

教育部 108 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：科學探究的「大手攜小手」鷹架課程研發（第一年）

主持人：呂廷鈺 電子信箱：cdjht298@ms2.cdjh.hc.edu.tw

共同主持人：潘麗雪

執行單位：新竹市立成德高級中學（國中部）

一、計畫執行摘要

二、計畫目的

（一）研究目的

（二）研究問題

三、研究方法

（一）研究對象與情境

（二）研究工具

（三）課程安排與教學說明

（四）研究流程與資料收集

（五）資料分析

四、研究成果

（一）國中生尋找變因的前、後測結果

（二）國中生學習態度的前、後測結果

（三）高中生簡報中科學探究能力的變化

五、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

（一）漸褪鷹架對國中生尋找變因的學習成效

（二）科學探究課程與國中生的學習態度

（三）高中生科學探究能力的變化

（四）未來展望

六、參考資料

七、附錄

（一）試題

（二）泡菜模組

（三）晶球模組

（四）地瓜球模組

（五）晤談紀錄單

（六）剪影紀錄

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？ 是 否
2. 執行重點項目：
 - 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：①高國中破冰餐會、
②高國中反思餐會、
③教師增能研習－泡菜的科學。
4. 辦理活動或研習會對象：高二多元選修學生、國二計畫執行班級學生。
5. 參加活動或研習會人數：高二 13 位、國二 21 位、教師 2 位，共 34 人。
6. 參加執行計畫人數：

執行面向	參與人員	參與內容
(1) 行政支援	①教務處 實驗研究組	收據的核銷
	②總務處 事務組	實作桌子的提供
(2) 材料採購	①主持人 1 位	泡菜模組、晶球模組
	②協同主持人 1 位	地瓜模組
(3) 課程教學	①主持人 1 位	預報、結報部分
	②協同主持人 1 位	實作部分
(4) 學生參與	①高二 13 位	多元選修課(協同開設)
	②國二 21 位	自然與生活科技課
(5) 教師研習	①泡菜的科學 9 位	泡菜模組的分享與實作

7. 辦理/執行成效：

基於研究者工作環境的教學需求，以及科學探究能力的學習鷹架設計需要更多教育實徵研究的著墨。因此運用完全中學的環境，探討漸褪鷹架的科學探究課程是否能提升國中生尋找變因的能力。然後，本研究採用準實驗研究法，參與對象為 108 學年度下學期 21 位國二學生，正式介入時間共 9 節課；與此同時，也剖析 13 位高二學生從事不同科學探究實作預報簡報的表現，高中生當大手的介入培訓時間，為當學期每週 2 節的多元選修課程。結果顯示，根據國中生在科學研究方法試題前、後的表現，可見尋找變因成長情況；在學習態度方面，也有正向的變化。另外，高中生在泡菜、晶球、地瓜球的預報簡報內容中，定義問題、尋找變因、形成結論向度，也有成績提升現象。根據本期計畫的資料分析結果，期望下一期計畫執行能更加具體了解：教師如何運用設計鷹架協助學生發展科學探究能力。

二、計畫目的

(一) 研究目的

希望漸褪鷹架的科學探究課程能提升學生的科學探究能力（探究向度：1.定義問題、2.尋找變因、3.形成結論、4.表達結論，這期計畫先著重培育國中生「尋找變因」向度。）；並期待高中生（大手）作為鷹架提攜國中生（小手）的科學探究課程設計，能提升國中生的學習態度。

本期計畫的目標在於 1.設計鷹架漸褪的策略，並 2.提升學生的部分科學探究能力，以及 3.試行不同主題的科學探究模組。

(二) 研究問題

- 1.國中生在「漸褪鷹架協助」前、後，其「尋找變因」的表現為何？
- 2.國中生在「科學探究課程」前、後，其「學習態度」為何？
- 3.高中生在「大手培訓課程」中，其「科學探究能力」的表現為何？

三、研究方法

本計畫採用「準實驗研究法」，剖析漸褪鷹架對國中生從事科學探究中「尋找變因」向度的學習成效。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課程前、後的學習成效與學習態度；並在學生進行科學探究的過程中，透過小組互動的錄音檔，以及晤談資料輔助研究結果的討論。整個計畫的研究方法可參見後續內容。

(一) 研究對象與情境

1. 參與的對象：

①家境說明：本校高中生的家長多為藍領階級，家境為普通或小康；國中生有三分之一來自於低收入或中低收入的單親家庭，家境普遍辛苦。②研究對象：本計畫的對象為 108 學年度下學期高二 13 位多元選修課學生、國二某班 21 位自然與生活科技課的學生，參與學生總數共 34 人。③參與教師：負責授課的 2 位自然科教師，即為執行計畫的主持人與協同主持人。高中多元選修課為該 2 位教師協同合開的科學料理專題課程。

2. 研究的情境：

計畫執行的 2 位教師，身分為完全的參與者 (Creswell, 2015)。學生分組依據為前測試題，以得分的高低順序作 S 型編組。高中、國中各分 4 組，高中生為 3~4 人一組、國中生為 5~6 人一組。參與學生分組方式如下方表 3-1-1。

表 3-1-1 參與學生分組

組別	學生分組 (單位：人)	
	高二選修	國二某班
1	3	6
2	3	5
3	4	5
4	3	5
總和	13	21

(二) 研究工具

本計畫的研究工具有 1. 科學研究方法試題、2. 高中簡報 (預報、結報)、3. 國中學習單、4. 晤談錄音檔，試題和學習單以紙本方式呈現，簡報和錄音檔為電子檔。後續將分別陳述工具發展的操作依據、研究工具的簡介與說明，以及信、效度檢測情況。

一般來說，因為學習的差異性，普遍地存在每間教室。例如，有些學生可能比較快上手，但是有些學生卻不斷需要老師協助釐清事項。學生學習步調是否一致、教師教學節奏如何調整，都是師生從事探究的挑戰。換句話說，使用探究的教室，是混亂的。所以，不同探究層次的設計，就可以作為教師設計探究活動的參考依據；下表 3-2-1 內容為教師和學生，不同自主程度的探究層次 (McComas, & Wood, 2014)，而本計畫參考學生不熟悉科學探究的流程，設計科學探究課程與研究工具的架構，採用適合初學者的「結構式」探究。

表 3-2-1 不同探究層次與內容 (McComas, & Wood, 2014)

