

出國報告(出國類別:參訪)

美國舊金山推動 STEAM 課程學校參訪計畫

服務機關:臺南市政府教育局

姓名職稱:張世緯股長等 9 人

派赴國家:美國舊金山

出國期間:108 年 9 月 7 日至 15 日

報告日期:108 年 12 月 11 日

摘要

科學(Science)、科技(Technology)、工程(Engineering)、藝術(Arts)、數學(Math)等知識的整合運用(統稱 STEAM)由美國政府提出，而美國科技重鎮加州舊金山(San Francisco)，富有前衛思潮、創新行動和發明，是實踐 STEAM 的代表地，舊金山部分學校更設立「創客空間」(Maker Space)，設置各種手作媒材、筆電、3D 列印機等，取代粉筆、黑板，方便學生嘗試各種形式的動手做專題，多數學校也引進「設計思考」(Design Thinking) 模式和方法來設計課程。

舊金山部分學校致力推動課程「專題化」，允許孩子依自己的步調及喜好，建構新知識和技巧，並加入更多科技與創新，也迸發跨學科、跨年級的協同教學方式，培養學生高階思考、溝通表達、團隊合作能力以及健康的資訊科技使用態度。

時值我國推動十二年國民基本教育課程綱要，較以往九年一貫課綱最大不同點，在於國中教育階段新增「科技領域」，而美國舊金山中小學校推動跨領域 STEAM 課程之實務與做法可作為本市科技領域課程發展跨領域、知識整合應用規劃之參考。

目錄

壹、前言.....	3
一、計畫緣由.....	3
二、加州教育制度簡介.....	4
三、參訪行程及人員概要.....	5
貳、參訪單位簡介及參訪過程.....	6
一、加州科學院(California Academy of Sciences).....	6
二、舊金山探索館(Exploratorium).....	8
三、羅倫斯科學館(Lawrence Hall of Science).....	9
四、Chinese Immersion School at De Avila.....	10
五、Steindorf Steam School.....	13
六、Stratford School.....	16
七、Blue Hills Elementary School.....	19
參、心得與建議事項.....	22
肆、效益評估.....	25

壹、前言

一、計畫緣由

近年來，許多先進國家強調科學、科技、工程、藝術、數學等知識的整合運用(STEM)，在教學過程中，由工程師設計、製造科技產物的思考歷程，協助學生理解不同學科知識間連結，強化學生的動手作及跨學科整合運用的能力，培養學生高階思考、溝通表達、團隊合作能力以及健康的資訊科技使用態度。

美國總統歐巴馬(Barack Obama)於 2014 年提出「教育創新」十年計畫，編列 4 億美元(約合新臺幣 120 億元)，培養、訓練十萬名 STEAM 老師，提升美國學生的科學和數學的能力，並建議老師們取法創客(Maker)精神，透過動手做的實際任務，整合知識，讓科學更有趣實用。同時，於美國舊金山建置全球最大的創客市集 Make Faire，匯聚了 13 萬訪客，每個人都在這個「旗艦級」的創客市集中不斷發現驚喜、受到激勵，迸發動手做的期望。

STEM 由美國政府提出，培養美國 K12 學生的科學、技術、工程、藝術以及數學的教育，而美國科技重鎮加州舊金山(San Francisco)，富有前衛思潮、創新行動和發明，引領世界風潮，舊金山部分學校更將電腦教室改裝成「創客坊 (Makery)」，設立「創客空間」，設置各種手作媒材、筆電、3D 列印機等，取代粉筆、黑板，方便學生嘗試各種形式的動手做專題。如舊金山紐葉樺(The Nueva School)私校設立「創新實驗室」(iLab)，擁有三間寬敞明亮「創客工作室」，引進全球十大最有創意公司之一 IDEO 的「設計思考」(Design Thinking) 模式和方法，來設計課程，並設計出全球中小學少見的「設計工程課」(Design Engineering)，整合跨學科的專題課，透過深層研究、提出想法、動手做出模型、回饋修正的步驟，訓練正向思考、培養創新能力。

另外，舊金山學校致力推動課程「專題化」，允許孩子依自己的步調及喜好，建構新知識和技巧，柏克女校(Katherine Delmar Burke Girls School)「創新課程」總監麥克·哈默斯(Mike Harms)將幼兒園到八年級的課程，大量專題化，並加入更多科技、創新與實作，讓跨學科、跨年級的協同教學方式迸發。例如六年級的「達文西專題」，引導學生工程和發明，讓學生做出仿達文西發明的模型；歷史老師負責文藝復興時期的背景，學生從各方面了解這位多方位的歷史人物。

我國自 108 學年度起開始推動十二年國民基本教育課程綱要(簡稱新課綱)，新課綱較以往九年一貫課綱最大不同點，在於國中教育階段新增「科技領域」，將資訊科技與生活科技整合為一獨立學習領域，培養學生運用工具、材料、資源，掌握、分析及運用科技的能力，進而動手實作、設計與創造科技工具，更希望能將科技融入各領域教學，讓知識能夠整合運用。

有鑑於此，為取法美國推動跨領域 STEAM 教學教學，爰要前往美國舊金山學區了解其中小學推動現況及其運作，從教師、課程、教學、學生、社區及學校學習參訪，作為本市科技領域課程發展跨領域、知識整合應用規劃之參考。

二、加州教育制度簡介

美國是聯邦制國家，小學及中學階段共 12 年，學童約於 6 歲時開始入讀小學 (Elementary School)。美國幼兒的入園年齡為 3 至 6 歲，由於各州學制不盡相同，幼兒入園的年齡規範也略有差異。

