

教育部113年度中小學科學教育計畫專案

期末報告大綱

計畫編號:1-3

計畫名稱:「鷹、S、陸」-STEAM+6E教學模式輔以人造物鷹架協助學生進行實驗設計活動

主持人:潘瑾卿

執行單位:居仁國中

壹、計畫目的及內容

一、研究背景

去年研究過程發現，學生對於「實驗設計」大項的困難點，八成以上為「撰寫實驗步驟」與「進行研究假設」，所以今年想研究如何採6E教學模式輔以人造物鷹架提升學生實驗設計能力。

本研究期待使用6E教學法，過程提供鷹架物教材，評估學生實驗設計的能力變化為今年的研究重點。

二、研究目的

(一)了解學生在科展教師實施6E循環教學下，學生實驗設計能力的變化?

(二)了解科展教師鷹架物輔助下，學生實驗設計能力的變化?

三、研究問題

(一)科展時間進程下，鷹架物投入對學生實驗設計-「文獻探討-鑽寫研究動機與研究目的」的能力變化。

(二)科展時間進程下，討論版上教師教學鷹架對學生實驗設計能力產出的對應影響。

貳、研究方法及步驟

本研究方法偏向行動研究，質性與量化的收集資料，在參考相關文獻後，討論現象，希望獲得有幫助性的結論，由於今年科教專案研究計畫目的為提供鷹架物，分析學生實驗設計能力的變化，而本身亦為學生專題研究的指導老師，所以以學生為中心下，我的研究步驟時間軸就以學生研究歷程鋪成，進度由以下說明:

一、第一階段 學生報名與線上課程階段

時間:112學年度7月-113學年度8月

學生背景:學生預計進入居仁國中就讀，教師給予線上課程請學生自行閱讀，學生可以藉由課程引導，收尋文獻，發現問題並與教師利用雲端分享想法。

教師角色:整理報名表，定期給予學生線上作業，定期回覆學生想法與相關文獻，鷹架與支持，保持學生參與(6E-1)與探索(6E-2)的動力。

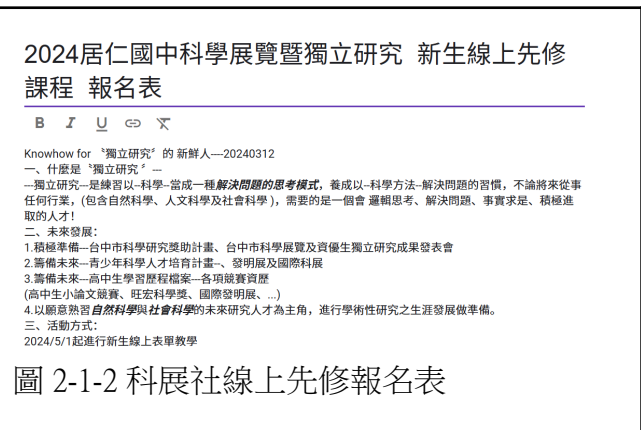


圖2-1-1 科展社線上課程PPT首頁

圖 2-1-2 科展社線上先修報名表

二、第二階段 研究生文獻探討階段

時間:113學年度9月-10月

學生背景: 每個學生已經有感興趣的研究主題，但多半是小學課內實驗或已進行多次的成熟實驗，缺乏創新與應用性，學生撰寫的報告內容均為不完整的科學呈現，僅有實作過程照片，不會數據分析，討論與結論，不足以支持科學研究的可信度和可重複性，學生的心理層次與態度尚未進入研究階段。

教師角色: 教師利用社團時間進行STEAM素養教學(附錄二)，讓學生了解內涵，並且提供師生雲端討論平台，教師該階段與學生一起查詢文獻，並賦予學生屬意研究主題一個創新的方向，鮮少完全否決學生的想法，而學生也在雙方討論下能再釐清現象中可以探究的部份，抓出關鍵的語詞與科學概念，提供學生解釋的機會(6E-3)。

三、第三階段 研究生測試階段

時間:113學年度10月-11月

學生背景: 本階段學生屬意的研究主題已經更加明確也賦予該主題應用創新方向，基本上研究草圖已經擬想，直待現實考驗。學生準備好部分研究器材進入實驗室進行實驗，期待本階段學生應具備有三因分析的能力(操作變因，控制變因，應變變因)，撰寫研究假設，研究步驟的能力，並且準備心態在實驗過程精準的控制好因素，對研究誠實與負責。本階段是圖 2-3-1中的計畫-盤點資源-執行之循環階段。

