

中華民國第四十五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

第三名

080806

破解『防眩光板』的奧秘

花蓮縣吉安鄉化仁國民小學

作者姓名：

小六 張巧渝 小六 陳建儒 小六 林品佳
小六 周婉婷 小六 李蕙均 小六 鄭吉峰

指導老師：

黃偉麟 吳佩芳

壹、摘要

眩光是常見的現象，會對生活造成不便的影響。所以本研究的主題是：探討檯燈造成反射眩光的種種現象，並研究防眩光的原理，最後再試著 DIY 防眩光檯燈。

為達成目的，我們首先觀察檯燈上下、左右位置變化時，眩光大小、形狀、位置的變化。在初步瞭解眩光現象後，我們推測防眩光的原理可能與防眩光板的折射、反射程度有關，所以設計了照度、輝度、雷射光折射三個觀察實驗。根據觀察結果，我們發現防眩光板具有很高的反射效果，所以光線會在檯燈內不斷反射，最後被吸收，於是檯燈照射出的亮度與眩光程度都有所降低。

最後我們用十二種常見的材料 DIY 防眩光板，並以六項評斷標準進行評分。結果證明，我們 DIY 的防眩光板一點也不輸一般的商品。

貳、研究動機

最近近視越來越深了，看起書來總是濛濛的又很刺眼，不禁讓人想起電視上火熱的防眩光檯燈廣告，如果我也有一台防眩光檯燈該有多好。可是到了賣場才發現檯燈居然要 2600 元以上，好貴喔！不禁讓我們想到，我們是不是可以運用我們三年級自然課學過的光的原理，來研究眩光的現象與防眩光的原理呢？若在瞭解原理後，還可以利用這些知識自己來 DIY 防眩光檯燈的話，那就太棒了！



由同學提出有興趣的研究題目

參、研究目的

- 一、探討使用檯燈時，產生眩光的各種現象
- 二、探討防眩光板的防眩光原理
- 三、研究生活中是否可以有可以代替防眩光板的材質

肆、研究設備及器材

爲了達到目的，我們需要用到各式各樣的設備與器材，所以按照研究項目分類如下：

探討眩光的各種現象所需要的器材： 3M 防眩光檯燈、一般檯燈、大型直角三角板、刻度反光底板（護貝紙）、紙尺、數位相機、相機腳架。

探討防眩光板的防眩光原理所需要的器材： 3M 防眩光檯燈、照度計、刻度反光底板、大型圓規、大型直角三角板、兩張全開座標底紙、各種角度的窺視管、書架。

研究代替防眩光板材質所需要的器材： 與探討防眩光板的防眩光原理所需材料相同，再加上 DIY 的防眩光板。

伍、研究過程與方法

一、相關資料回顧

眩光是常見的自然現象，但是「眩光」的定義是什麼？又有哪些種類呢？其實眩光是因爲強烈的光線照射到眼睛，使眼睛的眼膜產生白色的光幕，而看不清楚東西。眩光又分成三種：

直接眩光：是說強烈的光線直接照射到眼睛，讓眼睛看不清楚東西。例如：晚上開車的時候，看到對向來車的燈，眼前一片白光。

反射眩光：光線照到物體，再反射到眼睛後，所看到的刺眼光源。例如看書的時候，可以在某個角度看到書上的反光。

背景眩光：同一個地方有兩個光源，或者是光線的亮度分布差異很大，使得暗處越暗，亮處越亮。例如：照相的時候，背景的光線很亮，就會看不清楚前面的物體。

其他的相關名詞與公式包括：

照度：爲每一單位面積所通過的光線，單位爲 Lux。在優良的閱讀環境下，照度要維持在 500 到 1000Lux。

平均照度：照度的平均值。

輝度：輝度就是人們感受光亮刺眼的程度，也就是眩光的程度。

照度均勻度：測量範圍內的最小照度除以平均照度。

反射：光線碰到物體後反射回來的現象。

折射：光線通過介質之後產生偏折的現象。

二、研究過程說明

我們的主題是研究檯燈照在桌面產生反射眩光的種種現象，也期望能瞭解減少眩光的方法與原理，最後並自己製作功效不輸一般商品的防眩光板。

爲了研究反射眩光的現象，首先我們利用容易反光的護貝紙當作反光底紙，再搭配檯燈與數位相機，觀察眩光移動、形狀及大小改變的特性。

瞭解眩光的特性之後，我們繼續深入研究防眩光板減少眩光的原理。依我們猜測可能是光線穿過防眩光板的時候產生偏折，所以使光線分佈更加均勻；也可能是因爲光線被防眩光板給反射掉了，光線減少，間接造成眩光的下降。所以我們設計了三個實驗，一開始我們用照度計測量燈光的分佈情形，瞭解燈光分佈的均勻度；再來我們用雷射光筆直接照射防眩光板，觀察雷射光的折射、反射情形；最後我們再利用特別設計的窺視管，觀察輝度隨檯燈遠近與閱讀視角角度不同的變化。

在瞭解了防眩光板減少眩光的原理，及如何判斷眩光減少的方法後，我們再利用這些方法測試自己 DIY 的防眩光板，找出效果良好的材料。



實驗的器材



照度計

陸、研究結果

一、眩光現象的觀察

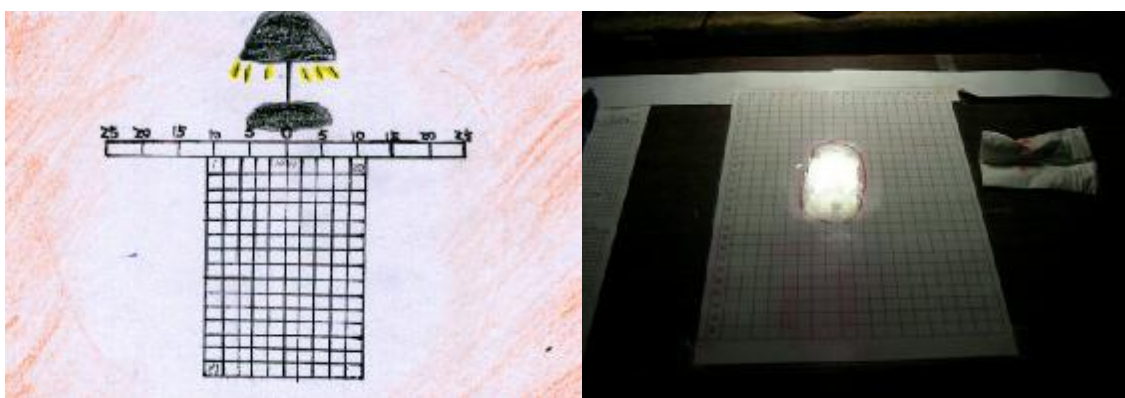
我們發現觀察的高度與位置固定時，檯燈在不同位置、高度，產生的眩光位置不一樣。所以我們實驗檯燈高度 5~50 公分的變化，與檯燈位置從紙中央往左往右各 30 公分時，眩光的改變。

(一) 檯燈高度變化與眩光現象實驗

1. 實驗設計及使用器材

(1). 實驗器材製作

我們將一張 A4 紙，每 1 公分劃一格(共 20x27 格)，護貝後固定在書桌上，當作測量眩光發生位置的反光底板。另外用紙做一張長 60 公分的紙尺上，紙尺的中央標示 0 cm，往右每 5 公分各標示 5、10、15、20、25，往左也是一樣。，再將紙尺固定在測量紙的前面，紙尺中間對準在反光底板縱線上 10 與 11 之間的線，如下圖所示。



紙尺與反光底紙之間的位置關係圖

畫出眩光的範圍

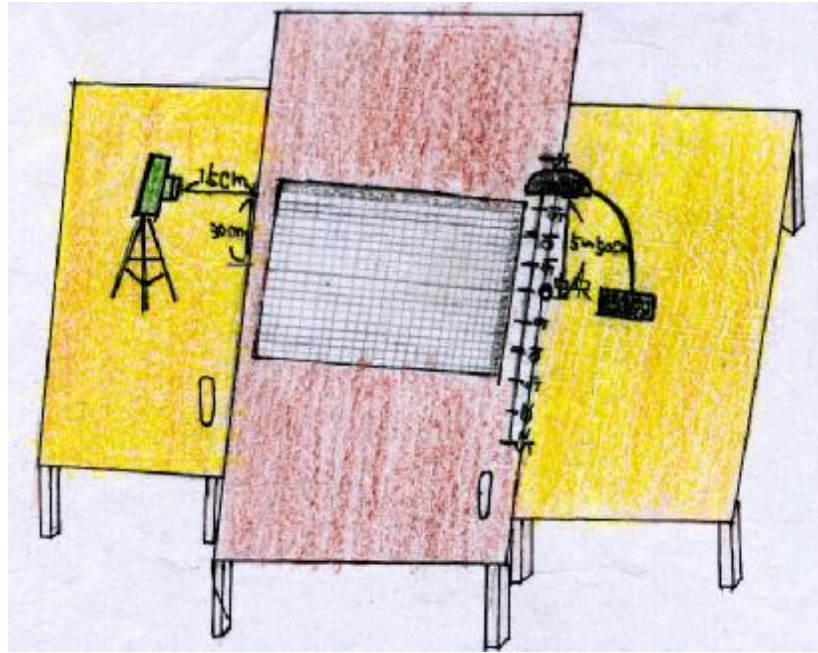
(2). 實驗所需設備

用眼睛觀察眩光易產生誤差，所以我們使用數位相機來觀察。此外我們還需要：3M 檯燈一台、腳架、大型直角三角板、反光底紙、紙尺等器材。

(3). 實驗方法

實驗方式如下圖所示，步驟如下：

- 將檯燈的中央對準在紙尺 0 cm 上，檯燈的前緣垂直對準反光底板的前端。
- 檯燈高度從 5~50 公分每 5 公分調整一次。
- 桌面到相機鏡頭高 30 公分。
- 從桌緣到鏡頭距離 15 公分。
- 看著相機的螢幕，利用螢光筆，將螢幕中眩光的範圍畫在反光底板上，並拍照比對。
- 將眩光範圍和形狀紀錄在紀錄紙上。
- 同一個檯燈高度，有無防眩光板各測量一次。



檯燈高度變化與眩光現象實驗的操作示意圖(側面)

2.實驗結果

實驗結果如下表及附表。由實驗結果可以發現以下現象：

- (1).檯燈的高度越高，眩光位置越下面，範圍越小。
- (2).檯燈的高度越低，眩光位置越上面、範圍越大。
- (3).檯燈高度 40~20 cm，形狀差異不大。
- (4).檯燈高度 15~5 cm，眩光面積很大。
- (5).檯燈高度每往下移動 5 公分，眩光位置就會往上移動 1~3 公分。
- (6).加上防眩光板時眩光範圍有變小。

檯燈高度與眩光位置分佈統計表(無防眩光板)

