# 中華民國 第49屆中小學科學展覽會作品說明書

國小組 物理科

第二名

080118

就是這個「光」--探討影響閱讀照明的因素

學校名稱:國立東華大學附設實驗國民小學

作者:

小六 賴真吾

小六 李芳儒

小六 陳軻敬

小六 郭泓鑫

指導老師:

李偲華

游時銘

關鍵詞:照度、反光、可調式太陽能測光板

# 摘 要

本研究是從三年級下學期自然與生活科技領域中的有關「光」的單元出發,想要找出平時使用檯燈進行閱讀活動時影響照明的因素。我們發現不同色光的燈源其自開啓光源到維持穩定的照度所需時間不同,且光源高度越高,配光均勻度越大,但桌面上各點的照度卻越低。另外,我們也發現紙張材質、書架角度及閱讀角度的高低亦會影響閱讀時反射光線的多寡。

後來,我們透過各種嘗試,利用木條、塑膠水管、鐵絲、太陽能板等材料,組合成一 組能更準確測量出反射光線多寡的可調整高度的太陽能測光板。

我們利用一整年的假日、週三下午等時間完成有關「閱讀照明」的研究,發現原來「光」是這麼的奧妙、有趣,我們付出再多的辛苦也值得。

# **壹、研究動機**

快要考試了,要努力複習功課,爲了不要近視,一定要維持好室內的良好照明,看書時一 定要開啟臺燈,坐端正看書。

打開檯燈,翻開書本正當要好好複習時,咦?奇怪!怎麼書本的某些部分看起來比較刺眼,某些部分看起來比較模糊,換個閱讀角度,怎麼刺眼的部份移到另一個位置了?久而久之,眼睛便越來越疲勞,嚴重影響到讀書效率。

記得三年級時我們學習過「光」的單元,對「光」有初步的認識,可是造成閱讀時眼睛疲勞的原因是什麼呢?我們決定著手進行更深入的研究。

# 貳、研究目的

- 一、探討閱讀時影響照明的因素。
- 二、研發測量反光的創意設計。

# 參、研究設備及器材

- 一、材料: T2 燈泡(白光、黃光、自然光)、黑色噴漆、角鐵、棉繩、100 磅白模紙、120 磅白模紙、再生紙、一般影印紙、AA 影印紙、雙銅紙、雪銅紙、道林紙、白絲綢紙、黑色壁報紙、木料、塑膠水管、壓線條、電線、鱷魚夾、長尾夾、厚紙板。
- 二、工具: 檯燈、照度計、太陽能板、三用電錶、水平儀、實驗用木箱(長 50cm、寬 48.5cm、高 50cm)、數位相機、碼錶、鋸子、銲槍、量角器。

# 肆、研究過程及結果

# 子題一:閱讀時,該如何選擇合適的照明?

(一)研究方法:

利用網路上的資料、圖書館裡的書籍、訪談印刷廠負責人等管道找尋相關資料。

- (二)資料整理:
- 1.「光」對我們生活的重要性:

眼睛是學習的主要工具,一切學習要靠眼睛去發現、閱讀。但眼睛的功能卻完全依賴 「光」才能發揮,在沒有光線的黑暗環境下,我們看不到任何東西;在暗淡光線下,也只能 勉強看到模糊的景象,因此光線的強弱影響視覺的真實性。

光線的強弱不僅影響視覺真實,還會影響學習及心理狀況。許多研究顯示人在安靜及光線適度時有較高的閱讀慾望,與較佳的學習效果;在微弱的光線下,雖安靜,精神卻無法集中,令人坐立不安;而在過強的光線下,雖只有短暫閱讀,仍容易顯出容易疲勞的現象。

由此可知「光線」對顯示物體真實、學習效果、眼睛的疲勞都有相對的影響。

- 2.使用檯燈閱讀或工作時,應注意那些照明問題?
  - (1) 要有適當的照度:

看書時,不容易產生疲勞現象或能辨別顏色及細部的照明稱爲適當的照度。

- A.經濟部中央標準局參考先進國家之照度標準,在民國 76 年 9 月 17 日訂定照度標準,明定教室應有  $200\sim750$  Lux,黑板照度  $300\sim1500$  Lux,如表 1-1。
- B.中華民國照明學會在民國 80 年 6 月建議中小學校教室之照明應加以提昇,黑板部分 應在 750 Lux 以上,課桌面應大於 500Lux。
- C.內政部建築研究所 87 年 6 月出版「學校教室照明推廣手冊」對學校教室照度標準之 建議如表 1-2。
- D.教育部在民國 89 年 5 月 5 日修正學校一般教室照明標準爲桌面照度不低於 350 Lux, 黑板照度不低於 500 Lux 爲原則,並應注意避免燈具的眩光。

表 1-1:中華民國國家照明標準 (CNS)學校標準照度表 (室內)

標準照度 (Lux)	場 所(室	內)	作業種類
1500 — 1000 — 750 — 500 — 300 — 200 — 150 — 100 — 75 — 50 — 30 —	教室、實驗室、實習工廠、研究室、圖書閱覽室、書庫、辦公室、教職員休息室、會議室、保健室、餐廳、廚房、配膳室、廣播室、印刷室、總機室、守衛室、室內運動場 (200~750 Lux)	製圖教室 縫紉教室 電腦教室 (300~1500Lux) 大教室、禮堂、儲櫃室、休息室、樓梯間、走廊、電梯走道、廁所、值班室、工友室、天橋 (75~300 Lux)	精密製圖、精密實驗、縫紉、打字工作、圖書閱讀、精密工作、工藝美術製作、黑板書寫、天秤計量 (300~1500 Lux)
30			

表 1-2: 學校教室建議照度標準

作業種類	教室名稱	桌面照度(Lux)	地板照度(Lux)	黑板面照度(Lux)
極精細作業	製圖教室、縫紉教室	750		500
精細作業	普通教室、實驗教室、電腦教室、自然教室、			
	社會教室、美術教室、工藝教室、家事教室、	500		500
	會計教室、英打教室、視聽教室、語言教室、	300		300
	攝影教室、餐飲教室、音樂教室			
普通作業	舞蹈教室		300	

#### (2)注意適當的陰影及均勻的照度分佈:

檯燈由沒寫字的手那一邊照入,不致造成寫字時手部陰影。在讀書範圍的視界內如明暗顯著時,會容易產生疲勞,因此整個桌面的照明效果要均勻。看書時,不要只開檯燈,房間的主燈也應開啓。

#### (3) 要避免眩光:

燈泡應在上方 25cm 以上的高度,以適當的方法隱蔽其直射的光;調整書本的角度,避

#### 3.照明相關名詞及定義

#### (1) 光度:

光度就是光源明亮度,是測量其他光學物理量的基本國際單位,單位爲燭光。

#### (2) 光通量:

光通量又稱光束,爲光源單位時間內所發出的光之總能量,需以光束來模擬光能量之大小,單位爲流明。1 燭光的光源在單位立體角內所產生之總光通量定義爲 1 流明。

#### (3) 照度:

物體或被照面上,被光源照射所呈現的光亮程度,稱爲照度,爲評量比較照度之大小,常以被照面上單位面積內所接受到由光源投射來之有效光通量來定義。1平方公尺面積上總光通量有1流明時,稱爲該面積上照度爲1勒克斯(Lux)。

$$E$$
 (勒克斯Lux) =  $\frac{F$  (流明Lumen)}{A (平方公尺m<sup>2</sup>)

#### (4) 配光均匀度:

教室照明除了照度要充分之外,光線的分佈均勻也很重要,我們稱爲「配光均勻度」, 光線分佈越均勻、視覺感受越舒服,越不會造成眼睛的疲勞:如因分佈不均勻,教室內 明暗交錯,容易造成視覺疲勞。下面爲配光均勻度的公式,其值越接近1越好。

配光均匀度=最低照度/平均照度

#### (5) 眩光:

光源與環境配合不良時,導致眼睛無法看清楚視覺範圍內景物,是因視覺範圍內有一較 景物光亮許多之光源存在所致,這種強光即稱爲眩光。眩光有直接眩光、反射眩光及對 比眩光等。(光線照射到書籍的紙面,讓人看不清楚上面的文字,又稱爲「眩光」。)

- A.直接眩光:在觀看方向出現遠高於其他表面的亮度。直接對著眼睛而來的直接眩光, 傷害視力最強;例如晚上怕來車的遠光燈、喜歡看日出卻又不敢直視太陽,都是眩光 太強而刺激眼睛不舒服的案例。平時使用檯燈閱讀時,專家建議直接眩光的防治,最 好以人坐書桌前模擬看書寫字之姿,檯燈的光源燈頭部分離桌面約40至45公分距 離,眼睛模擬看書高度,此時眼睛餘光不會看到燈管或光源體,產生不舒服之眩光者 爲佳。
- B.對比眩光:室內的光源造成明暗對比過大的情形,由於光源亮度與視野相差過大,造成眼睛疲勞,降低視覺效果。所以專家提醒別爲了省小電,而在黑暗中只開桌燈不開室內燈,這樣可是會傷害眼睛的。另外,向著太陽拍攝人物時,常造成相片中的人有如黑人的臉色,也是對比眩光所造成的強烈明暗比的關係。
- C.反射眩光:光源投射至平滑完整的高反射材料反射至眼睛的二次 光線,閱讀書籍時所出現的反光現象即是屬此類。在正常的閱讀 角度下並無法避免,因其發生在入射角(由光源投射到閱讀物 件的入射角度)與反射角(反射到眼睛的反射角度)相等的 角度(如圖 1-1)。其實只要選用合適、不刺眼的光源,並調整 書本的角度,避免過強的反射光線就可以大大減少眩光的產生。

之次 入射角 反射角 。 法線

圖 1-1: 反射眩光產生的原因。



# 如何設計實驗箱以便於進行實驗?

我們將子題加以整理出其中的操縱變因,並試著進行實驗,發現實驗桌面的材質或實驗者的衣物 或手部的一點點移動也會影響照度計的數值,因此先設計第一代簡易的實驗裝置(如圖 1-2)改善實驗 中可能出現的誤差,發現可行之後,再透過討論,畫出理想中的實驗箱設計圖(如圖 1-3~1-5),並以 互楞紙製作模型(如圖 1-6~1-7), 再找學校義工家長討論其中的製作細節, 請義工家長協助我們完成

