

後記

百聞不如一試 液晶顯示器自己做做看

麗山高中張良肇老師及金佳龍老師的物理專題課程中，學生們一個個從裁切材料開始，做出一個小小的液晶顯示器。簡單的步驟，從國小生到社會人士都愛，更狂掃各大科展，成為熱門研究主題。

從切材料到完工 學生興致高

麗山高中參與高瞻計畫，是自四年前開始，該校張良肇老師想到以「綠手機」做為該校高中學生新興科技課的主題，看中的是手機的未來性；這主題橫跨所有理科科目，廣泛涉及通訊、生態、能源、環保等議題；張良肇老師則在他的物理課上發展了液晶顯示器，還讓學生親手從裁切零件開始，自製一個小型的液晶顯示器。「其實在課綱內就有這主題了，但只用講解的，學生沒感覺，比不上讓他們親手加電壓，親眼看到明暗變化。」張老師表示。

有趣的課程設計出來之後，同校的金佳龍老師在其專題課程上實施，將液晶應用在測量上，想要上液晶課程的學生坐在一起，進行小組講解，學習更深入。此外金老師亦嘗試跨科合作，和同為高瞻計畫參與者的生物科張素卿老師交換課堂上的學生；的確有學生因此產生了跨學科的專題，例如同樣在高瞻計畫得獎的殷瑤萱、胡萱庭小組作品，正是將液晶結合昆蟲視覺原理而來。不過這種跨科還不夠流行，在報名科展或科學獎時，難以選擇組別，這是金老師覺得可惜的地方。

液晶顯示器大流行 席捲中小學科展

為了推廣方便，張良肇老師將液晶製作的過程再簡化，這下即使是國小三年級學生也做得出來了；液晶製作課程曾安排在科博館，讓參觀的民眾親手體驗，也曾遠到金門國小，一次教二百個小學生製作，可見製作過程十分容易。液晶主題中的偏光片有趣現象在2009年科展形成風潮，在小學、國中、高中都出現了二三組，還有國中和國小老師嘗試做「軟的液晶」，設計成蝴蝶形、圓球形等，可見它結構的簡單，讓更多人願意嘗試，並且容易有新的點子產生。「剛開始材料很難買到，現在可以在網路上買到偏光片！」張老師笑著說。

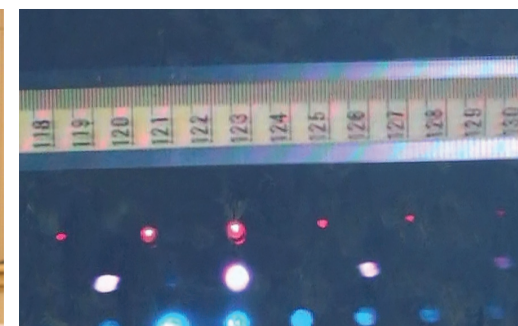
當然，此作品也有「高層次」版本，學生們以此題目寫文章、研究，得獎者不在少數；外校學生也都知道，紛紛跑來找張老師討教。除了液晶，張老師也依高瞻計畫主題，研發了很多其他課程，例如利用自組裝備光子晶體、機器人等，都是和其他老師及學生合作發展的；培養學生獨立研究的能力，對張老師來說是很重要的事，「他們有可能在未來某個時期，突然發揮高中時打下的基礎，在研究領域發光，」張老師說，「修改已有的東西，只是代工式的進步而已。從沒有到有，才是最可貴的！」



1-2

物理

教具製作



利用實物投影機 測量紅外線及可見光的波長

國立嘉義高級中學
李文堂

聯絡資訊

• 執行單位 •

國立嘉義高級中學 (05) 2762804

• 聯絡人 •

李文堂 (05) 2762804 分機 205 wtlee157@gmail.com

INFORMATON

利用實物投影機測量紅外線及可見光的波長

將發光二極體(LED)及紅外線二極體(IRED)並聯放在實物投影機的平台，並在二極體旁置放一把尺，在投影機的CCD鏡頭前黏貼一片光柵。逐漸調高連接二極體的電壓，銀幕上會先出現IRED的白色亮點，接著出現紅色亮點，最後出現藍色亮點。直接從銀幕上測量亮點間的距離，可以測量紅外線和可見光的波長。本教具除了可以作為演示教學外，還可以讓學生分組操作實驗。

A 研究動機

一般家電用品像電視、冷氣、音響和電扇的遙控器所發射的紅外線，波長比可見光長，肉眼看不見。在物理教學上，常提到紅外線；利用學校既有的視聽設備，製作成教具，讓學生能測量紅外線和可見光的波長。