	探究的層次		
	結構式	引導式	開放式
選擇、提出問題者	教師提供	教師提供	學生提供
提供問題解決方法、過程者	教師選擇	學生選擇	學生選擇
形成答案者	學生形成	學生形成	學生形成

本計畫參考十二年國民基本教育課程自然科學領域綱要，調整教育部的探究學習內容，教育部 (2018) 對探究學習內容的要求包含：1. 發現問題、2. 規劃與研究、3. 論證與建模、4. 表達與分享，再搭配前面文獻資料內容，整理為本計畫擬定的探究向度：1. 定義問題、2. 尋找變因、3. 形成結論、4. 表達結論；高中生課程方面會學習 3 個探究向度一定義問題、尋找變因、形成結論，國中生課程則聚焦在尋找變因。本計畫跟教育部對照的探究向度內容，如表 3-2-2 所示。

表 3-2-2 科學探究架構向度的對照

科學探究			向度內容
向度	教育部 (2018)	本計畫	
1	發現問題	定義問題	當有多個問題同時存在者，能定義不同問題並且選擇優先重要的問題。
2	規劃與研究	尋找變因	判別問題相關的影響因素，並能分析因素之間的關係。
3	論證與建模	形成結論	經由探究所得的變因分析與結果解釋，形成合理的結論。
4	表達與分享	表達結論	運用口語、文字、圖表等表達方式，呈現自己的探究過程與成果。

接著，本計畫科學探究課程的進行，會讓高中生先學習，再換國中生學習。再來，參考「近側發展區 (zone of proximal development, 簡稱 ZPD)」以及「鷹架 (Scaffolding)」的想法，希望學生實際發展水平能夠經由有經驗的人和教學策略協助後，達到自身潛在發展水平。本計畫引導學生學習科學探究的教學鷹架，包含下列：1. 掌控沮喪感 (Frustration control) — 運用陪伴程度的多寡，控制孩童面臨的挫折感；高中生課程部分並無鷹架漸褪的規劃，而國中生學習單使用上則有鷹架漸褪的安排。2. 降低自由程度 (Reduction in degrees of freedom) — 將任務拆解，或縮減任務尺度以便學習者能夠進行管控；所以高中生簡報製作方面，會先由教師提供簡報樣板以及待答問題；國中生上課使用的學習單則是書寫待答問題。3. 維持方向 (Direction maintenance) — 確保學習者走在邁向目標的路途上，並維持學習動機；高中簡報製作結束後安排口頭報告，確保學生理解研究問題，然後採加分方式維持動機；國中實作則安排高中生入組引導，讓國中生能較快掌握學習流程。4. 示範 (Demonstration) — 藉由示範讓學生透過模仿進行學習；在高中簡報每一次結束後，透過檢討讓同儕賞析簡報好壞的範例；在國中實作部分需要支援時，可找老師或高中學長生示範 (Martin, Tissenbaum, Gnesdilow, & Puntambekar, 2019; Vygotsky, 1978; Bruner, & Ross, 1976)。

根據上面內容，本計畫研究工具：1. 科學研究方法試題的內容，聚焦在尋找變因向度之上；2. 高中簡報、3. 國中學習單，皆以結構式探究為主，並規劃鷹架與其漸褪的機制（僅國中課程有鷹架漸褪），可以參見表 3-2-3；4. 晤談錄音檔，則輔助說明上述資料結果。下方接續說明工具的內容和品質。

表 3-2-3 國中學習單使用的鷹架搭建與漸褪

科學探究 向度	鷹架的規劃		
	1 泡菜	2 晶球	地瓜球
尋找變因	鷹架 (1) 老師提供並說明 研究變因的定義	鷹架 (1) 老師複習 研究變因的定義	鷹架 (1) 老師複習 研究變因的定義
	鷹架 (2) 實作時 老師引導釐清 該主題的研究變因	鷹架 (2) 實作時 老師引導釐清 該主題的研究變因	鷹架 (2) 實作時 老師引導釐清 該主題的研究變因
	鷹架 (3) 由高中生引導 填完變因分類表	鷹架 (3) 僅提供變因分類表	

1. 工具的內容：

研究工具的彙整、材料清單，如表 3-2-4、3-2-5。

(1) 科學研究方法試題：

以個人作答為單位，第 1~10 題為學習態度問題，由李克特 3 點尺度量表構成，不計分；第 11~40 題為研究變因與研究設計的單選題組，每題 1 分，多數參考 2015 年的 PISA 科學樣本試題。該份試題共 40 題，作答時間有 50 分鐘，施測對象為國中生，目的即用來收集國中生的前、後測資料，如附錄（一）。

(2) 高中簡報、國中學習單一泡菜：

讓學生量秤鹽的多寡、蔬菜的種類、蔬菜的粗細，觀察蔬菜出水量的差異，藉此讓學生探究料理中的變因。

(3) 高中簡報、國中學習單一晶球：

讓學生實際體驗晶球化的科學過程，學習不同的溶液濃度、使用器具、材質酸鹼，會影響晶球化的結果。

(4) 高中簡報、國中學習單一地瓜球：

讓學生學習不同的食用粉和擠壓頻率，會影響地瓜球炸出來的外型和口感。

(5) 晤談錄音檔：

收集國中生的學習心得與確認學習態度，如附錄（五）。

同一個科學探究主題中，高中簡報共分 2 階段製作，第 1 階段為個人預報、第 2 階段小組結報；高中簡報的簡介可參考表 3-2-7，國中學習單可參考表 3-2-8；或是查閱附錄（二）到附錄（四），有完整的簡報與學習單樣貌。

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：所有研究工具的信度預，有校內另外 2 位自然科教師進行專家審查，以完成內容效度。

(2) 信度：高中簡報由 2 位授課教師與第 3 方自然科教師共同批改，針對同一份簡報進行統一評分，評分者的內部一致性為 81.71%。

表 3-2-4 研究工具的彙整 (錄音除外)

高中		(1) 簡報	(2) 簡報	(3) 簡報
國中	(1) 試題	(2) 學習單	(3) 學習單	(4) 學習單
使用目的	前、後測	課程內容	課程內容	課程內容
探究主題	單選題組	泡菜	晶球	地瓜球
探究層次	結構式	結構式	結構式	結構式
探究 向 度	定義問題	教師提供	教師提供	教師提供
	尋找變因	學生作答	教師提供	教師提供
	形成結論	學生形成	學生形成	學生形成
	表達結論	學生形成	學生形成	學生形成

