

教育部 110 學年度中小學科學教育專案期中報告

計畫名稱：以 STEM 跨領域為主的探究與實作

主持人：鐘建坪 電子信箱：hexaphyrins@yahoo.com.tw

共同主持人：張元馨

執行單位：新北市立錦和高中

一、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

本項專案研究計畫參與人員為計畫主持人以及協同主持人。行政人員協助計畫送審以及相關經費核銷事宜。行政對口單位成員包括：教務主任、教學組長、設備組長、以及相關協助行政人員。學校方面非常樂見教師能夠自主申請專案計畫進行行動研究，同時也全力配合研究方案進行。

二、研究計畫之背景及目的

(一) 研究計畫的背景與動機

科學學習與教學的目標在於培養具備科學素養的終身學習者，期待學習者從中習得相關科學概念、藉由手腦並用熟悉科學技能、發展探究能力，以及啟發理性、積極的科學態度。經濟合作暨發展組織（Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD）教育 2030 的觀點認為須將知識、技能、態度與價值整合形成素養（competencies），在父母、教師、同儕等互動下，學生透過參與、行動與反思，以達成個人或是社會的美好（OECD, 2018）。

為達成培養科學素養的目標，12年國教自然科學領域綱要揭櫫自然領域學習重點內涵在於引導學生學習科學知識的核心概念、提供學生探究與問題解決的機會以養成科學探究能力，同時協助學生理解知識的生產過程，發展應用科學思考與探究習慣的科學本質與態度（教育部，2018a）。自然與科技領域息息相關，科技領綱亦對應總綱，期待藉由動手操作與動腦思考的平衡，作為整合設計歷程實踐與科技工具的應用，以提升學生問題解決的能力（教育部，2018b），此點與自然領綱相呼應。

適切整合多項核心素養內涵的方式即在於施行跨科或跨領域主題整合的探究與實

作學習，藉由進行具備探究本質的實作活動，培養學生自主行動、表達、溝通互動和實務參與等核心素養（教育部，2018a, 2018b）。在國民中學階段在教學節數分配的限制之下，可進行跨領域/科目或結合各項議題的校定彈性學習課程是一個能發展相關統整性主題/專題/議題的探究學習機會。

（二）文獻探討與理論基礎

一、彈性學習課程

12年國教總綱將課程區分為部定課程與校定課程，其中部定課程為教育部規定不同學習領域所分配的學習重點與節數，而校定課程則屬於彈性學習課程，可由學校依據學校學生能力與所處區域特色進行規劃，包括：專題、社團活動、特殊需求領域或其他類課程。彈性學習課程能夠進行跨領域、跨科或是結合各項議題，發展「統整性主題/專題/議題探究課程」，強化學生知識、能力與態度的整合與生活情境的運用（教育部，2014）。若以發展統整性的專題或議題課程，不應只著重動手操作的活動，而是應該強調在實作中納入探究的本質。

二、探究與實作

學習科學不僅僅是動手操作的技能學習，更是手腦並用的複雜整合活動。學習者歷經相似科學家的探究歷程不僅能從中獲得科學概念與習得正向的科學態度，尚能培養批判思考、科學論證、團隊合作、問題解決等能力（NRC, 1996; 教育部，2018a）。科學探究歷程具備幾項重要的元素，包括：提出問題、形成假說、設計實驗、蒐集數據、繪製圖表、提出證據與結論等循環且非單向歷程（NRC, 1996）。12年國教自然領綱將相關的探究要素區分出探究學習內容與實作學習內容，其中探究學習內容為發現問題、規劃與研究、論證與建模，以及表達與分享，而在不同探究學習內容中有相對應的實作內容，例如：在規劃與研究中，學生需要尋找研究主題的變因或條件，實際操作時需要判定與研究問題相關的影響因素，分析因素之間的可能關係，並合理預測可能的結果（教育部，2018a）。

雖然目前探究與實作已在普通型高中開設對應課程，然而國民中、小學部分因為教學時數的限制，不易長時間的進行探究活動，若瑣碎地切割發現問題、規劃與研究、

論證與建模以及表達與分享，學生則不易以核心概念與能力貫穿整個學習，因此若能藉具探究本質主題活動的彈性課程貫穿整個學習，則能提供機會讓學生經歷完整的探究歷程，進而習得相關的科學概念、過程技能，以及科學探究等相關能力。

