

113學年度科學教育專案年度期中報告

計畫編號：50

計畫名稱：資優，自在—資優生應用簡單機械模擬現實問題的獨立研究教材發展

主持人：吳俊達

執行單位：高雄市鼓山區龍華國民小學

壹、計畫目的及內容

一、研究目的

本研究主要目的在藉由科學實驗探究活動來設計適合國小中年級資優生的獨立研究課程，讓學生能走過一次完整的研究歷程，並培養學生使用行動載具（iPad）作為觀察、紀錄的工具，讓孩子以科技積木模擬現實的事件，培養孩子的科學素養、資訊素養和獨立研究的技能。

今年的計劃中，原本的六年級資優生已畢業，進來新的一批三年級的資優生，因此本班資優生中，分別有三年級和四年級的資優生。因此教師預計將自然科學課程當成研究主題發想的材料，讓資優生從生活經驗中探索、設計研究主題，撰寫研究報告

預計這次的計畫中，教師可依照之前設計的教學模組來運行教學安排，而中年級資優生能一邊認識研究法，一邊擬定研究計畫、搜集資料、成果發表評鑑，在理論和實務並行的流程下，提升本計畫之效益。

本計畫以科創積木融入自然科學實驗為主軸，結合生活時事和學生興趣，透過跨域參訪方式，設定以下目標：

- 一、編輯中年級獨立研究教材。
- 二、應用簡單機械結構與科創積木設計生活化的研究主題。
- 三、能規劃變因，設計科學實驗流程。
- 四、能紀錄科學實驗數據。
- 五、以apple works製作統計圖表。
- 六、能使用科創積木設計生活化的研究器材。
- 七、能將科學實驗結果繪製/編寫成報告。
- 八、能進行研究成果發表。

十二年國教課綱自然科學領域學習表現架構表中，可以發現探究能力分為思考技能與問題解決，以下列出與本計畫目的之關聯表

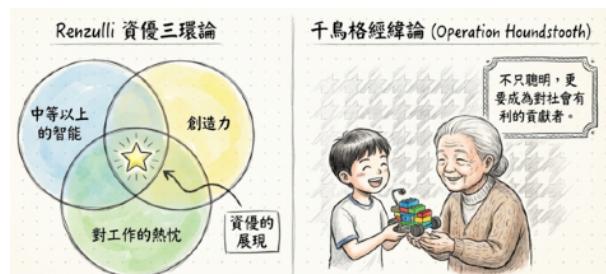
項目	子項	本計畫目的
探究能力	思考技能	想像創造 應用簡單機械結構與科創積木設計生活化的研究主題
		推理論證 能使用科創積木設計生活化的研究器材
		批判思辨 能將科學實驗結果繪製/編寫成報告
		建立模型 以Apple Works製作統計圖表
	問題解決	觀察與定題 能規劃變因，設計科學實驗流程
		計畫與執行 編輯中年級獨立研究教材
		分析與發現 能紀錄科學實驗數據
		討論與傳達 能進行研究成果發表

二、研究內容

(一) 研究計畫背景

1.研究動機

Renzulli 以資優三環論 (three ring definition of giftedness) 來界定資優者，也就是中等以上的能力、創造力和對工作的熱忱 (Renzulli & Reis, 1985) 三項能力的交集。而 Renzulli 於 2002 年更進一步擴展資優概念，提出「千鳥格經緯論」(Operation Houndstooth Theory) 理論，認為資優學生除了認知智能發展外，應重視社會能力的發展，更應發展為能對社會有利的資優貢獻者(Renzulli, 2002)。



國內學者蔡典謨（民 87）認為「資賦優異教育強調資優生高層次學習能力的發揮及其對社會的貢獻，因此資優教育措施應重視知識生產者的培養」。資優教育中所強調的「獨立研究」就是在引導資優學生善用資源、儀器及各類工具，主動探究相關文獻，針對優點與不足進行批判性分析。因此學生需自行設立研究主題，設計可行的實驗方法，並預測可能出現的研究結果，再運用統計方法處理、詮釋資料，最後以書面報告、口頭報告的形式，有條理地呈現研究成果。

於108課綱實施之後，在各學科的課程中，規劃以「核心素養」為主軸，強調學習不僅限於學業上的知識、技巧及能力，還要將學習內容融入於生活情境中（教育部十二年國民基本教育課程綱要總綱，2021）。

108 課綱自然科學領域重視「探究與實作」的精神與方法，透過激發學生的好奇心，主動學習科學知識，培養對自然科學的學習興趣。有鑑於此，資優班課程即在自然科學課程中，運用樂高積木結合科學知識，鼓勵學生動手操作，擴展學生在科學方面的視野。然而除了課程中針對自然科學知識進行教學，也期望資優生對於生活中遭遇的真實事件進行思考，甚至是找出解決方法，不僅可以應用自然科學原理，也可以發展回饋社會、利他的情意發展概念。

