

教育部109學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：(01) 清華 STEAM 課程模組研發與推廣計畫（以竹北東興圳為例）

主持人：黃錫裕

電子郵件：hs98137@gmail.com

執行單位：新竹縣立東興國民中學

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？（請擇一勾選） 是 否

2. 執行重點項目（請擇一勾選）：

- 環境科學教育推廣活動
- 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3. 辦理活動或研習會等名稱：無

4. 辦理活動或研習會對象：無

5. 參加活動或研習會人數：無

6. 參加執行計畫人數：行政人員(10人)、教師(5人)、學生(9人)

7. 辦理/執行成效：

基於研究者工作環境的教學需求，以及清華 STEAM 課程設計需要更多教育實徵研究的驗證。因此運用本校的教學環境及在地性的東興圳鄉土議題，來探討清華 STEAM 課程模組研發鄉土性教材教法與推廣計畫（以竹北東興圳為例）是否能提升國中生科學的學習效益。然後，本研究採用準實驗研究法，參與對象為109學年度整學期9位國二數理資優生，正式介入時間共36節課。結果顯示，根據國中生在認知方面國中生環境教育知識前、後測表現，達顯著差異；在情意態度方面國中生環境教育環境態度問卷前、後測表現，亦達顯著差異、在學生科學學習動機量表也有正向的變化。另外在技能方面，學生在科學探究能力量表前、後測表現，亦達顯著差異。根據本期計畫的資料分析結果，期望未來題下一期計畫執行能更加具體了解：對清華 STEAM 課程模組有興趣的教師提供一個可以參考的示例。

二、計畫目的

(一) 研究目的

鄉土教學活動目的，就是要讓學生從實地參與以及「做中學」的教學活動中，藉以培養學生愛鄉土的情操。而鄉土教育最在意的兒童經驗，探究關於生活居住地的自然與人文環境，以及自我與環境兩者間的教學活動，是兼具「鄉土特色」與「時代背景」且會因時、因地、因事制宜的教育課題。

歐用生(1996)提到社區教育論的觀點，鄉土教學活動應使學生廣泛地接觸鄉土環境，藉以激發學生的好奇心和探索的興趣，且能有效利用社區的環境與資源，從體驗感受真實世界的環境，去建構自己對社區感和鄉土情的內在價值，進而建立家鄉的社區文化特色。

鄉土地區是兒童進行直接觀察活動，獲得「經驗」的場域，鄉土教學活動，則有助於幫助兒童瞭解其生長的环境、認識自己家鄉的文化特色，並因而培養研究觀察鄉土的能力，激發熱愛鄉土的興趣與情懷；當兒童能踏實定的在家鄉生活，就能因而發展萌生多元文化觀及世界觀；由愛家、愛鄉、愛國、進而熱愛居住的這個大環境—地球村，而這也符應當前教育發展的重要理念。

此外，提到鄉土教育與其相關性最高的就是環境教育，環境教育就是以個人或社區群體為目標的教學，幫助其在社會中遇到環境問題時能夠瞭解環境問題的知識、意識到這些問題的解決方案，並有能力去解決這些問題。聯合國教科文組織（United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization, UNESCO）2014年提到要在社會中傳遞尊重自然並提高公眾的環境意識，環境教育就是最重要的部份。而環境教育具有「自然資源保育」、「環境管理」、「生態原理」、「互動與互賴」、「環境倫理」、「永續性」等六個核心學習要素，是故，學校要實施環境教育課程時，最重要的課程目標，就是要讓學生透過親身體驗的「在環境中學習（in environment）」，從認識環境「教導環境知識（about environment）」到感受環境之美、喜愛環境，進而實踐「為了環境的教育（for environment）」，產生解決環境問題的負責任行動。因此，林素華(2016)提到要落實環境教育，就是要先將參與對象、實踐者、問題與行動，焦點縮小到地方性的層次，也就是從社區參與去著手，從民眾生活周遭環境所在乎的事物作為關心、重視的起點，在環境議題裡，社區具有凝聚個人力量，切入環境議題核心，當社區居民都具有自我的社區意識時，則會對該社區有種心理認同與休戚與共的內在感受，而這也是推動社區發展時，驅使居民團結力量的來源。

未來的每一所學校都應發展出各自專長的核心特色，而本校為竹北區一所全新的學校，不該再與其他竹北區學校一樣，採分科分領域教學，環視眾多學校所發展的新

興特色主題後，反倒使我們發現發展出在地性的特色課程，才是我們可以實踐且延續傳承的校本課程，而橫貫竹北市六家地區的東興圳，這個過去曾是重要水源的東興圳就成為首選，早期竹北六家地區為客家先民拓墾區域，水圳則是農業時代賴以為生的灌溉渠道，不過隨時代變遷，1990年代因高鐵通車，六家地區土地被徵收，如今大樓林立，當年的稻田、老厝已不多見，但東興圳等水圳經地方及文史工作者爭取，東興圳的水汴頭、土牛溝等灌溉設施，在徵收後仍被保留下來，串聯古今，成為在地歷史的一部分，如今更演進成為城市藍帶，所以我們更應藉此契機，規劃發展能連結在地東興圳的環境教育議題，同時也符應產業脈動的 STEAM 教育創新教學，以落實學生為主體的教學，提供多元跨域的學習契機，設計重問題解決導向式的 STEAM 課程，冀望能藉由本次機會，讓學校發展在地鄉土性以學生為主體觀的東興圳 STEAM 課程，而讓經歷過這種課程脈絡教學的學子，除培養厚植了基本能力外，更具備跨領域的整合能力，日後本校學子在遭遇到生活環境的問題時，能以在地情懷的態度面對，對某些需基礎研究與創新應用的領域如航太科技等，因為已有 STEM 奠定好的內功，才能推動跨域研發與領域創新，進而厚實創新研發能量以維持國家的競爭力(黃敦晴，2018a；范斯淳等，2016)。

(二) 研究問題

因此，本計畫之研究目的為：

- 1、探討以校為本的在地鄉土性跨域整合的課程，清華 STEAM 模組課程的微調因素與機制為何，以竹北東興圳為例？
- 2、探討以校為本的在地鄉土性跨域整合的課程，清華 STEAM 模組課程在教與學之實施優劣分析，以竹北東興圳為例？

三、研究方法

本計畫採用「準實驗研究法」，分析採清華 STEAM 學校的 DDMT 教學模式對國中數理資優生解決在地性的鄉土問題之學習效益。針對課程進行單組前、後測的科學研究方法試題資料收集，再分析其量化資料闡述學生在 DDMT 教學模式課程進行前、後的學習效益，包含認知學習成效的環境教育知識與對科學的學習動機、環境態度、等情意面向的探討，另外技能方面的探究能力的增益也是本研究想得知的學習成效；並在學生進行 DDMT 教學過程中，透過小組互動的影音檔、小組互評表、小組組內自評表及晤談資料等質性資料的輔助，進行研究結果的討論。本計畫的研究方法詳述如下。

(一) 研究對象與情境

1、參與的對象：

- (1) 家境說明：本校資優班學生的家長多為科學園區之白領階級，家境多為小康

以，物質生活從不於匱乏。

- (2) 研究對象：本計畫的對象為109學年度國二數理 C 班的9位自然科學領域課的學生。
- (3) 參與教師：負責授課的 1 位自然科教師，即為執行計畫的主持人，另外的4位計畫成員教師，則與授課教師進行共備課程討論及教學拍攝作業，而學校行政則由校長與四處室的行政人員從旁提供教學上的協助。

2、研究的情境：

本計畫執行授課的教師，身分為完全的參與者 (Creswell, 2015)。學生分組依據為原始班級編班，共分 3 組，每組3人，參與學生分組方式，如下方表3-1-1。

表3-1-1 各組人數統計表

	男	女	合計
A 組	2	1	3
B 組	2	1	3
C 組	2	1	3

本校數理資優學生依據「新竹縣108學年度國民中學學術性向數理資賦優異學生鑑定」結果來進行編班，故三組學生的入學起點行為並無差異，但為確保3個組的學生在進行清華 STEAM 學校的課程教學前，其在「國中學生環境教育知識」和「環境態度問卷」表現並無差異存在，故先研究收集這9位學生在進行清華 STEAM 學校的課程教學前的「國中學生環境教育知識」問卷的表現，進行無母數統計法的 Kruskal-Wallis H test 確認3組在學生在進行教學前，並無顯著差異，如下方表3-1-2。