各州教育部獨立運作，但遵守聯邦教育部門的最高指導，因此美國的初等教育無法以某州的制度一窺全貌，以加州為例，加州教育部(California Department of Education, CDE)與其他各州的開學日、學童年級出生認定月份、課綱、州的大考不完全相同(California Department of Education, 2013)。此外，各州各城市也有學區(Union School District, USD)負責所有學區內 k-12 學校的課程與教學、學生註冊、教師校長人事聘任醫療保險評鑑以及家長教師會(Parent Teacher Association, 簡稱 PTA)等與學校學生、教師相關的事務。加州教育部決策所有與州層次相關的教育事項，並舉辦州內小學生每年 1 次的大考 加州標準測驗(state academic content standard, 簡稱 STAR test)，制訂該州 K-12 的課程標準。此外，加州教育部授權各學區決定開學日、放假日、上下課時間，教學進度等。以庫比蒂諾(Cupertino)學區為例，學期中安排約 4 次教職員學習日，當天全學區 21 所小學都放假,但鄰近的城市如聖何西(San Jose)、薩拉託加(Saratoga)還是正常上課 (Cupertino Union School District, 2013)。然而，即使是同一學區，學區內各小學也能自主決定上下課和開學時間，完全沒有統一的規範，可見美國的教育系統的多元化特色。

在舊金山市(San Francisco, 代號 CA), 幼兒園年齡為 5 歲(Kindergarten); 3~5 歲則為幼前階段(Pre-K)。國小階段為 5 年制, 1 年級到 5 年級; 國中階段為 3 年制, 6 年級到 8 年級。學校層級之上有校區。校區的首要責任是確保其教育計劃遵照州和聯合法規執行。舊金山市聯合校區(簡稱校區)成立於 1851 年, 是加州第 7 大校區。學生 5 萬 5000 多, 皆居住在舊金山市市和縣 49 平方英里的範圍內。教育委員會由 7 位民選委員組成, 是校區的董事局。舊金山市兼具市和縣的地位, 而舊金山市聯合校區是區內唯一校區, 除負責本身的運作外, 還負責舊金山市縣教育局的運作。

三、參訪行程及人員概要

(一)參訪行程

日期	參訪地點概要
108 年 9 月 7 日(星期六)	桃園機場至美國舊金山機場
108 年 9 月 8 日(星期日)	參訪加州科學院(California Academy of Sciences)
108 年 9 月 9 日(星期一)	參訪 Chinese Immersion School at De Avila
108 年 9 月 10 日(星期二)	參訪舊金山探索館 Explatorium
108 年 9 月 11 日(星期三)	1. 參訪 Steindorf STEAM School 2. 參訪 Stanford University(校園導覽)
108 年 9 月 12 日(星期四)	1. 參訪 Stratford School 2. 參訪 Bluehills Elementary School
108 年 9 月 13 日(星期五)	參訪羅倫斯科學館 Lawrence Hall of Science
108 年 9 月 14 日(星期六)	舊金山機場至桃園機場
108 年 9 月 15 日(星期日)	

(二)參訪人員

序號	職稱	姓名
1	臺南市政府教育局督學	鄭豪志
2	臺南市政府教育局課程發展科股長	張世緯
3	臺南市政府教育局資訊中心借調教師	林宛蓁
4	臺南市立和順國中校長	謝連陽
5	臺南市立金城國中校長	蔡明昌
6	臺南市立善化國中主任	高儷玲
7	臺南市立和順國中組長	林信廷
8	臺南市立南新國中組長	王棋俊
9	臺南市北區公園國小主任	蔡孜怡

貳、參訪單位簡介及參訪過程

一、加州科學院（California Academy of Sciences）

加州科學院位於美國舊金山金門公園，成立於 1853 年，第一家公立博物館。原位於市區，1906 年舊金山發生大地震，館藏幾乎全部毀損。1916 年科學院搬到金門公園，1989 年又遇一次強烈地震損害博物館的主體建築，在 2003 年完全關閉。自 2004 年至 2008 年，科學院搬至一個臨時地方繼續開放，同時規劃重新建造加州科學院，科學院從 40 家公司中挑選出義大利籍建築師 Renzo Piano 設計新館，2005 年新館建築開始動工，結合原來的 12 棟建築(建於 1916 年至 1991 年)，於 2008 年建成，花費 4 億 8,800 萬美元，2008 年 9 月 27 日重新開放，成為灣區最大的亮點，美國最新穎的現代化博物館。

科學院獲得 2008 年及 2011 年 2 屆美國綠建築協會(U.S. Green Building Council, USGBC) 授予的最高級別的 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)白金認證-New Building Construction, Existing Building Operations and Maintenance，這是衡量建築物及永續經營最高標

準，成為世界上最大的獲得白金級別的公共建築，科學院還獲得 2009 年美國風景設計學會 (American Society of Landscape Architects) 的榮譽獎 (Honor Award)，被稱為世界上最綠色博物館 (world's greenest museum)，舊金山環境部的十大綠色建築示範項目之一。

科學院占地面積 41 萬平方英尺(9.4 英畝)，建築有地下一層，地上一、二、三層和生態屋頂。地下一層是 Steinhart 水族館，地上主要有世界雨林(Rainforest of the World)、天文館(Morrison Planetarium)、非洲館(African hall)、研究實驗室(Research Lab)等。

水族館主要展示有菲律賓珊瑚礁(Philippine Coral Reef)、沼澤(The Swamp)、鱷形硬鱗魚 (Alligator Gars)、水行星(Water Planet)、加州海岸(California Coast)、潮水池(Tide Pool) 及亞馬遜熱帶雨林區(Amazonian Flooded Rainforest)共 7 個區域。

世界雨林裡面是 90 英尺直徑的球形，展示包括植物與動物，分別來自婆羅洲、馬達加斯加、哥斯大黎加等 3 處熱帶雨林。天文館裡頭有自製的影片，內容不限於天文，包括任何與科學、自然生態有關的題材，透過 180 度數位系統及 3D 效果，極富教育意義。非洲館陳列早期人類祖先的化石，另一端則是瀕臨絕種的企鵝。值得一提的是，加州科學院致力孵化、飼養、保育非洲企鵝已有 30 年，兩旁則展示動物模型。參觀者可駐足研究實驗室，透過落地窗觀看室內陳設，研究人員工作，例如分解某種動物。



