

科技實作課程發展中教師實務知識建構之個案研究

周淑卿* 王佩蘭**

十二年國教課綱重視探究與實作，如何在不同領域實施具有探究性的實作課程，備受關注。隨著自造者教育興起，科技實作課程受到中小學重視。然而，小學並無科技領域，既無課程綱要亦無教材，雖有相關理論與可參考的教學案例，但是許多教師尚未能充分理解與轉化這些原理原則。倘若能從某些有經驗的教師身上提煉出實務知識，將更有助於更多教師理解與實施實作課程。基於此，本研究以一位小學教師為對象進行個案研究，探討其設計與實施科技領域實作課程的歷程，以及在此課程發展過程中形成的實務知識。本研究之主要結論如下：

- 一、依循探究的基本歷程，小學教師可以藉由過程模式發展科技實作課程
- 二、教師所建構的實務知識高度呼應理論觀點
- 三、教師的實務知識補充探究與實作的實施原則

關鍵字：實作課程、教師實務知識、探究教學、科技課程

* 作者現職：國立臺北教育大學課程與教學傳播科技研究所教授

**作者現職：基隆市東信國小校長

通訊作者：周淑卿，email: scchou@tea.ntue.edu.tw

壹、緒論

為了生活所需，動手做並分享解決問題的經驗，本是人們生活的基本能力（Gerstein, 2016）。所以，實作總是源自於某些問題，而在這解決問題的實作過程中，包含了對問題的思考與探究。杜威在「思維術」(How We Think)一書中，即鼓勵人們在與環境的互動中發現問題，並透過思考與動手做來解決問題。杜威主張，知識的產生是一種在經驗中學習的結果，所以教育應該從「做中學」開始。「做 (doing) 這件事本身的性質就要求思考，或者在事物之間作有意圖的聯結」(Dewey, 1916/1944, p.154)，當學生從做的過程中與事物互動，探索事物之間的關係，體會和反思情境中事物的意義，才能產生有意義的經驗。

學校原本應當培養學生思考與解決問題的能力，然而，如今的學校教育卻常被批評為灌輸知識，讓學生找不到學習的意義，無法燃起學習的熱情，更難以在生活與工作中活用知識。十二年國教課綱希望培養學生能「在生活中融會各領域所學，統整運用、手腦並用地解決問題」(教育部，2014，頁2)，因而在普通高中的多元選修課程中增列「實作(實驗)及探索體驗」；自然與社會領域也強化「探究與實作」內涵。

「實作」即是動手做，強調「透過動手做的過程探究並解決問題」，但是，不同學科領域因其性質而略有差異。自然、社會領域則指稱「實踐」(practice)，包含觀測、實驗、田野調查、執行計畫...等實際行動，而科技領域則傾向「自造者運動」(maker movement)所強調的「創作」(making)成品。然而，實作課程所著重的探究與實驗精神卻和學校固定的課表、教學時數、評量標準扞格不入(Godhe, Lilja, & Selwyn, 2019)。即使教師有心實施具有探究性的實作課程，但因探究歷程必須容許教室中因探索與討論而出現的混亂，許多教師害怕教室秩序失控，害怕無法掌教學流程(Quigley, Marshall, Deaton, Cook, & Padilla, 2011)。這些問題導致許多教師難以改變直接指導的教學模式。要如何在時間、環境與資源的限制下，秉持開放的態度，面對實作過程中難以預知的變化與問題，是教師的一大挑戰。

此外，在十二年國教課程中，許多小學在校訂課程中規劃科技課程，但並無課綱和教材；多數學校由原有的「電腦課」教師負責設計課程，而教師常因循過去「教導資訊軟體操作」的模式，只重成品的製作，卻忽略思考與探究。筆者在近幾年的學校課程訪視中發現，許多以「創課」為名的課程，卻只是在教導學生以既定的步驟組裝機器人，欠缺問題解決的思考歷程。

如何在科技領域中設計與實施實作課程，雖有相關理論與案例，但是教師未必能充分理解與轉化其中的原理原則。然而，有些教師已在實踐過程中藉由理論與經驗的反思與建構實務知識，他們的知識能回應或轉化理論，將有助於

更多教師理解與執行實作課程。因為實務知識是由個人、群體藉由社會結構與人的能動性形成的。在參與、協作的實踐過程中，人們也得以參照彼此的實務知識而思考如何教與學（De Mora, 2014）。基於此，本研究以一位小學教師為對象，探討其探索與發展科技實作課程的歷程，以及在此課程發展過程中形成的實務知識。具體之研究問題如下：

- 一、在沒有課程綱要與教材的條件下，小學教師如何設計與實施具有探究性的科技實作課程？
- 二、對於如何經由實作以培養學生的問題解決能力，教師形成了哪些實務知識？這些實務知識回應或補充了哪些科技實作課程的理論觀點？

貳、文獻探討

本研究嘗試對一位實施科技實作課程的教師進行個案研究，以探討其實務知識。以下針對有關科技實作課程與實務知識之理論與相關研究進行文獻探討，以作為後續分析之基礎。

一、科技實作課程與探究教學

「實作」(making) 是指創造事物的過程，其範圍包含無數創作活動，舉凡烹飪、編織、繪畫、建築等皆屬之。在資訊科技興起後，因加入了電腦、程式設計，而產生了使用電腦感應、控制事物的新互動經驗，帶來實作活動的新樣貌。當代「自造者教育」引入科技以支持學生進行創造發明，以程式設計支援問題解決學習活動 (problem-based learning)，逐漸發展為讓學生使用科技工具進行探索、設計、實驗、創造的教育活動；而目前最著名的自造者教育方案即是 STEM (Hsu, Baldwin, & Ching, 2017)。即使媒介工具改變，實作活動中的探究性仍是其核心。

(一) 科技實作課程的探究性

自造者教育的精神在於鼓勵參與者以自我導引、合作的方式，藉由創作投入問題解決歷程，以建構知識；另一方面也創造作品和方案與他人分享 (Harvard Educational Review Editorial Board, 2014)。自造者教育方案廣泛運用科技，但事實上此類實作課程的關鍵並不在科技，而在於學習歷程的特性。Martin (2015) 認為，實作的過程主要是讓學生採取數學家、科學家、設計者、製造者的不同角色，運用知識與技巧，經由實作去解決問題。Hsu 等人 (2017) 認為，運用科技來創作，目的在鼓勵使用科技工具來進行設計、探索、創造，而非培養專

主題文章

業層次的科技能力。所以，重點不在於使用多麼先進的科技，而是在過程中鼓勵學生分享觀點，展現作品。

Godhe 等人（2019）比較一般學校教育，具體呈現自造者教育的學習特性如表 1。

表 1 自造者教育與一般學校教育的差異

一般學校教育	自造者教育
學習內容是預先決定的	學習來自學習者對問題的確認
要求個人努力，避免失敗	重視團隊合作，冒險進取
重視規範、標準、競爭	強調創意、主動、相互學習
要求最終成果與正確結果	鼓勵持續的「實驗-失敗-互動-解決問題」循環

資料來源：Godhe、Lilja、Selwyn（2019）。

由上可知，自造者教育具有讓學習者賦權增能的重要意義：一方面，學習起於學生的需求，而非學習某些固定的課程內容，所以學習對學生是有意義的；作為自造者（maker），學生必須在其構想、材料和製作活動的既有條件限制之間協商，因而能激發其主動性，另一方面，實作的過程讓學生感覺到自己有能力，可以創造更多可能性（Hsu et al., 2017）。

其次，實作的主要目的並非製作一個成品，高科技工具的使用與否不是重點，重要的是培養創新、跳出框架思考、自主學習的心智模式（mindset）（Gerstein, 2016）。要達到此目的，在創作過程中，學生應被容許混亂、修補，心中沒有成品的既定樣貌，也不是所有的計畫都要實現。因此，教室應該是一個著眼於獲得知識與技能的空間，是一個將知識用來創造新事物，與他人分享創意的地方；學習的文化必須歡迎「經過失敗的學習」（learning-through-failure）、知性的冒險，讓學生經過挫折之後，更有自信的、更有彈性的工作（Godhe et al., 2019）。此種容許嘗試錯誤、探討問題與自我修正的學習歷程，才能養成「實作」所期望的問題解決能力。

（二）探究教學

實作課程希望學生從做中學的過程培養思考與創作能力，所以「引導學生進行探究」是重要的教學過程。有關探究教學的方法，在科學教育領域已累積相當豐富的研究成果，可作為科技實作課程之參考。

科學的探究教學主要是讓學生主動探究其所經歷的真實問題，並結合知識、技能與創造力，從中學習科學概念並解決問題。所以，必須提供學生動手做的

活動，從中要引導學生進行探究 (National Research Council, 2000)。一般而言，探究教學依據學生自主的程度而有不同取向，一般可分為結構式、引導式、開放式探究 (NRC, 2000)，其內涵如下 (Zion & Mendelovici, 2012)：

