

照度測量之改進研究

國中教師組物理第二名

臺中縣立霧峰國中

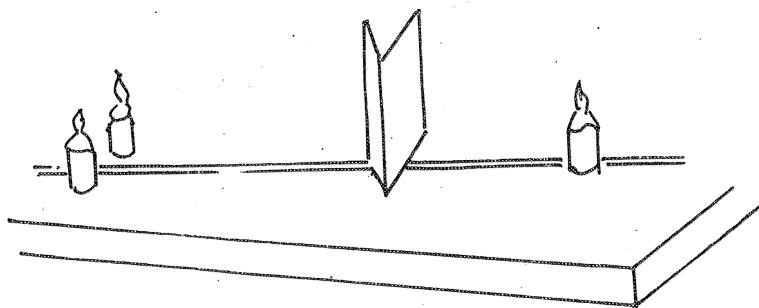
作 者：蔡 平 和

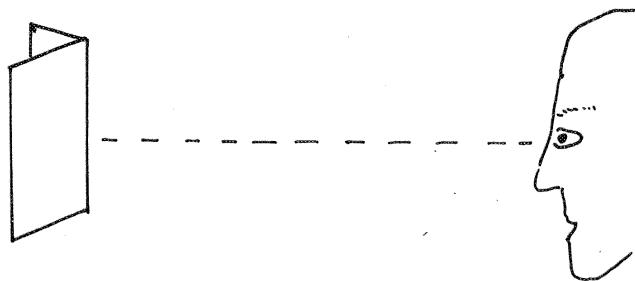
壹、前言：

國民中學物理課程第四冊第十九章中，有關照度測量之實驗，係以一對摺之硬紙片當作屏，然後在屏的左右兩側各點燃蠟燭（或小電燈），從紙屏之稜角用兩眼分別看左右邊，然後移動紙屏，使紙屏兩邊之照度相等，記下兩側光源到紙屏的距離，以求出〔發光強度／距離平方＝常數（照度）〕之關係。

以上之實驗方法，發生的問題是①用肉眼觀察紙屏上的照度，其準確性太差，故使實驗結果因誤差太大，以致無法導出，發光強度、距離、照度三者之間的關係公式。②實驗時必須在有遮光的設備下才能進行，一方面在實驗操作時，容易受外界光線的影響，另一方面也容易造成實驗室常規的混亂。

由以上所述，設計一種裝置簡單，操作容易、準確性高、且不受外來光線影響之實驗方法是必要的，本項研究目的即在此。

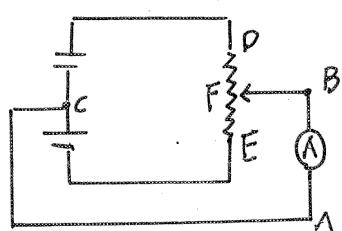




圖示為目前國中物理課程之實驗方法

貳、應用原理：

本研究改進實驗方法所應用的原理，係引用國中物理課程第十八章，二極體實驗的電路，略為更改而使適用於本實驗。圖(一)係原來之電路，假設 DF 之電阻大於 EF。此時可以反時針方向（即 CABFE）流經安培計，使指針偏向一側。又若 EF 之電阻大於 DF，此時電流可以順時針方向（即CDFBA）流經安培計，使安培計指針偏向於另一側。

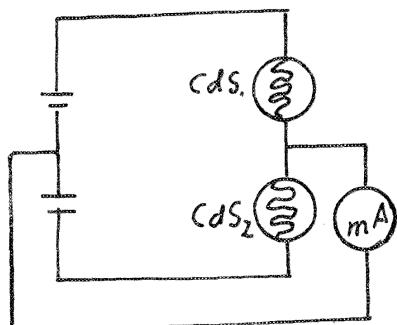


圖(一)國中物理第
十八章實驗電路
之一。

上述之原理應用於本實驗時，將 DF 及 EF 兩部份的電阻，改用兩個光敏電阻 Cds 代替，當此二個 Cds 受不同照度之光線照射時會產生不同之電阻，而使安培計指針偏轉，但若兩個 Cds 所受照度相等，則兩端電阻相等，安培計指針歸零。

