

# 教育部 110 年度中小學科學教育計畫專案

## 期中報告大綱(2023/2/1)

計畫編號：1-3

計畫名稱：「科學同樂會」 ---

以基模同化策略融入 STEAM 跨學科教學協助學生進行科學探究活動

主持人：蔡明致

執行單位：台中市立居仁國民中學

壹、計畫目的及內容：

一、研究計畫之背景及目的：

### (一)研究背景

由於「108 課綱」的實施，學校須依照學生及地區特性提供「統整性主題探究課程」規劃國中階段校訂課程的「彈性學習課程」。本校因地處市區之中心學校，每年科學學術性向學生及有意願參與課後獨立研究人數逾 50 人，但是每年實際產出小論文作品數量僅約 15 件作品(如附錄一)。基於本校師生對於「統整性主題探究課程」的需求人數眾多，而且為了讓新生入學後，能藉由教師設計「個別化的探究教學課程」，提供「探究學習鷹架結構」協助學生熟習探究技能，進而完成獨立研究作品。因此，本校師生對於「獨立研究課程」的教學設計與課程規劃的教學研究需求極高。

本校 2021 年實施科教專案計畫：「科技島、導科技」 --- 以「STEAM」素養學習模式協助學生進行科學探究活動。在研究中協助學生依循「STEAM」的素養學習模式進行科學探究，期望提升理論運用後的產出水準。課程中提供探究小組在「實驗設計及研究方法」的反思回饋機制，藉以強化理論與實作之間的連結。研究者藉由自行改編的「結合認知功能的新版布魯姆認知層次屬性的雙向細目表」分析學生進行科學探究活動的概念認知層次，發現：反思回饋機制對於促進學生對於問題解決、理論設計及理論的應用等各階段的產出質量均有助益。不過，分析各階段探究認知學習的回饋反思描述中，依照屬性進行分類，學生的反思內容屬性及個別數量差異極大：事實的知識 > 概念的知識 >> 程序的知識 > 後設認知的知識。顯示學生對於觀察具體的「事實的知識」後，要能夠反思出統整性的「概念的知識」與「程序的知識」的能力較薄弱。如何具體的呈現學生學習歷程的反思能力，是本次的研究目標。

### (二)文獻探討

#### 1. 跨學科 STEAM 取向教學：

楊雅茹(2019)的研究認為 STEAM 取向教學對作品之設計創意有正面的影響。美國國家科學委員會 ( NSB ) 1986 發表《本科的科學、數學和工程教育》，提出 STEAM 一詞。正是 S = Science ( 科學 ) T = Technology ( 科技 ) E = Engineering ( 工程 ) A = Art ( 藝

術) M = Mathematics (數學)，其中“A”不僅是狹隘藝術，而是廣義的美與人文素養的養成(清華教育，2018)。期待學習更完整，並藉由創造、發明更連結人的溫度和關懷。STEAM 5 大精神包含：跨領域、動手做、生活應用、解決問題、五感學習。教育部在 12 年國民基本教育課程綱要總綱的「核心素養」中表示：素養指人在適應現在生活和面對未來挑戰時，所應具備的知識、能力和態度。與 STEAM 所倡導的學習精神符合。因此，本研究希望藉由學生依循「STEAM」的素養學習模式進行科學探究，以提升理論運用後的產出水準。專題式學習(PBL, Project-based Learning)，帶領學生培養 STEAM 的知識、能力和態度。讓同學透過動手做(make)，當個勇於嘗試的 thinker；進而探索每個學習背後的物理、化學、生物、數學等科普概念以及數位自造概念，當個求甚解的 explorer；過程中激發學生的想像與創意！

在 STEAM 教育裡，學生要活用知識和技能來解決生活中的問題，進行專題式學習 (Project Based Learning) 實踐知行合一的教學策略。在專題中，學生為學習主體，學生需要自己嘗試動手做，解決問題；老師則為引導者，提供跨領域的背景知識，來因應真實世界的複雜問題。因此，本研究期待經由教師開發「跨學科 STEAM 取向的專題研究教學內容」，學生的專題研究內容能整合不同學科知識，進而培養學生具備反思及問題解決能力。