1. 結構式探究 (structured inquiry)：學生依照規範的程序，接受逐步指導而找到預定的結果，是一種線性的探究過程。學生可以經由動手探討而獲得基本的探究技巧，如觀察、形成假設、蒐集和組織資料，形成結論，但未能主動思考，因為一切都是預先可知的。

2. 引導式探究 (guided inquiry)：教師提出問題，引導學生合作討論如何運用科學知能進行資料蒐集、分析與推論，以提出解決問題的方法。雖然問題是教師設定的，但結果卻非師生所預知。

3. 開放式探究 (open inquiry)：教師界定知識架構，但學生要提出所欲探究的問題和方法。學生必須持續在不同階段做決定，如同科學家的研究過程，須運用高層思考能力，並展現其責任感。在此歷程中，教師和學生成為一個學習社群，共同尋找問題的答案。

究竟教師應採取何種探究教學方式？許多研究支持開放式探究最值得追求，因為可讓學生更熟悉科學知識的本質，發展探究技能、投入高層次思考，促進科學素養、創造力、責任感與自發性。結構式和引導式探究的支持者則宣稱，此兩種型態的探究教學可幫助學生習得科學內容，精熟科學技能，理解科學知識的本質，並且可避免浪費時間，降低學生對未知的害怕，減少學生因無法得到結果或失敗而造成挫折 (Zion & Mendelovici, 2012)。也有研究指出，就教室的實際狀況而言，引導式是較好的選擇 (Herranen, Kousa, Fooladi, & Aksela, 2019)。

在 1980 年代之前，研究者多認為探究必須是開放式的，但近 20 年來，探究教學的觀點傾向於依據學生需求調整教師的引導程度，重點則在於學生必須對於所欲學習的事物產生知覺和意圖，學習才能發生；而非開放程度愈高就是愈好的探究教學 (陳均伊, 2010)。白佩宜、許瑛珺 (2011) 的研究發現，不同探究型態對於高、中、低能力的學生有不同效果。對於低能力者，以結構式探究效果最佳；中能力者以引導式探究最佳；高能力者，可嘗試開放式探究。研究者建議，教師須考量學生的個別差異以選擇適合的探究學習方式。可見，在教學過程中，教師的介入和學生的自主程度仍須視情境而異。

探究教學沒有一定的模式，重點在於讓學生像個科學家一樣，在探究活動中思考與探索，體驗知識形成的歷程 (張宇樑, 2014)。即使研究者所提出的探究教學流程不盡相同，但大抵呼應杜威在思維術中所提及問題解決的五個階段：

主題文章

(1) 從生活中發現問題，(2) 確定問題之性質，(3) 提出假設性的解決方案，(4) 推演假設的涵義及尋找合理的方法，(5) 試驗以檢證假設方案之對錯 (Dewey, 1910/1998)。對教師而言，協助學生進行探究活動，過程包含：引導學生探討主題以提出疑問、提供主動探索機會、引導進行資料蒐集與歸納、促進同儕溝通協商等 (曾崇賢、段曉林、靳知勤, 2011)，同時，須鼓勵學生對自己的工作有後設認知的覺察反思，且能自主管理 (Zion & Mendelovici, 2012)。

雖然過去的研究提出了不少探究教學的建議，但實際上教師要如何因應學生的能力差異而提供適合的探究活動？如何以適切的提問引導學生思考問題？乃至如何引導學生在創作過程中自主管理？其實務上的做法仍有待探討。

二、教師的實務知識

每位教師皆擁有可以指導其教學的知識。Shulman (1987) 界定了七類教師知識：內容知識、一般教學知識、課程知識、教學內容知識 (pedagogical content knowledge, PCK)、學習者知識、教育脈絡知識、教育目標/價值/哲學的知識。當教師面對實務工作中的任務與難題時，他們會運用各種來源的知識以處理各項事務。此種用於處理實務工作的知識，即是實務知識 (practical knowledge) (Elbaz, 1981)。實務知識是教師在教學實務情境中發展出的一套統合性知識、概念、信念與價值，通常都是內隱的、未被覺察或明確陳述的知識。這些知識除了來自學術理論，主要乃是源自個人在生活與工作中的經驗覺察與反思；由處理日常事務的行動中，教師會逐漸發展某些概念、方法與價值(鄭明長, 2005)。

Elbaz (1981) 認為，教師的實務知識具有三種特性。其一是實務性，意即教師的實務知識來自其日常教學、教室管理以及因應學生需求等各項實際工作經驗。其二是個人性，即教師的各種作為總是朝向自己認為有意義的目標，所以其觀點具有個人特性。其三是互動性，意指實務知識乃是基於教師與環境中他人及社會事象的互動而形成的。所以實務知識既用於指導實務工作，也創造教師的個人意義，建構了社會互動。

基於前述特性，Elbaz (1981) 進一步指出實務知識的五種取向：

1. 情境取向－教師會經由對情境的觀察、試誤和探索，慎思某些特定問題的合宜性，從而形成自己的觀點。

2. 個人取向－教師使用實務知識，讓自己以個人認為有意義的方式進行工作。當教師認為何種學習內容或方式是有價值的，就如此進行教學。

3. 社會取向－教師由置身所在的社會脈絡體驗到教學世界的意義，這些意義又成為他們的實務知識。所以，實務知識既被社會條件所型塑，又被教師用

以建構教學的社會環境。

4.經驗取向－基於前述三取向的特性，實務知識既由個人經驗所構成，又符應個人經驗。

5.理論取向－教師如何看待、轉化、使用某些理論知識，影響其所形成的實務知識。當教師採用某種自己認為有益的理論，也就自然影響其知識內涵。

研究指出，教學經驗是促進教師實務知識發展的重要因素(陳國泰, 2006); 教師發展 PCK 的重要來源是個人的教學實踐與反思, 以及同事之間非正式的交流 (Wei, Chen, & Chou, 2019)。以本研究所關注的實作課程與探究教學而言, 相關研究也指出, 教師經由教學行動與反思重構了實務知識。例如, 張宇樑(2014) 在高職的「智慧機器人」實作課程研究中, 探討教師對於探究教學觀點的改變, 發現教師對於實作課程的學習目標, 從過去重視技能訓練改變為思考與實作並重, 體認到實作課程中探究與思考是建構知識的關鍵。陳均伊(2010) 探討一位國中自然教師對於探究教學觀點, 發現教師在教學行動之後, 開始認為探究教學不是一套固定方法, 應讓學生使用多元方式探索問題和驗證想法。

實務知識既然立基於個人在實務情境中的經驗, 所以處於變動的過程, 而不是靜態的成果 (product)。一位教師接觸到哪些人、哪些理論, 從哪些經驗中反思哪些問題, 都會影響其所建構的實務知識內涵。Elbaz (1983) 即指出, 實務持續在形塑教師的知識, 反過來, 教師也在建構其實務情境, 使得情境符應其知識內涵。Clandinin (1985) 認為教師的個人實務知識是一組來自個人、社會、傳統的經驗, 形成有意識或無意識的堅定觀點, 而表現在教學實踐中。但, 誠如 Elbaz 所言, 實務知識亦具有理論取向, 所以教師所擁有的實務知識並非全然來自教學經驗, 也有來自理論的養分。Clandinin (1985) 也同意 Elbaz 的看法, 認為實務知識體現理論與實務的辯證關係。

科技實作課程在小學方興未艾, 許多教師正在從傳統的資訊科技教學轉型, 此類教師的實務知識研究也相對缺乏, 值得進一步探討。

參、研究設計

一、個案研究的對象

自 Elbaz(1983) 的研究以來, 有關教師實務知識的探討多採個案研究方法, 這是因為教師的實務知識深受其教學環境與經驗的脈絡性因素影響。

本研究之個案林老師為東海國小(化名)教師, 東海國小為基隆市一所 19

主題文章

班的小學，106 學年度起加入教育部前導學校計畫，將科技課程規劃為校訂課程。林老師畢業於國立海洋大學海洋環境資訊學系碩士班，擔任資訊科技教師多年，並有多次與校長及其他教師協同發展課程，並獲得行動研究獎項之經驗。目前擔任資訊組長及該校三至六年級校訂課程「科技小創客」教師。林老師自 106 學年度開始參與多項有關創客、STEM 課程之研習，如 3D 設計創客實作研習、科技領域教師素養導向教學工作坊、自造者與程式教育、STEAM 跨域課程設計與實施....等，並有機會參訪香港中小學 STEM 課程發展。107 學年度推翻之前的套裝式電腦課程，以自造者教育的精神重新設計實作課程，關注學生的問題解決能力與自省能力。林老師從電腦套裝軟體教學，轉向嘗試探究性的實作課程，逐步發展該校「科技小創客」課程，並屢次受邀為校外工作坊講師，其實務知識值得探討。