三、STEM 架構與教學

STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 屬於整合性的課程，並非著重單一學科知識而是強調學科之間如何進行整合，讓學生能夠藉由課程學習相關的主題，將不同學科知識與能力整合運用於解決問題。以整合的差異程度而言，分布上可從單一學科未整合至單科主題各自進行 (multidisciplinary)，再至不同學科相互進行 (interdisciplinary)，最後深入至跨領域統整 (transdisciplinary) (Vasquez, 2015)。

STEM 統整課程的興起主要反思原先單科各自為主的教學模式，期待連結與整合不同學科讓學生學習解決實際問題。研究顯示以統整、跨科方式教導學生學習科學、科技、工程與數學能促進學生問題解決能力、增加學生學習參與度，以及改進科學與數學學習成果 (Becker & Park, 2011; Tytler et al., 2019)，並且促進學生對於相關生涯的興趣 (Holmes et. al, 2018)。

STEM 教學樣態多樣化，學者 Steffensen 檢視10年級學生對於氣候變遷的爭論，藉由數學、科技與反思多元觀點論證，分析學生的批判思考能力 (Steffensen, 2020)。Touitou 等人採用數學思維與工程設計進行計畫為主的物理學習，結果顯示精緻的課程規劃能夠協助學生運用科學想法與數學思維能力 (Touitou et al., 2020)。Skilling 分析學生參與機器人設計與建構的跨領域 STEM 計畫，結果顯示整合性的 STEM 策略能夠協助學生進行概念知識的連結與思考的發展 (Skilling, 2020)。English 和 King 著重以工程設計方式讓國小學生進行飛行器的設計與操作，經由設計、建構、測試與修正的歷程，讓學生學習整合性的 STEM 教育，結果顯示小學生進行問題解決的設計與實作能力分布廣泛，建議未來教學教師應該在不同步驟提供適切的鷹架協助學生 (English & King, 2015)。

因為 STEM 涉及多種學科，在有限的教學時間，教師需要根據學生的學習需求設定教學目標與其適切的教學模式。雖然 STEM 教學能有不同的學科整合程度，但

是若是只讓學生參與不同的動手操作活動，未必能夠激發學生對 STEM 職涯的興趣，能夠啟發的關鍵因素在於教師如何引導學生思考、改良與深化探索歷程，才能有效提升學生的相關興趣 (Fan et al., in press)。

四、小組互動學習

合作學習具有多種樣態，早期著重小組內不同成員的任務分配，例如：紀錄員負責記錄，而口頭報告則由另一位同學負責。雖然工作任務能夠達成，但是任務切割之後，較易形成各自完成任務，如此組員減少綜觀任務全貌的機會。修正做法不僅著重小組工作分配，亦強調社會互動，讓學生在組內、組間或同質或異質分組之間藉由社會互動獲得成長。研究亦證實，若強調小組合作而非單一切割分配，學生的學習表現較佳 (Jong, 2016)。然而，課室內的社會互動需要課堂運作技巧與適切鷹架才能提升小組合作的動能。

五、手擲飛行器的 STEM 相關研究

手擲飛行器樣態多樣化，包括：紙飛機與滑翔機等。Puspita 等人探討不同因素對於紙飛機飛行的影響，結果顯示機身重量、機身長度的以及機頭型態具有顯著效果，且三種因素之間具有交互作用 (Puspita et al., 2019)。Simpson 藉由手做紙飛機讓學生理解工藝生產與大量製造之間的差異，讓學生比較單位時間的製造數量得知不同製造方法的優缺點 (Simpson, 2003)。Mayer 和 Mayer 嘗試藉由紙飛機的活動讓學生學習科學概念、探索科學歷程以及思索科學本質，藉由不同的學習目標轉換紙飛機的操作目的，讓學生可以學習工程設計與相關的物理概念 (Mayer & Mayer, 2012)。這些相關研究選擇手擲飛行器作為課堂教學活動的主因在於紙飛機與滑翔機等操作簡易，教學上能有多樣化的設計方式，可以符應教師課堂教學目標的不同需求。

四、理念與研究架構

目前教科書的實驗設計，考量有限教學時間，因此多以食譜式方式呈現，學生在已知研究問題、實驗步驟，甚至實驗結果的情況下，學習操作實驗。若操作有誤，不易再重新進行，或是思考其中可能的誤差來源。研究證實雖然國、高中學生知道科學方法與其歷程，但是實際進行探究學習時，學生仍有許多困難需要克服 (吳百興等人，2010；