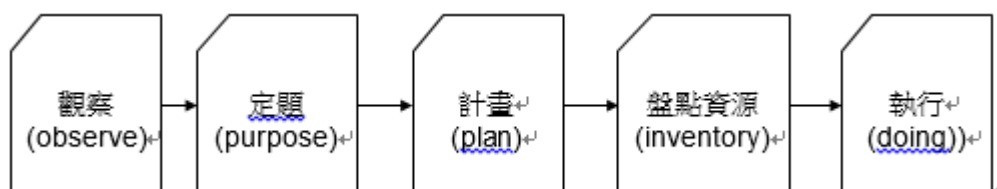


圖2-3-1 OPPID 階段 (研究者自繪)

教師角色:指導學生寫科學筆記的大綱，協助學生取得材料，引導學生進行實驗假設並實作，當學生”卡關時”，學生得要主動提問，意即學生要有發現問題的能力，教師經由「示範」、「解說」、「提供文獻」等鷹架物協助學生進度，把假設經由實驗設計驗證實否，分析與討論，使學生具有真正的研究能力(Engineer，6E-4)，教師也觀察學生特質，並將其質性紀錄於研究結果中。



圖2-3-2 教師講解科學筆記紀錄方法



圖 2-3-3 學生在實驗室實驗狀況



圖2-3-4 教師在實驗室示範實驗

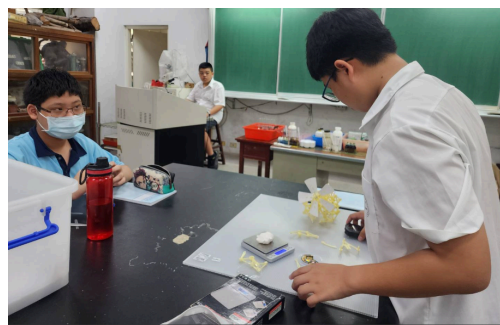


圖 2-3-5 學生在實驗室實驗狀況

參、目前研究結果與討論

一、第一階段 學生報名與線上課程階段 (7-8月)

教師提供紙本鷹架物讓學生模仿書寫研究動機，用意在讓學生將自己想法與文獻內容結合，奠基在文獻上轉化成可以操作的實作，並添加自己的靈感加大寫作篇幅，變成自己的研究動機，回收學生的作業回覆為41份，其中學生題目變得具體可行有創新的為7份，學生題目具體可行待研究創新方向為8份，其餘26份為學生無法按文本鷹架物擴展轉化文獻成為創新之作，**確認問題為解決問題的第一步(王美芬，熊召弟，2005)**，研究動機主要是針對所要探討的問題加以陳述，並提及此問題在這個研究領域的重要性(王俊明，2015)，所以研究動機與目的是實驗設計的「背景說明」，只有提供文字鷹架物下能夠進行研究背景說明良好的只有17.1%。作品品質比例分布如圖3-1-1 研究動機作業品質回覆。