## 2.引導式探究的 5E 學習環建模架構：

倡導發現學習法(discovery learning)的 Bruner(1977)認為進行科學教學必需以「學科結構」為主。在此架構下，經由教師的協助，使得學生能夠自行發現學科的架構，對學科概念產生直觀思維(intuitive thinking)，並以分析思維(analysis thinking)作為後續問題處理的機制；然而研究發現，資賦優異的學生比較能夠進行較為開放式的發現探究學習，而一般能力的學生則需要更多的教師協助才能達成此一目標，也就表示大多數的中小學生，在缺乏教師的指導下，是無法直接進行獨立的探究活動。因此，鐘建坪(2010)提出將引導式探究建模架構植基於 5E 學習環(learning cycle)，並以 Schwarz 和 White (2005)科學探究建模 (scientific modeling inquiry)架構為輔，包含七個階段：參與 (engage)、問題 (question)、假說 (hypothesis)、研究 (investigation)、分析 (analysis)、模型 (model) 與評鑑 (evaluation)，除了強調參與的動機因素之外，每個階段再透過產生 (generation)、評鑑 (evaluation) 以及修正 (modification) 的歷程，形成可檢驗與回溯的探究階段程序。在專題研究過程中，「實驗研究法」是解決問題最嚴謹的科學方法，「實驗研究法」必須在學理上或邏輯上，必須提出「假設」自變項與依變項之間有因果關係的存在。再經歷「測試假設」的，主要有四個過程 (Cobb, 2001；引自 Edelson, 2002)：

- (1)由文獻發展出解決問題所需的基礎理論；
- (2)由理論推導衍生問題解決的策略與原則；
- (3)將原則移轉為具體的研究步驟；

(4)評估假設理論對問題解決的影響程度。

經由此四個過程間循環修正的歷程，檢視所依據的理論在問題解決的適用性。

許瑛珪等(2012)根據 Metzler 和 Shea，整理出「認知架構」的文獻中，最常被提到的認知功能包括感知、學習、推理、決策、計劃和行動。在教學活動進行時，教師和研究人員可以介入學生的活動，這包括提出問題、建議解題策略，或要求學生說明推理歷程。因此，本研究教師將依循「引導式探究的 5E 學習環」提供學生探究活動歷程鷹架，辨識學生階段性的認知作為，並適時地提供「反思及問題解決策略鷹架」介入模式，提供學生熟習探究相關之「程序知識」，提升學生於探究歷程對於基礎理論的應用頻率。

### 3.程序性知識(procedural knowledge)

現代認知心理學家普遍認為知識有兩大類，一類為陳述性知識(declarative knowledge)，另一類是知識是程序性知識(procedural knowledge)，其為個體並非有意義地提取線索，只能借助於某種作業形式間接推測因而其存在的知識。心理學家安德生(J. Anderson)認為知識及技能的獲得，先是仰賴敘述性知識，經練習後，轉為程序性知識，其特徵為進入自動化。所以敘述性知識與程序性知識之分，有助於解釋知識及技能發展的不同階段(毛國楠，2012)。因此將知識的向度分成：

(1)事實知識：指學生必須知道與學科或是解決問題的基本元素。包括：「專有名詞的知識」以及「細節與元素之間的關係」，元素彼此之間可以互相運作在一起。通常包括：

A. 分類和類別的知識 B. 原則知識 C. 理論的、模式的、結構的知識

(2)程序知識：包括完成事情的方法、探究的方法 inquiry、與運用技巧 skills、規則系統 algorithms、技術 techniques、方式 methods 的標準。通常包括：A. 學科特殊技巧與規則系統知識 B. 學科特殊的技術與方法的知識 C. 決定何時使用適當程序知識

(3)後設認知知識：一般性的認知知識和對自我認知的察覺和知識。包括：A. 策略知識 B. 認知任務的知識 C. 自我知識

在專題研究過程，程序性知識的表徵與科學方法科學研究法的研究架構，具顯著的對應性。例如：程序性知識主要是說明性的存在，是一種個體沒有明確提取線索，因而只能借助某種活動形式間接推測出來的知識，包括啟發、方法、策劃、實踐、程序、常規、策略、技術和竅門等，用以說明「做什麼」和「如何做」。它是關於如何做某事或關於刺激和反應之間聯繫的知識，也是技能或行為程序學習的基礎。科學性的知識具有兩種形式(Hestenes, 1987)，包括事實性知識(factual knowledge)以及程序性知識(procedural knowledge)：其中事實性知識涵蓋理論、模式以及根據理論中的模式所詮釋的實證數據，而程序性知識一般指稱為科學方法，涵蓋策略、手段、發展的技術、使有效性以及事實性的使用。探究學習的過程，不僅可以發現科學性的「事實知識」，更可獲得科學方法的「程序性知識」(鍾建