基礎的實驗箱(如圖 1-8~1-11),再由我們爲實驗箱的內部噴上黑色的漆。



圖 1-2: 利用紙箱、黑色壁報紙製成 的第一代實驗裝置。

# (一) 畫設計圖:

爲了說明之便,我們將實驗箱的四面分 別命名爲り面、夕面、口面、口面。

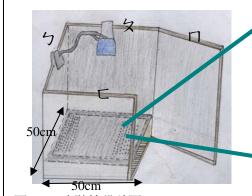


圖 1-3:實驗箱設計圖。



圖 1-4: 可平放也可成 爲能調整角度的書架。

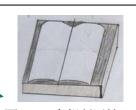


圖 1-5: 底部利用棉 繩、刻痕調整紙張的曲

# (二)製作模型:

利用紙箱製作第二代實驗箱模型。



圖 1-6:模型箱底的刻痕及鐵絲 設計可製造紙張的曲度。



圖 1-7:模型箱底的設計可調整 書架角度。

# (三)請木工師傅依設計圖及模型製作實驗箱:



圖 1-8: 第二代實驗箱完成品。



圖 1-9: 箱底的刻痕設計及能綁棉繩 的釘子可製造紙張的曲度。



角度的書架。



圖 1-10: 可輕易開闔的門即可調整 圖 1-11: 可調整角度的書架背後的 簡單設計。



## 控制實驗場地的環境照度值爲 0 Lux

爲讓實驗數值更精準,真的只測量到檯燈光源的實際照度,因此所有實驗過程中,我們會將自然 教室裡的所有遮光窗簾拉上,此時以照度計測量教室裡的環境照度值爲 0 Lux 後才開始進行實驗。

# 子題二:不同色光的燈源持續開啟 60 分鐘,桌面上的照度值變化爲何?

#### (一)研究方法

1.在實驗箱的**分**面架上夾式檯 燈,調整燈源位於實驗箱的正 上方,且燈源高度爲 30cm, 並利用水平儀校正檯燈的平 衡度,如圖 2-1~2-2。



圖 2-1:在實驗箱的**分**面架上夾式檯 燈,調整燈源位於實驗箱的正上方。



圖 2-2:在檯燈頂放置水平儀校正檯 燈的平衡度。

- 2.在實驗箱底部放置一張與底部大小相符的白紙(長 48.5cm,寬 45.3cm),將白紙的長寬各均分爲 3 等分,共平分爲九格,並在均分的九格中,找出中心點,將之命名爲 A、B、C、D、E、F、G、H、I,如圖 2-3~2-4。
- 3.將照度計置於 E 點,持續開啓黃光 燈源 60 分鐘,第 0~15 分鐘每隔 5 秒鐘記錄一次照度計上所顯現的



圖 2-3:在實驗箱底部放置一張與 底部大小相符的白紙。

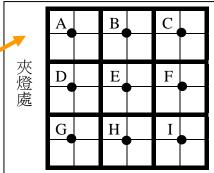


圖 2-4:在實驗箱底部均分爲九 格,並找出九格的中心點 A~I。

數值,第16~60分鐘後每隔5分鐘記錄一次照度計上所顯現的數值。

4.置換黃光燈泡爲白光、自然光燈泡,重複實驗3之步驟。

#### (二)研究結果

表 2-1: 黃光燈源持續開啓 1 小時間照度值一覽表

時 間(秒)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
照度値(Lux)	240	258	345	439	527	628	702	767	821	870	907	939	961	980	994	1006	1015
時 間(秒)	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165
照度値(Lux)	1023	1029	1035	1040	1046	1049	1055	1055	1057	1059	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1066
時 間(秒)	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250
照度値(Lux)	1066	1066	1066	1066	1066	1066	1066	1065	1066	1065	1064	1063	1063	1063	1064	1064	1062
時 間(秒)	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335
照度値(Lux)	1062	1061	1059	1059	1058	1057	1055	1053	1051	1050	1049	1047	1046	1044	1042	1040	1039

時 間(秒)	340	345	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400	405	410	415	420
照度值(Lux)	1036	1034	1033	1033	1031	1028	1027	1027	1026	1024	1022	1021	1019	1018	1016	1013	1011
時間(秒)	425	430	435	440	445	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505
照度值(Lux)	1011	1010	1008	1007	1006	1003	1001	1000	999	998	995	994	993	992	990	990	990
時 間(秒)	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560	565	570	575	580	585	590
照度值(Lux)	988	986	986	985	985	983	982	981	980	979	979	977	976	975	974	974	975
時間(秒)	595	600	605	610	615	620	625	630	635	640	645	650	655	660	665	670	675
照度值(Lux)	973	971	972	969	969	970	968	968	968	970	971	973	977	980	983	984	985
時 間(秒)	680	685	690	695	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760
照度值(Lux)	985	985	984	984	984	984	985	986	989	996	999	1001	1000	1000	1000	1000	999
時 間(秒)	765	770	775	780	785	790	795	800	805	810	815	820	825	830	835	840	845
照度值(Lux)	998	997	997	998	998	998	999	995	994	993	993	992	992	991	991	991	991
時間(秒)	850	855	860	865	870	875	880	885	890	895	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700
照度値(Lux)	990	989	989	990	990	991	991	989	988	987	987	982	976	974	974	970	970
時間(秒)	3000	3300	3600														
照度値(Lux)	970	972	972														

表 2-2: 白光燈源持續開啓 1 小時間照度値一覽表

時 間(秒)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
照度値(Lux)	246	326	435	475	683	774	826	869	888	899	906	912	915	917	921	922	925
時 間(秒)	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165
照度値(Lux)	927	928	929	930	931	931	931	930	930	930	929	929	929	928	927	926	924
時 間(秒)	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250
照度値(Lux)	922	920	918	919	918	917	914	912	911	909	907	905	903	903	902	902	902
時間(秒)	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335
照度値(Lux)	901	901	901	900	898	897	896	892	889	888	887	885	884	884	882	878	876
時 間(秒)	340	345	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400	405	410	415	420
照度値(Lux)	875	873	873	872	872	871	869	866	864	863	864	862	861	859	856	853	851
時 間(秒)	425	430	435	440	445	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505
照度値(Lux)	850	848	849	851	853	852	849	847	845	843	842	841	840	841	839	839	840
時間(秒)	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560	565	570	575	580	585	590
照度値(Lux)	840	841	842	841	839	838	835	834	834	835	835	836	837	839	842	844	846
時 間(秒)	595	600	605	610	615	620	625	630	635	640	645	650	655	660	665	670	675
照度値(Lux)	846	846	846	847	846	845	843	842	842	842	846	847	846	846	846	846	848
時 間(秒)	680	685	690	695	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760
照度値(Lux)	848	848	846	844	844	844	843	843	846	845	845	844	843	843	845	846	846
時間(秒)	765	770	775	780	785	790	795	800	805	810	815	820	825	830	835	840	845
照度値(Lux)	845	845	844	843	844	843	843	844	846	845	844	843	843	846	847	846	847
時間(秒)	850	855	860	865	870	875	880	885	890	895	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700
照度値(Lux)	848	847	847	847	847	847	850	855	855	855	855	849	854	858	860	859	851

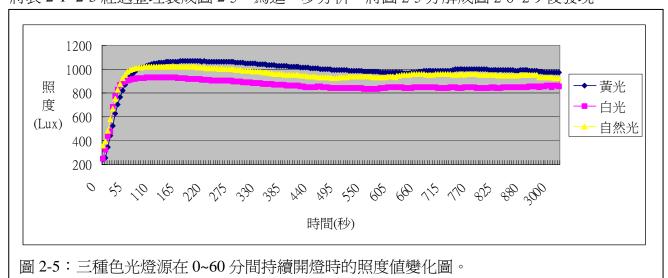
時間(秒)	3000	3300	3600							
照度値(Lux)	864	859	857							

表 2-3: 自然光燈源持續開啓 1 小時間照度值一覽表

		ハハノロル	T 10,2 .3 .3	124113			110241	- 5-						1	1		
時 間(秒)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
照度値(Lux)	358	390	484	582	672	754	827	879	925	955	976	995	1002	1008	1007	1014	1017
時 間(秒)	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165
照度値(Lux)	1019	1020	1021	1022	1023	1023	1023	1023	1023	1021	1021	1023	1025	1023	1022	1021	1021
時 間(秒)	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250
照度値(Lux)	1019	1018	1018	1018	1018	1016	1014	1012	1011	1009	1008	1007	1007	1006	1003	1004	1003
時間(秒)	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335
照度値(Lux)	1001	1000	1000	999	995	993	991	988	985	985	983	980	978	977	976	973	971
時間(秒)	340	345	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400	405	410	415	420
照度値(Lux)	971	968	965	961	958	957	957	955	955	953	952	951	951	951	948	945	942
時間(秒)	425	430	435	440	445	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505
照度値(Lux)	940	939	937	936	934	934	933	932	931	929	927	926	926	928	928	931	933
時間(秒)	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560	565	570	575	580	585	590
照度値(Lux)	936	936	936	938	940	940	941	938	935	936	934	933	932	933	932	932	936
時間(秒)	595	600	605	610	615	620	625	630	635	640	645	650	655	660	665	670	675
照度値(Lux)	937	938	932	942	947	949	950	951	953	956	956	956	956	956	956	953	952
時間(秒)	680	685	690	695	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760
照度値(Lux)	953	954	957	957	959	958	958	958	957	955	953	954	956	957	955	957	957
時間(秒)	765	770	775	780	785	790	795	800	805	810	815	820	825	830	835	840	845
照度値(Lux)	957	957	956	955	954	954	954	954	952	951	949	948	949	948	947	947	947
時間(秒)	850	855	860	865	870	875	880	885	890	895	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700
照度値(Lux)	947	946	948	950	950	951	952	951	950	950	950	932	930	933	933	929	929
時間(秒)	3000	3300	3600														
照度値(Lux)	925	924	927														

# (三)研究發現

將表 2-1~2-3 經過整理製成圖 2-5,爲進一步分析,將圖 2-5 分解成圖 2-6~2-9 後發現:



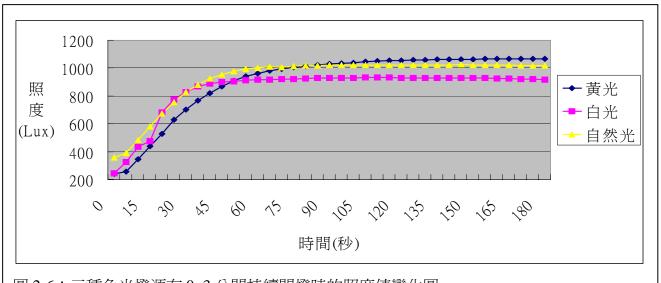


圖 2-6:三種色光燈源在 0~3 分間持續開燈時的照度值變化圖。

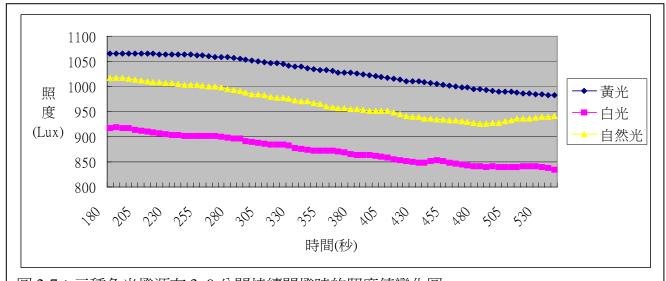
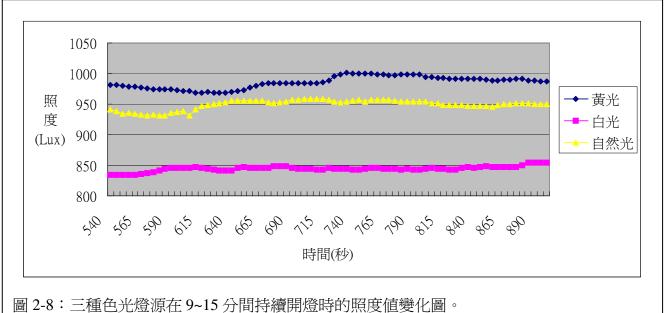
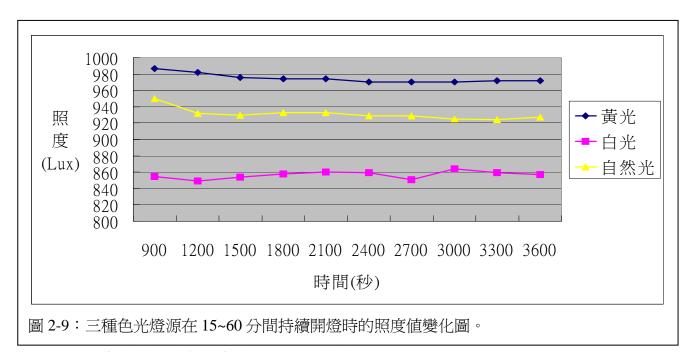


