

如何實施教學活動以增強研究發展能力

王光復

國立台灣師範大學工業科技教育學系副教授

壹、前言

研究發展是科技創新改良的手段。其意義是把一個新的科技概念(或新的解決問題的方法)，轉變成為新科技產品、新製程、新服務，真正的為人群服務。

研發的程序包括:(1)研究、(2)發展、(3)測試、(4)展示、(5)行銷及推廣應用。先做基礎研究(概念的可行性研究，再進一步結解技術難題(通過實驗室性能測試)，及實際使用場所的測試，最後則研究如何解決其技術上、市場行銷上、及財務上的困難，以便設法推入市場，提昇新科技之商業價值，進而達到經濟規模(Technologies Institute Secretariat, 2006)。

科技的創新必需透過科技研發，完成商品化，才能得到報償。商品化是指把創意(新的概念、新的點子)轉變成為新的產品、新的製程(新的工藝過程)、新的經營管理模式(商業模式)，成功進入市場，甚至導致新企業(項目成長如創業融資上市)及新市場的產生。

研究發展不只是科技產品和服務的創新，也包括製程方法的改良，及產生新的商業模式(business model)、市場行銷及策略聯盟等 (National Center for Technology Innovation, 2007)

企業要能加快自主研發的流程，縮短新產品開發所需的時間，而推出市場所需的創新產品，才能具有競爭力，而存活下去。這種創新研發的能力，決定企業的興衰以及國家經濟的發展，譬如韓國產業的崛起，其成長關鍵，就是來自研發能力的提升(盧諭緯, 2002)。

在現代科技社會，如何研究發展已經成為每個人都應該具備的科技能力，不但要了解研究發展的原理，還應該體驗研究發展的程序。在日常生活及工作之中，時時刻刻都能發現值得創新改良的問題點，能產生研發創意(can develop his/her own research ideas)，能進行研究發展，如此將變成更有產能的人，全國的科技人力素質因此也得到大幅提昇。

如何在生活科技課，教導學生們提昇其“研究發展的能力(research and

development skills)”，理應是所有從事科技教育的同仁所應該關注的問題，因此、本文就是想嘗試的解答這個問題，並分成下列四點來探討：(1)為何科技教育的教學活動可以增強研發能力，(2)教學活動之實施宜掌握之原則，(3)研究發展之教學活動實施方式，(4)如何撰寫教學計劃，(5)如何評量研發能力。由於筆者才疏學淺，管窺蠡測，所見有限，至盼透過本文，把所歸納的想法，提請各界專家學者共同來思考、激發討論，最終能使這個基本而重要的問題，找出更正確的答案。

貳、科技教育的教學活動可以增強研發能力

研究發展是重要的科技能力，國際科技教育學會(ITEA)所訂的科技能力標準第十條明白列出，學生在設計方面的科技能力，應透過解決問題的活動，體驗如何進行：故障檢出、研究發展、創新改良、以及實驗(ITEA, 2003)。

科技教育(生活科技)之教學，對研發能力之增強具有下列功能：(1)可以增強同學之科技素養以及日後面對科技問題之創造思考及解決問題的能力，(2)為未來進入職場後之創新工作做準備，(3)使能好好思考及練習著手去改善人類生活品質，(4)使能習於主動的有創意的去解決問題，(以獨力的方式，或以形成團隊的方式)，(5)會針對需求、期望、及機會，發展出科技概念或製造出產品或系統，(6)除了學會實用技能，還會評估過去和現在的科技，理解功能及產業實況，並能注重審美、社會及環保，(7)使能明智的選用科技產品，並能從事創新改良，(8)設計與製造的教學活動，能充分體驗創新設計流程，及了解科技研發程序，因而能增強設計、應用、檢修、測試、維護、實驗等科技能力，更能增進學生對科技研發及控制的能力(王光復,2007)。

要想增強學生研究發展的能力，必須採用專題製作研發類(research and development project)的教學活動(Alexandrov, 2008)，其理由可簡單歸納為下列三點：

- [1]. 研發能力必需要靠體驗而非告知：研究發展的方法以及科技產品設備的作用，都是有賴操作及應用，才能建立體驗、及才能真正了解的。一般教學時採用的教學活動，如觀看一個教學錄影帶，以及教師的生動描述講解，並不能使學生體驗如何研究發展。反之，透過動手做的實習課，讓學生有機會實際進行設計製作及操作練習，通過這種實踐活動才能真正學會。