獨立研究的教學目標（資優教育簡訊，2001）分別有以下幾點：

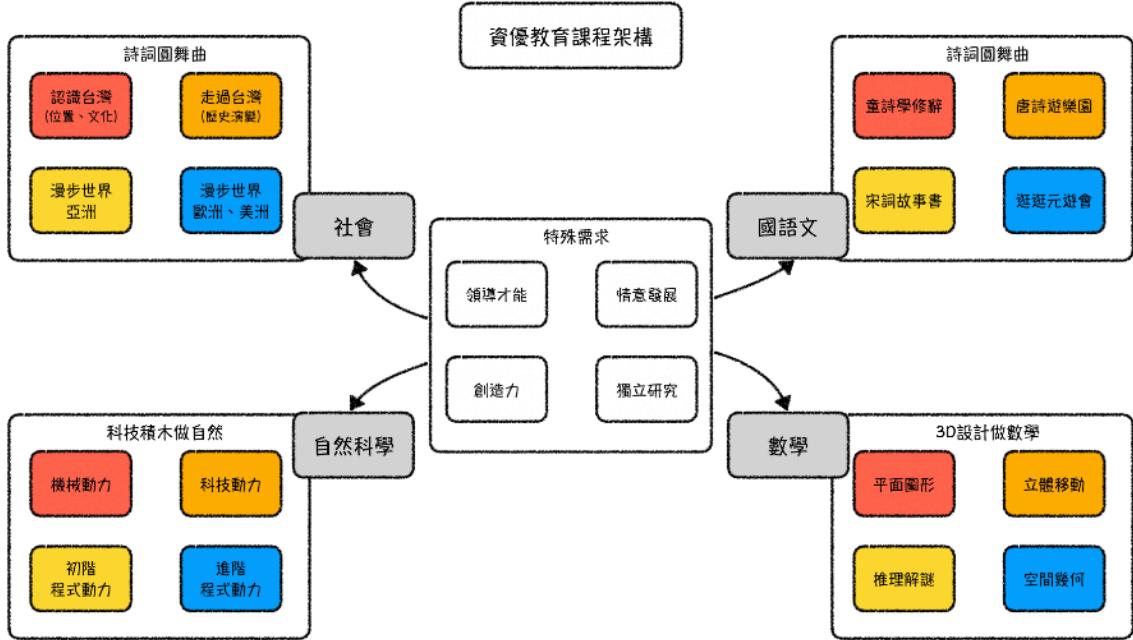
- (1)使學生親自體驗、發現及解決問題的過程。
- (2)使學生熟練探討專門領域之知能：心智與操作技能。
- (3)使學生學習相關知識。
- (4)培養學生研究態度。
- (5)啟發並增進學生心智思考經驗。從日常生活、課堂學習、自然環境及科技運用中，進行有計畫的觀察後進而察覺問題。

因此，研究者欲在資優班的自然科學課程中，使用樂高科技積木、創思數學教材進行教學。因為今年本班是三年級與四年級的資優生，因此除了發展中年級的獨立研究課程之外，也想將學生在獨立研究課程中產出的成果參加全國科學探究競賽，或是將融入創造力的想法繪製出來，參加高雄市的創意發明競賽，藉由競賽的規範和格式來提升學生的學習成果和學習動機。

2.研究計畫現況

本班於去年申請本計畫進行中年級的自然科學課程模組設計後，已將中、高年級的自然科學課程依照架構設計完畢，經過一年的能力培養後，本學期預計將自然科學課程中所習得之探究技能，應用於解決現實生活發生的困境中。

然而獨立研究課程有不同的階段，統整學者(郭靜姿，1993；潘裕豐，2015)的意見後，大略分為以下三個階段：



教師引導：提供多元探索與充實課程，引領學生尋找研究領域以及收集資料的能力。

專題討論：提供學生過程研討、特定主題研討以及計畫新的研究。

獨立研究：從尋找主題直至研究完成、提出研究結果。

上述的三個階段，都可以依據學生實際的能力與執行狀況進行時間上的調整，於是再結合校外參訪與創意發明課程，來依照學生特質和需求，結合本班的自然科學課程，設計資優生的獨立研究教材，期望能在教材進行後產出研究成果。

然而，獨立研究課程雖然可長期研究，但並非無期限的「長期抗戰」，若以學年來劃分、以競賽活動為目標，則還需考量時間的壓力，也就是在有限的時間內聚焦出欲研究的主題。因此，有一套適合該教育階段資優生的獨立研究教材，讓學生上完課的同時，也完成一份獨立研究的成果，對學生在研究過程中不只是具體的時間表，也是完成研究的良好鷹架。

此外，預計在114學年度使用自然科學課程中，學生於創作時間中發想出來的作品（例如走鋼索、擊球機…等），來進行「創意發明課程」，參與高雄市創意發明競賽。

	112年計畫	113年計畫	114年計劃	備註
高年級自然科學課程模組	V			
中年級自然科學課程模組		V		
獨立研究教材			V	三、四年級
科展	V	V		
獨立研究競賽	V	V		
創意發明競賽		V	V	三、四年級