圖 1、熱帶雨林區



圖 2、非洲企鵝

二、舊金山探索館 (Exploratorium)

舊金山探索館成立於 1969 年，原址為藝術宮，是由原子彈之父 Robert Oppenheimer 的弟弟 Frank Oppenheimer 所創建的館所，於 2013 移至於舊金山內河碼頭的第 15 號碼頭並重新開放。探索館成立時強調跨領域的特性，原擬取名為科學、藝術、工業與手藝博物館 (Museum of Science, Art, Industry and Crafts, 簡稱 MOSAIC)，後來才依其意涵採用簡潔的探索稱之。館內展區分為六個主題，包括：

- (一)人體現象區 (Human phenomena)：思想、感情及社會行為的實驗。
- (二)動手做區 (Tinkering)：想像、動手實作並探索自己的創意。
- (三)視聽覺體驗區 (Seeing & Listening)：進行燈光、視力、聲音與聽力的實驗。
- (四)生命系統區 (Living system)：從 DNA 與細胞到生物與生態系統的發展。
- (五)戶外體驗區 (Outdoor exhibits)：探索風、潮汐與自然現象。
- (六)觀察區 (Observing landscapes)：探索灣區的歷史、地理與自然生態 (二樓灣區觀察廳與陽臺)。

探索館在世界科技館的發展歷史上，扮演關鍵性角色，館內展品達 2,000 件以上，涵蓋動力、光學、升學及力學等，其與眾不同之處在於所有的實驗設計多來自於館所發明作品，藉由精心設計的互動儀器，具體感受各種物理、心理或感官的科學現象，並藉由實際體驗或操作，讓科學在「玩」的過程中，進入學習。相較於國內館所多為陳列展品，但探索館更為強調互動體驗後的探討，並期許能透過好奇、體驗、探究與解決，讓科學不只是學問，更是生活的一部分。



圖 3、Pedal Generator 實驗



圖 4、水分子實驗

三、羅倫斯科學館（Lawrence Hall of Science）

羅倫斯科學館是位於加利福尼亞州伯克利的公共科學中心，提供動手科學展覽，設計課程，幫助專業發展，並為各個年齡段的學生提供課後科學資源。位於加州柏克萊大學（University of California, Berkeley）分校校園上方的山丘上，距離大學植物園不到一英里。館內設有廣泛的教育部門，提供學校和家庭課程。課程側重於廣泛的科目，包括生物學、化學、天文學、數學、機器人和藝術。除了現場課程外，加州各地還舉辦寄宿夏令營。

加州柏克萊大學及其附設的羅倫斯科學館是全美國數學和科學教育研究之重鎮。羅倫斯科學館儼然 K-12 科學教育之實驗場所。目前在美國國科會贊助下所推動的計畫—「科學的種子和閱讀的根」（Seeds of Science/Roots of Reading）就是一種新的教育主張，強調在播下科學教育種子的同時也應該培養學生的閱讀能力，並依此理念而開發出一系列的課程、教材和圖書。這個計畫在全美國有數十個科學中心或博物館加入，甚至在國外也有三、四個博物館參與；對於數學或科學教育影響至為深遠（蔡貴玉，2007）¹。



圖 5、科學館外觀

¹ 蔡貴玉（2007）。赴美國考察博物館心得報告。

四、Chinese Immersion School at De Avila

De Avila 中文沉浸學校是一所公立小學，於 2009 年創立，雙語沉浸式課程自幼兒園至五年級，主要學習粵語和英語。該校約有 400 名學生、18 位教師、1 位 STEAM 教師及 1 名語文老師。學校有健全的家長會，每年約可募資美金 40 萬。目前 STEAM 課程已經進行了四年。



圖 6 至 10、學校外觀及硬體

學校自從低年級開始電腦教學即重視網路倫理教學，重視學生的創意發展，不會強行要學生完成特定之作品或答案。學生的成就不在於對外參賽成績，而是個別興趣發展，學校教學方面是進行探索性扎根。在課程上，遵守課綱標準，但在 STEAM 的教學上並沒有固定的課程標準，而是採共同備課方式來進行課務準備，並採用各科融入方式進行 STEAM 教學。評量方面已有基礎之評量模式，低年級以表達為主，高年級多以實作評量、個人簡報為主。

值得一提的是，該校唯一 1 名 STEAM 教師是全時的電腦科學教師，自詡為數位公民(digital citizenship)，教學上非常強調使用設計思維(design thinking)，也就是依循「同理心」、「需求定義」、「創意動腦」、「製作原型」、「實際測試」等步驟完成資訊融入教學。