二、研究場域與課程脈絡

本研究以東海國小為研究場域。105 學年度，該校參與教育部新課綱前導學校計畫，著手規劃校訂課程，在 106 學年度將先前的電腦課轉型為科技專題探究課程，強化探究學習與程式設計。此為東海國小因應新課綱校訂課程所發展的「統整性專題探究課程」，上下學期皆隔週安排 2 節課。此課程從 105 學年開始逐步規劃，107 年 8 月先在六年級實施，共三班學生共 78 人參與此課程，這些學生以前都並未接觸科技課程。林老師則依據教學過程中對學生學習狀況的觀察與反思，於 108 年 1、2、3、5、6 月就提問、解說方式，做局部調整。本研究主要探討 107 年開始實施的六年級「科技小創客--小小設計師」課程。

三、資料蒐集與分析

本研究透過教案分析、教師訪談、學生筆記與作品分析等方式獲得所需資料。所蒐集的教案為林老師自 106 到 107 學年各次修改的教案共 11 份；學生筆記因數量甚多，故從中選擇低、中、高程度者的筆記各 5 份；各組學生的作品（含過程中的設計圖）6 件。教師訪談共進行 4 次，每次大約 80 分鐘。研究者嘗試由 106 學年度之後逐漸成形的各版本教案，輔以教師訪談，了解教師設計課程的思考重點與實施過程的反思，以發現教師對實作課程的知識觀點。由教學觀察、學生的工程筆記、google classroom 中小組實作歷程記錄、實作歷程中的設計圖與各次作品，與教師訪談相互參照，以了解課程發展過程及師生互動的歷程。透過上述資料的交叉分析，回答研究問題。

肆、個案教師之實作課程設計與實施歷程

一、課程設計理念

在 106 年最早的教學構想中，林老師看到當時流行製作自走車，他也購買了零件讓學生組裝車子，並且指導學生參加市內的比賽。對他而言，這就是運用科技來創作成品，也就是「創客」課程了。107 年，校長赴美國參訪科技教育，帶回一些以「運算思維」進行的自造者教育方案，並與他討論如何重新設計校訂課程「科技小創客」。以同一年，林老師參與國家教育研究院的一項有關「學習策略」的計畫，而有機會觀摩香港的教師如何引導學生運用思考策略來學習。這些觀念促使他全盤改變原先「組裝零件」的技術教學模式，重新思考如何引導學生從日常生活中發現問題，並使用科技工具動手實作以解決問題。

在十二年國教課程中，小學沒有科技領域課綱作為依據，林老師先從六年級的自然科學課程尋找可運用在科技創作的原理，而先以「槓桿、電磁原理」著手嘗試。另一方面，在進一步了解「運算思維」的內涵之後，他以此作為引導學生解決問題的思考模式，希望學生在實作中經歷「發現問題」、「分析問題」、「提出假設」、「蒐集資料」、「檢驗假設」、「解決問題」的探究歷程（課程架構如圖 1），而建立複雜問題的解決能力。

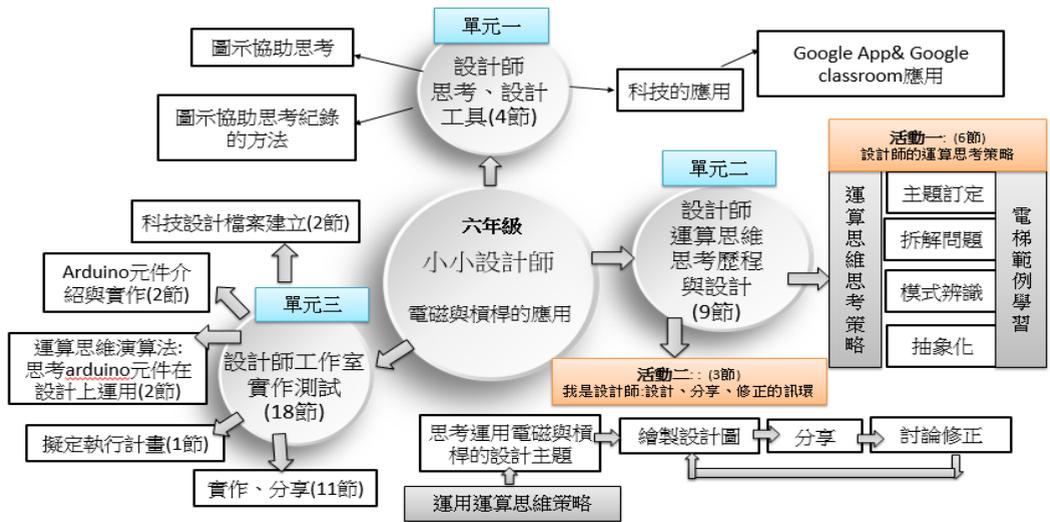


圖 1 林老師的課程架構

資料來源：東海國小 107 學年六年級校訂課程計畫

運算思維是一種分析式思維（analytical thinking），也是運用電腦科學基礎概念進行問題求解、系統設計以及人類行為理解的一系列思維活動。它包含問題解決的數學思維（mathematical thinking），在真實世界的條件限制下找到設計

主題文章

與評估複雜系統的工程思維（engineering thinking），以及能夠了解人類心智運作規律的科學思維（scientific thinking）。其思考歷程如下（引自陳怡芬、林育慈、翁禎苑，2018）：

1. **拆解**（Decomposition）：將一個任務或問題拆解成數個步驟或部分。
2. **找出規律**（Pattern Recognition）：預測問題的規律，並找出模式做測試。
3. **歸納與抽象化**（Pattern Generalization and Abstraction）：找出最主要導致此模式的原則或因素。
4. **設計演算法**（Algorithm Design）：設計出能夠解決類似問題並且能夠被重複執行的指令流程。

林老師認為，對於尚未學過程式設計的小學生而言，還做不到「設計演算法」，但是可以使用現成的軟體和元件來處理問題；而前三個步驟對於培養問題解決思考能力更重要。所以，他會著重在引導學生拆解問題中的元素，找出元素之間的關聯模式，再發現其中的原理原則（訪 1090219）。在此課程中，學生須由生活需求發想，經由運算思維，運用「槓桿與磁鐵的原理」，使用資訊科技及 Blockly 程式設計，以符合比例的原則繪製設計圖，並實際完成一個回應生活需求的成品。此課程包含三個單元，為隔週 2 節連上的學習歷程，學生在學習的過程中運用工程筆記及 google classroom 平台紀錄每次上課的進度與學習歷程，以利學習經驗的連結：

1. 單元一：「設計師的思考與設計工具」（4 節）

聚焦討論生活中應用電磁與槓桿原理的器具，發想問題，練習使用「曼陀羅、維恩圖、心智圖」等工具，輔助進行訊息組織與分析的認知思考，以及整理工程筆記，進一步思考專題製作的方向。

2. 單元二：「運算思維思考歷程與設計」（9 節）

以一個器物（如電梯）為對象，練習拆解元件、尋找元件關係、建立元件的關聯模式，學習「運算思維」的前三個步驟。

3. 單元三：「設計師工作室-實作測試」（18 節）

學習 Blockly 程式設計與 Arduino 元件操作，練習「運算思維」的最後一個步驟「演算法」，以 Arduino 元件進行成品設計，經測試後完成作品。

在這三個單元中，學生要從生活中發想：可以如何運用電磁或槓桿原理發

明或改良一個器物，再練習以運算思維來探究與解決問題。而在此過程中，要善用工程筆記來紀錄過程出現的狀況、整理自己的想法，以協助自己反思與修正。

二、課程實施過程

以下針對各單元的教學流程配合學生作品說明課程的實施過程。

(一) 單元一：設計師的思考工具 (4 節)

1. 觀看一段港口影片中不同類型起重機的工作方式，引導學生以組織圖記錄重點，再以橋式起重機為例，解說其中應用的電磁與槓桿原理。

2. 學生繪製 3x3 曼陀羅表格，中間標註主題，向外擴散思考並寫下生活中應用電磁與槓桿原理的工具，再將自己所寫下的工具做分類，判斷哪些是分別或同時運用電磁、槓桿原理，以維恩圖呈現 (見圖 2、圖 3)。

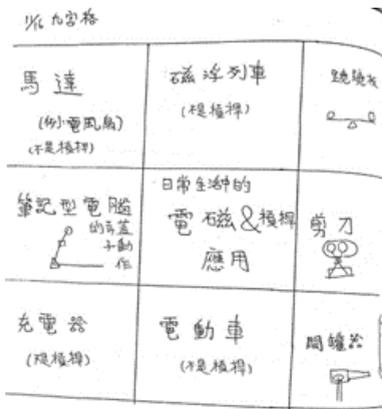


圖 2 運用曼陀羅表格整理以電磁與槓桿應用的器物
資料來源：王生工程筆記

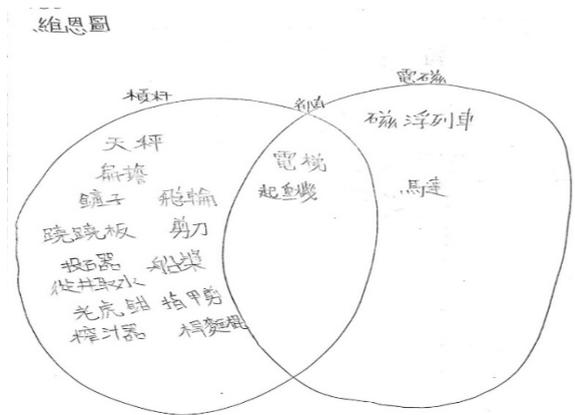


圖 3 運用維恩圖呈現運用電磁或槓桿原理的器物
資料來源：林生工程筆記

(二) 單元二「運算思維思考歷程與設計」(9 節)

