

---

# 重塑學習：數位學習教室建構經驗分享

陳仕燁

國立臺灣師範大學 科學教育研究所

## 壹、前言

自民國 104 年起，臺中市教育局因應十二年國民基本教育之推動與國立高中職之整併，欲提升市立高中的教學與課程品質，因此，便鼓勵各高中進行硬體設備的改善，並加速學校特色課程之發展(臺中市高中課程發展中心，2015)。課程的核心在於教學之設計，若可在教學設計中結合適當硬體設備之使用，則可成為輔助教學的最佳利器。由於在教師之育成過程中著重於教材教法，強調授予學生之內容是否與課本具一致性，以求在未來之升學考試中能獲得高分，且教師進入學校後，面對學校之硬體設備最常經手的便是報修與報廢，面對教育當局之硬體補助，對教師來說，常為由上而下的政策與命令，要如何使用？什麼課程使用？使用之規範為何？面對這些擔憂，最後常造成這些硬體設備荒廢於校園之一角(國家教育研究院，2011)。硬體設備的使用需求，除了教師個人教學之所需，尚需考量領域社群教師之共同需求，更甚者，若能考量當下教學發展之趨勢、結合學生生活經驗並培力教師教學技能，則可進一步發展成為學校之特色，讓學生除了有帶得走的能力外，更能進一步提升學生的科技資訊素養，使之成

為終身的學習者(教育部，2017)。

在此脈絡下，本文以臺中市一所市立高中之數位學習教室為例，陳述自然領域教師如何開啟教室改造之契機，以及在校內教師之使用與建議下，將原有國中部之物理實驗室結合行動學習設備，成為自然領域與各領域教師發展數位學習之橋樑。

## 貳、資訊科技教學之影響

由於資訊科技的蓬勃發展，運用資訊科技融入教學已有相當的歷史，在電腦輔助教學(computer-assisted learning)概念的普及化中(Chang, 2003)，桌上型電腦與投影機已成為課室中不可或缺之配備。雖資訊科技已改變教學之型態，但學生之學習卻仍停留在「老師教，學生學」的被動學習型態，儘管教學媒體在引起學生之學習動機上有所助益，但卻常停留在新奇感的觸發，幾節課下來，學生睡倒一片之狀況屢見不鮮，其與傳統教師展示之作法，唯一的差異僅存在於媒材的呈現方式，因為一堂缺乏學生主動學習之課程，是無法維持學生持續投入學習之動機(Roth, McRobbie, Lucas, & Boutonné, 1997)。

以學生為中心的學習方式，如發現式學習、探究式學習與動手做之課程，其將

課程的重心移轉至學生身上，而不再是教師單方面的講述、展示與解釋(Ekwueme, Ekon, & Ezenwa-Nebife, 2015; Glasson, 1989; Kirschner et al., 2006; Kuhn, 2007)，學生可以依其學習之步調調整學習之進程，並能在過程中自由操作學習媒體與工具 (Dervić, Glamočić, Gazibegović-Busuladžić, & Mešić, 2018; Wu & Huang, 2007)。除真實世界的探索外，電腦模擬之技術與虛擬世界之概念則為教學另闢蹊徑，使學生不只能親自動手操作，更能藉由電腦科技之輔助，增強學習的沉浸效果 (Bujak, Radu, Catrambone, Macintyre, Zheng, & Golubski, 2013; Wu, Lee, Chang & Liang, 2013)，以助於學習之成效與生活之應用(Kye, & Kim, 2008)。

### 參、行動科技之應用

桌上型與筆記型電腦對於教學型態已產生巨大之變革(蕭顯勝、蔡福興、游光昭, 2005)，而日新月異的製程技術則可將一台電腦之效能濃縮至體積更小的行動裝置中，自 2010 年問世的平板，除了改變人類的生活習慣，並使得學習的形態逐漸產生變化(Crompton, Burke, & Gregory, 2017)，其影響學生於學習過程中對於教材與同儕間之互動性與投入程度，更影響小組於協作過程中知識的建構 (Falloon, 2015; Falloon & Khoo, 2014)，並能在任何時間與地點進行學習。而在行動裝置之功能愈趨強大且易於取得之世代中，若可將其應用至教學上，則學生可體認到學習是可於日