【原始數據如附件一】

燈光高度	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
眩光左右位置	左 3~ 右 2	左 2~ 右 2	左 3~ 右 2	左 3~ 右 2	左 4~右 1	左 3.5~ 右 2.5	左 4~ 右 2	左 9~ 右 7	左 9~ 右 10	左 9~ 右 10
眩光上下位置	22 以 下	20 以下	19~26	16~23	15~22.5	12.5~19. 5	8~17	1~15.5	1~13.5	1~13
眩光範圍 [格數]	22[格] 以上	13[格]	30.5[格]	31.5[格]	36[格]	33[格]	45[格]	106.5[格]	176[格] 以上	196[格] 以上

檯燈高度與眩光位置分佈統計表(有 3M 防眩光板)

【原始數據如附件二】

燈光高度	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
眩光左右位置	左 3.5~ 右 2	左 3.5~ 右 1	左 3.5~ 右 1.5	左 3.5~ 右 2	左 3.5~ 右 2	左 4.5~ 右 1	左 4.5~ 右 2	左 9~右 8.5	左 9~右 10	左 9~右 10
眩光上下位置	22 以下	19.5~27. 5	19~25.5	17~23.5	15.5~23	13~19	9.5~17	0~16	0~13	0~13
眩光範圍	18.5[格] 以上	22[格]	27[格]	26[格]	31.5[格]	26[格]	37[格]	121.5[格]]以上	162[格] 以上	195[格] 以上

3.討論

為什麼有無眩光板的眩光形狀、位置與大小都差不多？因為有無眩光板的眩光形狀、位置、大小的差異，用照相機觀察後發現差別很小，所以要用別的儀器測量。

為什麼檯燈越低，眩光的範圍越大？針對這個問題，可以用光的反射分析來瞭解：眩光位置往上移動，而且眩光範圍變大。

4.結論

從實驗結果可以知道，檯燈高度提高，則眩光位置離燈越遠、越小，檯燈高度降低，則眩光位置靠近檯燈且變大，如附表所示。實驗時，使用數位相機只能觀察到眩光的位置、大小與形狀，並不能區別出亮度差別。而且有 3M 防眩光板時的眩光的範圍變小，並不會因為有了防眩光板，而明顯改變眩光的位置與形狀。

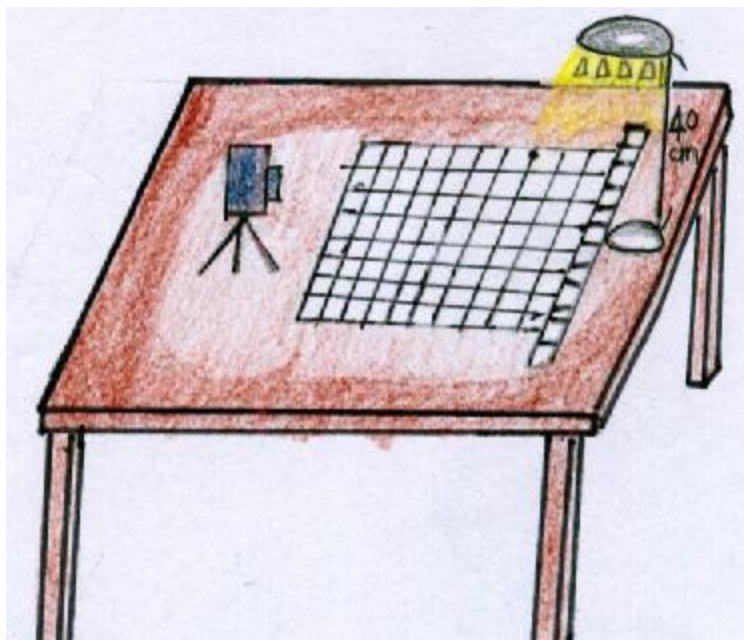


使用數位相機觀察檯燈上下移動與眩光的發生情形

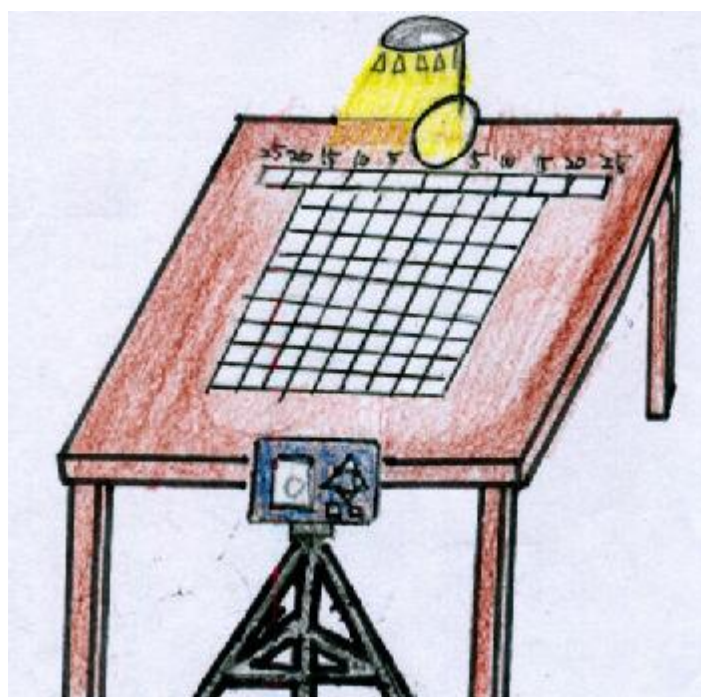
(二) 檯燈位置移動與眩光現象實驗

1. 實驗設計及使用器材

實驗器材與前一個實驗相同。實驗方式如下圖。實驗時，固定檯燈高度 40 公分，從紙尺 0 公分開始，往右每 5 公分測量一次，共 25 公分，往左也是測量 25 公分。其他步驟都和前一項實驗相同。



檯燈左右移動與眩光現象實驗的操作示意圖(側面)



檯燈左右移動與眩光現象實驗的操作示意圖(正面)

2.實驗結果

實驗結果如下表。從實驗結果可以發現以下現象：

- (1).檯燈向左右移動 5cm 時，眩光也會跟著向左右移動 1~2 公分；檯燈向左右移動時，眩光並沒有上下移動。
- (2).燈光向左右移動，眩光大小並沒有明顯的變化。
- (3).眩光的形狀並不一致，有些有缺塊，有些分成 2 塊，並沒有全部都是完整的，可能是因為反光底板不夠平整，導致有些反光的地方在同一角度看不到。
- (4).加上防眩光板，眩光範圍減少。

檯燈左右移動與眩光位置分佈統計表(無防眩光板)

【原始數據如附件三】

燈光位置	左 25	左 20	左 15	左 10	左 5	正中央	右 5	右 10	右 15	右 20	右 25
眩光左右位置	左 8 之後	左 7 之後	左 5~10	左 2~7	0~左 4	左 2~右 2	左 1~右 4.5	右 2.5~8	右 6~10	右 8 之後	右 8 之後
眩光上下位置	19~25	19~25	19~25	19~25	19~25	21~27	18.5~26	19~27	19~26	19~26	19~26
眩光範圍	4[格]以上	12[格]以上	19[格]	19.5[格]	19.5[格]	18[格]	31[格]	40[格]	23[格]	19.5[格]以上	11[格]以上

檯燈左右移動與眩光位置分佈統計表(有 3M 防眩光板)

【原始數據如附件四】

燈光位置	左 25	左 20	左 15	左 10	左 5	正中央	右 5	右 10	右 15	右 20	右 25
眩光左右位置	左 8 之後	左 7 之後	左 5 之後	左 3~7	左 3~右 1	左 4~右 1	左 1~右 3	右 3~8	右 6~10	右 7 之後	右 9 之後
眩光上下位置	23~25	18~26	19~25	20~26	19~25	19.5~27	20~26	19~27	19~26	19~26	19~25
眩光範圍	4[格]以上	20.5[格]以上	21[格]	18[格]	17[格]	27[格]	25.5[格]	34.5[格]	24[格]以上	24[格]以上	5[格]以上

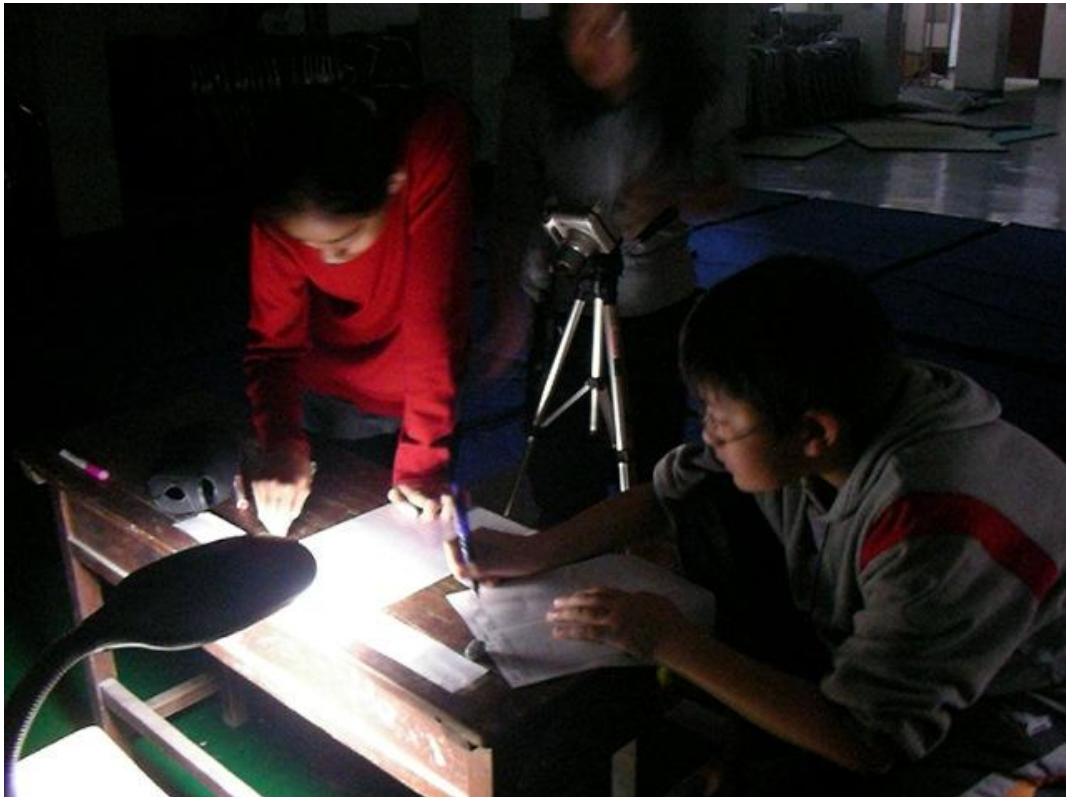
3.討論

為什麼手伸到相機下方時，相機的螢幕會變亮，可以改變觀察的方法嗎？在觀察時發現，數位相機的螢幕會因為手伸過去而變亮，於是先用螢光筆記錄在反光板上，在用數位相機照起來，再比對修正。