洪逸文、王靖華，2021)。例如：無法自行觀察現象進而找出可研究的問題與假設、缺少辨識不同變因的關係、未考量可能的干擾因素、缺少自主設計實驗表格的機會、數據關係的繪製仍待加強、通常只以質性關係描述資料結果、實驗成果的呈現較為片段而非統整而全面（吳百興等人，2010；Apedoe, 2008; Bell, 2002；Krajcik et al., 1998；Jeong et al., 2007）。

教學實務上期待教師能夠提供學生建立、修正與轉變心智模型的機會（Jong et al., 2015）。在有限時間下，若能以簡易操作的主題，進行探究本質的實作活動，學生更容易經歷完整建立、修正與轉變的探究歷程，建立起動手實作與心智建構的整合。手擲飛行器即是一項短時間學生可自行操作與修正的主題，且學科內容涵蓋科學、科技、工程及數學。科學部分包含飛行器的飛行原理、康頓效應的應用（張惠貞，2015），科技涵蓋生活中飛行器的介紹，包括戰機、客機或是無人機等，工程部分包括飛行器的設計、實作與修正，數學則牽涉運用二元一次方程式，如何將蒐集的數據資料進行建模，作為預測的工具。

Schwarz 和 White（2005）認為探究歷程中協助學生建立、修正與重建的歷程是重要的，因而提出著重建立模型的科學建模歷程，涵蓋問題、假設、研究、分析、模型與評鑑等階段。Krajcik 等人著重以驅動問題引導學生進行問題解決，以達成計畫為主的學習（project-based learning），主要步驟涵蓋形成驅動問題、假設與預測、設計與規劃、研究與實驗、形成結論或產生成品，進一步與他人分享（Krajcik, et al., 2003）。整合性的 STEM 教學需要涵蓋科學探究與工程的問題解決歷程，學生不僅需要理解科學探究，亦須借助問題解決歷程完成實作成品，藉以融合科學、科技、工程與數學內涵。

圖1融合科學探究與問題解決歷程，呈現整合性的 STEM 探究歷程，藉由驅動問題進行問題界定，接著進行假設與設計規劃，製作目標雛形作品、再以實驗探索、數據分析，進行反覆修正，確認成品後，實際依據數據分析成果建立可預測的質性與量化模型，最後進行表達與分享，讓師長與同儕進行外部評鑑。

以手擲飛行機為例，驅動問題為如何作出一架飛行最遠的手擲機，接著找出各種變因如何影響飛行，與變因之間的關係，建構出可能的假設，例如：當條件相同下，攻角

愈大，飛行距離愈遠。接著開始尋找材料製作雛型，並且反覆試驗，確認可行之後，實際進行數據蒐集，依照數據資料分析並建立可預測的質性關係或數學關係式，再來完成成果進行發表，進行同儕與師長的評價。

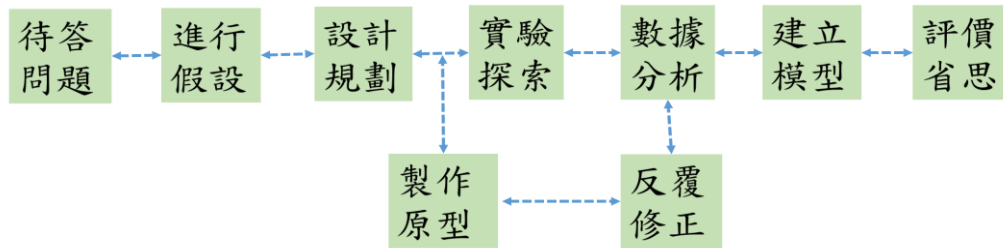


圖1 整合性 STEM 的探究歷程

基於上述文獻分析與探討，本研究目的主要是以整合性的 STEM 探究歷程作為架構，以手擲飛行器為主題，探討跨領域 STEM 課堂學生的學習表現。研究問題臚列：

1. 教學前、後，國二學生在科學過程技能的表現差異為何？
2. 教學前、後，國二學生自評整合性 STEM 探究能力差異為何？
3. 教學前、後，國二學生科學過程技能表現與自評整合性 STEM 探究能力的相關性為何？
4. 教學前、後，國二學生在小組互動與合作學習意向差異為何？
5. 教學後，國二學生實作成品表現的分布情形為何？可能的影響因素有那些？
6. 教師如何規劃教學活動與協助學生優化學習表現？
7. 教學之後，學生對於課程內容的收穫、學習困難、反思與評價為何？

三、研究方法、步驟及預定進度：

(一) 研究對象與情境

研究對象為新北市立某一社區高中，以便利取樣方式選擇國中部8年級學生進行教學模組試驗。該校國中部學生國三模考平均學習成就在全國評比約莫中間至中上。多數家庭經濟情況屬於小康，每班約莫1位低收或中低收入。