表3-1-2 各組學生於國中學生環境教育知識問卷之 Kruskal-Wallis test 假設檢定摘要表

無效假設	檢定	顯著性	決策
在組別的類別上，「國中學生環境教育知識問卷」總分前測的分配相同	獨立樣本 Kruskal-Wallis 檢定	.211	保留無效假設

顯示漸近顯著性。顯著水準 .05。

3、研究架構

以國中八年級9位數理生，分為 A 組(N=3)、B 組 (N=3)、C 組(N=3) 3組作為研究對

象，以清華 STEAM 學校課程設計模式進行教學活動，學生在「國中學生環境教育知識」的紙筆測驗、團隊同儕自評表，以自我檢視組內評定所規劃的分工合作學習策略證據驗證，小組互評表以檢視各組之人工創作的製品，另搭配國中學生環境態度問卷、學生科學學習動機量表、科學探究能力量表等，作為驗證清華 STEAM 課程教學環境下的學習效益之差異。

本研究的研究架構如圖3-1-1：

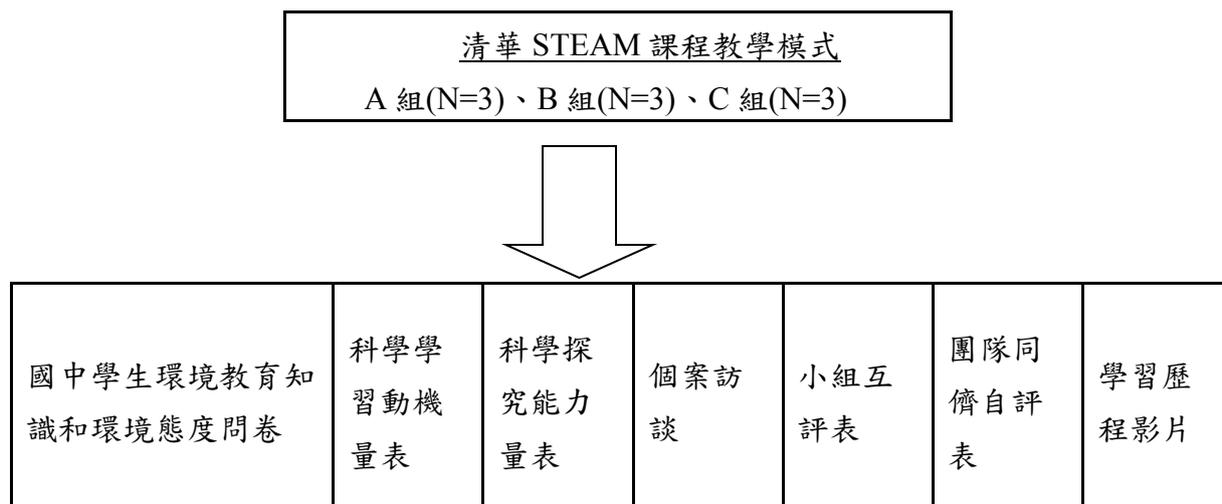


圖3-1-1 研究架構圖

本研究所涉及的變項共分為三類，包括自變項、依變項和控制變項，茲分別敘述如下：

(1) 自變項：即為實驗變項，指不同的小組分工自學模式。

(2) 依變項：

本研究之依變項有「國中學生環境教育知識和環境態度問卷」、「科學學習動機量表」、「自然科學學習興趣量表」、「科學探究能力量表」、「教師與同儕支持量表」及「網路認知負荷量表」等七個變項及質性資料的學習歷程影片、小組互評表、團隊同儕自評表及個案訪談紀錄。

(3) 控制變項：

為儘可能排除不必要干擾因素，本研究的控制變項有二，茲分別敘述如下：

- ① 本研究之前測、後測的實施程序均依照相關規定進行，以求各組的受試情境相同。前測、後測的測驗評分均由研究者自行評閱，以避免評分者變項對施測結果造成干擾。
- ② 本研究各組所使用之錄影設備皆由研究者提供同一款式攝影機進行攝影，故錄製效果一致。

本研究三個組別皆進行前測、實驗處理、後測三個階段。

(二) 研究工具

本計畫的研究工具有 1. 「國中學生環境教育知識與環境態度」問卷。2. 學生科學學習動機量表(Students' Motivation Toward Science Learning, SMTSL)。3. 自然科學學習興趣量表。4. 教師與同儕支持量表(Teacher and Classmate Support Scale Index, TCSI)。5. 網路認知負荷量表。6. 科學探究能力量表。7. 小組互評表、小組組內自評表、學生的影音檔與網路記錄等質性資料。後續將分別就各研究工具進行簡介與說明，以及其信、效度。

1. 工具的內容：

依其學習效益可分為三類，第一類為評估學生的認知教學目標之效益，如：國中學生環境教育知識問卷；第二類為評估學生的情意教學目標之效益，如：國中學生環境態度問卷、學生科學學習動機量表、自然科學學習興趣量表、教師與同儕支持量表、網路認知負荷量表等；而第三類則是評估學生的技能教學目標之效益，如：科學探究能力量表。

(1) 國中學生環境教育知識量表

本研究所稱之「環境教育知識」的操作型定義，是以龔心怡(2015)所設計之「環境教育知識量表」做為檢視認知教學目標的學習效益之用，此量表共分成「一般環境知識」(1~6題)、「自然環境科學知識」(7~15題)、「環境問題知識」(16~26題)、「環境行動策略的知識」(27~32題)等四大類總共32題，題型涵蓋水源、空氣、土壤、資源、氣候、環境永續、環境議題、環境行動技能等類別。主要在探討國中數理生經過清華 STEAM 學校的教學模式前後，其對環境教育知識的理解程度，採單一選擇題型，每題為4個選項，其中一個是正確答案，三個皆為錯誤選項。各題答對者給1分、若答錯或未答，則以零分記。而學生在環境知識量表中的得分愈高，顯示其對環境教育的知識愈豐富，在本研究的整體問卷 α 值為.59，各向度 α 值分別為1 (.44)、2 (.74)、3 (.32)、4 (.71)，學者 Cuieford (1965)認為 α 值高於.35時，其信度仍可接受，但由於環境問題知識在本樣本中偏低，故僅做為參考之用，不宜作為統計分析之依據，其他向度都顯示此份量表具有良好的信度水準，每次施測時間為25分鐘。

(2) 國中學生環境態度問卷

環境態度涵蓋個人對環境議題的關懷情感、價值信念、行動動機等，同時也是一種隱含對環境強烈的關切感和主動參與環境保護與改進的動機。本研究以龔心怡(2015)所設計之「環境態度量表」做為檢視國中數理生經過清華 STEAM 學校的教學模式前後學生自身地環境教育素養能力之差異，本「環境態度量表」共分成六個層面，分別是「環境污染態度」(1~5題)、「生態保育態度」(6~10

題)、「資源問題態度」(11~13題)、「環境永續態度」(14~20題)、「環境問題態度」(21~24題)、「環境技能態度」(25~28題)，在本研究的整份量表 α 值為.69，各向度 α 值分別為.70、.67、.67、.61、.68、.67。每題的中位數為3分，當每一層面平均分數高於3分，表示國中學生自身的環境態度較積極正向，當每一層面平均分數低於3分，則表示國中學生自身的環境態度較消極負向，每次施測時間為20分鐘。

(3) 學生科學學習動機量表(SMTSL)

採 Tuan, Chin 和 Shieh (2005) 發展出包含有「自我效能」(SE,7題)、「主動學習策略」(ALS,8題)、「科學學習價值」(SLV,5題)、「表現目標導向」(PG,4題)、「成就目標」(AG,5題)，以及「學習環境誘因」(LES,6題)，等六個向度共計35題的學生科學動機量表(SMTSL)，具體描述如下：