圖 2-7: 三種色光燈源在 3~9 分間持續開燈時的照度值變化圖。





#### 1.三種不同色光的燈源在持續開燈 0~15 分鐘時:

- (1) 黃光一開燈(0秒)的照度値為 240 Lux, 0~75 秒間照度値急速上升,每隔 5 秒照度値增加的幅度介於 12~101 Lux。80 秒時照度値為 1015 Lux, 80~900 秒間,每隔 5 秒其照度值增減的幅度介於 0~9 Lux。
- (2) 白光一開燈(0 秒)的照度値為 246 Lux, 0~45 秒間照度値急速上升, 每隔 5 秒照度値增加的幅度介於 11~208 Lux。50 秒時照度値為 906 Lux, 50~900 秒間, 每隔 5 秒其照度值增減的幅度介於 0~7 Lux。
- (3) 自然光一開燈(0 秒)的照度值為 358 Lux, 0~55 秒間照度值急速上升, 每隔 5 秒照度值增加的幅度介於 19~98 Lux。60 秒時照度值為 1002 Lux, 60~900 秒間, 每隔 5 秒其照度值增減的幅度介於 0~7 Lux。

#### 2.三種不同色光的燈源在持續開燈 0~60 分鐘時:

- (1) 三種不同色光的燈源照度值皆會先逐漸上升再慢慢趨於穩定值。
- (2) 黃光在開燈 80 秒後的照度值漸趨於穩定,80 秒的照度值為 1015 Lux,60 分鐘時的照度值為 972 Lux,兩者的照度值差距 43 Lux。80~3600 秒間的平均照度值為 1011 Lux。
- (3) 白光在開燈 50 秒後的照度値漸趨於穩定,50 秒的照度値為 906 Lux,60 分鐘時的照度値為 857 Lux,兩者的照度値差距 49 Lux。50~3600 秒間的平均照度値為 846.4 Lux。
- (4) 自然光在開燈後 60 秒後的照度值漸趨於穩定,60 秒的照度值為 1002 Lux,60 分鐘時的照度值為 927 Lux,兩者的照度值差距 75 Lux。60~3600 秒間的平均照度值為 965 Lux。
- (5)三種不同色光的燈源在持續開燈 15~60 分鐘時,以每隔 5 分鐘所測量到的照度値來看, 黃光的照度值最爲穩定。



#### 如何避免誤差---使用燈源進行實驗的特別技巧

由子題二發現,不論是黃光、白光、自然光燈源,自啟動燈源開關後,燈源的照度約在80秒後才會趨於穩定值,而接下來的每個研究子題中,皆會實驗5次取其平均值來加以分析,因此我們會在每個使用到燈源的實驗步驟前先開啟燈源1分30秒後再進行實驗,且在取5次的實驗值時,皆不關掉燈源開關,而是關掉照度計或三用電錶電源再重複開啟以取得第2、3、4、5次的實驗數值。

### 子題三:使用不同種類光源及不同高度時,桌面上的各點照度有何差異?

# (一)研究方法

- 1.在實驗箱的方面架上夾式檯燈,調整檯燈至實驗箱的正上方。
- 2.在檯燈內安裝黃光燈泡,並調整檯燈的高度為 30cm、35 cm、40 cm、45 cm、50 cm、55 cm、60 cm,將照度計依序置於子題二所設計的 A、B、C、D、E、F、G、H、I點,測量其照度值並記錄。每個點都測量五次,取其平均值。
- 3.再將檯燈內的燈泡分別置換成白光、自然光燈泡,重複步驟2之實驗。
- (二)研究結果(詳細數據請見原始資料,在此僅呈現5次實驗平均後的數值。)

表 3-1: 燈源 30~60 公分高時,不同色光的燈源其 A~I 點所顯示的照度值

	照度 位置 (Lux) 登源 高度	A	В	С	D	E	F	G	Н	I	平均 照度 (Lux)	配光 均勻度
	30 cm	600.0	787.8	676.0	821.8	972.8	835.4	597.0	786.2	631.0	745.33	0.80
黄	35 cm	513.6	616.0	578.0	627.4	703.4	649.4	500.2	612.8	527.4	592.02	0.84
央	40 cm	444.4	497.2	472.2	515.4	543.6	522.0	447.2	504.2	458.8	489.44	0.91
	45 cm	386.6	416.6	405.8	426.8	427.2	415.4	382.6	404.4	379.2	404.96	0.94
光	50 cm	334.2	352.0	333.8	345.8	355.8	350.2	328.2	352	342.6	343.84	0.95
76	55 cm	275.4	277.8	266.0	284.0	282.8	280.0	281.2	286	277.4	278.96	0.95
	60 cm	259.2	245.6	234.8	259.8	244.6	242.2	254	246	234.8	246.78	0.95
	30 cm	583.0	674.8	594.6	627.6	851.2	717.6	530.8	728.8	604.6	657.00	0.81
<del>/</del>	35 cm	497.6	564.2	494.6	542.4	627.2	553.6	472.4	571.4	500.2	535.96	0.88
白	40 cm	420.4	426.6	406.0	458.6	499.4	437.2	393.0	468.0	425.4	437.18	0.90
	45 cm	340.8	364.4	330.6	364.2	364.6	338.6	350	347.8	315.0	346.22	0.91
光	50 cm	299.6	302.6	289.8	306.2	295.4	280.2	287.6	290.4	269.4	291.24	0.93
76	55 cm	257.0	254.2	246.2	262.0	248.6	244.0	253.8	248.8	235.2	249.98	0.94
	60 cm	230	221.6	213.4	229.4	213.2	209.6	220.8	214.6	203.6	217.36	0.94
	30 cm	531.0	753.6	644.0	765.4	930.0	809.0	544.8	755.0	565.2	699.78	0.76
自	35 cm	490.2	641.6	587.0	624.6	735.0	692.8	493.8	642.6	552.4	606.67	0.81
	40 cm	425.4	493.8	465.0	488.8	516.8	514.2	430.6	504.6	447.8	476.33	0.89
然	45 cm	384.8	424.8	397.2	430.6	455.0	444.2	388.0	430.0	388.2	415.87	0.93
	50 cm	319.0	353.4	340.0	345.0	357.8	357.6	327.8	354.6	333.0	343.13	0.93
光	55 cm	263.4	278.6	274.8	287.4	284.6	290.2	273.6	287.4	271.6	279.07	0.94
	60 cm	245.6	241.8	238.8	254.8	243.8	248.2	243.8	245.2	231.2	243.69	0.95

- ②註:1.「平均照度」=  $(A \text{ 點照度} + B \text{ 點照度} + \dots + I \text{ 點照度}) \div 9$ 
  - 2.「配光均匀度」=A~I點的最低照度÷平均照度

#### (三)研究發現

將表 3-1 重新整理成表 3-2,並以「不同色光時, $A\sim I$  點照度與燈源高度的關係」製成圖 3-1~圖 3-3,發現:

表 3-2: 燈源 30~60 公分高時,不同色光其 A~I 點的最高及最低照度值比較表

燈源	燈源	最高値位置	最高照度	差距	配光	燈源	最高値位置	最高照度	差距	配光
色光	高度	最低値位置	最低照度	(Lux)	均勻度	高度	最低値位置	最低照度	(Lux)	均勻度
	20	A B C	972.8	277.0	0.00	<b>.</b>	A B C	355.8	<b>45</b> -	0.05
	30cm	D         E         F           G         H         I	597	375.8	0.80	50 cm	DEF GHI	328.2	27.6	0.95
	25	A B C	703.4	202.2	0.04	~ ~	A B C	286	20	0.05
黄	35 cm	DEF GHI	500.2	203.2	0.84	55 cm	D E F G H I	266	20	0.95
光		A B C	543.6			_	A B C	259.8		
	40 cm	DEF GHI	444.4	. 99.2	0.91	60 cm	D E F G H I	234.8	25	0.95
		A B C	427.2				G II			
	45 cm	DEF GHI	379.2	48	0.94					
		A B C	851.2				A B C	306.2		
	30cm	D E F		320.4	0.81	50 cm	D E F		36.8	0.93
		G H I A B C	530.8 627.2				G         H         I           A         B         C	269.4 262		
	35 cm	D E F		154.8	0.88	55 cm	D E F		26.8	0.94
白业		G H I	472.4				G H I	235.2		
光	40 cm	A B C D E F	499.4	106.4	0.90	60 cm	<ul><li>A B C</li><li>D E F</li></ul>	230	26.4	0.94
		G H I	393				G H I	203.6		
	45 cm	A B C	364.6	49.6	0.91					
	43 CIII	D E F G H I	315	47.0	0.71					
		A B C	930				A B C	357.8		
	30cm	D E F	531	399	0.76	50 cm	D E F	319	38.8	0.93
		G H I					G H I			
台	35 cm	A B C	735	244.8	0.81	55 cm	A B C	290.2	26.8	0.94
自然	33 CIII	DEF GHI	490.2	244.0	0.61	33 CIII	D         E         F           G         H         I	263.4	20.6	0.94
光		A B C	516.8				A B C	254.8		
	40 cm	D E F	425.4	91.4	0.89	60 cm	D E F	231.2	23.6	0.95
		<b>G</b> H I A B C	455				G H I			
	45 cm	D E F		70.2	0.93					
		G H I	384.8							

