數位時代下物理教師的困境與突破

邱韻如
長庚大學通識教育中心
e-mail：yjchiu@mail.cgu.edu.tw
Web：http://memo.cgu.edu.tw/yun-ju/index.htm

摘　要

行政院振興經濟新方案的『四年 5 千億計畫』，編列 71 億推動『建置中小學優質化均等數位教育環境計畫』，這項計畫讓資訊融入教學沒有城鄉差距，希望老師善用資訊科技提升教學品質，帶領教學革新。本研究以問卷調查 116 位大一理工科系學生在高中時代使用物理教材的情形，並訪談了 8 位現職高中教師及 20 位理工科系大一學生，除瞭解目前高中物理教學及運用數位教學的現況之外，更探討在資訊教學環境全面提升之際，物理教師目前的教學現況及其面對的各種困境，以及在 e 化趨勢下該如何突破其困境，發揮物理專業，創新與提昇 e 化的物理教材與教法。

關鍵詞：力圖、教科書、物理教材教法

一、前言

行政院振興經濟新方案的『四年 5 千億計畫』，編列 71 億推動『建置中小學優質化均等數位教育環境計畫』，此計畫於今年(2009)六月宣布啟動，預計今年底前，國中小將完成 6,500 間『e 化專科教室』，25,700 間『e 化數位教室』，其中所有偏遠及離島原住民國小將達到『班班有 e 化教室』。此計畫同時將更新高中職電腦教室 684 間，建置高中職班級 e 化教學設備 23,104 間，並設置 23 個高中職多媒體互動教師學習中心。這項計畫讓資訊融入教學沒有城鄉差距，希望老師善用資訊科技提升教學品質，帶領教學革新。本研究探討的問題是：在資訊教學環境全面提升之際，物理教師目前的教學現況及其困境，以及將面對的挑戰。

二、e-learning 的教學理念

1997年美國推動數位學習的先驅Elliott Masie，將許多能利用電腦及網際網路增強學習的方法，稱為e-learning。e 的原意是electronic，但常有人用各種e開頭的字來解讀，如easy、explore、enjoy、effective等等，Elliott Masie 也持續不斷的發展、推廣及廣義的延伸解釋e-learning。他在2005 ASTD年會演講時，提出『extreme learning』的突破性概念，他透過 e-learning 的發展提醒大家，現有的e-learning的思考面向都是技術面，他強調應該要真正地從學習者的角度思考，也就是education的觀點，他說extreme learning在

於突破傳統的教育訓練方式，透過新技術的運用、不同角度的思考，以及設身處地為客戶著想，設計更有效的學習過程，並將成本降低，縮短研發時數，對於企業、教材設計者、講師、學習者都有正面的幫助。他認為，e-learning 的成功並非來自於技術的進步，而是來自於自我學習時代。所有的技術只是在學習者想要學時的時候，提供最有效率的路徑。他說『extreme learning』就是『extremely different』！在自我學習的年代，學習將會是完全不同的體驗。透過學習者強力的自我學習意願，學習的時間與成本將大幅降低，效益才會提升。因此有人還推崇的說，e-learning根本就是Elliott-learning。

從『e』的解釋，我們瞭解到e-learning 是以學習者為中心，設計適當的教材與教法，引起學習者的學習動機及熱情，讓學習者樂在其中，透過數位科技，讓學習的經驗、體驗、學習的時間、地點、方式等等都可以有無限的延伸(extend)及拓展(expand)！

三、研究對象、方法與研究結果

本研究以問卷調查 116 位大一理工科系學生高中時使用教科書的情形(表 1)，並訪談了 8 位現職高中教師及 20 位理工科系大一學生，以瞭解目前高中物理教學及運用數位教學的現況。此調查與訪談並非全國性抽樣與統計，但可供參酌。根據研究者的瞭解與調查，絕大多數(91%,105/116)高中學生都有購買物理課本，但大多數(78%,91/116)物理老師上課不使用課本，而是採用市售講義或自編講義。從面談中瞭解，學校所安排的物理課時數，大多超過課綱的規定，課後補習的情況相當普遍。大多數高中物理教師教學時仍以黑板板書為主，僅有極少數教師全面使用簡報軟體(power point)教學。教室裡配備有單槍及電腦的情況並不普遍或者設備不齊全，即使教室已配置單槍及電腦，物理老師也大多不使用，只有少數教師偶而使用。上課內容常以解題為主，只有極少數的老師會在課堂上進行示範實驗，學生進實驗室做實驗的機會並不多。