	112年計畫	113年計畫	114年計劃	備註
世界青少年發明展		V	V	三、四年級
科學探究競賽			V	三、四年級

目前本班已自籌經費購置「樂高科創積木」，包含趣動基礎套裝、進階套裝，以及樂高spike基礎套裝、進階套裝組等四套教具，來進行科學實驗課程。此次計劃中，我們就是要使用這些已習得的技能來針對生活中的實際問題來進行獨立研究，落實「生活及研究、研究即生活」的信條。

然而在實驗過程中，我們期望資優生能走出教室，將所學應用在生活中，也透過校外踏查得到科學原理的驗證，於是透過與高雄科技大學、文藻外語大學的合作，舉辦多次校外參訪、體驗活動，讓資優生學以致用，把校外參訪獲取的知識寫成報告，將資優班所學的知識、技能，回饋給原班同學和家長，展現自發、互動、共好的精神。

	編程趣動	編程結構	編程動力	編程機械
	Bric Q essential SPIKE essential	Bric Q essential SPIKE essential	Bric Q prime SPIKE prime	Bric Q prime SPIKE prime
三年級	V			
四年級		V		
五年級			V	
六年級				V

3. 資優班特色

資優班是校園裡的特殊班級，招收國小階段的「一般智能資優生」，採取加深加廣的方式進行授課。課程內容以十二年國教課綱為主體，配合校本課程，並積極參與各項校外活動與局處計畫，例如科展、科學探究活動、數位學習跨域推動計畫與創意發明競賽，具備計劃執行與成果彙編的先備經驗。更成立校內科展社群，積極引導學生在學識基礎之下思考「自己的未來」，並加入「科創積木」的元素，進而發揮steam教育，設計以綠能、機械、科技為主軸的課程。

除了數、理課程之外，國小階段的一般智能資優班還涵蓋了人文社會類型的課程（包括國語文、社會），國語文著重在修辭、古文融入生活，社會則從台灣的歷史、美食、產業

出發，高年級跨越到世界各國，期望培養一位具備人文情懷和國際觀的實踐者，將知識化為工具，產出多元類型的成果與家長、同儕分享。

在特殊需求方面，涵蓋獨立研究、創造力、情意發展，期望從學生的生活經驗和時事開始，進行擴散和聚斂思考，找出有興趣的研究題目，解決真實的問題。

4.校外資源運用

為提升孩子學習的視野，本次計劃中，龍華國小資優班這次持續與高科大合作，透過校外參訪的方式，規劃「水產科學家」活動，以深入淺出的方式來了解實驗變因的掌握，也期許透過大學端的資源，豐富學生的學習內容。



透過「水產科學家」校外參訪，了解實驗變因的掌控。

目前除了校外教學以外，也將獨立研究課的巧思參加「高雄市創意發明競賽」，應用科學技能和研究能力與創造力，應用AI創意想法，結合創造性問題解決的歷程，繪製出協助農夫耕種的作品、適合餐廳的外場小幫手、適合出國使用的哨兵行李箱…等作品。



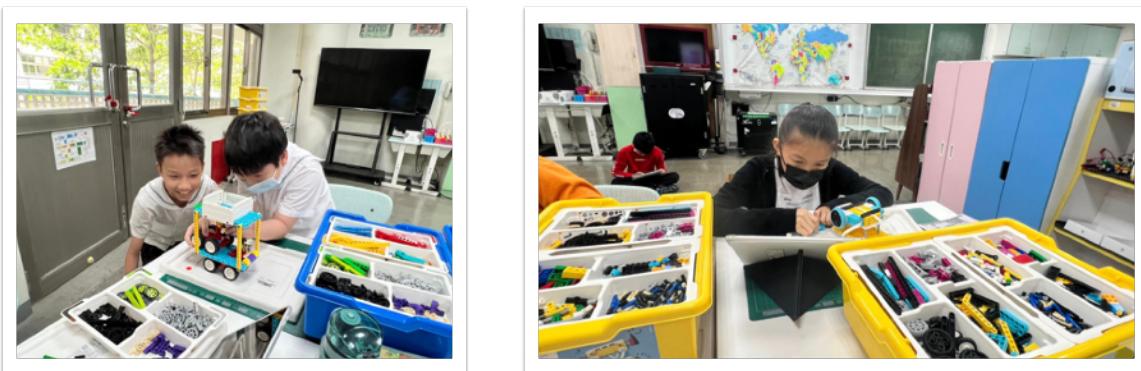
貳、研究方法及步驟

本計畫以教師自編教材「創思做研究」來進行課程，採用國小中年級自然科學「物體受力的變化」單元中，「力改變物體運動的狀態」、「力的大小」、「力的方向」為主軸。

課程中皆使用科創積木來製作教具、進行科學實驗，將資訊科技教育議題以SAMR模式，融入自主學習模式以進行課程。成果則是產出科技積木融入高年級自然科學課程的教學架構與教學模組，並透過檢核表來瞭解學生的學習狀況，驗證課程模組是否符合學生需求。