表 3-2-5 研究工具的材料清單

課程	主題	科學原理	材料
(1)	泡菜	滲透壓	高麗菜、紅蘿蔔、白醋、砂糖、鹽、塑膠密封袋(6 號)、量匙、免洗杯、電子秤
(2)	晶球	晶球化反應	海草酸鈉、碳酸鈣、果汁飲料、碳酸飲料、迷你電動攪拌器、量匙、量杯、吸管、免洗盤、免洗碗、免洗杯
(3)	地瓜球	食用粉的筋性	地瓜、太白粉、木薯粉、糯米粉、砂糖、低筋麵粉、中筋麵粉、高筋麵粉、大豆油、平底鍋、不鏽鋼湯勺、料理溫度計、電鍋、量匙、量杯、免洗盤

表 3-2-7 高中簡報的簡介

向度		科學探究向度內容																					
		1 泡菜	2 晶球																				
1	定義問題	<p>原理說明</p> <p>善用表格說明</p> <ol style="list-style-type: none"> 鹽的多寡，如何影響泡菜的出水量？ 糖的多寡，如何影響泡菜的出水量？ 醋的多寡，如何影響泡菜的出水量？ 時間的多寡，如何影響泡菜的出水量？ 其它：其它合理因素，加分關鍵。 	<p>影響晶球定形的原因</p> <p>(1) 影響晶球定形的原因有：放多少鈣離子（鈣離子濃度）、放在乳酸鈣中多久時間、酸鹼性質、使用器具。 (2) 這些原因怎麼影響晶球形成？總共4個原因！依照完成情況給分！</p> <p>(2-1) 鈣離子濃度： (2-2) 等待時間： (2-3) 酸鹼性質： (2-4) 使用器具：</p>																				
2	尋找變因	<p>高麗菜泡菜 材料清單</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>變因屬性</th> <th>材料名稱</th> <th>數量(單位)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>高麗菜</td> <td>200(公克)</td> </tr> </tbody> </table> <p>完成 1.材料清單 2.圖文說明 3.台式廣東泡菜！</p> <p>製作原理</p> <p>示意圖 (搭配適當的說明圖片)</p> <p>1-2句話 進行原理的圖文說明</p>	項目	變因屬性	材料名稱	數量(單位)	1		高麗菜	200(公克)	<p>研究問題1：什麼情況會影響晶球長度，使用器具？</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>變因屬性</th> <th>材料名稱</th> <th>數量(單位)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.應變變因</td> <td>自己填</td> <td>自己填</td> </tr> <tr> <td>2.操縱變因</td> <td>自己填</td> <td>自己填</td> </tr> <tr> <td>3.控制變因</td> <td>海草酸鈉 2 公克 1 最大匙蜜 乳酸鈣濃度 1 %</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	變因屬性	材料名稱	數量(單位)	1.應變變因	自己填	自己填	2.操縱變因	自己填	自己填	3.控制變因	海草酸鈉 2 公克 1 最大匙蜜 乳酸鈣濃度 1 %	X
項目	變因屬性	材料名稱	數量(單位)																				
1		高麗菜	200(公克)																				
變因屬性	材料名稱	數量(單位)																					
1.應變變因	自己填	自己填																					
2.操縱變因	自己填	自己填																					
3.控制變因	海草酸鈉 2 公克 1 最大匙蜜 乳酸鈣濃度 1 %	X																					
3	形成結論	<p>實驗結論1-時間</p> <ol style="list-style-type: none"> 操縱變因: 應變變因: 控制變因: 結論(右圖自行修改): (1)例如：細絲的出水量較粗絲多 (2) <p>圖表標題</p> <p>Y軸: 出水量(ml) X軸: 選擇絲粗細 Legend: 紅絲1, 紅絲2</p>	<p>晶球結報</p> <p>1.影片分享與賞析 2.實作的科學結果 3.實作的注意事項 4.小組分工帶回</p> <p>該頁呈現(首重結論的科學性，並考量圖文搭配。注意字體不要小於28。) (本頁最高20分、最低0分)</p> <ol style="list-style-type: none"> 善用自己紀錄的照片 善用EXCEL整理並呈現有意義的圖表 務必使用文句說明 																				
向度		科學探究向度內容																					
		3 地瓜球																					
1	定義問題	<p>影響地瓜球成形的原因</p> <p>(1) 影響地瓜球成形的的主要原因：麵粉種類、壓的次數。 (2) 這些原因怎麼影響地瓜球形成？主要針對2個原因！依照完成情況給分！</p> <p>(2-1) 麵粉種類： (2-2) 壓的次數：</p>																					
2	尋找變因	<p>研究問題2：壓的次數如何影響地瓜球形成？</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>變因屬性</th> <th>材料名稱</th> <th>數量(單位)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.應變變因</td> <td>地瓜球的形狀</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>2.操縱變因</td> <td>自己填</td> <td>自己填</td> </tr> <tr> <td>3.控制變因</td> <td>地瓜 細砂糖 飲用水</td> <td>(公克)</td> </tr> </tbody> </table>		變因屬性	材料名稱	數量(單位)	1.應變變因	地瓜球的形狀	X	2.操縱變因	自己填	自己填	3.控制變因	地瓜 細砂糖 飲用水	(公克)								
變因屬性	材料名稱	數量(單位)																					
1.應變變因	地瓜球的形狀	X																					
2.操縱變因	自己填	自己填																					
3.控制變因	地瓜 細砂糖 飲用水	(公克)																					
3	形成結論	<p>地瓜球結報</p> <p>1.影片分享與賞析 2.實作的科學結果 3.實作的注意事項 4.小組分工帶回</p> <p>該頁呈現(首重結論的科學性，並考量圖文搭配。注意字體不要小於28。) (本頁最高20分、最低0分)</p> <ol style="list-style-type: none"> 善用自己紀錄的照片 善用EXCEL整理並呈現有意義的圖表 務必使用文句說明 																					