表 3-1-1 實驗設計能力(研究動機作業)品質回覆。

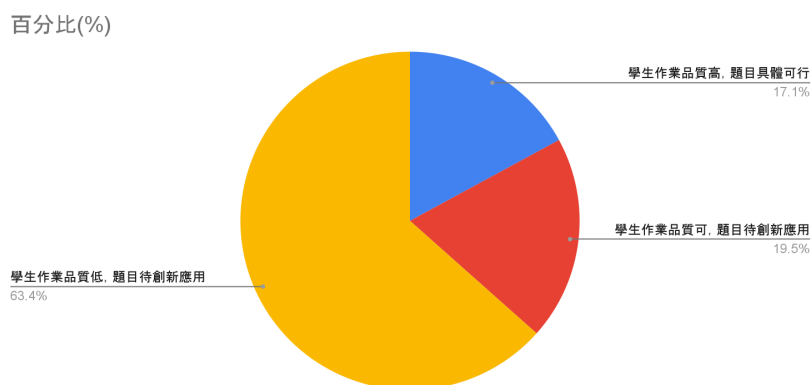


圖 3-1-1 實驗設計能力(研究動機作業)品質回覆。

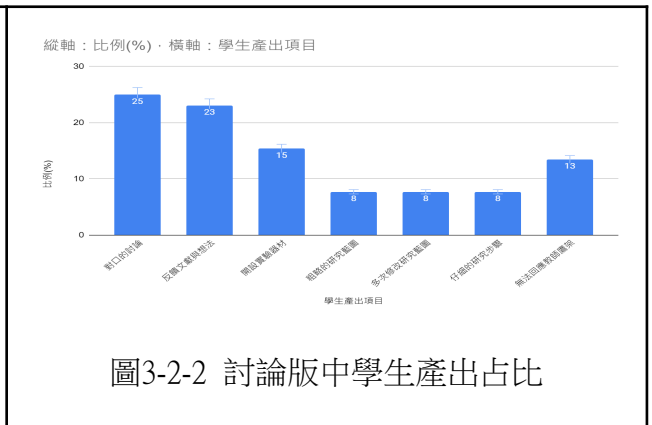
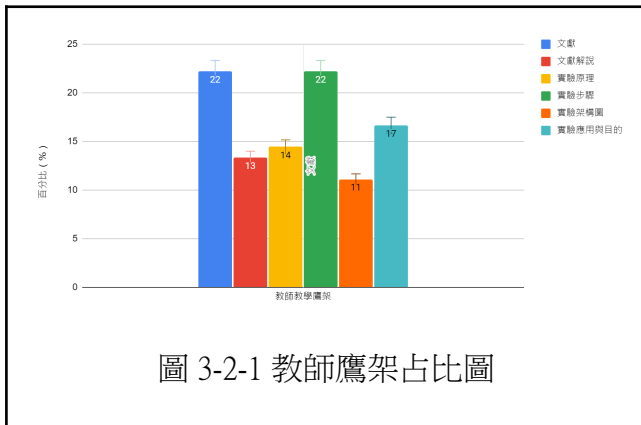
二、第二階段 研究生文獻探討階段(9-10月)

(一) 討論版中教師教學鷹架與學生學習產出

單一學生討論版中出現第一次個別種類鷹架記為一次，再次出現的重覆鷹架不再記入次數，所以單一學生討論版中「文獻解說」鷹架出現多次，也只記入一次，所以所有總類鷹架的總次數為90次，將教師鷹架分類為「單純提供文獻」，「對重點文獻作文字解說」，「實驗原理文字說明」，「實驗步驟提供」，「實驗架構圖提供」，「實驗應用與目的提供」，分別對鷹架內容解釋如下：

表3-2-1 討論版中教師教學鷹架說明：

編號	鷹架名稱	鷹架內容
1	文獻	提供相關的全國科展報告或碩博士論文報告。
2	文獻解說	教師本身有靈感感應的文獻內容摘錄出來，並考量學生知識程度，對學生做書面解說。
3	實驗原理	教師評估專題，分析其中存在的科學原理，查詢資料分享讓學生知道。
4	實驗步驟	1.找尋文獻，直接提供實驗步驟，讓學生仿作。 2.自行撰寫實驗步驟讓學生仿作。 3.提供測量方法。 4.提供軟體資源。 5.提供取量數值。 6.提供實驗器材。
5	實驗架構圖	教師協助學生拆解實驗變因後，直接將變因繪成大致實驗架構圖。
6	實驗應用與實驗目的	1.給予學生創新的應用方向。 2.給予學生一個待解決的問題情境。



整體而言，教師在討論版上提供的教學鷹架分布較學生產出學習成果均勻，學生產出偏向紙本討論(對口+反饋想法)，教師投入多的「實驗步驟」鷹架(22%)，學生卻產出「實驗步驟」成果只有8%，教師鷹架「實驗架構圖」與學生產出實驗藍圖的投入與產出大致相同，分別為11%與8%，如圖:3-2-3師投入鷹架與生產出回饋對應 所式:

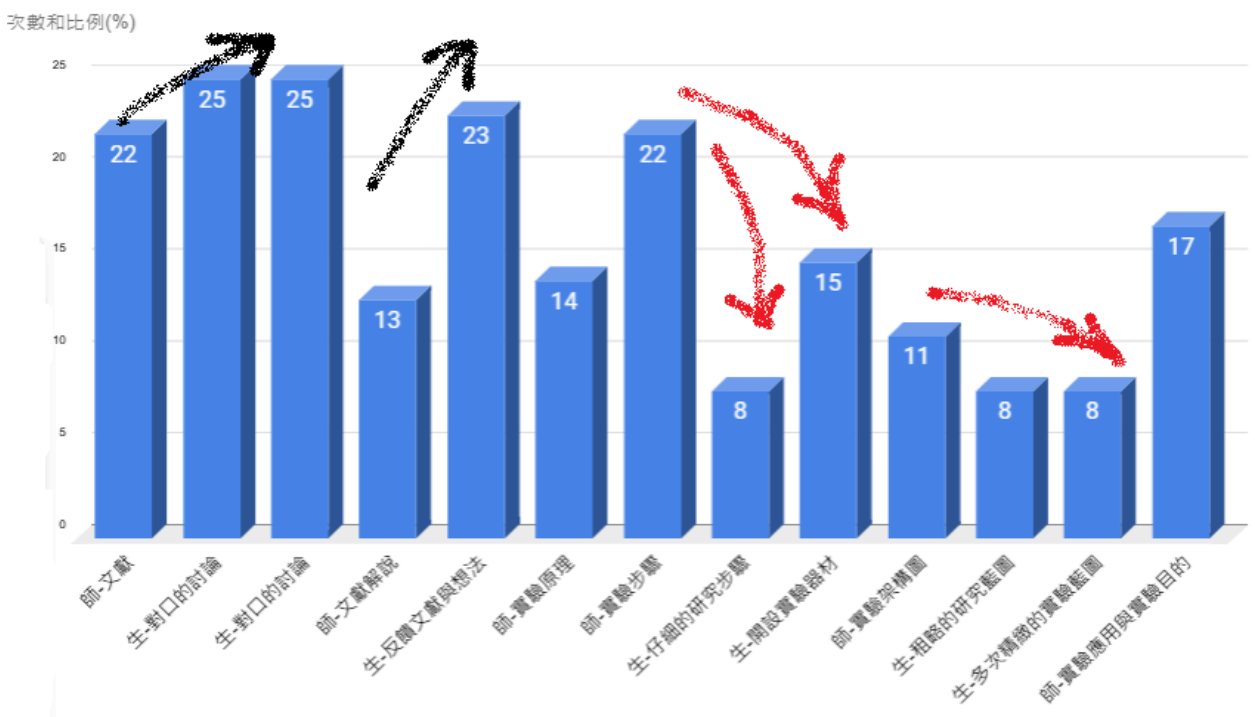


圖 3-2-3 師投入鷹架與生產出回饋對應

統計結果分別以下討論:

一文獻鷹架是否應該加上解說鷹架?

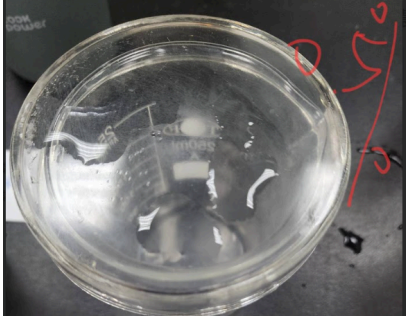

由表 3-2-3與表3-2-4比較可以知道，教師帶領科展活動仍是起於文獻探討，同時，比重也最為重，但「文獻解說」鷹架只提供13%，比例偏低，學生中，23%的「反饋文獻想法」次數最為多。也有13%的學生無法進行任何回應。

分析文獻探討在科展指導的角色(傅秀蘭, 2013)分析指出學生不易獨立研讀理解文獻而需指導教師介入協助, 學生對於前人研究的理解, 極端仰賴指導老師先行理解, 並發揮學科專業所扮演的居中引介能力。許多資深科展指導教師認為指導教師應該具備了解「歷屆科展作品」的基本能力, 但在實際進入科展工作後, 可以視學生能力引導。

二 教師實驗步驟鷹架與學生實驗步驟產出落差的原因?