課程中採取以下階段：

- 1.學生自學，教師分配任務，根據提示完成科技積木組裝。
- 2.關鍵提問，學生針對學生於原班自然課學過的先備經驗來提出問題。
- 3.實驗驗證，學生根據問題進行實作活動，驗證所學概念。
- 4.論證解釋，學生根據實作結果，上台報告、分享。
- 5.統整概念，教師引導討論，學生應用本次課程所學進行創作。



而在資訊科技教育議題的部分，則以SAMR模式進行教育科技整合的數位學習，也就是透過增強類的替代(Substitution)、改良 (Augmentation)，以及轉換類的改造(Modification)和重新定義(Redefinition)進行課程。

依據SAMR模式的精神，具體執行方式為

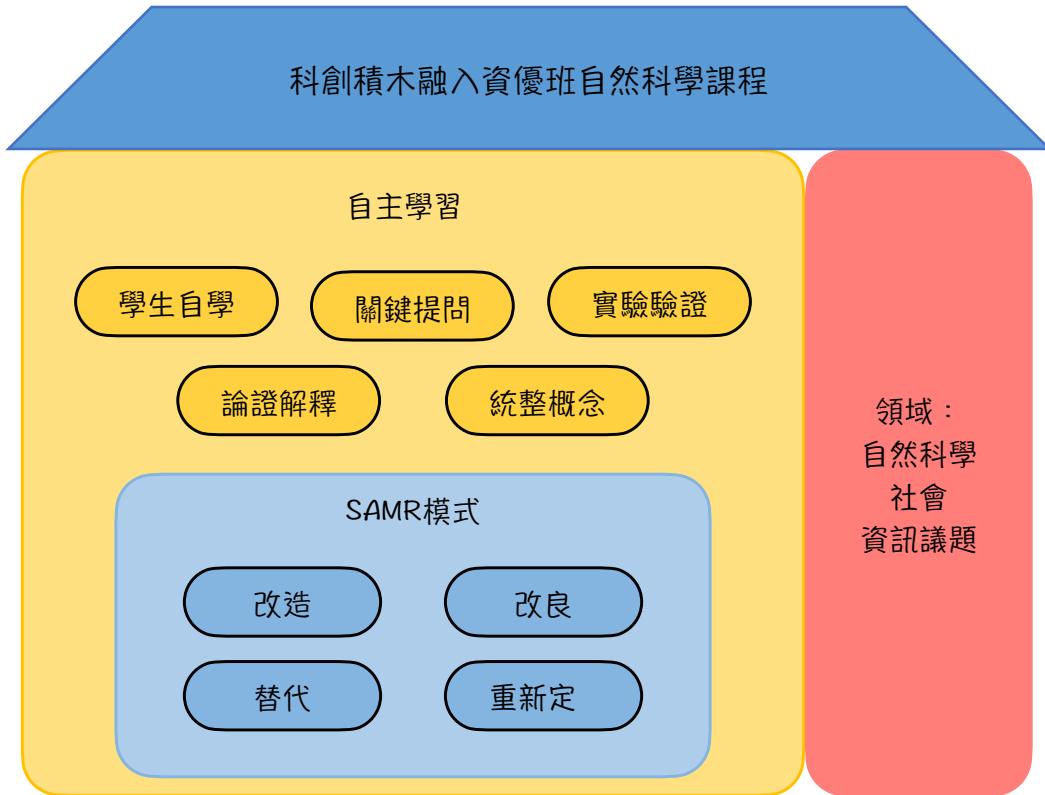
替代(S)：使用科技積木作為替代傳統科學實驗教具的方案。

改良(A)：讓學生直接透過scratch程式設計操縱科技積木，進行科學實驗；或是讓學生透過平板電腦紀錄實驗數據和實驗結果。

改造(M)：課程進行期間，師生可以將想法投影到螢幕上，即刻分享實驗資訊或相關問題，教師也能將課程內容分享至學生的載具。

重新定義(R)：學生可將實驗成果拍攝成解說影片，或透過keynote、padlet…等app做成報告，與同儕、家長分享。

科創積木融入資優班自然科學課程



本計畫參考現行資優班的課程，預先列出以下課程進度，開始執行後，再依據團隊提出的建議來進行調整，將課程進度表列如下。



自然科學課程進度

上學期		下學期	
週次	進度	週次	進度
一	設計流程	一	運動速度
二	解決方案	二	物體碰撞
三	專題創作	三	專題創作
四	運動規律	四	滑輪機械
五	重力運動	五	重力驅動
六	專題創作	六	專題創作

自然科學課程進度

上學期		下學期	
週次	進度	週次	進度
七	辨識模型	七	能量傳遞
八	定義標準	八	相互作用
九	專題創作	九	專題創作
十	專題統整	十	專題統整

獨立研究課程進度

上學期		下學期	
週次	進度	週次	進度
一	研究主題	一	研究結果
二	研究主題	二	研究結果
三	研究方法	三	研究討論
四	研究目的	四	研究討論
五	研究架構	五	研究結論
六	實驗設計	六	研究結論
七	實驗進行	七	簡報製作
八	實驗進行	八	簡報製作
九	實驗進行	九	海報製作
十	研究數據彙整	十	摘要怎麼寫