- ① 自我效能：學生學習自然科學相關知識時，對自己學習自然科學能力的把握以及面對未來學習任務時的信心。
- ② 主動學習策略：學生學習自然科學時，能採取主動學習的策略，將新經歷到的學習體認與以往的經驗或知識加以連結，從而建構出新的知識以及形成問題的解決策略。
- ③ 科學學習價值：學生在探究學習的過程中，能夠體會科學的價值、對科學知識的應用以及了解探究的重要性，並且體認到科學是一種解決問題的方法與思考方式。
- ④ 非表現目標導向：學生認知到學習科學的主要目的，不是為了能比同儕有更好的表現或是能夠吸引教師的注意力，而是以自我內在的滿足為主。
- ⑤ 成就目標：學生進行科學活動時，藉由對於科學概念的驗證以及問題解決技巧上的熟練，能夠依此在師生及同儕互動中進行分享，並且在知識共構的過程中獲得認同來滿足自己的成就感。
- ⑥ 學習環境誘因：探討學生在學習自然科學的過程中，課程內容、學習任務的挑戰性以及教師所營造的課室氣氛對其學習意願的影響。其中的「非表現目標導向，NPG」是為檢視學生的內在動機將表現目標導向的題目故進行反向計分，因此，在本文中稱為「非表現目標導向，NPG」。本研究採用李克特五點量表，學生根據自己在自然科學習的感受情形作答「總是如此」、「經常如此」、「有時發生」、「很少發生」以及「幾乎沒有」等五種答案，依序得5、4、3、2、1分。此份動機問卷的原始 α 值為.89，各向度 α 值介於.70至.89，在本研究中，整體問卷的 α 值為.69，各向度 α 值分別為 SE (.64)、ALS (.61)、SLV (.66)、NPG (.69)、AG (.68) 以及 LES (.69)，

其中 ALS 在本樣本中雖偏低，但 α 值仍高於 .35，故其信度仍是可接受的，顯示此份量表具有良好的信度水準，本量表每次施測時間為30分鐘。

(4) 科學探究能力量表

研究者依教學研究之需求，從過去發表過之國內關於科學探究的碩博士論文中，採黃淑卿 (2004)所發表「利用探究教學提昇國一學生科學探究能力之行動研究」之論文中的問卷進行施測，本問卷採李克特五點量表來計分，依照出現頻率作答：1.幾乎沒有一出現機會約在20%以下；2.很少一出現機會約在20%~40%之間；3.有時候一出現機會約在40%~60%之間；4.經常一出現機會在60%~80%之間；5.總是如此一出現機會在80%以上。本量表共23題，其「過程技能方面」內容是依照 NRC (2000)所提出學生在進行科學探究活動時，應具備的相關探究能力並參考九年一貫自然與生活科技及美國國家課程標準，再依據其研究的實際狀況修訂設計。共分認知 (1-5題)、情意 (6-13題)、技能 (14-23題)三部份。此外，這23題之原始專家效度考驗，由該校同領域教師做內容效度審閱，給予寶貴意見，經綜合其建議，再與指導教授討論加以修訂完成，具良好的專家效度，在本研究中整份量表信度為.84，具有良好之信度，故適用於本研究中進行施測，本量表每次施測時間為20分鐘。

此外，小組互評表、小組組內自評表、學生的影音檔與網路記錄等質性資料分享，另做為實驗研究分析之參考。

2. 工具的品質：

研究工具的效度與信度考驗說明，如下列陳述。

- (1) 效度：所有研究工具的效度，皆商請校內2位資深自然科教師及2位科學教育專業之教授協助進行專家審查，以完成專家內容效度。
- (2) 信度：SPSS 20.0套裝軟體對問卷所獲得的資料進行信度分析。

茲將上述之研究工具彙整如若下表3-2-1所示：

表3-2-1 各量化之研究工具使用時機及信、效度彙整表

效益	工具名稱	使用時機	信度	效度
認知	國中學生環境教育知識問卷	教學前、後	.59	專家效度
情意	國中學生環境態度問卷	教學前、後	.69	專家效度
	學生科學學習動機量表	教學前、後	.69	專家效度
技能	科學探究能力量表	教學前、後	.84	專家效度

(三) 教學設計與課程安排說明

1、教學設計：

本研究目的是研發以清華 STEAM 教學模式來解決在地性鄉土問題的課程模組並冀望日後能進行教學示範推廣之用，在教學過程中適時導入環境教育議題的教學引導，帶學生親身踏查校園周邊的地理環境，以及竹北東興圳河水所流經的區域，去感受早期先民引水灌溉農田的智慧，並從中發現自己生活周遭在地性的鄉土問題，進而靠自己去解決這樣的問題。本研究於109學年進行，為上下學期各十八週，每周進行1堂的課堂教學實踐活動，共包含科技資訊能力 Google classroom 雲端教室、基礎科技能力培訓的 MicroBit 專題練習以及清華 STEAM 課程教學活動，為符應課堂教學活動的學習重點，故以「國中學生環境教育知識和環境態度問卷」(龔心怡，2015)作為課堂知識學習檢視的核心重點，本課程的教學設計進度，共分成五個發展活動，如下表3-3-1所示：

表3-3-1 教學設計進度表

發展階段	教學單元	教學時間
發展第一	清華 STEAM 課程介紹&分組	2節
發展第二	科技資訊能力 Google classroom 雲端教室操作	2節
發展第三	基礎科技能力培訓 Micro:Bit 專題練習	14節
發展第四	清華 STEAM 教學活動&Prototype 製作	14節
發展第五	分組發表&回饋修正	4節

2、課程安排說明：

教學設計中的發展第三階段的教學重點，為培植學生的基礎科技能力，練習 Micro:Bit 專題的實作，使學生熟稔此當代科技產品所能做到的功能，具備內化成為日後進行清華 STEAM 課程時，能實踐運用科技的能力，相關 Micro:Bit 專題的練習的主題，如下表3-3-2 Micro:Bit 專題實作主題表：

表3-3-2 Micro:Bit 專題課程實作主題表

堂次	實作主題
1	Micro : Bit 介紹&實作
2	方案實作(1)~Answering Machine 答錄機
3	方案實作(2)~Guess the Number 猜數字
4	方案實作(3)~Temperature 溫度計
5	方案實作(4)~Die Roll 電子骰子
6	方案實作(5)~Truth or Dare 真心話大冒險
7	方案實作(6)~Magic 8數字魔術(神奇8號球)
8	方案實作(7)~Flashing Heart 閃亮的心

9	方案實作(8)~Love Meter 愛的溫度計
10	方案實作(9)~Smiley Buttons 笑臉遊戲
11	方案實作(10)~Rock Paper Scissors 剪刀石頭布
12	方案實作(11)~Magic Button 磁力遊戲
13	方案遷移-環境教育議題
14	成果發表

教學設計中的發展第四階段，則是本研究計畫的教學實踐重點，教學活動設計採研究者參與107年度新竹縣「清華 STEAM 認證學校」教師培訓與課程實踐系列工作坊時，由王子華教授與林紀慧教授倡導和推廣的清華 STEAM 學校(Tsing Hua STEAM School)之 DDMT 課程設計模式，採清華 STEAM 學校(Tsing Hua STEAM School)之 DDMT 課程設計模式進行設計 (Wang, Lim, Lavonen, & Clark-Wilson, 2019)。因 DDMT 模式所設計出的課程前提，是需可在學校之正式課程時間中進行，且課程是在解決或連接日常生活問題的基礎上發展起來的。因此，課程設計需符合不同年級學生需習得之科學和數學概念，同時引入了包括技術、工程和藝術設計在內的元素，以提高學習者的學習效率和動機。設計出的課程應用於教學實踐上，可建立完善之評估機制。故本研究擬藉由現場實際教學活動，來驗證學生在 DDMT 教學模式下於教學目標上之改變，除呈現實徵性研究成果外，更可研發教學模組以利日後教學推廣之用。

本研究所設計之 DDMT 課程模式教案，其教學活動包括四個階段：發現、定義、模型與建模以及遷移，每個階段都有其重點教學活動，如下圖3-3-1所示，而發展完成的課程教案。



圖3-3-1 「清華 STEAM 學校」課程教學活動設計 (DDMT) 基本架構

DDMT 課程教學模式規劃內涵，如下所示：

A、發現

由教師事前營造合宜的學習環境，讓學習者能在此場域中主動去觀察與理解生活周遭的生活現象，並嘗試導引學習者活用科技能力，進行數據或參考資料之蒐集，且試圖提出早已存在於其自身環境現象中尚待解決的問題。本階段主要任務是以解決竹北東興圳的在地鄉土性問題為任務主題，進行課程環境設計，課程設計規劃架構如下：

(1) 情境布置

- ① 事先鋪陳課堂教學知識內容，教學者預先將合宜的課程資料及影片的媒材置於雲端教室，如 Youtube 影片，奠定學生在鄉土性的環境教育主題探討時，有較為豐富的背景知識及科技經驗，另外從農田、河川流域等地理區域上的實際踏查，讓學生走著每天必走的路程，請他們停下腳步仔細去觀察自己生活的周遭環境，讓他們成功連結自己與這塊土地的情感，方能用心去深入瞭解竹北東興圳這個地理區塊上，可能發生了哪些問題，又該怎麼去解決這樣的問題。
- ② 探討學生在經 DDMT 教學模式後，其在認知、情意及技能面向的學習效益變化。

