

物理之美—與光碟片共舞

李 偉 石裕誠

中原大學物理系

(投稿日期：92年2月12日；修正日期：92年5月20日；接受日期：92年6月27日)

摘要

利用各種氣體元素的光源燈管與透明電腦光碟片作為分光元件，我們創造了五彩繽紛的畫面。本文旨在介紹一項簡單的光學示範裝置，在物理及化學之外呈現科學藝術，讓自然與生活科技教學更加生動活潑，使相關知識更能打動人心。

關鍵詞：自然科學、理化教育、光學演示

壹、緒論

凡具有週期性排列結構的物體—從小如晶體到大如（無線電）天線陣列—都會對電磁波產生某種程度的繞射現象，因此這些物體都可被視為繞射光柵（diffraction grating）。在光學上，繞射光柵有幾種不同的分類；例如有就電磁波函數中的兩大主要物理量變化作分類，即相位（phase）光柵與振幅（amplitude）或吸收（absorption）光柵，或就電磁波接觸光柵後的運動方向而言，即穿透式光柵（transmission grating）與反射式光柵（reflection grating）。雖然光柵與眾所皆知的菱鏡（prism）都能用來作分光的效果，但菱鏡之所以能依照光的波長而將白光分離成七彩色光，其原理在於組成白光的各色光在菱鏡中的折射（refraction）程度各有不同，進而產生色散（dispersion）現象；而光柵的分光原理主要為繞射，即光在通過物體邊緣時所發生的行進方向偏離的現象。一般而言，光柵較菱鏡具有更強的分光本領或解析力（resolving power），因此廣泛用於各類光譜儀或光譜分光設備中。

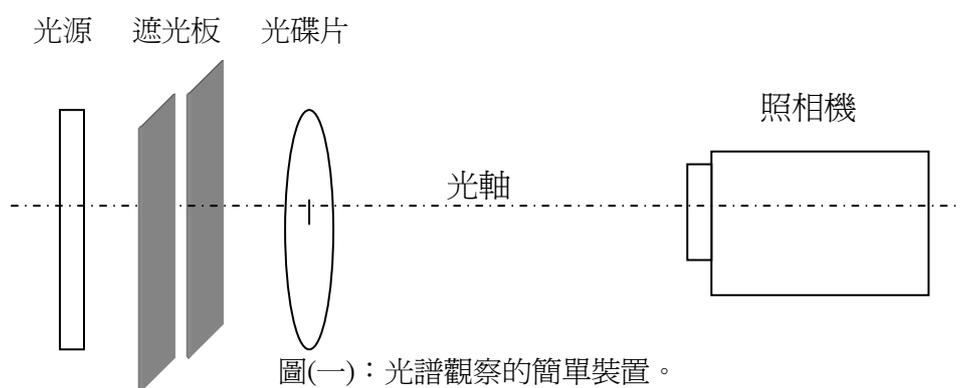
貳、文獻探討

大約在聲碟或稱數位音樂光碟（簡稱 CD；其信息儲存與光學、成音原理請參見 Cope, 1993）問世的十年後，科學教育研究者便注意到反射式光碟片在光學教學示範上的價值；姑且不論筆者所知的日、德文獻，在學術期刊上已發表的相關中、英文著作便已超過十篇（李偉，2002；李偉、陳惠玉，2002；陳惠玉、楊凱賢、李偉，2001；Brouwer, 1992；Cornwell, 1993；Kettler, 1991；Kruglak, 1991；Kruglak, 1993；Mebane and Rybolt, 1992；Nöldeke, 1990；Tellinghuisen, 2002；Wakabayashi, Hamada, and Sone, 1998；Zanetti and Harris, 1993）；近年已有學者就「穿透式」多讀單寫電腦光碟片（即 CD-R）在物理教育的應用提出論述（Gluck, 2002；Knauer, 2002；Lee, Lin, and Tseng, 2003）。的確，由於標準光碟片上總長 5.8 公里（km）的軌跡係壓製成軌距固定為 1.6 微米（ μm ）的 20625 條螺圈，我們可將之視為圓形光柵，並應用於繞射現象的教學示範中。根據光碟片的光柵週期 1.6 μm ，我們可以換算出光碟片光柵的密度為 625 條/公釐（mm），其條紋密度較一般教學實驗室中的學生等級分光儀線形光柵之密度—200 條/公釐—為高，代表光碟片具有更佳的分光本領。

