二代測量方式時我們每次實驗都花了很多時間在調整光敏電阻，好讓每一顆電阻的亮電阻與暗電阻分別相等。)，所以無法將兩顆電阻的阻值拿來比較，更無法測得 Beam Angle，甚至量出等照度，畫出光線分布圖(一方面也是因為光敏電阻數量無法排滿整個被照射面)。

三、基本散光瓶裝置：

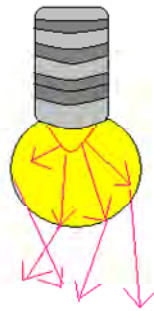
最基本的散光瓶(以 7CM 為例)，原本一顆照明範圍只有 32CM (直徑) 的 LED 燈，裝上散光瓶後能增加到 434CM (直徑)。可是單一的玻璃瓶一定會產生光亮陰暗分別區(我們稱為光圈)。(如 P. 4 - 被照射面情形)

前面提及的光圈現象，特別想了一些解釋並給予證明。我們認為散光瓶之所以會產生光圈現象源自於瓶底形狀，如此推斷是因為我們在同一個瓶子內移動光源時，一定會有一圈(最外圍的)光圈不移動。若是以干涉現象解

釋，也許有可能，但是如若光源位置改變，光圈位置應該改變，實驗結果看來應為平底為圓底所影響，意思是除了遮光或上其他散光瓶做彌補，否則光圈現象不會衰弱。另外，部分的光圈跟干涉現象確有關聯，證明是當我們移動散光瓶的高低時，光圈數會有變化，如此便證明原本相交的兩光波經過交點後散開，不再構成光圈。綜合上述兩點，我們提出的結論為「光線先因為出射水面而改變原本的位置，而向外擴散的光圈連成一圈，而行成光圈(以平底形狀為主因而形成之光圈)，向內集中的光線再與其他光線相交形成光圈(以干涉現象為主因之光圈)」(見散光瓶發光示意圖，黃色光為向外擴散，紅色的光為向內集中。)

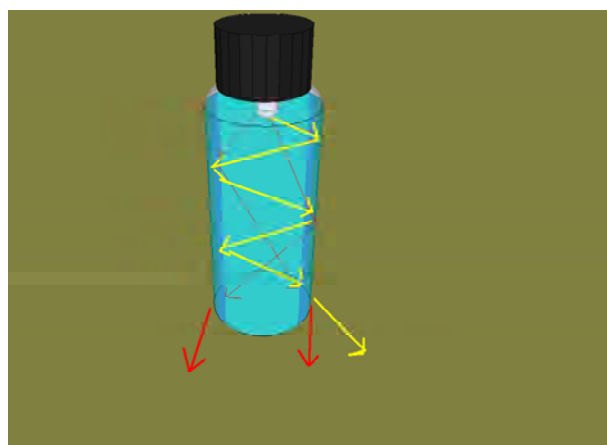
散光瓶的設計和一般燈泡不同之處再於散光的原理。一般傳統的燈泡，有些是用毛玻璃，其原因可能是為了將光線打散至各處↓

傳統燈泡發光示意圖



而我們的散光瓶，是透過光線在瓶內無數次反射後，射出瓶外後，每圈光影區的折射角度不同，而使光線分布變廣。(見散光瓶發光示意圖)經過測量將散光瓶裝置於離地面高 217CM 處，照明範圍 4.7089 m^2 。原面積為 0.0296 m^2 。