表 3-2-8 國中學習單的簡介

實作階段的尋找變因向度

主題	實作階段的尋找變因向度																																																																															
1 泡菜	<p style="text-align: center;">科學研究訓練</p> <p>一)研究題目</p> <ol style="list-style-type: none"> 本研究想要探討的問題；也就是，做這個研究想要知道什麼？ 題目中包含了「變因」！(辨識變因與應變變因) <p>二)研究設計</p> <ol style="list-style-type: none"> 以研究組和對照組來做比較。(有對照組較有說服力！) 研究材料與設備至少準備兩組。 <p>三)研究變因</p> <ol style="list-style-type: none"> 變因： <ol style="list-style-type: none"> 別起研究名稱的因素！(一樣好吃的菜，刀工、調味、火候...) 也就是會改變這個研究結果的因素！ 別發一個無關的因素(變因)通常很多種！ 操縱變因： <ol style="list-style-type: none"> 一個研究只有一個操縱變因(國小階段)； 又稱為「要改變的變因」； 也就是研究組和對照組處理方式不同的地方； 在這個研究想要探討的變因。 控制變因： <ol style="list-style-type: none"> 除操縱變因之外的其它變因。 因為這些變因會影響到這個研究，所以要把它們控制住！ 也就是研究組和對照組處理方式要相同，又稱「不變的變因」！ <p>四)研究結果</p> <ol style="list-style-type: none"> 又稱為「應變變因」。 這個結果可以解答研究目的問題！ <p>練習(一)：</p> <ol style="list-style-type: none"> 高中生實作影片賞析 練習使用電子秤；秤重、讀取數據、扣重…… 練習紀錄實作數據 	<p>分工：</p> <ol style="list-style-type: none"> 秤重(看數據) 夾子(夾材料) 攪拌/攪水 計時/紀錄(數據先統一記在這人的學習單) 監理(機動人員要清楚大家正在幹嘛) <p>練習(二)：什麼情況會讓泡菜的出水量變多，放多少鹽？</p> <table border="1" data-bbox="742 398 1125 645"> <thead> <tr> <th>今天</th> <th>✓</th> <th>X</th> <th>✓</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>組別</td> <td>對照組</td> <td>研究組1</td> <td>研究組2</td> <td>研究組3</td> </tr> <tr> <td>操縱變因</td> <td>鹽 0 公克</td> <td>鹽 5 公克</td> <td>鹽 1 0 公克</td> <td>鹽 1 5 公克</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">控制變因</td> <td>蔬菜 3 0 公克</td> <td>蔬菜 3 0 公克</td> <td>蔬菜 3 0 公克</td> <td>蔬菜 3 0 公克</td> </tr> <tr> <td>蔬菜狀態相同</td> <td>蔬菜狀態相同</td> <td>蔬菜狀態相同</td> <td>蔬菜狀態相同</td> </tr> <tr> <td>菜本身水份</td> <td>菜本身水份</td> <td>菜本身水份</td> <td>菜本身水份</td> </tr> <tr> <td>容器相同</td> <td>容器相同</td> <td>容器相同</td> <td>容器相同</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">應變變因 (紀錄出水情形)</td> <td>觀察 5 分鐘</td> <td>觀察 5 分鐘</td> <td>觀察 5 分鐘</td> <td>觀察 5 分鐘</td> </tr> <tr> <td>(每日測)</td> <td>(每日測)</td> <td>(每日測)</td> <td>(每日測)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>原本量 公克</td> <td>原本量 公克</td> <td>原本量 公克</td> <td>原本量 公克</td> </tr> <tr> <td></td> <td>剩水量 公克</td> <td>剩水量 公克</td> <td>剩水量 公克</td> <td>剩水量 公克</td> </tr> </tbody> </table> <p>練習(三)：參考上表，那麼……</p> <ol style="list-style-type: none"> 泡菜靜置的時間 屬於：□控制變因、□操縱變因、□應變變因 紅蘿蔔絲的粗細 屬於：□控制變因、□操縱變因、□應變變因 鹽的份量 屬於：□控制變因、□操縱變因、□應變變因 泡菜的出水量 屬於：□控制變因、□操縱變因、□應變變因 	今天	✓	X	✓	X	組別	對照組	研究組1	研究組2	研究組3	操縱變因	鹽 0 公克	鹽 5 公克	鹽 1 0 公克	鹽 1 5 公克	控制變因	蔬菜 3 0 公克	蔬菜狀態相同	蔬菜狀態相同	蔬菜狀態相同	蔬菜狀態相同	菜本身水份	菜本身水份	菜本身水份	菜本身水份	容器相同	容器相同	容器相同	容器相同	應變變因 (紀錄出水情形)	觀察 5 分鐘	觀察 5 分鐘	觀察 5 分鐘	觀察 5 分鐘	(每日測)	(每日測)	(每日測)	(每日測)		原本量 公克	原本量 公克	原本量 公克	原本量 公克		剩水量 公克	剩水量 公克	剩水量 公克	剩水量 公克																														
今天	✓	X	✓	X																																																																												
組別	對照組	研究組1	研究組2	研究組3																																																																												
操縱變因	鹽 0 公克	鹽 5 公克	鹽 1 0 公克	鹽 1 5 公克																																																																												
控制變因	蔬菜 3 0 公克	蔬菜 3 0 公克	蔬菜 3 0 公克	蔬菜 3 0 公克																																																																												
	蔬菜狀態相同	蔬菜狀態相同	蔬菜狀態相同	蔬菜狀態相同																																																																												
	菜本身水份	菜本身水份	菜本身水份	菜本身水份																																																																												
	容器相同	容器相同	容器相同	容器相同																																																																												
應變變因 (紀錄出水情形)	觀察 5 分鐘	觀察 5 分鐘	觀察 5 分鐘	觀察 5 分鐘																																																																												
	(每日測)	(每日測)	(每日測)	(每日測)																																																																												
	原本量 公克	原本量 公克	原本量 公克	原本量 公克																																																																												
	剩水量 公克	剩水量 公克	剩水量 公克	剩水量 公克																																																																												
2 晶球	<p style="text-align: center;">科學研究實作</p> <p style="text-align: center;">研究問題：什麼情況會影響晶球定形，酸鹼性質？</p> <table border="1" data-bbox="513 846 1018 1137"> <thead> <tr> <th>組別</th> <th>研究組 1</th> <th>研究組 2</th> <th>研究組 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>操縱變因</td> <td>白醋 pH 值=</td> <td>奶茶 pH 值=</td> <td>小蘇打 pH 值=</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">控制變因</td> <td>海藻酸鈉 1%</td> <td>海藻酸鈉 1%</td> <td>海藻酸鈉 1%</td> </tr> <tr> <td>滴管</td> <td>滴管</td> <td>滴管</td> </tr> <tr> <td></td> <td>等待 2 秒鐘</td> <td>等待 2 秒鐘</td> <td>等待 2 秒鐘</td> </tr> <tr> <td>應變變因</td> <td>是否順利定形 □是/□否</td> <td>是否順利定形 □是/□否</td> <td>是否順利定形 □是/□否</td> </tr> <tr> <td>結果</td> <td colspan="3">物質的酸鹼，晶球成形的效果……</td> </tr> </tbody> </table> <p>參考上表，那麼……</p> <ol style="list-style-type: none"> 晶球大小 屬於：□控制變因、□操縱變因、□應變變因 乳酸鈣濃度 屬於：□控制變因、□操縱變因、□應變變因 海藻酸鈉濃度 屬於：□控制變因、□操縱變因、□應變變因 添加飲料 屬於：□控制變因、□操縱變因、□應變變因 使用器具 屬於：□控制變因、□操縱變因、□應變變因 		組別	研究組 1	研究組 2	研究組 3	操縱變因	白醋 pH 值=	奶茶 pH 值=	小蘇打 pH 值=	控制變因	海藻酸鈉 1%	海藻酸鈉 1%	海藻酸鈉 1%	滴管	滴管	滴管		等待 2 秒鐘	等待 2 秒鐘	等待 2 秒鐘	應變變因	是否順利定形 □是/□否	是否順利定形 □是/□否	是否順利定形 □是/□否	結果	物質的酸鹼，晶球成形的效果……																																																					
組別	研究組 1	研究組 2	研究組 3																																																																													
操縱變因	白醋 pH 值=	奶茶 pH 值=	小蘇打 pH 值=																																																																													
控制變因	海藻酸鈉 1%	海藻酸鈉 1%	海藻酸鈉 1%																																																																													
	滴管	滴管	滴管																																																																													