參、示範器材與裝置

所謂「穿透式」電腦光碟片，讀者應記得在過去國內購買整疊包裝空白光碟片時，第一片和最後一片作為保護用的透明片能像一般光碟片呈現同樣的彩虹圖案；其實它們與一般光碟片的表面紋理並無二致，這兩片就是不含金屬反射鍍膜的透明光碟片，因此可作為穿透式繞射光柵。儘管近來市售空白光碟片包裝中的保護片已由普通塑膠板取代，透明光碟片不復多見，但相信讀者中能翻出透明電腦光碟片的，一定不乏其人。

將透明光碟片視為穿透式繞射光柵，吾人便可將各種光源分光；除了在科學的學習之外，藉各種不同的光源並透過光碟片與相機，我們更可輕易地捕捉光碟片的光學之美，裝置如圖(一)所示。使用相機的好處在於它可以記錄多彩繽紛的圖案，讓學生能輕易地進行比對或分析；當然這些照片都可以製成教學媒體教材，以便在一般的教學情境中進行課堂教學。若環境與時間等條件許可，允許學童在暗室中直接進行現場觀察也不失為一生動活潑的教學活動，這時無須相機，只要讓觀察者面對光碟片，便可親眼目睹特定光源的放射光譜 (emission spectrum)，只是若要能觀察到對稱的圖案，雙眼必須處在圖(一)相機的位置。

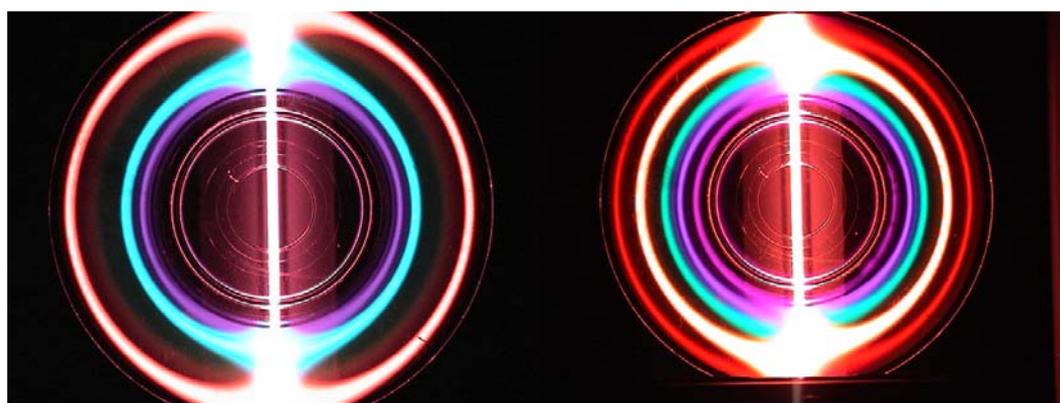


圖(一)：光譜觀察的簡單裝置。

肆、實驗結果

我們嘗試利用多種光源，如氫氣 (Electro-Technic Model 4605 H₂ gas 或 PASCO SE-9461)、氦氣 (Electro-Technic Model 4604 helium gas 或 PASCO SE-9462)、氖