本實驗即利用上述之兩個 Cds 代替我們的兩個肉眼，便於觀察照度、發光強度和距離的關係，其初步設計之電路如圖(二)。

圖(二)係初步設計之電路，若 CdS_1 與 CdS_2 受相等之照度，則 mA 計歸零。



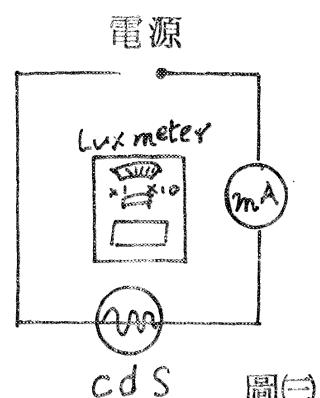
參、實驗研究：

(一) CdS 性能之觀察及選擇適用電壓與照度之探討

1 實驗裝置如圖(三)

將 CdS 接於 mA 計上接上電源，電源之電壓分別用 4 V, 6 V, 8 V, 10 V, 12 V 等進行實驗，實驗時並用照度計 (Lux meter) 測量 CdS 所受之照度為若干米燭光 (Lux)，紀錄各在不同照度時，通過 mA 計之電流值。其結果如表(一) (表(二)略)

(表一)



圖(三)

照度 Lux \ 電壓 V	4 V	6 V	8 V	10 V	12 V
25 Lux	10 mA	12.5 mA	17.5 mA	31 mA	43 mA
50 "	16 "	25 "	35 "	52 "	65 "
100 "	22 "	37.5 "	55 "	74 "	86 "
150 "	27 "	47.5 "	67.5 "	85 "	95 "
200 "	31 "	52.5 "	75 "	90 "	99 "
250 "	33 "	57.5 "	79 "	94 "	102 "
300 "	35 "	61.5 "	82.5 "	97 "	104.5 "
350 "	36 "	64 "	85.5 "	99 "	106 "
400 "	37 "	67.5 "	88 "	101 "	107 "

450 "	38 "	69 "	90.5 "	103 "	108 "
500 "	39 "	75 "	92 "	105 "	109 "
1000 "	50 "	81 "	106 "	115 "	117 "
1500 "	53 "	84 "	108 "	116 "	117.5 "
2000 "	56 "	92 "	110 "	117 "	118 "
2500 "	57 "	94 "	111.5 "	117 "	118 "
3000 "	57.5 "	96 "	113 "	119 "	119 "
3500 "	58.5 "	97 "	113 "	119 "	119 "
4000 "	59 "	97 "	113 "	119 "	120 "
4500 "	60 "	97 "	114 "	119 "	120 "
5000 "	60 "	97 "	114 "	120 "	121 "

由表(一)及表(二)之結果可顯示出：①在固定之同電壓下，照度愈大，所通過之電流也愈大。然而照度依定比例增加時電流之遞增率並不隨著增加，其增加的趨勢漸緩和，尤其在電壓較高的情況下更為明顯。②因 C_{ds} 在固定之照度下可視為一固定電阻，

又因 $I = \frac{V}{R}$ ，故 C_{ds} 兩端電壓升高時，其所通過電流亦較大。

2 綜合上述①②之結果可知，本將 C_{ds} 用於本改進之實驗法，應先考慮在實驗中左右兩側可能之照度值範圍，而後決定使用之電壓，俾使在照度值僅產生很小變化，而通過 C_{ds} 之電流仍然有很顯著改變。表(二)之中各曲線在照度 500 Lux 以內其電流值變化較平均者應為電壓 6 V 者。(其曲線之斜率在各照度值中較接近)。

3 理論上準確度之探討：

例子之一：

裝測條件①安培計採用微安計 μA ，其測量估計可小於 $\pm 2 \mu A$ 。②照度值在 100 Lux 左右。③ C_{ds} 兩端接 6 V 電壓。④光源使用約 4 燭光，⑤光源至 C_{ds} 距離約 20 cm。