為什麼有些眩光有缺塊，而有些眩光則是完好的？這是因為眩光的形狀有缺塊可能是因為反光板不夠平整，導致有些反光的地方在同一角度看不到。

4.結論

從實驗結果可以知道，眩光位置會因為檯燈移動而一起移動，可是不會因為水平移動而改變眩光的大小與形狀，而且有 3M 防眩光板時眩光範圍有減少，並不會因為有防眩光板，就改變眩光的位置與形狀。



記錄檯燈左右移動與眩光產生的位置與範圍

二、防眩光板的防眩光原理探究

(一) 檯燈照度觀察實驗

1. 實驗設計及使用器材

(1). 實驗器材製作

拿 150 公分×105 公分的壁報紙，每 5 公分劃一格，畫出縱座標 1~30，橫座標 1~21 的照度測量圖。

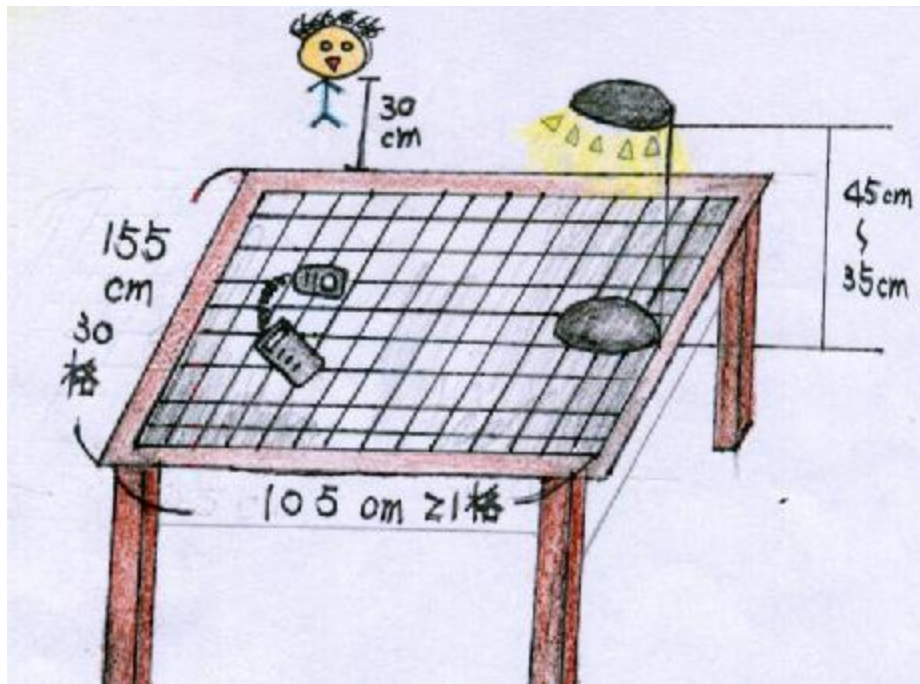
(2). 實驗所需設備

照度計、防眩光檯燈、三角板

(3). 實驗方法

實驗的佈置如下圖，詳細內容如下：

- 檯燈燈罩的後緣對準座標底紙中央(15,2)的位置。
- 檯燈從 35~45 公分每 5 公分調整一次
- 有無防眩光板各測量一次



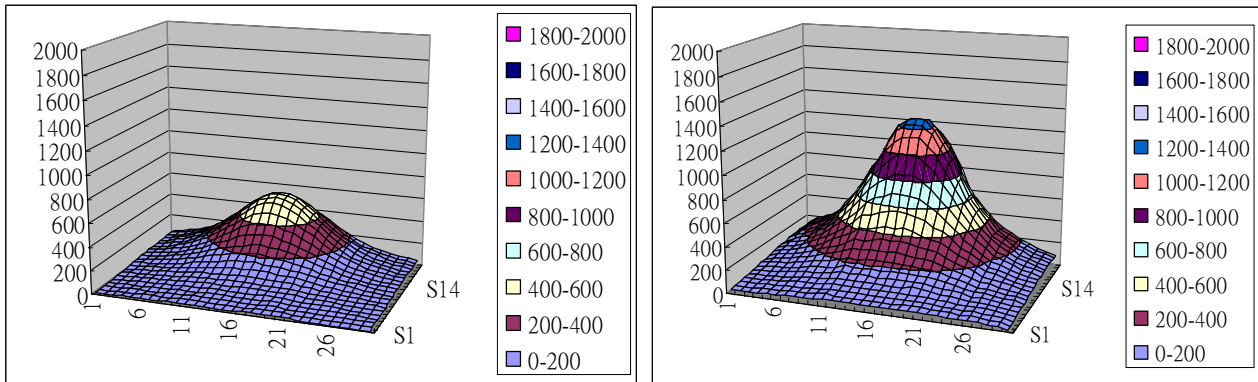
檯燈照度分佈測量實驗示意圖(側面)

2. 實驗結果

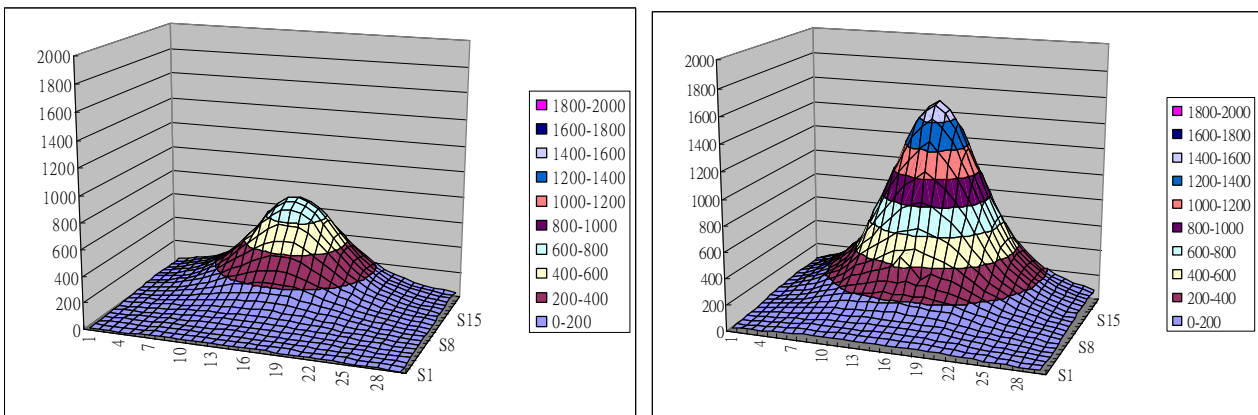
實驗結果如下圖、表及附表。從實驗結果可以發現以下現象：

- (1). 有防眩光板時照度在 1000 Lux 以下。
- (2). 高度越高，照度越平均。
- (3). 高度越低，照度越高。
- (4). 有防眩光板照度降低。
- (5). 無防眩光板照度均勻度較高。
- (6). 有防眩光板照度的最高值和最小值差很小，無防眩光板最高值和最低值差很大。

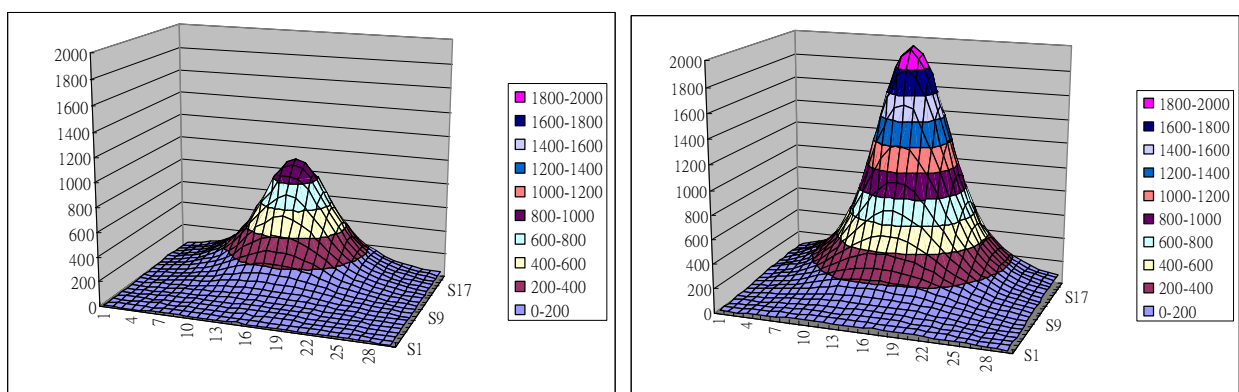
【原始數據如附件五】



檯燈高度 45cm 的照度分佈圖(左：有防眩光板，右：無防眩光板)



檯燈高度 40cm 的照度分佈圖(左：有防眩光板，右：無防眩光板)



檯燈高度 35cm 的照度分佈圖(左：有防眩光板，右：無防眩光板)

檯燈照度觀察實驗結果統計表

	最低照度 Lux	平均照度 Lux	照度均勻度
35cm 於無防眩光版	354	1073	0.330
35cm 有防眩光板	142	501	0.284
40cm 於無防眩光版	362	922	0.393
40cm 有防眩光板	157	440	0.357
45cm 於無防眩光版	368	826	0.445
45cm 有防眩光板	162	380	0.426

3.討論

為什麼燈的照度不是固定的，開燈之後燈的照度一直降低？這是因為燈很熱的時候，電就會很難通過導致，導致電流變小照度下降。

為什麼提高檯燈後，均勻度也會跟著提高？因為當燈源距離受照物的距離越遠時，光線越能均勻的散開，只是照度值會下降。

為什麼加上防眩光板後，均勻度沒有跟著提高？因為加上防眩光板後，整體照度下降，尤其是最低點的照度下降很多，所以均勻度比無眩光板時低。

要如何得知測量的數據是正確沒有問題的？使用電腦繪圖的時候會發現，圖表的線條是否有不規律的地方出現，如果有表示測量的數據有錯誤，要再重新測量一次。

為何要測量 150x105cm 這麼大的範圍？雖然我們一般實際使用的範圍並沒有那麼大，但是為了瞭解光分佈的現象，所以我們研究的時候會採用比較大的範圍。

4.結論

綜合來看，燈距離越遠光線越能均勻的散開，但是照度值會下降。檯燈加上防眩光板後，整體照度下降，尤其是最低點的照度下降很多，所以照度均勻度反而比無眩光板時還要低。也就是說 3M 防眩光板可以使照度壓到 500~1000Lux 之間，雖然最高值與最低值的差距縮小，但光線的散開並不均勻。