坪，2010)。因此，本研究將以提供「反思及問題解決策略鷹架」介入模式，聚焦分析學生在提供科學方法相關的「程序性知識」之鷹架，對其認知基模同化過程之學習成效。

#### 4.知識表徵( Knowledge Representation )：

知識表徵指代表知識的各種方式或形式。從認知心理學中訊息處理論的觀點言，人類的知識系統中有各種不同形式的表徵方式，如命題、條件語句、基模及心像等方式。「命題」代表知識的基本單位，每一個命題代表每一個概念。概念與概念的聯絡與溝通以命題網絡來表示，可將一些事實性資料聯結而形成敘述性知識。而程序性知識則以「條件語句」的方式表示，以「若...，則...」的方式表徵一些應用性方法或程序等方面的知識。「基模」則是代表敘述性知識與程序性知識關係的有組織的參考架構。「心像」是一種空間和連續資料的表徵知識。由此可見，人類知識的獲得與學習如同電腦儲存訊息的歷程一樣，是以一種有系統的、有組織的方式，將不同種類的資料與訊息以「命題」、「心像」、「基模」與「條件語句」等方式進入記憶系統中，累積形成敘述性知識與程序性知識的認知架構。(陳李綢，2000)這些描述法或邏輯規則有特定的語法(syntax)和語意(semantics)。語法是形成句子的規則，而語意是解譯句子和用來演繹其他句子的規則。將人類知識依據這些語法表示成句子，這種一階邏輯(first-order logic)便是一種較為人知的知識表徵法。(江凱狄，2015)

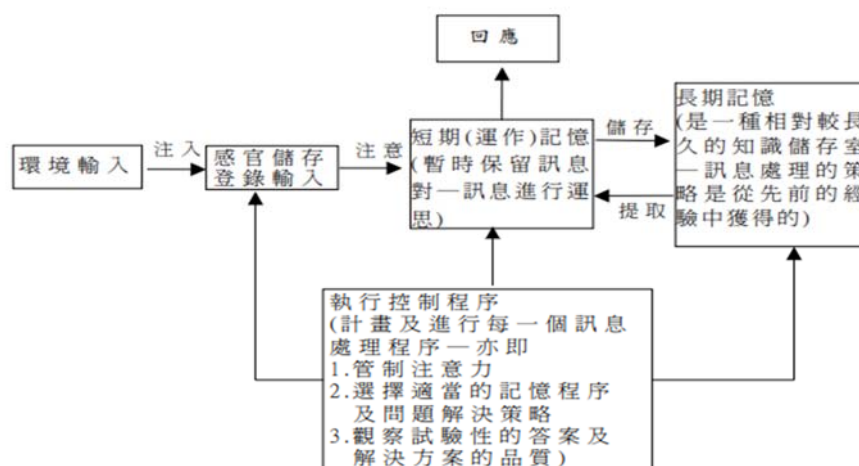


圖 3-2-2-1 人類處理訊息系統之基模模式(林翠湄，2003)

本研究希望根據「基模」理論，在學生運用敘述性知識與程序性知識描述其在專題研究過程習得的認知架構時，能明確表徵出其認知架構的邏輯性，甚至根據架構能發現其理論應用之缺陷。並在各個階段建構及修正其研究架構的過程，能夠適時的提供程序性知識鷹架，提升學生面對所蒐集的新文獻能對於新問題能達成認知基模「同化」之功效。

5.基模(schema,scheme)：個體運用與生俱來的基本行為模式，瞭解周圍世界的認知結構。基模有時也稱為認知基模。皮亞傑將其視為為人類吸收知識的基本架構。皮亞傑(Jean Piaget )認為個體會運用基本的認知結構來處理接觸到的外在事物，而基模是個體吸收知識



的基本架構。皮亞傑提出認知發展過程或建構過程有四個核心概念：認知結構(cognitive structure)與基模(schema,scheme)、組織(organization)與適應(adaptation)。個體的認知結構或基模因環境限制而主動改變的心理歷程，因此，在「適應」的過程中會因需要而產生兩種彼此互補的心理：