(三) 預期完成之工作項目、具體成果及效益

依據本計畫之八項研究目的，列出相對應的工作項、預期成果與效益。

本計畫目的	教師工作項目	學生學習成果與效益
編輯中年級獨立研究教材	依據中年級課綱設計上、下學期各10週的課程	研發課程教材，以供課程推廣與後續運作使用。

本計畫目的	教師工作項目	學生學習成果與效益
應用簡單機械結構與科創積木設計生活化的研究主題	<p>蒐集生活中可運用簡單機械的問題情境</p> <ul style="list-style-type: none"> • 引導學生發想並運用積木進行模型設計 • 實作模擬與測試，提升設計與工程素養 	<p>1.認識、應用零件，並瞭解生活中的情境有些可以透過仿作來呈現。</p> <p>2.透過校外參訪來瞭解製作模擬模型應注意的事項。</p>
能規劃變因，設計科學實驗流程	<ul style="list-style-type: none"> • 介紹變因概念（自變、因變、控制變項） • 練習撰寫實驗設計流程圖與步驟 • 學生以小組方式設計與討論實驗可行性 	學生能理解變因，並設計實驗過程。
能紀錄科學實驗數據	<ul style="list-style-type: none"> • 以numbers製作數據記錄表 • 培養學生使用numbers公式填寫數據 	資優生善用iPad內建的app來統計數據、記錄成果。操弄變因來進行實驗，妥善記錄實驗數據。
以apple works製作統計圖表	<ol style="list-style-type: none"> 1.教導學生使用numbers的數據製作長條圖。 2.教導學生使用pages，依照統計圖說明結果內容。 	資優生能善用載具繪製統計圖表，並解說圖表的意涵。
能使用科創積木設計生活化的研究器材	教導學生依時事製作地震模擬裝置、風力探測儀、纜車...等。	資優生能關心生活時事，或是周遭的事物，將生活和科學研究結合。
能將科學實驗結果繪製/編寫成報告	<ol style="list-style-type: none"> 1.指導學生將實驗結果作成報告/圖說漫畫。 2.指導學生瞭解於報告中需呈現的項目。 3.指導學生以keynote 繪製/編寫報告。 4.引導學生將數據之統計圖表繪製於報告中。 	<p>完成研究報告，並將知識繪製成五頁的漫畫。</p> <p>以數據為證據，將研究成果與同儕分享，呈現資優生利社會的一面。</p>
能進行研究成果發表	<ol style="list-style-type: none"> 1.指導簡報製作技巧與口語表達訓練。 2辦理成果發表會。 3.拍攝學生發表影片、建立數位成果檔案。 	<p>1.提升口語發表能力。</p> <p>2.將複雜的實驗以科學語言與同儕分享。</p>

本計畫期望以自然科學跨域課程為主軸，融入學校背景與特色，透過跨域方式，並以校外參訪呈現真實問題的研究方向，以孩子的生活環境為中心進行學習。期望連結孩子的先備經驗，透過科技積木、行動載具的導入，引導國小學生提升獨立研究能力與學習興趣。而在學科知識的建構後，我們也鼓勵學生參與創意發明競賽，期望能發揮目前的能力，繪製出對於未來世界的想像和願景。

總結：本次的科學教育計畫，以資優班學生為主體，善用本資優班資訊能力、創造力、自然科學探究能力的特色，建構中年級獨立研究課程教材，期望上完此份教材則獨立研究報告可大致成形。日後可推廣到其他資優班，降低資優班現場教師對於獨立研究課程的負擔。也期待透過上述學習規劃，持續推動本校資優生獨立研究、科學教育、創造力教育的課程發展與特色展現。

參、目前完成進度與研究結果

一、編輯中年級獨立研究教材。

* 進度：教師已依照課綱並參考學生預計參加的校外活動、競賽，編寫上下學期各十週的進度表與課程計劃，並自編適合中年級上的獨立研究教材，再將學習單上傳 NOTEBOOKLM 進行美編。

* 研究成果：學習單範例如下

探險的召喚：成為生活中的「Bug 獵人」

偉大的研究都始於一個小小的「不方便」或「為什麼？」。
你的第一個任務，就是在生活周遭，找出那些等待被解決的「Bug」！



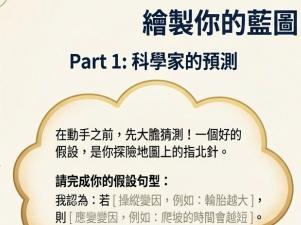
核心表格：Bug 獵人筆記

觀察地點	發現了什麼 Bug（問題）？	我覺得...（感受）
家裡	爺爺坐輪椅，進出門檻很費力。	很危險，怕爺爺摔倒。
.....
.....