製作照度測量時的座標底紙



黑暗中進行照度測量

(二)雷射光折射、反射觀察實驗

1.實驗設計及使用器材

(1).實驗器材製作

準備一個紙箱，在上面割一個洞，讓防眩光板可以放入紙箱內，箱子的邊緣可以打開，製作成可以打開的觀察箱。

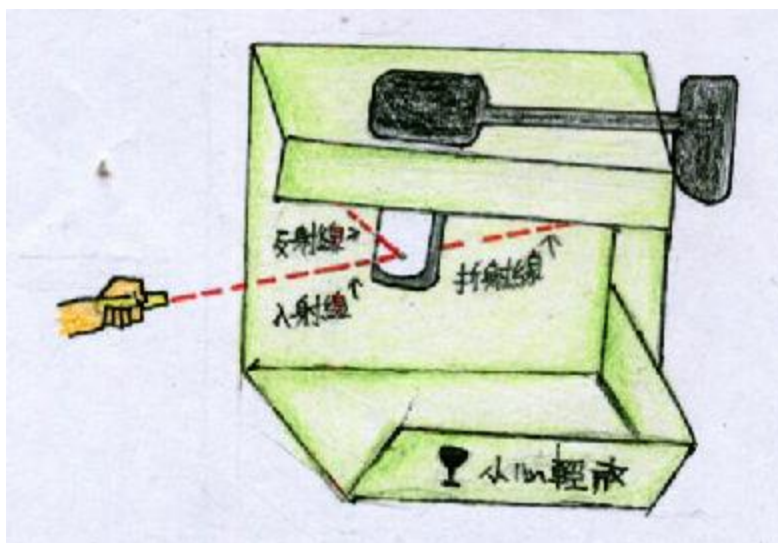
(2).實驗所需設備

觀察箱、防眩光檯燈、線香、雷射筆

(3).實驗方法

實驗的佈圖如下圖，詳細內容如下：

- 將防眩光板放入觀察箱的上方。
- 將香點燃，放入觀察箱內，靜置 1 分鐘。
- 將觀察箱的側面打開，雷射光照射防眩光板。



雷射光折射、反射觀察實驗布置示意圖

2.實驗結果

實驗結果如下圖。從實驗結果可以發現以下現象：

- (1).看到雷射光碰到防眩光板的反射線。
- (2).看到雷射光透過防眩光板的折射线。
- (3).看到雷射光透過防眩光板後，偏折的情況很少，所以入射线和折射线的路徑幾乎是一致。
- (4).反射光線很清楚，表示防眩光板的反射性很強。
- (5).雷射光透過防眩光板後的折射线並沒有散開。

3.討論

反射線很強代表防眩光板有什麼功用？表示碰到防眩光板的原始光源會在檯燈內部經過很多次的反射，讓通過防眩光板的光線的照度降低很多。

折射線的偏折情況很少，表示防眩光板的什麼特性？表示防眩光板不能

改變光的行徑路線，無法讓有角度的光線修正成垂直的光線。

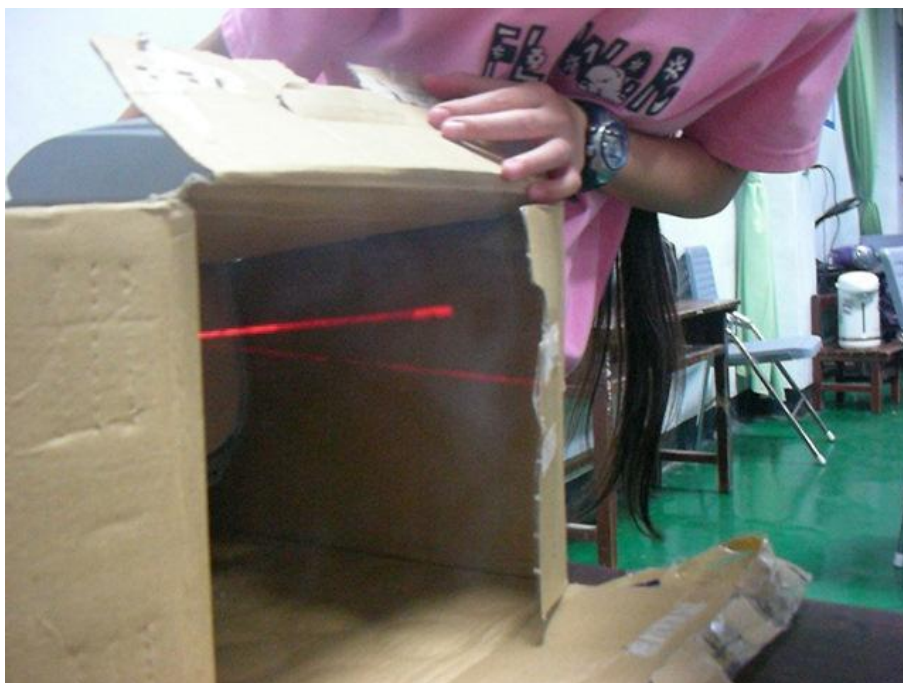
折射線並沒有散開，對於防眩光板的作用有什麼意義？表示防眩光板無法將光線均勻的分散開來，這樣光線透過防眩光板後的照度無法比較均勻。

4.結論

碰到防眩光板的原始光源會在檯燈內部經過很多次的反射，然後被吸收而消失，讓通過防眩光板的照度降低很多。防眩光板不能改變光的行徑路線，無法將光線均勻的分散開來，這樣光線透過防眩光板後的照度無法比較均勻。



正面觀察雷射光照射防眩光板的折射與反射



側面觀察雷射光照射防眩光板的折射與反射

(三) 檯燈輝度觀察實驗

1. 公式與原理

輝度就是人們感受光亮刺眼的程度，也就是眩光的程度。所以要觀察眩光，那麼直接測量輝度是最快的方法。可是因為學校並沒有輝度計，而且即使是最普通的輝度計都超過萬元，並不是我們買得起的。所以在學習相關的照度及輝度計算公式後，我們決定利用手邊的照度計，設計一連串輝度測量的替代實驗。網路查到的計算公式有：

$$I, \text{光強度}[\text{cd}] = \text{立體角內之光通量} / \text{立體角 } \Omega[\text{sr}]$$

$$E, \text{照度}[\text{lx}] = \text{落在某面積上之光通量}[\text{lm}] / \text{此被照面面積}[\text{m}^2] \\ = \text{光強度}[\text{cd}] / (\text{距離}[\text{m}])^2$$

$$L, \text{輝度}[\text{cd}/\text{m}^2] = \text{光強度}[\text{cd}] / \text{所見之被照面面積}[\text{m}^2]$$

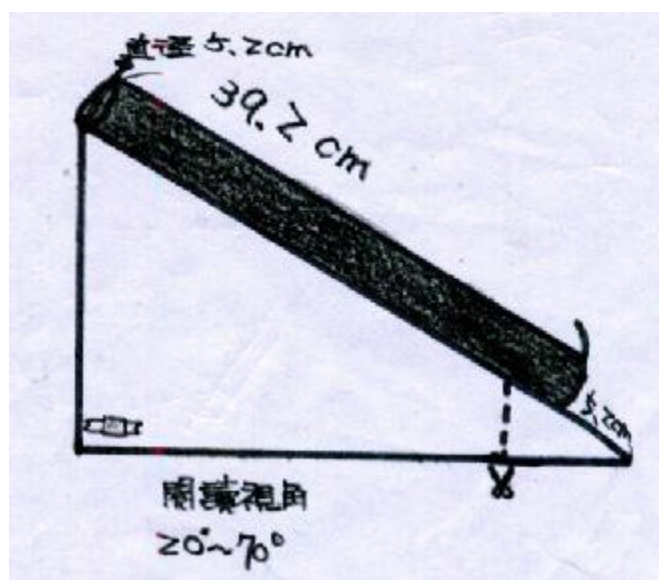
從公式可以發現，只要與光源的距離維持固定，而且所見的被照面面積維持固定，那麼照度會與光強度成正比，也會與輝度成正比，這個時候測到的照度就可以用來代表輝度的值。

2. 實驗設計及使用器材

(1). 實驗器材製作

為了讓光源的距離與被照面面積固定，我們設計了可以把照度計套起來的窺視管，如下圖所示。

因為我們都取長度 39.2cm 作為管長，所以只要相同的反光位置，即使不同角度的窺視管，從管子上端到檯燈的距離都是一樣的。另外我們將管子都捲成 5.2cm 的直徑，所以透過管子看到的被照面面積大致是十分接近的。透過窺視管及照度計的測量，我們就能把照度計讀到的值拿來當作輝度使用，我們先稱作「替代輝度值」，單位還是照度單位 Lux。



檯燈輝度測量工具—窺視管構造圖

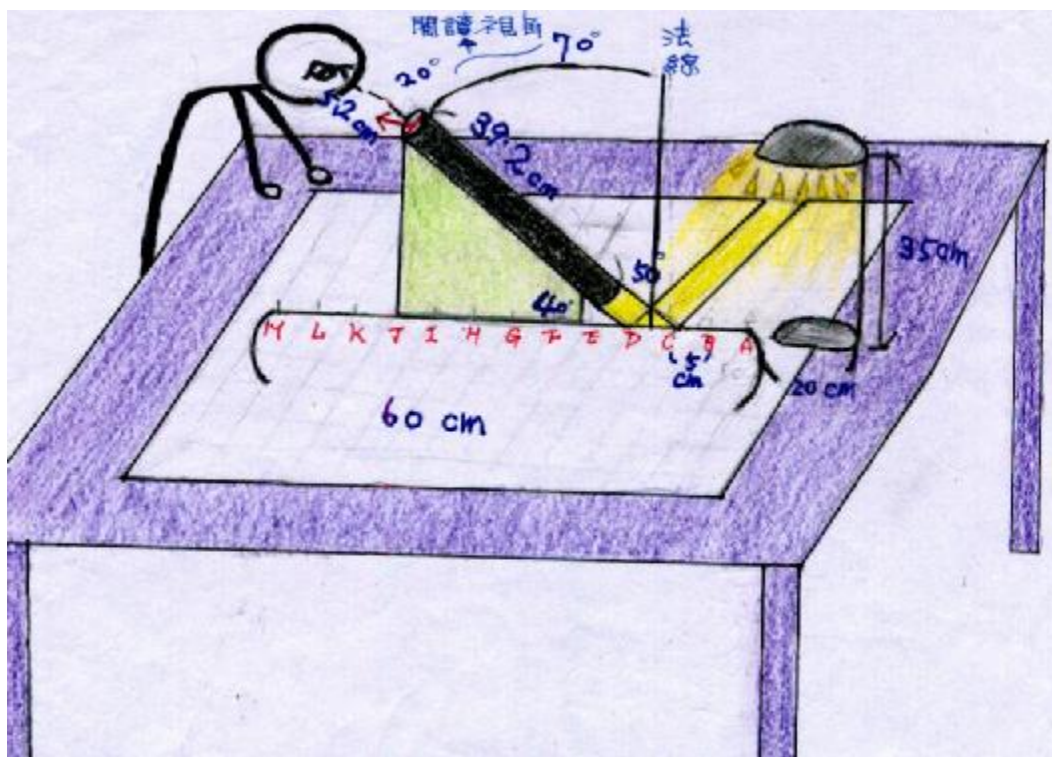
(2).實驗所需設備

考慮實際讀書時可能的閱讀視角，所以我們製作了 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 58° 、 60° 、 70° ，共 7 組的窺視管。除了照度計、窺視管以外，測量時還需要防眩光檯燈、護貝的反光底板、書架等器材。

