

真的夠亮嗎？

高小組應用科學科第二名

高雄市復興國民小學

作者：盧筠凡、林佳暖

曾苑雅、蔡孟玲

指導教師：陳麗卿、陳宏畧

一、研究動機

我這個四眼田雞一向總是坐在前頭，由於每週各排依順序換座位一次，我就在第一排左右不斷的更換座位。晴天怕反光，陰雨天光線太暗，黑板字經常看不太清楚，實在令人傷透腦筋。如何保有足夠的亮度，我想應是我們這一票田雞族的最愛，爲了挽救不再深陷的度數，所以，最後……在三名老師協助指導下，完成了這項研究。

二、研究目的

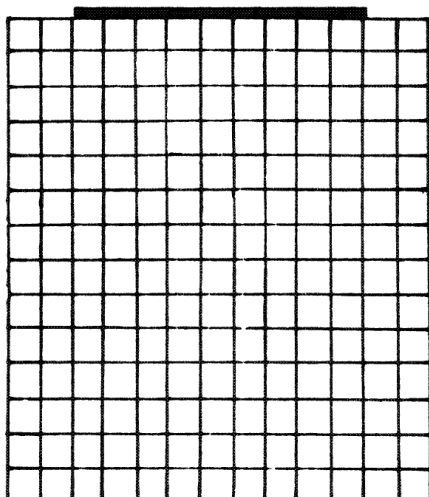
探索教室的亮度夠不夠及日光燈的配置合理嗎？照明時亮度夠嗎？能否配合小朋友的課桌椅安排呢？而提出個人認爲最理想的學習基本情境——夠亮；真的夠亮的教室條件。