(1)同化 (assimilation)：個體運用其既有基模解決問題時，將遇見的新事物吸納入既有基模，此一新事物及同化在他既有基模之內，成為新的知識。

(2)調適 (順應) (accommodation)：在既有基模不能同化新知識時，個體主動修改其既有基模，而達到目的的歷程。(張春興，1991；楊忠斌，2015)

因此，本研究對於學生探究歷程的認知結構分析，將根據新版的布魯姆認知目標能提供教師對於學生在「STEAM」素養學習模式的探究認知活動歷程，進行更深入的分析，也是提供教師改進探究教學策略的動態鷹架。例如：新版布魯姆的認知目標分成「知識向度」

(knowledge dimension) 和「認知歷程向度」(cognitive processdimension) 兩大系統(陳豐祥，2009)。就「知識向度」而言，將學生學習的知識分為事實、概念、程序和後設認知四大類，各類知識之間具有內在的關連性和層次性。就「認知歷程」向度而言，基於建構主義學習 (constructivist learning) 的觀點，為引導學生進行有意義的學習

(meaningful learning)，新版布魯姆認知目標將認知歷程向度分成六個主類別：記憶、了解、應用、分析、評鑑、創造。因此，本研究將在學生參與科學探究過程中，著墨於學生在理論認知內容的關聯性對問題解決的推理過程兩者之間，依照新版布魯姆認知層次屬性的雙向細目表(如表 3-2-5-1)，並將「認知歷程向度」結合「認知功能」(感知、學習、推理、決策、計劃和行動進行相關性分析。藉以呈現實施「設計研究法」對學生在科學探究歷程，概念認知層次的提升情形。

表 3-2-5-1 結合「認知功能」的新版布魯姆認知層次屬性的雙向細目表

認知歷程向度/ 知識向度	記憶 (感知)	了解 (學習)	應用 (推理)	分析 (決策)	評鑑 (計劃)	創造 (行動)
<u>事實與概念的知識</u>						
<u>程序的知識</u>						
後設認知的知識						

(作者改編，2022)

因此，本研究之「專題研究課程」設計將採用「5E 學習環」階段性鷹架策略協助學生進行完整的科學探究歷程，結合跨學科 STEAM 取向探究學習模式規劃課程知識，促進學生要活用知識和技能來解決生活中的問題，完成專題式學習 (Project Based Learning) 實踐知行合一的專題研究，是本次研究之目標。過程中提供探究小組針對程序性知識的反思回饋

鷹架機制，強化理論與實作之間的連結，提升學生進行科學探究活動的概念認知層次，進而促進學生對於文獻閱讀理解、理論假設之設計及理論的實驗與應用等各階段的產出質量，進而達成本次的研究目標。

(三)研究對象：本校自願參加科學展覽社群的七年級學生 30 人

(四)研究目的：

- 1.學生於基模同化策略融入 STEAM 取向探究模式中，事實知識的認知架構變化情形如何？
- 2.學生於基模同化策略融入 STEAM 取向探究模式中，程序知識的表徵變化情形如何？

貳、研究方法及步驟：

一、活動流程設計：本次跨學科 STEAM 取向探究學習模式課程設計，參考「5E」學習環之學習模式，將主要的步驟流程規劃如圖 2-1-1 所示。說明如下：

(一)辦理「學生科學營隊活動」，促進學生科學探究社群之成立與探究活動持續進行，社群活動流程如下：

- 1.小組文獻探討：成立研究小組根據研究問題，廣泛蒐集及閱讀科展文獻，確認問題的研究方向與研究目標。(事實與概念的科學知識--ST)
- 2.研究架構設計：研究小組經由文獻探討建立具理論基礎的研究架構，進而訂立研究設計原則(研究架構圖繪製原則)與評鑑規準(小組自評表、階段性新版布魯姆雙向細目表分析，事實與概念的科學知識及策略知識--STE)。
- 3.仿作與實作：小組於實驗室現場進行仿作、設計的實施與改進研究。(事實與概念的科學知識及策略知識--STE)
- 4.建立回饋機制：以網路共作平台進行科學寫作(科學筆記的研究紀錄)及小組互動紀錄、第二階段新版布魯姆雙向細目表分析，小組藉由目標導向地蒐集多元的研究資料、參與實驗數據資料詮釋和改良設計與精緻化。(事實與概念的科學知識及策略知識--STEM)
- 5.循環研究歷程：跨領域社會議題文獻分析 - 實施階段性探究與評鑑 - 修正研究架構及提出新假設，逐步精緻化探究成果，過程隨時記錄於探究作品說明書。(事實與概念的科學知識及策略知識--STEM)
- 6.精緻化歷程成果：多層次分析實驗資料，彙整研究結果後，提出融合藝術及創意元素的作品展示海報之評鑑規準，對階段性成果作品於校慶、班親會等重要節慶會議，提供學生創新公開展示發表機會，藉由科展研究成果作品說明書，精緻化為科學探究推廣展示海報，詳實說明設計產出與理論衍生的設計原則間之關聯性。(事實與概念的科學知識及策略知識--STEAM)

