

---

# 演示教學引導探究學習： 以聖誕燈學電路為例

張慧貞\* 陳宗慶\*\*

\*逢甲大學物理教學研究中心

\*\*高雄市立前鎮國中

## 緒論

近年來，演示教學(demonstration)已逐漸受到許多物理教師的重視，致力於演示教材的開發並引入其課堂。雖然多數物理教師認同演示教學引入物理課堂的重要性，每個人對實施此一教學策略的目的可能不盡相同，而這種理念上的分歧將導致教師在演示教材的篩選、設計、以及引用模式的差異，進而影響到演示教學所能達成的教學成效。

本文目的有二：1.根據當代之教學理論，探討引進演示教學於物理課堂的目的與設計準則，2.根據這些學理基礎介紹作者所設計之「聖誕燈學電路」單元，並根據實施經驗與部分受教學生的迴響，探討此單元的教學特點與實施建議。希望能鼓勵國內更多之物理教師嘗試將類似的教學策略引入於真實課堂，進而體會演示教學在學習上的定位與功效。

## 文獻探討：演示教學之教學理論與目的

根據許多科學教育的研究顯示，演示教學在教學上的功效，有許多方面是與物

理教師的觀點相分歧的。首先，演示教學的目的，並非僅為了提供課堂的娛樂效果，而是作為引導認知操作的重要工具(Crouch, Fagen, Callan, & Mazur, 2004)，個人建構學習觀認為，學習者主動的認知操作(cognitive engagement)是達成概念建構之必要條件(Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982)。其次，多位學者也強調演示教學不單為了驗證已知原理，更為了提供學生素材，引領其熟悉科學探究方法和技能，與促成科學概念發展之雙重目標(Etkina, van Heuvelen, Brookes & Mills, 2002; Roth, McRobbie, Lucas & Boutonne, 1997)。上述觀點突破實證主義的藩籬，而符合近年來興起的社會建構學習觀。

基於上述教學目標，演示教學引入課堂的模式，不應僅止於教師的示範和講解，而應該將演示的教材包裝成問題組來引導同學動腦思考、動手操作、並動口闡釋，以促進學習的成效。Roth 等人(1997)發現，侷限於教師示範和講解的教法，因未能提供學生檢驗其概念理解之機會，包含對另有概念的執著、術語意義的誤解、及對學習工具(如向量符號之定義)的陌

生…等，阻礙了教師適時提供介入教學 (teaching intervention) 的機會，削減了演示教學所預期的成效。

有鑑於傳統演示教學因缺少學習參與而成效不彰，學者建議演示教學的流程應包含預測、觀察、解釋(POE)三項程序，活動設計著重於學生探究過程而非教師講解 (Etkina, van Heuvelen, Brookes & Mills, 2002)。Crouch 等人(2004)的實證研究發現課堂兼顧同學預測與討論的演示教學設計，才能發揮演示教學的學習成效。另一方面，與建構主義相呼應，知名的觀念物理書作者 Aron (1994)則強調科學概念的理解，是需要靠反覆地檢驗與修正，才能逐漸建構出一堅韌的概念架構 (robust conceptual framework)，而生活化的演示教材往往涵蓋數項原理，成為誘導學生反覆學習，並統整多項概念的絕佳工具(Buncick, Betts & Horgan, 2001)。

綜合文獻之結論，符合上述策略的演示教學可達到以下之學習成效：1.在相同授課時數之限制下，能有效促進學生之概念理解，2.促進學習動機並誘導學生思考更多的相關問題，3. 衝擊學生之知識論上的理念(epistemological beliefs)與學習觀，體會物理理論與生活經驗的關聯性，以及概念間取得和諧之重要性(張慧貞，2003; Buncick et al., 2001; Chang, 2002; Crouch, et al., 2004; Elby, 2001; Hammer, 1995)。

## 研究目的

調查金門西南濱海地區待宵花族群的

分布狀況、族群密度的變化，及其生長環境的關係。

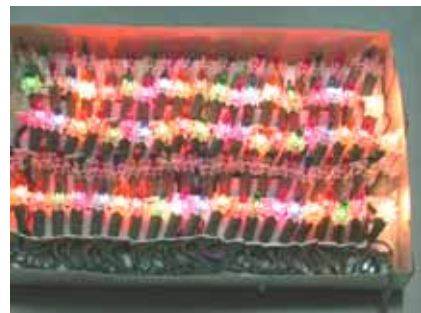
觀察待宵花的營養器官和生殖器官之形態和構造，探討它們對生長環境的生存適應。

以顯微測微器測量待宵花的花粉、表皮毛、氣孔大小和密度等，並觀察花粉管萌發的情形，以探討他們在濱海生長環境的適應性。

## 演示實例：繽紛聖誕學電路

根據上述之理念，本文介紹以聖誕燈為題材設計了一份題組，統整了以電路學為主的多項概念，並分別實施於高中生資優課程與大一普物課程。詳細之題組內容如下：

聖誕燈含 100 個小燈泡，具 5 段之閃爍，(如圖一)