表1、高中物理課本使用情形　(調查樣本：理工科系大一學生116位)

	(調查 b)		(調查 c)		
(調查 a)	Y	N	Y	N	合計
Y	20	5	25	0	25
N	20	71	80	11	91
合計	40	76	105	11	116

(調查 a)您的高中物理老師上課時有沒有使用物理課本？有(Y) 沒有(N)
(調查 b)您在高中時有沒有讀過物理課本？有(Y) 沒有(N)
(調查 c)您在高中時有沒有購買物理課本？有(Y) 沒有(N)

四、問題與討論

許多物理概念都非常抽象的，光用黑板板書，不容易讓學生具體瞭解，可以透過圖形、動畫、示範實驗、影片、互動與討論等等來輔助教學。為什麼大部分的物理教師還停留在用粉筆教學而不使用數位科技？有哪些困境待突破？

(一)解不完的物理難題

在升學考試的桎梏下，不知從何開始，解題漸漸成為物理教學的主角。三十多年來累積的歷屆大考考題早已成為學生必做的練習，而且每個考題的變化題還不斷推陳出新。在一綱多本各家競逐下，不僅教科書的習題數量越來越多，各出版社均蒐集製作大量

的題庫，隨著電子檔的方便流傳與複製貼上，這些題庫越累積越龐大，難題更是有增無減。很多物理題目都需要解題技巧，熟練解題技巧是不是能幫助學生建立正確的物理概念？物理教師上課時不用課本，但各版本的習題例題能不教嗎？歷屆考題及其變化題能不教嗎？高中物理教師該如何面對這些解不完也教不完的題目？

解不完的難題伴隨著支離破碎的物理概念，學生以背誦大量公式不求甚解的策略在題海中求生存，在繁重的課業壓力下，需要時間的思考與探究成為極端奢侈的動作，這是目前高中物理教學的困境之一。

(二)畫不出正確比例的圖？

在解物理題目時，繪圖往往扮演著關鍵的角色。以『靜力平衡』單元中『箱中兩球』(圖 1a 和 1b)為例，夾角 θ 會隨箱子寬度的不同而不同，在教學時，要根據題意畫出正確比例的圖，才能正確判斷 θ 的大小，這是解題時非常重要的關鍵。用紙筆畫出正確比例的『箱中兩球』圖，需要費一點心力，若要用粉筆在黑板上畫，則是一項極艱鉅的任務，更何況當箱子寬度改變時，整個圖必須重畫。圖形比例畫對了，才好找出圖中的各種作用力及其角度關係，解出此題。

作者認為，教學時在黑板上呈現正確比例的圖以及書面教材上附有正確比例的圖，是絕對必要的。但要老師在黑板上用粉筆畫出正確比例的圖不僅費時，也有點強人所難，解決之道是可以先畫在大張海報上或是使用電子檔。作者檢視物理課本、教師自編教材或市售講義以及各種物理試卷，發現這些教材所繪圖形的比例有不少是不太正確的，不僅如此，圖形大都畫得太小，就算比例正確，學生還是必須自行重繪，才能從中瞭解力的關係。許多學生都知道教材上的圖畫得不對，一位學生告訴我說，上課或複習時，他眼睛看著黑板或講義上的『示意圖』，同時要在腦袋裡想著正確的圖。

因為學測指考等入學考試不能使用計算機，因此高中物理教學也訓練學生不用計算機，考題習題的設計也隨之配合。『箱中兩球』題目的設計都會讓 θ 角剛好是特別角，在老師直接告訴學生力的夾角之後，學生只要把相關幾種題型背起來就知道答案，在這樣情況下，繪圖的重要性剛好沒有被凸顯出來。相較於『箱中兩球』，爬梯和樞紐問題較好繪製，但教科書上仍出現比例不正確的圖形(圖 1c 和 1e，圖中三角形不符合 3:4:5 的關係)，更嚴重的是，力的長短畫不正確的情形屢見不鮮(圖 1d 和 1e)。以爬梯問題為例，教師在教學及出考題時，還應該要能隨梯子倚靠角度不同而畫出正確的圖，以及畫出正確長短的力，才能幫助學生使用『合力為零』及『合力矩為零』來解出這一題。