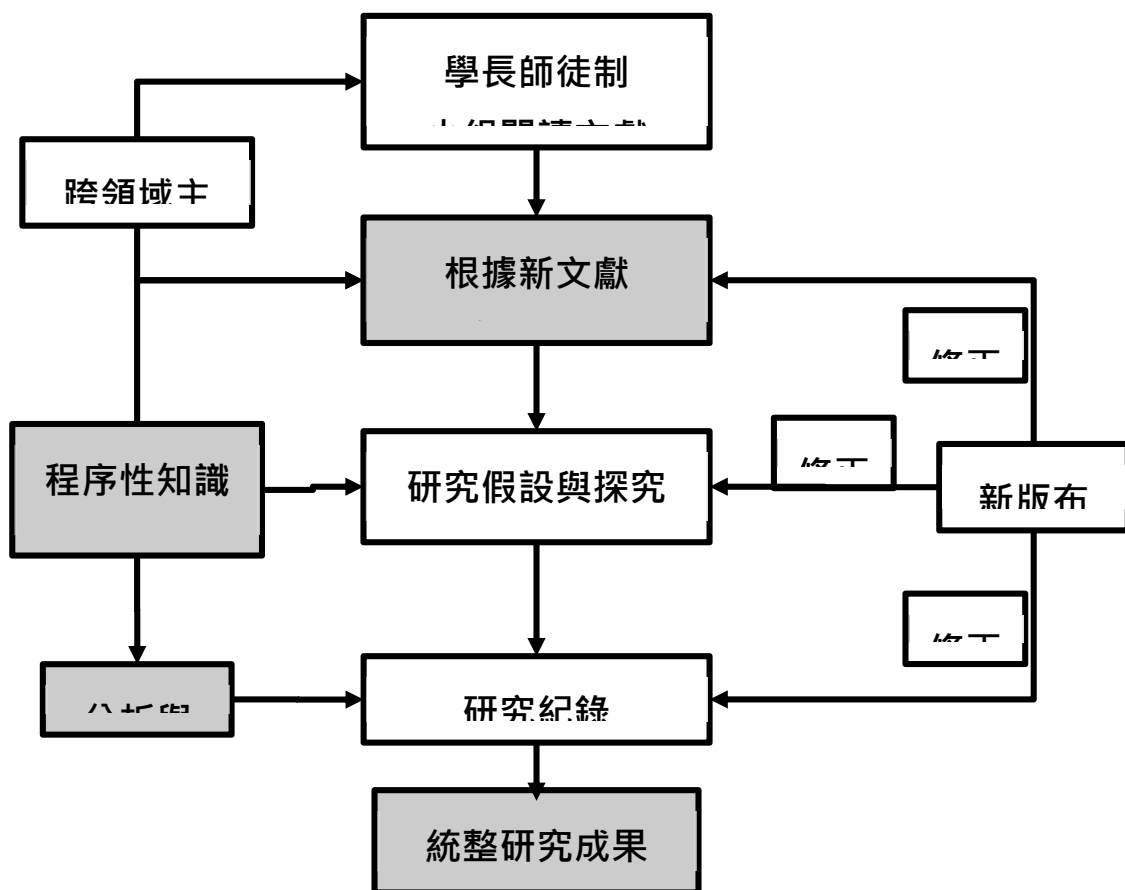


圖 2-1-1 本研究的步驟流程

## 二、辦理「假日科學營隊」培訓講座課程表 及 競賽與成果展示活動預定表：

活動日期	講座主題 與 競賽項目	講師	地點	備註
9 月份	科學讀書會 --- 「STEAM 素養」	胡裕仁老師	5F 電腦教室	國立新化高中
10 月份	探究自然齊步走---「研究方法」	潘錦卿老師	5F 電腦教室	居仁國中
11 月份	差之毫釐---「測量與誤差」	李敏瑜老師	5F 電腦教室	居仁國中
12 月份	見微知著---「統計與預測」	胡裕仁老師	5F 電腦教室	國立新化高中
12 月份	校慶社團成果展示	各指導老師	居仁國中	
1 月份	「科學寫作規準」	黃家瑜老師	5F 電腦教室	居仁國中
3 月份	「海報創意設計」	游雯淨老師	5F 電腦教室	居仁國中
3 月份	台中市科展	各指導老師	國立自然科學博物館	
3 月份	科學園遊會	各指導老師	國立自然科學博物館	
4 月份	「專題研究成果展」	洪傳宗組長	5F 電腦教室	居仁國中

### 三、辦理「學長師徒制」之探究課程：

辦理「學生 STEAM 取向探究營隊活動」，以「2021 年本校學生探究專題研究成果」之探究主題進行科學探究活動，訓練學生進入探究情境及激發可探究的新問題。課程如表 2-3-1 所列：

表 2-3-1、「STEAM 取向探究營隊」預定辦理之科學探究培訓活動內容

日期	活動主題	活動內容	活動屬性	活動時數
9 月	科學讀書會 ---「STEAM 素養」	01 少一色的蠟筆---蔬菜蠟筆 02 混沌乾坤---混凝材料 03 氣蓋山河---氣壓式餵食器	ST	10 節
10 月	探究自然齊步走---「研究方法」	04 陣列太陽---反射式太陽能板 05 速冷起淨---降溫渦流管 06 藻生罐子---水庫生態養殖箱	STE	10 節
11 月	差之毫釐---「測量與誤差」	07 淨化生態瓶---負壓水族箱 08 滙浮泡影---阿基米德氣泡泵 09 蒸來電---指紋燻蒸法	STE	10 節