由裝測條件可查出 100Lux 照度時通過 Cds 之電流約為 37.5 mA，則相差 1 mA 之電流相對於照度差約為 2.67 Lux，而若土 2 μ A 之電流差，則相對於照度差約土

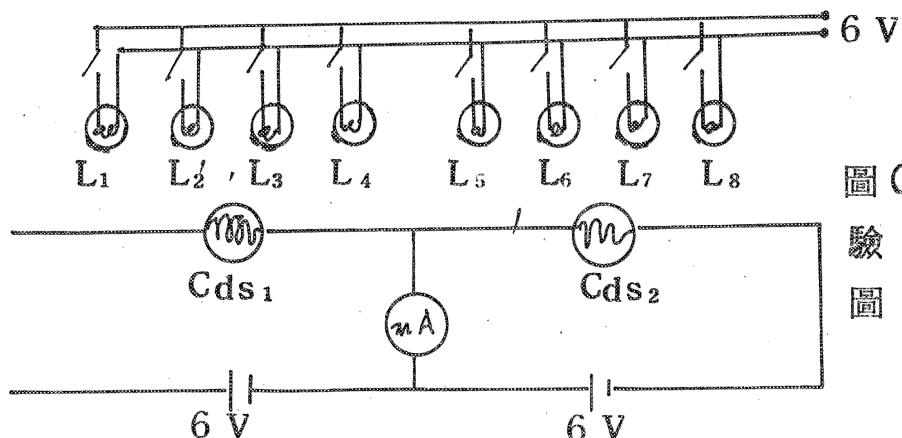
0.00267 Lux 又依據 $E_1 : E_2 = \frac{I_1}{r_1^2} : \frac{I_2}{r_2^2}$ ，可推算 $E_1 = 100 \text{ Lux}$ $E_2 = 100.00267 (+) I_1 = I_2 = 4 \text{ 燭光}$ ，

$$r_1 = 200 \text{ mm} \cdot \text{求 } r_2 \text{ 時 } r_2 = \sqrt{\frac{E_1 I_2 r_1^2}{E_2 I_1}} = 199.972 \text{ mm}$$

由以上之推算，則其左右兩端在照度相等的情況下，測量距離之最大誤差僅為土 0.028 mm，（若 μA 計改為 mA 計時，其誤差值也僅在 0.3 mm 左右，此種誤差值代入， $E = \frac{I}{r^2}$ 時影響計算結果之判斷極小。）