[2]. 複雜的科技問題及科技產品流程等的創新改良,有賴從解決基本的科技問題,或進行簡單的實用設計,來建構設計及解決問題的能力和經驗。這些基本設計製作的能力,經由鍛煉,才能夠舉一反三,而應用到類似的情境,產生“學習轉移”的功效。

[3]. 很多重要的研究發展能力,諸如“注重系統總體效益的系統思考能力”,“強調分工合作、溝通協調配合、及團隊合作的態度”,“講求品質、時效、檢討改良、及精益求精的精神”以及“針對實際需求、講求商品化及市場行銷”等能力,也是需要透過各種教學活動才能培養。

參、研發能力教學活動之實施原則：

教學活動就是要讓學生們能有機會動動手、動動腦,而不是被動的聽講。

透過教學活動、使學生能經由：瞭解及體驗科技產品設備之性能、運用、評估、及操控管理,而增強科技應用管理及處理工作事務的能力。

所選擇的教學主題,和所設計的教學活動,不能太偏重理論(探討原理及性能),而應該強調探討方法及問題之解決。換言之,教學活動應該著重於:“如何做判斷及做決定”、“如何選訂目標及策略”、“如何安排工作流程”、“如何使用工具機械設備”、“如何有效運用”、“如何設計製作”、“如何解決實際的問題”,如此才較有機會使你的學生有機會增強其解決問題及研究發展的能力。

要教好研發能力,必須做好下列準備,及強調下列知識技能：

- 準備安排及佈置一安全而有利於學習的實習場所,
- 能使學生演練設計及解決問題的方法技巧,
- 能使學生練習展示及說明其設計意旨及工作程序,
- 能讓學生有機會體認現實的,最新的科技發展現況(Lee, H, 2004)。
- 除了學習製作技巧,還要加強學習創新研究能力,
- 研發的教學不應該只是侷限於技術,而應擴及管理及行銷。
- 除了學會研究發展所而的科學和科技能力,還要增強洞察商機 (identification of commercialization opportunities),
- 在增進研發(R&D)能力的基礎上,若欲增進創新能力(Innovation Skills),可進一步的補強其他專業能力:產品研發及商品化能力 (New Product Development or Commercialization Skills),製程改善能

力(Productivity Improvement Skills), 創新合作能力(Innovation Partnering Skills), 科技管理能力(Technology Management Skills), 和創新人力資源發展能力(Innovation Human Resources Development Skills), (Atlantic Canada Opportunities Agency, 2007)。

肆、研發能力之教學活動實施方式：

研究發展的教學活動可分成設計、製作、及檢討改良三大階段。

設計階段主要的教學活動為：(1)腦力激盪、集思廣益、產生新的科技概念、尋求解決方案，(2)文獻探討、了解對這個問題，目前人類已經發展出那些科技方法及工作技術來解決，充實修改自己的科技概念，使對研發的體認更趨成熟，(3)調查研究有哪些工具、儀器、材料、設備等適合來使用，(4)進行設計及製作，繪草圖、製作模型、建構解決模式、完成細部規劃、解決方案計劃、或建構出原型，表達出科技概念的效能，並不斷的進行測試、檢討、改良，(5)彙整資料，撰寫設計圖說及設計總報告書。

在教導學生如何增強研發能力之前，首先要先教“研究發展”的意義和價值，然後教導研究發展的程序方法，然後指導進行設計製作(專題製作)及“動手做解決問題”類的教學活動。另外，除了講課，安排學生動手做實習，還要要求學生把實習工作之學習歷程做成檔案記錄，亦即製作學習心得集(Portfolio)，又稱為學習歷程檔案或學習卷宗。其內容包括：

- 設計製作工作物之研究心得(背景情勢、需求、理想、作用、最新技術發展等)；
- 分析出設計之有利條件(資源)及限制；
- 設計製作的目標(功用、性能、原型之規格、結構、造型、使用方法等)；
- 進行研發的程序(策略、工作進度、步驟、方法、工作草圖等)；
- 進行測試分析評估及檢討改進(自行評量、同儕評量、家長評量、教師及專家評量等)。