(2) 引起動機

- ① 以實地踏查的方式，帶著學生走一遍竹北東興圳的地理區塊，讓學生邊走邊用平板拍照註記後上傳至雲端教室留存。
- ② 比較各組看到的現象：於課堂中藉由同學親自拍攝的照片或影片，進行提問，引導學生討論問題，並提供給每組學生便利貼，讓各組都寫上自己知道的或看到的現象，然後張貼在黑板上，之後由教師進行現象分類，並歸納引導出日後課程發展的主軸方向。

(3) 核心問題

緊接著聚焦同學們的回答，讓學生知道「水質優養化」是目前竹北東興圳正在發生的問題。

B、定義

延續著前一階段學生集體發現所提出之尚待解決問題及其各自所蒐集到的相關資料資訊，教學者要試圖引導學習者進行討論，集思廣益地去條列出問題解決的條件，建構與其相關 STEAM 學科概念之鷹架，並讓學生天馬行空地發想，去嘗試設計各自解決問題的方案(idea)。本階段以解決「竹北東興圳的水質優養化問題」為主要任務，大致教學架構如下：

(1) 問題定義

- ① 針對學生在第一階段的核心問題，思考可具體採取行動的模型，激發學生由空談轉而聚焦在可具體自身做起之探索操作問題上。
- ② 針對問題聚焦後，得進一步幫助學生思考相關的問題定義，包含兩個層次的問題，一個是針對欲達成之聚焦問題所需思考的相關問題的界定，此為與行動相關的問題定義，另一方面是針對解決行動方向中所需的領域專業知識的問題定義。

(2) 概念定義

- ① 上述的聚焦問題與問題定義，皆非由老師直接宣告，而是讓學生不斷進行腦力激盪後，所引發出來的結果。因此，不但讓學生動腦，更重要的是透過問題的聚焦再聚焦，引導學生如何動腦？過程中，讓學生自由發想、批判但不離題，以激盪出足夠的問題量。

(3) 方案規劃

- ① 延續前階段各組分別提出其小組腦力激盪後各種的發想後，讓各組學生嘗試設計小組所認同的問題解決模型(idea)。

C、模型與建模

接續前一階段解決問題方案之設計，教學者要引導學習者以小組為單位，各組凝聚組內共識，提出自己解決問題的模型(即包含文字說明、簡圖示例或羅列方程式等之小組企劃書)，並與 STEAM 學科概念連結，然後藉由公開發表的分享、討論與論證機會，來調整自己最初所提之問題解決模型。待各組解說完其問題解決模型後，各組可以抉擇出相對適切的問題解決模型，然後進行實作，或是可以再進行其他的實驗去驗證，藉此來逐步修正調整問題解決模型。最後，各組將確立其最終的問題解決模型或形式，並完成原型(prototype)作品。本階段以如何檢示音量，為主要任務，大致教學架構如下：

(1) 模型提出

模型說明並非此階段的最後教學元素，而是模型引導後進行說明，使其設計圖的設計因討論對話後，進行更細膩的修正；當然也包含在模型引出之後，學生繼續針對模型規劃中之科技、數學和自然等相關科學問題進行報告說明。

- ① 學生討論解決的最適合模型並記錄。
- ② 針對所設計的裝置所需運算思維的規劃。
- ③ 製作選擇媒材「水質感測」的材料。

(2) 概念連結

在教學者的協助引導下，讓小組所提出的問題解決模型與 STEAM 學科概念進

行連結，藉此引導出各學科的重要知識概念，以下分別說明如下：

- ① 科學部分：優養化定義及成因、農田灌溉系統、水文學、溶氧量。
- ② 數學部分：鑲嵌、指數、預測、數據收集與分析。
- ③ 科技部分：水質感測器程式積木。
- ④ 工程部分：程式積木(Webduino、Arduino、Micro:Bit)、LED 燈、紅外線偵測及蜂鳴器與水質感測器程式積木的連接。

(3) 模型選擇

- ① 各組透過互評表，分項比較選出最佳模型，並說明原因。
- ② 分析模型特性，針對不同向度所選出的最佳模型，進行模型間的討論。

(4) 模型實作

- ① 各組針對所選擇的最佳模型進行實作。

(5) 模型調整

- ① 各組可以抉擇出相對適切的問題解決模型，然後進行實作，或是可以再進行其他的實驗去驗證，藉此來逐步修正調整問題解決模型。

(6) 模型建立

各組將確立其最終的問題解決模型或形式，並完成原型(prototype)作品。

D、遷移(transfer)

各組將於前一階段所確立之問題解決模型與完成原型(prototype)作品，公開發表與其他各組分享。接著，教學者鼓勵各組將其建置的模型，遷移應用到其他不同的情境場域中，嘗試修改其原模型以符合新的情境場域，並評估學生的學習效益。本階段以水質檢測器實物測試活動與學生在經 DDMT 教學後之教學目標之效益探討為主要任務，大致教學架構如下(黃錫裕，2020)：

(1) 模型分享

- ① 實踐成果之多元評量

(2) 模型遷移

- ① 情境延伸：請做一個實驗驗證：家門前的水溝是否也能設置這樣的水質偵測器呢？
- ② 遷移延伸：你們可以共同思考並提出其他的解決方案的辦法去解決水質優養化的問題。
- ③ 材料延伸：尋找更多可利用的材料規格或環保材，去製作出一個功能相同的嶄新裝置。
- ④ 設計延伸：設計檢測器的外型造型，給水質偵測裝置設置獨特造型的外觀。

- ⑤ 功能延伸：設計一款水質偵測裝置，除可以檢測到水中溶氧量，也可同時偵測水中的其他物質，如懸浮微粒、硬離子(鉀、鎂)，或重金屬離子(銅、汞、鉛)等，可做到水質的全面檢驗及適時提醒人們要注意水質現況。
- ⑥ 情感延伸：討論水質優養化與人類活動的相關性，是否會對人體造成傷害。
- ⑦ 創新延伸：設計一款與水質偵測有關的產品設計，當檢測到水中溶氧量不足時，會自動啟動某處的定點水車或漂浮水車進行打水，以提升水中的溶氧量。

(3) 效益評估

- ① 藉由同儕作品模型說明互評量表，同儕互評選出最佳裝置的原型(prototype)。
- ② 藉由團隊-組內自評同儕互評表，檢視學生在進行 DDMT 課程時的學習態度。
- ③ 檢視學生在經 DDMT 教學後，學生在環境教育議題的迷思概念，以一系列的國中學生環境教育知識測驗的問題，來檢視學生在環境教育相關知識概念的改變。

3、教課堂教學說明：

- (1) 清華 STEAM 課程活動的表單皆由參予研究之教師群共同討論設計。
- (2) 活動進行時，參予計畫之教師穿梭於不同小組間，隨時注意小組是否求救、是否停滯不前，並適時地給予學生協助及進行教學攝影。
- (3) 授課或偕同的教師，皆以示範、引導的協助策略進行，但並不直接幫助學生去完成任務。
- (4) 強調有任何的問題或無人可以協助的情況下，如何去自主學習，自我解決問題。

(四) 研究流程與資料收集

1、研究流程

研究流程主要分為三階段：研究前準備、教學研究活動、資料分析。

(1) 第一階段：

研究方向與問題確定後，選定施測的組別，接著進行相關的文獻收集，著手擬訂「國中學生環境教育知識和環境態度問卷」題目，並將學生分成三組進行研究前準備活動，如科技資訊能力、Micro:Bit 專題實作等。

(2) 第二階段：

採小組合作方式進行清華 STEAM 課程教學活動，由各組自行規畫設計製作流程並進行攝影。在教學活動前先進行教學前測（國中學生環境教育知識和環境

態度問卷、科學探究能力量表、科學學習動機量表、自然科學學習興趣量表、教師與同儕支持量表、網路認知負荷量表)。當進行清華 STEAM 課程教學時，透過攝影機拍攝各組學生自行進行創作人工物的過程，以便分析資料之用。

清華 STEAM 課程教學活動共計十六節課，另在完成清華 STEAM 課程教學課後，隔天進行國中學生環境教育知識和環境態度問卷、科學探究能力量表、科學學習動機量表、自然科學學習興趣量表、教師與同儕支持量表、網路認知負荷量表的學習後測及收回小組互評表、團隊同儕自評表等。

