

# 教育部112年度中小學科學教育計畫專案

## 期中報告大綱

計畫編號：3-3

計畫名稱：「科學阿 Q」---以提問策略融入STEAM跨學科教學協助學生進行科學探究活動

主持人：潘瑾卿

執行單位：臺中市居仁國中

### 壹、計畫目的及內容：

本人在協同指導的過程認為:這是因為學生能否在適當時間經由老潘瑾卿的問題，做到反思後，再自我提問而再自我解決問題，而自我融會貫通所致，所以今年度想要研究教師提問到反思到學生自問的變化對學生進入實作的影響。

本研究希望使用 STEAM 多面向問題進行科學認知提問策略(TQ)，促使學生進行(STEAM+科學認知)自我提問，本研究注重在教師提問(TQ)對學生自問(SQ1)的同階性與異階性變化對研究產出的影響為本年度研究重點。

### 貳、研究方法與步驟

本研究步驟融入在授課時間與個別專題式指導下進行，研究時序為 2023 年 5 月的線上課程(同實體暑期營隊)開始至學期間的社團時間與專題指導。

表 2-1-1 暑期營隊內容與 STEAM 項目對應

日期	課程名稱	教學方式	評量方式	教材對應項目	學習表現
7 月 03 日 (一)	獨立研究與科展 簡介	1.多媒體運用教學 2.講述教學	課堂參與程度	S T	記憶 理解
7 月 04 日 (二)	文獻探討與假設	1.多媒體運用教學 2.講述教學	學生回饋表單	S T	記憶 理解
7 月 05 日 (三)	變因分析與測量	仿作與實作	學生實驗學習 單	T E M	應用 分析 評鑑 創造
7 月 06 日 (四)	數據分析與統計	1.多媒體運用教學 2.講述教學 3.學生實作	學生作業	A M	分析 評鑑
7 月 07 日 (五)	台中市科學研究 計畫說明與實作	1.個別化指導教學	科研計畫書前 三章	STEAM	記憶 了解 應用 分析 評鑑 創造

## 二 社團教學

本研究重點在圖 3-2-1 之 A-F 發展階段之時的 TQ-SQ1 的變化，以進入實作的時間點來看，設計前 10 周左右的學習內容和評量規準(如表 3-2-1)，約在 10 週後，本年度科研究生可以在引導下提出自己作品的發想，進行探究，撰寫台中市科展作品說明書的完成度代表其學習成效，期中報告時以校內提報科研計畫的件數與通過率代表階段性學生探究成果。