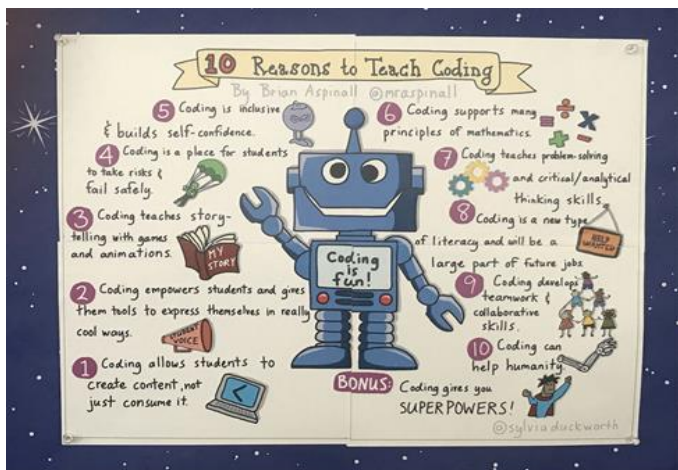


圖 11、牆上隨處可見資訊教學重點

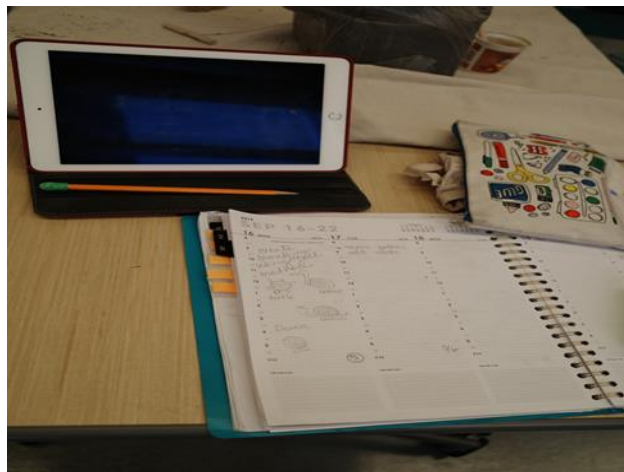


圖 12、學生利用平板上課

簡報後校長 Wendy Cheong 與該名 STEAM 教師與本團進行雙邊交流，在得知我國為因應科技領域補助每間學校建置生活科技教室、相關設備如 3D 印表機、雷射機、機器人時，其表示非常羨慕我國的做法，原因在於學校各種設備都是向家長募款，州政府僅補助些微的修繕費用，所有的耗材必須妥善保存與使用，因此大型機具如 3D 印表機在教學上也多為示範性質。



圖 13、學校 Maker space



圖 14、3D 印表機耗材等置物櫃

◎綜合座談

- 1、校長 Wendy Cheong 認為，STEAM 是一種「教學方式」，教師們要達到跨領域就必須採主題式（project）教學。
- 2、STEAM 教師說，在開始初期，每週固定與各年級教師開會，了解其課程，後將其轉化為 STEAM 的方式進行，如學習生命週期、建築等，透過把東西「做出來」的方式來進行 STEAM 課程。STEAM 不是只是關於科技、電腦之類的，其本質在於讓學生發揮想像力與創造力，並學會歸納與應用，將所學應用在日常生活中，因此教學上並不需要教艱深的數理學問。
- 3、STEAM 教師認為，關於資訊融入教學，近年來多關注的是網路霸凌(cyberbullying)議題。而學校從幼兒園開始教如何正確使用及管理 Ipad；逐級教小朋友網路隱私、版權、密碼保護等。
- 4、另外，STEAM 在全美沒有 Common Course Standard，在評量上採用自己設計的評量指標 (rubric)，如團隊合作，通常用於中高年級。低年級學生通常以 presentation 來呈現。
- 5、校長補充，教師增能是自動自發的，如今年 STEAM 教師曾自費參加印第安那州所舉辦的 pathfinder maker 工作坊，學習 3D 列印、microbit、digital design、laser cutting、low-tech making（如用環保素材來製作物品並比賽）等。
- 6、在取得家長認同上，校長 Wendy Cheong 認為多和家長說明學習與就業趨勢的連結，並強調教育應學以致用。



圖 15、參訪結束合照



圖 16、參訪結束合照

五、Steindorf Steam School

Steindorf Steam School 是聖荷西(San Jose)一所全新的實驗中小學，自幼兒園大班至八年級，這所學校在傳統的閱讀、寫作等一般課程之外，安排了更多的創造啟發課程、實驗，以科學為基礎的多項技能。課程中融入更多的手做，並且整合各科教學，以主題式的學習方式，讓學生在學期中的某段時間，共同去解決或探討一個問題。

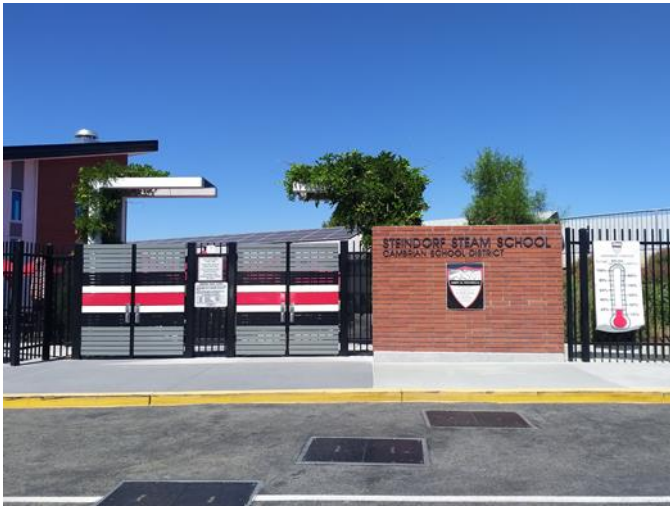


圖 17、學校大門



圖 18、課室分組學習

校長 Kristi Schwiebert 認為，跨領域教學最重要的是「整合」，不論是所謂的 art（藝術）或是 engineering（工程）。你不能因為孩子很會畫畫，就說他有藝術天分，只專注在某一領域；應該說，每個孩子都能在很多領域能夠很成功。」她分享，在班上有很會繪畫的學生，也有很會設計機器人零件的孩子，他們在團隊中互相學習。