12 月	見微知著---「統計與預測」	趨勢線繪圖及文獻分析	STEM	10 節
1 月	「科學寫作規準」	作品說明書寫作規準(討論及歸納) 數值統計分析方法	STEM	10 節
3 月	「海報創意設計」	統整研究成果成果海報創意設計	STEAM	10 節
4 月	「專題研究成果展」	校慶成果展解說模型造型設計 台中市科展競賽演練	STEAM	10 節

S = Science ( 科學 ) T = Technology ( 科技 ) E = Engineering ( 工程 ) A = Art ( 藝術 ) M = Mathematics ( 數學 )

### 四、活動成效評估方式：

根據研究目的，本研究採取以質性資料為主，量化資料為輔之研究方法，質性資料包含有學生科學筆記、概念圖分析及階段新版布魯姆雙向細目表分析等研究工具：

(一)繪製概念圖：學生在實施科學探究學習活動之前與後，分別進行概念圖繪製。在本研究中為瞭解學生在科學探究學習活動中，進行系統化的概念分析之工具，也是了解學生在探究活動中，階段性概念學習成效之工具。以階層關係增加率的百分比評量各階段概念認知成長率(如表 3-3-3.概念構圖評量計分法)，代表概念認知的成長變化。

表 2-4-1. 概念構圖評量計分法(作者自行調整)

圖層關係	說明	計分
關係	兩個概念聯結成一道命題，有效且有意義的連結關係給予	一分
分支	每個分支必須與其上階層概念間具有有意義且有效的連結關係可同等計分	同等計分



(二)網路共作平台互動寫作分析：以網路共作平台的科學筆記記錄學生在導讀後的互動、提問種類及層次、問題解決策略等對於科學認知的影響層次。紀錄將階段性以新版布魯姆認知層次屬性的雙向細目表(如表 3-3-3)，進行互動屬性分析。藉以呈現實施「程序性知識」互動歷程，建立程序性知識的基模同化認知鷹架，分析對學生在科學探究歷程，概念認知層次的提升情形。

參、目前研究成果:

一、運用學長師徒制，成立研究夥伴小組，根據符合 STEAM 取向探究之主題，廣泛閱讀文獻確認問題的新研究方向與研究目標。(合作教師 8 人，行政同仁 2 人)