B 研究目的

1. 製作教具觀察紅外線的影像。
2. 製作教具測量紅外線和可見光的波長。

C 原理

1. 可見光的波長375nm至700nm；近紅外線波長700nm至1000nm。數位相機、攝影機、監控器、網路攝影機(Web. Cam.)和實物投影機等都配有「電荷耦合二極體」(Charged coupled device, CCD)可把肉眼看不見的紅外線轉成可看到的白色亮點。

2. 圖1所示為高中物理課本所用來測量光波波長的方法：

已知波長 λ 的雷射光，照射狹縫距離 d 的光柵，在屏上出現亮點，光柵到屏的距離 r ，繞射角 θ ，測量屏上相鄰兩亮點的距離 Δy ， $\tan \theta = \frac{\Delta y}{r}$ 可求出 θ ，由光柵的繞射公式： $d \sin \theta = m\lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots) \dots (1)$ 可求出波長。

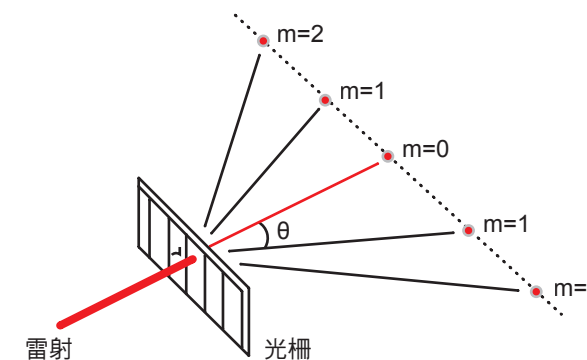


圖1 雷射光經光柵繞射後，在屏上出現繞射亮點。

3. LED的亮度比雷射光小，若沒有暗室設備，在光屏上無法呈現繞射涉圖樣。如圖2所示，經LED所發的光，經距離 r 後照射光柵，形成繞射涉條紋，進入緊貼著光柵的眼睛，由於光的可逆性，眼睛在前方的尺上，可看到繞射的條紋。

4. 將LEDs及IRED並聯放在實物投影機的平台，並在二極體旁置放一把尺，在投影機的CCD鏡頭前黏貼一片光柵，CCD如同圖二的眼，所以在銀幕上出現繞射的亮點，直接可在銀幕上測得相鄰兩亮點的距離 Δy 。測量二極體到光柵的距離 r ，由 $d \sin \theta = m\lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots) \dots (1)$ 可求出波長。

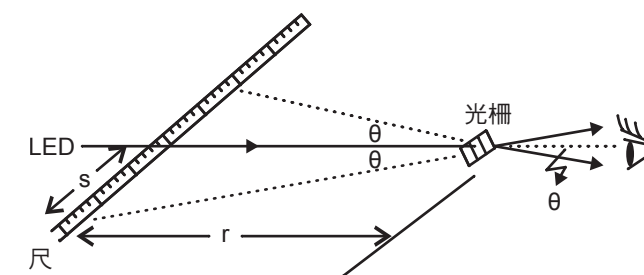


圖2 測量LED的光波波長

D 儀器裝置

1. 圖3為實驗裝置圖：



圖3 實驗裝置圖：圖的左上方為實物投影機，右上方為螢幕，下方為白色的麵包板，左右各為伏特計和安培計。

2. 圖4為實驗裝置的示意圖，圖5為麵包板上的電路裝置圖。

- (1) CCD鏡頭下方貼上一片每100條/mm的光柵。
- (2) 在實物投影機的平台放置一塊麵包板。將一個(a)紅光LED、(b)紅外線IRED和(c)藍光LED並連接在麵包板上，如圖五所示。ABC為電位計的接頭，AB間為1kΩ的固定電阻，C可在電阻上滑動，C移至B時，施加於發光二極的電壓為零；C往A移時，施加於發光二極的電壓漸增，C移至A，施加於發光二極體的電壓為電池的電壓。