(3) 第三階段：

完整蒐集受試學生的各項量表、錄影與網路記錄等 質性與量化資料，開始進行資料分析與結果統整，之後進行研究報告的撰寫。本研究流程的各步驟甘特圖，如下表3-4-1

表3-4-1教學設計進度表

109~110年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
文獻、研發、預試	■	■										
發展工具與規劃課程		■	■									
清華 STEAM 課程正式介入 ~奠基學生科技資訊能力			■	■	■	■						
研究資料蒐集			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
清華 STEAM 課程教學實踐 ~DDMT 教學活動							■	■	■	■		
清華 STEAM 課程教學~ 學習成果暨教學回饋									■	■	■	
研究報告撰寫與檢討分析											■	■

(五)資料分析

研究於 STEAM 教學前、教學後測結束後，進行資料蒐集，包括「國中學生環境教育知識和環境態度問卷」、「科學學習動機量表」、「教師與同儕支持量表」、「自然科學學習興趣量表」、「網路認知負荷量表」、「科學探究能力量表」、「小組互評表」、「小組組內自評表」及「個案訪談」。前七項數據資料，由於受試者總人數低於25人，為檢視成對（相依）樣本之間的差異，也就是受試者教學前後在前測、後測間的差異考驗，由於李克特五等第量表剛好符合「符號等級」的規範，故可採用

SPSS 軟體的「二個相關樣本」統計，即威克生符號等級檢定(Wilcoxon Sign Rank Test)來進行統計分析；「個案訪談」部分，由研究者針對表現明顯不同之學生進行進行質性資料的分析，將文件蒐集資料、訪談資料等，加以編碼整理，以方便記錄與解讀分析，編碼的方式如下表 3-5-1所示。「小組互評表」、「團隊同儕自評表」則為輔助參考之用，最後綜合研究資料進行歸納，整理研究結果結論，進行研究案之撰寫。

表3-5-1 編碼表

資料蒐集對象	訪談題目編號及日期	示例說明
A 組1號	第1題-1100624	A01-1-1100624
C 組2號	第2題-1100623	C02-2-1100623

四、研究成果

(一) 清華 STEAM 課程模組設計研發與執行實踐情況

1、成員共備設計教案時，緊扣「清華 STEAM 學校」以學習者為中心的核心理念

如何有效提升本校學生的環境教育素養，融入鄉土教育的課題，落實環境教育的核心訴求，讓全校師生都能瞭解到身為世界地球村的我們都必須與世界各國共同面對環境問題，因為環境問題是沒有國界的，而要達成這樣的目標，一切的起源就是要從自己開始去進行，因此，團隊成員在共備設計教案時，所秉持著以學習者為中心的理念與「清華 STEAM 學校」的核心證明不謀而合，團隊成員積極參予專家到校諮詢暨校內外的共備增能研習活動，如圖4-1-1、圖4-1-2所示，及校內行政支援教學的細節討論，如圖4-1-3所示。





圖4-1-1 專家到校諮詢活動



圖4-1-2 校內、外增能研習活動

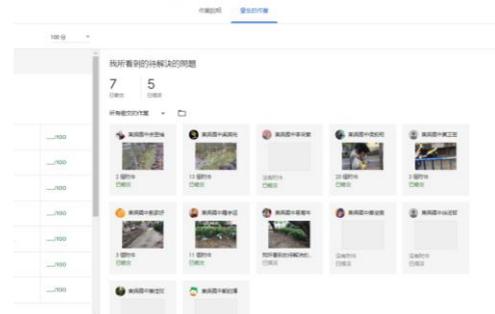
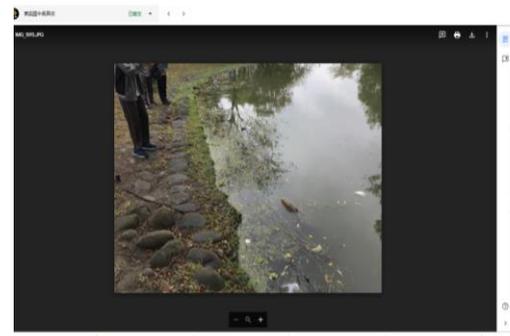
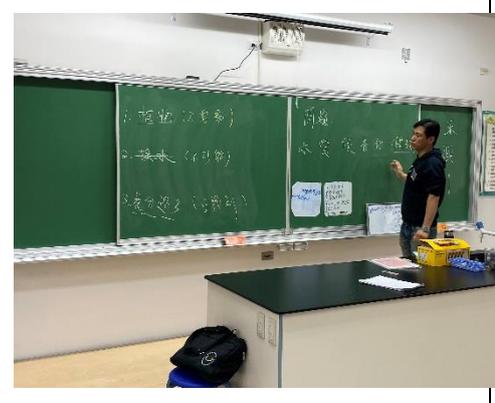
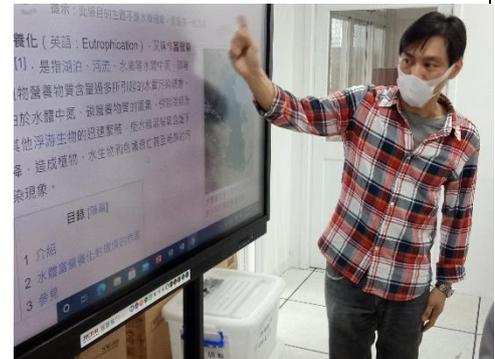


圖4-1-3 校長親自協調校內行政支援教學活動的細節

2. 清華 STEAM 各階段教學活動之課堂學習樣態

「清華 STEAM 學校」的 DDMT 教學活動，各個階段師生的表現都再再顯現出，這是一堂多麼不同於以往的跨領域實作課程，雖然在本課程執行的最後，全國中小學因 Covin-19 疫情而停課，但同學們還是能以自己早已熟悉的 google classroom 平台進行自己小組的線上討論活動，甚至各組都能以視訊直播的方式，來解說及錄製示範操作自己組的裝置成果，如下列表4-1-1所示：

表4-1-1 DDMT 教學活動之課堂風景圖列表

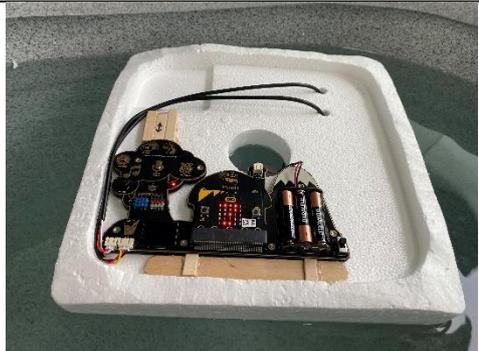
		
	<p>STEAM 科學教育計劃~東興圳雲端教室</p>	
D 1		
	<p>學生以拍照或錄影方式上傳所發現到的東興圳沿岸的環境問題</p>	<p>核心問題之課堂討論活動</p>
		
	<p>學生發表所觀察到的環境問題</p>	<p>聚焦問題</p>
D 2		
	<p>問題定義</p>	<p>概念定義</p>

		
	<p>方案引導</p>	<p>方案規劃</p>
		
	<p>方案提出</p>	<p>方案提出</p>
<p>M</p>		
	<p>模型提出</p>	<p>模型提出</p>
		
	<p>模型選擇</p>	<p>模型實作</p>

T



模型分享-線上作品講解(A組)



模型分享-線上作品展示(A組)



模型分享-線上作品講解(B組)



模型分享-線上作品展示(B組)



模型分享-線上作品講解(C組)



模型分享-線上作品講解(C組)

組員互評表

評語	評語	評語
1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.
1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.
1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.
1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.

效益評估--小組評量表

團隊-同儕互評表

姓名	團隊	評語	評語	評語
1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.
1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.
1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.
1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.	1. 2. 3. 4. 5.