常生活情境中實踐，將不受限於學校或非制式之教學場域，使學習能與生活產生有意義的連結(Zydney & Warner, 2016)，也因此，自帶裝置(bring your own device)也漸成現下教學之趨勢 (Johnson, Adams Becker, Estrada, and Freeman, 2015)。

以行動裝置作為學習的基礎上，學生可藉由平板中的相機功能即時記錄實驗過程，如氧化鎂燃燒實驗與凸透鏡成像實驗，便可將瞬間即逝或不易觀察之現象記錄下來，或是藉由軟體之使用，使學生能在操控中產生概念的學習與應用，如以原子 OK 蹦(康軒文教事業, 2016)學習化學概念，或以 CloudClassRoom 針對議題進行討論與分組活動(Chien & Chang, 2015)。另外，搭配行動裝置中所搭載之軟、硬體，則可將其功能做最佳化的利用，如以 Phythox 將行動裝置中的內建感應器作為偵測器，進行物理實驗的量測，並於量測後以該軟體之圖表與數據輸出以呈現結果 (Staacks, Hütz, Heinke, & Stampfer, 2018)。行動科技在強調實驗的自然領域各學科中，已於學術研究上有初步之研究成果 (Crompton, Burke, Gregory, & Gräbe, 2016)，但如何將行動科技應用至其他領域的學習上(如語文領域在研究投入數量中占第二位、地理學科尚無研究進行)，則需研究者與教師的持續努力，如此，便可更深入瞭解行動科技在各學科領域教學應用之優勢與限制(Crompton et al., 2017)，期許進一步改變學校教師之教學型態與學生學習氛圍。

## 肆、學校之脈絡

本研究所呈現之學校脈絡在縣市合併前位於原臺中縣，自清朝時期，由於水路運輸之發展，藉由船運交易與買賣而逐步繁榮之地區，而囿於砂石之淤塞，以致昔日光景不再，漸成為歷史遞嬗之處，而今佇立校門前，向左望之，為蓬勃物流交錯；向右遠眺，乃綠油一片稻作，學校亦為該區最早創立之國民中學，雖現已是完全中學，但仍面臨鄰近學校揮舞升學主義之大旗而備感壓力。雖基礎教學設施，如電腦、投影機與實驗器材充沛，但在教學上仍受到前述升學主義之影響，講述性之教學仍普遍存於課堂之中(如同多數學校”以不變應萬變”)，但仍有教師自編講義或設計互動式之教學活動，期以活化教學現場、扭轉學習之型態。

## 伍、契機

自然領域之教師深知科學與科技才是改變現今生活型態之驅力，若科學與科技能改變生活型態，一直以來強調與生活接軌的自然領域，為何教師不能自生活型態之改變中扭轉學生學習之型態？某日下午，對科技融入教學有廣泛興趣的賴老師在傍晚走進導師室，「兩位老師，我這邊想要提出補助申請，不知道你們有沒有什麼想法？」，賴老師希望老師能主動提出教學需求以精進自然課程之品質，另外可藉由計畫之提出以改善實驗室之使用率。雖提及之教學科技五花八門，但在討論之過程中，三位自然教師覺知到行動科技之正逐

步改變其生活與學習型態，若欲改善現有之講授模式，行動科技之力量將會是轉變教學之契機。

在之後的兩年內，雖自然領域教師在嘗試使用行動科技教學時，面臨平板數量不足而影響教學進行之困境，但經由國立臺灣師範大學科學教育中心之協助，在教學進行時適時協助補足所需設備之數量，使自然領域教師能初步以行動科技進行寒假營隊或正式課程之教學。過程中，藉由每年教學計畫補助的申請，將一個班所需使用之平板數量逐步補足，使平板數量擴充至一個國中班級學生可使用之數量，同時也於物理實驗室裝設無線網路，並依教學人數與頻寬設立兩個熱點(hotspot)，並依購入教學平板之不同，先後測試採用 iOS 與 Android 系統，以便教師與學生將平板之內容藉由螢幕與大家共享。