◎註:1. 表示 A~I 點中照度值最高位置及數值, 表示 A~I 點中照度值最低位置及數值。

2.「配光均匀度」=A~I 點的最低照度÷平均照度

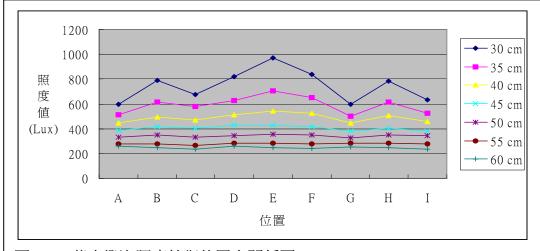


圖 3-1: 黃光燈泡照度值與位置之關係圖。

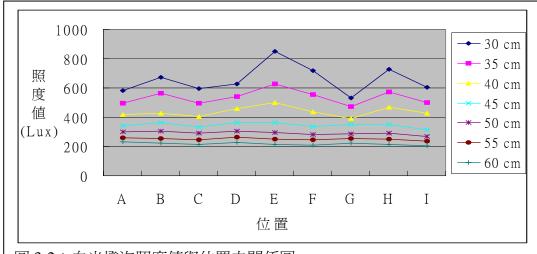
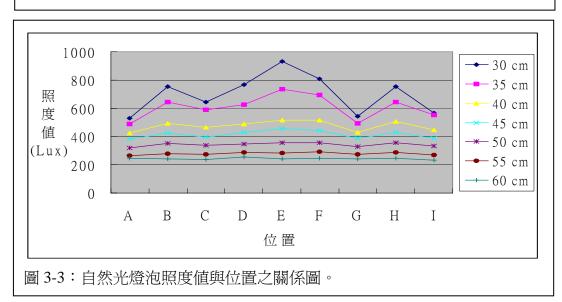


圖 3-2: 白光燈泡照度値與位置之關係圖。



- 1.黃光、白光燈泡的燈源高度≥40 cm,自然光燈泡的燈源高度≥45 cm 時,配光均匀度都介於 0.90~0.95,且燈源高度越高,A~I 各點的配光均匀度越大。
- 2.黃光、白光燈泡的燈源高度在 30~40cm 時,自然光燈泡的燈源高度在 30~45cm 時,A~I 點照度最高與最低值的差距非常大,約介於 70.2~399 Lux。其中,燈源高度 30cm 高時,自然光 E點與 A點的照度值相差最多為 399 Lux,黃光 E點與 G點的照度值相差次多為 375.8 Lux。
- 3.黃光、自然光的燈源高度≤50cm 時,白光的燈源高度≤45cm 都是中心點 E 的照度值最高。

燈源 30cm 高時,黃光 E 點的照度值最大為 972.8 Lux,自然光 E 點的照度值次之為 930 Lux。

- 4.黃光、自然光的燈源高度≥55cm、白光的燈源高度≥50cm 時,照度值最高的位置不一定會在中心點 E,而會變爲 H、D、A、F 點。其中,黃光燈源在 55、60cm 時,最大照度值分別在 H、D 點;白光燈源在 50、55、60cm 時,最大照度值分別落在 D、D、A 點;自然光燈源在 55、60cm 時,最大照度值分別落在 F、D 點。
- 5.不論黃光、白光、自然光的燈源高度多高,都是A、C、G、I等四個角落的點之照度值較低。我們發現燈源不論多高,最低照度的點會距離最高照度的點最遠。
- 6.黄光、白光、自然光燈泡的燈源高度越高, A~I 各點的照度值越低。
  - (1) 黃光、白光、自然光的燈源高度自 30cm 起至 60cm,每升高 5 公分,其照度值的差距會越小(如圖  $3-4\sim3-6$ )。
  - (2) 黃光燈泡在燈源 30cm 時, E 點的照度為 972.8 Lux, 在燈源 60cm 時, E 點的照度為 244.6 Lux, 兩者的差距最大為 728.2 Lux; 自然光燈泡在燈源 30cm 時, A 點的照度為 531 Lux, 在燈源 60cm 時, A 點的照度為 245.6 Lux, 兩者的差距最小為 285.4 Lux。

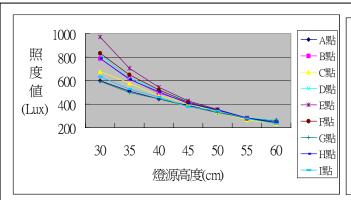


圖 3-4: A~I 點黃光燈源高度與照度值之關係圖

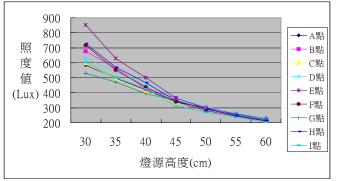


圖 3-5: A~I 點白光燈源高度與照度值之關係圖

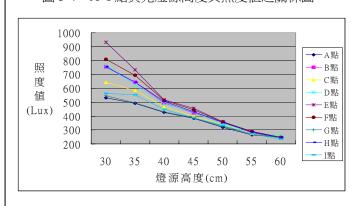


圖 3-6: A~I 點自然光燈源高度與照度值之關係圖



#### 選擇 45cm 高的黃光燈源進行實驗的理由

由子題二得知,黃光燈源的照度較白光、自然光高。又由子題三得知,燈源高度越高,配光均勻度越大,但照度值越小。其中當黃光燈源高度為 45cm 時,配光均勻度為 0.94,平均照度為 404.96 Lux,在較佳的照明廣度下,桌面的平均照度也較高。因此,接下來的研究子題將以 45cm 高的黃光燈源作為實驗光源,以進行其他更進一步的探究實驗。

# 子題四:不同的書架角度及不同的紙張材質是否會影響反射光 線的多寡?

# (一)研究方法

- 1.在實驗箱的方面架上夾式檯燈(黃光),調整檯燈至實驗箱的正上方,高度為 45cm。利用泡棉膠將照度計置於實驗箱口面 30cm 高處,並以厚紙板設計遮罩,以防止照度計的測光區接收到燈源的直射光線。(如圖 4-1)
- 2.先調整實驗箱內的書架角度為 0 度(完全平面),書架上沒有紙 張及分別置放 A3 大小的 100 磅白模紙、120 磅白模紙、再生 紙、一般影印紙、AA 影印紙、雙銅紙、雪銅紙、白絲綢紙、 道林紙時,讀取照度計上所顯示的數值,實驗 5 次取其平均 值。
- 3.再依序調整實驗箱內的書架角度爲  $0 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 15$  至 70 度(如 圖 4-2),重複步驟 2 實驗,觀察書架角度與紙張反射光線的關係。



圖 4-2: 利用量角器調整書架角度

(二)研究結果(詳細數據請見原始資料,在此僅呈現5次實驗平均後的數值。)

# 表 4-1:不同材質的紙張在不同的書架角度下其反射光照度之關係表

紙張類別 照度(Lux) 書架角度	無紙	100P 白模紙	120P 白模紙	再生紙	一般 影印紙	AA 影印紙	雙銅紙	雪銅紙	台 絲綢紙	道林紙
0度	128.2	138.8	137.4	138.4	140.0	139.4	135.8	144.2	155.0	151.0
5度	129.0	139.8	141.4	143.0	144.8	144.6	142.0	147.6	160.6	156.2
10度	129.4	143.6	147.8	148.4	145.6	148.0	148.8	153.8	165.0	158.0
15 度	128.6	147.6	151.0	149.6	153.6	156.0	154.4	160.2	169.6	167.0
20度	129.6	162.0	164.6	159.0	160.0	162.0	162.2	165.8	180.4	172.8
25 度	128.8	171.2	167.2	172.2	168.8	173.0	165.0	170.2	181.6	177.6
30度	128.8	176.6	173.2	172.2	177.8	182.4	174.0	186.0	194.8	188.6
35 度	132.0	188.0	182.0	180.6	189.4	191.4	186.6	191.2	203.6	192.0
40度	132.0	197.2	194.6	190.8	196.8	203.8	189.8	202.2	213.2	202.2
45 度	133.4	203.8	198.4	195.8	203.0	209.0	198.0	208.8	214.8	202.4
50度	134.0	207.0	201.0	201.8	204.0	216.0	199.0	213.8	223.2	211.0
55度	132.4	208.0	202.0	206.8	207.0	220.2	201.2	217.6	226.6	212.4
60度	128.0	207.0	195.4	203.0	203.0	214.6	191.0	212.0	224.0	208.8
65 度	128.6	188.0	180.0	188.4	189.2	206.6	181.6	200.0	208.6	192.2
70度	127.8	172.4	165.0	171.4	173.4	179.0	162.0	176.6	191.4	182.0

#### (三)研究發現

將表 4-1 製成圖 4-3, 發現:

- 1.書架在 0~70 度間,書架上 無紙張時,照度計測得數值 最低,介於 127.8~134 Lux: 而書架在 0~70 度間,書架 上擺放實驗中的其他九種 紙張時,照度計所測得的數 值介於 135.8~226.6Lux。
- 2.實驗中九種紙張在書架 0~55 度時,照度計所測得的 數值會逐漸升高;55~70 度 間,照度計所測得的數值會 逐漸降低。也就是說,這九 種紙張都在書架角度爲55 度時,測得最大的照度值。
- 3.書架角度 0 度時,照度計測 得的最低數值是雙銅紙,爲 135.8 Lux,最高數值是白絲 綢紙,爲 155Lux:書架角度

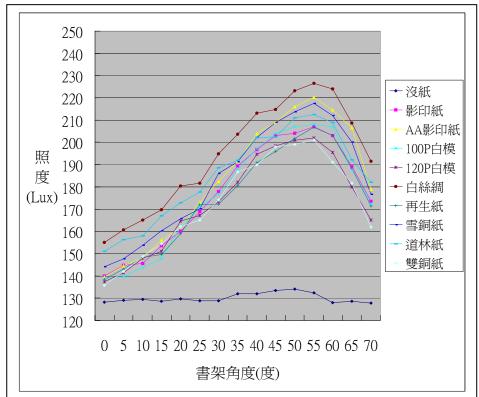


圖 4-3:不同材質的紙張在不同的書架角度下其反射光照度之關係圖

55 度時, 照度計測得的最低數值是雙銅紙, 為 201.2 Lux, 最高數值是白絲綢紙為 226.6 Lux, AA 影印紙次高為 220.2 Lux。

4.書架角度 25~70 度時,120P 白模紙照度計所測得的數值比 100P 白模紙低。



## 使用 AA 影印紙進行實驗的理由

子題四中,不論書架角度爲何,以照度計所在的位置(約 30cm 高),白絲綢紙及 AA 影印紙的反射光線較高,因白絲綢紙多用於封面紙的印製,且學校老師常使用 AA 影印紙影印資料給我們閱讀,因此接下來的實驗如有牽涉到紙張的部分,我們都使用 AA 影印紙進行實驗。

#### 子題五:紙面上的不同區域其反射光線的多寡是否一樣?

#### (一)研究方法

- 1.在實驗箱的**分**面架上夾式檯燈(黃光),調整檯燈至實驗箱的正上方,高度爲45cm。利用泡棉膠將照度計置於實驗箱に面底部正中央30公分高處。
- 2.在實驗箱書架上均分為 49 個區域,將之 命名為 A1~G7(如圖 5-1)。
- 3.將書架角度調整爲 0 度(平面),裁剪一張 與 A1 區域大小相符的白色 AA 影印紙(長