(3).實驗方法

實驗的佈置如下圖，詳細內容可寫成下面幾點：

- 將檯燈放在中間。
- 檯燈高度 35cm，因為這是一般檯燈使用的建議高度，若太高的話會有直接眩光。
- 窺視管照度測量(替代輝度測量)的測量位置是從檯燈後緣往前 20cm 處開始算起，每隔 5cm 測量一個點，到距離檯燈後緣 80cm 為止，標成 A~M，共 13 個位置。
- 每一個位置都測量 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 58° 、 60° 、 70° ，共 7 組閱讀視角的替代輝度。
- 全部資料共有(13 個位置) $\times$ (7 組閱讀視角)=91 個替代輝度值。



檯燈輝度觀察實驗布置的示意圖

3.實驗結果

結果資料如下表所示。將觀察結果分成「固定閱讀視角時，不同位置與輝度」及「固定位置時，不同閱讀視角與輝度」兩方面來看結果。

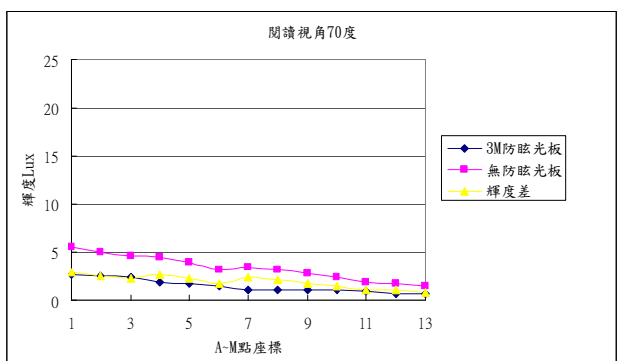
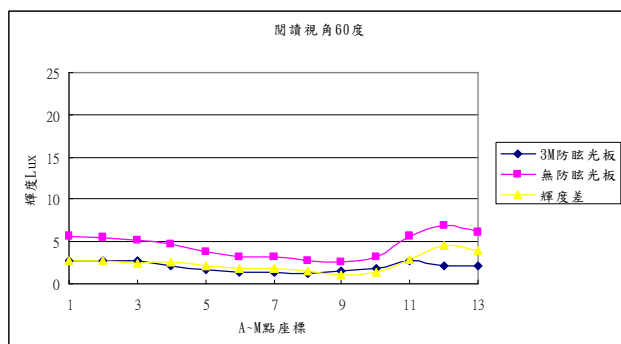
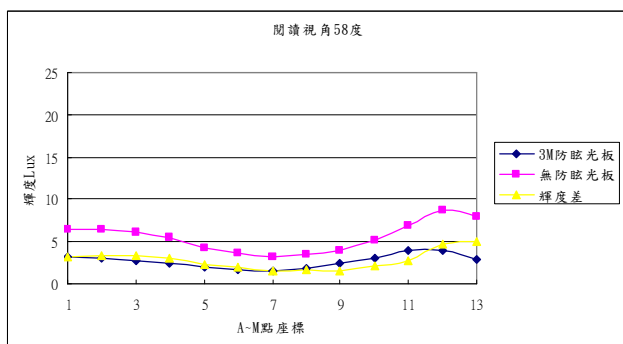
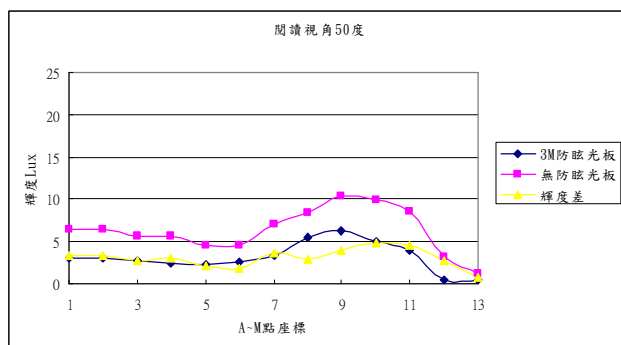
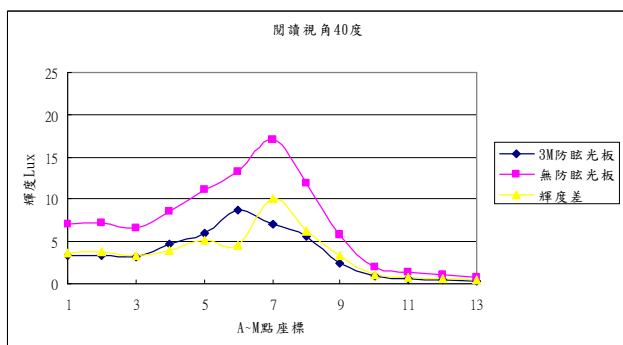
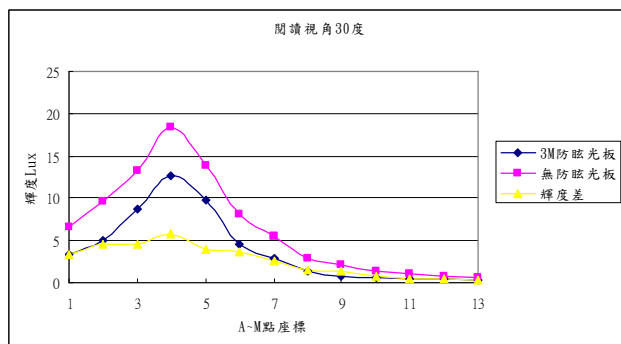
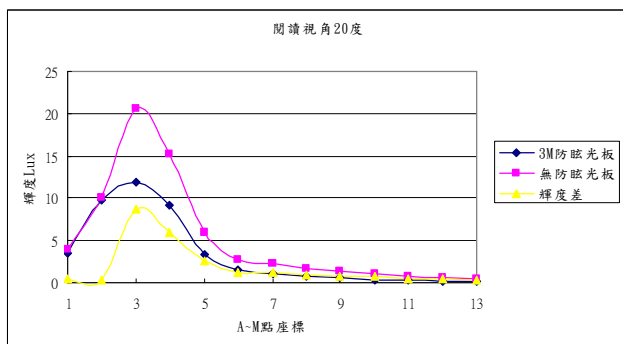
閱讀視角 $20^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，觀察位置 A~E 點的輝度測量記錄(有 3M 防眩光板)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
20°	3.5	9.8	11.9	9.2	3.4	1.6	1.1	0.8	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2
30°	3.3	5.0	8.7	12.7	9.8	4.5	2.9	1.3	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3
40°	3.4	3.4	3.2	4.7	5.9	8.7	7.0	5.6	2.4	0.9	0.6	0.5	0.3
50°	3.1	3.1	2.8	2.5	2.3	2.6	3.4	5.5	6.3	5.0	4.0	0.5	0.4
58°	3.2	3.1	2.8	2.5	2.0	1.7	1.6	1.8	2.5	3.1	4.0	4.0	2.9
60°	2.8	2.7	2.8	2.2	1.7	1.4	1.3	1.2	1.5	1.8	2.7	2.2	2.1
70°	2.6	2.5	2.4	1.9	1.7	1.4	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7	0.7

閱讀視角 $20^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，觀察位置 A~E 點的輝度測量記錄(無防眩光板)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
20°	4.0	10.1	20.6	15.2	6.0	2.8	2.3	1.7	1.3	1.0	0.7	0.6	0.5
30°	6.6	9.6	13.3	18.5	13.8	8.1	5.5	2.9	2.1	1.4	1.0	0.8	0.6
40°	7.0	7.2	6.6	8.6	11.1	13.3	17.0	11.9	5.8	2.0	1.4	1.1	0.7
50°	6.4	6.4	5.6	5.6	4.5	4.5	7.0	8.4	10.3	9.9	8.6	3.2	1.2
58°	6.4	6.4	6.1	5.5	4.3	3.7	3.2	3.5	4.0	5.2	6.8	8.7	7.9
60°	5.6	5.5	5.2	4.8	3.8	3.2	3.2	2.8	2.6	3.2	5.6	6.8	6.1
70°	5.5	5.0	4.6	4.5	3.9	3.1	3.4	3.1	2.7	2.4	1.9	1.7	1.5

- (1).固定閱讀視角下，不同位置(燈後緣往前 20~80cm)與替代輝度值的關係實驗結果如下圖。從實驗結果可以發現以下現象：
 - a.相同位置上，看到眩光時所測得的替代輝度值，比看不到眩光的其他角度所測到的值高。
 - b.同樣是看到眩光，在離檯燈近的位置測到的值比遠處要高。
 - c.當閱讀視角超過 40° 時，從靠近檯燈的 A 點開始測量，測量到的輝度值會先漸漸下降，這是因為超過 40° 時，檯燈所產生的眩光在比較後面的緣故，所以繼續往後移動直到看到眩光時，測量到的替代輝度值會再度上升。
 - d.從 A 點開始往後移動，如果還沒有看到眩光，那麼測到的值是漸漸下降的。
 - e.當閱讀視角超過 70° ，測到的值都是漸漸下降的，這是因為眩光產生的位置超出看得到的範圍。
 - f.檯燈加上防眩光板以後，輝度就會降低很多，尤其是眩光發生的位置。



