

國中凸透鏡實驗的教學設計

林瑞文

高雄市立左營國民中學

壹、前言

提出多元智慧理論的哈佛大學教授 Howard Gardner 在「超越教化的心靈」(THE UNSCHOOLED MIND)書中曾提及紐西蘭科學教育家歐斯本(Roger Osborne)觀察學生在動力學的學習表現，可以發現存在三種不同類型的「動力學」，其中第一種和第二種是學生的迷思概念：

1. 兒童在日常生活經驗中發展出的「原始動力學」(gut dynamics)，例如高處的物體若沒有支撐就會落下、用力可把物體丟遠等等。
2. 一般非專業成人所表現出的「外行人的動力學」(lay dynamics)，常是經由媒體、影集、電影(星際大戰、魔鬼終結者等)所學習到、膚淺且缺乏經驗根據的物理知識。
3. 科學教育想要學生學習到的「物理學家(專家)的動力學」(physicists' dynamics) 歐斯本觀察小學課堂的教學後，發現學生的學習往往混合了學生的原始動力學、老師的外行動力學及課程發展者簡化的專家動力學。

台灣中學科學教師素質向來整齊，以「外行動力學」教導學生的情形較罕見，但偶有以自身簡化後的專家動力學教導學

生，以凸透鏡實像的教學為例，有些教師會先以圖 1 成像作圖的模式解釋實像成因後再進行課本實驗加以驗證，教師多會以課本中放大鏡聚焦陽光的例子說明圖 1 中第(1)條平行主軸的光線，經透鏡折射後將通過焦點，但對其他問題如：

1. 第(2)條光線—通過鏡心的光線為什麼會不偏折(相當於直進)?
2. 為什麼只選這兩條光線?
3. 憑什麼這兩條光線相交於 a 點，其他的光線也會交於此?

當然一定有老師把上述疑問都解釋給學生聽，那他很可能就會用到類似圖 2 的概念，圖 2 說明由 A 點發出的光線，只要經過透鏡折射，都會通過鏡後的 a 點，所以於 a 點置放紙屏，就能看到最清晰的實像，圖 1 可說是圖 2 的精簡版，但如果單以圖 1 的成像作圖法來解釋實像的成因，就如同以「被教師簡化的專家動力學」教導學生，一些慣於成像作圖的學生被問到圖 1 中「以黑紙遮住凸透鏡上半部時，原本在紙屏上顯現的實像會少掉一些嗎?」時，答案經常是肯定的，這要歸因於教學時只教作圖而未理解實像的真正成因，此可謂「教學所引起的迷失概念」之絕佳案例。是以學生應先理解成像原理(圖 2)後再

學成像作圖(圖 1),即把作圖法視為「幫助理解的工具」,若是本末倒置,在學生尚未了解成像的意義前就一味進行機械式作圖,則易導致學生落入「見樹不見林」的迷失中。

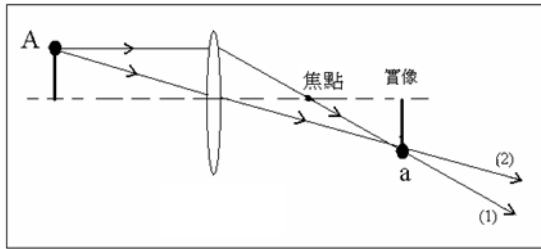


圖 1

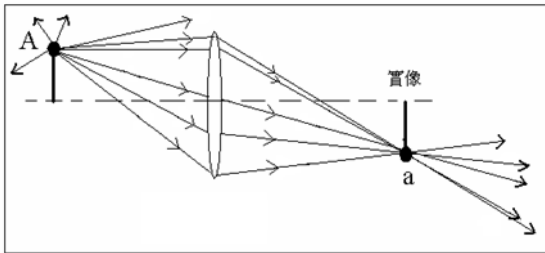


圖 2

貳、追求理解的凸透鏡實像教學--教學流程

Gardner 在同一書中「追求理解的教育」篇裡如此界定「理解」:『所謂「理解」,我指的是要充分掌握概念、原理和技巧,能將它們運用在新問題或新情境下.....』,一般課本中的實驗多是用來讓學生驗證理論,但透鏡成像實驗有更多的可能性,有趣又不危險,不用多花時間就能將部分內容變成探究的過程,以下的教學設計目的在引導學生注意學習過程中「觀察」與「探究」的重要性,培養由實驗現象歸納分析以獲得科學概念的能力,並運用此概念解決問題。