A1	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	A5	<b>A6</b>	A7
B1	B2	В3	<b>B4</b>	B5	B6	B7
C1	C2	С3	<b>C4</b>	C5	<b>C6</b>	<b>C7</b>
D1	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>	<b>D</b> 5	<b>D6</b>	<b>D7</b>
<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	E5	<b>E6</b>	<b>E7</b>
F1	F2	F3	F4	F5	<b>F6</b>	<b>F7</b>
G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7

圖 5-1:書架上均分爲 49 個區域之命名方式。

6cm、寬 4.2cm),將該張 AA 影印紙分別置於  $A1\sim G7$  上(如圖 5-2),再記錄當時照度計所顯示的數值。

4.書架角度調整爲 5、10、15~70 度,重複步驟 2 實驗。

# (二)研究結果



圖 5-2; 小白紙置於 D4 區域。

表 5-1:	<b>書架角度()度</b> ,	A1~G7 點增加照度值一	警表

增加數值 網號 (Lux) 縱向 編號	1	2	3	4	5	6	7
A	0	0	0	0	0	0	0
В	0	0	0	0	0	0	0
С	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	1	1	1	1	0
Е	0	0	1	2	1	0	0
F	0	0.8	0	1	0	0	0
G	0	0	0	0	1	0	0

表 5-3: 書架角度 10度, A1~G7 點增加照度值一覽表

増加數値 編號 (Lux) 縦向 編號	1	2	3	4	5	6	7
A	0	0	0	1	1	0	0
В	0	0	1	1	1	1	0
С	0	0	1	2	1	1	0
D	0	1	1	1	1	0	0
E	0	0	1	1	1	1	0
F	0	0	1	0	0	0	0
G	0	0	0	1	0	0	0

表 5-5: 書架角度 20度, A1~G7 點增加照度值一覽表

增加數值編號 (Lux) 縱向 編號	1	2	3	4	5	6	7
A	1	1	1	1	1	1	0
В	0	0	1	2	2	0.8	0
C	1	1	1	2	1	0	0
D	0	1	1	3	1	0.4	0
E	0	0.4	1	1.4	1	1	0
F	0	0	1	1	0.8	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0

表 5-2: 書架角度 5 度, A1~G7 點增加照度值一覽表

増加數値 編號 (Lux) 縦向 編號	1	2	3	4	5	6	7
A	0	0	0	0	0	0	0
В	0	0	1	1	0	0	0
С	0	0	0	1	1	0	0
D	0	0	1	1	1	1	0
Е	0	1	1	2	0	0	0
F	0	0	1	1.2	1	0	0
G	0	0	1	1	0	0	0

表 5-4: 書架角度 15度, A1~G7 點增加照度值一覽表

増加數値編號 (Lux) 縱向 編號	1	2	3	4	5	6	7
A	0	0	1	1.6	1	0	0
В	0	0.8	2	2	2	0	0
С	0	1	1	1	1	1	0
D	0	1	1	1	1	1	0
Е	0	1	2	2	1	1	0
F	0	0	0	1	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0

表 5-6: 書架角度 25 度, A1~G7 點增加照度值一覽表

200	<b>4</b> /2 <b>C</b> -	- //-		н нични		2021	
横向增加數值編號 (Lux) 縱向 編號	1	2	3	4	5	6	7
A	0	1	2	2	1	1	0
В	1	1	2	2.6	1	1	0
С	0	1	3	3	2	1.4	1
D	0	0.4	1.8	2	1.6	0.6	0
Е	0	1	1	2	1	1	0
F	0	0.4	1	1	0	1	0
G	0	0	0	0	0	0	0

表 5-7: 書架角度 30 度, A1~G7 點增加照度值一覽表

增加數值 (Lux) 縱向 編號	1	2	3	4	5	6	7
A	1	2	2	3	2.2	1.4	1
В	0	1	2	3	2	2	1
C	0	1	1	3	1.8	1	1
D	1	2	2	3	1.6	1	0
Е	0	1	1	2	1	1	0
F	0	0	1	1	0	1	0
G	0	0	0	0	0	0	0

表 5-9: 書架角度 40 度, A1~G7 點增加照度值一覽表

增加數值 編號 (Lux) 縱向 編號	1	2	3	4	5	6	7
A	1	2	3	3.6	3	2	1
В	1	2	3	4	4	2	0
C	1.2	2	2	4	3	1	0
D	0	1	2	2	1	1	0
Е	0	1	1.6	2	1	0	0
F	0	1	1	1.2	1	1	0
G	0	0	0	1	1	0	0

表 5-11: 書架角度 50 度, A1~G7 點增加照度值一覽表

横向增加數值編號 (Lux) 縱向編號	1	2	3	4	5	6	7
A	3	5	5	5	5	3	3
В	3	3	4	4	3	3	1
C	0	1	2	4	2.4	1	0
D	1	1	2	3	2	1	0
E	0	1	2	2.4	1	1	0
F	0	0.4	1	1	1	0	0
G	0	0	1	1	0	0	0

表 5-13: 書架角度 60 度, A1~G7 點增加照度值一覽表

増加數値編號 (Lux) 縦向 編號	1	2	3	4	5	6	7
A	2	3	6	7	6	3	3
В	0	3	5	5	4.8	2.2	1
C	0	1	2	2	2	1	1
D	0	1	2	2.4	2	0.4	0
Е	0	0	1	2	0	0	0
F	0	1	1	1	1	0	0
G	0	0	0	1	1	0	0

表 5-8: 書架角度 35 度, A1~G7 點增加照度值一覽表

増加數値編號 (Lux) 縱向 編號	1	2	3	4	5	6	7
A	1	2	2	3	3	1.8	1
В	1	2	3	4	2	2	1
С	1	2	2	3	2	2	0
D	1	2	2	2	2	1	0
Е	0	1	1	2	2	1	0
F	0	0	1	1.4	1	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0

表 5-10: 書架角度 45 度,A1~G7 點增加照度值一覽表

横向 增加數值 (Lux) 縱向 編號	1	2	3	4	5	6	7
A	1	3	3	4	4	3	1
В	1	3	4	4	4	3	0
C	1	3	4	4	2	2.8	1
D	0	1	1	3	1	1	0
Е	0	1	1	2	2	1	0
F	0	0	1	2	1	1	0
G	1	0	0	1	0	0	0
1							

表 5-12: 書架角度 55 度,A1~G7 點增加照度值一覽表

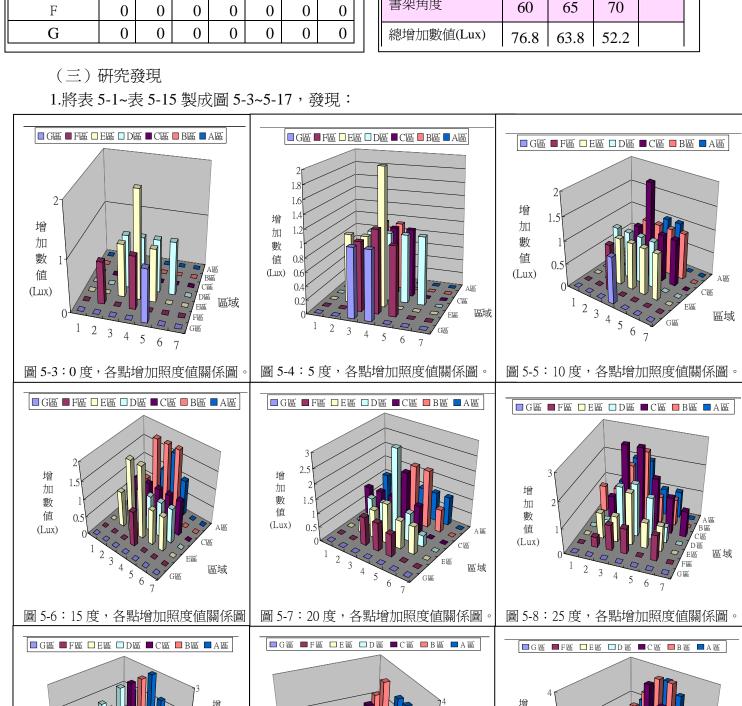
増加數値編號 (Lux) 縱向 編號	1	2	3	4	5	6	7
A	2	5	6	8	6	4	3
В	1	2	4	4.2	3	2	1
С	1	2	3	4	3	1	0
D	1	1	2	4	2	1	0
E	1	1	2	3	1	0	0
F	0	1	1	2	1	0	0
G	0	0	1	1	0	0	0
-							

表 5-14: 書架角度 65 度, A1~G7 點增加照度值一覽表

次 J-14 · 自木月及 W 及 * AI* U/ 和 相 加 照 及 但										
横向增加數值編號 (Lux) 縱向編號	1	2	3	4	5	6	7			
A	1	2	5	6	4	2.4	1			
В	0	1	4	5	5	2	1			
С	1	1.2	2	3	2	0.6	1			
D	0	0	1	2	1	0.8	0			
Е	0	1	2	2	1.8	0	0			
F	0	0	1	1	0	0	0			
G	0	0	0	0	0	0	0			

表 5-15: 書架角度 70 度,A1~G7 點增加照度值一覽表										
横向編號	1	2	3	4	5	6	7			
A	0	1	3	4	4	3	1			
В	1.6	2	2	4	3	2.8	1			
С	1	1.2	2	3	2	1	0			
D	0	1	1.2	2	1	0	0			
Е	0	0	1	2	1.4	0	0			
F	0	0	0	0	0	0	0			
G	0	0	0	0	0	0	0			

表 5-16:不同書架角度下,統計總增加數值一覽表									
書架角度	0	5	10	15					
總增加數值(Lux)	10.8	17.2	21.0	28.4					
書架角度	20	25	30	35					
總增加數值(Lux)	31.8	42.8	52	61.2					
書架角度	40	45	50	55					
總增加數值(Lux)	64.6	76.8	83.2	91.2					
書架角度	60	65	70						
總增加數值(Lux)	76.8	63.8	52.2						