名稱	人
01回收SPACEX火箭(高有親+周沛安+潘瑾卿老師)*	
02電漿蝕刻(謝忻勳+謝沛航+維倫組長)	
03活性酵母菌晶球培養(陳育豪+李敬瑜老師)	
04活性酵母菌薄膜培養(李冠邑+游雲淨老師)	
05藻類煙囪(林秉程+施佩汝老師)	
06纖維薄膜藻類栽培技術(洪子勛+林秉程+張維倫組長)	
07膠膜電池(許桂綸+何律遠+黃家瑜老師+游雲敬老師)	
08無人機訊息傳遞次數(郭柏辰+洪傳宗組長)	
09捕雨網(陳智傑+游雲淨老師)	
10風透鏡康達水輪發電機(劉恩慈+潘瑾卿老師)	
11口罩滑鼠(劉秉翰+洪傳宗組長)	
12特斯拉渦流集魚魚道(劉加彤+劉秉翰+李冠邑+潘瑾卿老師)	
13硬化肥皂膜的應用(龔子宸+施佩汝老師)	
14凸面鏡測距感應指示燈(柯羽弘+劉冠廷+蕭宇祥+黃文儀老師)	
15空氣水瓶(廖品守+林尚毅+潘瑾卿老師)	
16無葉扇發電(謝承遠+潘瑾卿老師)	

二、理論基礎訂立設計原則(研究架構圖)與評鑑條件(小組自評表)。

三、建立回饋機制(網路共作平台互動紀錄)小組目標導向地蒐集多元的資料、參與資料詮釋和設計精緻化。



肆、目前完成進度及預定完成進度

目前完成進度 60%，預定期末報告可完成全部進度，進度如圖 4-1-1。

圖 4-1-1 研究進度甘梯圖

科展社群教學活動	8月	9月	10月	11月	12月	112年/1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
成立研究小組(學長師徒制)	1	3										
確認理論基礎之研究架構構圖	2	4										
新版布魯姆雙向細目表分析 (事實知識之認知分析)		5	8									
科學筆記研究紀錄		6	9	12	16							
網路共作平台互動回饋機制		7	10	13	17							
以新版布魯姆雙向細目表進行屬性分析 (程序性知識之認知分析)				14	18	21						
科教專案期中報告					19	22	24					
作品說明書寫作規準			11	15	20	23	25	26	28			
研究產出與應用(校慶成果海報設計)								27	29			
科學展覽競賽(公開解說與交流)										30	31	
科教專案期末報告											32	33
進度百分比	6%	21%	33%	45%	60%	71%	75%	81%	87%	90%	96%	100%

陸、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)

一、校本課程中無固定課程時間，學生探究時間不足→爭取師資及鐘點費，午休及假日安排實作及指導時間。

二、實作器材因參考文獻資料而變更，準備及採購耗時→設置科展研究室，方便器材長期架設及觀摩。



## 陸、參考資料

毛國楠(2012)敘述性知識，國家教育研究院。20220416 節錄自：

<http://terms.naer.edu.tw/detail/1310426/>

鐘建坪(2010)引導式建模探究教學架構初探，科學教育月刊。20220416 節錄自：

[http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/99\(326-335\)/328-PDF/01-97009-%E5%BC%95%E5%B0%8E%E5%BC%8F%E6%A8%A1%E5%9E%8B%E5%8C%96%E6%8E%A2%E7%A9%B6%E6%95%99%E5%AD%B8%E6%9E%B6%E6%A7%8B%E5%88%9D%E6%8E%A2\\_%E4%BF%AE%E6%94%B9\\_.pdf](http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/99(326-335)/328-PDF/01-97009-%E5%BC%95%E5%B0%8E%E5%BC%8F%E6%A8%A1%E5%9E%8B%E5%8C%96%E6%8E%A2%E7%A9%B6%E6%95%99%E5%AD%B8%E6%9E%B6%E6%A7%8B%E5%88%9D%E6%8E%A2_%E4%BF%AE%E6%94%B9_.pdf)

楊雅茹(2019)STEAM 取向教學對工程設計學習成效影響之研究，國立台灣師範大學科技應用與人力資源發展學系碩士論文。20220416 節錄自：

<https://etds.lib.ntnu.edu.tw/thesis/detail/9a9a47fd716cbf8e2580cac9fe0e494b/#>

任慶儀(1999)教學原理，國立台中教育大學。20220416 節錄自：

<http://www.ntcu.edu.tw/jen/%E6%95%99%E5%AD%B8%E5%8E%9F%E7%90%86/%E7%9B%AE%E6%A8%99/Rnew%20knowledge.htm>

