

有趣的偏振光實驗

周鑑恆

國立蘭陽技術學院

光是一種橫波，光的電場振動的方向與行進方向垂直，而光的電場振動方向就是所謂的偏振方向。雖然陽光是偏振方向凌亂無序的非偏振光，但經過散射或反射後，就可能變成偏振方向一定的偏振光。偏振光在日常生活中隨處可見，只是肉眼無法直接分辨罷了。例如：蔚藍的蒼穹是由於高空稀薄的空氣分子散射造成的，所以藍天其實是近似偏振光，拍攝風景時，如果天空太亮，攝影師多用偏極板（註 1）製成的濾光片濾掉部分藍天的亮度。又例如，釣魚時，水面的浮光耀金，靜影沈碧，也是近似偏振光，也可用偏極板製成的太陽眼鏡濾掉，而見水中的游魚；同樣的情形，專事窺探名人隱私的狗仔隊也遭遇得到，豪華轎車裏的是是非非，總因擋風玻璃的反光而變得模模糊糊，只要在相機或攝影機鏡頭前加裝偏極板，濾掉擋風玻璃的反光（玻璃反光也是偏振光），車內人物即原形畢露了。

偏振光的應用還有很多，液晶顯示幕和利用某些透明物體雙折射現象的光測彈性學，都是著名的例子。光測彈性學在工業上可用來分析物體所受的應力，因其彩色繽紛，常令觀眾驚嘆，物理課本介紹偏振光時多會提及。本文結合色彩和科學，特別著重於視覺效果和臨場氣氛，以嶄新

的方法演示雙折射改變偏振的現象。

所須的器材如下：

1. 一塊硬質塑膠製的三角板或圓規。
2. 一塊方解石。
3. 兩片剪裁成 $15 \times 15 \text{ cm}^2$ 的偏極板（仲典公司有售，價格便宜）。
4. 一架投影機。
5. 一幅普通的銀幕（學校教室裏用的即可）。
6. 一幅特製的銀幕（將美術用的三夾板裁成所須的尺寸，此三夾板反光面的粗糙度，與一般圖畫紙相似即可，用“電鍍銀”〔編號 144〕的噴漆，均勻地將三夾板的反光面噴塗成銀白色即成。若不惜成本，任何具金屬光澤而可漫射的表面均可代用。）

首先，將投影機轉亮，用方解石壓住放在投影機面板上的投影片，方解石四周可用黑色紙遮住，調妥聚焦，方解石底下投影片的字跡即投影在一般銀幕上，方解石由於其組成原子在不同方向的鍵結強度刷同，而具有雙折射的特性，投影機的非偏振燈光依其偏振方向不同，會有兩種折射角度，在銀幕上於是會看到兩個重疊在一起的巨大影像。換言之，銀幕上互相重疊的字跡影像是由兩道偏振方向不同的偏振光造成的。因此，把一塊偏極板放在投

影機鏡頭前方，逐漸改變偏極板的方位，則可分別濾掉其中之一的偏振光，而在銀幕上分別顯露出刷重疊的單一字跡影像，如圖一所示。這樣的演示方式便於大批觀眾同時欣賞，免去圍觀小小一塊方解石的擁擠。如果使用特殊銀幕（見圖二），泛著金屬光澤的銀幕反射的光，會依然保有原入射光的偏振狀態（註 2），則觀眾甚至可以人手一片偏極板，隔著偏極板看銀幕的字跡圖像，轉動偏振片，自行分別濾掉其中之一的偏振光，而在銀幕上分別顯露出刷重疊的單一字跡影像。