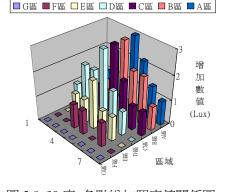


圖 5-9:30 度,各點增加照度值關係圖。

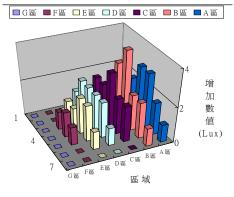


圖 5-10:35 度,各點增加照度值關係圖。

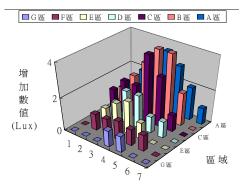
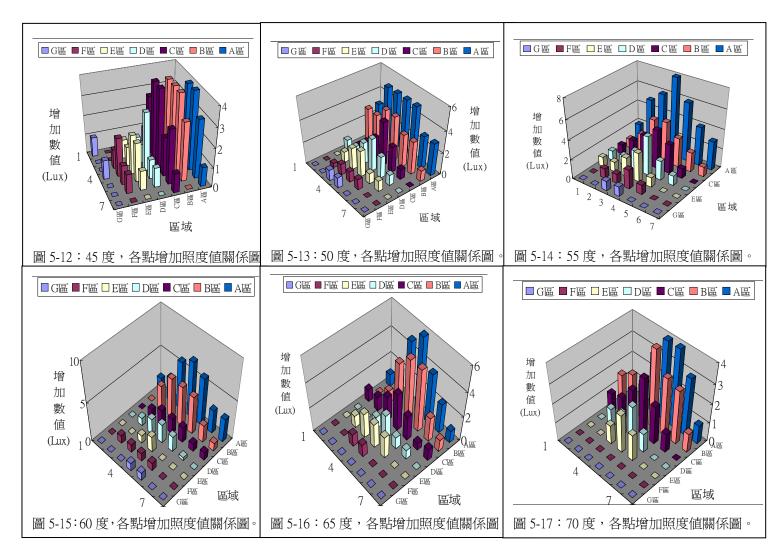


圖 5-11:40 度,各點增加照度値關係圖。



- (1)當書架位於 55 度時,用小白紙置於 A4 區域時,照度計所測得的增加數值最多,爲 8 Lux, 也就是說,以照度計所在的位置而言,A4 區域反射的光線最多。
- (2)以小白紙——置於 A1~G7 等 49 個測試區域時,發現書架角度在 0~70 度間,A、B、C、D、E、F、G 等每一個橫向區域,都是 A4、B4、C4、D4、E4、F4、G4 這 7 個區域增加的照度值最多,也就是說,對照度計的位置而言,A4、B4、C4、D4、E4、F4、G4 這 7 個區域的反射光線較強。
- (3)以小白紙——測試 A1~G7 等 49 個區域,想要找出書架角度在 0~70 度時容易反射光線的區域時,發現書架角度越小,反射的區域會越集中於書架的下半部 D、E、F、G 區,書架角度越大,反射的區域會往書架的上半部 A、B、C 區增加。
- (4)當書架角度≤55度時,反射光線的區域會逐漸增加;但當書架角度≥60度時,反射光線 的區域會逐漸減少。其中,當書架角度為55度時,反射光線的總區域最多,為37個。 詳細反射區域的總數如表5-17之統計表所示。

表 5-17:不同書架角度其反射光線區域總數統計表

書架角度(度)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
反射區域 總個數(個)	10	16	20	23	28	31	33	34	35	36	36	37	32	30	26

# 2.將表 5-16 製成圖 5-18,發現:

- (1)當書架角度為 0~55 度時,其照度 總增加數值會逐漸增多;書架角度 為 55~70 度時,其照度總增加數 值會逐漸減少。其中,當書架角度 為 55 度時,照度總增加數值最 多,為 91.2 Lux。
- (2) 當書架角度從 5 度增加至 10 度、 從 15 度增加至 20 度、從 35 度增 加至 40 度每增加 5 度,其照度總 增加值較爲緩慢,約爲 3.5 Lux。

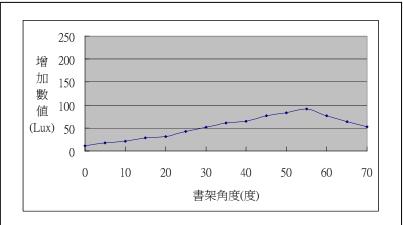


圖 5-18: 不同書架角度與其照度總增加數值之關係圖。



## 子題五中,反射光線較大,表示其接收到的光線也較多嗎?

子題五得知:書架在任何角度,用小白紙置於 49 個測試區,發現每一橫向區域,都是中間區域的 A4、B4、C4、D4、E4、F4、G4 增加數值最多,其中當書架角度 55 度時,照度總增加數值最大。因此接下來,我們想在書架角度為 55 度時,使用與 49 個測試區相同大小的太陽能板一一測試 A4、B4、C4、D4、E4、F4、G4 區域,以了解這 7 個區域的吸光情形。

# 子題六:紙面上的不同區域其接收到光線的多寡是否一樣?

#### (一)研究方法

- 1.在實驗箱的勺面架上夾式檯燈(黃光),調整檯燈至實驗箱的正上方,高度為 45cm。
- 2.調整書架角度為 55 度,在書架上放置書上 A1~G7 等 49 個測試區域的 AA 影印紙(A3 大小)。
- 3.將與 49 個測試區域大小相符的太陽能板(長 6cm、寬 4.2cm)——置於  $A4 \times B4 \times C4 \times D4 \times E4 \times F4 \times G4$  等 7 個區域(如圖 6-1),觀測並記錄太陽能板置於這 7 個區域時,三用電錶所呈現的數值。每一個區域皆實驗 5 次,再取其平均值以作分析。

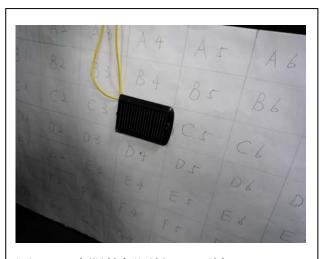


圖 6-1:太陽能板置於 C4 區域。

## (二)研究結果

表 6-1	: 書如角度 55 度時 ,	放置在不同區域的太陽能板所呈現的電壓值
1201		

區域 電壓値(v) 實驗次數	A4	B4	C4	D4	E4	F4	G4
1	1.764	1.694	1.646	1.602	1.575	1.556	1.541
2	1.764	1.694	1.646	1.602	1.575	1.556	1.541
3	1.764	1.694	1.646	1.602	1.575	1.556	1.541
4	1.764	1.694	1.646	1.602	1.575	1.556	1.541
5	1.764	1.694	1.646	1.602	1.575	1.556	1.541
平均	1.764	1.694	1.646	1.602	1.575	1.556	1.541

# (三)研究發現

#### 將表 6-1 製成圖 6-2, 發現:

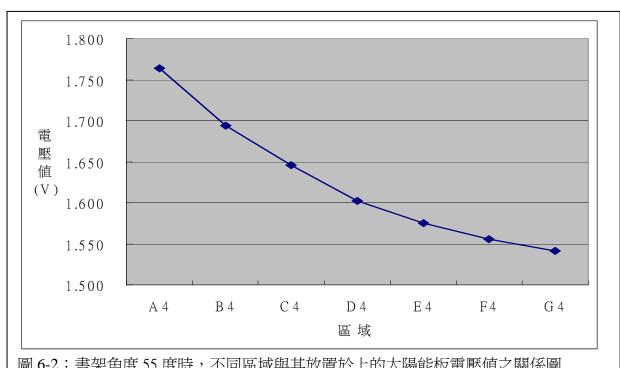


圖 6-2:書架角度 55 度時,不同區域與其放置於上的太陽能板電壓值之關係圖

- 1.當書架角度為 55 度時,把太陽能板——置於 A4、B4、C4、D4、E4、F4、G4 等 7 個區域, 發現電壓值由大到小依序是:A4>B4>C4>D4>E4>F4>G4。其中 A4 區域所接收到的 光較多,電壓值為 1.764V; G4 區域接收到的光較少,電壓值為 1.541V。
- 2.由實驗結果得知 A4 區域所接收到的光線較多,我們推測是因為 A4 區域距離光源較為接 近的緣故;而 G4 區域所接收到的光線較小,推測是因為 G4 區域距離光源較遠的緣故。 因此,接收到的光線多寡與距離光源的遠近成**反比關係**。
- 3.實驗後,令我們驚訝的是,當書架角度為 55 度時, A4 區域接收到的光線最大,且反射到 子題五中照度計所在位置的數值也最大。那其他 B4、C4、D4、E4、F4、G4 區域所接收 到的光線又是反射到哪裡去呢?於是我們決定在下一個研究子題中,好好設計實驗以釐清 我們的疑惑。



# 使用太陽能板與照度計測量光線強弱的優缺點分析

在前幾個子題中,我們有了使用照度計及太陽能板測量光線強弱的經驗,發現這兩種工具的使用 各有其優缺點,其分析如下表 6-2 所示:

表 6-2:使用太陽能板與照度計測量光線強弱的優缺點分析表

工具	優點	缺點
照度計	1.照度計的測光區是圓弧面,接收到光線 的角度較廣。 2.學校現有的器材,不需購買(但也只有一台)。 3.是大家廣泛使用來測量亮度的儀器。	1.體積大、厚重。 2.照度計的測光區約有 1.9cm 的厚度,若將其橫放,易在箱底留下陰影區。 3.照度計的測光區與數值顯示面板的連結線路長度固定,不容許任意延長。 4.圓弧面的測光區,不易判斷反射光線的位置。 5. 到達穩定數值的等待時間較長,約 5~10秒,且易受到操作者輕微移動的干擾。
太陽能板	1.體積小、輕薄,攜帶容易,不易在箱底 形成陰影。 2.同一實驗的 5 次數值記錄穩定,誤差極 小,每次的差距約為±0.001V。 3.到達穩定數值的等待時間較短,約 5 秒, 不易受到操作者輕微移動的干擾。 4.平面的受光區,較容易調整實驗所需的 角度。 5.市面上有販售許多種不同規格的太陽能 板,能依據我們的實驗需求自由選購大 小、厚薄適宜的太陽能板。	1.太陽能板與電線需要我們自己焊接。 2.學校無現有器材,需自行購買。

透過上述的優缺點分析,發現使用太陽能板連結三用電錶來測量光線的強弱程度較爲方便,因此接下來的研究子題將使用太陽能板來進行反射光線的測量。



# 研發可調式太陽能測光板

為使用太陽能板解答我們在子題六所提出的疑惑:「A4、B4、C4、D4、E4、F4、G4區域的光線到底反射到哪裡了呢?」所以我們希望能設計出可調整高度的太陽能板測光板以讓實驗進行的更順利。以下是我們曾經研發過的第一代至第六代可調式太陽能測光板,其中的優缺點分析詳述於表 6-3: 第一代至第六代可調式太陽能板分析表

	3・弁 1(土弁/11) 	可調式太陽能板分析表	1
代別	設計圖	完成品	優缺點分析
第一代	167堂 月鐵 梅線 太陽雙板		<ul><li>◎優點:</li><li>棉繩對實驗上的干擾較小。</li><li>◎缺點:</li><li>1.不易固定,容易晃動。</li><li>2.不易調整高度。</li></ul>
第二代	機関・		◎優點 壓線條後的泡棉膠可隨意黏貼在 任何高度。 ◎缺點 1.壓線條是塑膠製品容易反光。 2.壓線條下方的太陽能板易晃動。 3.泡棉膠易移位,導致太陽能板的 不平衡。
第三代	THE REAL PROPERTY OF THE PERSON OF THE PERSO		<ul><li>◎優點:可將電線藏在壓線條裡, 以減少電線存在的干擾。</li><li>◎缺點:壓線條需由人為的固定, 但容易因手動而產生晃動。</li></ul>
第四代	COUNTY OF THE PARTY OF		<ul><li>◎優點:</li><li>不易晃動。</li><li>◎缺點:</li><li>1.角鐵容易造成反光。</li><li>2.不易調整太陽能板高度。</li></ul>
第五代	At 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		<ul><li>◎優點:</li><li>1.容易調整高度。</li><li>2.木條不易造成反光。</li><li>◎缺點</li><li>太陽能板不易保持水平。</li></ul>
第六代	大場紅板	字採用第六代的可調式太陽能測光板進行正式I	◎優點: 1.木條不易造成反光,可減少實驗 誤差。 2.太陽能板容易保持水平。 3.很容易調整到正確的高度。