兩年的準備時間便在不斷施工、測試、試教與改善中，由教師們逐一形塑適於採用行動科技的數位學習教室，然而，對於現場教學實踐來說，它只是個開始。

## 陸、媒介

暑期輔導課的午後，自然領域的陳老師與黃老師正討論如何以行動科技改善學生對自然的學習意願時，一旁的英語科廖老師表達近年英語科之研習除了傳統電腦外，更常使用手機或平板，以個人化之學習或是小組合作之方式完成學習任務，以引起學生對於英語的學習動機，同時也表達對於使用行動科技進行教學之意願。因

此，在暑假結束前，陳老師、賴老師與廖老師便商借數台手機搭配既有平板同步測試流量較大 Youtube 影片播放之可行性與流暢性，以瞭解在行動裝置最初之設置情境為個人化之學習下(UNESCO, 2013)，一個班的學生同時使用英語影片進行學習時，現有傳輸量是否可順利支援，廖老師看到手機與平板均能順利運行，便言：「太好了，這樣我先從學習意願低落的學生試試看！」測試完畢後，隨著下一批平板與鏡像投影設備的到來與測試，掀開各科教師使用行動科技扭轉教學之序幕。

## 柒、各科教學融入

行動科技最基礎之使用方式為利用其硬體本身所能提供之資訊，使學生不須依賴教師提供的學習內容，能夠依自己所需主動搜尋資訊。在藝術與人文領域的課程中，素描為學生所需學習最基本的技巧，沈老師在發下平板後，請負責之學生發下畫紙與素描筆，讓學生運用平板搜尋神奇寶貝之圖像，並在素描完成後請學生使用平板之相機裝置拍攝自己所素描之圖像後(如圖 1)，上傳至 Google Classroom 中，除了方便教師做學生個人作品紀錄外，更可在不占空間的情況下，教師可於任何時間與地點進行評分，學生亦能在課程結束當日與同儕及家人在線上分享當日完成之作品，並獲得立即之回饋。



圖 1、學生於藝術與人文課程進行之素描活動

除了藝術與人文領域，社會領域亦部分採用該方式，但將重點自技能性的培養轉移至對課程內容進行關聯而產生有意義的學習。該課程內容為介紹北美洲地理區域之發展，莊老師因擔心學生無法第一次就順利使用行動裝置，因此先請學生在數位學習教室中以課本地圖或是手機查詢，之後在 A4 紙上畫出北美洲之地圖與地形，並在過程中介紹以 Google Earth 搜尋地圖再進行地形與地貌之繪製方式，最後將學生的作品拍照後進行評分。後續之課程中(如圖 2)，教師跳脫原有地理課使用地圖講解與畫課本重點之被動學習方式，以北美職業籃球隊之分佈為脈絡，在上課時發下事先印製好之球隊隊徽與學習單，接著請學生以分組協作之方式，以平板或手機在

網路搜尋北美洲地圖與各球隊所屬行政區，畫出北美洲地圖並以隊徽標註各球隊所在地理位置，期望以學生熟悉之事物誘發學習動機。在搜尋球隊資料過程中，教師以提問方式引導學生在資料查詢時，不要只是單純找到答案而已，更希望學生在其過程發現球隊名稱與在地產業或文化的連結(如：底特律的籃球隊為何取名為活塞隊?)，透過該連結強化學校教育與真實社會之脈絡，使學習不只發生在真空的世界中。小組在完成地圖的過程中，資料搜尋、地圖繪製、隊徽剪裁與著色工作均各由一到兩人進行，完成整幅地圖之繪製，並於繪製完畢後上台與同學分享製作過程與北美洲各地產業概況。