效益評估--團隊同儕自評表

	
<p>模型遷移—功能延伸 (過濾河川廢水重金屬~以銅離子為例) 新竹縣61屆科展~生活與應用科學科- 機電與資訊 第一名【推薦全國賽】</p>	<p>效益評估-清華 STEAM 學校成果展課 程體驗解說活動</p>

(二)研究結果之分析與討論

本研究目的以研發鄉土性科學教材及推廣為主，而鄉土性意味著在地性，也就是學生自己生活的這塊區域，故學習鄉土性科學教材等同於讓學生可以學習如何讓科學的知識教材能運用於自己生活的場域中，故本研究聚焦於學生在課堂學習活動後的實踐能力，是否因接受過這套教材教法後，而自身有所改變，本研究的教材教法，是由學生自身的感受及需求與想要為起始點，自行發現問題與解決問題，從「同理心」、「需求定義」、「創意動腦」、「製作原型」、「實際測試」的學習歷程，秉持著以人為本、同理心、跨域團隊合作、做中學學習、快速原型製作與修正等目標，正好也符應12年國教「自動好」的自主、互動、共好精神，因此，清華 STEAM 教學的跨領域學習，就是能將所學應用到日常實際的情境，達到素養提升的目的。

本研究計畫共有五位不同學科領域教師及9位國二數理資優生參與，為了解本研究執行後之學習效益，故採量化與質性並行的方式，以研究對象教學前、後測問卷作為數據，以無母數統計法進行 Wilcoxon test 及 Kruskal-Wallis H test 多組比較，來進行分析，此外，並蒐集質性資料如同儕自評表、小組互評表、雲端教室之學習歷程及晤談稿佐證。

1. 清華 STEAM 教學模式是以「學生為中心」的設計模式，在「國中學生環境教育知識量表」的 Wilcoxon 符號等級檢定達統計上的顯著差異，可看出清華 STEAM 教學對認知面向的能力提升具正向效果。

由「國中學生環境教育知識量表」前、後測進行 Wilcoxon 符號等級檢定，看是否達統計上顯著，檢定結果分析後發現，受試學生在環境教育知識量表的表現，總分及各分項度都有提升，甚至皆達統計上的顯著差異，如表4-2-1所示，我們可以發現在「一般環境知識」後測平均得分5.78分，Z 值為-2.712，(* $p = .026 < .05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「一般環境知識」表現

上有差異。；其次「自然環境科學知識」後測平均得分8.89分，Z 值為-2.588，(* $p=.010<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「自然環境科學知識」表現上有差異。；而「環境問題知識」後測平均得分10.67分，Z 值為-2.716，(** $p=.007<.01$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「環境問題知識」表現上有差異。；「環境行動策略的知識」後測平均得分6.00分，Z 值為-2.558，(* $p=.011<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「環境行動策略的知識」表現上有差異，各分項度都達顯著水準，故學生在環境教育知識量表之後測總分31.33分，Z 值為-2.699，(** $p=.007<.01$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「國中學生環境教育知識量表」的表現上有著顯著差異。

表 4-2-1 清華 STEAM 教學前後學生在「國中學生環境教育知識量表」之 Z 檢定分析表

議題	人數	前測		後測		Z (前-後)
		mean	SD	mean	SD	
一般環境知識	9	4.67	.866	5.78	.441	-2.232*
自然環境科學知識	9	7.44	1.236	8.89	.333	-2.588*
環境問題知識	9	8.67	1.414	10.67	.500	-2.716**
環境行動策略的知識	9	4.22	.972	6.00	.000	-2.558*
總得分	9	25.00	2.179	31.33	.500	2.699**

* $p<.05$, ** $p<.01$

由此可知，經由研究團隊精心規劃設計過的清華 STEAM 課程模組，就是在課堂上實踐 DDMT 教學模式的活動，而這樣的教學活動，是能讓學生在師生間、同儕間與自主學習的動力因素上發生實質變化，從教師授課時的課堂觀察可以明顯感受到受試學生們，都能積極主動地參與課堂上的學習活動，因為課堂上所討論出來需要解決的在地性鄉土問題，就是解決自己認為應該要解決的地方問題，也就是在解決自己的問題，因為這樣的因素，每位學生積極主動的爭取學習表現，所有學生在整個學習過程中，意識到自己都能樂於從事課堂上所指派的學習任務，因為都能從中感受到自己的課堂參與度以及成就感，也因此，讓學生都能有效建構出自己在環境知識認知面向的正確科學知識，同樣的，授課教師很明顯地觀察到受試學生們，在課堂參與度與學習熱情上有非常明顯的正向提升。

2. 清華 STEAM 教學以「學生為中心」的設計模式，在「國中學生環境態度問卷」Wilcoxon 符號等級檢定達統計上的顯著差異，但從質性資料的分析，仍可看出清華 STEAM 教學對情意面向的能力提升是具有正向的評價。

由「國中學生環境態度問卷」前、後測進行 Wilcoxon 符號等級檢定，看是否達統計上顯著，檢定結果分析後發現，受試學生在國中學生環境態度問卷的表現，總分及各分項度都有提升，甚至皆達統計上的顯著差異，如表4-2-2所示，我們可以發現在「環境污染態度」後測平均得分20.67分，Z 值為-2.198，(* $p=.028<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「環境污染態度」表現上有差異；其次「生態保育態度」後測平均得分23.11分，Z 值為-2.254，(* $p=.024<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「生態保育態度」表現上有差異；而「資源問題態度」後測平均得分11.22分，Z 值為-2.501，(* $p=.012<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「資源問題態度」表現上有差異；「環境永續態度」後測平均得分25.00分，Z 值為-2.354，(* $p=.019<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「環境永續態度」表現上有差異；「環境問題態度」後測平均得分16.33分，Z 值為-2.533，(* $p=.011<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「環境問題態度」表現上有差異；「環境技能態度」後測平均得分16.33分，Z 值為-1.973，(* $p=.049<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「環境技能態度」表現上有差異，由上述得知各分項度皆達顯著水準，故學生在國中學生環境態度問卷之後測總分117.44分，Z 值為-2.666，(** $p=.008<.01$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「國中學生環境態度問卷」的表現上有顯著差異。

表4-2-2清華 STEAM 教學前後學生在「國中學生環境態度問卷」之 Z 檢定分析表

議題	人數	前測		後測		Z (前-後)
		mean	SD	mean	SD	
環境污染態度	9	18.89	2.522	20.67	1.323	-2.198*
生態保育態度	9	20.11	3.951	23.11	2.147	-2.254*
資源問題態度	9	8.56	1.667	11.22	2.279	-2.501*

環境永續態度	9	22.33	2.915	25.00	2.291	-2.354*
環境問題態度	9	14.11	1.965	16.33	.866	-2.533*
環境技能態度	9	18.89	2.261	21.11	2.261	-1.973*
總得分	9	102.89	12.534	117.44	6.002	-2.666**

* $p < .05$, ** $p < .01$

由此可知，經由在課堂上實踐由研究團隊精心規劃設計過的清華 STEAM 課程模組，也就是學生在自己生活的鄉土上進行 DDMT 教學模式的活動，可以讓學生在環境態度上各層面都能有所改變。汪靜明(1995)認為從環境教育的推廣單位來看，以自然資源和景觀為特色的國家公園，非常適於為環境而教育、從環境中教育，以及教育有關環境等學習活動模式（汪靜明，1995）。是故政府在推廣環境教育上相當重要的課題就是積極推動永續發展的環境教育行動策略，不論是在生態保育上、綠色校園的永續發展等活動，各級學校所專職設立之環境教育學習中心就是要能以建立安全與永續發展之校園為首要目標，才能夠進一步地讓學生會對環境教育關切與抱持正向態度。此外，唯有在良好境教環境的氛圍下，才能真正形塑出學生對環境態度的正確價值觀，培養學生對周圍環境的認知，進而採取解決環境問題的行動。簡言之，環境教育基本核心就是加強學生正確的環境價值觀與正向的環境態度，並引導學生善待自身生存的環境與建立正當的環境保護行為。

另研究團隊在與學生的焦點訪談過程，可以看出學生對環境態度上的「環境污染」、「生態保育」、「資源問題度」、「環境永續」、「環境問題」、「環境技能」等六個層面向度態度的回應感受都是正向的。列舉學生訪談紀錄如下：

Q3：環境教育素養的學習，採小組合作的方式有沒有幫助你學習？若有，請問是如何幫助你學習的呢？

學生編碼代號	訪談紀錄
A01-3-1100624	當然有。 我喜歡在上課時間跟同組同學走出校園的感覺，因為這種不一樣的感覺讓我印象深刻，所以老師當時講過與環境教育有關的事情，我到現在都還記得，我喜歡體驗不同的上課方式，因為，這讓我更了解環境教育素養的重要性，比每次朝會站在台下聽衛生組長宣導，有效上千倍，哈!不對!!應該是無限。