1. 以電梯設計為範例引導學生了解「運算思維」：

(1) 拆解問題 (Decomposition)

主題文章

- A. 學生先討論三個問題：為什麼要設計電梯？這個設計可用在什麼地方？這個設計可以解決什麼問題？
- B. 教師引導學生思考：電梯結構可以拆解為哪些元件，並共同討論哪些是電梯不可缺少的必要元件。
- (2) **模式辨識找出規律 (Pattern Recognition)**：學生透過討論，辨識所有元件的性質、找出元件的關聯性或互相影響的關係，並加以歸類。例如，有一組學生認為電梯井、車廂、門、馬達四項元件有關聯，所以歸為一組（見圖 4）；另一組將繩索、齒輪、馬達歸為一組，認為其屬於關於動力的元件（見圖 5）。



圖 4 學生拆解並歸類電梯元件作品一

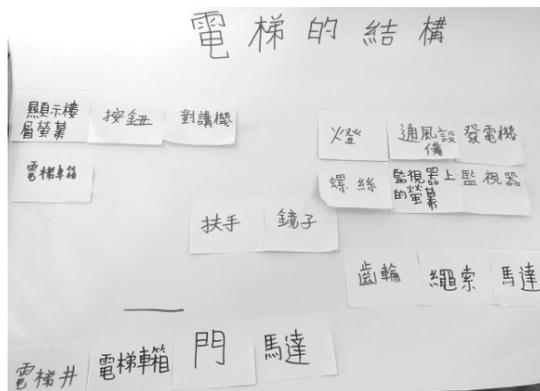


圖 5 學生拆解並歸類電梯元件作品二

- (3) **通則化與抽象化** (Pattern Generalization and Abstraction): 引導學生就同一組元件之間的關聯性, 整理出一個處理原則, 讓這一組元件能運作。例如, 電梯井和車廂是一組, 電梯井須能容納及支撐車廂, 長度至少是車廂的幾倍。
- (4) **設計演算法** (Algorithm Design): 設計出能夠解決類似問題並且能夠被重複執行的指令流程。最後這一步驟, 在單元三執行。

2.畫設計圖、分享、修正

在探討電梯範例之後, 讓學生應用「拆解問題、模式辨識、抽象化」的思考程序, 嘗試設計一項應用槓桿和電磁鐵原理的工具, 繪製設計圖初稿, 再經由分享與討論, 修正設計圖。

- (1) 思考設計主題, 再依運算思維歷程解決問題

各組依照下列問題思考自己的主題: 為什麼要設計這個主題? 這個主題可以用在什麼地方? 解決了什麼問題? 藉這些提問, 協助學生建立問題意識。例如有一組學生提出, 他們發現有些身心障礙的孩子, 因為無法自行用力, 所以不能玩盪鞦韆, 如果有一種鞦韆能自動偵測到有人坐上去, 再自動搖盪, 那麼, 無法自行用力的小朋友也可以自在的盪鞦韆。另一組學生認為, 釣魚應該融入自然美景中, 如果有一個當魚上鉤時就能自動收線的高科技釣竿, 釣魚就更自在了。

有了設計主題後, 學生再依照「拆解問題-模式辨識找出規律-通則化與抽象化」找出實現設計構想的重點。圖 6 為「高科技釣竿」小組所討論出的結果。圖中便利貼為學生拆解問題時找出「高科技釣竿」需要的元件, 辨識同一功能的元件並歸類為一組。在圖 6 中, 學生將捲線器與馬達歸在一組, 並在寫出歸類的原因為「馬達能讓捲線器把上鉤的魚自動捲起來」。

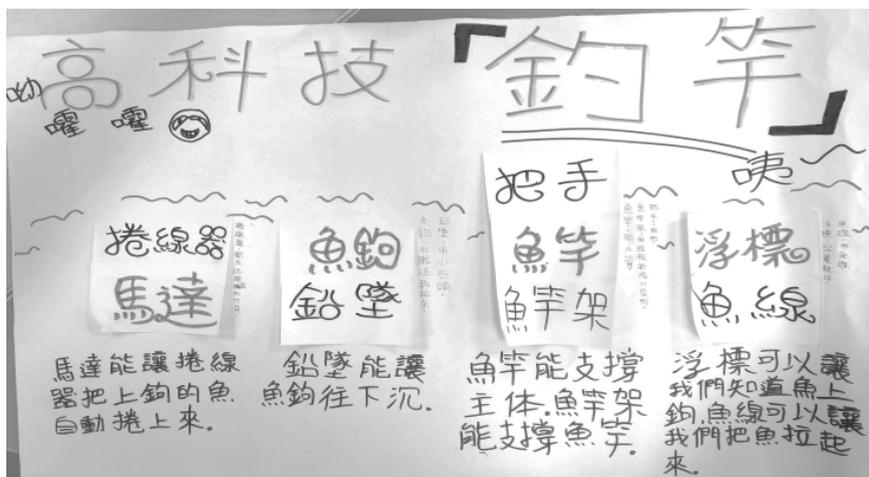


圖 6 學生繪製的關聯架構

(2) 各組依完成的「關聯架構圖」，畫出設計圖

教師說明繪圖注意事項：

- 畫出組合的小元件：**在「設計元件思考階層圖」中，我們將製作主題拆分為許多小元件，在圖上將每個小元件都畫出來，並加以組合，就完成初步的設計圖。
- 表現元件的外觀：**第一次畫設計圖時，參照完成的「設計元件思考階層圖」中所提出的元件，但著重在可表現外觀的元件繪製上，如各元件的大小、相對位置、連接方式。
- 細節註記：**再次修正設計圖時，再度參照完成的「設計元件思考階層圖」，註記各元件的細部資訊，例如：各元件的功能、大小尺寸、用什麼材質製作、元件特殊用途、注意事項。

學生了解繪製設計圖的方法後，教師指導學生將想像的成品外觀及元件呈現在設計圖中。圖 7 為高科技釣竿小組依照圖 6 所思考的架構及作法，嘗試畫出想像中高科技釣竿的第一版設計圖。設計圖內包含所有的元件及元件相關聯的位置。

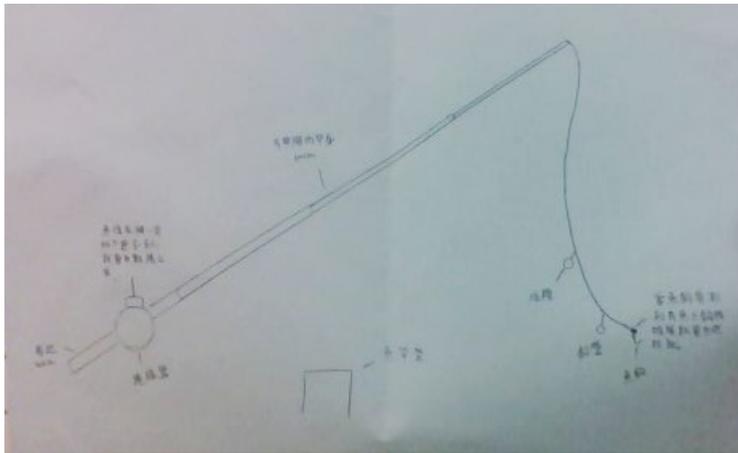


圖 7 高科技釣竿第一版設計圖

(3) 修正、再設計的循環

各組就鉛筆繪製的第一版設計圖上台報告，經同學及老師提問及回饋後，再回各組討論、修正。例如高科技釣竿組學生在第二次修正圖（以藍筆註記），增加了釣線長度的標示，及魚鉤等元件黏接的方式；第三次以紅色筆註記 Arduino 元件預定放置的位置等。（見圖 8）。

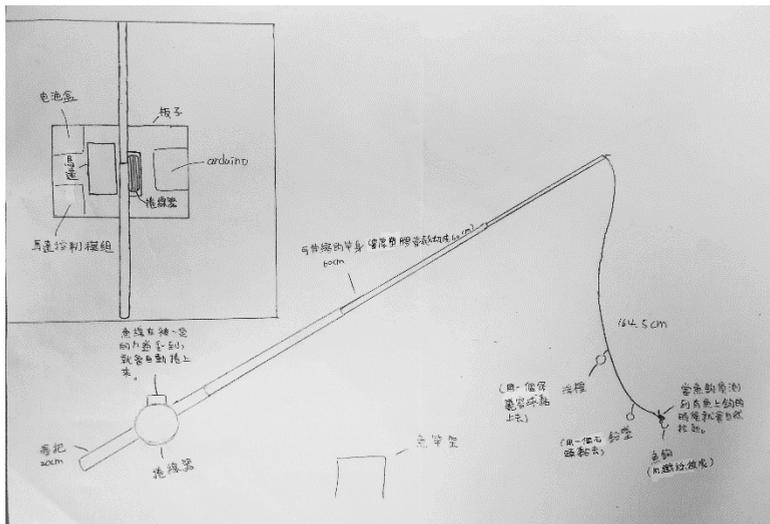


圖 8 學生修正之第二版設計圖

主題文章

(三) 單元三：「設計師工作室-實作測試」(18 節)