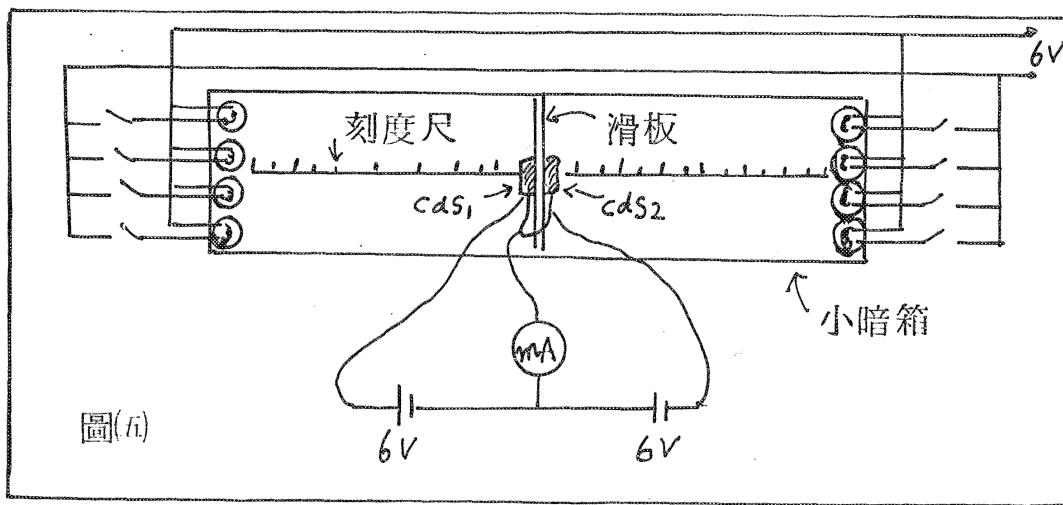
(二) 實驗裝置及操作法

1 本研究簡單之裝置：



圖(四)：改進之實驗，使用簡單之電路圖

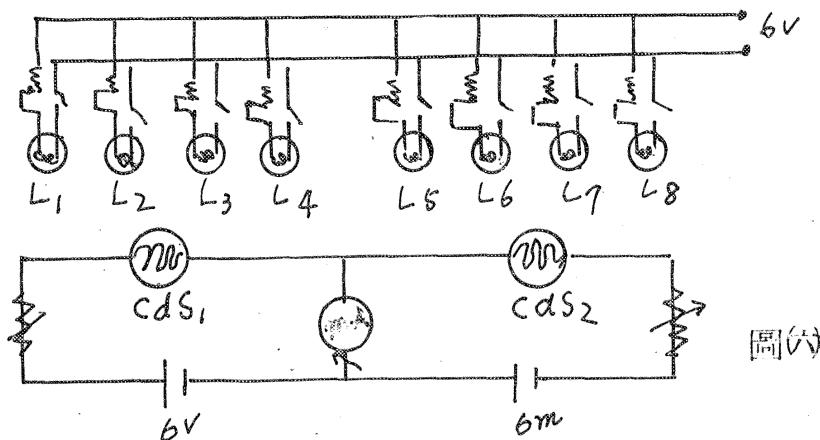
①電路構造如圖四，其中 Cds_1 接受 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 所發的光， Cds_2 接受 L_5 、 L_6 、 L_7 、 L_8 所發的光。實際裝置如圖五，將電燈裝於可遮光之小箱子內，左右各四個，而 Cds_1 和 Cds_2 相背地固定在可於箱內移動之滑板上，並分別接於安培計及電池上。（ Cds_1 及 Cds_2 可於裝置前事先調節使其在相同之 Lux 值下具有相同之電阻）



②測量時可任意打開左右兩邊之電燈數，藉著滑板之移動，改變 Cds_1 及 Cds_2 至左右兩端距離，使得到相等之照度。(亦即調整使 mA 計歸零。)

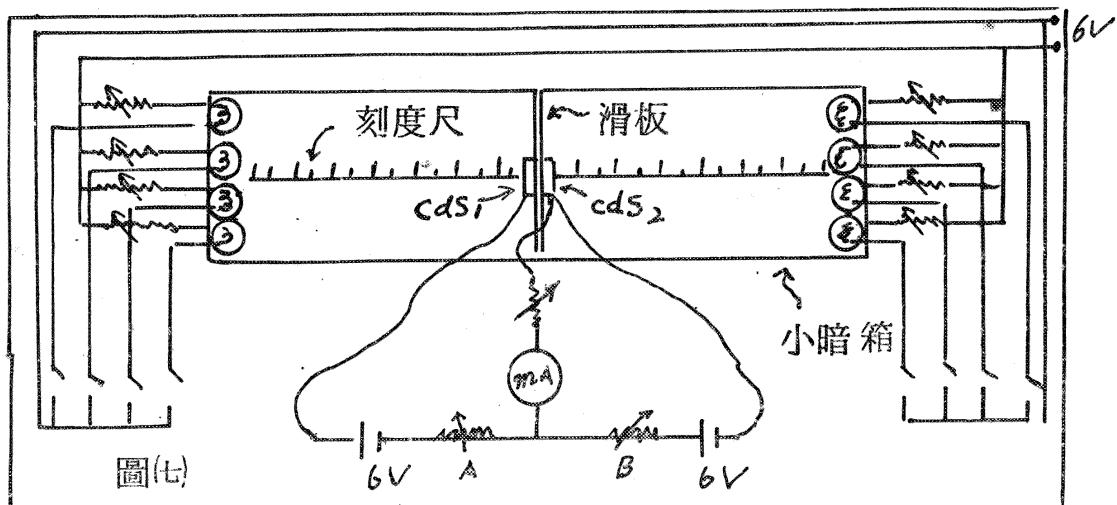
2 本研究理想之實驗裝置：

①電路圖如圖(六)