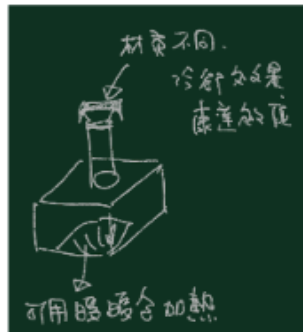

(一) 教師與學生的知識背景落差

教師乃學士或碩士學歷, 知識量遠遠大於學生, 許多教師以為的基本知識, 只憑提供原理鷹架(14%), 對學生仍然是難以消化吸收應用。譬如說:教師可以知道不同液滴在玻璃面上在液-固交介面會有不同的圓形弧度出現(稱為「接觸角」), 實驗步驟就寫要學生「量接觸角」, 學生還是不知道要量哪一個部分, 也不知道照片要怎麼拍, 舉例圖3-2-3與圖3-2-4 接觸角拍攝照片。

	
<p>學生拍攝的錯誤接觸角照片</p>	<p>教師示範後-正確接觸角照片</p>

(二) 教師與學生對實驗裝置的熟悉性

學生做過的實驗多半是廠商提供的規格裝置, 而科展中許多實驗裝置都要自行組裝, 教師在步驟中描述的組裝設備, 就算提供簡易模擬裝置圖, 學生還是無法理解教師所言, 所以無法進行實驗或進行回應。學生對於實驗器材應用的經驗也很匱乏, 所以學生難已透過文字進行實際操作, 舉例:圖3-2-5與圖3-2-6 手繪圖與實際組裝的差異。

	
<p>圖3-2-5 教師在討論版提供的實驗步驟鷹架</p>	<p>圖3-2-6 教師在實驗室實際提供的鷹架</p>

通過示範可以將文字步驟具體化，示範是指科學教師將研究內在的過程具體化給學生看到，使學生可以明確了解所要學習的實際內容，教師在實驗室親身示範，可以調展現「師徒制」精神，傳統師徒制擁有三個步驟：「示範」、「訓練」及「鷹架」(吳武雄，蔡哲銘，邱美虹，常月如，葉昭松，2009)，科學教師在實驗室提供示範的例子可以是:親自操作...(示範分光光度計並基礎解說原理)；改裝與改造...(示範改裝寶特瓶剪成一半變成軌道)，思維方式...(示範解決找材料或中途查文獻的搜尋關鍵詞)，圖表草繪(示範如何思考測量)...，數據判斷...(示範判斷數據表現合於假設嗎?)。多加示範，直到去除鷹架為止。

(二) 整體課程鷹架對學生研究能力的影響

在2025年11月中對於社團學生施測「學生實驗設計能力學習單(物理)」與「學生實驗設計能力學習單(化學)」兩份問卷做為後測對照，題目內容為測試學生在整體社團課程鷹架後能力的改變，設計內容為給學生已知的研究主題，要學生規劃此题目的「A研究裝置圖」、「B研究流程圖」、「C研究變因架構圖」、「D研究步驟」、「E研究藥品與器材規劃」、「F研究假設」等六項(可參考本年度計劃書附錄1與附錄2附錄2)，對照整體學生在暑期(7-8月)未受實體探究課程所寫的研究計劃書為前測，作品中等品質以上為37%，如本報告書中表 3-1-1:實驗設計能力(研究動機作業)品質回覆所示。後測兩份問卷在此部分共回收30份，有效作答30份，以各大項正確率作圖如下圖 3-2-1。結果顯示，學生在各分項能力均先顯著上升，代表社團的課程鷹架有正面幫助。唯研究主題的變因關係助益程度最低，代表此為專題生的弱項，由於研究主題通常是一個複雜真實的「待解決問題」，教師應加多上情境式教學，實物教學，影片鷹架等加強學生了解事情的能力，進而可以反向寫出事件的自變項與因變項，並逐漸培養成內在的思維能力。