由此看來，在數位時代，物理老師應該要具有電腦繪圖的能力，或者在紙上繪圖後掃瞄成圖檔，或者找到可以隨時幫忙繪圖的人，才能真正具有自編教材或出考卷的能力，否則只能受制於坊間現成的題目與圖片。高中物理包含大量的公式、科學符號以及圖示，因此在編製教材及出考卷時，光是基本的電腦文書處理，是不敷使用的。這些不使用電腦繪圖的老師，只能採用現成的圖，偏偏題庫或坊間教材裡的很多圖畫得不是很正確，因此，如果物理教師不會繪圖或者不會修改圖，當題目數字變化時(如箱子寬度從 3R 變成 3.2R)，就會出現圖形比例不對的情況。在快速解題的教學氛圍中，背各種公式以求速解成為潮流，教科書、坊間教材及考卷，充斥著比例不正確的『示意圖』竟漸成

為見怪不怪的常態，於是，越來越沒有老師及學生願意花時間正確繪圖，甚至不認為正確畫出力圖是重要的。

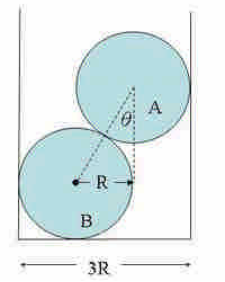

圖 1a 箱中兩球問題
(作者自繪)

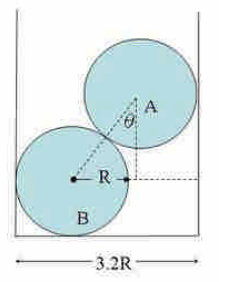

圖 1b 箱中兩球問題
(作者自繪)

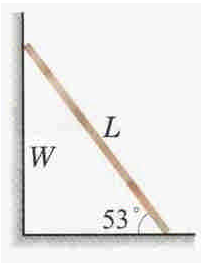

圖 1c 爬梯問題
(教科書上的圖，比例不太正確)

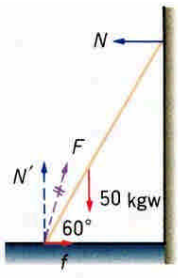

圖 1d 爬梯問題
(教科書上的圖，力的長短不正確)

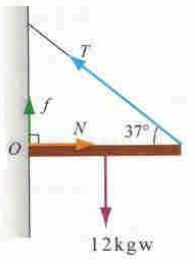

圖 1e 樞紐問題
(教科書上的圖，比例及力都不正確)

(三)教學時使用簡報軟體(power point)的方便與不便

power point 可以整合文字、圖片、動畫，還可連結影片檔及網頁，若能靈活流暢的運用在物理教學上，對理解抽象的物理概念助益不少。目前各高中使用或偶而使用簡報軟體(power point)教學的物理教師算是少數，除了硬體環境無法充分配合之外，將教材全面電子化所需要的時間及精力，遠遠高於使用板書來教學。

先從硬體環境來看。有些高中，全校每間教室或部分教室已配備電腦及單槍(液晶投影機)，有些學校的教室有固定式的單槍，但電腦必須用借的，或是教室有電腦，單槍要借；更多學校的教室是單槍和電腦都沒有，要用的話請到專科教室。一位在南部任教高中的物理老師，幾年前就自己買了單槍及筆記簿電腦在上課時使用，他說，學校的單槍有限，無法保證每堂課都能借到，公用筆電的狀況又無法掌控，如果不自己買，如何能每堂課使用自如？試問，有多少老師能像他這樣自備教學硬體設備？此外，學校配置的這些數位教學設備，除了要從教學的觀點出發來做設計，還必須有完整配套的維護及管理措施，才能讓這些數位硬體發揮該有的功能。

即使教室已經建置e化講桌及單槍，物理教師使用的還是不多，因為教材全面電子化所包括的圖形繪製問題、公式輸入與推導方式、動畫使用與設計、影片播放與剪接等等，樣樣都讓教師們卻步。有不少物理教師認為公式的推導『一定』要用黑板板書一步一步推，才能讓學生看到過程；運用之妙存乎一心，可以把每個式子先用『方程式編輯器』打好之後，在power point上圈出重點、設定每個式子出現時間的先後，利用『無線簡報器』來操控，一樣可以呈現推導的過程，而不是整頁一次呈現出來。許多書商都為教師們準備好了各種現成的power point、圖片、動畫、影片等等輔助教材，但這些輔助教材不可能適用於每位教師的教學，如果教師不會編輯或重新組合，還是很難靈活運用於課堂教學。有了電子化教案之後，還必須投入更多的時間及心力在課前備課上，才可以讓教學更生動及流暢，例如要播放動畫或短片，必須事先剪輯好影片並考慮上課所使用的電腦是否有相關的播放軟體及喇叭。