馬上開始觀察你的學校和家裡，把發現記錄下來！

繪製你的藍圖：從預測到原型

Part 1: 科學家的預測



在動手之前，先大膽猜測！一個好的假設，是你探險地圖上的指北針。

請完成你的假設句型：
我認為：若 [據縱變因，例如：輪胎越大]，
則 [應變變因，例如：爬坡的時間會越短]。

Part 2: 樂高裝置設計圖

我的發明設計圖

繪圖要求

- 畫出你要搭建的樂高模型。
- 清楚標示動力來源（例如：SPIKE 主機、馬達位置）。
- 清楚標示測量工具（例如：感應器、碼表、尺）。

神兵的鍛造：選擇你的研究風格

做研究就像做 Pizza，有各種不同的風格和味道。不同的主題，需要採用不同的研究方法。來看看你的武器庫裡有哪些選擇！



調查研究法 (The Surveyor)
想了解大家的想法、態度或行為時使用。像做問卷調查「大家最喜歡哪種棉花糖口味？」。

相關研究法 (The Matchmaker)
找出兩件事之間的關聯性。例如「補習科目越多，成績就越好嗎？」。

歷史研究法 (The Historian)
研究過去發生的事，了解來龍去脈。例如「Pizza 的由來與種類」。

實驗研究法 (The Alchemist)
在嚴格控制下，改變一件事，觀察另一件事的變化。這就是我們樂高實驗室的主角！例如「改變輪子的形狀，會不會影響拖花糖的產量？」。

任務提示：我們的樂高實驗室，將專注於音響搖、最科學的「實驗研究法」！

變因魔法陣：掌握實驗的核心咒語

一場公平的科學實驗，就像一個精密的魔法陣。為了找出真正的因果關係，我們一次只能改變一個魔法元素！



操縱變因 (The Master Variable)
定義：為了得到公平，其他所有可能影響結果的操作都必須維持不變。通常有很多個！

範例：我要改變的是
〔輪胎的大小〕

控制變因 (The Fairness Variables)
定義：為了保持公平，其他所有可能影響結果的操作都必須維持不變。通常只有幾個！

範例：1. 斜坡的角度
2. 車身的重量
3. 起點的位置

應變變因 (The Result Variable)
定義：你想要觀察測量的結果。它會因為操縱變因而改變，而且必須是可以測量的數字。

範例：我要測量的是
〔車子爬坡的時間 (秒)〕

數據捕手出動！開始動手測量

Part 1: 原始數據紀錄表 顯示：每次實驗至少測量 3 次，再計算平均值，可以讓結果更準確！先用紙筆記下來，再輸入到 iPad。

測試項目 (操縱變因)	第 1 次測量	第 2 次測量	第 3 次測量	平均值 (Average)
變數 A： (如：大輪胎)				(輸後用 iPad 計算)
變數 B： (如：小輪胎)				(輸後用 iPad 計算)

Part 2: 遇到困難怎麼辦？啟動 PDCA 循環！

實驗常常會失敗，但這正是學習的開始！

A (Act)
根據分析，修正方法，持續努力！

C (Check)
檢查結果，分析成功或失敗的原因。

P (Plan)
重新規劃你的實驗步驟。

D (Do)
依據新的計畫，再次執行。

讓圖表說話：iPad 數據實驗室

將你的原始數據，變成會說故事的專業圖表！

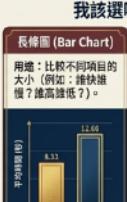
iPad Numbers 操作檢核

- 打開 Numbers App，建立一個新表格。
- 輸入你的三次測量數據。
- 使用公式計算平均值（輸入 =AVERAGE'）。
- 選取數據，點選「+」號，插入圖表。
- 修改圖表的標題和座標軸說明。

我該選哪種圖？

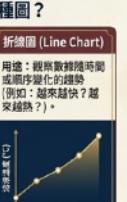
長條圖 (Bar Chart)

用途：比較不同項目的大小（例如：誰速度慢？誰速度快？建高建低？）。



折線圖 (Line Chart)

用途：觀察數據隨時間或順序變化的趨勢（例如：越來越快？越來越慢？）。



二、應用簡單機械結構與科創積木設計生活化的研究主題。

* 進度：指導學生參加高雄市創意發明競賽，將機械結構和程式設計融入生活中，以繪圖方式呈現出來。

* 研究成果：學生獲得金牌、優等、佳作等多個獎項

三、能規劃變因，設計科學實驗流程。

* 進度：學生能依照任務編寫程式，並依照實驗目的規劃變因，例如控制風帆材質、大小、形狀、面積，來探究相同風速之下風帆車的行進距離。

* 研究成果：學生能思考、推論控制變因、操縱變因對於實驗結果的影響。

四、能紀錄科學實驗數據。

* 進度：教導學生在自然科學課時，將實驗數據以iPad記錄下來，再於獨立研究課程透過canva製作數據表格和美編。



五、以apple works製作統計圖表。

* 進度：上課時我們使用keynote來呈現學習單和紀錄學習內容，學生於課堂中能將數據化為表格。然而學生操作尚未熟稔，預計下學期再教導學生如何生成簡單的統計圖表。