	等待 2 秒鐘	等待 2 秒鐘	等待 2 秒鐘																																																																													
應變變因	是否順利定形 □是/□否	是否順利定形 □是/□否	是否順利定形 □是/□否																																																																													
結果	物質的酸鹼，晶球成形的效果……																																																																															
3 地瓜球	<p style="text-align: center;">科學研究</p> <p style="text-align: center;">1 訓練：蒸地瓜+揉麵團+送冷凍 2 實作：下油鍋</p> <table border="1" data-bbox="497 1444 1050 1825"> <thead> <tr> <th>組別</th> <th>研究組 1</th> <th>研究組 2</th> <th>研究組 3</th> <th>研究組 4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>操縱變因</td> <td>高筋麵粉 1 5 0 公克</td> <td>中筋麵粉 1 5 0 公克</td> <td>低筋麵粉 1 5 0 公克</td> <td>水磨粉 1 5 0 公克</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">控制變因</td> <td>黑芝麻 碎粒</td> <td>白芝麻 碎粒</td> <td>黑+白芝麻 碎粒</td> <td>燕麥 碎粒</td> </tr> <tr> <td>地瓜 3 0 0 公克</td> </tr> <tr> <td>細砂糖 1 5 0 公克</td> </tr> <tr> <td>把地瓜的含水量不同</td> <td>把地瓜的含水量不同</td> <td>把地瓜的含水量不同</td> <td>把地瓜的含水量不同</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">應變變因</td> <td>水盡量不要加</td> <td>水盡量不要加</td> <td>水盡量不要加</td> <td>水盡量不要加</td> </tr> <tr> <td>請從統一的時間全部取出</td> <td>請從統一的時間全部取出</td> <td>請從統一的時間全部取出</td> <td>請從統一的時間全部取出</td> </tr> <tr> <td>連續下鍋後 3 ~ 8 分鐘</td> </tr> <tr> <td>浮起來後不要大果壓</td> <td>浮起來後不要大果壓</td> <td>浮起來後不要大果壓</td> <td>浮起來後不要大果壓</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">應變變因</td> <td>煎起鍋前處理約 1 5 次</td> <td>煎起鍋前處理約 1 5 次</td> <td>煎起鍋前處理約 1 5 次</td> <td>煎起鍋前處理約 1 5 次</td> </tr> <tr> <td>地瓜球的立體直徑</td> <td>地瓜球的立體直徑</td> <td>地瓜球的立體直徑</td> <td>地瓜球的立體直徑</td> </tr> <tr> <td>(每日測) 長度 公分 寬度 公分</td> <td>(每日測) 長度 公分 寬度 公分</td> <td>(每日測) 長度 公分 寬度 公分</td> <td>(每日測) 長度 公分 寬度 公分</td> </tr> <tr> <td>Q 度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>Q 度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>Q 度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>Q 度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">應變變因</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> </tr> <tr> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> </tr> <tr> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> </tr> <tr> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> <td>硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)</td> </tr> </tbody> </table>		組別	研究組 1	研究組 2	研究組 3	研究組 4	操縱變因	高筋麵粉 1 5 0 公克	中筋麵粉 1 5 0 公克	低筋麵粉 1 5 0 公克	水磨粉 1 5 0 公克	控制變因	黑芝麻 碎粒	白芝麻 碎粒	黑+白芝麻 碎粒	燕麥 碎粒	地瓜 3 0 0 公克	細砂糖 1 5 0 公克	細砂糖 1 5 0 公克	細砂糖 1 5 0 公克	細砂糖 1 5 0 公克	把地瓜的含水量不同	把地瓜的含水量不同	把地瓜的含水量不同	把地瓜的含水量不同	應變變因	水盡量不要加	水盡量不要加	水盡量不要加	水盡量不要加	請從統一的時間全部取出	請從統一的時間全部取出	請從統一的時間全部取出	請從統一的時間全部取出	連續下鍋後 3 ~ 8 分鐘	浮起來後不要大果壓	浮起來後不要大果壓	浮起來後不要大果壓	浮起來後不要大果壓	應變變因	煎起鍋前處理約 1 5 次	地瓜球的立體直徑	地瓜球的立體直徑	地瓜球的立體直徑	地瓜球的立體直徑	(每日測) 長度 公分 寬度 公分	(每日測) 長度 公分 寬度 公分	(每日測) 長度 公分 寬度 公分	(每日測) 長度 公分 寬度 公分	Q 度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	應變變因	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)																											
組別	研究組 1	研究組 2	研究組 3	研究組 4																																																																												
操縱變因	高筋麵粉 1 5 0 公克	中筋麵粉 1 5 0 公克	低筋麵粉 1 5 0 公克	水磨粉 1 5 0 公克																																																																												
控制變因	黑芝麻 碎粒	白芝麻 碎粒	黑+白芝麻 碎粒	燕麥 碎粒																																																																												
	地瓜 3 0 0 公克	地瓜 3 0 0 公克	地瓜 3 0 0 公克	地瓜 3 0 0 公克																																																																												
	細砂糖 1 5 0 公克	細砂糖 1 5 0 公克	細砂糖 1 5 0 公克	細砂糖 1 5 0 公克																																																																												
	把地瓜的含水量不同	把地瓜的含水量不同	把地瓜的含水量不同	把地瓜的含水量不同																																																																												
應變變因	水盡量不要加	水盡量不要加	水盡量不要加	水盡量不要加																																																																												
	請從統一的時間全部取出	請從統一的時間全部取出	請從統一的時間全部取出	請從統一的時間全部取出																																																																												
	連續下鍋後 3 ~ 8 分鐘	連續下鍋後 3 ~ 8 分鐘	連續下鍋後 3 ~ 8 分鐘	連續下鍋後 3 ~ 8 分鐘																																																																												
	浮起來後不要大果壓	浮起來後不要大果壓	浮起來後不要大果壓	浮起來後不要大果壓																																																																												
應變變因	煎起鍋前處理約 1 5 次	煎起鍋前處理約 1 5 次	煎起鍋前處理約 1 5 次	煎起鍋前處理約 1 5 次																																																																												
	地瓜球的立體直徑	地瓜球的立體直徑	地瓜球的立體直徑	地瓜球的立體直徑																																																																												
	(每日測) 長度 公分 寬度 公分	(每日測) 長度 公分 寬度 公分	(每日測) 長度 公分 寬度 公分	(每日測) 長度 公分 寬度 公分																																																																												
	Q 度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	Q 度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	Q 度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	Q 度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)																																																																												
應變變因	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)																																																																												
	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)																																																																												
	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)																																																																												
	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)	硬度的排序 (0:絕對軟弱, 1:最軟, 4:最硬)																																																																												