三、研究設備器材

(一)測光表(二)尺(三)塑膠線(四)梯子(五)教室模型(含走廊天花板)(六)量角器

四、研究過程或方法

(一)1. 用線把教室劃分爲長、寬各爲 60 公分的多個正方形：



教室方格圖




長 14 格、寬 13 格

粗線：黑板

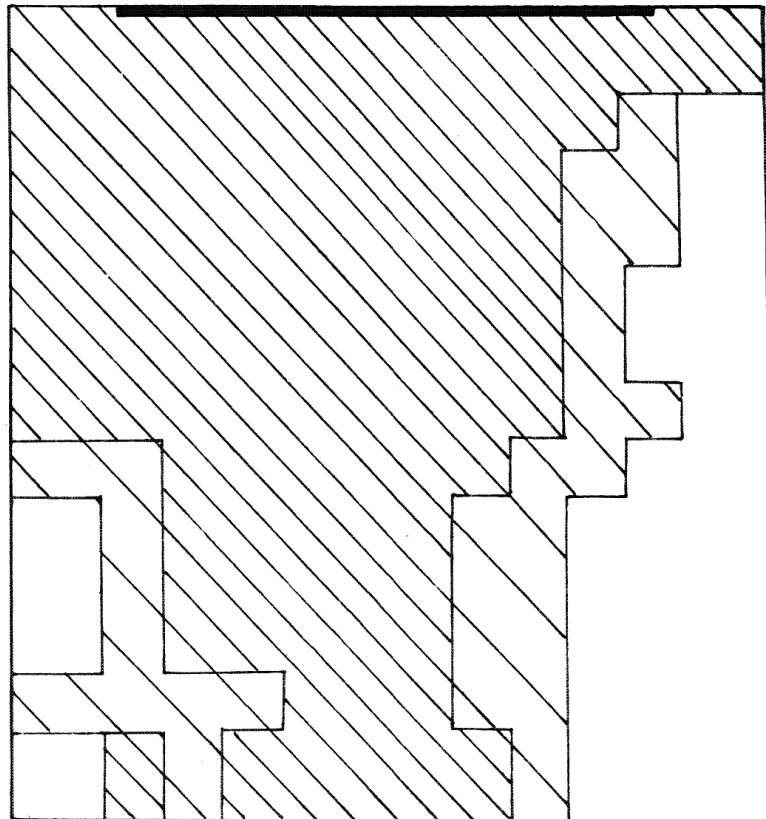
2. 測量教室及走廊之長、寬、高，縮小為二十分之一製作一間模型教室。

(二)不同的天氣、條件、教室內每一角落的光照度都一樣嗎？

1. 測量陰天不開燈時室內的光照度。

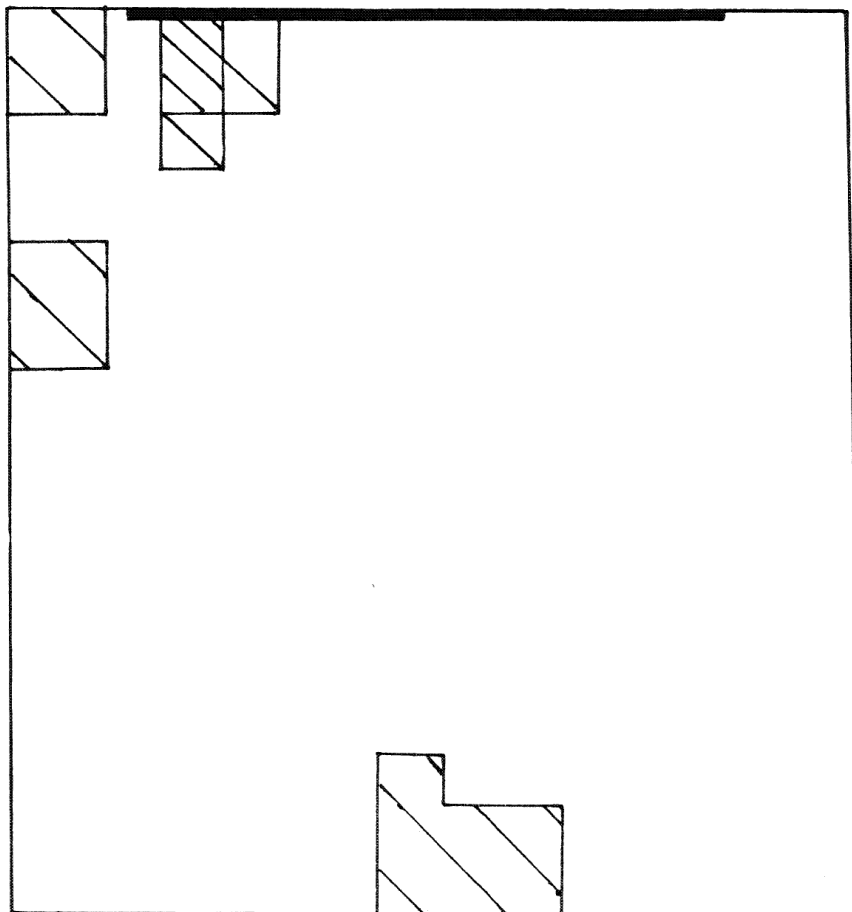
 光照度 250~350
  光照度 350 以上
  光照度 250 以下

130	100	110	100	90	90	140	170	185	220	210	320	155	
125	150	110	110	110	100	140	175	200	220	250	410	179	
130	115	130	130	120	120	130	180	205	280	320	410	189	
100	95	105	105	100	100	120	150	190	250	300	450	173	
120	100	105	100	120	110	130	170	210	270	380	425	187	
105	105	101	105	110	130	150	160	200	270	380	500	193	
110	140	150	140	140	140	150	170	200	270	310	390	193	
310	260	210	200	190	175	190	200	260	320	380	405	258	
440	290	225	205	200	190	200	275	290	390	420	540	305	
390	330	270	230	205	200	200	260	300	400	490	710	332	
390	310	230	220	200	200	205	260	300	410	510	750	332	
290	270	270	250	240	210	210	250	300	400	570	780	337	
380	240	250	220	215	200	200	230	270	400	500	690	317	
平均	236	193	175	163	157	151	167	204	239	316	386	522	197