使用 power point 的物理教學，一定比寫黑板好嗎？我問過很多學生，他們的回答都是：要看老師。抄黑板講得好的老師，藉由科技設備會幫助老師的教學更生動精彩有效率。抄黑板很無趣的老師，用起power point還是很無趣！

(四)一靜不如一動

如果物理老師會繪圖，還會靈活使用 power point，那再更上一層樓的技術就是設計與製作動畫。物理有些概念，例如和波動有關的概念(行進波、駐波、都卜勒效應等等)，適合透過動畫來輔助教學。會畫動畫的人可能不難找到，但必須他們要具備足夠的物理背景或透過與物理教師充分的溝通，才能畫出實用的物理動畫來。書商提供或網路上蒐集的動畫當然可以使用，但若教師自己不會修改或自行設計，總是常會有『受制於人』的遺憾。

(五)什麼都有的e化教室

e 化教室的興建是時勢所趨，政府在今年挹注大量經費，全面提升全國中小學的資訊教學環境。目前台灣已有 TEAL 教室(Technology Enabled Active Learning)、BEE 教室(Beginning of Easy-learning and Easy-teaching)、TEAM(Teaching with Exploration, Active learning and Multimedia)、未來學校、K12 數位學校等等各種 e 化教室。以虎尾高中 TEAL 教室為例，整合了各種數位學習的硬體設備，如以科技設備來帶動學生主動學習。學生圍五個圓桌而坐，便於討論，桌上的筆記簿電腦，可以隨時收起來擺置實驗器材做實驗。四面牆壁上都有螢幕，另外還有 5 個黑板，可以讓各組學生在黑板前討論並寫下來。教室有電子白板、IRS，教師的中控桌上，有電腦、實物投影機、手寫板等，天花板上裝設有許多攝影機，教室內各個角落的活動情況都可以經由中控桌的操控及選擇，投射到四個大型螢幕上。自 2006 年落成後，作者常有機會在此教學，配合虎尾高中自製的教具，靈活運用各種 e 化設備，為此教室量身定做設計了許多套教案，以教材與教法彰顯此教室的各種功能與目標。我們給了 TEAL 一個本土的詮釋：藉由 Made in Taiwan 的教材、教法、示範教具與資訊設備，在 Taiwan 以 E-learning 帶動學生 Active Learning。

在 e 化教室上課，是不是比較輕鬆(easy)？教材教法的精彩生動基於事前的充分準備，上課活動進行是否順暢，更有賴於現場的器材操控順暢，在軟硬皆備與充分準備下，才有 easy 的可能。

(六)用IRS 提昇互動

使用IRS (Interactive Response System，即時反饋系統)也是一個趨勢。國內已有幾所大學及中小學開始使用。每位學生用手中的遙控器，對著一個與電腦連線的接收器，就可以在上課的過程中按答案，隨時進行提問、隨堂測驗或其他師生互動的活動。IRS使用的成功基於教師能否有足夠的題庫，設計出好的問題，以及能否善用即時統計出來的結果帶出不同的概念，引起課堂討論氣氛熱烈，讓學生參與感增加，表達意願及能力提升。IRS只是一個工具，重點應放在整套的教學策略上。課堂的主角仍是教師與學生，老師用心設計教學活動及選答的題目，引導學生主動學習，才能達到最大成效。IRS侷限在選擇題，但好的物理選擇題並不好出，題目的設定若能和學生的迷思概念有關，可以藉由回答選項的即時統計，引起學生討論及思考，或讓學生表達其想法。如果題目出得不好、隨便採用不適合的題目、使用頻率過高，學生也只能虛與委蛇的亂按鈕來應付，如此，IRS可能只能淪為點名的工具。

(七)示範演示實驗、實驗室分組實驗與實驗影片

近十幾年來，國內有許多老師推廣及在課堂上進行示範教學，網路上也有許多相關的影片或動畫。這些網路上的影片，可以幫助教師學習、準備器材及預先操練，但有些老師會以播放影片的方式來取代實際表演，以節省上課時間及實際器材操作所面臨的各種相關問題。示範教學使用得好，可以達到提高教學的活潑性、讓學生眼見為憑、增加互動、製造認知衝突、引起思考與討論等等目的，若太快給答案、不引導學生思考與討論，也有可能會揠苗助長，造成讓學生因知道答案而不繼續思考的負面效果。

除了示範實驗外，到實驗室進行分組實驗，是學習物理基本的訓練，但很多老師基於時間及設備有限，省略了這個機會，少數老師會以實驗影片來取代，雖然這比黑板講解來得好一些，但是仍有許多問題。影片不能取代真正做實驗，要如何拿捏及使用，物理教師應有專業的考量。