(二) 教學活動設計

1. 研究組織架構

本研究工具主要為科學過程技能、整合性 STEM 探究能力自評量表、小組互動與合作問卷、學生製作的成品與簡報內容為主，並輔以課室錄影與課堂學習單（見圖 2）。茲分述如下：

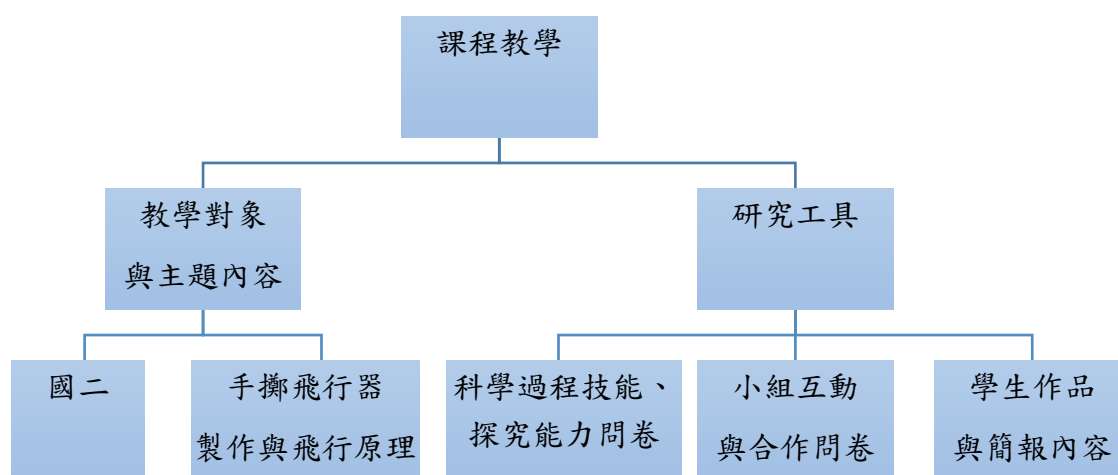


圖2：本研究之組織架構

2. 評量工具

1. 科學過程技能問卷

科學過程技能問卷修改自林俊華（1985）翻譯 Burns、Okey 和 Wise（1985）統整技能問卷 II（TIPSII）的「國中學生科學過程技能成就測驗問卷」，其內容構念包括基礎過程技能：觀察、分類、運用時空關係、預測、運用數字、測量、控制變因、推論；以及統整性的過程技能：形成假說、下操作行定義、解釋資料、溝通以及進行實驗。經因素分析後獲得 5 個項目，包括：處理變數、形成假說、設計實驗、處理資料以及推論。目前修訂將原先問卷操作變因、控制變因、應變變因 9 題，各取 1 題，共 3 題，形成確認不同變數。另外增加設計實驗驗證假說 2 題、數據推論 1 題。問卷將進行專家審查與預試後定稿。

2. 整合性 STEM 探究能力自評表

學生探究能力自評量表主要以本研究整合性 STEM 架構為參考依據，包括：確定問

題、形成假設、設計規劃、製作雛形、實驗探索、反覆修正、數據分析、建立模型、省思評價等。

3. 合作學習意向自評問卷

自然領綱核心素養的社會參與面向著重人際關係與團隊合作，在國民中學教育階段期待學生能夠透過合作學習與同儕溝通、共同參與、共同執行與共同發掘科學知識與問題解決的能力（教育部，2018a）。本研究活動規劃以小組進行，過程中小組之間的互動關係是小組能否共同成長的關鍵，因此藉由小組互動與合作自評量表評估學生小組互動的情形。此量表引用自鐘建坪（2016），其量表主要修改自楊致慧和黎瓊麗（2013）以及鄭景華和湯宗益（2004）之小組互動與合作問卷內容。

3.學生作品評量架構

學生作品評量區分為2個次項目，其一為實作成品評量規準，另一為簡報評量規準。實作成品評量規準著重在學生實作成品的評分，區分為4種層級，0分代表學生未完成作品或是作品無法穩定飛行達5公尺，1分代表學生的作品粗糙但能飛行5至10公尺內，2分代表學生作品美觀與設計尚可，但能飛行10至15公尺，3分代表飛行15公尺以上，且具美觀設計。