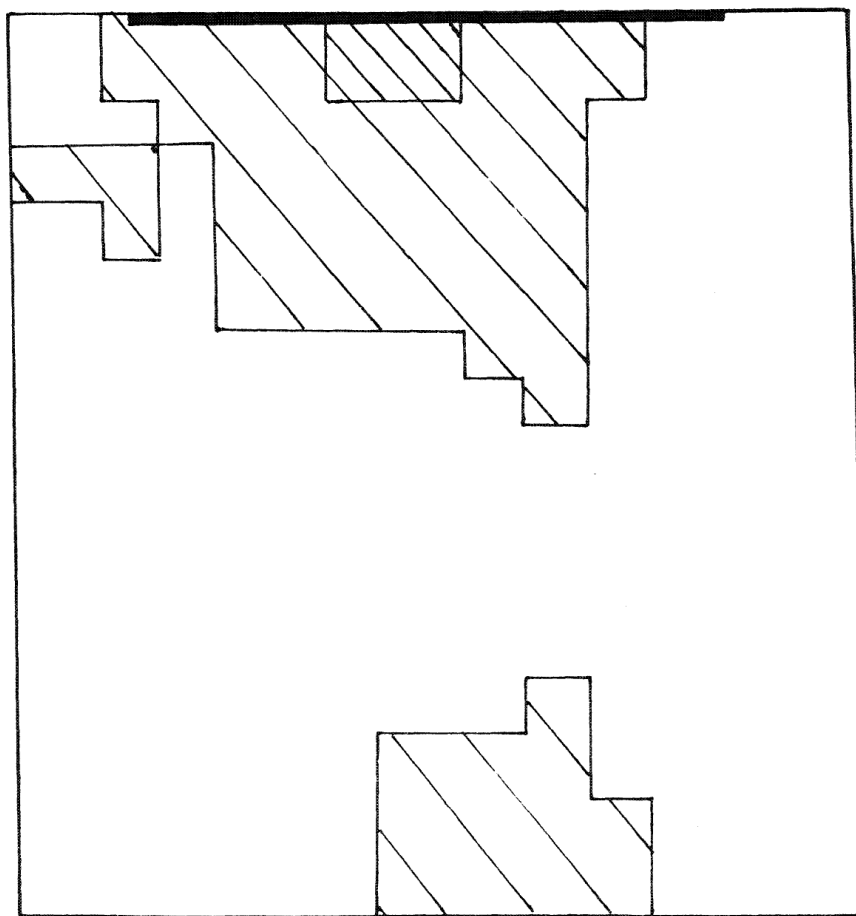
2. 測量陰天開燈時教室內的光照度。

260	400	240	320	400	400	400	400	420	460	440	440
380	500	340	440	400	420	400	440	460	500	560	620
360	500	520	420	450	360	420	400	500	600	560	640
340	540	600	500	460	400	420	400	540	600	600	740
340	600	480	500	480	440	420	460	520	600	600	660
400	640	420	500	440	480	420	480	540	600	640	520
400	820	800	600	500	440	460	500	580	640	700	540
770	980	920	660	560	440	500	520	600	700	700	740
760	1000	800	640	600	500	480	520	600	700	700	820
800	1000	440	480	520	500	460	500	580	640	700	760
760	1000	420	420	460	460	400	450	520	600	720	740
840	860	480	520	440	320	380	400	500	620	660	720
640	700	600	420	380	340	300	340	420	500	440	600