(八)教學平台、互動式討論區(phpbb 和 XOOPS)與遠距教學

透過網路，將資訊技術運用在教學上的方式還有許多，像教學平台、互動式討論區的建置與使用(例如 XOOPS 和 phpbb 討論區、部落格、線上論壇等等)、開放線上課程(MIT, Open Courseware Initiative)、遠距視訊教學…等等，因篇幅有限，不在此一一敘述。

五、結論與建議

在趕進度拼升學的氛圍中，用粉筆寫黑板，單向灌輸式的教學對老師來說看來是最簡單便捷的教學方式。強調互動、使用 power point、各種教具、各種科技設備、網路論壇、線上課程，對老師來說，絕對不會更『方便』更『輕鬆』，而是要投注更多的時間與心力：需要事前準備規劃、軟硬體環境的配合、課堂助教的協助，還要隨時應付臨時所突發的各種情況。在學校還沒有足夠的硬體設備、教學平台及人力支援的環境欠缺支援的情況下，我們實在不能苛責那些一動不如一靜的老師。但是，政府已經投注大量經費建置數位環境，教師們也必須起步跟上時代。從本文前述的討論看來，物理教師似乎要十八般武藝樣樣精通，才能合乎數位時代的教學要求。

作者認為，物理教師一定要克服繪圖的問題，採用適合自己的方式，繪出正確比例的圖，才能把正確的概念教學生。從基本電腦文書處理開始，慢慢學習使用電腦繪圖、修改圖、輸入公式等等 e 化技術，才能逐漸具備自行編製電子檔案的能力。在這些能力都具備之後，行有餘力可以更上一層樓學習動畫、影片拍攝、剪接等等更高層的技術。以上的各種 e 化技術，一方面企求軟體環境的發展能逐步降低使用的難度，讓學習及使用越來越 easy，另一方面更需要教師投注心力學習與使用，熟才能生巧。教師不見得每樣都要專精，但要將物理專業透過 e 化來呈現，教師必須要對 e 化技術有所瞭解，即使不夠熟練，也因為有涉獵，才易找到適合的專業人員來協助將構想實踐出來。

我們可以鼓勵但不可能要求每位教師都能熟練上述的各種 e 化技術，因此國家資訊教育環境的建設，必須軟硬兼施，投注大量經費所建設的硬體環境要符合教學專業考量的設計，軟體的投資更不能忽略，例如如何做出相容的平台、創造友善的介面、運用新的技術與軟體等等，讓繪圖、製作動畫、剪接影片等等更簡單。除此之外，建立教學平台、資料庫或教學資源中心，整合不同教師不同的專長，讓教師們可以透過交換平台，

分享交換教學所需的各種資料、經驗、內容，而不必每位都花許多時間去學習數位技術、樣樣精通，而有更多心力可以發揮創新物理教學、發展物理教材與教法。

e-learning 推動人們學習觀念的革新，而革新的學習觀念也需要 e-learning 來實踐。從 e 的釋義中給我們的啟發是，從 learning 的角度出發，著眼於學習者的 education，從教學者的『心』出發，一點一點開始做，克服環境的困難，等到 e 的條件水到渠成，就能立刻上手如虎添翼。如果只是被動的等，即使 e 的環境都健全了，上課的方式還是可能會讓學生覺得很無聊，讓自己覺得 e 化教材及設備是負擔。

教學迎合考試、課程內容太多、教學時數不足，雖然是老掉牙的問題，但也一直是未能解決的問題。面對不可擋的 e 化趨勢，物理教師是否能有高度的熱情，積極突破，克服上述的種種困境，藉由 e 化帶領學生主動積極的樂在學習？期盼在軟硬體大環境的持續改善下，物理老師們能發揮物理專業，創新與提昇 e 化教學的物理教材與教法。

參考資料

1. 邱韻如(2007)：科技始終來自人性：從人性和科技看互動教學的實踐，發表於第二屆「科技社會中的課程與教學變革學術研討會」，國立暨南國際大學課程教學與科技研究所及師資培育中心主辦 (2007/10/19)
2. 邱韻如(2009)：從難易槓桿之平衡探討高中物理的教與學：以『靜力平衡』為例，2009 全國物理教學及示範研討會，東吳大學物理系主辦，2009 年 8 月 20~21 日
3. 教育部(2009)：提供優質化均等數位教育環境計畫，http://erp.moe.gov.tw/plan.php?plan_code=05