圖 19、正在上表演藝術課的學生



圖 20、協同教學現場

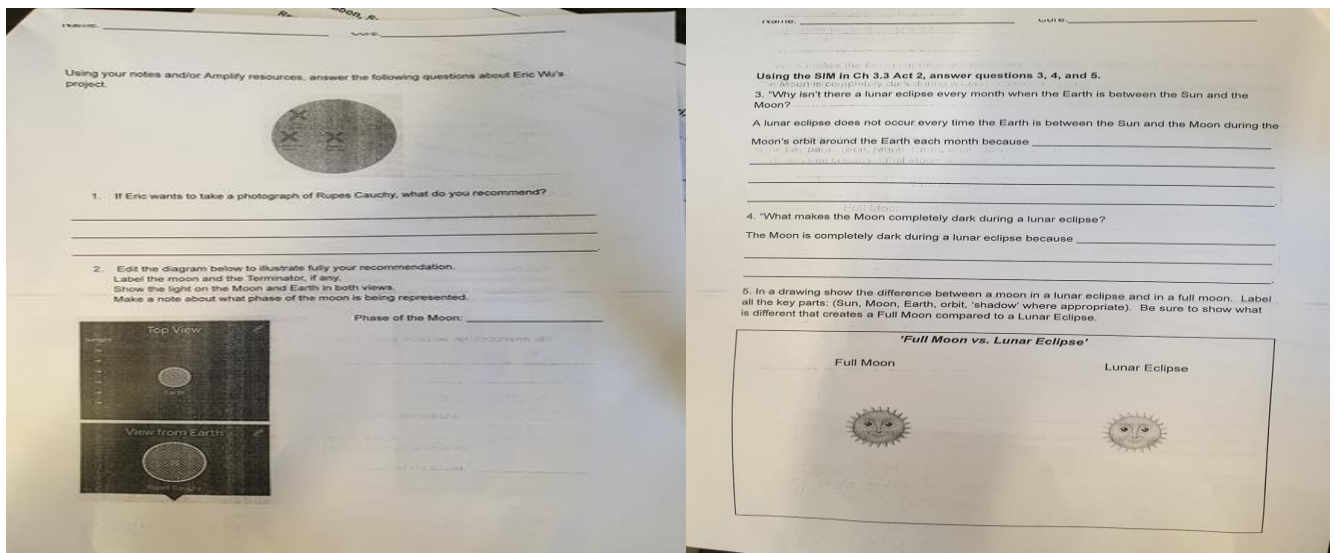


圖 21、學生學習單

圖書館裡有非常豐沛的電腦資源，而學校也設計 Maker Space 基地，結合圖書館，讓學生方便查找資源。教學上，多採協同教學，模式為有一位主導的上課老師，其他老師幫忙補充。