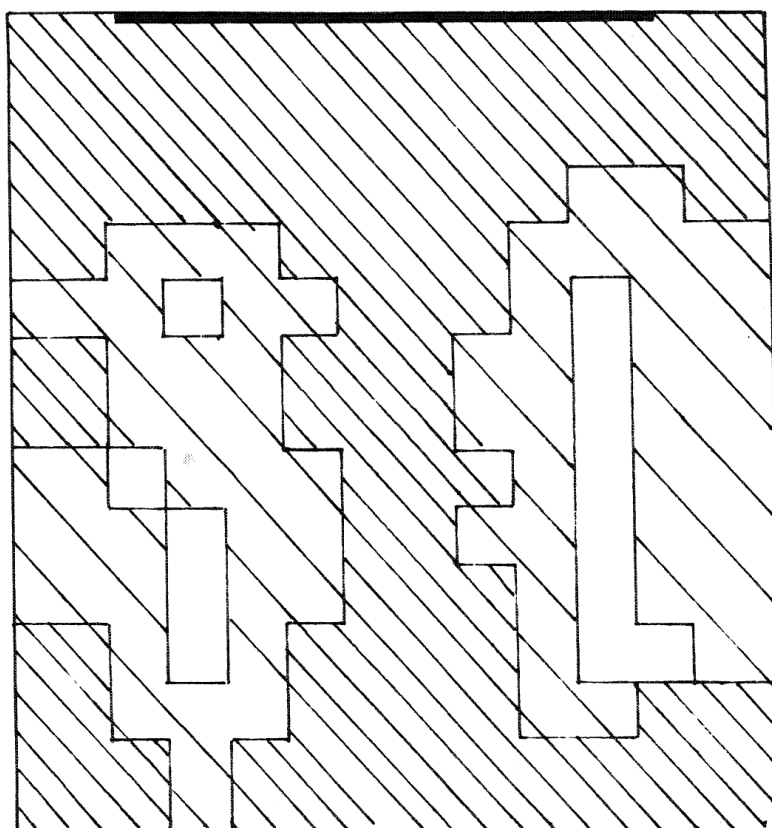
3. 測量晴天時教室內的光照度：

405	270	290	250	240	240	260	290	320	390	460	600	334	
390	420	330	280	290	280	280	300	390	480	690	660	399	
290	330	350	290	280	270	270	315	350	430	600	550	360	
410	340	370	315	330	285	250	320	520	550	650	680	418	
510	380	380	305	330	260	260	320	480	560	730	640	429	
390	295	370	450	400	350	340	290	490	505	450	480	400	
560	640	640	540	450	400	350	330	430	430	450	420	470	
1450	1100	960	800	660	475	550	480	460	510	595	675	726	
1500	1200	970	880	660	490	490	450	430	490	660	750	755	
1600	1300	1050	750	570	420	400	385	440	500	590	750	729	
1850	1200	950	650	570	390	360	320	390	420	540	690	694	
1150	1000	710	500	440	340	320	320	350	410	520	640	558	
340	720	590	470	400	300	280	260	300	390	395	590	460	
平均	879	707	612	498	432	346	339	336	411	466	563	625	415



4. 測量晚上開燈時教室內的光照度：

100	100	110	100	90	100	100	100	190	180	150	150	122	
120	200	180	190	150	150	100	190	200	210	200	190	173	
150	220	240	210	160	150	130	200	200	290	260	240	204	
210	290	300	290	200	190	170	200	290	310	300	250	250	
250	300	350	300	250	200	210	210	320	390	300	300	281	
210	310	300	250	220	210	200	250	300	400	350	310	275	
210	300	280	300	210	200	200	250	300	400	300	310	271	
260	350	290	290	250	200	200	220	310	400	300	300	280	
290	340	400	310	260	210	200	250	300	400	300	290	295	
290	300	390	270	250	210	200	210	300	400	300	320	286	
210	290	390	300	210	200	190	200	300	350	350	300	274	
190	290	300	250	200	150	150	200	290	300	210	200	227	
190	210	250	160	190	150	140	180	200	210	200	190	189	
平均	206	269	290	247	203	178	168	204	269	326	270	257	212



(三) 遮擋物對教室內光照度會有影響嗎？

1. 樹木、樓梯或建築物對教室內光照度的影響。

樓別	四樓			三樓			二樓			一樓			平均
大王椰子	580	560	605	470	421	481	440	420	430	390	420	420	432
	470	421	421	445	360	460	422	330	340	410	315	340	
沒有植樹	860	698	920	830	630	800	760	620	700	720	630	680	714
	880	845	662	1000	1000	826	940	560	630	720	555	480	
樓梯遮擋	400	350	390	310	305	380	130	250	390	120	150	260	257
沒樓梯遮擋	580	420	540	470	220	390	300	260	265	320	240	260	328
各樓平均	589			519			466			315			

2. 測量模型教室：

- (1) 高樓或建物的影響（以厚紙箱疊高）（單邊遮光）以模型教室測量各種遮擋物、建物、樓房對教室內光照度的關係：（設單邊遮擋，教室走廊與光線成 45° ）

遮擋物教室距離		次數	平均光照度					平均
			第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	
樓梯緊臨走廊			290	290	300	295	285	292
樓10房距公教室尺	樓高 9.44		690	700	690	700	700	696
	樓高 18.68		690	690	690	720	695	695
	樓高 27.8		690	695	700	710	680	695
樓20房距公教室尺	樓高 9.44		950	960	950	955	945	952
	樓高 18.68		890	880	890	890	895	889
	樓高 27.8		810	780	760	800	825	795
樓房斜45°距公教室尺	樓高 9.44		1000	1050	990	1000	990	1006
	樓高 18.68		850	860	840	845	850	849
	樓高 27.8		810	820	820	810	800	812