固定閱讀視角時，在各個位置與輝度值的關係圖

(2).固定位置，不同閱讀視角(20~70 度)與替代輝度值的關係

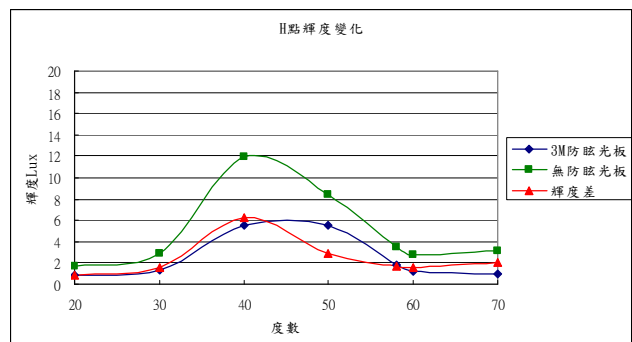
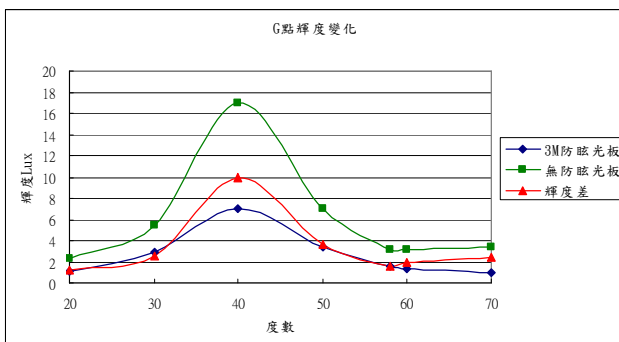
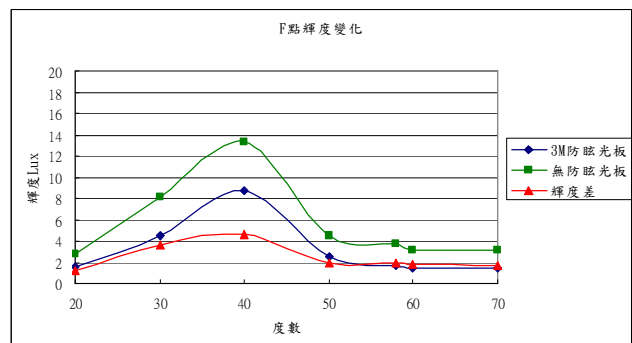
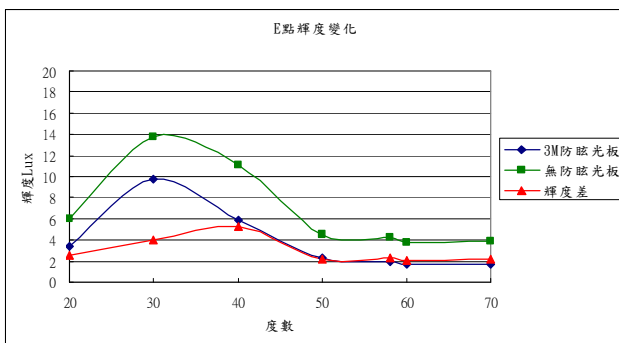
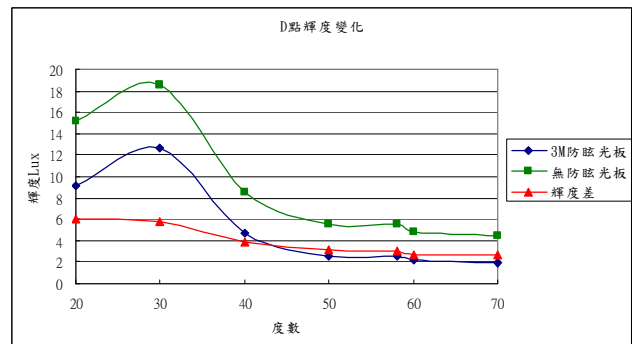
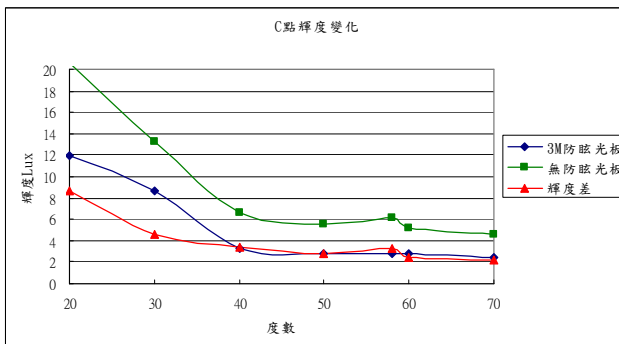
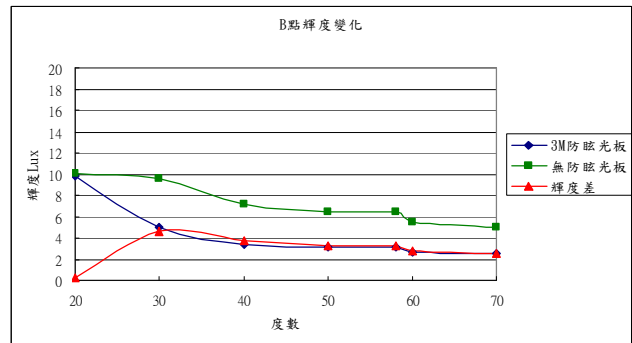
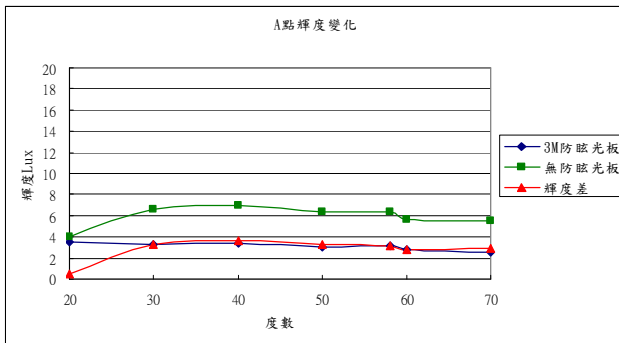
實驗結果如下圖。從實驗結果可以發現以下現象：

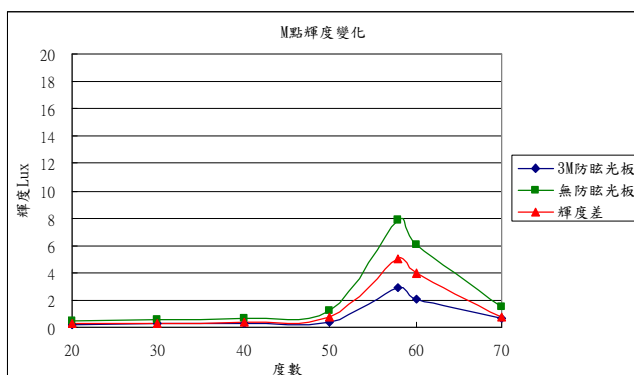
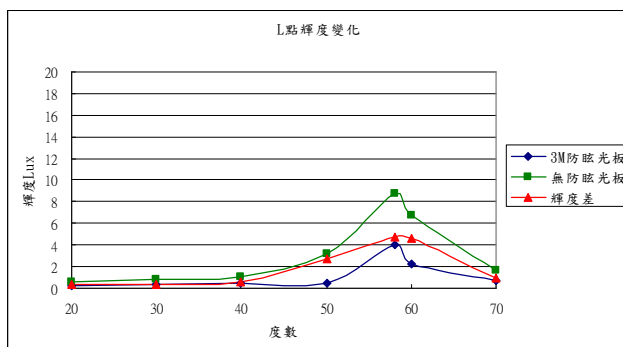
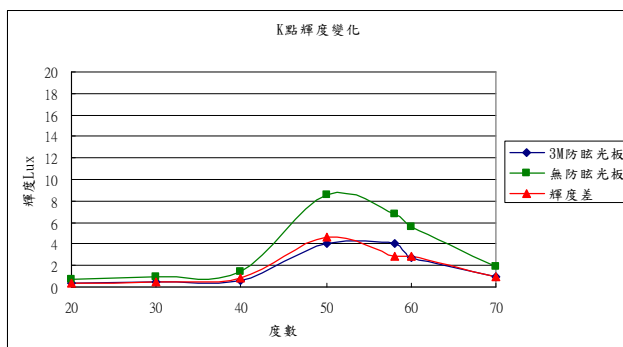
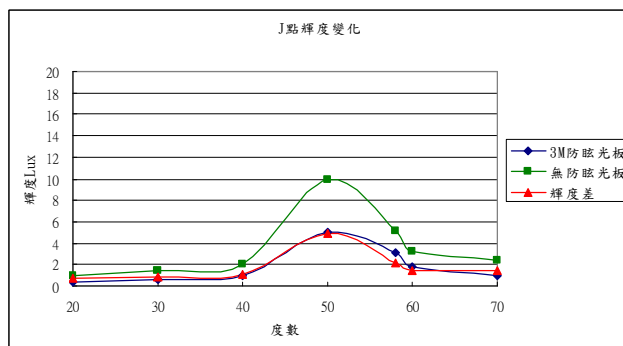
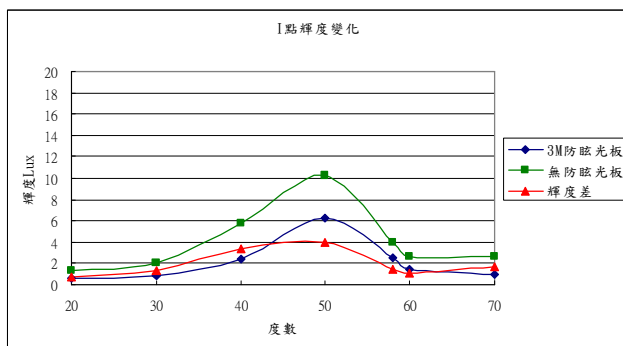
- A~C 點的高峰值在閱讀視角 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ，D~F 點的高峰在閱讀視角 $20^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ，G 點的高峰在閱讀視角 $20^{\circ} \sim 58^{\circ}$ ，H~I 點的高峰在閱讀視角 $30^{\circ} \sim 58^{\circ}$ ，J~K 點的高峰在閱讀視角 $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，L~M 點的高峰在閱讀視角 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。
- 如果只選檯燈下面桌子大小的範圍(40x60cm)，那麼在這個範圍內，即 A~E

點內，有眩光的閱讀視角是 20~50 度。

c.在 G 點(檯燈後緣往前算 50cm 處)可以看到眩光的閱讀視角最大，大約是從 20~58 度。

d.閱讀視角小的時候，眩光會發生在靠近燈的位置；閱讀視角大的時候，眩光會發生在遠離燈的位置。





固定位置，不同閱讀視角(20~70 度)與替代輝度值的關係圖

4.討論

為什麼閱讀視角越小的時候，眩光出現的位置越靠近燈源?透過光線反射原理來分析，可以發現確實是靠近燈的位置閱讀視角比較小，而遠離燈的位置閱讀視角越大，實驗得到的數據也是這樣證明。

至於在一般的閱讀範圍中，閱讀視角 58 真的是眩光最大的位置嗎?還是最大眩光其實是發生在其他角度呢?根據我們實驗的結果可以發現，在書桌大小的範圍內，30 ~40 才是眩光最大的角度。

5.結論

從實驗結果綜合來說，反射眩光的大小、強弱會隨著角度和位置規律的變化，不是固定的值，而且在一般的使用範圍內(檯燈下面，書桌大小的範圍，60x40cm)，眩光的發生在閱讀視角 30° ~40° 之間。



製作輝度測量所需要的窺視管



使用窺視管進行輝度測量

三、防眩光檯燈 DIY

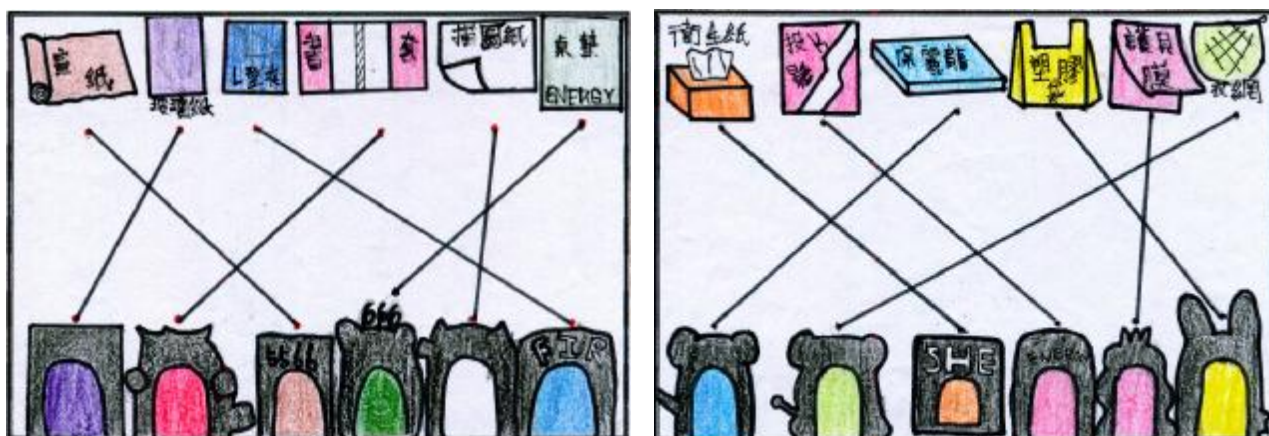
(一)公式與原理

運用前面得知的防眩光原理，來分析各種 DIY 防眩光板的功效。實驗的方式分為二種：(1)各種防眩光板的照度分析、(2)各種防眩光板的輝度分析，所以運用的公式與原理均與前面試驗時相同。