如附錄(二)之 2

如附錄(三)之 2

如附錄(四)之 2

(三) 課程安排與教學說明

1. 課程安排：針對泡菜、晶球、地瓜球這3個科學探究主題，皆先在高二多元選修課程進行培訓（大手培訓部分），讓高中生先累積科學探究的知識、技能和經驗，再安排時間讓高中生帶國中生進行科學探究的實作課程（小手參與期）。然後，期中、期初時運用午餐與午休時段，安排（1）高國中破冰餐會、（2）高國中反思餐會。
2. 教學說明：（1）科學探究活動的學習單皆由教師設計。（2）活動進行時，2位授課教師穿梭在不同小組之間，隨時注意小組是否求救、是否停滯不前；同組高中生則是一直陪伴在國中生旁邊。（3）無論老師或高中生，皆以示範、引導此類協助策略為主，並不能直接幫助國中生全部完成。（4）即使國中生需要老師或高中生示範，示範結束後也要國中生親自重複做一次，並說明：現在要怎麼做、為什麼要這麼做。

(四) 研究流程與資料收集

本計畫介入過程，如下方之條列說明：

1. 對國二施測班級，依序透過前測、後測，收集學生尋找變因向度的資料；
2. 另於高中簡報（第1階段的預報）部分，收集學生學習科學探究的歷程資料。
3. 國中施測班的前、後測採單題答對計數再量化分析，而高中簡報使用內容分析進行質性資料的評分，再將其轉化為量化資料以便後續推論性的統計分析。
4. 運用早自修、午休時段，找國二施測班級的學生晤談，晤談錄音的紀錄將重點摘要成文字，用之歸納學生的學習態度。其次，整個計畫的流程、內容，以及研究資料收及情況，如圖 3-4-1、表 3-4-1。

表 3-4-1 本期研究進度表

進度內容	107 學年度				108 學年度											
	11~02 月				03~06 月				09~01 月				02~07 月			
文獻、研發、預試																
發展工具與規劃課程																
課程正式介入內容																
分析與檢討																