- (2) 樹木的影響（樹約比教室高一些，三棵樹連在一起單邊遮光，太陽光線與走廊成 45° 的夾角）

樹距教室距離	4 公尺	5 公尺	6 公尺	7 公尺	8 公尺	9 公尺	10 公尺
教室內光照度	550	580	700	790	910	990	1050

(四)每一層樓的光照度都一樣嗎？

樓層	四樓	三樓	二樓	一樓
平均	589	519	466	315

(五)教室的座向會影響到室外的光照度嗎？

(角度：光線與走廊所成的夾角)

角度	90	85	80	75	70	65	60	55	50
教室內光照度	1300	1300	1300	1300	1300	1250	1200	1200	1090

角度	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
教室內光照度	900	810	790	800	790	710	700	640	600	510

(六)單盞(40w 雙管)日光燈距桌面各種高度的光照度比較：

(平均是計算 63 點)(中央平均乃計算最中央 25 點)

10	50	60	90	60	50	50	50	50	60	70	55	50	50	50	60	70	70	60	60	55
60	80	90	90	95	80	60	60	80	90	100	100	80	70	60	95	100	100	100	80	80
95	110	130	140	120	110	80	90	100	140	150	130	110	80	100	110	150	155	130	120	80
110	140	180	190	160	130	90	90	130	190	210	180	140	110	110	155	210	240	210	180	100
110	150	200	210	190	145	100	110	180	230	250	210	150	110	120	190	250	285	250	185	110
110	140	180	190	160	120	90	110	170	210	220	210	170	130	110	160	220	250	210	170	140
90	90	125	130	130	110	80	95	130	140	170	160	130	110	100	140	150	180	150	140	120
70	70	80	90	80	60	50	80	90	95	110	100	90	80	90	100	100	100	100	95	80
40	50	60	70	50	50	50	50	60	60	60	60	60	50	60	60	70	70	70	60	50
距 215cm							距 200cm							距 185cm						
平均 102.06 Lux							平均 113.57 Lux							平均 129.06 Lux						
中央平均 151Lux							中央平均 168 Lux							中央平均 190 Lux						

根據老師提醒我們一點：亮度與距離平方成反比經過計算：

$\frac{0_1}{185^2} = 129.06$; $\frac{0_2}{200^2} = 113.57$; $\frac{0_3}{215^2} = 102.06$ 得到： $0_1 = 4417078$; $0_2 = 4542800$; $0_3 = 4717723$ 無意中發現數字相差不多，我們就給它一個名稱——(總光亮)，求三個總光亮的平均數是 4559200，按 $\frac{4559200}{(\text{距離})^2} = \text{光照度}$ 再計算

桌面與燈的距離	110	95	80	65	50	35	20
平均光照度	377	505	712	1079	1824	3722	11398

(七)日光燈管距桌面最適當的高度應是多少？

燈距桌面高度	215	200	185	170	155	140	125
中央平均光照度	151	168	190	232	279	341	429

燈距桌面高度	110	95	80	65	50	35	20
中央平均光照度	553	742	1047	1586	2680	5469	16750

由 $\frac{0_1}{(215)^2} = 151$; $\frac{0_2}{(200)^2} = 168$; $\frac{0_3}{(185)^2} = 190$ 求得




$0_1 = 6979975$; $0_2 = 6720000$; $0_3 = 6502750$ (總光亮)

$\Delta_1 = 690 \text{ 萬} - 670 \text{ 萬} = 20 \text{ 萬}$ $\Delta_2 = 670 \text{ 萬} - 650 \text{ 萬} = 20 \text{ 萬}$

似乎每個差數都是減 20 萬左右，那麼依此原則逐步算出 170、155、140、……等距離之平均 LUX (約) 將會出現不合理的地方，所以求出平均總亮約 6700000 再逐一計算將會較合理。無意中發現和台電墊板說明的最佳高度 130 cm 似乎完全一樣！