表1 實作成品評量規準

	評分表現			
	0	1	2	3
評 分	● 無法完成作品	● 作品飛行5	● 作品飛行穩定	● 作品飛行15
內 容	● 作品無法穩定	至10公尺	10至15公尺	公尺以上
說 明	飛行達5公尺。	● 作品粗糙， 簡易呈現。	● 作品美觀與設 計尚可。	● 美觀設計佳。

(2)簡報評量規準

簡報評量規準參酌 PISA (Programme for International Student Assessment) 的設計方式，以次項目進行評分，將學生回答內容設定為2分（完整呈現）、1分（部分呈現或是有以所缺漏）與0分（未呈現或是呈現不相關的內容）。

表2 學生簡報評量規準

評分項目	評分結果		
	0分	1分	2分
待答問題	未呈現或是呈現不相關的內容	只呈現1個問題或是呈現有以所缺漏	只呈現2個以上問題且呈現無缺漏
進行假設	未呈現或是呈現不相關的內容	呈現1個問題的對應假設或是呈現有以所缺漏	呈現2個以上問題的對應假設且呈現無缺漏
設計規劃	未呈現或是呈現不相關的內容	呈現1個假設的實驗規劃或是呈現有以所缺漏	呈現2個以上假設的實驗規劃且呈現無缺漏
實驗探索	未呈現或是呈現不相關的內容	呈現1組數據資料或是呈現有以所缺漏	呈現2組以上數據資料且呈現無缺漏
數據分析	未呈現或是呈現不相關的內容	呈現1組數據資料的分析結果或是呈現有以所缺漏	呈現2組以上資料的分析結果且呈現無缺漏
建立模型	未呈現或是呈現不相關的內容	呈現1組資料分析後的模型解釋或是呈現有以所缺漏	呈現2組以上分析後的模型解釋且呈現無缺漏
反思評價	未呈現或是呈現不相關的內容	呈現1組反思與未來修改方向或是呈現有以所缺漏	呈現2組反思與未來修改方向且呈現無缺漏
整體評價	未呈現或是呈現不相關的內容	呈現1個問題的對應探究步驟，簡報內容簡要明確但仍有些錯誤	呈現2個問題的對應探究步驟，簡報內容詳實明確無錯誤

(三)教學設計

教學設計主要整合科學、科技、工程與數學內涵，以探究本質進行手擲機製作與飛行教學。首先，介紹設計思考與其運用，讓學生思索科學、科技與工程之間的關係，接著讓學生確認欲研究問題，寫出對應的研究假說，再以小組為單位進行雛型製作試驗的

規劃，待雛型完成之後，開始確認繪製欲紀錄的表格以回應操作變因與應變變因，再來實際紀錄數據、整理數據、分析數據，繪製成圖、表，呈現並說明可能的結果，與是否回應研究假設，再實際進行簡報製作與口頭發表，讓學生思索自己與他人結果的差異，評價最佳的解決方案，以及未來可改進的方向。詳細內容如表3所示。

表3 教學模組設計

周次	教學活動內容	成果檢核與評量
1-2	<p>[導入設計思考]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 設計思考與其運用 <ul style="list-style-type: none"> ✚ 搭配學習單，讓學生思索設計思考的意涵與科學、科技、工程之間的關聯性 <p>[引介科技內容、確認待答問題]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 引介科技內容、找出影響因素 <ul style="list-style-type: none"> ✚ 介紹無人機、客機等飛行載具，讓學生思索影響飛行器的因素有哪些? ✚ 在學習單中繪製影響變因之間的關係圖 ● 確認問題 <ul style="list-style-type: none"> ✚ 思索如果才能作出飛行最遠或是滯留時間最久的飛機? 請學生寫出待答的研究問題 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ 完成學習單 ✚ 完成學習單 ✚ 完成學習單
3	<p>[提出對應問題的假設]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 提出假設 <ul style="list-style-type: none"> ✚ 學生針對待答問題，確認其中的操作變因、應變變因與控制變因，並寫出適切的假設 	✚ 完成學習單
3.5	<p>[規劃對應問題的實驗步驟、準備所需器具、進行初步製作]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 規劃實驗 <ul style="list-style-type: none"> ✚ 學生找尋相關的材料、器具、工具，進行作品規劃與製作 	✚ 準備相關器具
3.5-	[製作雛型、反覆修正]	✚ 完成手擲機
4.5	<ul style="list-style-type: none"> ● 製作雛型、反覆測試 <ul style="list-style-type: none"> ✚ 學生初步製作與修正雛型手擲機 	