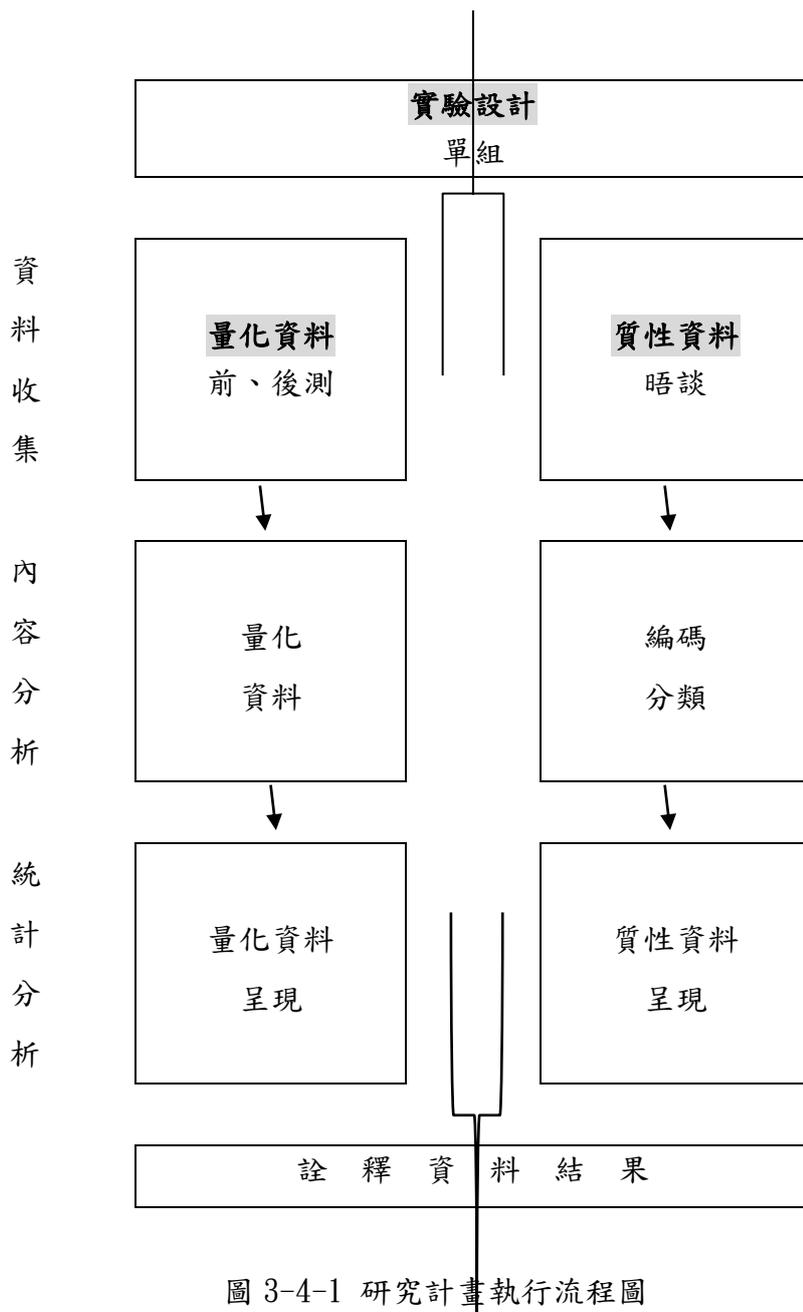


表 3-4-2 研究流程與資料收集

流程	時間	研究內容	資料收集		備註
			高中生	國中生	
(1)	1 節課	前測		試題	1 週前
(2)	3 節課	模組：①泡菜	簡報	學習單	
	3 節課	模組：②晶球	簡報	學習單	
	3 節課	模組：③地瓜球	簡報	學習單	
(3)	1 節課	後測		試題	1 週後
(4)	2 節課	晤談		晤談錄音	1 週後

(五) 資料分析

承續前面的研究流程與資料收集的說明，後續解釋資料來源、分析方法與研究問題的對應情況。簡要內容如表 3-5-1。

表 3-5-1 研究計畫資料收分析表

研究問題	資料來源			分析方法
	試 題	簡 報	晤 談	
1. 國中生在「漸褪鷹架協助」前、後，其「尋找變因」的表現為何？	✓			統計考驗
2. 國中生在「科學探究課程」前、後，其「學習態度」為何？	✓		✓	內容分析
3. 高中生在「大手培訓課程」中，其「科學探究能力」的表現為何？		✓		內容分析 統計考驗

研究問題 1. 國中生在「漸褪鷹架協助」前、後，其「尋找變因」的表現為何？
單選題目內容為研究變因與研究設計，用來評量國中生在計畫介入前、後的學習成效。

研究問題 2. 國中生在「科學探究課程」前、後，其「學習態度」為何？
在作為前、後測的工具中，採 10 個態度導向問題中的第 4、5、7 題（如表 3-5-2），輔助說明學生的情意變化。

表 3-5-2 部分學習態度試題列表

第 4 題	從事實作活動，讓我覺得有成就感。
第 5 題	從事實作活動，讓我覺得學習是有趣的。
第 7 題	我願意跟親朋好友分享老師教的實作活動。

研究問題 3. 高中生在「大手攜小手培訓課程」中，其「科學探究能力」的表現為何？
針對高中生學習科學探究的情況，彙整學生的個人預報作業，檢視並量化其簡報內容，作為評量學生的變化。

四、研究成果

(一) 國中生尋找變因的前、後測結果

根據表 4-1-1 和圖 4-1-1，國中施測班級學生，在前測的平均分數為 12.29 分、後測的平均分數為 15.76 分，從前、後分數的比較，可見學生在尋找變因方面，成績表現是進步的。

表 4-1-1 國中生尋找變因的前、後測報表

國中生 (21 人)	前測		後測	
	平均	標準差	平均	標準差
尋找變因	12.29	3.74	15.76	3.35

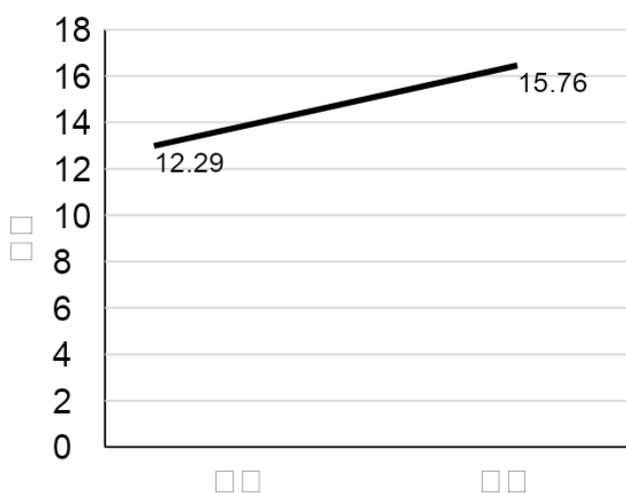


圖 4-1-1 國中生尋找變因的前、後測示意圖

(二) 國中生學習態度的前、後測結果

參考表 4-2-1 和圖 4-2-1，國中施測班級學生，在情意面第 4、5、7 題中，從前、後的比較可見學生在學習態度方面，作答的平均尺度是增加的。

表 4-2-1 國中生學習態度的前、後變化報表

國中生 (21 人)	前			後		
	第 4 題	第 5 題	第 7 題	第 4 題	第 5 題	第 7 題
3 點量表 平均尺度	2.14	2.05	2.10	2.43	2.38	2.62

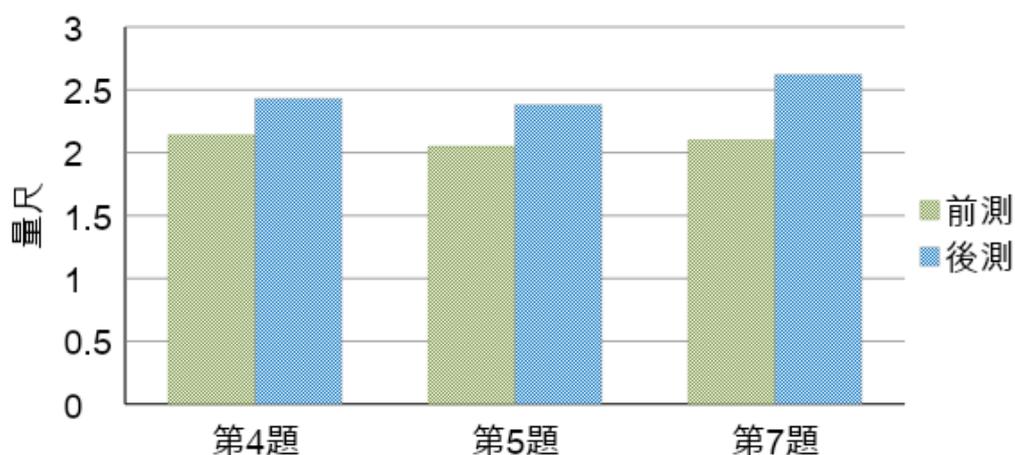


圖 4-2-1 國中生學習態度的前、後變化示意圖

(三) 高中生簡報中科學探究能力的變化

綜合表 4-3-1 和圖 4-3-1 的呈現，高中生在不同科學探究主題的簡報內容，在泡菜模組的平均分數為 2.54 分、晶球模組的平均分數為 6.37 分，然後地瓜球模組的平均分數為 8.83 分。從這三次的分數中，可見學生在科學探究的學習上，成績是進步的。(由於高中生的結報方式為 2 次簡報檔和 1 次口頭報告，由於內容呈現方式不同，所以未採計之。)