此理想之實驗裝置電路圖與圖四不同者，僅在於每個電燈均串聯一個可變電阻， Cds_1 及 Cds_2 所接電源亦由可變電阻控制相等，mA 計接一保護性可變電阻，實際裝置如圖(七)此裝置與圖(五)相似，但每個電燈， Cds_1 、 Cds_2 電池

, mA 計等均接有可變電阻。



②測量前先行調整電池之電壓，(調A、B 可變電阻)及每個電燈之亮度，其方法可將滑板固定在中央後調整 CdS_1 及 CdS_2 使其在相同之 Lux 值下具有相同之電阻(電池電壓之調整亦同時完成)。再次調整每個電燈之亮度使mA 計或 μA 計歸零，以 L_1 調 L_5 、 L_6 、 L_7 、 L_8 反過來，以 L_5 調 L_2 、 L_3 、 L_4 調整完後(只調整一次以後不必再調整)可開始實驗，其操作法與前面所述(一)之簡單裝置操作法相同。

(三) 實驗結果及討論分析

1 實驗結果：各不同實驗方法所得結果如表(三)。(從略)

2 討論分析：

①由上表之實驗結果可知，如果採用國中物理課本中之實驗方法測量照度，則所得誤差極大，欲求得 $\frac{I}{r^2}$ = 常數(即照度)之關係極為困難。

②若採用簡單之裝置法，各電燈之發光強度、 CdS 、電池等均不調整時，所測結果亦有相當誤差，但此誤差若能於選用電燈時，事先測定其電阻，而選擇電阻相同或相接近者

使用，便能減小其誤差，使實驗結果更理想。

③實驗若採用本理想之裝置，則可事先校正電池之電壓 Cds 之電阻，各電燈之發光強度等，則實驗結果相當準確， E

$$= \frac{I}{r^2}$$
 之關係極為明確，其誤差在士 1% 以內或左右。

④實驗時若選用 μA 計測量電流，其實驗結果必比 mA 計更準確，但應特別注意，不要使電流過大而致 μA 計所不能負荷而損壞，補救辦法，可加一可變電阻和 μA 計串聯。

⑤打開同側兩個以上之電燈實驗時，最好避免同時一次打開，而能先打開一個後，調整滑板，使 mA 計或 μA 計歸零，而後再開另一盞燈，關閉時亦同，應予逐漸完成，如此可避免安培計損壞。

⑥調整可變電阻改變電燈之發光強度，若無法調節一致之燈泡應予更換。

⑦裝置本實驗時，應注意各導線接觸良好，故最好予與焊接。

⑧本實驗所用之 Cds 對光極敏感，實驗時應注意避免外界光線之干擾。

肆、結論：

(一)高度的準確性：使用本實驗裝置，從實驗結果中，求出 $E = \frac{I}{r^2}$ 之關係極為明確，易建立由實驗結果導出公式之信心。

(二)利用過去學過的課程解決新問題：本實驗裝置係應用同學們在國中物理第十八章電晶體實驗已學得的電路裝置加以應用設計，配合第十九章照度實驗，使兩項實驗達到相輔相成之效果，並增加學習興趣。

(三)裝置簡單、材料費少：本實驗所用之大部份器材，均為國中物理課程其他實驗也必須使用的儀器，Cds 則市價約 20 元，即可買到。

(四)操作簡單：各裝置調整一次可連續使用，測距離之刻度尺亦一目了然，可由學生自行操作。