1.工程筆記及歷程檔案建立 (2 節)

教師指導學生運用 google classroom 及 google sites 協作平台，於每次實作工作後進行工作紀錄及反思，需記錄的事項有：上次未完成事項、今天的目標、今天遭遇的困難、如何排除困難、是否達到今天的目標、今天的進度照片等。藉由上述的歷程記錄，增進學生實作時自我管理的能力。

2. Arduino 元件設計與實作 (4 節)

教師指導基礎的 Arduino 元件的功能及接線組裝方式及以 blockly 程式驅動的設計方式，並根據各組學生的設計圖與學生討論可運用的 Arduino 元件，及在設計上運用的方式及注意事項。這時每組學生因設計不同所需的元件也不同。圖 9 為學生第三版修正 Arduino 元件位置的設計圖，圖中清楚呈現馬達控制模組、馬達、電池、捲線器等元件的相對位置。

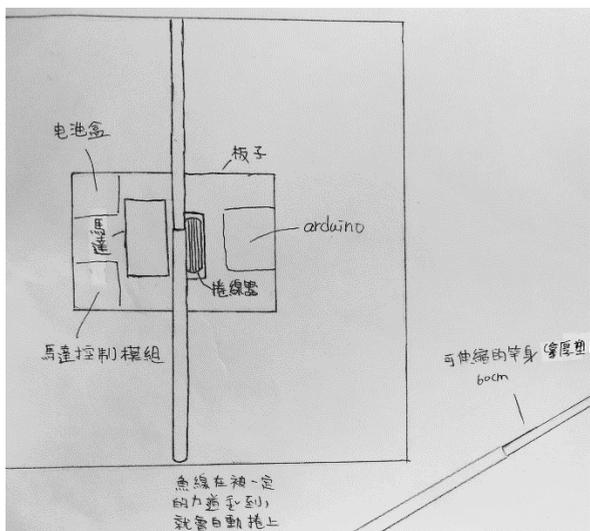


圖 9 高科技釣竿安裝馬達控制之設計圖

3.擬定執行計畫與實作 (12 節)

學生在完成 Arduino 元件融入之設計圖後，開始依照設計圖進行製作，在每次工作結束時，在 google site 紀錄工作檔案以管理進度。教師在過程中觀察各組狀況，協助學生釐清遇到的問題與可行的解決方案，並逐步完成作品（如圖 10）。

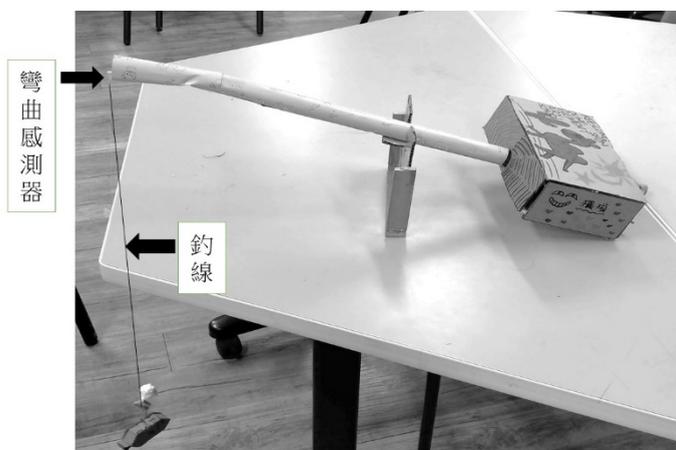


圖 10 高科技釣竿成品

學生雖然能力不同，作品的完成度和精緻度也不同，但是所有學生都完整的經歷了創作一個成品的過程。此課程實施第一年之後，林老師對其中的環節又做了調整，在 108 學年進行第二次教學。對他而言，此次實作課程也是一個「做中學」的過程。

伍、個案教師的實務知識分析

林老師回想多年來的「電腦課」，因為課本裡就有固定要學的軟體，課程通常就在教導學生使用某些軟體，例如用 Word 來編輯排版作文，而自己的工作就是講解操作方式，要求學生熟練。105 學年度，東海國小規劃创客課程，他試著讓學生做「自走車」。後來有位畢業的學生告訴他，已經完全忘記怎樣做小車，只記得自己做的那個造型。這個回饋讓林老師反省到：

那個套裝的課程，學生只是在做組裝而已，把零件組合起來，車子就能動了，只有外殼的造型是學生自己設計的。我就發覺，學生自己動手做的部份，才會印象比較深刻，...學習內容要接近學生的生活，讓他們學到可以應用的原則，而不是只注重某一些軟體的教學。(訪 1090106)

正好當時有機會參加科技教育的研習，更促使他思考：「實施這個校訂課程，到底要跟以前有什麼不一樣？我希望學生學到的東西到底跟以前有什麼不一樣？」(訪 1090219) 在經過課程設計、實施、反思、調整的過程，林老師逐漸

主題文章

建構科技實作課程的實務知識。

一、教學目標與價值的知識

林老師認為，「讓學生在生活中遇到問題時，可以自己動手做，解決自己的問題」，這是實作課程的主要目的（訪 1090106）；所以，「不是只有讓學生會做一個東西出來就好，整個思考的鍛鍊，還有他如何了解自己的學習過程，都很重要」（訪 1090219）。至於過程中的學習經驗。林老師認為實作課程的價值包含兩方面：

（一）思考技巧與自我管理的練習

林老師認為實作課程具有較高開放性，是鍛鍊思考的好機會。這些思考技巧包含：製作一個成品的思考程序，以及製作中自我檢視與修正的後設認知，而這些思考技巧可以遷移到其他工作情境。他提到：

我比較著重讓學生有發想的過程，就是我為什麼要做這個東西？這個東西對我有什麼影響？為什麼是這個東西？做這個東西有什麼難點？...如果沒有發想，就只是有一個東西經過他的手，然後完成一個作品，他就只是你的下游加工。（訪 1090106）

整個過程，學生可以學到一個思考的歷程，像我們的課程就是讓他學會運算思維的歷程。這思考的歷程就是你在別的地方，也可以用相同的思考歷程去做東西。（訪談 1090106）

從發想到完成作品，其間經過很長時間，林老師認為這是學生練習自我管理的好機會。

我就會要求他說，每一節課完了之後，要記錄一下你這一節課做到哪裡？中間有什麼問題？讓學生嘗試去做一些進度的記錄。小組成員就要一起去自我控管工作進度，看看上次已經完成到哪裡？還有些什麼問題沒解決？在這段時間到下次上課之前，他們可能要做些什麼？（1090106）

學生要很有系統的去完成一個工作，所以他必須要確實的完成前面，才能夠進到後面。所以就學生要很有規律的，有計畫的去完成他的作品。這也是一個重點，就是學生的自我管控能力。（訪 1090219）

(二) 從失敗經驗學習自我修正

林老師認為實作課程比起一般學科課程，因為沒有固定的段考和成績壓力，更有容許失敗的空間，更能讓放心的嘗試錯誤、測試作品，這「對他的思考跟探究都是有幫助的；特別是那個失敗的經驗很重要」(訪 1090106)。他舉例說，有一組學生想做磁浮列車，運用電磁鐵讓列車前進。但是原先設計時因為用了太多磁鐵導致車身過重，而磁力又不足以驅動列車。換了更薄的材質，車身又太軟無法挺立，而導致列車摩擦隧道。學生決定要更換強力磁鐵，但礙於經費無法滿足需求；幾經考量，最後以馬達風扇當助力，才得以成功(見圖 11)。林老師說：

其實當他們在想這個的時候，我就知道小朋友其實是做不出來的。但還是讓他們去嘗試。他已經做到把那個電磁鐵都裝上去了，也通電了，但是那個列車就是不會跑。所以，我們必須要倒回去再討論，你怎麼讓那個列車前進？那後來他們就改成用那個風扇去推，就是利用風扇轉的推力，去把那個列車推進。他嘗試過才知道問題在哪裡。(訪 1090106)

如果跟學生說，你這樣子做，後面會有什麼問題，但是他沒有經歷過，根本就也不曉得老師你講的是什麼？那他自己經歷過，就知道失敗的原因在哪裡，要從哪裡著手改善。我覺得這是上這種課一個比較有意義的地方，因為我們平常很少讓學生有失敗的經驗。他失敗了，但是不會怎麼樣啊，反正重來就好了。我一直希望讓學生從錯誤中去學習。(訪 1090219)