實驗 1—凸透鏡焦距的測量

步驟 1-1: 利用太陽光測量凸透鏡焦距

步驟 1-2: 測到焦距後,請同學將紙片稍為靠近或遠離鏡片,記錄下所看到的情形。

步驟 1-3: 請同學以圖 3 解釋步驟 1-2 所看到的現象。

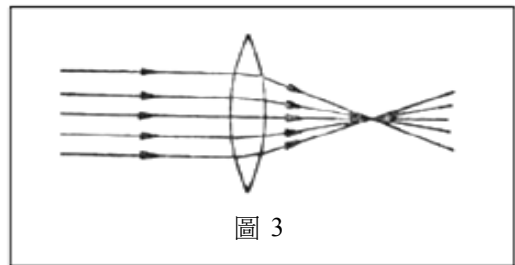


圖 3

教學參考: 參見圖 4, 紙屏位於甲位置時可量出焦距, 此時在紙屏上看到一個亮點(提醒同學不要直視), 當紙屏位於乙或丙位置時, 則只可以看到亮圈。

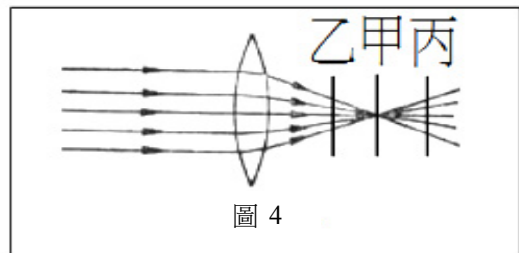


圖 4

實驗 2—觀察凸透鏡實像

步驟 2-1: 運用凸透鏡在鏡後紙屏上找到清晰的像(像的大小不拘)。

步驟 2-2: 看到清晰實像後,請同學將紙屏稍為靠近或遠離鏡片,記錄下所看到的情形。

步驟 2-3：POE(Prediction-Observation-Explanation) 實驗—以燭火為實物進行凸透鏡實像實驗，教師先請同學預測如果看到實像時用黑紙把透鏡遮住 1/2、2/3、3/4、4/5 的面積，所看到得實像本身及成像位置是否有改變？進行實驗後再討論原因。

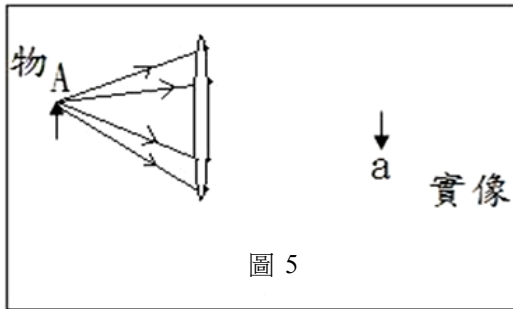


圖 5

教學參考：實驗前一定要請已知道答案的同學先忍耐一下，對沒聽過此實驗的同學，這是一個絕佳的機會，讓他們感受科學的驚奇。在國中實驗室以燭火最方便取得，加上進行光學課程時，時序已入深秋，可以關掉風扇、關小門窗進行實驗，以免燭火晃動，當然 LED 手電筒也使很好的選擇。若用燭火進行實驗時，較暗的實像有時會讓學生覺得像縮小了，但學生若是從透鏡被遮住一點點就仔細觀察比較，就會知道是亮度在改變。

步驟 2-4：請同學參考圖 5，若實像已經如圖所示，則由物體尖端 A 點所發出的 4 條線，通過凸透鏡折射後行進方向將如何？

步驟 2-5：利用畫好的圖 5 解釋步驟 2-2 所看到的現象。

教學參考：參見圖 6，根據步驟 1 的原理可推論：因為所有 A 點發出的光線經透鏡折射後皆通過 a 點，所以可在紙屏上 a 點形成清晰的像。此圖也可解是步驟 2-2 所看到的情形。