(八)合理的光照度應是多少？(單位LUX)

家庭	團圓洗衣	150 ~300	學校	黑板	500 } 1000	工廠	辦公室裝、包裝	150 } 700
	閱讀寫字	350 ~700		教室 圖書室	350 } 700		設計師檢查	700 } 1500
	手藝裁縫	700~ 1500						

(九)配合陰雨天氣光照度不足，日光燈管應如何配置才能達到最佳補光效果。由圖表我們發現陰天開燈，大部分光照度都足夠，美中不足是少部分被遮擋的地方就是開燈照度仍然不夠，我們想照度的剖面像 ，而燈光的補光就像 ，而補光來填補照度的凹洞，，如此表面才會一樣亮，整間教室的照度才會足夠，所以應針對各角落地方照度之不足來補光，才能達到補光的效果。

(十)晚上開燈，日光燈應如何配置其光照度才會最佳？晚上開燈由圖表不難看出中間的部分照度不足，若能將燈管拉低或中央再加四盞日光燈，即可解決照度之不足。

(十一)目前日光燈和桌椅排列方式有那些優缺點呢？

1. 日光燈之優點：排列整齊、美觀、施工方便、統一、補光平均。缺點：位置太高、普遍照度不足，補光後亮的更亮，暗的地方仍然不夠。
2. 桌椅的優點：易於排列。缺點：前排兩側的人易看不清楚，久了脖子會酸。中間的照度不夠亮（形成斜視）。

(ㄅ)課桌椅排列的方式如何是好？（三至六年級的抽樣 100 人）結果：

1. 看得見黑板字佔 96%，看不見黑板字佔 4%。
2. 座位常換佔 12%，不常換的佔 28%，一週換一次佔 60%。
3. 認為教室照度夠亮的佔 83%，不夠亮佔 17%。
4. 認為陰雨天開燈夠的佔 59%，不夠亮的佔 39%，沒意見佔 2%。
5. 滿意目前座位排列方式的佔 64%，不滿意的佔 35%。
6. 多久換一次座位最好，一週的佔 62%，二週的佔 10%，一個月的佔 25%。
7. 最喜歡桌椅排列的方式：目前規則的排列 50%，圓弧形排列 13%，組合或小組型的佔 37%。

(ㄆ)綜合陰雨天、晚上最好的補光配置方式及桌椅安排，提出最理想的日光燈及桌椅排列方式。（於討論結論時敘述）

五、實驗結果

(一)不同的天氣加開燈否，教室內光照度合格百分比：

光照度 百分比	天氣或開燈否			
	陰天不開燈	陰天開燈	晴天	晚上開燈
250 LUX 以上。 (合格)	16.48	94.5	1.09	25.82
250~350 LUX (光照度不足)	17.58	4.94	22.52	36.26
250 LUX 以下 (光照度嚴重不足)	65.93	0.54	76.37	37.91

(二)由實物量得教室旁的樹木或樓梯（建物），都會減少教室內的光照度。

(三)1. 遮擋物（建物）越高，教室內的光照度越低，反之亦同。

2. 遮擋物距教室越遠，教室光照度越高，反之亦同。

3. 樹木、設施、樓梯或其他建物亦同此原則。

(四)1. 教室的樓層越高，光照度越高。反之亦同。

2. 教室的樓層越低，光照度越低。
- (五)教室走廊與太陽光入射角所成的角度越大。室內的光照度越高，反之越低。
- (六)1. 燈管距桌面越近，桌面的光照度越高。
2. 一盞日光燈（40W 2支）的光散佈在長 5.4 m、寬 4.2 m 的面積上皆達 350 LUX 以上，至少應在 114 公分的高度。
- (七)1. 一盞（40w×2）的日光燈最佳的高度應距桌面 130cm。
2. 8 盞的亮度剛好的涵蓋整間教室，因此在距桌面 130cm 高的 8 盞燈全開，不論陰、雨、晚上開燈照度都足夠。
- (八)教室的光照度最低標準應在 350 LUX。
- (九)補光配量的原則是：
1. 中央比兩旁多。
 2. 受遮擋的地方要比沒遮擋的多。
- (十)目前的教室光照度、日光燈和桌椅尚有些無法配合的地方。
1. 中央的桌面不夠亮，兩旁卻太亮。
 2. 桌椅高度適可，日光燈却太高了，形成補光不足。
 3. 晚上開燈普遍性却亮度不夠。
 4. 燈管排列呆板，無法配合桌椅排列。
- (十一)調查的結果，小朋友大多數認為：
1. 直橫規則的桌椅排列方式最喜歡，而且每週更換一次最好。
 2. 教室的光照度有小部份的人認為不夠，若開燈後，則有更多的人認為不夠。顯見燈光照度不足。