散光瓶發光示意圖



另外，我們的散光瓶設計也跟全反射有相當大的關係，由散光瓶發光示意圖可得知，一般的光線因為照射角度過大，光線較容易反射，反射出瓶子

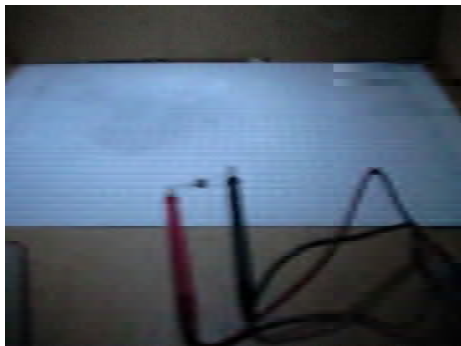
的機率不大，所以平常我們在觀察散光瓶時，並不會看到瓶身比瓶底亮，就是因為這樣，所以散光瓶設計也將原本可能反射離開 LED 的光線和射出 LED 但不是光線路徑不是需照明區的「散出」光線先集中，當集中到瓶底時，再以光經過介質所發生之偏折將光線在我們所需照明區內打散。

四、散光瓶雛型：

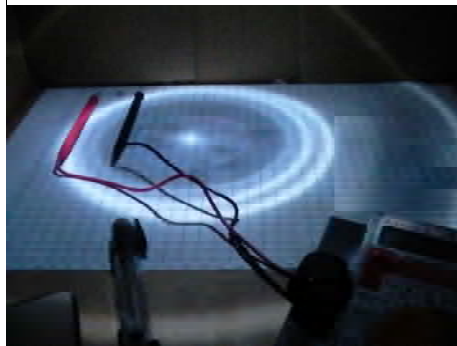
最後我們將以環氧樹脂封底的散光瓶定義為散光瓶雛型(畢竟還沒完全克服光圈問題)，它可以直接拿來作為照明，且在高度兩公尺的狀況下幾乎不會有疊影(在外為光圈處則完全無疊影)，也因為使用直流電，並不會有頻閃問題。

原本在設法消除光圈的時候，我們還用了另一個方法「加上油性紙」。

加上油性紙



不加油性紙



關於加上油性紙的散光瓶，經過測試它並不會產生疊影，這也是 LED 工業的訴求，可是以發光功率來說，實在略遜一籌，不過我們預估，只要能去除光圈現象便不會產生疊影(不包括疊合光圈)。

有無加上油性紙很明顯就能看出亮度差別(不加油性紙的一般散光瓶整體亮度較高)，可是加上油性紙的照明區分佈就顯得平均。不過我們的訴求是能提高 LED 的效率，如果使用的方法使照明度下降，那代表還要找出能消除光圈加辦法。(因為做了這個實驗所以設計了實驗十二)

柒、結論

散光瓶的設計最大的優點在於能擴散照明範圍，能取代日光燈座為省電的照明器物，同時我們也找到一顆 3V 的 LED 燈在冷卻下所能承受的最大電壓，這使它能更有效的發光。

一、研究發現：

(一)改善菲律賓寶特瓶折射使用效率：

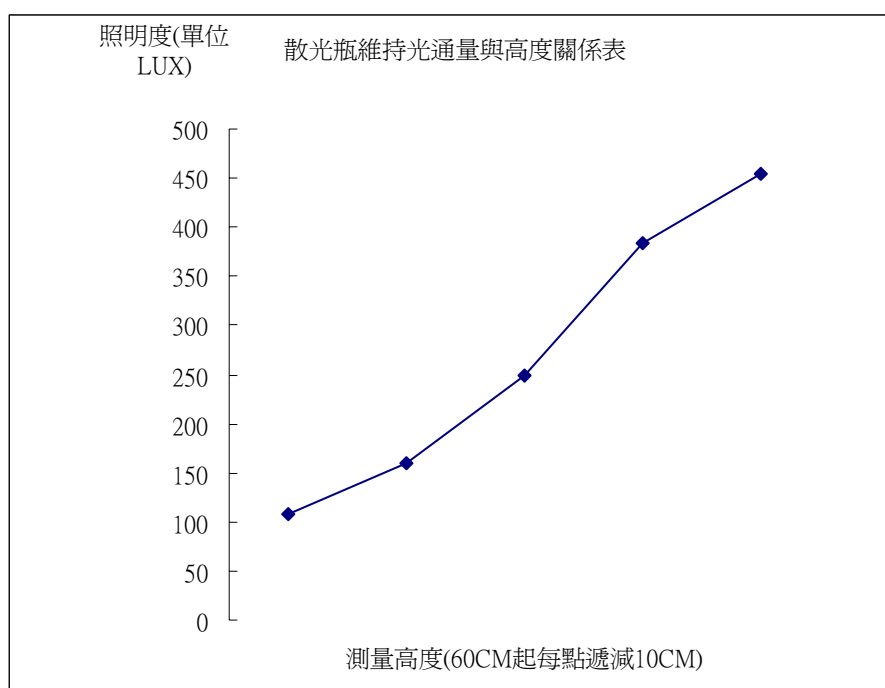
- 1.在菲律賓的裝置條件下(且寶特瓶為常見的礦泉水瓶、可樂瓶)，最佳的水位是於 18cm 處。
- 2.同上，最佳的裝置應將寶特瓶放置於屋頂上方的長度應控制在 8cm。