圖 2、結合在地產業文化資訊的北美洲課程

在屬於語文領域的英語科教學上，廖老師先以學習動機低落之學生做為對象，在輔導課時結合英語教學互動網頁進行個人化的英語學習，如利用 lyricstraining 讓學生在英語歌曲之學習中，除了學會發音之外，對於單字的使用能更加熟悉，並可視課程目標作題型之變換。但如需結合正式課程融入教學，教師需將學生所須學習的英語單字與互動式網頁作結合，因此該教師將課程所需使用單字匯入 Quizlet，學生可在該介面中以書寫或聽寫之方式學習，抑或是透過遊戲之方式學習單字，若教師欲藉由同儕之互動以達集體學習之效果，則可使用 Quizlet Live 之功能(如圖 3)，學生可根據手持行動裝置所接收到之指

示，尋找同組之成員，當小組成員確認後，各自平板上會出現自己與其他組員所要回答之問題，在回答自己的問題後，可進一步協助同伴回答問題，在解決所有問題後，小組便能獲得最後勝利，學生在面對此種電腦分組方式時，相較於一般抽籤或有目的性之分組，更能夠使學生投入其中而鮮有不願參與者。

最後，運用 Kahoot 互動網站程式，以彩色圖卡之配對協助學生複習英語字詞之使用，學生便能於當下檢視與反思學習之成效。教師在過程中不只嘗試一種互動性網頁，希望能藉由不同網站介面與內容之設計，找尋適於不同學習型態班級或學生所適合的學習方式。



圖 3、學生於英語課程使用 Quizlet Live 之分組活動情形

在自然與生活科技領域中，除了藉由行動科技之硬體設備所提供圖像保存與網路搜尋功能結合實驗過程之記錄外，更採用 App 以結合元素與化合物課程之學習，透過 Elements 4D 所提供擴增實境 (Augmented Reality, AR) 之功能，將虛擬的圖像與資訊透過行動科技呈現於實際物體上，經由 AR 所賦予之互動性介面下，使學生能沉浸於 AR 所創造之虛擬環境中，增進學習之興趣與化學之概念，而為評估在 AR 環境中不同教學方法的學習成效，以學生動手操作之實驗組與教師展示之控制組進行課程，藉由共變數分析 (Analysis of Covariance, ANCOVA) 比較兩組在學習興趣與成效上之差異 (Chen & Liu, 2017)，如下表 1。

兩組在教學進行後，在概念與興趣之學習結果上均有所提升，顯示以行動科技為教學媒介的 AR 教學，對於學生的認知

與情意之發展具有影響力。比較概念的學習後，發現實驗組相較於控制組有接近顯著之差異性，進一步檢視後，可發現在反應與化合物之概念上有顯著之差異性 ( $F(1,101) = 4.674, p = .033$ )，在興趣的提升上，則同樣有顯著之差異性。因此，教學材料相同，教師可依學生之特質，在行動科技的應用上採用適合之教學法。

行動科技除了搭配軟體使用外，更可藉由學校既有之教學科技—全球定位系統 (Global Positioning System, GPS)—設計跨域整合式課程，如賴老師在認識植物之課程中，先向學生說明 GPS 的操作方式後，請小組成員使用 GPS 於校園中搜尋目標植物，並以平板紀錄該植物之特性，最後以網路搜尋資料並以小組討論方式以辨識不同植物之特性，使科技的應用更能與在地生活環境接軌，讓學生能從其所觀察之現象共同建構知識 (如圖 4)。

表 1、AR 教學實驗組與對照組之 ANCOVA 分析一覽表

測驗	組別	前測		後測		成對樣本	ANCOVA	
		Mean	SD	Mean	SD	t 檢定	F	p
概念	實驗組	40.19	15.93	52.08	18.75	5.524**	3.712	0.057
	對照組	40.98	14.14	47.45	12.54	3.341*		
興趣	實驗組	2.87	0.76	3.61	0.67	9.500**	6.459	0.013
	對照組	3.07	0.81	3.50	0.75	5.608**		