伍、研發能力教學計劃之撰寫要項

要做好教學工作，事先思慮周詳的教學計劃是不可少的。

對於教學計畫之撰寫方法(教學計劃的格式及撰寫要項)，筆者的建議是：教

學計畫之要項宜包括：(1)單元名稱，(2)教學活動簡述，(3)教學目標（技能指標）及價值，(4)所用器材及教學資源，(5)課前準備，(6)教學活動安排，(7)探討之概念及想解決的問題，(8)學習方法，教學活動步驟，(9)教學輔導及教學指引，(10)評量之方法，(11)學科評量（測驗題，標準解答），(12)技能評量活動說明及評量表（Rubrics），(13)參考資料，(14)附錄。（王光復, 2003）

以下列出各要項的撰寫要領：

1. 單元名稱：題目不要太大、不要太不明確，宜設法縮小到某一特定主題(解決特定問題)，譬如：在某種指定情況下、正確的完成什麼作業(或工作)。
2. 教學活動簡述：可列出：(1)教學活動之內容(做什麼活動)；(2)教學活動之流程(怎麼做)；(3)教學活動之意義(做這個活動有何價值)。
3. 教學目標（技能指標）及價值：可列出：(1)能力目標，(2)知識目標，(3)情意目標，(4)學會本技能之價值或意義，具體說明希望學生能夠增長什麼樣的研究發展能力。
4. 所用器材及教學資源：可列出教學所可能用到的器材及教具(含媒體)：(1)教育設施(場地、教室)之需求，(2)教學設備(教具、機具、器材、材料、媒體等)之需求，(3)教材、課本，(4)其他教學資源。最好採器材表方式呈現。
5. 課前準備：可列出如何安排教學情境及完成場地設備之準備：(1)教師自己要做好什麼準備、如何展示、如何教，事先計劃好示範講解等教學之步驟及注意事項，(2)教師要設法塑造成什麼樣的教學環境(如何佈置、如何準備、要求別人支援什麼)，(3)規定學生要做好什麼準備、作業規定等。
6. 教學活動安排：可列出：(1)整個教學時段之時間安排如何？，(2)如何讓學生們知道將要做什麼活動？以及為什麼？，(3)活動流程步驟方法(如何實施,怎麼做)？，(4)有那些補充規定？注意事項？，(5)教學活動目標，希望達到的理想標準為何？，(6)如何安排結束此活動(或這一節課)。
7. 探討之概念及想解決的問題：可列出：(1)要讓學生在這節課學會哪些概念，(2)要學會解決哪些難題，(3)待研究問題之界定(釐清):詳細

說明問題的重要性及性質及希望解決的地方，可能提出的對策，最佳的研發程序及其理由。

8. 學習方法，教學活動步驟：可列出：(1) 要安排哪些教學活動，採用哪些教學方法，各用於何種情況，(2)協助找出可能的解決方案，及討論各種可能的解決方案的利弊和優缺點。
9. 教學輔導及教學指引：可列出：(1)如何發現有那些同學需要輔導，(2)如何發現有那些困難點(學生們學習上困難之所在)，(3)在學生學習過程如何給予以輔導(不同的困難情況時)，(4)要提供哪些教學指引，使他能自行學習。
10. 評量之方法：可列出：(1)評量的宗旨、原則、(全學期的評分制度)，(2)本次教學活動將採用的之評量方法，(3)評量之結果如何處置(如何透過評量改進教學)，(4)學生作品或研發成果之觀摩、討論、評估優缺點、及提出改良建議。
11. 學科評量(測驗題，標準解答)：可列出：(1)哪些所教的概念和情意(態度)要用哪些測驗題來考，(2)測驗題及標準解答，(3)學科評量的時機、安排、及施測方法、評分方法。
12. 技能評量活動說明及評量表(Rubrics)：可列出：(1)哪些所教的技能(能力)和情意(態度)要用哪些技能評量活動(術科考核)來考，(2)技能評量活動(術科考核)測驗題及標準解答，(3)術科評量的時機、安排、及施測方法、評分方法。
13. 參考資料：可列出：(1)圖書、期刊類參考資料，(2)網頁類參考資料，別忘了要註明是什麼網站，哪一天查閱的；且要依序。(3)教學媒体或教學遊戲等軟体等。
14. 附錄：可列出：(1)和本教學計畫最有關的資料，(2)和本教學計畫次有關的資料，(3)和本教學計畫稍有關的資料，(4)在撰寫作過程中，如果發現與本教學計畫有關的資料，能夠收集起來，對於日後能有參考價值的，都可列入。