氣 (Electro-Technic Model 4608 neon gas 或 PASCO SE-9467)、氬氣 (Electro-Technic Model 4614 krypton gas 或 PASCO SE-9465)、汞蒸氣 (Electro-Technic Model 4607 mercury vapor 或 PASCO SE-9466) 等光燈管 (spectrum tube)，獲得了如圖(二)所示的光譜圖案。實驗觀察配置中的光燈管可以專用電源供應器 (Electro-Technic Model SP-200 Spectrum Tube Power Supply 或 PASCO SE-9460) 配合使用，在暗室中，光碟片上呈現的光譜為肉眼清晰可見。圖(二)各光譜是以數位攝影機 (Sony PC115) 的 Photo-Memory 功能所拍攝，各照片所代表的光源及原廠標示較強光譜線 (spectral line) 顏色依序為：(a) 氬—紫、藍、紅；(b) 氬—2 紫、2 綠、1 黃、2 紅；(c) 氬—綠、黃、橙、紅多重譜線；(d) 氬—紫、綠、橙、紅；(e) 汞—3 紫、1 綠、1 黃、1 橙。由於上述譜線之標定係由原廠提供，其光源的最佳化條件乃針對一般教學實驗室的 200 條/mm 光柵而設計，因此與照片所顯示的各光譜在色線呈現上略有差異。



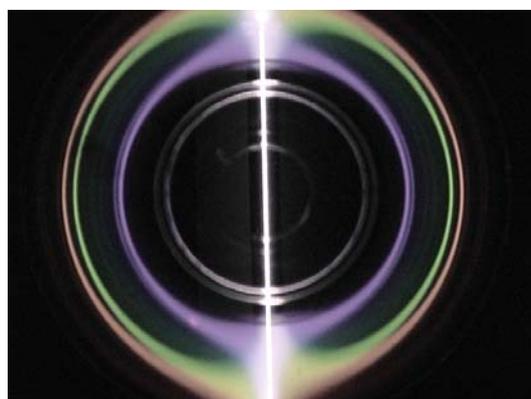
(a) 氫

(b) 氫



(c) 氖

(d) 氖



(e) 汞

圖(二)：由光碟片所解析出的各種光源光譜。(詳見封底內頁)

伍、教學應用

從事兒童自然科學教育的最大目的在誘導學童對科學的興趣，培養他們科學實證的精神，明白並能運用科學研究的方法，進而從中學習人與自然的互動與尊重。所謂「快樂學習」的教育目標，便是要提升孩子的學習動機，進而激發學習者的潛力；從享受學習的樂趣中，養成自己對生命的熱愛。的確，自然中的諸多基本法則常呈現在生活的週遭環境中，若能在科學教學中善用這些與生活息息相關的事物與現象，不管是自然的抑或人造的，都具有活化教育的功能，拉近生硬的科學原理與學童生活的距離，使孩子對自然科學的探索得以啓蒙。

人類在成長中所伴隨的感官發育，使嬰兒逐漸感受到世界中的豐富色彩，當她具備了「放眼看天下」的能力後，她便得以盡情暢遊、探索這奇妙的世界。首先，光是什麼？光的本質，牽涉到以原子組成的光源。利用上述的實驗示範，教學者可以自由發揮，引導學童明白光的起源為光源的（電磁）輻射，是一種來自光源的能量釋放。若論及光的組成，教學者可藉光碟片表面所展現的艷麗色彩，說明吾人眼中的光，原來可以是許多色光調和而成的結果，而這種分解色光的原理，正是繞射現象的應用，它是證實光的波動性的重要依據。由於不同色光的繞射程度—繞射角—各有不同，使不同的色光在繞射發生後的行進產生不同的偏向，而形成依序排列的色彩組合，我們稱之為「光譜」。有了光譜的概念，教學者更可以藉上述示範，說明不同的光源，擁有不同組成的光譜（見圖(二)）；就像人的指紋鑑定一樣，藉由光譜的認定，科學家可以識別出光源的種類。

當然，就「自然生活與科技」的整合性而言，教學者也不妨先談談現代電腦科技下產物—光碟片—的載訊原理，這時便無可避免得牽涉到光碟片的表面構造（李偉、陳惠玉，2002），再由其類似同心圓的光軌結構談到它具有分解光的能力，如此便可將焦點帶入光學。根據筆者的經驗，學生在這樣的教導下不但能具備較佳的統整概念，所得的知識也較能印象深刻。