(二)實驗設計及使用器材

1.實驗器材製作

我們用日常生活中常見的材料來 DIY 製作防眩光板，達到方便、省錢又能保護眼睛的目的。我們有宣紙、玻璃紙、L 型夾、環保書套、描圖紙、桌墊、衛生紙、投影片、保麗龍、塑膠袋、護貝膜、洗衣袋等十二種材料來製作防眩光板。製作的成品如下圖。



12 種日常生活中常見材料所製作的 DIY 防眩光板

2.實驗所需設備

測試時，需要與之前照度實驗及輝度觀察實驗相同的器材，此外還需要我們自己 DIY 的 12 塊防眩光板。

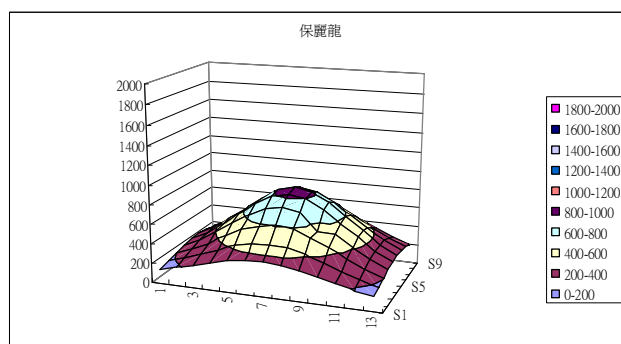
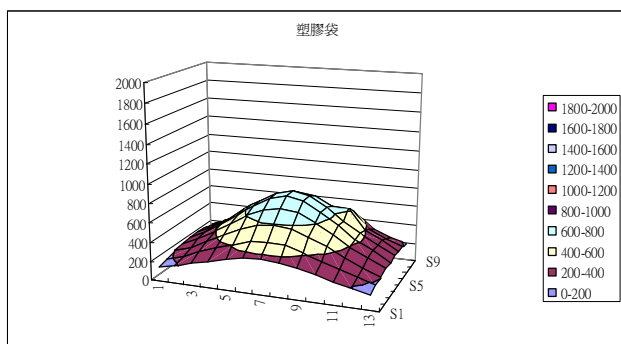
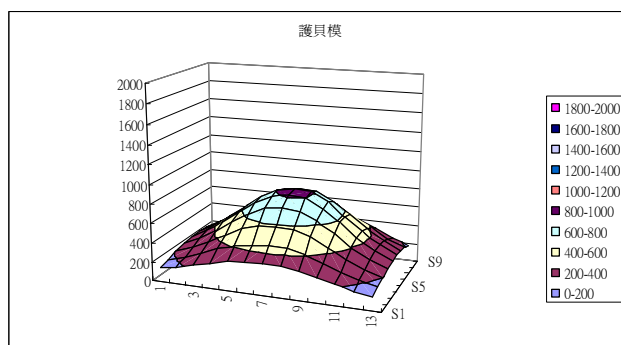
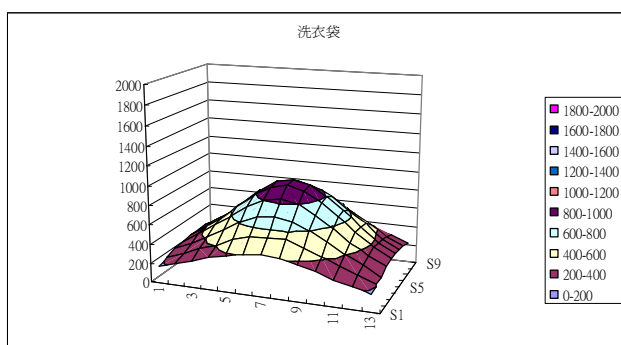
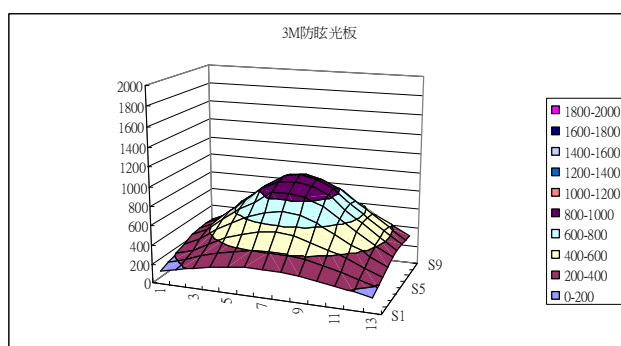
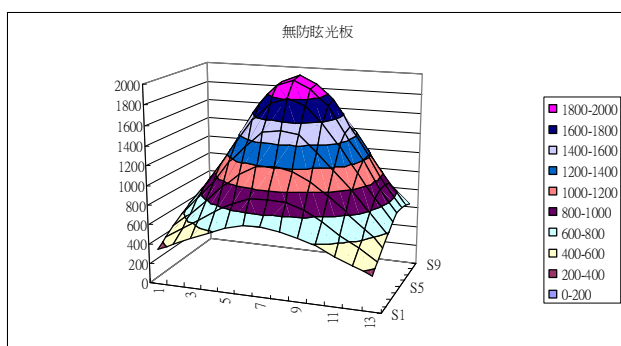
3.實驗方法

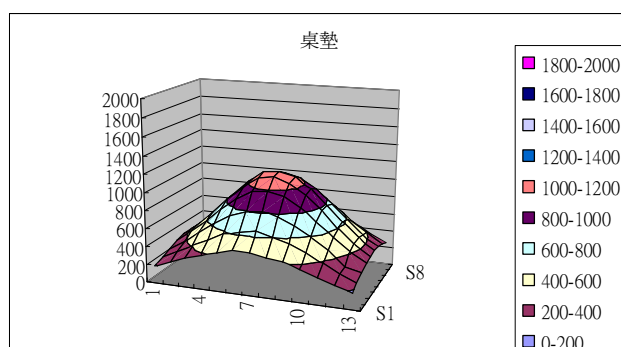
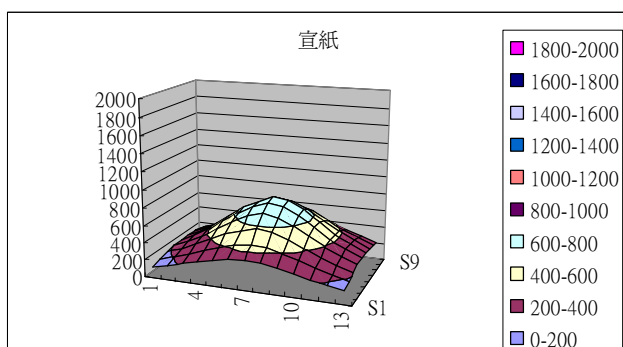
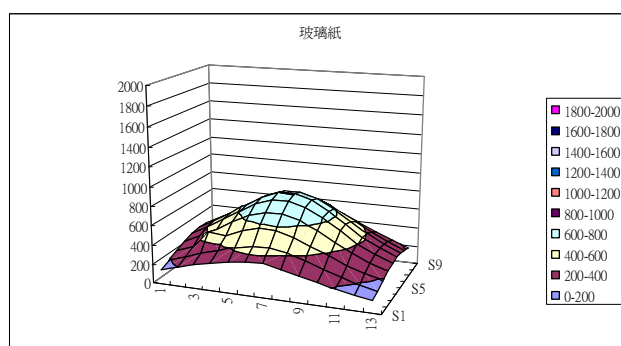
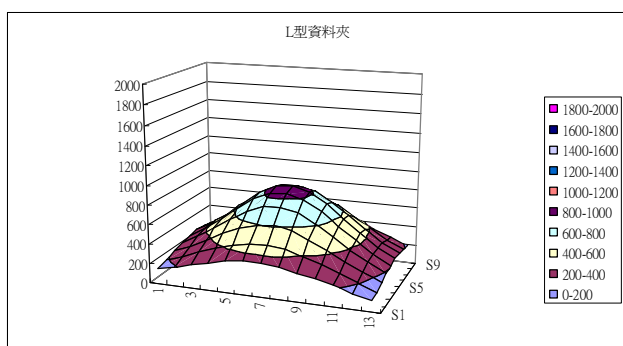
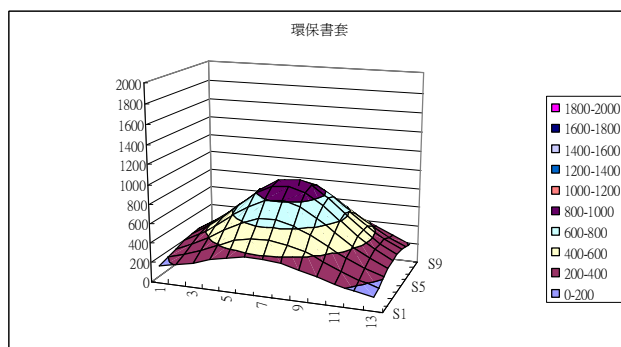
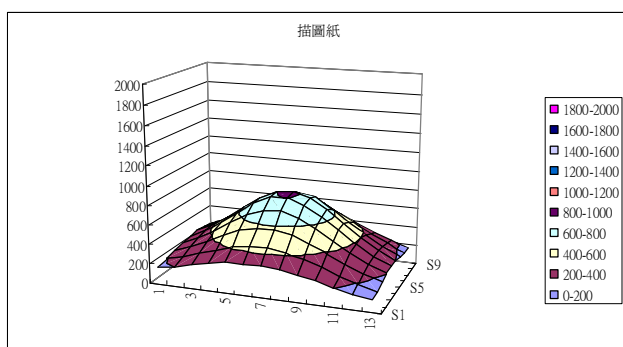
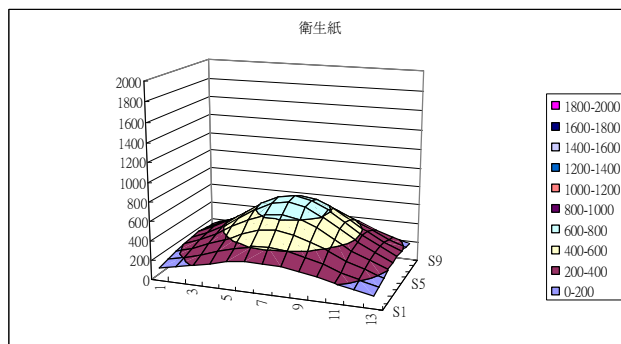
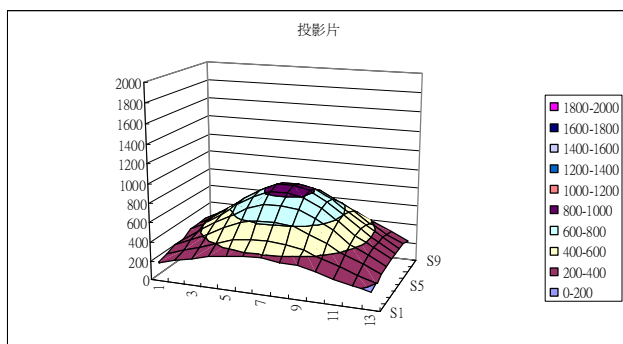
- 研究的方法、步驟與檯燈照度、輝度二種實驗時相同。
- 以檯燈為中心，取課桌椅大小的範圍(60x40cm)進行實驗。
- 輝度測量時，只選擇閱讀視角 30° 與 40° 進行測量。
- 以宣紙、玻璃紙、L 型夾…等 12 種材質的防眩光板進行照度、輝度測量。