* 研究成果：國小學生要等高年級才學到長條圖、圓餅圖、折線圖等統計圖表，然而因資優班的研究需要，我們會在中年級就提及相關的概念和判讀方式。

六、能使用科創積木設計生活化的研究器材。

* 進度：學生能將科創積木結合個人生活經驗來設計研究器材。例如有學生提到他們之前去滑雪，就設計了雪橇、滑雪板，並設計可調整角度的山坡。

* 研究成果：依照學生的生活經驗來設計，能較快引起動機和構思操縱變因。

七、能將科學實驗結果繪製/編寫成報告。

*進度：學生目前選定實驗主題和撰寫動機，正在規劃變因，並準備開始進行實驗。

八、能進行研究成果發表。

* 進度：於每週的科學實驗課下課前，都會有本堂實驗的報告發表。待獨立研究實驗完成、成果繪製完畢後，會舉辦研究成果發表會。

肆、預定完成進度

本計畫預計前一個學期開學前進行籌備工作及課程設計，於開學後進行課程，學生於自然科學課中「學習」實驗，於獨立研究課堂中「設計」與生活相關的實驗，實驗完成後會製成五頁的漫畫來闡述實驗流程和結果，以期達成課程目標與滿足學生學習需求，並定期回報諮詢輔導教授本次的計畫執行狀況。

茲將研究步驟與預定進度詳列如下。

	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
期中報告												
期末報告												
研究報告												
專家學者 諮詢輔導												

伍、建議與討論

一、有些學生能理解「變因」，但尚無法類化到實驗中，需要教師多加引導。

#解決方式：教師會去翻閱原班的自然課本和教師手冊，並盡量已原班自然課的觀念和說法來引導學生，「改變哪些地方，可能造成不同的後果」。

二、中年級學生組內手眼協調能力落差大，成果易有差異。

#解決方式：前面的課程把組裝機械結構（非程式）的課程放在前面，著重在機械結構的操作與實驗歷程，後面再加上簡易程式的運算思維理解。並透過獨立研究時小組合作的形式來減少組內差異。

三、資優班上課時間有限，實驗材料較難外借，學生做實驗+紀錄就已經很填滿了，製作報告的時間較短、較片段。例如實驗做到一半要換下一節課的學生使用，學生得把教具拆掉，等下次上課再重新組裝；或是紀錄實驗結果時，照片、數據都放在iPad中，每次上課都要上傳、下載。

#解決方式：將實驗化整為零，再依照每次上課時間（約90分鐘）來進行。使用「線上共做」的功能來編輯內文，但缺點是每個研究目的測試的次數偏少（大概是3~5次左右），可能缺乏代表性。

四、中年級學生敘事、繪圖能力不一，且有些不擅長用繪圖方式來呈現成果。

#解決方式：將學生生活圈和實驗簡介告訴Gemini，請Gemini編寫故事大綱。繪圖的部分可以到網路上搜尋參考圖片，透過電子繪圖方式加以重新繪製，也可節省構圖、上色時間。

陸、參考資料

一、林于苗（2023）。實施5E探究式教學融入科學玩具對四年級學童自然科學領域學習成效與科學學習動機之影響（未出版之碩士論文）。國立臺中教育大學，臺中市。

二、教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要總綱。

三、教育部（2018）。十二年國民基本教育課程綱要—國民中小學暨普通型高級中等學校：自然科學領域。

四、蕭翔文（2021）。仿生機器人STEAM課程對六年級學童的科學探究能力與對科學的態度之影響研究。國立清華大學數理教育研究所碩士論文，新竹市。

五、Yakman, G. (2008). STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education. Retrieved January 31, 2021, from <https://www.researchgate.net/publication/327351326>

六、White, H. (2011). Our education system is not so much “broken”-as it is totally outdated! In STEAM. Retrieved February 09, 2021, from <http://steam-notstem.com/articles/our-education-system-is-not-so-much-broken-as-it-is-totally-outdated/>

七、Jude, L. T., Kajura, M. A., & Birevu, M. P. (2014). Adoption of the SAMR model to asses ICT pedagogical adoption: A case of Makerere University. International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning, 4(2), 106.

八、Ministry of Education, NZ.(2021). Using the SAMR model. Retrieved from <https://elearning.tki.org.nz/Professional-learning/Teacher-inquiry/SAMR->