5	[依據假設繪製實驗紀錄表格]	繪製紀錄表格
	<ul style="list-style-type: none"> ● 設計實驗紀錄表格 <ul style="list-style-type: none"> ✚ 學生根據操作變因、應變變因與控制變因的關係，繪製所要記錄的表格 	
6-8	[根據操作變因與應變變因收集數據]	收集實驗數據
	<ul style="list-style-type: none"> ● 收集數據 <ul style="list-style-type: none"> ✚ 學生根據繪製的紀錄表格，依序完成實驗記錄 	
9-12	[整理與分析收集的資料]	整理數據、進行作圖、
	<ul style="list-style-type: none"> ● 整理與分析數據 <ul style="list-style-type: none"> ✚ 整理收集到的資料、鍵入 EXCEL、進行分析 <p>[進行數學建模，呈現圖表證據]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 呈現證據 <ul style="list-style-type: none"> ✚ 將整理的資料繪製關係圖，呈現操作變因與應變變因的關係 	繪製圖形、解釋圖形意義
	[根據圖表提出結論]	
	<ul style="list-style-type: none"> ● 提出結論 <ul style="list-style-type: none"> ✚ 將探究所得資料結果形成論點 	說明數據證據與假設關係
13-16	[表達結果與反思過程]	製作簡報
	<ul style="list-style-type: none"> ✚ 製作簡報 <ul style="list-style-type: none"> ✚ 學生根據收集的資料進行簡報製作 	
17-19	[與他人溝通並反思成果]	口頭報告
	<ul style="list-style-type: none"> ✚ 口頭報告 <ul style="list-style-type: none"> 學生口頭報告簡報內容 <p>[評價成果與改進之道]</p> <p>學生針對自己與他人成果進行評估，並思索改進之道</p>	

(四) 資料編碼與分析

本研究蒐集之資料區分為量化與質性資料，其中量化資料包括：科學過程技能問卷、整合性 STEM 探究能力自評問卷、合作學習意向問卷結果，經由 t 檢定分析學生教

學前、後表現差異。質性資料部分包括課堂學習單、學生作品、學生簡報與口頭報告，輔以課室錄影作為教師教學與學生課堂表現與小組互動的佐證資料。

(五) 研究流程與步驟

本研究流程主要分為五個階段，首先搜集資料與整理文獻，針對學生的學習困難處進行整理，思索可能的因應策略與鷹架內容；接著開始擬定教學方案、學習單，與相關的教學內容，同時開始進行問卷專家審查與預試；再來實際進行教學，收集相關的量化與質性資料；緊接著進行資料的登錄與分析，同時閱讀相關文獻，得以比較相關成果；最後階段為撰寫研究報告。詳見下圖3：