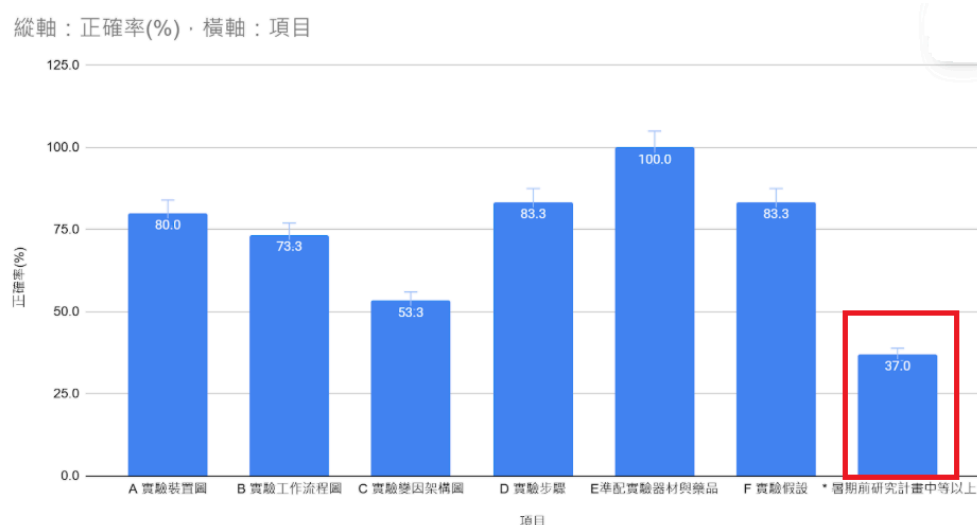
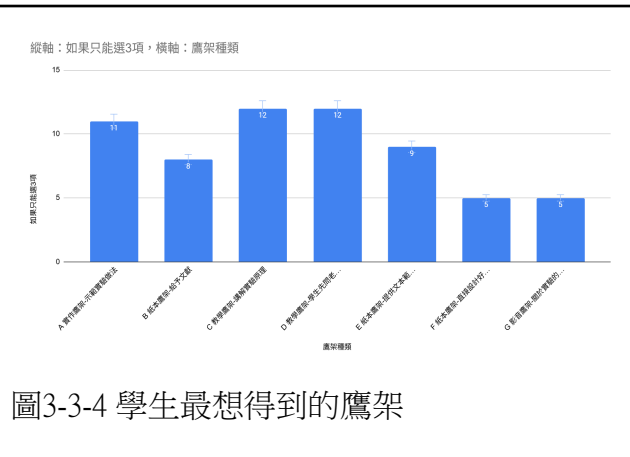
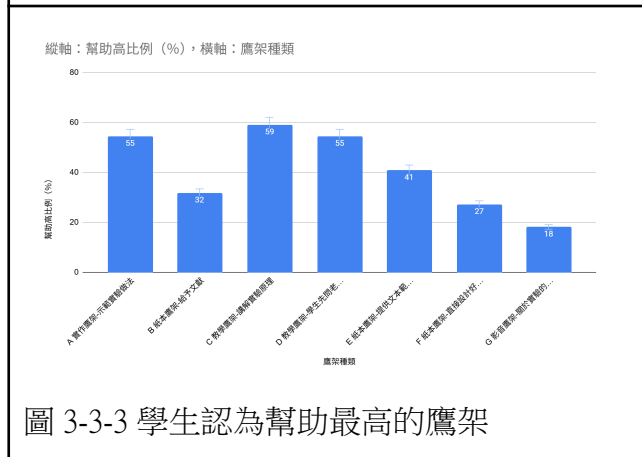
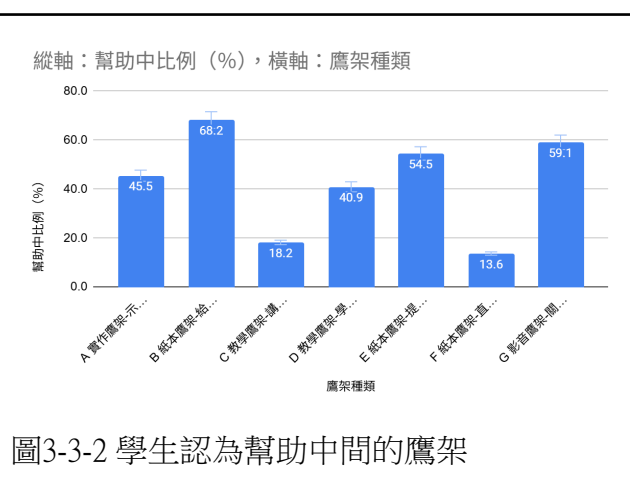
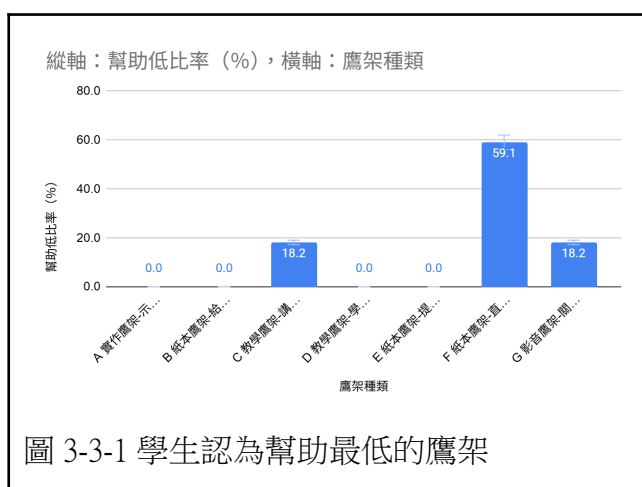