陳李綱，林猷舜，莊志洋(2000)知識表徵，教育大辭書。20220416 節錄自：

<https://terms.naer.edu.tw/detail/1306717/>

楊忠斌。(2015). Piaget [基模] 理論的哲學基礎-從 Kant 到 Hegel. 教育科學期刊。20220416

節錄自：<https://ir.lib.nchu.edu.tw/bitstream/11455/93362/1/93337-1.pdf>

張春興(1991)現代心理學。台北市：臺灣東華。20220416 節錄自：

[https://pedia.cloud.edu.tw/Entry/WikiContent?title=%E7%9A%AE%E4%BA%9E%E5%82%91%28Jean\\_Piaget%29%E8%AA%8D%E7%9F%A5%E7%99%BC%E5%B1%95%E7%90%86%E8%AB%96&search=%E7%9A%AE%E4%BA%9E%E5%82%91%28Jean\\_Piaget%29%E8%AA%8D%E7%9F%A5%E7%99%BC%E5%B1%95%E7%90%86%E8%AB%96](https://pedia.cloud.edu.tw/Entry/WikiContent?title=%E7%9A%AE%E4%BA%9E%E5%82%91%28Jean_Piaget%29%E8%AA%8D%E7%9F%A5%E7%99%BC%E5%B1%95%E7%90%86%E8%AB%96&search=%E7%9A%AE%E4%BA%9E%E5%82%91%28Jean_Piaget%29%E8%AA%8D%E7%9F%A5%E7%99%BC%E5%B1%95%E7%90%86%E8%AB%96)

江凱狄(2015)知識表徵，科技網。20220416 節錄自：

[https://www.digitimes.com.tw/tech/dt/n/shwnws.asp?cnlid=14&id=0000438634\\_XDE75GFM2JH4GJ5AGHNK3](https://www.digitimes.com.tw/tech/dt/n/shwnws.asp?cnlid=14&id=0000438634_XDE75GFM2JH4GJ5AGHNK3)

林詩敏(2009)以科學閱讀融入 STEAM 進行跨領域素養導向探究與實作教學之研究～以竹北國小二年級生活課程「美得冒泡」為例，新竹縣教育研究發展暨網路中心。20220316 節錄自：

<https://ebl.hcc.edu.tw/edu/data/page/20200720085517428.pdf>

STEAM 新素養，親子天下雜誌。202100316 節錄自：

<https://topic.parenting.com.tw/issue/2017/steamtoys100/knowsteam.html>

下世代教育——STEAM 新素養，清華教育 95 期。20220316 節錄自：

<http://cfte.site.nthu.edu.tw/var/file/275/1275/img/342630536.pdf>

賓靜蓀(2017)5 大精神，培養 STEAM 新素養，親子天下。20220316 節錄自：

<https://flipedu.parenting.com.tw/article/3393>

楊雅茹(2019)STEAM 取向教學對工程設計學習成效影響之研究，臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系學位論文。20220316 節錄自：

<https://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh1?DocID=U0021-G060471003H>

紀雪雲(2012)實驗研究法，開南大學數位學習網。20220316 節錄自：

<http://elearning.knu.edu.tw/>

陳豐祥(2009)新修訂布魯姆認知領域目標的理論內涵及其在歷史教學上的應用，歷史教育第 15 期。20220320 節錄自：[http://www.his.ntnu.edu.tw/files/publish/726\\_57d30fc3.pdf](http://www.his.ntnu.edu.tw/files/publish/726_57d30fc3.pdf)

葉辰楨、王國華、蔡明致(2010)後設認知鷹架策略融入科學探究教學之探討，科學教育研究與發展季刊，第五十八期，1-32 頁。20220320 節錄自：

<http://utaipei.lib.utaipei.edu.tw/dspace/retrieve/1276/st5801.pdf>

許瑛珣、莊福泰、林祖強(2012)解析設計研究法，教育科學研究期刊。57 (1)，1-27。20220320 節錄自：

[http://rportal.lib.ntnu.edu.tw/bitstream/20.500.12235/11700/1/ntnulib\\_ja\\_L0807\\_5701\\_001.pdf](http://rportal.lib.ntnu.edu.tw/bitstream/20.500.12235/11700/1/ntnulib_ja_L0807_5701_001.pdf)