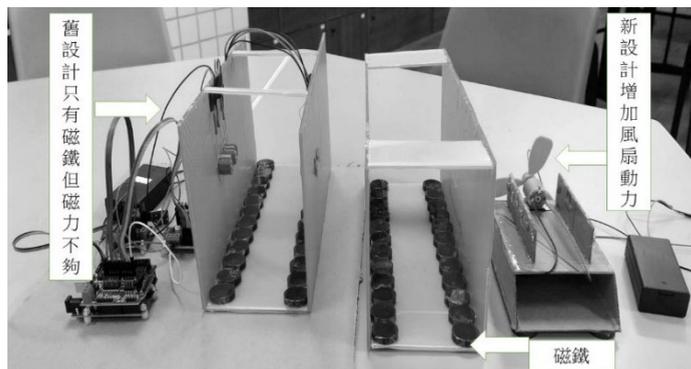


圖 11 磁浮列車失敗及修正後的作品

過去的研究雖然強調失敗經驗的重要 (Gerstein, 2016; Godhe et al., 2019)，但是如何操作失敗經驗卻較少提及。林老師雖預知學生的構想無法成

主題文章

功，仍然讓學生去嘗試，讓學生自然的經歷失敗；但是，林老師也一定會協助學生完成作品，因為他認為若是努力了這麼長時間卻一無所獲，對年紀小的學生反而會是一種傷害。所以，在學生失敗之後，教師應當協助獲得成功經驗。

二、課程知識

(一) 實作課程中必須包含明確的學科知識

林老師認為實作課程的目的既然是要培養解決問題的能力，就不是讓學生憑著直覺去嘗試錯誤，而是要確實應用學科知識來解決問題。如此，也可以「讓學生知道，其實你學那些學科知識，可以用在你的生活上。那就不會讓學生對於學科知識那麼排斥，說我學那個東西要幹什麼？」(訪 1090106)

在這個課程中，他一開始只想讓學生設計玩具，但是後來思考，動手實作應該讓學生應用一些學科知識，後來就改變為應用槓桿和電磁原理設計器物。後來又發現學生在畫設計圖時，沒有預估東西做出來到底有多大，所以又帶入數學的「比例尺」概念(訪 1081029)。至於如何將學科知識融入實作中？林老師並不是先把學科知識獨立出來講解，

例如在討論起重機時，我會用一些問題引導，問說，為什麼起重機有那個功能？然後從那個功能裡面再提出槓桿跟電磁的原理出來，後來才去教電磁跟槓桿的學科知識。所以學生知道為什麼要去講這個槓桿？我們教學科知識的時候，會讓學生能夠去學生親自去操作。(1090106)

就他對學生作品的觀察，學科知識的深淺，從學生探討的過程以及後來做的作品，看得出應用程度的不同(訪 1090106)。於是他更肯定學科知識的重要性。

(一) 課程設計要以終為始，先確認要讓學生學到什麼能力

林老師過去的電腦課屬於「內容導向式」的課程，也就是只看到教材內容，卻很少想到學生要獲得的能力。他的第一版教案所陳述的課程目標如：「能利用設備拍攝學習過程影片並加以剪輯」、「能利用 google sites 製作專題成果網頁」(教案 10703)，大致可見教師所關注的是某個資訊軟體的使用。後來他思考：學生能不能達到更深一層的能力表現？經過校長和他一起參考新課程綱要中的學習表現跟學習內容，而重新界定學生的終點表現(訪 1090106)。他指出：

課程的規劃還是要回到，就是你希望學生能學到什麼？就是你一定會有一個最終的目的，有了那個最終目的之後，你就要會從後面要慢慢的推回來想著

要用什麼樣的方式，讓學生能夠達到那個最終目的...所以，從六上開始，我逐步的去想學生應該要分階段學會哪些事情，譬如說有些是知識，有些是工具，有些是思考的方式。(訪 1090219)

(二) 師生可以共同創建課程

從依據電腦教科書安排課程，到自行設計課程，林老師以「工程筆記」留下教與學的內容及經驗。因為沒有現成教材，剛開始，林老師只是認為應該讓學生把一些上課的重點記錄下來，如果學生忘記操作的步驟，可以回去再查看。一開始很像老師抄黑板，學生就把它寫下來。但是，他反思到學生只是照抄而已，後來才思考，學生能不能發展出自己的記錄方式？於是就慢慢轉換成工程筆記(見圖 12)，希望學生把自己上課過程中聽到、想到的，用比較有組織的方式記錄下來。他認為那一本工程筆記「也就是記錄他自己的學習的過程，一個學期結束之後，光是看這本筆記本，就有很多學習內容在裡面了。」(1090106)

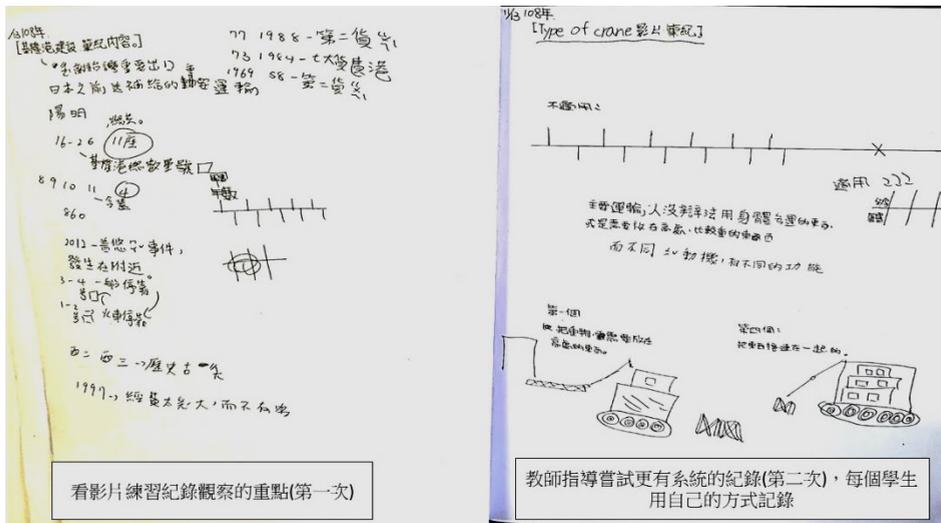


圖 12 學生的工程筆記示例

三、教學方法的知識

林老師了解探究的基本過程是發現問題、分析問題、提出假設、蒐集資料、實作體驗，最後解決問題。然而這個基本流程無法完全因應教室實際狀況。他

主題文章

指出：

我們老師就要去思考說，我遇到一個學生學不會，是我沒有用對方法教他？還是他本身就是程度差？是不是我們只相信某種教法，我只是照著固定課程去教，並沒有去想是不是還有不一樣的教學方式（訪 1090219）。

幾經嘗試，在這個基本的流程裡，他對於教學策略有進一步的體會。

（一）探究教學須因應學生程度而差異化

隨著課程的進行，林老師逐漸調整自己，看見學生的能力與需求，對不同程度的學生使用不同的探究教學模式。

對於能力低的學生，林老師會幫他們設定一些步驟。譬如說他想做一個電風扇，又不知道要怎麼去拆解電風扇的元件，老師就拿一個實體的電風扇讓學生看，陪著完成拆解元件的過程。在畫設計圖階段，學生提不出構想，林老師允許學生上網去找一些已有的產品，再模仿一下。但是要求學生，要說清楚為什麼要做這個？這個東西可以用在哪裡？雖然是模仿的，但是學生自己要說得出道理來。他認為這對能力較低的學生而言，已經不容易了。至於中等能力的學生，老師會在跟學生討論的過程，幫學生找出問題，但是那些問題可以如何解決，就交由學生去探討（訪 1090219）。對於能力較好的學生，

我就會讓他去嘗試，你就先把你的想法提出來，然後把它完成，然後我們再來討論。那我是希望他能夠把想法呈現出來，而不要在中間的時候去改變他原本的想法。因為可能我跟學生講的過程裡，他會覺得老師講的好像比較好。反而他就放棄自己想法，去跟著老師。如果他自己去做，但是中間發現錯了，即使是要倒回去好幾個步驟重來，對這些能力強學生也是一種很好的鍛鍊。（訪 1090219）

林老師容許低能力者模仿現有產品，從中探討設計的方式；中等能力者，由教師引導主題的方向，讓他們處理局部問題；高能力者則讓他們自行發現問題，並鼓勵嘗試自己的各種想法。這三種方式與理論所述之結構式、引導式、開放式探究教學若合符節，也呼應先前研究者所發現的，不同能力的學生應使用不同的探究教學方式（白佩宜、許瑛珺，2011；Zion & Mendelovici, 2012）。

（二）關鍵提問是重要的學習鷹架

在實作過程中，林老師發現，只要幫助學生找到問題原因，學生就有能力找

到解決問題的方法。所以，教師的引導與提問是很重要的鷹架；但如何提供適切的鷹架卻是難事。正如林老師的體會：「你在引導他做這些事情的時候，不能給他一個答案，但是你又要讓他有路可以走。又要給線索，給鷹架，那又要小心不能給他答案」（訪 1090106）。如何問關鍵性的問題，可以站在學生的舊經驗上連結新經驗，這是他一直在摸索的重點。以此課程而言，他認為，針對產品「功能性」的提問，有助於破解學生的迷思概念。