圖 3-2-1 學生研究能力細項的正確率與「*暑期前」對照

(三) 不同鷹架種類對學生研究的幫助程度-量化結果

在2025年11月中以社團常實施的鷹架種類

「A 實作鷹架-示範實驗做法」、「B 紙本鷹架-給予文獻」、「C 教學鷹架-講解實驗原理」、「D 教學鷹架-學生先問老師後答的溝通方法」、「E 紙本鷹架-提供文本範例-如社團提供的科研計畫範本」、「F 紙本鷹架-直接設計好實驗流程與你按部就班完成」、「G 影音鷹架-關於實驗的影片等」。請學生回饋各種鷹架對其研究的幫助程度，並收集學生的質性回饋，相關問題放在附錄一，以學生的回答進行分析，幫助最低為「F 紙本鷹架-直接設計好實驗流程與你按部就班完成」，幫助最高為「A 實作鷹架-示範實驗做法」、「C 教學鷹架-講解實驗原理」、「D 教學鷹架-學生先問老師後答的溝通方法」，最想得到的鷹架也是ACD，作答結果相當有一致性。**學生希望獲得原理教學支援，實作示範支援，問答教學法，專題研究老師可以切中要害，提高教學效率。**



(四) 不同鷹架種類對學生研究的幫助程度-質性分析

表 3-4-1 學生高度選擇ACD的理由

鷹架類別	理由
A 實作鷹架-示範實驗做法	1.可以加深印象(化學編號3-張生) 2.有效率解決問題(物理編號2-林生) 3.提供技術層面的參考,對實驗步驟和發想會比較清楚(物理編號12-張生)

	4.可以了解自己甚麼不會(物理編號8-張生)
C 教學鷹架-講解 實驗原理	1.能夠使我看到盲點(物理編號5-何生) 2.學生可以知道是因為甚麼才会有這樣的變化或影響(物理編號17-黃生)
D 教學鷹架-學 生先問老師後答 的溝通方法	1.能夠師生想法一致(化學編號8-黃生) 2.在師生一問一答間印象也變得深刻(化學編號9-賴生) 3.以透過問答師生交流找到一些學生看不到的盲點(物理編號4-吳生、物理編號5-何生) 4.有問題時問老師才有辦法真正解決我不會的問題， <u>節省</u> 不必要浪費的時間(化學編號1-張生)

由以上學生回答可以知道示範與問答可以**清楚**，**提高印象**，提供原理講解有助於了解實驗**現象與變化**，提供紙本鷹架可以節省搜尋文獻的問題，因為學生常常不知道要讀哪一篇文獻(物理變號10-張生)。

肆、目前實驗成果

一、線上教學階段，學生能**收集科學資料-發想科學問題-聚焦科學操作問題-鑽寫研究動機**的比例只有17%。可見在「**稍有動機進行初步探索**」的小六升國一生中能具備進入「**系統性研究狀態**」的學生極為少數。所以亟需教師發展科展教學鷹架。