六、討論

- (一)陰天測得的光照度+夜間的光照度>陰天開燈的光照度可能是什麼原因造成，目前我們不知道。
- (二)大部分的辦公室或電腦教室的日光燈都裝上銀色鏡面的反光板，而教室內的日光燈反光板還保留噴漆的，我們感覺這一點令教室內的光照度減少。
- (三)陰天開燈補光這是合情合理的，但我們竟然發現新教室在陰天燈光照度仍然不夠，那麼下雨天上課又怎麼夠亮呢？是不是要有政府單位管理呢！
- (四)樹木或遮擋物本會遮光，這是眾所皆知，但為什麼還有那麼多學校把大樹栽植在教室兩旁？而在教室內大量的增加燈管，這種作法聰明嗎？
- (五)一般而言，教室靠走廊兩側的光線本來就較亮，內較暗，但是目前的燈管配置却較靠兩旁，這是什麼原因呢？好像問遍了都沒人知道。

- (六)現在教室好像依地形來規劃考慮的較多，依教室座向採光好壞考慮的較少。
- (七)參考其它學校的教室建築，我們覺得□□□型的教室建築較會遮光，一字排開的教室採光應較好。
- (八)越是市中心的學校，越會受到校外臨近大樓的遮擋，教室內的照度較差一點，越是市外或一般鄉鎮的學校較沒大樓的遮擋，採光應較好一點。
- (九)日光燈的配置應著重於上課時光線不足之補光，但我們一致感覺日光燈目前的配置好像是必要的裝飾品，而不是補光的裝置。
- (十)測量的第六項中，大面積計算時，總光亮似乎越來越增加，而小面積計算，總光亮似乎越來越減少，不知為什麼會這樣？

七、結論

- (一)教室的座向，室外的建物、樹木或其它的設施都會妨礙教室內的光照度，所以設置規劃時應詳細考量或避免。
- (二)影響教室內光照度最大的變因，應該是天氣（白天而言），晴天時照度大部份都足夠。陰天時照度不足，勢必要補光才行。
- (三)1. 日光燈應降至桌面 135 公分最好。
 2. 燈管 $\begin{matrix} || & || \\ || & || \\ || & || \end{matrix}$ 排列方式應向中央線移動 60 公分。
 3. 燈管最好變成 $\begin{matrix} = & = \\ = & = \\ = & = \end{matrix}$ 排列較好。
- (四)課桌椅還是保持原狀好。
- (五)1. 黑板的日光燈另外裝置。
 2. 日光燈應集中分配於桌面上，教室前後段可略減一點。
- (六)低年級讀寫少，加以安全顧慮多，適合樓下教室（照度稍差）。高年級讀寫多，加以安全顧慮少，適合安排樓上教室（照度較佳）。
- (七)蓋教室時應預留電線級，實測教室內的照度再決定日光燈裝設的位置、高度、支數較理想。

八、參考資料或其它

- (一)參考資料：
1. 東迅資訊工業有限公司：合理照度表。
 2. 中華民國照明學會、台灣電力公司合編：家庭照明手冊。
 3. 台灣電力公司製贈：合理照明、保護視力的墊板。

評語

1. 此作品題目“真的夠亮嗎？”對小學生而言十分生活化，也非常重要，值得探討與研究。
2. 此作品的研究方法十分科學化。作品並分析了不同天候，教室照明配置，以及建築配置對教室光照度的影響。十分完整與實用。此外從實驗資料中印證了亮度與距離的關係，使理論與實驗能結合在一起。
3. 此作品之部份成果，可供教室設計之參考。
4. 第一張圖對實驗教室之描述不夠詳細，宜加上燈方位置、盞數，門窗等於相對位置上，使實驗條件更加清楚。