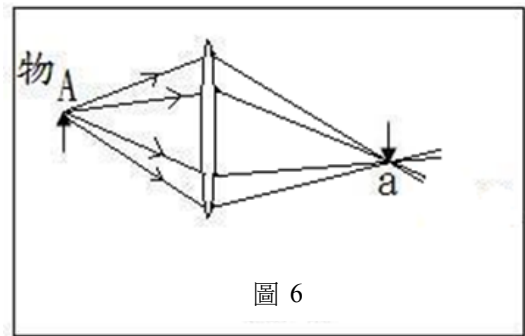


圖 6

步驟 2-6：評量--在圖 7 中已知實像的位置，請同學畫出 2 條光線折射後的行進方向。

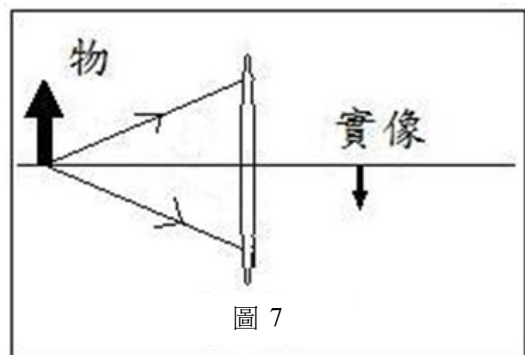


圖 7

教學參考：如圖 8 所示，物體基座所發出的光線，經透鏡折射後都會經過實像基座的位置。

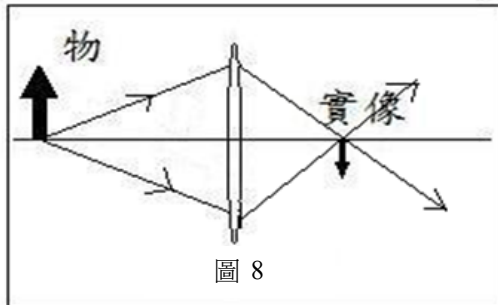


圖 8

實驗 3—凸透鏡實像作圖

步驟 3-1：先參考圖 3，在圖 9 中光線(1)是平行主軸的光線，光線(2)是先通過焦點再射向透鏡的光線，分別畫出其折射後的行進方向，其交點又有何意義？

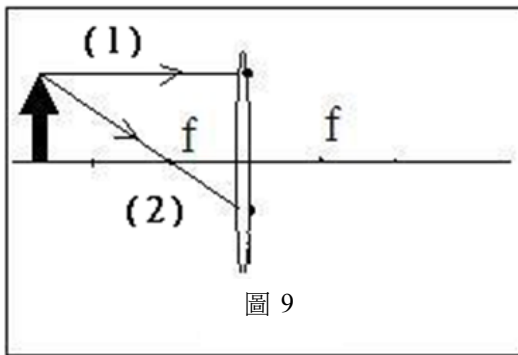


圖 9

教學參考：在圖 3 中我們學到平行主軸的光線經凸透鏡折射後通過焦點，再利用光的可逆性判斷，先通過焦點的光線(2)經透鏡折射後，會平行主軸，結果如圖 10 所示。

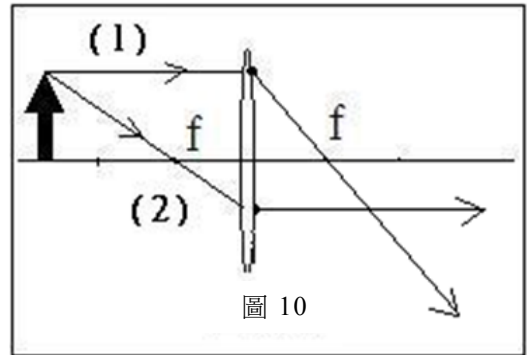


圖 10

在圖 6 中我們學到由物體尖端發出的光線經透鏡折射後必交會於實像尖端的位置，所以圖 10 的光線交點就是實像尖端的位置，這就是透鏡成像作圖的基本概念—用特殊光線折射後的交點決定成像位置。筆者常以一種情境做為比喻：