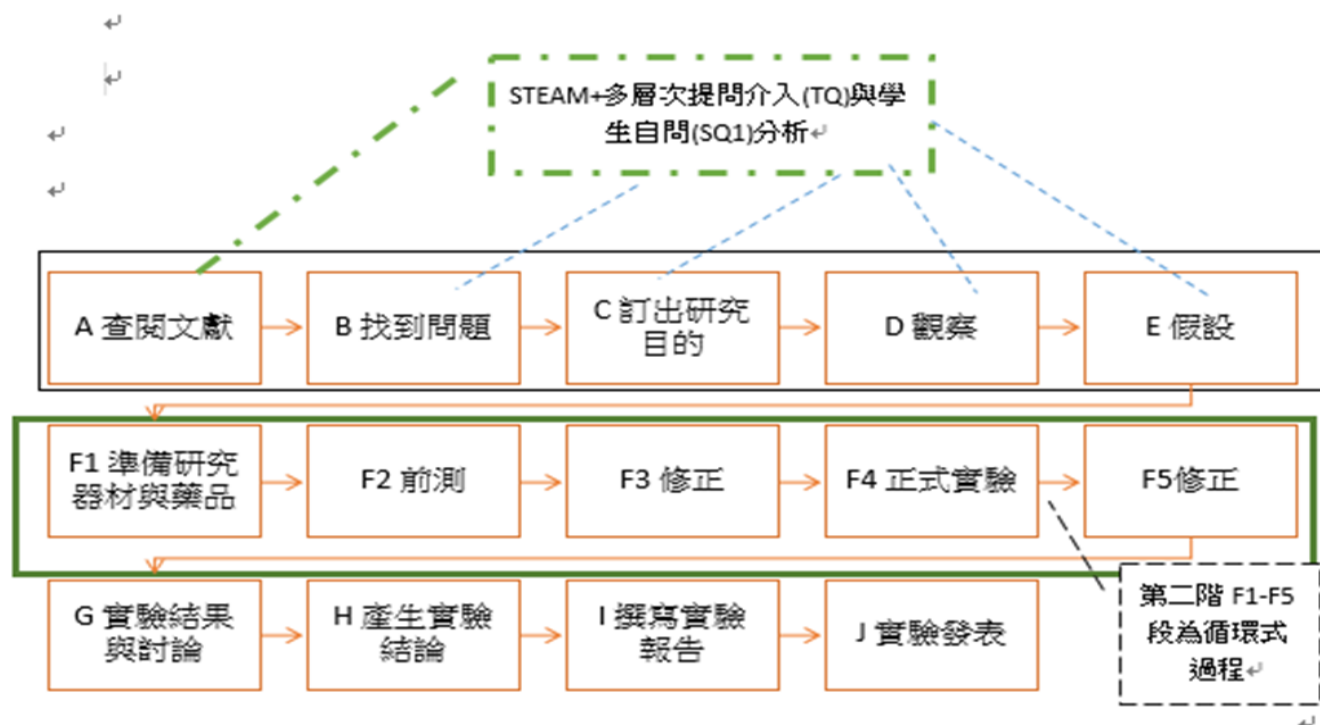


圖 2-2-1 科研究生研究歷程與教師研究者的教學歷程



教師進行數據處理教學，學生看螢幕步驟學習（第一節 數據處理教學）



科展社 classroom 版進行課程教學，學生專心學習重文獻到實作的經驗分享



教師以一組學生實驗裝置舉例，如何利用現有材料組裝進行實驗

學生利用假日課程進行實驗，磨粉，培養基製作。

圖 2-2-2 社團課學生學習照片

## 參 目前研究結果與討論

### 一 線上課程表單

回收問卷為 15 份。問 1-5：經過已以上問題 1-1 到 1-4 的引導，請自我提問一個問題，並下來？寫

表 3-1-1 線上課程學生 SQ 作答列表

學生姓名	學生自問內容	自問向度	STEAM 向度	學生答案
高謙	Q1 這種膠水的實用性，成本，用處	應用性	T	很實用並且成本低
林揚	Q2 為什麼會黏住？	知識性	S	蛋白質是由各種氨基酸所組成的大分子故同時帶有正電荷與負電荷屬於兩性物質。酪蛋白一般在 pH 中性的條件下蛋白分子是帶負電的，所以在牛奶中會因為分子間的靜電排斥力而無法凝結成棉絮狀的物質但如果將 pH 值調整至 4.6-4.7 的酸性條件（加入酸性溶液，如檸檬酸、醋酸），酪蛋白分子的正電荷數與負電荷數總值，也就是淨電荷剛好為 0。這時酪蛋白分子間就能彼此靠近而凝結，可見棉絮狀凝固物質。
林蘋	Q3 為什麼酪蛋白一定要酸鹼中和才可以結塊？	理解性	S	蛋白質是由大分子組成，且同時帶有正電荷與負電荷。酪蛋白一般在 pH 中性的條件下蛋白分子是帶負電的，所以在牛奶中會因為分子間的靜電排斥力而無法結成塊狀。但如果在酪蛋白中加入酸性溶液，酪蛋白分子的淨電荷是 0。最後，酪蛋白分子間就能彼此靠近而凝結，變成影片中所見的塊狀物。
歐瑞	Q4 酪蛋白還有其他功效嗎？	知識性	S	酪蛋白功效：長時間的飽足感、長效肌肉修補、提升睡眠時肌肉合成效果， 但也有酪蛋白副作用：因酪蛋白不耐症而過敏、腸胃不適及消化不良