陸、結論

本文作者認定讀者已具備光譜原由的相關知識，而刻意未在原子能階與譜線成因著墨；我們僅就光碟片所展現的物理之美提出示範，希冀能拋磚引玉，引發迴響，讓更多科學教育者將教材生活化，使科學教育因生動活潑而更深入人心。我們已將這些

光譜照片佈置在中原大學物理系大三光學實驗室佈告欄，加上幾張不同色彩的電腦光碟片及適當的版面美工設計，冰冷的實驗室外觀，頓然變得活潑生動。另外，爲了能與讀者分享這些美麗的彩頁，我們已將這些電子照片建置於中原大學中、小學師資教育學程的「中等教師物理教學進修網」（網址：<http://teacher.cycu.edu.tw/physics/>），當然，由於本刊的用心經營，讀者也可以進入本刊網址 <http://www.tmtc.edu.tw/~science/分頁.htm/>，一覽本文及彩色照片。

參考資料：

- 李偉（2002）：電腦光碟片繞射的光學教學與實驗。2002 物理教學及示範研討會，14-17。
- 李偉、陳惠玉（2002）：光學實驗：CD-ROM 的繞射現象。科學教育研究與發展季刊，26，1-8。
- 陳惠玉、楊凱賢、李偉（2001）：電腦光碟片繞射實驗。物理教育，5，46-51。
- Brouwer, H. (1992). Line spectra using a CD disc. *J. Chem. Educ.* 69, 829.
- Cope J.A. (1993). The physics of the compact disc. *Phys. Educ.* 28, 15-21.
- Cornwell, M.G. (1993). CD means colourful diffraction. *Phys. Educ.* 28, 12-14.
- Gluck, P. (2002). Compact disk optics. *Phys. Teach.* 40, 468-469.
- Kettler, J.E. (1991). The compact disk as a diffraction grating. *Am. J. Phys.* 59, 367-368.
- Knauer, T. (2002). A compact disk transmission spectroscope. *Phys. Teach.* 40, 466-467.
- Kruglak, H. (1991) The compact disc as a diffraction grating. *Phys. Educ.* 26, 255-256.
- Kruglak, H. (1993). Diffraction demonstration with a compact disc. *Phys. Teach.* 31, 104.
- Lee, W, Lin, P.-C., and Tseng, C.-K. (2003). *The compact disk as a chromatic lens.* Submitted.
- Mebane, R.C. and Rybolt, T.R. (1992). Atomic spectroscopy with a compact disc. *J. Chem. Educ.* 69, 401.
- Nöldeke, C. (1990). Compact disc diffraction. *Phys. Teach.* 28, 484-485.
- Tellinghuisen, J. (2002). Exploring the diffraction grating using a He-Ne laser and a CD-ROM. *J. Chem. Educ.* 79, 703-704.
- Wakabayashi, F., Hamada, K., and Sone, K. (1998). CD-ROM spectroscope: A simple and

inexpensive tool for classroom demonstrations on chemical spectroscopy. *J. Chem. Educ.* 75, 1569–1970.

Zanetti, V. and Harris, J. (1993). Spectra of three light sources with a CD. *Phys. Teach.* 31, 82–83.

The Beauty of Physics—Dancing with a Compact Disc

Wei Lee Yu-Cheng Shih

Department of Physics, Chung Yuan Christian University

Abstract

Splendidly colorful portraits were created by using light tubes of various gaseous species and a compact disc as a light-separating device. The current note intends to introduce a simple setup for optical demonstration, allowing scientific art to be presented beyond the physics and chemistry. Such demonstrations can lead to the more vivid teaching of natural science and living technology, making the associated knowledge more heart-touching.

Key words : natural science, physics and chemistry education, optical demonstrations