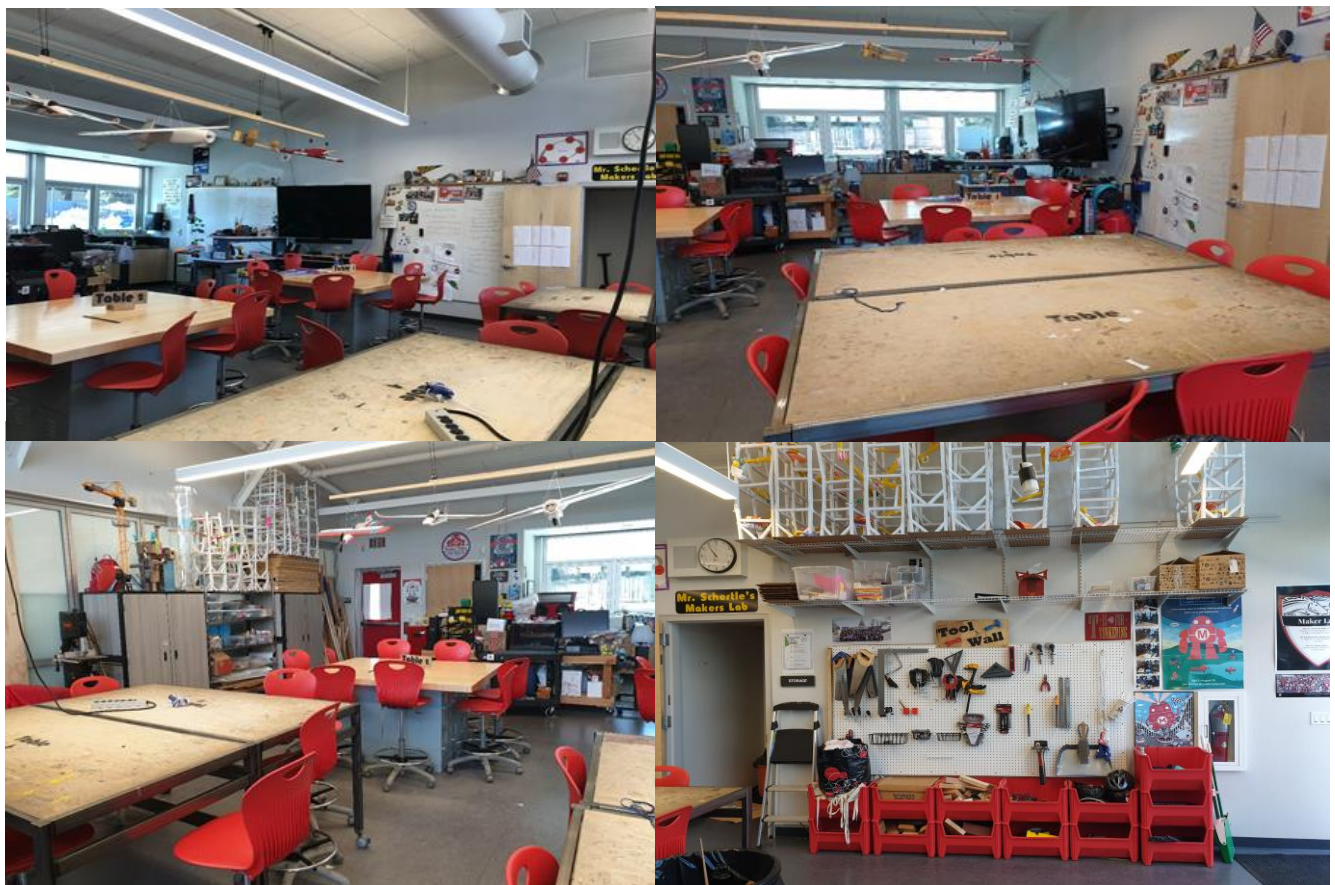


圖 22 至 26、學校 Maker space 基地

◎綜合座談

- 1、校長 Kristi Schwiebert 表示，學校遵守課綱，但會在實作、資訊等方面特別加強，並在各領域進行融入。校長不諱言的說，Steindorf Steam school 是一所菁英取向的學校，學生必須以抽籤的方式入學。
- 2、校長說明，學校採問題導向學習 PBL(problem-based learning)，舉例而言，如今天發現學校綠化不足，便會拋出「如何使學校綠化」這個議題，然而在綠化的過程，還要思考到植物的品種(因加州缺水)、成本預算等，而這樣的學習模式在各領域各科目都適用。
- 3、老師會自費參加進修，學習在 PBL 的基礎上作更深入的教學。而學生會在每年 5 月接受語文及數學的測驗評比。
- 4、Maker Space 是支援學生做 PBL 的地方，學校幼兒園較強調與社區的結合、對周圍的瞭解等等，會做模型、影片等，來做未來的職業探索，例如請消防員來跟學生對談。也會在戶外教育時使用音樂課的學習內容去照顧附近的失憶老人，強調對社區的貢獻。
- 6、觀課時學生正進行科學課程「Kepler-47C 雙星運動」，經學校說明，課程是以探索式、問答式的方式進行學習，同時結合美術，例如雙星運動或細胞課程，並讓學生完成相關美術作品。
- 7、在問及 Maker 是否為學校一個科目時，該校 Maker 教師 Rick Schertle 表示，Maker space 是 PBL 的一個輔助場所（工具），學生透過動手做的過程展現成果及創意。
- 8、另外，由於目前美國科技教育的重點在 AI，因此也會多少融入一點 AI 的元素如程式設計等。



圖 27 至 28、參訪後合照

六、Stratford School

Stratford School 為一私立之學校集團，位於 Santa Clara，旗下包含中學、小學及幼兒園等學制。本次參訪之 Stratford School 共包含旗下兩校，分別為中學(我國學制國小六年級至國中二年級)、小學暨幼兒園(幼兒園大班至國小五年級)。



圖 29、校門



圖 30、教室外觀

目前，Stratford 在 Santa Clara 一共有三個校區，兩個小學和一個初中。最大的是 Pomeroy 校區，從 Preshool 一直到小學五年級。另一個 Winchester 校區是從 Preschool 到 Kindergarder。按照其規劃，其高中校區將在 2019-2020 學年正式開始招生。



圖 31 至 32、實驗探究課及實驗安全守則

較受華人歡迎的 Pomeroy 校區，校舍新穎，低年級有自己的操場，和高年級的孩子是分開的。一個年級六個班，每班 24 個學生，2 位老師，一位是主授課老師，另一位是助理老師。其中有不少印度老師，但都是 **nativespeaker**。學生上來說，這家印度人比例比起其他校區少一些。放假的時候，學校會開設託管服務，包括寒假，春假和暑假裡的大部分時間。

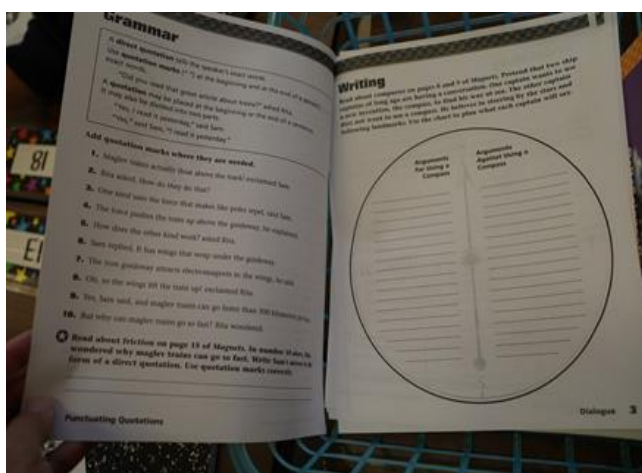


圖 33 至 34、上課情景及教材

特別的是，學校提供隔周西班牙語課程，也強調 **STEAM** 教育以及 **PBL** 學習，會辦理 **STEAM** 主題的營隊。在對外競賽部分，如 **FLL** 機器人國際賽，主要利用課後社團來培訓。



圖 35 至 37、由左至右為教室情境布置、學生實作作品、資訊融入教學（拼讀練習）

◎綜合座談

- 1、校方表示，校園自有農場包括植物栽種、觀察作物生長歷程可作為實施生命教育之場域。
- 2、校方行政人員說，課室多以資訊科技融入教學、問題導向學習（PBL）為主。在提到 PBL 方式，學校表示該校在執行 PBL 的步驟包括：
 - (1) 啟動（kick-off）：找到現實生活中的問題。
 - (2) 探索（acquire）：透過文本找到與問題相關的知識。
 - (3) 創造（create）：創造專題。
 - (4) 回饋（feedback）：透過同儕以及教師諮詢意見。
 - (5) 修訂（revise）：透過反饋修正原專題。
 - (6) 展示（showcase）：展示專題。
- 3、經課室觀察，教室情境佈置多呈現有工程設計流程(Engineering Design Process)、科學方法 (Scientific Method)等，凸顯該校融入之方法與策略；參訪當日實驗課程多以貼近學生經驗之材料進行試驗，而各分站均有不同任務。
- 4、在 STEAM 課程的推動上，學校表示，主要採跨學科，包括數學及工程、電腦及機器人 (robotics)，國際語言以及美術。
- 5、參與座談的 Stratford School 會計部門主管、資訊部門主管表示，整體而言，本校家長對學生學業表現有較強之期待，而美國政府基本上並無提供私立學校之經費，故學校整體營運朝著菁英教育方向施行，如學科教學提前公立學校一年、重視集團高中部之 SAT 評比分數等。



圖 38 至 39、參訪後合影

七、Blue Hills Elementary School

Blue Hills 小學位於 Saratoga，全校有 383 名 k-5 年級學生，師生比為 21：1。學校安排 4 位五年級學生帶領導覽，導覽內容由學生自己設計，學生手上的手稿為自己撰寫之內容。這對學生是很好的訓練，包含如何設計導覽內容、如何面對來訪客人以及自己的口條等。