陳碩	Q5 用牛奶做蛋白質膠水，為什麼將牛奶中的酪蛋白加酸凝析出來後，要再加鹼性物質變成中性？	理解性	S	白色棉絮狀物體溶解，使酪蛋白回到原本的狀態，再靠著酪蛋白之間的靜電吸引力達到黏著物體的功效
陳齊	Q6 為何酪蛋白"會產生黏性？	知識性	S	因為酪蛋白是大分子，能使溶液產生黏度而變得黏稠，等到黏液完全乾掉時即變成凝膠
郭昕	Q7 如何製作酪蛋白？	理解性	E	脫脂牛奶 40ml，加入白醋 10ml，使用玻璃棒攪拌均勻，倒進過濾網，將乳清過濾掉，濾網上留下的白色物質即是酪蛋白。
許東	Q8 酪蛋白是什麼	知識性	S	酪蛋白是哺乳類的奶的主要成份，在牛奶含有的蛋白質中佔80%
廖甯	Q9 可以使用白醋以外的醋嗎？	應用性	T	檸檬酸水可以代替。製作牛奶膠水的時候，可以用檸檬酸水溶液可以代替醋，讓牛奶中的牛奶凝結。
陳齊	Q10 用牛奶做蛋白質膠水，想請問為什麼將牛奶中的酪蛋白加酸凝析出來後，要再加鹼性物質變成中性？	理解性	S	為了讓它回復到可溶於水的狀態，必須將 pH 值從酸性調回至中性，故 加入鹼性溶液（如小蘇打粉（碳酸氫鈉）），進行酸鹼中和；使酪蛋白分子間又會因為靜電排斥力而分開，回到可溶性的狀態。
廖勛	Q11 牛奶為動物性蛋白，那植物性蛋白(如豆漿)是否也可以呢？	應用性	T	二、全脂、脫脂奶粉與黃豆的膠水能夠把木材、壓克力片及小磚塊相互黏著在一起，此時 可能是因為萃取出來的酪蛋白或球蛋白，含有少許的水份，因此能夠讓不同材質的材質能夠以分子間的力量，而相互聚在一起。 <a href="https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/080201.pdf">https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/080201.pdf</a>
鄭玗	Q12 為什麼牛奶加醋會有沈澱物（酪蛋白）	知識性	S	因為牛奶加上醋會使牛奶中的蛋白質變質，形成沈澱物
王瑜	Q13 酪蛋白的功用是什麼？	知識性	S	有益於增強肌肉力量，也有助於恢復
楊蔚	Q14 如果用優酪乳的話可以嗎？	應用性	T	只要含有蛋白質就能做出來

註:本表中的科技向度 T= Technology(科技)，研究者將其視為科學(S= Science)延伸與轉化利用;工程向度 E= Engineering(工程)則認為為與流程，系統，作法上的相關。

表 3-1-1 學生進入科展設之初的 STEAM 與 108 課綱學習表現-科學認知對應

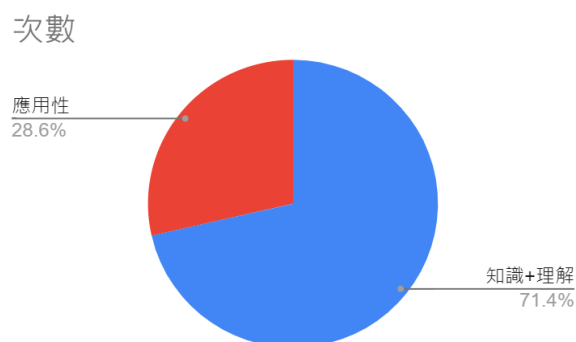
	科學認知						
STEAM	知識	理解	應用	分析	評鑑	創造	比例(%)
S	6	3					64
T			4				29

E		1					07
比例(%)	42	29	29				

表 3-1-2 學生作答問題層次統計表

	學生自問面項	知識+理解	應用性
知識性+理解性	次數	10	4

圖 3-1-1 學生作答統計圓餅圖



#### (一)研究結果與討論

- 在理解性問題中，較多是”不懂為何採取這樣的實驗步驟，其原理為何?”，由學生的自答內容發現原因為學生多對於原理不懂。另一個方面，28.6%的學生跳脫知識性與理解性，問了應用性的問題，如:改良，改變等詞語的問題。
- 學生應用性問題內容通常為改良實驗過程步驟或材料，少部分學生的思考方式是跳階的，並非全部準備好了才要動手。