「大雄剛轉學到新學校，連一位朋友都還沒交到，第一天上課第一節下課時，班長宣佈下一節音樂課要到音樂教室上課，大雄當然不知道音樂教室在哪，個性內向、愛好大自然的他也不好意思開口問人，只好仔細觀察同學的動向，不一會兒就看到宜靜、小夫先後拿著音樂課本上了隔壁大樓三樓第一間教室，因此他知道音樂教室就在那裡」，學生由實驗了解圖 6 後，因為可確定由 A 點發出的光線，只要經過透鏡折射後都會通過 a 點（以音樂教室類比），所以若可以找到兩條容易畫出的特殊光線（以宜靜、小夫類比），就可以決定 a 點的位置了。

步驟 3-2：再把圖 9 中由物體尖端發出後通過透鏡中心的光線筆直延

伸，看三條光線的交點位置在哪裡？

教學參考：因為「通過鏡心的光線不偏折」與之前所學習的折射概念相違背，所以教師若要介紹此特殊光線時，應該對學生說明清楚「通過鏡心的光線不偏折」只發生在薄透鏡的情形。

步驟 3-3：依上述方法練習在在圖 11 中畫出 ABC 三物體的實像，並分別標上 abc。

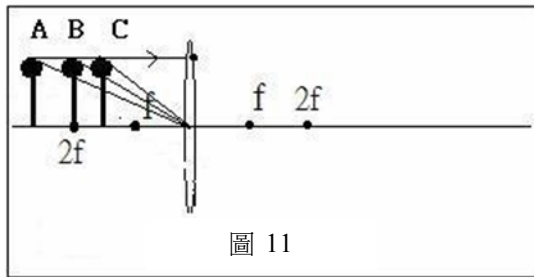


圖 11

教學參考：圖 9 的三條特殊光線都屬於圖 5 眾多光線的一條，所以我們可以利用三條特殊光線中的兩條求出交點，就能很快找到

正確的成像位置。參見圖 12。

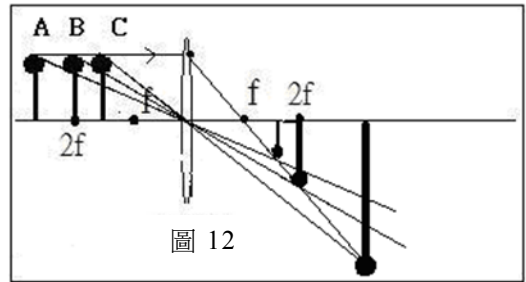


圖 12

教學參考：什麼是容易畫出的光線呢？要向國中生解釋「通過鏡心的光線會相當於不折射(直進)」，則須提及薄透鏡、平行位移等課外的觀念，若採用圖 10 中兩條光線，用光的可逆性即可解釋，學生的接受度會較高。

實驗 4—凸透鏡實像作圖與理論相結合

步驟 4-1：經過上述實驗與討論後，請同學實際進行實驗完成下表，並以透鏡成像作圖法驗證實驗結果。

各種凸透鏡實像			
物體位置	實像成像位置	實像和物體大小比較	以透鏡成像作圖解釋
兩倍焦距以外	(焦點與兩倍焦距間)	(實像小於物體)	
兩倍焦距	(兩倍焦距)	(相同)	
焦點與兩倍焦距間	(兩倍焦距外)	(實像大於物體)	

參、結語

永遠記得有一年進行步驟 2-3 的 POE 實驗，當學生看到透鏡被黑紙遮住 3/4 以上面積而實像依然完整時，所發出的驚呼聲，那是我教學生涯聽過最美妙的聲音，透鏡成像實驗看似簡單，實則蘊含科學教學中珍貴的元素，以上提供個人教學經驗供大家參考。

參考文獻

- 邱韻如(95年3月):從迷思概念研究的觀點探討中國古籍中的影與像。科學博物館與科學的教與學國際研討會發表之論文，國立高雄科學工藝博物館。
- 陳瓊森、汪益(譯)(民84)。超越教化的心靈 *The Unschool Mind*(原作者: Howard Gardner)。臺北市:遠流出版公司。
- 葉鵬松(2002)。讓學生探究通過透鏡光心光線的傳播特點。物理教師，2002年第08期。取自中國期刊全文數據庫 <http://cnki50.csis.com.tw.sw.naer.edu.tw:81/kns50/detail.aspx?QueryID=3&CurRec=1>