圖一

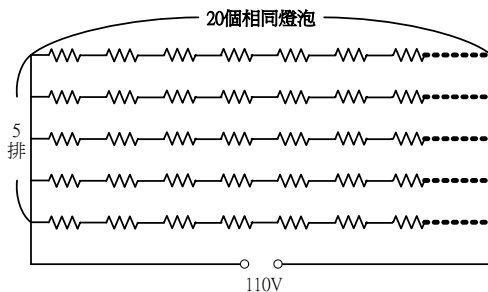
- (a)這些燈泡間是如何連接？串聯、並聯、或同時包含串、並聯之組合？
- (b)請畫出其線路圖。(想想如何接出一長串燈來？)
- (c)若每一燈泡電阻為  $30 \Omega$ ，則總電阻為多少？總平均消耗功率為多少瓦特？

- (d)燈泡閃爍的原理為何？共需多少個控制閃爍的裝置？
- (e)在包裝盒上有註明‘若有燈泡損壞，則請盡速修好，以免其它燈泡之損壞’，其基本原理為何？

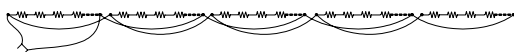
### 相關之物理原理

上述之題組所涉及的相關原理，根據各小題解釋如下：

- (a)元件串聯時電流相等，並聯時電流彼此獨立，故由閃爍之現象推測出這 100 個燈泡應包含 5 組並聯線路，每組各含 20 個串聯之燈泡，線路圖如圖二。
- (b)外觀為一長串之燈組，內部不一定為串聯 (DeBuvitz, 1992)，此聖誕燈組內 5 組並聯之燈串間必需拉出長串之形狀，故圖二之線路圖在實際裝置時應為圖三。



圖二



圖三

- (c)依據等效電阻公式，總電阻為

$$\left[ \frac{1}{30 \times 20} \times 5 \right]^{-1} = 120 (\Omega)$$

消耗之電功率

$$P = \frac{v^2}{R} = \frac{110^2}{120} = 101W^1$$

- (d)每段燈泡的閃爍是因其中含有一個控制開關的特殊燈泡，仔細觀察此燈泡內部，可發現此燈多出一金屬片，利用複合金屬熱膨脹係數不同之原理，在受熱時造成金屬片彎曲而斷電，冷卻後因還原而再度接通的原理，控制整段線路之開與關。因串聯時，只要一個燈泡電流不通即造成整段之斷路，所以，整組聖誕燈因含 5 段獨立之閃爍，故需要 5 個控制燈泡。
- (e)當燈泡損壞時，原有之 5 組並聯燈組將變為僅有 4 組運作，總電阻將因而增加(變為原來之 5/4)，總電流(I)因而減小(約成爲原來之 4/5)，考慮插頭之內電阻(r)，則每段之電位(110-Ir)將會因I之減小而增加，造成每段電功率增加，而較有可能繼續燒毀其它之燈組<sup>2</sup>。

在多次的教學過程顯示，本題之難度相當高，在作者教授之高中資優課程中，參與的 16 組高一學生(48 人)中，僅有一組正確地引用內電阻之概念，並完整解釋了此一現象。

<sup>1</sup>此題可延伸探討至交流電壓，家庭使用之電壓 110V 是正弦波電壓之方均根值，為最大值之 1/√2，故式中所算得之功率恰為其平均值。

<sup>2</sup>此題還可延伸至家電使用安全之探討，解釋同時插上太多高功率之電器時，會導致過熱危險的物理原理。

## 學習成效與迴響

本單元在高一資優課程中實施一周後，由參與的同學對單元設計提出他們的感想與建議，多數同學對此單元的回應都是正面的，包含物理原理與生活實例的巧妙結合，刺激學習參與，促進理解…等。例如：

‘從前沒想過平常容易看到的聖誕燈分段閃爍有什麼奇怪的地方，也從沒想過要去研究，這樣平常的物品裡頭竟然包含了如此微妙的原理，讓我覺得很不可思議，而且討論的過程很有趣，讓我收穫很多。希望多有此種對像聖誕燈這種平常不會令人注意，卻有微妙原理的分組討論、研究。’