表 3-1-3 學生作答 STEAM 向度統計表

學生自問面項	S	T	E
次數	9	4	1
比例 (%)	64.3	28.6	7.1

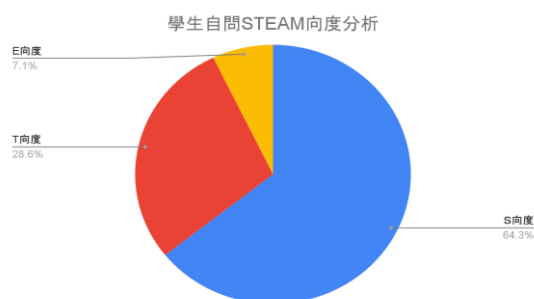


圖 3-1-2 學生作答 STEAM 向百分比

#### (二)研究結果與討論

- 由表 5-1-3 的向度比較：S=64.3%> T=28.6%>E=7.1，學生在此階段問的問題仍是知識性為主，且S T共具的比例高，代表學生的思考可以跨出理論，嘗試做轉化的問題，但少數學生（如同



問出 Q7 的郭同學)，問題落於理解層次，但問題向度為工程向度 E，該生問入"系統"性問題中，代表其問題太”大”，在理解層次還有許多知識類的原理要釐清，卻直問流程製作法，可以引導此類學生將問題分為數個小題，一一釐清再前進。

郭 0 昕	Q7 如何製作酪蛋白？	理解性	E	脫脂牛奶 40ml，加入白醋 10ml，使用玻璃棒攪拌均勻，倒進過濾網，將乳清過濾掉，濾網上留下的白色物質即是酪蛋白。
-------	-------------	-----	---	---

圖 3-1-3 E 向度的問題

- 開放式科學探究活動中，少部分學生對於學理不懂就開始準備改良材料而跨入實作，在研究者的經驗中，這通常引發指導教師的負向觀感，但換位想之，學生的"定位點"就在這邊，可以提供情境給學生(給學生一個情境題)，進行定錨式教學，也就是學生開立器材與教師提供學生難以獲得的器材，不教太多超進度的原理，先進行定位實驗。過程中可以引導學生透過不斷的探索去發掘問題、形成其他問題，找出所需的資訊，以及解決問題，進而達到增進問題解決能力的學習效果(教育雲，2014)。

### (三) 研究結論

- 當學生"自問"出應用性層次問題時(關鍵)，教師即可引導其進行假設，可以加速進入實作探究階段。但建議教師視學生狀況打好基礎再進行實作，教師可以引導學生先對科學名詞進行"操作型定義"("science operational definition")，所謂的科學操作型定義為對研究變項或名詞提出一種可以測量、量化、具體、可重複試驗的基本說明與解釋，亦即將抽象的概念具體化。實務中，操作型定義中要包含有測量方法；如果定義中不含測量方法，就不是好的科展中的操作型定義，而屬於概念式定義。提供科學教師在實作之前可以進行引導步驟多次如下：