經過測試實驗,我們決定採用第六代的可調式太陽能測光板進行正式的實驗。

### 子題七:利用可調式太陽能測光板測量紙面上反射光線的分佈情形。

#### (一)研究方法

- 1.在實驗箱**勺**面架上夾式檯燈(黃光),利用水平儀調整檯燈至 實驗箱的正上方,高度為 45cm。
- 2.調整書架角度為 55 度,用 AA 影印紙裁剪一張與任一 49 個測試區域大小相符的紙張,並把該紙張黏貼於 A4 區域,使用第六代可調式太陽能測光板將太陽能板調整至 5、10、15、20、25、30、35cm 高,觀測並記錄其電壓值。太陽能板所處的每個高度都實驗 5 次,取其平均值再加以分析。
- 4.再將所裁剪的該 AA 影印紙張依序置於  $B4 \cdot C4 \cdot D4 \cdot E4 \cdot F4 \cdot G4$  區域(如圖 7-1), 重複步驟 3 實驗。



圖 7-1:將裁剪的紙張分別貼於 A4~G4 區域。

(二)研究結果(詳細數據請見原始資料,在此僅呈現5次 實驗後的平均數值。)

表 7-1:不同的區域與其不同高度的太陽能板電壓值之一覽表

\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \								
電壓値(mv) 太陽能板高度	A4	B4	C4	D4	E4	F4	G4	沒紙時
5cm	109.6	110.1	110.2	110.3	110.5	144.3	467	108.5
10 cm	159.3	159.9	160.1	160.1	372.9	911	357	136.4
15 cm	178.3	178.5	178.9	447	753	523	287.4	153.5
20 cm	220.7	241.2	506	659.4	541.6	394.7	254.4	186.6
25 cm	321.6	546	614	530	412	346.6	248	207.4
30 cm	477	571	534	435	371.5	321.8	251.1	235.1
35 cm	635	547.2	446.4	389.3	336.8	309.2	241.7	228.2

#### (三)研究發現

# 將表 7-1 製成圖 7-1, 發現:

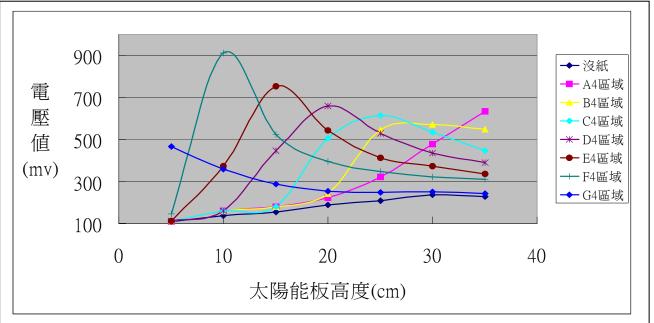


圖 7-1:不同的區域與其不同高度的太陽能板電壓值之關係圖。

- 1.書架上無紙張時,太陽能板的高度位於 5~35cm 高時,電壓値介於 108.5~235.1mv。
- 2.將裁剪的 AA 紙張置於 A4 區域時, 位於 35cm 高的太陽能板測得較高的電壓值, 爲 635mv。
- 3.將裁剪的 AA 紙張置於 B4 區域時, 位於 30cm 高的太陽能板測得較高的電壓值, 為 571mv。
- 4.將裁剪的 AA 紙張置於 C4 區域時,位於 25cm 高的太陽能板測得較高的電壓值,爲 614mv。
- 5.將裁剪的 AA 紙張置於 D4 區域時,位於 20cm 高的太陽能板測得較高的電壓值,爲 659.4mv。
- 6.將裁剪的 AA 紙張置於 E4 區域時, 位於 15cm 高的太陽能板測得較高的電壓值, 為 753mv。
- 7. 將裁剪的 AA 紙張置於 F4 區域時, 位於 10cm 高的太陽能板測得較高的電壓值, 爲 911mv。
- 8.將裁剪的 AA 紙張置於 G4 區域時,位於 5cm 高的太陽能板測得較高的電壓值,爲 467mv。
- 9.將裁剪的 AA 紙張分別置於 A4、B4、C4、D4、E4、F4、G4 區域時,分別是位於 35、30、25、20、15、10、5cm 高的太陽能板能測得較高的電壓值,這顯示 A4、B4、C4、D4、E4、F4、G4 區域所接收到的光線中有較多反射到太陽能板所處的 35、30、25、20、15、10、5cm 高處。

#### 子題八:紙張的曲度是否會影響反射光線的多寡?

#### (一)研究方法

- 1.在實驗箱り面架上夾式檯燈(黃光),調整檯燈至實驗箱的正上方,高度為 45cm,保持水平。
- 2.準備 6 張 A3 大小的 AA 影印紙,——將紙張對折後,在右半部的紙張上平分成 5 個區域, 分別命名爲 A、B、C、D、E 區。再準備 5 張與 A、B、C、D、E 任一區大小相同的長黑紙, 分別用膠水黏貼於第 1 張 AA 影印紙的 A 區、第 2 張 AA 影印紙的 B 區、第 3 張 AA 影印紙 的 C 區、第 4 張 AA 影印紙的 D 區、第 5 張 AA 影印紙的 E 區(如圖 8-1)。
- 3.在實驗箱底部綁上棉繩,在棉繩下一一穿過步驟 2 的 AA 影印紙張,分別將紙張卡住桌面上的第 0、3、6、9、12、15 刻痕,以製造出紙張的不同曲面(如圖 8-2)。
- 4.利用第六代可調整式的太陽能板測光板將太陽能板調整至 30cm 高,測量用長黑紙黏住紙張上的不同區域時,在不同的曲面下觀測三用電錶上的電壓值。
- 5.每個區域每個曲面都實驗 5 次,取其平均值再加以分析。
- 6.移動可調式太陽能測光板至①、②、③、④位置(如圖 8-3),分別測量電壓值變化情形。



圖 8-1:將長黑紙貼於 C 區域。



圖 8-2:紙張邊緣卡住刻痕 3 位置。

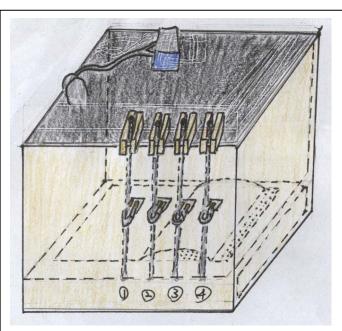


圖 8-3:移動太陽能測光板至①、②、③、④位置。

# (二)研究結果(詳細數據請見原始資料,在此僅呈現5次實驗後的平均數值。)

表 8-1: 不同區域貼黑紙在不同曲度下其所測得的電壓值之一覽表

無職   1.320   1.320   1.304   1.298   1.295   1.285		\刻	0格	3格	6格	9格	12 格	15 格
A 區	黒紙							
A		無黑紙	1.320	1.320	1.304	1.298	1.295	1.285
B   B   B   B   B   B   B   B   B   B		A 區	1.247	1.258	1.254	1.240	1.225	1.220
C   日   1.269	能	B 區	1.263	1.245	1.234	1.220	1.221	1.200
日本   1.24	位	C 區	1.269	1.259	1.249	1.229	1.208	1.155
E 區		D區	1.294	1.263	1.246	1.238	1.234	1.217
A 區	•	E區	1.296	1.307	1.294	1.284	1.278	1.248
C 區	ŀ	無黑紙	1.302	1.298	1.286	1.260	1.251	1.244
C 區	陽	A 區	1.248	1.235	1.228	1.210	1.192	1.185
位置	能	B 區	1.260	1.229	1.21	1.204	1.182	1.175
E 區	位	C 區	1.253	1.219	1.208	1.187	1.151	1.132
田區	置の	D 區	1.267	1.251	1.239	1.229	1.21	1.192
大陽 A區 1.214 1.179 1.153 1.129 1.108 1.095 能板	)	E區	1.280	1.296	1.285	1.258	1.244	1.235
勝	ŀ	無黑紙	1.263	1.227	1.186	1.168	1.146	1.137
能板位	陽	A 區	1.214	1.179	1.153	1.129	1.108	1.095
位	能	B 區	1.200	1.163	1.142	1.121	1.108	1.088
③     上屋     1.201     1.116     1.120     1.093     1.075     1.030       上屋     1.206     1.196     1.168     1.147     1.124     1.088       無黒紙     1.227     1.152     1.108     1.061     1.032     1.009       大陽     A區     1.159     1.089     1.055     1.020     1.007     0.974       能 B區     1.158     1.099     1.086     1.004     0.990     0.977       位     C區     1.142     1.045     1.016     0.991     0.959     0.782       置     D區     1.120     1.005     0.981     0.965     0.924     0.859	位	C 區	1.222	1.164	1.127	1.096	1.079	1.032
上區     1.206     1.196     1.168     1.147     1.124     1.088       無黑紙     1.227     1.152     1.108     1.061     1.032     1.009       太陽     A區     1.159     1.089     1.055     1.020     1.007     0.974       能 B區     1.158     1.099     1.086     1.004     0.990     0.977       位     C區     1.142     1.045     1.016     0.991     0.959     0.782       置     D區     1.120     1.005     0.981     0.965     0.924     0.859		D 區	1.204	1.148	1.120	1.095	1.073	1.036
太陽 A區 1.159 1.089 1.055 1.020 1.007 0.974 能 B區 1.158 1.099 1.086 1.004 0.990 0.977 位 C區 1.142 1.045 1.016 0.991 0.959 0.782 置 D區 1.120 1.005 0.981 0.965 0.924 0.859	9	E區	1.206	1.196	1.168	1.147	1.124	1.088
陽     A區     1.159     1.089     1.055     1.020     1.007     0.974       能     B區     1.158     1.099     1.086     1.004     0.990     0.977       板     C區     1.142     1.045     1.016     0.991     0.959     0.782       置     D區     1.120     1.005     0.981     0.965     0.924     0.859	4	無黑紙	1.227	1.152	1.108	1.061	1.032	1.009
能 B區 1.158 1.099 1.086 1.004 0.990 0.977 位 C區 1.142 1.045 1.016 0.991 0.959 0.782 置 D區 1.120 1.005 0.981 0.965 0.924 0.859	陽	A 區	1.159	1.089	1.055	1.020	1.007	0.974
位 C區 1.142 1.045 1.016 0.991 0.959 0.782 置 D區 1.120 1.005 0.981 0.965 0.924 0.859	能	B 區	1.158	1.099	1.086	1.004	0.990	0.977
	位	C 區	1.142	1.045	1.016	0.991	0.959	0.782
1 (4)	置	D 區	1.120	1.005	0.981	0.965	0.924	0.859
E區     1.130     1.091     1.072     1.042     1.002     0.965	•	E區	1.130	1.091	1.072	1.042	1.002	0.965