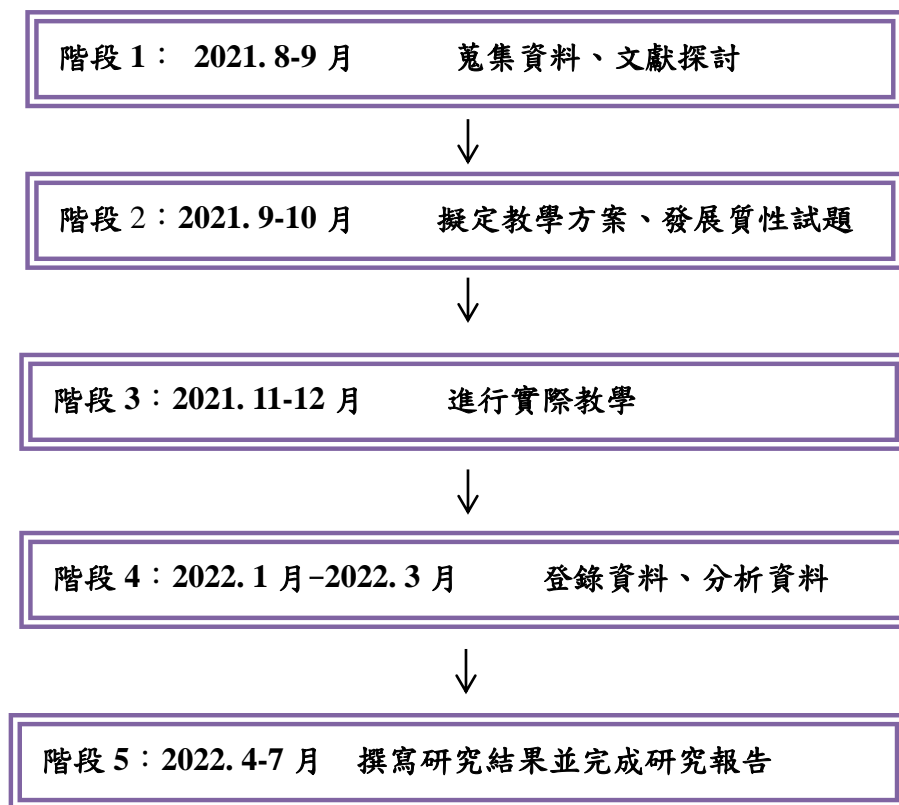


圖 3 本研究工作流程圖

四、預期成果

1. 規劃 STEM 整合性教學模組

STEM 的學習層級分布可從單一學科至跨科再至跨領域的整合，本教學嘗試藉由製作手擲機經歷科學、科技、工程與數學的整合探究歷程，讓學生從確認問題開始、進行

假設、規劃設備與器材、著手製作雛型、進行測試與探索、簡易收集數據做為修改依據，經過反覆修正之後，著手收集可信的數據，經由彙整、繪製表格、呈現並說明結果關係，接著實際進行簡報與口頭分享，藉由報告過程整理資料並反思過程可改進之處。

2.提供國中學生跨領域議題學習

藉由手擲飛行器的設計與規劃，融合設計思考、問題解決與探究歷程讓學生可由單一主題經過實質操作與分析的過程，整合相關的學科內容，同時觸及科學、科技、工程與數學的核心素養內涵。課程規劃可讓學生思索科學探究歷程、飛行器在科技上的使用、工程的設計與規劃，以及數學資料的分析與建模。

3.在探究歷程中，透過小組合作等鷹架協助學生

課綱核心素養強調培養學生人際關係與團隊合作，著重教師教學過程，學生能藉由小組方式進行探索與製作，透過小組之間維持團體動能、成員間樂於分享觀點，以及小組彼此間的支持性，提升人際關係與團隊合作的能力。本教學活動即以異質小組成員方式進行，透過師、生與生、生間的互動，促進學生相關能力。

4.提供國中課程探究與實作實踐方案

雖然自然領綱部定必修的國中小階段無明確探究與實作的課程名稱，但是校定必修的彈性學習課程是一項適合實施探究與實作的時機。本教學活動強調探究與實作的相關元素，包括：發現問題、規劃與研究、論證與建模，以及表達與分享，亦同時納入科技領域設計歷程的實踐、科技工具技術與應用，以及數學分析數據與資料建模的思考，形成整合科學、科技、工程與數學的 STEM 探究與實作課程。

五、檢討

(一)如何同時有效整合科學、技學、工程與數學內涵

STEM 為一個統整性課程，如何藉由教學實務的落實進行實踐是一項巨大的挑戰。本研究選擇飛行器作為主題進行探索，在科學面向涵蓋氣流變化如何造成飛行與轉彎，技學著重飛行器的發展，工程部分著重在設計思考與飛行器的修正，數學部分著重數據分析與結果圖形繪製。但是仍彼此間的融合程度仍可再精進。

(二)提供鷹架讓學生熟悉數據分析工具與圖形可能意義

雖然電腦課有學過 excel，而數學課學過柱狀圖與摺線圖差異，但是國中學生針對一個主題利用 excel 進行數據分析仍然是陌生的，需要逐步引導學生繪製，並且讓學生反思結果圖形與其研究假設之間的吻合程度。

(三)教師如何同時兼顧各組的進度與內容

課程設定期許學生能夠在課堂的時間內完成，大部分學生能夠做到，但是少部分學生跟不上進度需要作為回家作業完成，可能會影響家長對學校作業的觀感，因此教學時程的拿捏與親師生的溝通是重要的解決之道。

參考文獻

吳百興、張耀云、吳心楷 (2010)。科學探究活動中的科學推理。*科學教育研究與發展季刊*，**56**，53-74。

林俊華 (1985)。國中學生科學過程技能學習成就之調查研究。(未出版之碩士論文)。
國立臺灣師範大學物理研究所。

洪逸文、王靖華 (2021)。科學探作與實作：從 why 到 what-探究問題的層次在教學與學習的意義。*臺灣化學教育*，**42**。取自 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=40257>

張慧貞 (2015)。教科書對於演示實例之理解與誤解。*物理雙月刊*，**37(3)**，5-20。

教育部 (2014)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。台北市，作者。

教育部 (2018a)。十二年國民基本教育課程綱要—自然科學領域。新北市：國家教育研究院。

教育部 (2018b)。十二年國民基本教育課程綱要—科技領域。新北市：國家教育研究院。

楊致慧、黎瓊麗 (2013)。科技大學英文課堂師生互動量表之編製。*南台人文社會學報*，**10**，1-28。

Apedoe, X. S. (2008). Engaging students in inquiry: Tales from an undergraduate geology laboratory-based course. *Science Education*, 92(4), 631-663.