\*:  $p < .01$

\*\* :  $p < .001$



圖 4、結合 GPS 之校園植物辨識課程

## 捌、回饋與反思

在上述各科教學融入中，要使教師自傳統式之教學，如板書、講述課本、投影片等以教師為中心之教學方式，轉變為以學生為中心之教學，對多數教師來說已困難重重，甚至還需融入行動科技之元素，如此兩階段之改變，在學校教育中已令不少教師望之卻步，縱使行動科技不斷地進到學校當中(教育部，2014)，仍易棄於學校一隅。在此所學校中，即使是上述課程中的教師，使用初期確實存在不少困境，像是莊老師在第一堂課結束時便說：「這是我第一次用平板上課ㄟ！其實我在兩個月前才剛開始使用智慧型手機，很多功能其實我都還不知道怎麼用……」由此可見教師在器材操作之熟悉度上，因其生活型態未

做改變，便可能影響後續行動裝置之使用，導致其所需克服之障礙增加。在教學的改進上，沈老師便陳述：「用 Google Classroom 上傳，在程序上相當耗時且增加學生負擔。」因此，其後之班級便不上傳 Google Classroom，而是採用拍照方式收集學生作品，以減少學生上課時之外部認知負荷(extraneous cognitive load, Dervić et al., 2018)。即使廖老師對於行動裝置之教學具備較多之研習經驗與先備知識，但在初期設備使用與更換不同教學媒材時，仍需熟稔設備使用之教師陪同，使其所遭遇之困難能立即獲得解決而不致影響教學進度，因此，從廖老師自輔導課嘗試融入行動裝置的出發點上，便可瞭解教師對使用行動裝置之擔憂。

教師進行教學改變，最直接的受益者

便是學生。如於地理課時，戴老師便與陳老師在地理課的觀課過程中，針對學生上課的反應討論：

陳老師：「那不是上次我們跟莊老師說上課常趴著睡覺的學生嗎？」

戴老師：「沒錯，她現在居然在跟同學一起討論要畫地圖！」

陳老師：「這也太誇張了吧！用平板教學居然有這樣的效果？」

戴老師：「嗯嗯，這真的太誇張了。」

除了課堂的觀察外，學生行為的改變是激勵教師持續使用的來源。如廖老師陳述學習意願低落的學生在使用行動裝置後，學生在上課時便會主動拿出課本找單字與答案，「可以說是教室裡面最美麗的風景」，她說。這樣的效果也影響到學生對於英文科的學習，如在三年級第二次模擬考後，

廖老師詢問某班學生是否要購買題本加強練習英文，她發現要額外購賣的學生裡面，居然有三分之一的學生是使用行動裝置的學生，也就是那群英文學習意願低落之學生，讓廖老師感動不已，除了在辦公室與其他領域教師分享外，更直言「至少他們沒有那麼討厭英文了吧！」。在這股風氣逐漸成形下，教師觀課之次數也隨著各科開始使用行動裝置教學而增長(如圖 5)，除了國中部的自然與生活科技、藝術與人文、語文領域與數學領域外，高中部之教師也受此教學型態之影響，像是語文、數學和自然與生活科技領域之教師均能利用時間前來觀課與學習。過程中有兩次的研習，但並非是學校指派，而是幾位教師想要了解行動科技之教學方式而主動提出，參與的對象亦涵括國、高中部社會、數學、語文、自然與生活科技領域之教師。



圖 5、國、高中部教師之參與觀課

如此教學型態的改變也引起校方之注意，在一次與校長的談話中，教學資歷已有 25 年的校長對於學校設備的使用闡述了以下觀點：

「依我是個使用者來看的話，有設備未必會想用，而是聽到很多同事他們用起來的反應之後，我才會想嘗試……最大的(使用)動機會在同儕的口碑這邊……但如果只知道有這個設備，我會想使用的動機只有 50%……口碑是最大的(動機)，因為代表我不是走在第一個去開發的，一定有人可以而且是成功的典範，對我來講，他比較容易激勵我的那種(使用)興趣……促進教師使用這些設備的關鍵點在於一人，設備不是最主要的。」

在談話中，校長指出一般教師在作為設備使用者時所持有之心態，以及促進教師使用的契機並非是設備，而是該設備對於教學品質之提升與學生之影響。此外，校長也因校務之因素與莊老師聊到最近地理課融入行動科技的教學：