陸、研發能力之評量

研發能力的評量，應著重於解決問題滿足需求。可以從知識和技能的角度來評量，也可以從設計製作的作品表現來評量。

「知識部分」的評量，可從是否了解：(1)科技的系統和程序，(2)科技的評估管理及應用，(3)創新設計與解決問題的方法，(5)工具機械材料等之性能，及(6)製造方法等方面來評量。

「技能部分」的評量，可從是否會做：(1)設計，(2)加工製作，(3) 連接、組合、裝配，(4)完成檢測(感測)及操縱控制，(5)撰寫程式，(6)進行性能測試及調整等方面來評量。

「作品表現」的評量，可從以下列的考核各點著手：

- (1)是否切合所需解決的科技問題，
- (2)想改良的科技產品性能是否真的得到提昇，
- (3)想改良的科技流程方法是否真的比原來方法好(更經濟更有效)，
- (4)所完成的研發成果是否安全環保而沒有不良的副作用，
- (5)研發初期有沒有對現實需求做研究調查，
- (6)研發過程所採用的測試方法是否經濟有效，
- (7)整個研發過程是否符合理想的研究發展的原則，
- (8)整個研發有沒有對目前人類已經發展出的科技方法和技術做一現況分析

析及方法的比較研究(Lee, H, 2004)。

柒、結論

以上、筆者參考歸納各類文獻資料及依據多年教學經驗，提出對研發能力之如何進行教學的看法，包括：(1)為何科技教育的教學活動可以增強研發能力，(2)教學活動之實施宜掌握之原則，(3)研究發展之教學活動實施方式，(4)如何撰寫教學計劃，(5)如何評量研發能力。由於目前的課程標準及實際施教似乎過度偏重科技知識的傳授，而忽略了動手做及對研究發展能力的培育，因此本文之撰寫，是希望能提起全國生活科技教師的注意，最好是能夠拋磚引玉，透過科技教育同仁的集思廣益，研擬出一系列容易採行的教學活動，而使全國學生的研究發展能力能夠得到普遍的提昇。

參考資料

- ◆ 王光復(2007) 以教學活動來取代講授,讓學生加深體驗去認識科技及控制科技.生活科技教育月刊二〇〇七年四十卷第四期.
- ◆ 盧諭緯(2002). 研發中心, 構築下一個黃金 10 年? 2008 年 5 月 17 日, 取自 http://www2.bnext.com.tw/mag/2002_09_01/2002_09_01_220.html
- ◆ Alexandrov, N. (2008). Advanced European ERASMUS MUNDUS MSc in Network and e-Business Centered Computing. ACET Centre, School of Systems Engineering, The University of Reading., Retrieved May 20, 2008. <http://www.reading.ac.uk/sse/pg-taught/sse-pgtadvancedEuropeanErasmusMundusMSc.asp>
- ◆ Atlantic Canada Opportunities Agency (2007). The Innovation Skills Challenge: Making innovation happen in Atlantic Canada. ISBN Number: 0-662-66710-7
- ◆ ITEA(2000). Standards for technological literacy: Content for the study of technology. Reston, VA: Author.
- ◆ ITEA(2003). Advancing excellence in technological literacy: Student assessment, professional development, and program standards. International Technology Education Association. Reston, VA: Author.
- ◆ Lee, H. (2004). Technology Education Structural Systems. Course # 8141. Public Schools of North Carolina, State Board of Education. Retrieved May 18, 2008. http://www.ncpublicschools.org/cte/technology/curr/8141_curriculum_guide/8141_curriculum_guide_2004.pdf
- ◆ Technologies Institute Secretariat (2006). ENERGY TECHNOLOGIES INSTITUTE – ADDITIONAL INFORMATION. Retrieved May 20, 2008. Energy Office of Science & Innovation. <http://www.berr.gov.uk/files/file34029.doc>