圖 40 至 43、左上至左下為學校校舍及外觀；右下為帶領導覽學生

活動中心基本上設置於中心點，採開放式空間設計，包括諮商室、圖書館、班級教室、多功能智慧教室、教師休息室等空間均圍繞活動中心。



圖 44 至 46、由左至右為活動中心、教師休息室、多功能智慧教室

入班觀課，教師以投影機介紹光影，先簡單介紹光與影之原理，後由學生分組實作（燈光關閉），了解形狀、光線、投影之間的關係，教師會到每一組去了解該組討論的結果。每位老師都有 STEAM 的知能，因為課堂中都可融入各式教材，讓學生可以實際動手做。如光與影的教授，即是發給學生教材（立體圖及手電筒），讓學生實際動手做，以手電筒照射立體圖以投射出預先劃好的影子。並且以分組的方式，讓學生學會團隊合作。



圖 47、教學設備

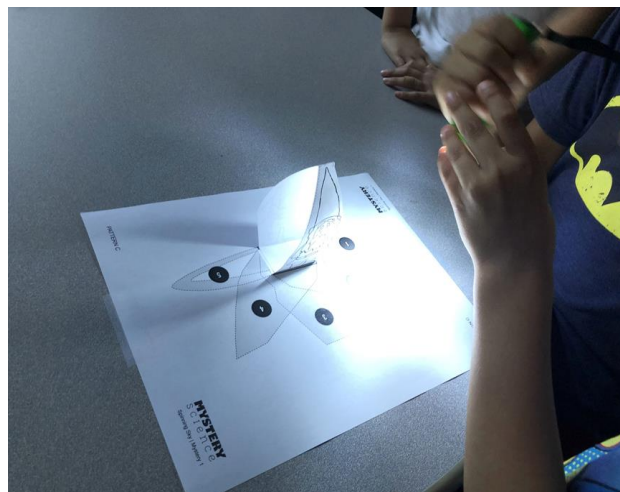


圖 48、光與影

學校非常重視學生實作及情境布置，用幾何圖形的圖片拼貼成動物造型的作品，即是用簡單的物品來培養學生的創意，並實際動手做出來。校方再以學生創作的作品布置在教室中，也可讓學生感到自己的作品被重視。

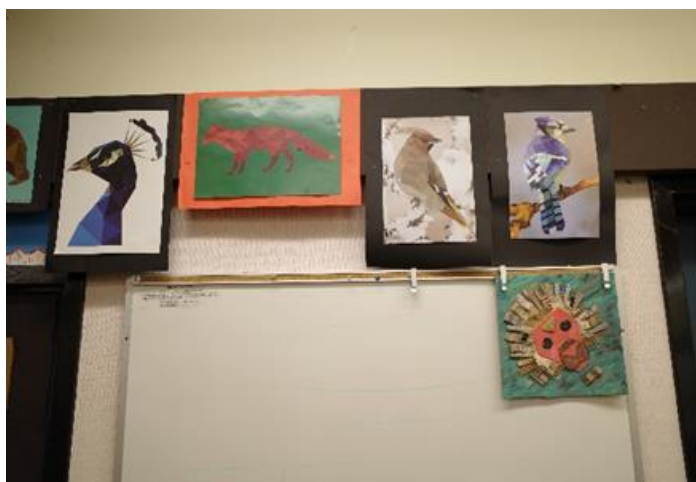


圖 49、學生手作作品



圖 50、強調 STEAM 情境布置

◎綜合座談

- 1、校長 Audrey Prouseu 表示，由於位處加州，社區家長多是科技人，多會與校方討論學校發展重點，如此也可獲得家長對學校的經費支持與認同。
- 2、在科技融入教學的部分，實際上 Blue Hills Elementary School 課程融入 STEAM 的方式，校長回應主要就是讓學生發揮創意、實際動手做，結合實際生活情境。
- 3、在問到教師面對 STEAM 課程是否有所排斥？校長回應，在美國，學校校長兼負學校的發展成敗，因此握有很大的權力（power），若老師真的無法配合，則可再聘其他志同道合的老師入校。另外，學校並無太多的行政工作，因此校長就是課程領導人，每天的工作就是專注在老師的教學與學生的學習。
- 4、另外校長表示，美國雖有課程綱要，但實際上執行的彈性非常大，任何課程設計只要不要太離譜，都沒有違反課綱之虞，也就是說不須分科、分領域，跨領域是常見的方式。



圖 51、參訪後合照



圖 52、參訪後合照

參、心得與建議事項

一、科學館所兼具研究性質，可供本市相關館所或博物館利用教育借鏡

以加州科學院來說，其不僅是博物館，也是一個研究機構，學術研究與經營結合，尤其在基礎科學及保育方面。許多研究人員與國際合作一同發現新物種，2013 年科學院發現 91 種新物種，包括魚、兩棲類動物、螞蟻、蜜蜂、蜘蛛、植物等，這些發現加深科學院保育的決心，加強在瀕臨絕種生物的保育議題，特別是非洲企鵝、珊瑚礁及兩棲動物。各項研究證明地球上仍有很多地方尚未探索，很多動植物尚未發現，研究人員研究足跡從加州到非洲，遠至偏遠的雨林，深至海底，他們的研究發現，發表於 30 多種科學刊物，透過專業研討會、工作坊、交換計畫等分享研究成果（馬彩萍，2014）²。

至於附屬於柏克萊大學的羅倫斯科學館，不僅具有推廣部門，更具有研究部門，成為全美 K-12 科學教育之實驗場所，也常辦理工作坊、研討會，向世界各地研究人員分享。

揆諸本市相關館所，如南瀛天文教育館、兒童科學教育館、左鎮化石園區（館），或是甫開幕不久的山上水道博物館等，常見的教育活動包括展示、導覽、科學演示、科學課程、科學研習、演講、影片等，部分亦出版教育性刊物或辦理館內教師活動，國外館所的進階功能可做為參考。

二、以「設計思維」(Design thinking) 的流程進行跨領域課程設計，可嘗試於本市教育現場

本次參訪的學校，包括 Chinese Immersion School at De Avila、Steindorf STEAM School、Stratford School、Blue hills Elementary School，在訪談的過程中，均有提及教師在課程設計主要是掌握 Design thinking 的態度與概念。