「她整個教學變成讓學生去操作然後(產生)改變，因為傳統上可能就是老師講授學生聽嘛！她倒過來，她讓學生自己要動手去做，那當然，平板的操作是其中的一部分，我發現她在跟我講的時候，她的眼睛是亮起來的，真的是亮

起來的喔！她整個(人)對整個教學充滿熱忱，她甚至說如果萬一真的被超額出去，她還是可以把這一套，就這整個教學新的模式帶到另一個學校去也是可以的……她調整教材教法之後，她連整個心態都調整了，她說：『我是很 OK 的老師，不管到哪邊去，我都是很 OK 的，所以即便我換到另一個學校去，我這套搬過去，我還是可以讓那裡的孩子受惠。』後來她整個心態就變得非常非常正向。」

行動裝置的使用不只是為學生帶來改變，教師也將是受惠者之一。若教師能夠有機會融入行動科技於課程中，即使在面對未來教學場域的改變，只要具備帶得走的能力，教師仍能具備信心面對未來之挑戰。最後，校長傳達了他對於學校未來發展數位學習的想法：

「你真的從教育的本質來看的話，傳統的講授法真的是過時了，它好用，但是你不能一直用這招啦！你有些單元用這個是可以的，但是你有些單元必須要跳開，有些你要加深孩子的印象，或是讓他動手去操作，或是給他去討論，那對孩子來講的話，課程上起來他才會覺得活潑新鮮嘛！第二個來講，最主要是學習的效益才會達到……數位學習在這個時代，

因為現在跟 20 年前比起來，現在的孩子又用手機又用平板的機會會很高很多……這個時代走到這一步，你觀念不改過來的話，你後續的整個教學品質會下降，那孩子的反應會變差，你負面思考就是孩子會流失，那老師不是自食惡果？因為你又不改變，因為時代已經變了，當時代改變，孩子變了，只有老師不變，你就挫哩等(意指教學方法不能跟上時代之改變)！」

自校長的言談中可發現，若現有教學型態要改變，老師必須要能改變，才能因應這個時代因為科學與科技之進步而改變之生活型態。更長遠來說，人的一生中都在生活中學習，唯有積極面對時代之改變，才能真正成為一個終身的學習者(教育部，2017)。最後，由此教學轉型之浪潮，在校方的協助下商請沈老師設計教室之吊牌，此後，「數位學習教室」便矗立於校園之中。

## 玖、結語

在行動科技的使用上，為自然與生活科技教師設計的網站或 App 正如雨後春筍般地浮現，自然科教師可善用自身儀器操作背景與科技使用經驗，除了設計與開發自然課程外，應偕同其他領域之教師共同分享與學習如何善用數位資源。否則，誠如該校在之前接受過某科技公司補助全年級之平板設備，但因教師並非主動的課程

設計者，且如前述訪談中，教師對於設備使用之動機不足，在此前提下，要各科提出適切之教學方案也僅能成為口號，最終也只能擺在學校的倉庫中，等待報廢的一日。也因此，教育當局可思考在將一車又一車的平板送入校園時，是否先應了解各校教師之需求，針對其需求培訓各科教師和建立跨科學習社群，以在各領域教師之協力中迸出跨科之思維。

經過兩年之設備建置與教師的初步教案設計與使用後，數位學習教室在各科教師之努力下已成該校之特色，兩年後的今日，當筆者重新走入校園，與當初使用的廖教師相遇，她便提起：「現在這間教室好像很多人在用，我看國中部林老師、洪老師也都有在用，而且現在還買了成套的整車平板，最近我正好在做教學研究，整車用起來很方便。」此外，賴老師也提及：「這邊現在高中部不少教學或活動也都會用這個場地。」，因此，筆者深信，即使教師間僅有那麼一點微不足道的凝聚力量，這個力量便會為了學生能有更優質的學習環境而壯大。

## 拾、致謝

感謝國立臺灣師範大學科學教育中心於數位學習教室建構初期，提供課程設備適時之協助，另外，若無該校自然與生活科技領域教師，與其他領域教師之教室規畫、教案討論與實際使用，則無法使該校學生享受行動科技所帶來的轉型學習，在此對參與之人員一併致謝。