二、**科展指導教師需要盡可能的提供「文獻解說鷹架」**，選題時，師生均能理解起來不費力的主題，會較艱深難懂的題目適宜，也能促進教師指導科展的意願。

三、**實驗步驟鷹架投入與學生產出實驗步驟結果最有落差**，所以實驗步驟鷹架應該多使用教師「**現場示範**」，可幫助學生迅速適應情境，進入研究思維，釐清探究中變因間關係，確保控制變因執行的準確性等等好處。

四、對學生進行專題研究幫助最高也最需要支援的鷹架為**原理教學支援**，**實作示範支援**，**問答教學法**，專題研究老師可以切中要害，提高教學效率。

伍、目前完成進度

一、教學研究成果

(一)、了解師生討論版鷹架建構情況，教師應該多提供文獻解說鷹架，積極優化科展課程。

(二)、了解學生在實作階段需要大量示範鷹架，以降低學生對教師文本鷹架的認知落差。

(三)、了解專題研究生最需要的鷹架為**原理教學支援**，**實作示範支援**，**問答教學法**，專題研究老師可以切中要害，提高教學效率。

二、學術網絡與校際關係的建立



結合校內資優教育的教師資源一同研究(科展營隊結合資優獨立研究發表)



興大附中資優班陸老師來校擔任外聘老師



台北市永春高中數理資優班成果發表會參訪

老師好
上次集訓，約7月11日早上學生到您研究室報告，我們需要改為下午，

請問老師當日下午您幾時方便？

老師。

中興大學環工系 洪俊雄教授指導全國科展生
(連絡過程)

陸、 預定完成進度

- 一、2026科展社新生營隊活動。
- 二、完成2025年國教屬科教專案計畫期末報告

柒、 討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)

- 一、教學實驗不夠

利用假日課程排定組別方式，進行示範，問答，原理教學等鷹架，協助學生進行專題研究。

捌、 參考資料

王俊明(2015)，論文的研究、統計與測驗方法，台北:：師大書苑出版社。

王美芬，熊召弟(1995)。國民小學自然科教材教法。台北:心理。

傅秀蘭(2013)，析論文獻探討在科展指導的角色，中華資優教育學會-資優教育論壇，11卷，16-41頁。

吳武雄，蔡哲銘，邱美虹，常月如，葉昭松(2009)，以建模與認知師徒制開發新興科技融入高中課程之教學研究~ 台北市建國高級中學高瞻計畫之總計畫，科學月刊，第319期，頁2-頁7。

附錄一 各種鷹架對於學生研究的幫助問卷(自評)

A 實作鷹架-示範實驗做法

B 紙本鷹架-給予文獻

C 教學鷹架-講解實驗原理

D 教學鷹架-學生先問老師後答的溝通方法

E 紙本鷹架-提供文本範例-如社團提供的科研計畫範本

F 紙本鷹架-直接設計好實驗流程叫你完成

G 影音鷹架-關於實驗的影片

八-1	<p>鷹架協助-1</p> <p>以下有A-G 7種鷹架物, 面對研究歷程, 如果只能挑三種鷹架物, 你希望老師提供哪三種? (註:鷹架物是指師生互動的方式與策略, 目的在引發學生發展或建造新的能力)</p>
八-2	<p>鷹架協助-2</p> <p>以下有A-G 7種鷹架物, 你覺得這七種鷹架物, 對你進行研究幫助程度最低的一項是? (填代號): (註:鷹架物是指師生互動的方式與策略, 目的在引發學生發展或建造新的能力)</p>
八-3	<p>鷹架協助-3</p> <p>請問選擇此項幫助最低的理由是什麼?</p>
九-1	<p>鷹架協助-1</p> <p>以下有A-G 7種鷹架物, 你覺得這七種鷹架物, 對你進行研究幫助程度中等的是哪三項? (填代號): (註:鷹架物是指師生互動的方式與策略, 目的在引發學生發展或建造新的能力)</p>
十-1	<p>鷹架協助-1</p> <p>以下有A-G 7種鷹架物, 你覺得這七種鷹架物, 對你進行研究幫助程度最高的哪三項? (填代號): (註:鷹架物是指師生互動的方式與策略, 目的在引發學生發展或建造新的能力)</p>
十-2	<p>鷹架協助-2</p> <p>請問選擇這幾項幫助最高的理由是什麼?</p>