‘光是一個聖誕燈，就能延伸出許多不同的問題，而由探討這些問題中也讓我學到更多，希望能有更多實驗可做。’

‘看起來閃得很神奇的燈泡，原理原來是我們可以解釋的，所以多一點自信再去找周圍的問題，很多(時候)，想一想，答案都在自己心裡了…。研究聖誕燈算是一種很好的實驗。’

‘這次的實驗真的很好玩，我們東試試西試試，都有找出問題單上的答案，又是自己操作的，很有成就感。’

‘電學很好玩，因為可以看到很多特別的現象，在聖誕燈組的討論中覺得很有成就感，總之很棒啦。’

‘日常生活中有許多特別的發明，其實都是一些最簡單的原理活用而成的。’

‘這個實驗使我印象深刻，而且每次只要看到聖誕樹有聖誕燈，我就忍不住地想和朋友介紹為什麼，我想他們應該覺得我很有學問吧。’

從學生的引述中似乎透露出，此單元不但能有效地吸引同學注意，並願意努力探索解答，多數人也能在過程中享受逐漸獲得答案的成就感，甚至強化其自信心。引述中出現許多主動學習的語詞，包含：討論、探討、想一想、理解、甚至研究等，顯示本單元刺激學習參與的教學成效。

部分同學也對實施細節與設計提供建議，例如：

‘當我們在做實驗時，真的很希望能夠討論出結果，可是在差一點達到結果時，(卻被中斷)希望時間能更為充裕。’

‘覺得利用問題單來上課，既能實際操作，加上一邊想問題的答案，比較容易理解。’

‘對於同一個現象的判斷或分析，可以給予多一點的例子，勝過考試前的複習。’

‘請提供更多的時間思考與討論。’

學生的意見顯示他們期望更多的探究實例與更長的討論時間。受到授課時數的限制與學生間程度的差異，權衡出恰當的討論時間，對教師而言是極具挑戰，但也是影響此類探究教學(inquiry-based teaching)單元成效的關鍵，教師需經由實際課堂實施的經驗，逐漸摸索出最適合的安排。

## 結論與建議

首先，本文介紹以聖誕燈為主題，引導學生探究相關原理的實施細節與迴響。利用學生所熟悉的生活素材，引起學生的興趣，再利用問題組的引導，藉由小組探究學習，逐漸釐清隱含在聖誕燈的物理原理，這種主動建構的學習歷程將比被動聽講來得有益於物理概念的理解。同時，學生在享受正確得解的成就感時，將可強化其自信心，成為繼續探索更艱深問題的動力，也較能體會物理與生活實例間的密切關聯，甚至更用心地以物理的角度去了解日常事物。因此，所能達成的學習成效涵蓋物理知識、學習態度，甚至知識觀等多面向的發展，符合物理學的廣義課程目標 (Donald, 1993)。

其次，本文也呼應學者們在文獻中對演示教學(Crouch et al., 2004, Buncick et al., 2001)的引用方式與教學功能的新觀點：讓演示教學成為誘導學習、刺激思考與同儕互動的媒介，而不僅止於是用來驗證理論或提高興趣。在學生問卷中反應出主動學習與小組互動的情景，包含「動腦想」、「動口討論」、與「動手試試」。同時，在小組討論之過程，教師也更能體會學生之學習困難，提供立即之引導，這些課堂活動，都較純粹講解(加演示)的灌輸式教學法，來得有益於學習。

另一方面，對於習慣於演講式教學，但又希望能提高自己課堂互動的物理教師們，Buncick 等人(2001)建議，可以嘗試性地利用示範實驗搭配問題組討論的教學設

計，實際體會此一教學策略之優點，本單元或許可以成為教師們首次嘗試的題材。

站在學習成效之立場，本單元設計包含以下幾點特點：1. 從問卷之回應顯示，此一聖誕燈探討線路之題材新穎，可避免學生直接套用記憶而作答，真正達到推理思考、促成概念發展的成效，2. 內含各種不同難度之小題，無論是高中或大一，各種不同程度的學生，都有其表現之處，但也有努力的空間，3. 需統整多項物理原理，有助於其概念架構之強化，4. 情境為學生所熟悉，能強化物理與生活之關聯性，提昇學習動機，燦爛多彩的視覺效果也有助於學習興趣。

然而，根據作者多次的課堂實施經驗發現(Chang, in press)，教師在實施細節上之些微差異，都可能對其成效造成關鍵之影響，故對有興趣引用此單元之教師，提出以下幾點建議：