A02-3-1100624	喜歡!很好玩的上課方式，有校外踏查、有平板可以玩，不對，是有平板可以上網查資料，還有，又可以動手實作，最後在我們這組合作努力之下，做出我們酷炫的水質偵測器~易宥鳥偵測器，更讓我們從中得知環境教育的重要性，真的是一舉好幾得。
B02-3-1100624	OK。 我很喜歡這樣採分組合作的方式來上課，更愛自學有關環境教育素養的一切。
B03-3-1100624	有，非常大..... 我覺得上課能隨時用平板上網查資料，不用被動地等待被告知答案，這才是老師你一直在講的自主學習，學習如果遇到不懂，我就可以直接上網找資料，超方便的，就算不上網查資料，我們這組的同學，也會熱心地告訴我，我真的覺得這樣的方式很好，可以小組一起討論，我覺得能讓我在心情愉快的情況下，學得更快學得更好，所以，老師，以後我們自然課就都這樣上課好嗎?plz.....
C01-3-1100623	喜歡。 我本來就喜歡用3C的東西，能用平板上課，可以跟同學做線上討論，超級方便的，放學回家有時候還可以用 meet 跟我們組的同學問作業，真的是好處多多，所有自然的、環境教育的任何問題，都不再是問題，因為我有問題不用再被動等待，我們組的00都會很主動的幫我解答，所以我超愛這樣的方式上課。
C02-3-1100623	我覺得還不錯。 因為可以在同學協助下，幫我解決我不會的那些問題，另外，我最大的使用心得是用平板學習，它讓我學的更快更好，真的!!!!!!

3、清華 STEAM 教學模式是以「學生為中心」的設計模式，在「學生科學學習動機量表」的 Wilcoxon 符號等級檢定達統計上的顯著差異，可看出清華 STEAM 教學對情意面向的能力提升多具有正向的評價。

由「學生科學學習動機量表」前、後測進行 Wilcoxon 符號等級檢定，看是否達統計上顯著，檢定結果分析後發現，受試學生在學生科學學習動機量表的表現，總分及各分項度都有提升，甚至皆達統計上的顯著差異，如表4-2-3所示，我們可以發現在「自我效能 (SE)」面向的後測平均得分14.11分，Z 值為-1.781，(p

=.075>.05)，未達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「自我效能 (SE)」面向的表現上未有差異；其次「主動學習策略 (ALS)」面向後測平均得分34.11分，Z 值為-2.530，(* $p=.011<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「主動學習策略 (ALS)」表現上有差異；而「科學學習價值 (SLV)」面向後測平均得分19.33分，Z 值為-2.264，(* $p=.024<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「科學學習價值 (SLV)」面向的表現上有差異；而「非表現目標導向 (NPG)」面向後測平均得分7.78分，Z 值為-1.826，($p=.068>.05$)，未達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「非表現目標導向 (NPG)」面向的表現上未有差異；而「成就目標 (AG)」面向後測平均得分18.56分，Z 值為-2.214，(* $p=.027<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「成就目標 (AG)」面向的表現上未有差異；而「學習環境誘因 (LES)」面向後測平均得分20.89分，Z 值為-2.226，(* $p=.026<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「學習環境誘因 (LES)」面向的表現上具有差異。經觀察後發現各分項度大多達顯著水準，故學生在學生對科學學習動機量表之後測總分114.78分，Z 值為-2.201，(** $p=.028<.01$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「學生對科學學習動機量表」的表現上有著顯著差異。

表 4-2-4 清華 STEAM 教學前後學生在「科學探究能力量表」之 Z 檢定分析表

議題	人數	前測		後測		Z (前-後)
		mean	SD	mean	SD	
自我效能 (SE)	9	16.89	3.887	14.11	3.140	-1.781
主動學習策略 (ALS)	9	31.56	4.693	34.11	4.676	-2.530*
科學學習價值 (SLV)	9	18.11	2.619	19.33	3.742	-2.264*
非表現目標導向 (NPG)	9	9.33	2.915	7.78	2.224	-1.826
成就目標 (AG)	9	16.44	2.698	18.56	3.206	-2.214*
學習環境誘因 (LES)	9	18.22	3.032	20.89	4.622	-2.226*
總得分	9	110.56	8.443	114.78	11.278	-2.201*

* $p<.05$, ** $p<.01$

由此可知，經由研究團隊精心規劃設計過的清華 STEAM 課程模組，就是在課堂上實踐 DDMT 教學模式的活動，而這樣的教學活動，是可以讓學生的科學學習動機改變，但學習動機的延續還需考量到學生興趣、學習風格...等因素，所以學生在自我效能與非表現目標導向的向度，就無法反應出有顯著的改變，這與 Gojak (2012) 曾提到：「在課堂活動中，即使教師已非主要角色，但教師仍需藉觀察學習者及其所提供的回饋，進而去反思自我的教學情況，進行滾動式修正自己的教學活動，精進自我的教學知能，唯有秉持教學相長的信念下，才有機會全

面提升學生的科學學習動機。所以若能發展出具學習效益的清華 STEAM 課程模組，則可以讓學生的科學學習動機真正產生質變。

4、清華 STEAM 教學模式是以「學生為中心」的設計模式，在「科學探究能力量表」的 Wilcoxon 符號等級檢定達統計上的顯著差異，可看出清華 STEAM 教學對技能面向的能力提升具有正向的評價。

由「科學探究能力量表」前、後測進行 Wilcoxon 符號等級檢定，看是否達統計上顯著，檢定結果分析後發現，受試學生在科學探究能力量表的表現，總分及各分項度都有提升，甚至皆達統計上的顯著差異，如表4-2-4所示，我們可以發現在「認知」面向的後測平均得分21.56分，Z 值為-2.207，(* $p=.027<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「認知」面向的表現上有差異；其次「情意」面向後測平均得分32.67分，Z 值為-2.386，(* $p=.017<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「情意」面向表現上有差異；；而「技能」面向後測平均得分41.44分，Z 值為-2.527，(* $p=.012<.05$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「技能」面向的表現上有差異。各分項度都達顯著水準，故學生在科學探究能力量表之後測總分31.33分，Z 值為-2.666，(** $p=.008<.01$)，達顯著差異，表示教學前教學後受試學生在「科學探究能力量表」的表現上有顯著差異。

表 4-2-4 清華 STEAM 教學前後學生在「科學探究能力量表」之 Z 檢定分析表

議題	人數	前測		後測		Z (前-後)
		mean	SD	mean	SD	
認知	9	19.22	2.819	21.56	2.506	-2.207*
情意	9	28.78	4.147	32.67	3.354	-2.386*
技能	9	36.22	6.037	41.44	3.972	-2.527*
總得分	9	84.22	11.344	95.67	8.292	-2.666**

* $p<.05$, ** $p<.01$

由此可知，經由研究團隊精心規劃設計過的清華 STEAM 課程模組，就是在課堂上實踐 DDMT 教學模式的活動，而這樣的教學活動，才能讓學生真正看見問題，知道問題為何？也才能真的針對問題去解決問題，唯有從大處著眼，小處著手的實際作為，學生在科學探究上的操作技能才能熟練，內化成自己的能力，當日後生活中有遭遇到任何困難問題時，就能迅速整合過往學過的學科知識，並樂於動手去解決問題，勇於嘗試錯誤與失敗，從失敗與挫折中獲取美好的學習經驗，而這不就是未來所急需，俱備跨學科統整能力的 STEAM 人材嗎？美國科學家富

蘭克林 (Benjamin Franklin) 曾說過：「告訴我，我會忘記；給我看，我或許記得；讓我參與，我會了解。」也就是能成為一個永於改變現況，提升自我生活品質的創客 (Maker) 想法不謀而合。

5、清華 STEAM 教學模式是以「學生為中心」的設計模式，所以各組學生皆能用心地結合科學概念進行方案(產品)設計及成品製作，由此可看出清華 STEAM 教學對國中學生的跨域整合能力及實作能力提升是非常值得肯定。

在經由授課教師上課的科學概念引導後，從學生所提出的方案及產品設計之原型，發現有八年及的數理生都能將八年級所學得之科學知識如光學及力學等，應用於方案設計與產品設計之原型，顯示學生能在清華 STEAM 教學活動中，善用課堂所學知識，並懂得跨域整合的去進行方案設計及產品製作，如表4-2-5、表4-2-6所示。