所謂設計思維設計是一個創意解難的過程，強調以使用者為中心，透過運用設計思考工具中的元素，例如同理心、實驗等，以達致一個創新的解決方案。其步驟包括同理心(Empathize)、需求定義(Define)、創意動腦(Ideate)、製作原型(Prototype)、實際測試(Test)等（引自維基百科）。

² 馬彩萍（2014）。103 年教育部中高級人才海外研習計畫加州科學院研習心得。

以教育現場而言，理論³指出課程設計的工作可細分為(1)蒐集學校文化、教師、課程內容期望和學生及其需求等相關資料；(2)決定課程目標和特定的學生學習目標；(3)選擇與目標有關之內容、學習活動、教學方法、教材與媒體，使學生成就最大化；(4)發展學生評量方法，以反映學習目標；(5)實施課程規劃，以創造學習文化與學習者的社群；(6)評鑑學習活動、媒體、教學表現的效能，以作為改進課程之依據。

實際上，傳統的課程設計多是以「教師為中心」，提到跨領域，分科多年的教學現場老師直覺是「有困難」，即便 108 學年度十二年國民基本教育課程綱要強調跨領域統整、主題探究的重要，但在教學現場仍是困難重重。是以，或可借鏡設計思維的方式與步驟，重新看待跨領域課程設計，也許可提高教師跨域設計的意願與行動力。

三、STEAM 是一種精神或教學方式，可參考國外問題導向學習 (PBL) 的教學

Chinese Immersion School at De Avila 校長 Wendy Cheong 直言，STEAM 是一種「教學方式」；Steindorf STEAM School 的 Maker 教師 Rick Schertle 也認為，maker 只是一種輔助，最終目標還是達到 STEAM 的精神。但他們都表示，PBL 適合跨領域教學，進而達到 STEAM 精神。

本次參訪學校均以 PBL 為主要教學模式，有幾個元素是都有提到的：動手做 (make)、解決生活問題、團隊合作 (teamwork)、協同教學等。



圖 53、Blue hills elementary school 學生在討論課堂指派任務

³ Florida State University, 2002; McKeachie & Svinicki, 2006

Steindorf STEAM school 校長 Schwiebert 以缺水的加州來進行校園綠化課程，思考到的是在地情境（缺水）以及實際生活（缺水還能存活的植物），另外更提到 **buget**（預算）的效益評估。

以本市現況來說，不少中小學已嘗試以 **PBL** 的教學方式來帶領課程，如安南區海東國小以學校附近的暗蟬為發想，為保護及了解暗蟬，設計「暗蟬 AI 海東鳴天下」教案，由資訊融入教學，進入 **PBL** 專題導向教學，並且高年級學生人人會製作暗蟬仿生機器人。讓學生藉由在地關懷及探究家鄉環境變遷，學習解決問題能力，也因此獲得全國教學卓越金質獎。

雖然探究性質本質上相同，但國外在實際執行課程又更強調教師協同教學、學習者中心，或可供本市學校參考；另外，在教育政策上，亦可思考如何引導學校教師進行 **PBL** 教學。

四、科技融入教學是自然趨勢，但應注意科技的帶給孩子的副作用，可從低年級教育開始

在訪談的過程中，多位資訊教師均有提到從小給孩子 **ipad** 是有限制的，除了限制使用時間之外，更重要的是使用方法，也提醒應該是所有的教師都要有這樣的防範知能。

事實上，這樣的議題應稱作「媒體素養教育」，根據李佩綺（2019）⁴的觀察，教師對媒體素養知能與融入領域教學技能之缺乏、媒體素養教學意願及品質低落等都是目前我國現況。因此，或可借鏡國外學校的態度與做法，在科技融入教學時，一併規劃符於本市現況的媒體素養教育。

五、**Maker Space** 除了動手做，更應強化思考問題與分享價值

美國自造者團體於 2013 年編印了《自造者空間工作手冊－學校版》(Makerspace Playbook: School Edition)，針對自造空間從籌備規劃到正式運作，說明其所經歷的過程及各階段的注意要點，內容包含自造運動的起源、自造者空間場地規劃、自造工具與素材、安全管理策略與規範、教職員生的角色、自造活動的實際操作、自造活動的年度計畫、自造專案的規劃與設計、自造者空間的開張、自造空間的文件紀錄、學校實例及相關資源等 12 個章節，附錄並提供設立自造者空間所需經費預算、教師、學生及管理人員的工作說明、設立專案計畫、安全管理規範、

⁴ 數位時代之媒體素養教育融入中小學課程。

工具採購清單等實用性資訊（吳清山，2016）⁵。

在本次參訪中，可以發現學校多有設 **Maker Space**，事實上，美國原本就具有 **DIY** 生活文化，成長過程中在家庭或學校內動手做是生活及學習的常態，故在美國的教育體制內，較不需要特別安排將自造活動納入的課程中。根據學校的回饋，目前推動自造者運動是更多鼓勵學童發展創意與分享價值。

因應十二年國民基本教育綱要新增「科技領域」，教育部在全國各縣市國中設置「自造教育及科技中心」，本市即有新興國中、復興國中、南新國中、佳里國中、和順國中、麻豆國中、新化國中、仁德國中等 8 所學校設置。其設置內容與國外的 **Maker Space** 類似，但不同的是，國內學生因為學習時數的關係（每節 45 分鐘），學生多半去體驗，教師的引導多為工具性的解說，如 3D 印表機的操作，較少創意的激盪與價值的分享，國外的經驗可供參考。

肆、效益評估

- 一、參訪科學館結果與經驗可作為本市博物館利用教育之借鏡。
- 二、國外學校跨領域課程設計實務運作可做為本局規劃實施主題跨域教育計畫之參考。
- 三、國外學校課程設計融入設計思維(**Design thinking**)的概念可供本局引導本市學校進行課程設計之參考。
- 四、國外學校科技融入教學的因應策略可供本局規劃實施媒體素養教育，自低年級開始。
- 五、國外學校運用 **Maker Space** 的經驗可供本市自造教育及科技中心參考。

⁵ 美國推展自造者空間（**Makerspace**）對我國之啟示。