在拆解元件時，要怎麼引導學生去想電風扇它內部一些我們沒有看到的構造？我就會問一些「功能性」的問題，譬如說電風扇為什麼會有風吹出來？風是從那哪邊出來的？要有什麼裝置它才有風？如果我要去控制電風扇的話，我必須要怎麼做才能夠去控制它的開關？就用功能性問題去幫他把重點抓出來。（訪 1090219）

例如畫電風扇設計圖，有些學生還是把電風扇的外觀畫一遍，但是沒把他想改變的功能畫出來。譬如說他希望做一個能偵測溫度，如果溫度高過多少度就會自動啟動的風扇，他一開始也只是把一個風扇的元件畫出來而已，有扇頁、開關、馬達、電線，卻沒有去考慮到，到底要用什麼裝置才能偵測溫度，啟動風扇。老師就得要問他說，「你剛剛要的那個功能是在哪裡？」他也許還不大知道那個功能要用什麼東西來做，但是你要先把那個元件畫出來，還有要想想為什麼要畫在這個位置？（訪 1090106）

在前述的例子中，林老師從學生原有的概念「扇頁轉動就會有風」，透過逐步提問，引導學生思考「經由什麼裝置才能轉動扇頁」，而讓學生可以想到「馬達」這個在外觀上看不見的元件。Quigley 等研究者（2011）指出，教師應改善提問技巧，並提供支持性的資訊以促進探究活動。林老師也認為，如何提升自己的提問技巧是他努力的目標。

（三）實作中應帶入學習策略的運用

林老師在帶領學生實作的過程中，發現自己觀念上比較大的改變是，有一些老師認為應該能做到的事，對學生來說卻不是理所當然的。以前他也曾經嘗試給學生一個問題，讓學生自己想辦法解決，他覺得學生應該可以做得到（訪 1090106）。但現在他發現這些工作中有不少細節需要指導，否則學生不可能經過這些實作就能主動學習。他舉例：

我們常常會讓學生網路上搜尋資料，然後把資料整理，做成一個簡報。但是就這樣一個小小的工作裡面，包含很多能力，譬如說你怎樣提出關鍵字？我

主題文章

找到之後，什麼東西可以用，什麼東西不能用？那些可以用的，我是不是了解？我看學生有些也不了解，只是把它複製貼上而已。...有一些很細微的東西，你必須去做一些原則性的引導。譬如說我能夠用什麼方法把關鍵字找出來？我要找什麼樣的網站？我可以用的資料是哪些？怎麼去把那個資料重點摘出來。這種種的策略，我現在覺得非常重要。(訪 1090106)

在教案的第三版，林老師開始提示學生以組織圖做筆記；引導學生以曼陀羅思考法討論日常生活中運用槓桿原理的工具；以維恩圖比較不同槓桿工具的效能（省時或省力）（如前頁之圖 2、圖 3）（教案 10708）。林老師認為這些學習策略是學生未來自我學習的基礎。

四、學習者的知識

過去林老師教電腦課，他認為只要學生上課專心，好好複習課堂內容，就能做出作品。就知識論立場而言，林老師傾向認為學生是被動的知識接收者。然而，在他嘗試實作與探究的教學過程中，逐漸發現學生有主動建構知識與解決問題的潛能。他提到一個令他重新認識學生潛能的事件：

有一次帶學生參加比賽，在練習的過程裡，我們從來沒有去探討車子本身零件壞掉這個問題。因為比賽比較著重在設計的那個部份，那我們一直就是在做設計的練習。那一天去，也不知道為什麼車子會壞掉？那個車子一直沒辦法達到我們要的效果，但是我也不能到場內幫他們。我原本想說算了，那個車子一定不能跑。結果比賽的時候，那個車子居然是可以正常動的。我沒有想到他們居然會把零件換掉！是不是我們並沒有給學生一些表現的機會？或者沒有把他們能力引導出來？可能給他們機會，給他們一些適時的表現，真的會超出老師的預期。(訪 1090106)

林老師指出，在一般學科課程裡，一些讓老師很難發現他存在的學生，或者讓大家覺得他什麼都不會，在上實作課的時候，卻有超乎預期的表現。實際上，他並不是什麼都不會，可能只是不想學而已。有了實作的機會，有些學生就找到展現能力的空間（訪 1090106）。他舉例：

他們做那個自動釣竿，前面彎曲的部分有兩個東西要固定在一起，但是又不能綁死，那一組想了很多辦法都不行，我也一時想不出可以用什麼方式處理。後來，報告分享的時候，有一個學生提出來說，就用束線就好了，就綁得鬆鬆的，可以彎曲活動又不會脫落。(訪 1090219)

這三年的課程實施，讓他對學生的假設與理解產生了變化，林老師愈來愈確認，學生都有能力，只是多元智慧傾向不同，只要給學生不同的表現機會，學生都可以發展自己的能力。

五、教師角色的知識

林老師肯定學生有建構知識的能力，當教師覺得學生能力不好時，反而應該想想，是不是教師沒有足夠的能力引導學生完成作品？所以，他認為，「在一個探究式的學習歷程裡，並不是教師的角色就減少了，反而是變多了。」(訪 1091209)

(一) 教師作為引導者的角色極為重要

教師必須掌握一些細微關鍵的部份，例如，學生一些天馬行空的想法，如何引導他聚焦、可行，又不能過度限制創意？當學生遇到困難時，如何提出關鍵問題，給予思考的線索？。

學生可能有些奇奇怪怪的、很大的想法，其實以他現在的能力是做不出來的。像有一組要做起重機，其實要把一個實體的起重機做出來很難，但是可以保留一部分功能，不需要做一個完整功能的起重機。所以我也讓他繼續做，就在設計的時候，跟他們討論，看看是否要去掉一些東西。也就是說，在那個天馬行空的想法裡面，其實有一個小部分是完成的。如果老師一開始就用一些可行性的規準去篩檢他們的想法，有些創意就沒有了。(訪 1081029)

(二) 教師和學生一樣是學習者

林老師自覺，雖然自己雖然具有資訊科技專長，但教學時間愈長，就愈發現自己懂得很少。

常會覺得為什麼這個也不熟，那個也不熟，所以我覺得這種課程就不只是學生在學，其實老師也一直在學。你每發展一個東西，就發覺那個東西、那個原理就必須要再去深入研究。課程越發展，那下一個部份就一直不斷有新的問題出現。這個課程很難說，我發展到這裡就已經是一個完整的課程，就一直不完整。每一年每一年教，你就覺得哪個地方又要做什麼修改。(訪 1090106)

以實作課程這類具有較高變動性的課程而言，經常可能出現教師未能解決的問題。Gerstein (2016) 建議，教師可以讓自己轉換為領頭的學習者 (lead learner)，和學生一起在實作的過程中學習，也在此學習歷程中發展實務知識。

主題文章

林老師自覺，教師一方面是學習的引導者，另一方面也和學生一起在學習。教師即學習者，其中蘊含了教師專業成長的重要意義。

陸、結論

個案教師原本不熟悉課程設計，基於新課綱之下學校發展校訂課程的需求，而發展此科技實作課程。此課程可謂從零開始，在沒有科技課程綱要和教材為依據的情況下，林老師藉由參加研習了解理論與原則，在教學過程中經由反思，以及與校長的討論，逐漸讓課程成形，也讓自己建構了豐富的實務知識。經由此個案研究，本研究有以下三項結論。

一、依循探究的基本歷程，小學教師可以藉由過程模式發展科技實作課程

小學階段無科技領綱，林老師在思考學習目標時，參考自然領綱的學習重點，掌握以終為始的原則—先確定最終希望學生獲得的能力，再思考適切的教材。他依循探究的基本歷程—發現問題、分析問題、提出假設、蒐集資料、實作測試、解決問題，選擇以「運算思維」作為探究時思考架構，協助學生分析問題，尋找創作成品的可行原則，讓整個探究歷程雖保持開放，亦有基本結構可循（如圖 13）。這個引導探究的歷程，正是課程設計的「過程模式」--確立了「程序原則」，讓學生在教師的引導下展開學習歷程，並且容許學生有不同的學習結果。以過程模式發展科技實作課程，更使得師生得以共構課程。