九、Puentedura, R. R. (2013). SAMR: Getting to transformation. Retrieved from

http://hippasus.com/rrpweblog/archives/2015/10/SAMR_ABriefIntro.pdf

柒、附件

一、獨立研究課程成效評量

向度	題號	學生自評題目(檢核項目)	對應教材單元	課綱代碼
一、研究主題與 敏覺 (Exploration & Topic)	1	我清楚知道自己擅長與感興趣的領域，並能從中尋找研究靈感。	偵探守則	特獨 A-II-1
	2	我能像「Bug獵人」一樣，主動觀察生活周遭，蒐集令人困擾的問題。	Bug獵人	特獨 C-II-1
	3	我能將模糊的觀察（覺得不方便），轉化為具體的「為什麼」或「如何解決」。	核心表格	特獨 C-III-1
	4	我能清楚說明我想研究這個主題的理由（研究動機）。	任務宣告	特獨 C-III-2
	5	我能初步判斷這個問題適合用哪種方式（如：做實驗或查資料）來解決。	研究風格	特獨 B-II-1
二、研究規劃與 變因 (Planning & Design)	6	我能使用「若……則……」的句型，根據經驗提出對結果的預測（假設）。	假設句型	特獨 C-III-2
	7	我能理解「基礎實驗」的方法，知道要透過改變條件來觀察結果。	神兵鍛造	特獨 B-II-2
	8	我能指出實驗中唯一的「操縱變因」（Master Variable）。	變因魔法陣	特獨 C-III-2
	9	我能列出必須保持不變的「控制變因」，以維持實驗的公平性。	公平性變數	特獨 C-III-2
	10	我能定義出可以被測量數字的「應變變因」（如：時間、距離）。	結果變數	特獨 C-III-2

三、工具操作與執行 (Execution & Equipment)	11	我能繪製設計圖，並根據設計圖操作器材（如樂高積木、斜坡）。	繪製藍圖	特獨 B-II-4
	12	我能正確使用測量工具（如iPad碼表、尺、感應器）獲取數據。	數據捕手	特獨 C-III-4
	13	實驗過程中，我能詳實記錄數據與發生的現象，不遺漏細節。	實驗日誌	特獨 C-II-4
	14	我堅持「誠實」原則，絕不因實驗失敗而修改數據，並對紀錄負責。	誠實盾牌	特獨 C-III-2
	15	當實驗遇到困難時，我能調整方法再次嘗試（PDCA循環）。	PDCA循環	特獨 B-III-2
四、資料分析與圖表 (Analysis & Statistics)	16	我能將蒐集到的雜亂資料進行分類與整理（區分量化與質性）。	破解密碼	特獨 C-II-5
	17	我能利用數位載具（iPad Numbers）輸入數據並建立表格。	iPad實驗室	特獨 C-III-5
	18	我能運用平均值公式（Average）計算多次測量的結果，讓數據更準確。	數據捕手	特獨 C-III-5
	19	我能依據資料特性，選擇製作「長條圖」或「折線圖」。	圖表說話	特獨 C-III-5
	20	我能解讀圖表顯示的趨勢，說明數據代表的科學意義。	數據密碼	特獨 C-III-5
五、結論反思與發表 (Conclusion & Presentation)	21	我能運用「結論漢堡」架構，有條理地歸納實驗發現。	結論漢堡	特獨 C-II-6
	22	我能在結論中引用數據來支持我的觀點（證據導向）。	肉排層	特獨 C-III-6
	23	我能反思實驗過程中的限制或誤差，並提出給未來的建議。	英雄反思	特獨 C-II-6
	24	我能透過口頭或圖文形式（如四格漫畫），清楚表達我的研究歷程。	四格漫畫	特獨 C-II-7
	25	我能在發表時展現自信，並有條理地回答別人的提問。	發表秀	特獨 C-II-8

審查意見與修正

一、審查意見

編號	50	高雄市立鼓山區 龍華國民小學	資優，自在-資優生應用簡單機械模擬現實問題的獨立研究教 材發展
建議事項	1. 建議補充成效分析有關概念變項、工具以及研究設計分析方法。 2. 成果豐碩，計畫撰寫良好，若能執行有助於資優教育推展。		
經費修正 意見	1. 無修正意見。 2. 核定經費250,000 元。		
審查結果	<input type="checkbox"/> 符合規定，依照申請學校之經費表核定辦理。 <input checked="" type="checkbox"/> 部分不符合規定，請申請學校依審查委員意見修正後核定辦理。		

二、修正方式

本研究（課程）將採用量化數據分析，透過教師自編「獨立研究課程成效評量量表」來瞭解學生經過課程介入後的差異狀況。本課程之成效評估架構規劃如下：

(一) 概念變項 (Variables) 本研究依據「十二年國教特殊教育課程綱要-獨立研究」的學習內容，將學生能力轉化為五大核心依變項，以檢核課程介入成效：

研究主題與敏覺（對應特獨A/C類）：測量問題覺察與動機。

研究規劃與變因（對應特獨B/C類）：測量假設擬定與變因控制。

工具操作與執行（對應特獨B/C類）：測量器材操作與研究倫理。

資料分析與圖表（對應特獨B/C類）：測量數據統計與圖表製作。

結論反思與發表（對應特獨C類）：測量歸納推論與多元發表。

(二) 研究工具 (Instruments) 採用自編「獨立研究課程成效評量量表」。該量表依據課綱中高年級階段指標編制，共計25題，採五點量表，能將學生的實作表現轉化為量化數據。

(三) 分析方法 (Analysis) 採「單組前後測設計」，於課程前後進行施測，並透過以下方式驗證成效：

1.成對樣本t檢定 (Paired-Samples t-test)：檢驗前後測總分差異是否達統計顯著水準，證明整體教學成效。

2.質性評量：輔以學生實作檔案（科學探究作品），配合量化數據來參考，可更深入得知學生學習狀況。