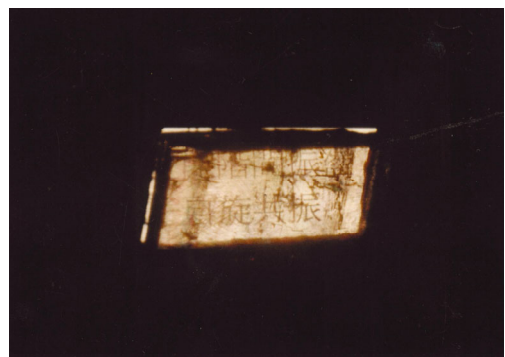
其次，先將一片偏極板置於投影機面板上，這一片偏極板上再放置一把硬質塑膠製的三角板，再在其上放另一偏極板，形成三明治結構。投影機發出的非偏振光，先經過最底層的偏極板而成為偏振光，三角板各區域因製作時的殘留應力而具有複雜的雙折射性質，使得經最底層偏極板片而變成的偏振光，透射三角板時，各種波長在各區域的偏振情形又有刷同，再經最上方偏極板濾光，而在一般銀幕上顯現出色彩斑斕的巨大圖案（註 3）。改變兩偏極板穿透軸的方向，使之互相垂直，令三角板之外的區域完全暗淡，景象尤其瑰麗（見圖三）。若動用廉價自製特殊銀幕，撤掉最上方的偏極板。改由觀眾自己轉動偏極板，隔著偏極板看銀幕的圖像，因為特殊銀幕能保留入射光的偏振，則可以觀賞到刷停變幻色彩的三角板投影（見圖四）。值得注意的是，在此同時，不透過偏極板，肉眼見到特殊銀幕上的三角板投

影十分尋常，並非彩色，與原三角板無異。

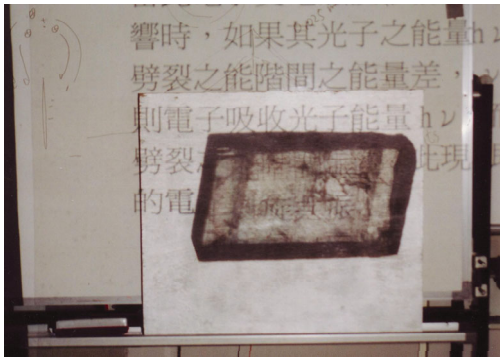
偏振光搭配雙折射現象，即可營造出引人入勝的視覺效果，寓教於樂；特別的是，用銀白色噴漆製成的特殊銀幕，首度被用來演示方解石雙折射和光測彈性學，容許學生或觀眾自行轉動偏極板來觀察，頗有助於偏振光和相關有趣的物理現象之教學。

註釋

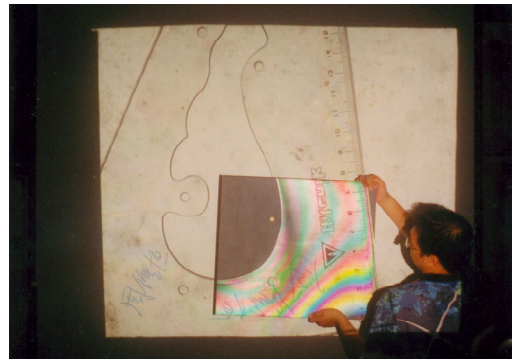
1. 有關光的偏振（polarization）、偏極板（polaroid）、透射軸（transmission axis）的詳細資料，請參考書通物理教科書。例如：D. Halliday, et. al. *Fundamentals of Physics*, 4th ed., pp. 1000, 1993.
2. 周鑑恆、楊安中、邱光亮、陳宛琳，教室裡的立體圖片，1998 年中華民國物理教育學術研討會。
3. 周鑑恆、光測彈性學之演示，科學教育月刊，民國八十九年二月。



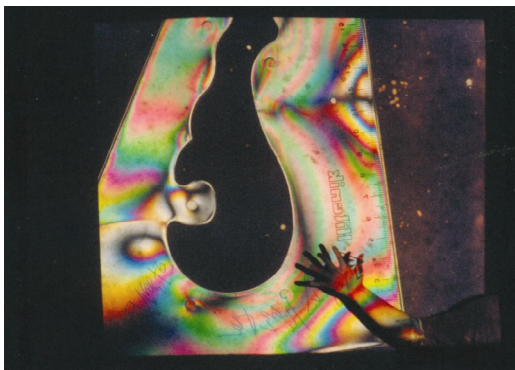
圖一 投影在銀幕上的方解石，四周用黑紙遮住，因為在投影機鏡頭前已用偏極板濾掉雙折射其中的一個影像，所以可見單一的『共振』兩字。



圖二 投影在銀白色幕上的方解石和方解石下方的字跡，因方解石具有雙折射性質，字跡由於重疊而模糊。如果觀眾人手一片偏極板，隔著偏極板看銀白色幕上的方解石下方的字跡，可濾掉其中之一。置於白板前方的銀白色幕約 50 公分見方。



圖四 一名學生抬起特殊銀幕，透過偏極板可以看到投影在特殊銀幕上的三角板變成彩色。



圖三 三角板夾在兩片偏極板中投影在普通幕上。