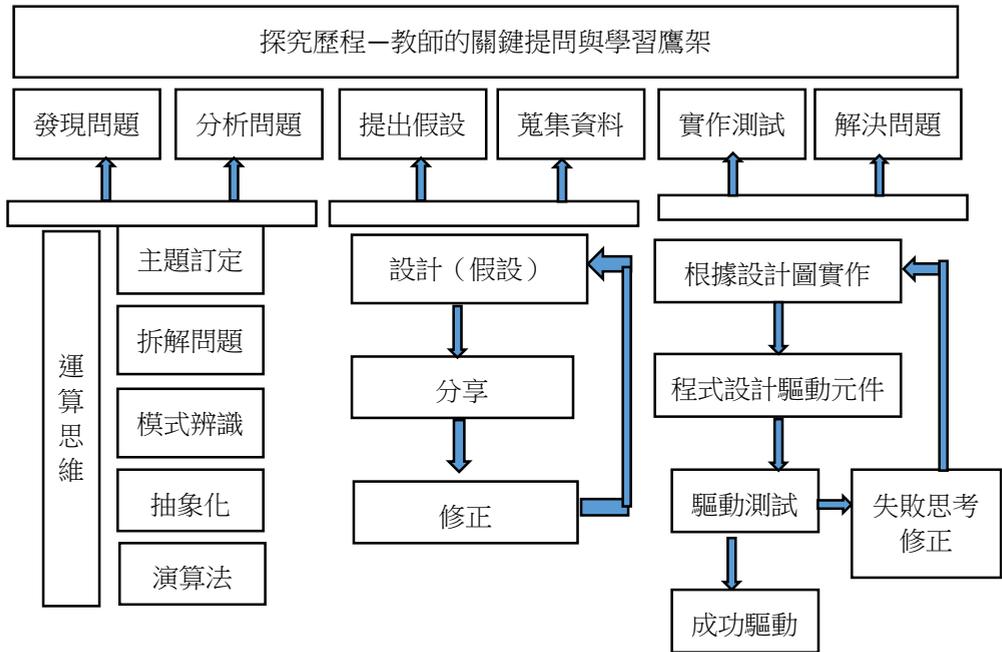


圖 13 林老師的課程設計方式

二、教師所建構的實務知識高度呼應理論觀點

誠如過去研究的發現，教師的實務知識來自理論的轉化與教學實踐的反思。林老師從原先按固定教材施教的電腦課，到自行發展創客課程，三年之間，他所形成的實務知識包含：(一) 實作課程的價值在於鍛鍊學生自主管理與自我修正；(二) 課程設計應確認所欲培養的問題解決能力與知識內涵；(三) 探究教學須重視關鍵提問、學習策略及差異化的探究活動；(四) 確信學生的多元智慧傾向不同但皆有潛能；(五) 教師既是引導者也應是共同學習者。這些實務知識的內涵呼應自造者教育、探究教學相關研究提出的「由錯誤與失敗經驗中修正的經驗」與「差異化的探究方式」，也回應了「課程即師生共構之學習經驗」的課程理論觀點。教師的實務知識與學術理論之間竟如此相近，令研究者對教師生產專業知識的實踐力量油然而生敬。

三、教師的實務知識補充探究與實作的實施原則

林老師從實作課程的實踐經驗發現兩項過去尚未充分討論的實施原則：其一，有關如何引導不同程度的學生進行不同類型的探究？林老師允許低程度者

主題文章

從模仿現有產品的設計中，了解其中原理；中程度者進行引導式探究，由教師協助尋找問題、設定主題，並且提供可能的方法讓學生探討，以免學生無所適從；對高程度者實施開放式探究，除了讓學生自由提出問題，也允許各種構想，即使教師預期其構想很難實踐，也陪伴學生一起嘗試錯誤、尋找解決方案。其二，有關學生如何從失敗經驗中學習？林老師指出，在實作課程裡，學生自然會有錯誤和失敗，尤其是在開放式探究的型態中。教師必須在學生失敗時提供更多線索，甚至自己也要投入，與學生共同探討問題，無論調整多少次，也要協助學生完成作品。即使作品不如預期，也不應讓學生只留下一個未成品。因為成功經驗才能維持學生繼續學習的動機。對於目前正在摸索科技實作課程的教師而言，這兩項攸關探究與實作的實施原則，值得參考。

參考文獻

- 白佩宜、許瑛珺 (2011)。探討不同探究式教學法對高一生科學探究能力與學習環境觀感之影響。《課程與教學季刊》，14 (3)，123-156。
- 教育部 (2014)。十二年國民基本教育課程綱要 (總綱)。臺北市：教育部。
- 張宇樑 (2014)。運用專業成長活動促進高職教師探究教學知覺轉變之個案研究。《科學教育學刊》，22 (4)，363-388。
- 陳怡芬、林育慈、翁禎苑 (2018)。運算思維導向程式設計教學—以「動手玩音樂」模組化程式設計為例。《中等教育》，6，127-141。
- 陳均伊 (2010)。教師專業成長之個案研究：一位國中自然教師探究教學觀點的轉變。《教育科學研究期刊》，55 (2)，233-264。
- 陳國泰 (2006)。國小自然與生活科技資深專家教師實務知識的發展之個案研究。《國立臺北教育大學學報》，19 (2)，31-64。
- 曾崇賢、段曉林、靳知勤 (2011)。探究教學的專業成長歷程--以十位國中科學教師的觀點為例。《科學教育學刊》，19 (2)，143-168。
- 鄭明長 (2005)。教師實務知識與專業成長。《教育科學期刊》，5 (2)，126-137。
- Clandinin, D. J. (1985). Personal practical knowledge: A study of teachers' classroom images. *Curriculum Inquiry*, 15(4), 361-385.
- De Mora, J. C. (2014). Becoming a teacher through practical knowledge. In J. C. de

- Mora & K. Wood (Eds.), *Practical knowledge in teacher education: Approaches to teacher internship programmes* (pp. 1-16). New York, NY: Routledge.
- Dewey, J. (1944). *Democracy and education*. New York: The Free Press. (Original work published 1916)
- Dewey, J. (1998). *How we think*. Boston, MA: Houghton Mifflin Company. (Original work published 1910)
- Elbaz, F. (1981). The teachers' "practical knowledge": Report of a case study. *Curriculum Inquiry*, 11(1), 43-71.
- Elbaz, F. (1983). *Teacher thinking: A study of practical knowledge*. London, UK: Croom Helm.
- Gerstein, J. (2016). Becoming a maker educator. *Techniques: Connecting Education & Careers*, 91(7), 14-19.
- Godhe, A.-L., Lilja, P., & Selwyn, N. (2019). Making sense of making: Critical issues in the integration of maker education into schools. *Technology, Pedagogy & Education*, 28(3), 317-328.
- Harvard Educational Review Editorial Board. (2014). The maker movement in education: Designing, creating, and learning across contexts. *Harvard Educational Review*, 84(4), 492-494.
- Herranen, J., Kousa, P., Fooladi, E., & Aksela, M. (2019). Inquiry as a context-based practice – A case study of pre-service teachers' beliefs and implementation of inquiry in context-based science teaching. *International Journal of Science Education*, 41(14), 1977-1998.
- Hsu, Y.-C., Baldwin, S., & Ching, Y.-H. (2017). Learning through making and maker education. *TechTrends: Linking Research & Practice to Improve Learning*, 61(6), 589-594.
- Martin, L. (2015). The promise of the maker movement for education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 5(1), 30-39.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

主題文章

Quigley, C., Marshall, J. C., Deaton, C. C. M., Cook, M. P., & Padilla, M. (2011). Challenges to inquiry teaching and suggestions for how to meet them. *Science Educator*, 20(1), 55-61.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.

Wei, B., Chen, S., & Chou, B. (2019). An investigation of sources of science teachers' practical knowledge of teaching with practical work. *International Journal of Science & Mathematics Education*, 17(4), 723-738.

Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits. *Science Education International*, 23(4), 383-399.

The Case Study of Construction of a Technology Teacher's Practical Knowledge Through Maker Curriculum Development

Shu-ching Chou* **Pei-lan Wang****

The 12- Year Basic Education Curriculum Guidelines emphasize inquiry and practice, therefore how to implement inquiry-based practical courses in different subjects has attracted much attention. With the rise of maker education movement, technology making courses have been valued by elementary and secondary schools. However, there are no technology curriculum guideline or teaching materials in the elementary school. Although there are related theories and teaching cases that can be referred to, teachers may not be able to fully understand and transform these principles into practice. If practical knowledge can be extracted from some experienced teachers, it will be more helpful for more teachers to understand and implement maker education in elementary schools. Based on the reason, this research takes an experienced teacher as the subject to conduct a case study to explore the design and implementation of maker curriculum, as well as the practical knowledge formed during the development of this curriculum. The main conclusions of this research were: (1) Following the inquiry learning procedure, elementary school teachers can develop maker curriculum through the “process model” of curriculum development; (2) The practical knowledge constructed by teachers highly echoed theoretical viewpoints; (3) Teachers' practical knowledge can supplement the principles of inquiry and practice learning.

Keywords: maker curriculum, teacher practical knowledge, inquiry teaching, technology curriculum

* Shu-ching Chou, Professor, School of Curriculum and Instructional
Communication Technology, National Taipei University of Education

** Pei-lan Wang, Principal, Dung-Xin Elementary School, Keelung

Corresponding author: Shu-ching Chou, email: sczhou@tea.ntue.edu.tw

主題文章