表 4-3-1 高中生科學探究能力的學習歷程報表

高中生 (13 人)	1 泡菜	2 晶球	3 地瓜球
科學探究能力	2.54	6.37	8.83

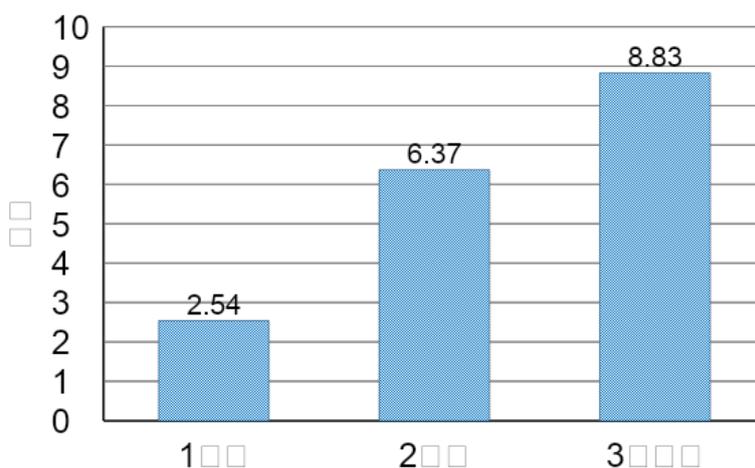


圖 4-3-1 高中生科學探究能力的學習歷程示意圖

五、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

（一）漸褪鷹架對國中生尋找變因的學習成效

本計畫運用紙本學習單設計漸褪的鷹架，發現學生在鷹架每次減少的情況之下，尋找研究變因的程度仍有進步；國外也有研究指出數學解題方面，鷹架逐漸褪除組學生的學習表現優於鷹架持續提供組學生（Gidalevich, & Kramarski, 2019）。學生能逐漸培養獨立學習的能力，在本計畫中可見這樣的期待，是有機會透過科學教育達成的。而且，鷹架要完全拆除，才是真正的鷹架（Pea, 2004），更是本計畫預計長期執行初衷之一。

只是，研究者經營高中、國中雙邊的課程，運用大手攜小手協助國中生學習科學探究，雖有其效益，但教學成本非常高。再者，研究者認為科學探究實作課程，如能有兩位老師協同上課，最是理想。因為學生學習步調不一致、學生實作過程不順利，甚至學生無法理解實作的流程，對於教師經營科學探究實作活動，都是很大挑戰。

基於前述結果，本計畫認為培訓高年段學生，協助低年段學生學習科學探究，也許能支援教師經營科學實作的複雜度。其中，如若有更多願意加入的教師夥伴，大家凝聚共識一起在相同時間開課，就更有跨班學習的機會。

（二）科學探究課程與國中生的學習態度

由於國中施測班級為主持人的導師班，這可能是學生學習態度普遍較為積極的原因。不過，21位學生中抽6位的晤談中，有4位學生對於實作讓人有成就感，持有相當正面觀感（5點量表尺度中的4點）；其中有3位學生回家有跟媽媽分享炸地瓜球的事，可見學生願意分享學校生活的行為，對於課程是有一定的認同程度。

此外，雖然本計畫採用料理題材作為科學探究實作之用，建議教師仍需時刻提醒學生關於研究變因一事，避免學生歡樂之餘，讓學習流於家政活動。

（三）高中生科學探究能力的變化

本計畫的主要對象雖然是國中生，但在研究者培訓高中生時，看到高中生在定義問題、尋找變因、形成結論方面，有成長之現象；雖耗時一個學期，但也可證實科學探究能力並非一朝一夕就能獲得。

只可惜此期計畫中，由於高中生在結報的內容表現形式不同，未能到位分析其科學探究學習歷程，僅以預報分數呈現高中生的學習狀況。爾後執行時，應將預報與結報的作業分數，盡數妥善分析之。

（四）未來展望

本計畫認為科學探究實作雖然複雜，但經由鷹架理論拆解學習任務，安排暖身、實作、檢討等不同階段的課程，是能幫學習者逐漸學習科學探究的策略之一。本期執行的畫面剪影紀錄，可參照附錄（六）。最後，針對課程的精進與委員的建議，本計畫未來將會改善的細項有：

1.前、後測工具

- (1) 態度面向問題，從 3 點量尺改為「5 點量尺」。
- (2) 新增「研究設計」、「圖表數據理解」題組。
- (3) 新增「非選」形式題目，以更妥善分析學生學習表現。

2.教學工具

- (1) 「調整學習單中鷹架漸褪形式」，最後應讓學生自行產出。
- (2) 新增「研究設計」、「圖表數據理解」學習單。
- (3) 新增「建立依據」、「表達結論」學習單。

3.資料分析

- (1) 「擴大施測人數」，增為國二全年段共 80 人。
- (2) 新增「2 位自然或生活科技教師」參與計畫與課程。

4.長期規劃

- (1) 透過每個學期著重一個科學探究向度的學習，讓學生熟悉之。
- (2) 希望學生在 2 年的時間內，充分學習與體驗科學探究流程。

六、參考資料

教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要自然科學領域。臺北市。

Creswell, J. W. (2015). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed method approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage publications.

Gidalevich, S., & Kramarski, B. (2019). The value of fixed versus faded self-regulatory scaffolds on fourth graders' mathematical problem solving. *Instructional Science*, 47(1), 39-68.

Martin, N. D., Tissenbaum, C. D., Gnesdilow, D., & Puntambekar, S. (2019). Fading distributed scaffolds: the importance of complementarity between teacher and material scaffolds. *Instructional science*, 47(1), 69-98.

McComas, M., & Wood, L. (2014). Inquiry Instruction. In W. F. McComas (Ed.), *The language of science education* (pp. 52-54). Boston, MA: Sense Publishers.

Pea, R. D. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *The journal of the*

learning sciences, 13(3), 423-451.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*.
Cambridge, MA: Harvard Press.

Wood, D. J., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal
of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100.