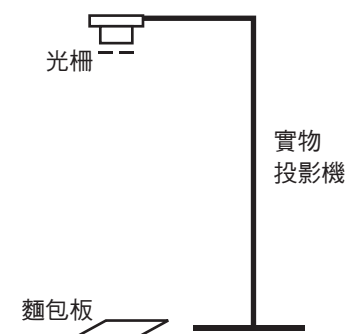


圖4 實驗裝置示意圖

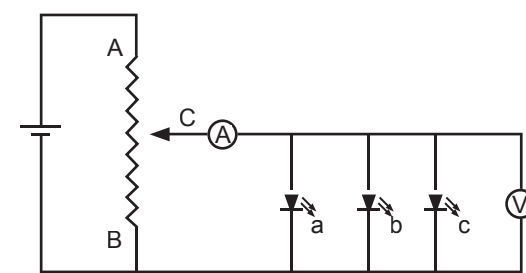


圖5 麵包板上的電路裝置圖

E 實驗步驟

1. 先取下CCD鏡頭下方的光柵。
2. 麵包板放在實物投影機的平台，逐漸調高電壓，達到IRED的導通電壓時，銀幕上出現一個白色亮點。記錄伏特計上顯示的電壓和安培計上顯示的電流。
3. CCD鏡頭貼上光柵，並且在IRED旁邊放置一把尺，銀幕上會出現一排紅外線的繞射紋在尺的刻度線旁。直接由銀幕量出相鄰兩亮點的距離 Δy ，並且測量二極體到光柵的距離 r ， $\tan \theta = \frac{\Delta y}{r}$ 。由 $d \sin \theta = m\lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$... (1) 可算出紅外線的波長。
4. 再逐漸調高電壓，達到紅光LED的導通電壓時，銀幕上會出現一排紅色亮點，和紅外線的繞射紋平行。記錄伏特計上顯示的電壓和安培計上顯示的電流。直接由銀幕量出相鄰兩紅色亮點的距離 Δy ，由 $d \sin \theta = m\lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$... (1) 可算出紅光的波長。
5. 再調高電壓，達到藍光LED的導通電壓時，銀幕上會出現一藍色亮點，和紅外線的繞射紋及紅光的繞射紋平行。記錄伏特計上顯示的電壓和安培計上顯示的電流。測量亮點的距離 Δy ，算出藍光的波長。

F 實驗結果

圖6為由銀幕上拍攝下來的繞射圖樣。最上面一排是紅光LED的繞射亮點，接著是紅外線IRED的亮點，最下方一排是藍光LED的亮點。上方有一把尺，在螢光幕上可以直接測量紅外線相鄰兩白色亮點的距離為藍光2.07倍，測到的波長紅外線為藍光的2.07倍。

表一 測量到的紅光、藍光和紅外線的波長。

	$d(\times 10^{-3} \text{ cm})$	$r(\text{cm})$	$\Delta y(\text{cm})$	$\lambda(\text{cm})$
紅光	1.25	31.8	1.730.02	70030
藍光	1.25	31.8	1.190.1	46840
紅外線	1.25	31.8	2.480.1	97040

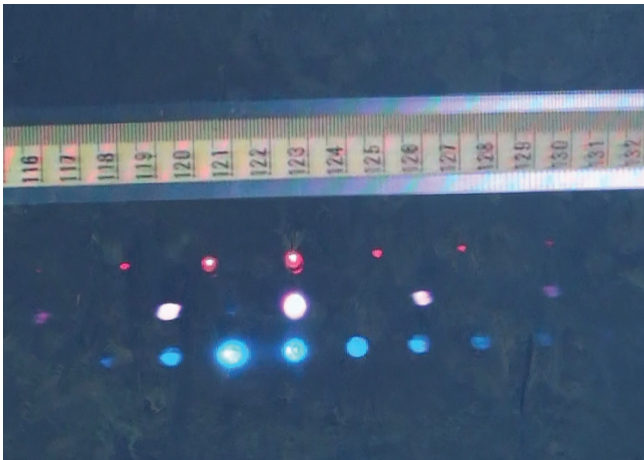


圖6 從實物投影機的螢光幕拍下的繞射圖案，上排為紅光LED，接著為紅外線IRED下排為藍光LED。

G 討論

1. 本實驗的結果取三位有效數字。
2. 使用狹縫間距較小（例如300條/mm）的光柵時，鑑別率較高，藍光LED在銀幕上還出現紅光及黃光。紅光LED還伴隨著發出紅外線的白色亮點。
3. 實驗時測量到的紅外線IRED、紅光LED和藍光LED的導通電壓分別為1.09伏特、1.78伏特和2.82伏特。電壓逐漸調升時、紅光LED的波長，並無顯著的變化；但是紅外線IRED卻在電壓調升時，波長也隨著增大的現象，這個結果和能量愈高，放出光波的波長愈短的原子模型相反，值得進一步研究。