(二)能應用在台灣散光瓶裝置：

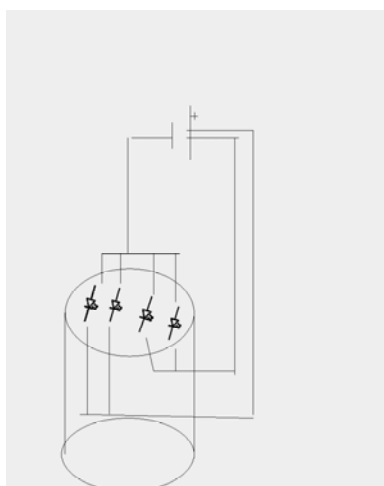
- 1.散光瓶中 3V 的 LED 燈在 7.75V 的時候照明效果最佳。
- 2.一個散光瓶能提供照明的範圍為-高：面積=2：1562(cm²)。
3. 20 顆 LED 在 7.75V 左右(±0.25V)能取代日光燈，以提供照明。
- 4.若要消除明暗區(完全消除)，最好的辦法是加上油性紙做部分遮光。

(三)另外，本散光瓶裝置的相關資訊如下：

- 1.光束角為 55°(而光束角內外照度差為 102 lux)
- 2.最高照明度為 146 lux(正向電壓為 3.6v 時)
- 3.目前應用之正向電流極小，將電錶調至 μ 時仍顯示 0.0
- 4.此裝置維持光通量如下圖
- 5.本散光瓶裝置一個瓶內共用六顆 LED。

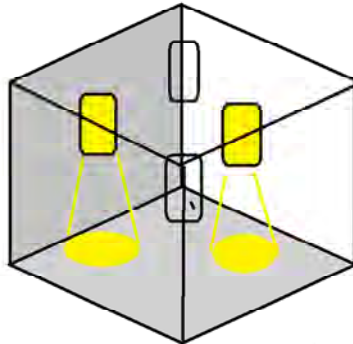


散光瓶裝置完整版



最後，我們這樣的設計利用照射區域的改變，做檯燈或區域型的燈具利用，達到當我們需要多大的使用範圍時便開多少的燈，而同一空間內就能選擇被照明區。

散光瓶應用目標



如圖中有四個散光瓶的房間，當需要時不必四個全開，只需開部分散光瓶就能達到照明，概念類似戲院的聚光燈。

捌、參考資料

- 一、網路影片《一公升的光線》及 GREEN INSIDE 報導-網址：
<http://www.greeninside.com.tw/?p=1409>
- 二、維基百科《光》-網址：
<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%85%89>
- 三、新強光電網站：
http://www.neobulb.com/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=1&lang=zh
- 四、康軒文教出版之 101 國中自然與生活科技 第三冊（2 上）-第四章《光》

【評語】 030823

本案利用光在介質上行進速度不同，及全反射原理提升照明強度。

優點：所設計之 LED 燈利用水介質在寶特瓶中可以加強照明強度兼吸熱效果，提升 LED 燈之效益。

建議：考慮有效消除光影重疊的問題。