表4-2-5清華 STEAM 教學各組所提之方案列表

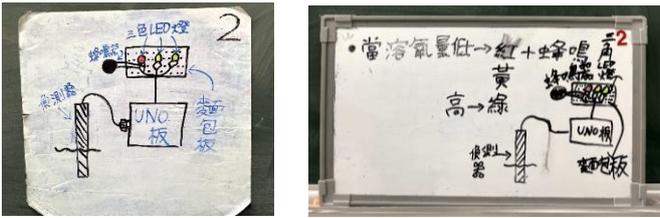
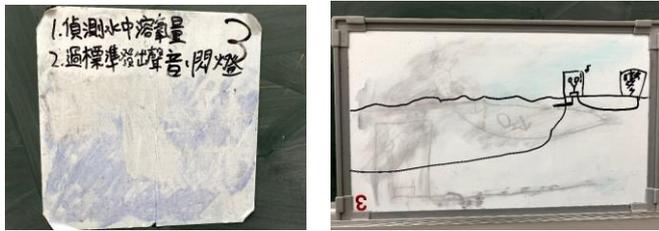
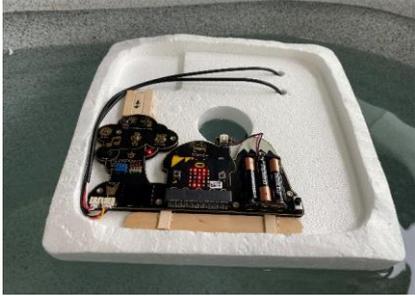
組別	圖示	科學概念	人數
A 組		力學	3人 (2男1女)
B 組		光學、聲學	3人 (2男1女)
C 組		光學、聲學	3人 (2男1女)

表4-2-6 清華 STEAM 教學各組之成品列表

組別	圖示	裝置名稱	特色
----	----	------	----

A 組		易宥鳥偵查器	質輕，可輕易漂浮於水面上
B 組		樹懶偵查器	溶氧量不足時可自動啟動馬達打氣。
C 組		食蟻獸魚屁偵查器	四個寶特瓶支柱，讓偵測器可以自由地浮在水面上(空瓶)或固定於地面之上(裝滿水或沙)

五、討論及建議 (含遭遇之困難與解決方法)

(一) 討論與建議

1、採清華 STEAM 課程設計教學活動，能有效提升教學核心概念之認知能力

學生在清華 STEAM 課程 DDMT 模式教學活動下，以學生為主體所進行的在地鄉土性主題任務地學習活動，在這樣的任務中自行展開地探索，但這並不是放任學生自己去學習，而是教師將自我的角色從課堂的主導者，轉換為引導者或支持者，而在這樣的教學活動中，教師能透過觀察記錄或適切的形成性評量，去檢視學生在學習過程中的進步，並及時給予指導回饋，最後再針對各組的人造物產品實作成果進行總結性評量，透過多元評量機制，檢核學生在清華 STEAM 課程的學習成效，所以學生在經過清華 STEAM 課程教學實踐活動後，學生的學習成效有了顯著提升。

2、採清華 STEAM 課程設計教學活動，對於提升學生的情意能力具有正向助益

學生在清華 STEAM 課程 DDMT 模式教學活動下的學習是正向的，小組合作式的集體學習，可以營造正向學習環境，學生的思考隨著真實情境的教學活動，趨於主動；相較於傳統課室講述式教學，學生間、師生間的互動更為頻繁；因此，學

生的學習態度就顯得正向積極。張春興（2007）提到的興趣與態度經常密不可分，態度（attitude）就是指個體對人、對事、對周圍世界所持有的一種具有一致性與持久性的傾向。態度改變興趣也會隨之變化，也就是個人對學習的態度是會明顯影響其興趣的，所以在教學內容的選擇上，若能以學生感興趣的話題、事物，發展為清華 STEAM 課程的主題，在 DDMT 教學活動的設計上，選擇學生有興趣的載體，例：具備遊戲設計、音樂創作及動畫製作功能的 Scratch 課程；能讓學生體驗將創意製作成產品感動的3D 列印課程；體驗動手組裝樂趣的機器人課程；突破時空，體驗在虛擬實境中互動學習的 VR 實境課程。若式教學者能在課程的編排上，能以有趣互動地方式來進行活動，不僅能提升學生的學習興趣，更能激發出學生創造的熱情。

3. 採清華 STEAM 課程設計教學活動，能明顯提升學生的技能操作能力

學生在清華 STEAM 課程 DDMT 模式教學活動為小組分工合作形式，在探究教學模式下，學生能逐漸型塑提升自我的探究能力，同樣的清華 STEAM 課程 DDMT 模式教學，由小組集體探究再結合5E 學習環的內涵，所以當然能提升學生們的探究與實作能力，特別是在觀察紀錄、發現問題、收集資料、統整歸納、發表分享、設計成品等技能部分，對有了更好的發展性。

4. 採清華 STEAM 課程設計教學活動，明顯提升學生跨域整合及運算思維能力

學生在清華 STEAM 課程 DDMT 模式是進行小組分工合作，在同儕合作努力之下，可以明顯發現其設計方案及製作的產品原型，皆能與過去課堂所學過之科學知識進行連結，正如中國古俗諺：「三個臭皮匠，勝過一個諸葛亮。」只要三個才能平庸的人，若能同心協力集思廣益，也能提出比諸葛亮還周到的計策，更何況三位都是經過認證的數理生，其產出的作品，更是讓人驚豔。

由於清華 STEAM 課程目標是以人為本、跨域團隊合作、做中學習、同理心、快速原型製作與修正等，而這也符應12年國教「自動好」的自主、互動、共好精神，因此統整式的 STEAM 跨科學習，就是將以往所學應用到實際的情境，達到素養提升的目的。

(二)未來展望

根據本研究結果的分析與討論後，對有意進行清華 STEAM 課程模組教學之教師以及後續研究之未來展望，提供下列建議

1. 可建置追蹤學生探究實作習慣如何養成

研究者認為遇到問題詳細觀察紀錄、收集資料、設計驗證等探究習慣的養成對於學生來說特別重要，一旦學生有探究的習慣，不管學生面對什麼樣的問題都可以設法弄清楚，本研究觀察發現學生探究能力的影響甚大，研究時間過短，如果未來的研究可長期追蹤學生探究習慣的養成，建構出不同類型客製化的教學模組，

將可使探究導向的教學引導更趨完善。

2. 研究如何引導不同學習風格的學生提昇探究及實作能力

在本研究中雖然有觀察到師生和同儕互動的情形，但是卻未深入探討不同學習風格的學生在此教學設計中的個別學習情形，如能深入研究怎樣引導不同學習風格的學生提昇其探究實作能力，對於日後教育現場的教學者如何協助學生進行跨域整合的探究學習將會有很大的幫助。從這次臨時性的宣布全國國中小學因 Covid-19 疫情停課，但早已學習本課程模式的學生，還是能不急不徐地按部就班進行線上學習，以自己早已熟悉的 google classroom 平台進行師生互動與小組共編輯的線上活動，甚至最後的作品呈現，各組都能以視訊直播的方式，親自示範操作裝置並分工錄製示範影片，完成這次特別的線上成果發表會，正當大家為線上教學在焦頭爛耳慌亂之際，而這些參與計畫的同學卻早已輕輕鬆鬆地步上正軌在進行線上自學了。套句最近常聽受試學生說的話：「老師！我們真的有超前部署！因為我們上學期就已經開始用雲端教室 Google classroom 了，現在原班的同學才正開始摸索如何使用這個平台。」每次聽到這樣的話語，是的，沒錯，我就是正走在培育「孩子們未來所需的能力」這條正確的翻轉教育之路上。

參考資料

1. 林素華（民105年5月20日）。環境教育中的社區參與和實踐。創價電子新聞電子報。民110年5月20日，取自：https://www.twsgi.org.tw/index-news-detail.php?n_id=5552
2. 張春興（2007）。*教育心理學：三化取向的理論與實踐*。臺北市：東華。
3. 黃錫裕（2020）。*國中 STEAM 教學提升科學學習效益之研究*（未出版博士論文）。國立清華大學，新竹市。
4. Shaping the Future We Want. UN Decade of Education for Sustainable Development. Final Report. 2014. Available online: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002301/230171e.pdf> (accessed on 17 May 2021).
5. Wang, T. H., Lim, K. Y. T., Lavonen, J. & Clark-Wilson, A. (2019). Maker-Centred Science and Mathematics Education: Lenses, Scales and Contexts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 1-17. Advance online publication.