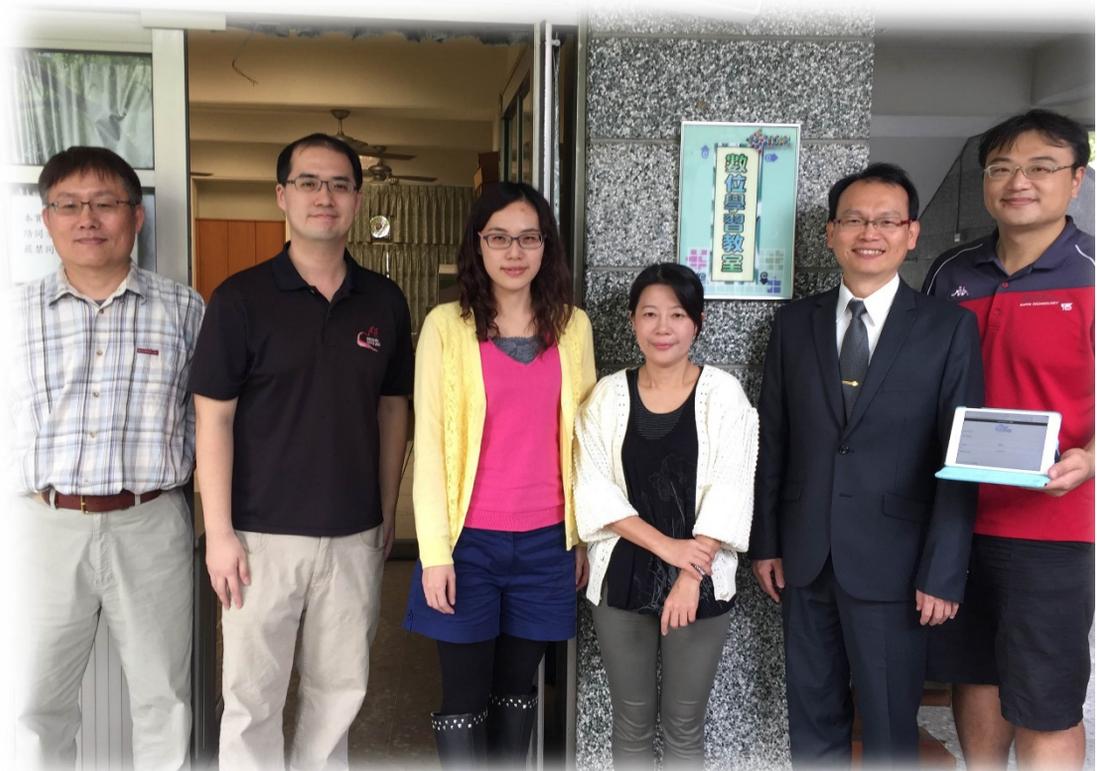


圖 6、數位學習教室一隅與協助教室發展之部分教師

## 參考文獻

國家教育研究院(2011)：我國百年教育回顧與展望。新北市：國家教育研究院。

教育部(2014)：「數位學習推動計畫」103年起全面啟動。取自 [https://depart.moe.edu.tw/ED2700/News\\_Content.aspx?n=727087A8A1328DDE&sms=49589CE1E2730CC8&s=170E4E91A8C5E5A2](https://depart.moe.edu.tw/ED2700/News_Content.aspx?n=727087A8A1328DDE&sms=49589CE1E2730CC8&s=170E4E91A8C5E5A2)

教育部(2017)：十二年國民基本教育課程綱要—總綱。取自 [https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/87/pta\\_18543\\_581357\\_62438.pdf](https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/87/pta_18543_581357_62438.pdf)

康軒文教事業(2016)：原子 OK 蹦。Retrieved from: <https://appadvice.com/app/e5-8e-9f-e5-ad-90ok-e8-b9-a6/1142525078>

臺中市高中課程發展中心(2015)：中心緣起。取自 [http://cgblue.cgsh.tc.edu.tw/wordpress/circle/%E7%B7%A3%](http://cgblue.cgsh.tc.edu.tw/wordpress/circle/%E7%B7%A3%E8%B5%B7/)