4. 用一張黑色的厚紙，紙上用小刀刻畫小狹縫，蓋在發光二極體上方，屏上出現的繞射條紋較接近線狀；測量相鄰亮紋的距離 Δy 的準確度較高。

5. 圖六所示，實物投影機的銀幕上紅光的亮點共有9點，在銀幕邊緣的亮點為第4主極大， $m=4$ ， $d=0.01\text{mm}=10000\text{nm}$ ，紅光的波長 $\lambda=700\text{nm}$ ，

$$\text{由公式(1) } d \sin \theta = m \lambda, \quad \sin \theta = \frac{m \lambda}{d} = \frac{4 \times 700 \text{ nm}}{10000 \text{ nm}} = 0.28 \Rightarrow \theta = 16.3 \text{ 度}。$$

$$\text{紅外線波長 } \lambda = 970 \text{ nm}, \quad \sin \theta = \frac{\lambda}{d} = \frac{m \times 970 \text{ nm}}{10000 \text{ nm}} \leq 0.28 \Rightarrow m \leq 2.6。$$

所以只能看到紅外線的第2主極大，即最多只有5個亮點。

H 結論

發光二極體以及紅外線發光二極體都是高科技低價格的產品，我們利用一些簡單的實驗室既有的設備，組裝成教具，不但可做演示教學，還可以讓學生分組操作實驗，測量發光二極體的導通電壓，以及測量可見光和紅外線的波長。

I 參考資料

1. J. W. Jewett, Jr., “Get the LED out,” Phys. Teacher. 29, 530 (1991)
2. Chun, Lam, and Mak, “The CCD camera and its application in science teaching,” J. Sci. Educ. Technol. 11, 145 (2002)

後記

測試紅外線波長 李文堂老師將實驗變簡單

「從做中學是很重要的！」嘉義高中李文堂老師秉持這樣的信念，將原本需要昂貴器材的「可見光及紅外線波長」測試，變成使用實物投影機就能做出的簡單實驗，學生因此有了親自操作的機會。

「妳看這個壁畫，是什麼圖案？沒錯，這是一棵樹，它名叫雨豆樹，是我們學校的校樹。」一進入嘉義高中，李文堂老師便熱心地介紹起校園裡面的景色：這是音樂館、這是陶壁畫、這是七十年前就在這裡的雨豆樹，李老師的言談之中，滿溢著對學校深厚的感情。一問之下，外表看來年輕有活力的李老師，竟然已經教學滿四十年，去年才剛同時獲得師鐸獎、資深優良教師獎、Power卓越教師獎大三元。

親手做、親眼看 簡單實驗化理論為實際

這樣一個優秀教師，上課時很有他的一貫想法：「學生一定要親手操作，從做中學學習。」2009年參加高瞻計畫，李文堂老師將他測試紅外線波長的實驗整理成一份報告，但事實上這個實驗已在李老師的課堂上行之有年。李老師對於「光」有多年研究，發現測試紅外線波長的傳統方法很麻煩，需要很貴的器材，一般學校買不起，因此以前上到這一課時，都是口頭講解過去就結束了；但李老師自己設計了一個只要用實物投影機就可以測試紅外線及可見光波長的教具，操作簡單，不易失敗，每個學生都自己做一次實驗，讓這一課不再只是紙上談兵。

這個教具的研發早已獲得國內外各界的肯定，也曾物理教育學刊刊登過；李老師自己針對這個主題，也和物理學科中心等單位合作，做了多場演講，為的是把這套方法推廣出去，給各學校的老師。除了這個實驗之外，李老師也研發了使用cd光碟片觀察光的繞射實驗，而這些實驗都會在課堂上讓學生親手操作，學生們也都很喜歡這樣的課程。目前雖然只有高瞻班的學生做過這些實驗，未來也可能推廣到其他班級，讓所有學生都有機會實驗。

做科展拚升學 高瞻班學生表現優秀

李老師不只是教學認真，更是不曾間斷進修，每學期段考時便是他充電的時刻，閱讀期刊文章，也經常投稿，要求自己每年都要做出作品來，有這樣認真嚴格的老師，想必他帶出來的學生也都不敢打混吧！

訪問曾被李老師教過的學生，他們對老師的印象，都是急性子、說話直接的人，有時也和學生有衝突，但是他對學生的鼓勵和期盼，學生也都能夠深刻體會。「他的教學方法很嚴格，但也很紮實，」現就讀台大醫科的陳亮甫同學表示，「高中打下的底子，讓我做實驗的動作比同學確實。」李老師的學生們在科展和升學表現也很優良，他本人已指導過34屆的學生科展，其中有5件送到國際去比賽；升學方面，去年畢業的學生中有6名台大醫科、6名台大光電，表現亮眼。「我們是全國錄取成績最低的第一志願，」李老師笑著說，「但是我們的表現絕對不會比較差。」

2-1 化學

教案設計



化學新興科技課程開發與教學成效

臺北市立麗山高級中學
張堯卿