(三)實驗結果

各種不同防眩光板的照度測量實驗結果如附表，測量結果與 3M 商品初步比較後可以發現，DIY 防眩光板的平均照度普遍比較差，不過輝度的值普遍較低，顯示消除眩光的效果良好。

【原始數據如附件六】





12 種 DIY 防眩光板與 3M 防眩光板及無防眩光板的照度分佈圖

閱讀視角 30 度時，各種材質防眩光板的替代輝度值(單位：Lux)

測量位置	宣紙	玻璃紙	L 型夾	書套	描圖紙	桌墊	衛生紙	投影片	保麗龍	塑膠袋	護貝膜	洗衣袋	3M 防眩光版	無防眩光版
A	3.2	3.7	3.7	3.9	3.0	3.9	3.6	3.3	3.6	3.0	3.6	3.9	3.8	6.5
B	4.3	4.4	4.5	4.8	3.9	4.5	4.3	4.3	4.7	3.7	4.7	5.2	5.3	8.3
C	6.0	5.8	6.3	6.1	5.3	5.8	6.1	5.8	6.5	4.9	6.3	7.0	7.6	11.3
D	6.2	6.9	6.7	6.5	5.5	6.9	6.7	7.0	7.0	6.2	6.8	8.1	9.0	14.1
E	5.3	6.2	5.8	5.5	4.7	6.2	5.7	6.1	5.9	5.7	5.9	7.0	7.6	13.2
顏色	黃	黃	黃	黃	黃	藍	微黃	黃	微黃	綠	黃	沒	粉紅	白光

閱讀視角 40 度時，各種材質防眩光板的替代輝度值(單位：Lux)

測量位置	宣紙	玻璃紙	L 型夾	書套	描圖紙	桌墊	衛生紙	投影片	保麗龍	塑膠袋	護貝膜	洗衣袋	3M 防眩光版	無防眩光版
A	3.4	3.1	3.4	3.5	3.3	3.6	3.1	3.2	3.3	3.0	3.3	3.7	4.0	6.7
B	3.3	3.0	3.3	3.5	3.3	3.6	3.0	3.0	3.3	3.1	3.3	3.7	3.8	6.6
C	3.1	2.9	3.0	3.3	2.9	3.4	2.8	3.0	3.1	2.8	3.0	3.4	3.5	6.1
D	3.3	2.8	3.0	3.1	3.1	3.2	3.0	2.9	3.3	2.7	3.0	3.6	4.0	6.0
E	4.0	3.0	3.6	4.6	3.8	3.5	3.7	3.4	4.2	3.2	3.6	4.6	5.0	7.0
顏色	黃	黃	黃	黃	黃	藍	微黃	黃	微黃	綠	黃	沒變化	粉紅	白光

(四)討論

可以用來判斷 DIY 防眩光板優劣的項目有哪些呢?又該如何進行綜合比較?
針對這個問題，經過討論，我們一致覺得應該考慮六項因素：

- (1)閱讀視角 30° 時的輝度降低值
- (2)閱讀視角 40° 時的輝度降低值
- (3)照度均勻度
- (4)平均照度
- (5)最大照度差
- (6)良好的閱讀範圍

其中輝度降低的值要越多越好，但是我們實驗時總共測了範圍內 A~E 五個點，因為每一個點都有他的代表性，所以我們用每一種材料的輝度降低總和來做判斷。照度均勻度與平均照度都是越高越好，範圍內照度的最高、最低差則是越小越好。良好的閱讀範圍則是照度測量時，落於 500~1000Lux 的數目，也是越多越好。將實驗得到的照度、替代輝度及相關數據整理成下表。

由表可以看出(1)閱讀視角 30° 時的輝度降低值最大的是描圖紙。(2)閱讀視角

40°時的輝度降低值最大的是塑膠袋與玻璃紙。(3)照度均勻度最大的是投影片。(4)平均照度最大的是無防眩光板的時候。(5)最大照度差最小的是衛生紙。(6)良好的閱讀範圍最大的是桌墊。

如果每一項判斷條件都按照排名順序來給分，最後再相加總和，那麼整體而言表現最好的是以投影片為材料的防眩光板。相關數據整理成下表。

各種材料的防眩光板照度、輝度統計數據表

統計數據	宣紙	玻璃紙	L 型夾	書套	描圖紙	桌墊	衛生紙	投影片	保麗龍	塑膠袋	護貝膜	洗衣袋	3M 防眩光版	無防眩光版
40 度輝度降低值總和	15.3	17.6	16.1	14.4	16	15.1	16.8	16.9	15.2	17.6	16.2	13.4	12.1	
30 度輝度降低值總和	28.4	26.4	26.4	26.6	31	26.1	27	26.9	25.7	29.9	26.1	22.2	20.1	
最大照度	797	803	871	886	821	1122	732	856	854	797	835	946	961	1977
最小照度	132	121	115	141	127	186	133	175	146	152	137	175	142	354
最大照度差	665	682	756	745	694	936	599	681	708	645	698	771	819	1623
平均照度	404	432	447	472	418	591	378	482	435	419	429	496	501	1073
均勻度	0.327	0.280	0.257	0.298	0.304	0.315	0.352	0.363	0.336	0.362	0.319	0.353	0.284	0.330
良好的照度	32	42	42	48	38	55	28	50	41	38	41	54	53	54

各種材料的防眩光板依參考指標優劣排名給分表

參考指標	宣紙	玻璃紙	L 型夾	書套	描圖紙	桌墊	衛生紙	投影片	保麗龍	塑膠袋	護貝膜	洗衣袋	3M 防眩光版	無防眩光版
40 度輝度降低值	7	14	9	4	8	5	11	12	6	14	10	3	2	1
30 度輝度降低值	12	8	8	9	14	6	11	10	4	13	6	3	2	1
均勻度	8	2	1	4	5	6	11	14	10	13	7	12	3	9
最大照度差	12	10	5	6	9	2	14	11	7	13	8	4	3	1
平均照度	2	6	8	9	3	13	1	10	7	4	5	11	12	14
良好照度範圍	2	8	8	9	4	14	1	10	6	4	6	13	11	13
總和	43	48	39	41	43	46	49	67	40	61	42	46	33	39
名次	7	4	12	10	7	5	3	1	11	2	9	5	14	12

(五)結論

根據我們測試的六種項目來分析，發現每一種材料都有各自的優點，例如塑膠袋降低輝度的效果很好、投影片的均勻度很棒、桌墊在照度平均及良好照度範圍則表現不錯…等等。但是總體而言以投影片為材料的防眩光板的效果最好。

但是我們在整體的評分中並沒有討論到材料的厚薄、光照熱度造成變軟或繃緊的影響、材質的強韌度、對燈光顏色的改變、材料成本…等等的因素，但是這些因素在檯燈長期使用時都會對我們閱讀的舒適度造成影響，可惜因為儀器不夠沒辦法列入研究考慮。除了這些以外，若有時間還可以多試試其他種防眩光材料，也可以研究受照表面材質對眩光的影響…等等，這些都可以提供給未來研究的人當作努力改進的方向。



DIY 製作防眩光板

柒、參考資料及其他

一、中文部分

【一本書】

- (一)、尼爾·雅得登（民 88）。入科學世界的圖畫書—光（初版 4 刷）。台北市：上誼文化。
- (二)、審訂：沈嘉祥（民 77）。光、音、熱的魔術（5 版）。台北市：東方。
- (三)、大衛·柏尼（民 87）。目擊者叢書科學博物館（2 版）。台北市：英文漢聲。
- (四)、發行人：徐國樑（民 81）。神奇的光與空氣（初版）。台北市：護幼社文化。
- (五)、發行人：許鍾榮（民 84）。光線：光譜和透鏡（初版）。台北市：台祥圖書。

二、網路資源

【單篇文章，無作者】

- (一)、照明節約用電（無日期）。神寶國際有限公司：節約能源宣導系列。民 94 年 4 月 20 日，取自：<http://www.hplus.com.tw/escos.htm>
- (二)、選購檯燈小辭典（無日期）。燦坤實業：商品小百科。民 94 年 4 月 15 日，取自：<http://www.tkec.com.tw/tkec/info/encyclop-1-1.jsp?id=5841>
- (三)、關於博士燈的 12 個疑問（無日期）。3M 全球資訊網：台灣：辦公用品。民 94 年 4 月 21 日，取自：http://www.3m.com/intl/tw/centers/office/light/reply_2.html
- (四)、學校場所節約用電（無日期）。民 94 年 4 月 26 日，取自：
http://66.102.7.104/search?q=cache:Y94gaM4hziQJ:www.taipower.com.tw/main_6/pdf/main_6_1_7.pdf+%E7%9C%A9%E5%85%89&hl=zh-TW
- (五)、光學講座（無日期）。歐普照明：基礎篇。民國 94 年 4 月 20 日。取自：
<http://www.opple.com/docc/gxjz/1.htm>
- (六)、亮的柔和才是好眼光（無日期）。怡和祥企業有限公司：3M 產品專區。民 94 年 4 月 20 日，取自：<http://www.hplus.com.tw/ehc.htm>

【媒體報導】

- (一)、李南燕（民 93 年 12 月 9 日）。選檯燈撇步 照度要大 眩光要小。中天電視。民 94 年 4 月 20 日，取自：
<http://www.ctitv.com.tw/new/news/news02.html?id=10&cno=0&sno=120777>

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 生活與應用科學科

第三名

080806

破解『防眩光板』的奧秘

花蓮縣吉安鄉化仁國民小學

評語：

本研究探討檯燈光線反射而引起的眩光現象，瞭解眩光成因及原理，進而自製防眩光板。研究方式綜合常見的十二種材料製作防眩光板，透過六項性能指標評估測量，除了探究出各式材料的優劣，並自製出低眩光度的投影片材質之防眩光板。本作品在研究過程充份利用科學方法解析問題及設計解決方案，所得成品具備完整性及實用性，自製的防眩光板更極具巧思及創意。