<https://doi.org/10.1002/sce.20254>

- Becker, K., & Park, K. (2011). Integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5), 23–37.
- Bell, D. (2002). Making science inclusive: Providing effective learning opportunities for children with learning difficulties. *Support for Learning*, 17(4), 156-161.
<https://doi.org/10.1111/1467-9604.00258>
- Burns, J. C., Okey, J. R., & Wise, K. C. (1985). Development of an integrated process skill test: Tips II. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(2), 169–177.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660220208>
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(14), 2-18. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>
- Fan, S. C., Yu, K. C., Lin, K. Y. (in press). A framework for implementing an engineering-focused STEM curriculum. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <http://doi:10.1007/s10763-020-10129-y>
- Holmes, K., Gore, J., Smith, M., & Lloyd, A. (2018). An integrated analysis of school students' aspirations for STEM careers: Which student and school factors are most predictive? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(4), 655–675. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9793-z>
- Honey, M., Pearson, G.; & Schweingruber, H. (2014). *STEM Integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Committee on Integrated STEM Education, National Academy of Engineering: National Research Council.
- Jeong, H., Songer, N. B., & Lee, S.-Y. (2007). Evidentiary competence: Sixth graders' understanding for gathering and interpreting evidence in scientific investigations. *Research in Science Education*, 37(1), 75-97.
<https://doi.org/10.1007/s11165-006-9014-9>

- Jong, J. P., Chiu, M. H., & Chung, S. L. (2015). The use of modeling-based text of ideal gas law to improve students' modeling competencies. *Science Education*, 99(5), 986-1018.
<http://doi.org/10.1002/sce.21164>
- Jong, J. P. (2016). The effect of a blended collaborative learning environment in a small private online course (SPOC): A comparison with a lecture course. *Journal of Baltic Science Education*, 15(2), 194-203.
- Krajcik, J. S., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3&4), 313-350.
<https://doi.org/10.1080/10508406.1998.9672057>
- Krajcik, J. S., Czerniak, C. M., & Berger, C. F. (2003). *Teaching science in elementary and middle school classrooms: A project-based approach*. New York: McGraw-Hill.
- Meyer, D. Z., & Meyer, A. A. (2012). Two paper airplane design challenges: Customizing for different learning objectives. *Journal of College Science Teaching*, 41(3), 38-43.
- National Research Council, NRC (1996). *National science education standards*. National Academy Press, Washington, DC
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press.
<http://www.nextgenscience.org/next-generationscience-standards>.
- OECD (2018). *The future of education and skills Education 2030*. OECD
[https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf)
- Puspita, A. N. G., Ambarwati, L., Ludfiyanti, E., Tejonugrohol, D. P., & Zen, Y. (2019). Effect of paper weight, paper length, and nose of paper plane on aircraft mileage in paper airplane game. *UI Proceedings on Science and Technology*, 2, 31-35.
- Skilling, K. (2020). Student STEM beliefs and engagement in the U.K.: How they shift and are shaped through integrated projects. In J. Anderson & Y. Li (Eds.), *Integrated*

approaches to STEM education: An international perspective. Cham, Switzerland: Springer.

Steffensen, L. (2020). Climate change and students' critical competences: A Norwegian study. In J. Anderson & Y. Li (Eds.), *Integrated approaches to STEM education: An international perspective*. Cham, Switzerland: Springer.

Touitou, I., Schneider, B., & Krajcik, J. (2020). Incorporating mathematical thinking into high school STEM physics – A case study in the USA. In J. Anderson & Y. Li (Eds.), *Integrated approaches to STEM education: An international perspective*. Cham, Switzerland: Springer.

Tytler, R., Williams, G., Hobbs, L., & Anderson, J. (2019). Challenges and opportunities for a STEM interdisciplinary agenda. In B. Doig, J. Williams, D. Swanson, R. Borromeo, & P. D. Ferri (Eds.), *Interdisciplinary mathematics education: The state of the art and beyond* (pp. 51–81). Cham, Switzerland: Springer.

Vasquez, J. (2015). STEM: Beyond the acronym. *Educational Leadership*, 72(4), 10–15.