1. 本項探究實驗單元需做細部之觀察，包含燈泡之接線以及燈泡內部之構造。故建議每小組發給一個燈組以利探究與討論，一組聖誕燈之單價約 100 元，所需之經費有限。但教師需事先安排充足的電源(延長線)，供各小組使用。
2. 無論高中或大一學生對串、並聯之原理都頗熟悉，為避免課程內容重複之負面觀感，相關原理可以暫時略去，待討論過後，再視答題情況給予必要之講解。此一「先問後教」的策略可提高課程挑戰性與學習動機，值得嘗試(Chang & Bell, 2002)。
3. 實施此一單元之教學，約需耗費完整的一

堂課(50 分鐘)，為確保教學流程的流暢不間斷，教師需審慎注意其引入時機。

4. 當一陣熱烈討論之後，常能激發學生提出更多的問題，建議教師能提供 3~5 分鐘，鼓勵學生寫下他們的疑問，藉此凸顯提問在科學探究之重要性。同時，這些學生的回應也可提供後續教學的珍貴資源，一來協助教師了解學生困難，補充所需之引導，二來可修改題組之設計或提供延伸問題之靈感，例如(e)小題就是源自先前學生的提問。
5. (e)小題之難度頗高，若班上無人當場答出，教師可保留為課後繼續探討的挑戰題。這項策略常能激發出同學更高的鬥志，傳達教師對同學高期望的訊息，帶領課堂氣氛進入另一高潮，並延伸課堂之學習。
6. 示範器材的展現方式也可能密切影響其難度，考量聖誕燈以盒裝(圖 1)呈現之模式與真實之線路圖(圖 2)形狀相仿，可能提供太多之訊息。故建議提問時可改以拉出之長串聖誕燈模式展示(圖 4)，此時推論線路圖題目之難度將大為提高。



圖四

7. 最後，建議教師們在引用此單元題組時，仍需抱著謹慎與彈性的態度，權衡學生之背景與學習情況，包含題目難度的合宜性，增減題目或條件敘述之完備性，甚至

相關主題的切入點…等，都將影響學生的學習意願與成效，因此，教師仍需持續地根據學生回應修改實施的細節，以發揮此教學法之最佳成效。

## 參考文獻

- 張慧貞(2003). “由哈佛到逢甲:普通物理互動教學的實施與成效”. 科學教育學刊 第 11 卷, 第四期, 第 391-406 頁。
- Aron, A.B. (1994). *A Guide to Introductory Physics Teaching*, New York: John Wiley and Sons Inc.
- Buncick, M. C., Betts, P. G., & Horgan, D. D. (2001). Using demonstrations as a contextual road map: Enhancing course continuity and promoting active engagement in introductory college physics. *International Journal of Science Education*, 23(12), 1237-1255.
- Chang, W. & Bell, B. (2002). Making content easier or adding more challenge in year one university physics? *Research in Science Education*, 32(1), 81-96.
- Chang, W. (2002). The impact of constructivist teaching on students' perceptions of teaching and learning. Paper presented at the 2002 National Association for Research in Science Teaching (NARST) Annual International Conference. New Orleans, 7-10 April, 2002.

- Chang, W. (In press). The Rewards and Challenges of Teaching Innovation in University Physics : Four Years ' Reflection. *International Journal of Science Education*.
- Crouch, C., Fagen, A. P., Callan, J. P., & Mazur, E. (2004). Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment? *American Journal of Physics*, 72, 835-838.
- DeBuvitz, W. (1992). Christmas tree lights—A "continuing series"? *The Physics Teacher*, 30(9), 530-532.
- Donald, J. G. (1993) Professors' and students' conceptions of the learning task in introductory physics courses, *Journal of Research in Science Teaching*, 3(8), 905-918.
- Elby, A. (2001). Helping physics students learn how to learn. *Physics Education Research, American Journal of Physics Supplement*, 69(7), S54-S64.
- Etkina, E., van Heuvelen, A., Brookes, D. T., & Mills, D. (2002). Role of experiments physics instruction— A process approach. *The Physics Teacher*, 40(6), 351-355.
- Hammer, D. (1995). Epistemological considerations in teaching introductory physics, *Science Education*, 79(4), 393-413.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Roth, W.M., McRobbie, C.J., Lucas, K.B., & Boutonne, S. (1997). Why may students fail to learn from demonstrations? A social practice perspective on learning in physics, *Journal of Research in Science Teaching*, 34(5), 509-533.

## 誌謝

本研究所需之經費由國科會專案研究計畫 (NSC-91-2511-5-035-001-) 與教育部『提昇大學基礎教育計畫』所提供 (90M503)，僅此誌謝。