(三)研究發現

將表 8-1 製成圖 8-4~8-7, 發現:

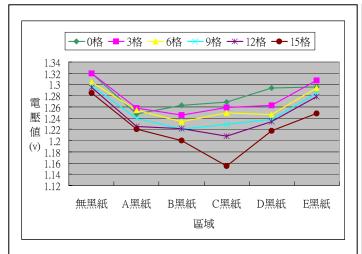


圖 8-4:太陽能板位於①位置時,不同區域貼黑 紙及不同曲度下其與電壓值之關係圖。

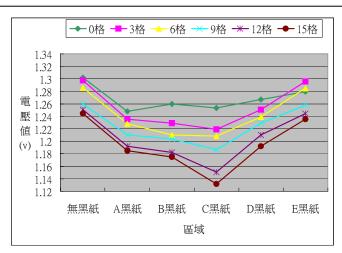


圖 8-5: 太陽能板位於②位置時,不同區域貼黑 紙及不同曲度下其與電壓値之關係圖。

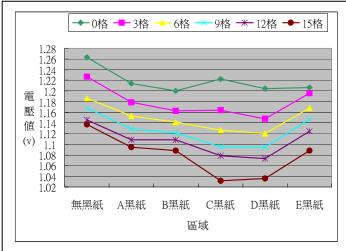


圖 8-6:太陽能板位於③位置時,不同區域貼黑 紙及不同曲度下其與電壓值之關係圖。

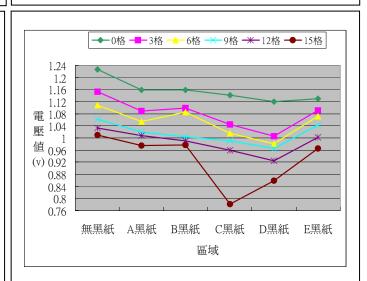


圖 8-7:太陽能板位於@位置時,不同區域貼黑 紙及不同曲度下其與電壓值之關係圖。

#### 1.當太陽能板在①位置時:

- (1)紙張上沒有貼上任何的黑紙時,不論將紙張的邊緣放在哪些刻痕來製造曲度,太陽能板 所測得的反光電壓值都是最高的。
- (2) 將紙張攤平(0 刻痕), A 區貼黑紙時,太陽能板所測得的反光電壓值最低,為 1.247 V。
- (3) 將紙張邊緣置於  $3 \times 6 \times 9$  刻痕,B 區貼黑紙時,太陽能板所測得的反光電壓值最低,分別為  $1.245V \times 1.234V \times 1.220V$ 。
- (4) 將紙張邊緣置於 12、15 刻痕, C 區貼黑紙時, 太陽能板所測得的反光電壓值最低,分別爲 1.208V、1.155V。

# 2.當太陽能板在②位置時:

- (1)紙張上沒有貼上任何的黑紙時,不論將紙張的邊緣放在哪些刻痕來製造曲度,太陽能板 所測得的反光電壓值都是最高的。
- (2) 將紙張攤平(0 刻痕), A 區貼黑紙時, 太陽能板所測得的反光電壓值最低, 為 1.248 V。
- (3) 將紙張邊緣置於  $3 \times 6 \times 9 \times 12 \times 15$  刻痕,C 區貼黑紙時,太陽能板所測得的反光電壓值最低,分別為  $1.219V \times 1.208V \times 1.187V \times 1.151V \times 1.132V$ 。

#### 3.當太陽能板在③位置時:

(1) 紙張上沒有貼上任何的黑紙時,不論將紙張的邊緣放在哪些刻痕來製造曲度,太陽能板

所測得的反光電壓值都是最高的。

- (2) 將紙張攤平(0 刻痕), B 區貼黑紙時,太陽能板所測得的反光電壓值最低,爲 1.2 V。
- (3) 將紙張邊緣置於  $3 \cdot 6 \cdot 9 \cdot 12$  刻痕,D 區貼黑紙時,太陽能板所測得的反光電壓值最低,分別為  $1.148V \cdot 1.12V \cdot 1.095V \cdot 1.073V$ 。
- (4)將紙張邊緣置於 15 刻痕,C 區貼黑紙,太陽能板測得反光電壓值最低,分別為 1.032 V。 4.當太陽能板在④位置時:
- (1)紙張上沒有貼上任何的黑紙時,不論將紙張的邊緣放在哪些刻痕來製造曲度,太陽能板 所測得的反光電壓值都是最高的。
- (2)紙張邊緣置於 $0 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 9 \cdot 12$ 刻痕,D區貼黑紙時,太陽能板所測得的反光電壓值最低,分別為 $1.12 \, \text{V} \cdot 1.005 \, \text{V} \cdot 0.981 \, \text{V} \cdot 0.965 \, \text{V} \cdot 0.924 \, \text{V}$ 。
- (4)紙張邊緣置於15刻痕,C區貼黑紙,太陽能板測得反光電壓值最低,分別為0.782 V。
- 5.當紙張邊緣置於 15 刻痕時,不論太陽能板置於何處, C 區貼黑紙時,太陽能板所測得的反 光電壓值都是最低的。換句話說, C 區若不貼黑紙時,該區的反射光線是最強的。
- 6.太陽能板位於①②③④區域(模擬眼睛位置),當A、B、C、D、E區貼上黑紙,再利用箱底的刻痕製造曲度時,太陽能板所測得的反光電壓值:3格>6格>9格>12格>15格。這說明當紙張的曲度越大,用黑紙貼在A、B、C、D、E區任一區太陽能板所測得的反光電壓值就越低,換句話說,紙張的曲度越大,紙面上的任一區就越容易反射光線。

# 伍、結 論

一、影響閱讀照明的因素包含光源的種類、高度及其配光均勻度。

# 1.不同色光的燈源其自開啓光源到維持穩定的照度所需時間不同。

- (1)實驗二得知本研究所使用的黃光、白光、自然光三種色光的照度值自開啓光源起,皆先 逐漸上升再慢慢趨於穩定值,且色光不同其開啓光源到維持穩定照度所需時間也不同。
- (2) 在光源 30cm 高時,三種色光的照度值趨於穩定後,照度值最高的光源是黃光,其趨於穩定值後的平均照度為 1011 Lux。

因此我們建議使用檯燈進行閱讀活動時,最好先開啟檯燈一會兒(因光源不同達到穩定照度的時間也不同,建議保守時間爲1分半),待光源的照度趨於穩定値後,再開始進行閱讀活動,才不會傷害眼睛。

# 2.光源的高度越高,配光均匀度越大,但桌面上各點的照度越低。

- (1)實驗三得知黃光、白光、自然光分別在 45、50、45cm 高,配光均勻度可達到 0.93 以上。
- (2) 當燈源高度為 45cm 時,黃光的配光均勻度為 0.94,其平均照度為 404.96 Lux,是三種 色光裡在較佳的配光均勻度下,桌面的平均照度也較高的光源。

因此建議使用檯燈進行閱讀活動時,光源部分最好離桌面約40至45公分,燈源過高或過低對閱讀者都不好。燈源過低,照度雖高,但配光均勻度降低;燈源過高,配光均勻度雖提高,但照度降低,且眼睛餘光也容易因看到光源體而產生不舒服的眩光現象。

二、影響閱讀時反射光線多寡的因素包含紙張材質、書架角度、閱讀視角高低。

# 1.高亮度紙張材質其反射光線也較多。

- (1)實驗四中平時常用來印刷的九種紙張放置在桌面上時,高亮度的白絲綢紙面反射到照度計所在位置(30cm高)的光線最多。
- (2)100磅白模紙面比120磅白模紙面反射到照度計所在位置的光線多。 因此我們建議出版社在印刷刊物時能多使用低亮度或磅數較大等紙張材質,以減少反射 眩光的產生。

# 2.書架角度 55 度時其反射光線最多。

實驗四中得知書架角度在 0~55 度間時,紙面反射到照度 計所在位置的光線逐漸增多;55~70 度間,紙面反射到照度 計所在位置的光線逐漸減少。

因此我們建議使用書架閱讀時,角度最好低於55度, 且越低越好,以避免容易產生反射眩光。

# 3.紙面上的中間區域其反射的光線較紙張的兩旁多。

實驗五中以小白紙——置於 49 個測試區時,發現書架 角度在 0~70 度間,都是中央的 A4、B4、C4、D4、E4、F4、 G4 這 7 個區域(如圖 8-8)增加的照度值最多,也就是說,對 照度計的位置而言,這 7 個區域的反射光線較強。

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
B1	B2	В3	B4	B5	В6	В7
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
		A	N. I. I.	- <u>-</u>	A-4-1-1-	14

圖 8-8:灰色區域的反射光線較強。

# 4. 書架上的紙面接收到的光線多寡與距離光源的遠近成反比關係。

實驗六以太陽能板直接置於 A4、B4、C4、D4、E4、F4、G4 的 7 個區域,發現,書架 (55 度)上越接近光源的紙面所接收到的光線越多,越遠離光源的紙面所接收到的光線越少。 因此我們建議閱讀時,書架角度勿太高,以避免配光均勻度降低。

# 5.利用可調式太陽能測光板可得知紙面上細部的反射光線之去向。

實驗七中利用研發的可調式太陽能測光板依序測量來自書架(55 度)上的 A4、B4、C4、D4、E4、F4、G4 區域之反射光線的去向,發現由上到下的 A4、B4、C4、D4、E4、F4、G4 區域所接收到的光線中有較多的光線分別反射到太陽能板所處的 35、30、25、20、15、10、5cm 高處。

因此我們建議在閱讀書面時,能依閱讀區域不同,隨時調整視角,以盡量避開反射光 線的角度。

# 6.紙張的曲度越大,反射的光線越多。

實驗八得知紙張的曲度越大,紙面上的任一區就越容易反射光線。因此我們建議在閱讀書籍時,盡量將書本攤平來閱讀,以避免反射眩光的產生。

# 陸、參考資料

#### 一、書籍

- 1.青少年百科叢書—動手動腦學物理(光學) 謙謙出版社 1991年2月出版 p.14-19
- 2.郭治編著 多彩的光 國際村文庫書店 2001 年 12 月初版 p.119-123
- 二、網路資料
- 1. http://www.bausch.com.tw/book/vol37/s3.htm 博士倫 2003 春季刊
- 2. http://www.dba.tcg.gov.tw/ 台北市建築管理處

# 【評語】080118

- 1、 傳達表現頗佳。
- 2、 能將各個變因仔細測量分析。
- 3、 建議能解決實驗設備內的反光問題,使得能控制變因。