[E8%B5%B7/](http://cgblue.cgsh.tc.edu.tw/wordpress/circle/%E7%B7%A3%E8%B5%B7/)

蕭顯勝、蔡福興、游光昭(2005)：在行動學習環境中實施科技教育教學活動之初探。生活科技教育月刊。38(6)，40-57。

Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., Macintyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536-544. doi: 10.1016/j.compedu.2013.02.017

Chang, C. Y. (2003). Teaching earth sciences: Should we implement teacher-directed or student-controlled CAI in the secondary classroom?. *International Journal of Science Education*, 25(4), 427-438. doi: 10.1080/09500690210145701

Chen, S. Y. & Liu, S. Y. (2017, April). *Effect of hands-on and hands-off collaborative augmented reality*

- activities on chemistry learning and interest*. Paper presented at the annual meeting of National Association for Research in Science Teaching (NARST), April 22-25, San Antonio, USA.
- Chien, Y. T., & Chang, C. Y. (2015). Supporting socio-scientific argumentation in the classroom through automatic group formation based on students' real-time responses. In M. S. Khine (Ed.), *Science education in East Asia: Pedagogical innovations and research-informed practices*. Springer. doi: 10.1007/978-3-319-16390-1\_22
- Crompton, H., Burke, D., & Gregory, K. H. (2017). The use of mobile learning in PK-12 education: A systematic review. *Computers & Education, 110*, 51-63. doi:10.1016/j.compedu.2017.03.013
- Crompton, H., Burke, D., Gregory, K. H., & Gräbe, C. (2016). The use of mobile learning in science: A systematic review. *Journal of Science Education and Technology, 25*(2), 149-160. doi:10.1007/s10956-015-9597-x
- Dervić, D., Glamočić, D. S., Gazibegović-Busuladžić, A., & Mešić, V. (2018). Teaching physics with simulations: Teacher-centered versus student-centered approaches. *Journal of Baltic Science Education, 17*(2), 288-299.
- Ekwueme, C. O., Ekon, E. E., & Ezenwa-Nebife, D. C. (2015). The impact of hands-on-approach on student academic performance in basic science and mathematics. *Higher Education Studies, 5*(6), 47-51. doi:10.5539/hes.v5n6p47
- Falloon, G. (2015). What's the difference? Learning collaboratively using iPads in conventional classrooms. *Computers & Education, 84*, 62-77. doi: 10.1016/j.compedu.2015.01.010
- Falloon, G. & Khoo, E. (2014). Exploring young students' talk in iPad-supported collaborative learning environments. *Computers & Education, 77*, 13-28. doi:10.1016/j.compedu.2014.04.008
- Glasson, G. E. (1989). The effects of hands-on and teacher demonstration laboratory methods on science achievement in relation to reasoning ability and prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching, 26*(2), 121-131. doi: 10.1002/tea.3660260204
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., and Freeman, A. (2015). *NMC Horizon Report: 2015 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist, 41*(2), 75-86. doi: 10.1207/s15326985ep4102\_1
- Kuhn, D. (2007). Is direct instruction an answer to the right question?. *Educational psychologist, 42*(2), 109-113. doi: 10.1080/00461520701263376
- Roth, W. M., McRobbie, C. J., Lucas, K. B., & Boutonné, 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. doi: 10.1002/(SICI)1098-2736(199705)34:5<509::AID-TEA6>3.0.CO;2-U
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. *Physics Education, 53*(4), 045009. doi: 10.1088/1361-6552/aac05e
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2013). *Policy guidelines for mobile learning*. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000219641>
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., &

- Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education, 62*, 41-49. doi:10.1016/j.compedu.2012.10.024
- Wu, H. K., & Huang, Y. L. (2007). Ninth-grade student engagement in teacher-centered and student - centered technology - enhanced learning environments. *Science Education, 91*(5), 727-749. doi: 0.1002/sce.20216
- Zydney, J. M., & Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: Review of research. *Computers & Education, 94*, 1-17. doi: 10.1016/j.compedu.2015.11.001