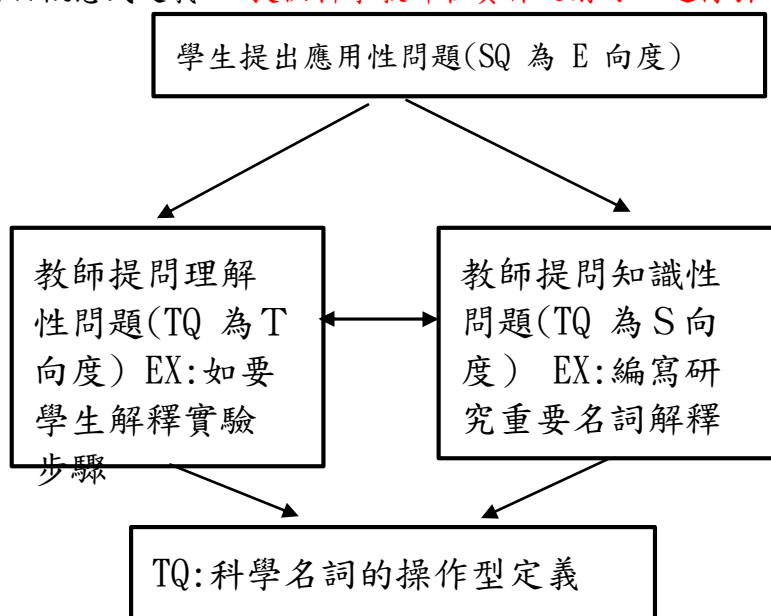


圖 3-1-4 文獻探討階段，TQ-SQ 引導建議

## 二 暑期營隊活動學習單

表 3-2-1 學生觀察與實作後的問題傾向

作答:13 份,有效作答:12 份

四 實驗記錄 1-3: Q3 的答案(Q3:加入小蘇打粉後,發生了什麼變化?並猜想可能是為什麼?)	2-3: 在回答 Q3 後,我要問自己? 簡述解決方式?
多出泡泡,產生二氧化碳。	1. 小蘇打粉加入後,冒出太多泡泡。2. 溶液放置一段時間後,在加小蘇打粉。
變濃	剩下的乳清可以做什麼?上網查。
液體變稠,會產生黏性	為甚麼會有此變化,A: 加入小蘇打粉進行酸鹼中和使酪蛋白分子間又會因為靜電排斥力而分開回到可溶性的狀態
出現一點點泡泡(出現很多泡泡甚至溢出杯外都算失敗),因為酸性的醋加上鹼性得小蘇打粉發生化學反應,而產生大量得二氧化碳	Q:如何在實驗過程中避免產生大量泡泡的問題?A:在牛奶加完醋厚德過濾時間要長一點,因為如果時間太短,酸性的醋基本上還沒過濾掉很多,如果在這時又加上小蘇打粉,就會有產生大量泡泡的問題啦
回到可溶性狀態。	加小蘇打粉後有發泡現象是正常的嗎?答:要過濾。我過濾的不夠仔細,有過多的醋。
溶液變得較清澈	Q:還有什麼能使溶液中的白色固體消失? S:測試看看不同類型的物質
酪蛋白會開始冒泡,可能是因為碰到酸性的醋,所以產生了二氧化碳。	問:如何減少加入小蘇打粉所冒出來的泡泡量?答:我瞞只要多次過濾減少醋的量即可。
會產生氣泡,因為會產生二氧化碳。	Q:時間到 A:時間到
回到可溶性的狀態	為什麼過濾要等待很久? 有可能使因為是酪蛋白堵住濾紙。
發泡	為什麼會發泡 上網查
混和成為牛奶膠水	為何小蘇打粉混合乳清後會變成牛奶膠水?A:白醋的酸性讓牛奶中的酪蛋白凝結沉澱。鹼性的蘇打水讓水中析出的酸酪蛋白再度分散溶解於溶液,變成最終的“乳膠”。
讓酪蛋白從酸性到酸鹼中和。使酪蛋白重新融於水,達到黏著效果。	如何分離酪蛋白?用過濾紙過濾。
混和成為了牛奶膠水(又稱酪蛋白膠水)。	為何小蘇打粉混合乳清後會變成牛奶膠水(酪蛋白膠水)?A:白醋的酸性讓牛奶中的酪蛋白凝結沉澱。鹼性的蘇打水讓水中析出的酸酪蛋白再度分散溶解於溶液,變成最終的“乳膠”。

註:紅色的字體代表有關心實驗流程改進(應用性)的程度,藍色字體為關鍵詞。

## (一) 研究結果

表 3-2-2 STEAM 與科學認知知識表徵

表	科學認知						
STEAM	知識	理解	應用	分析	評鑑	創造	比例(%)
S	3	3	1				58
T			5				42
E							
比例(%)	25	25	50				

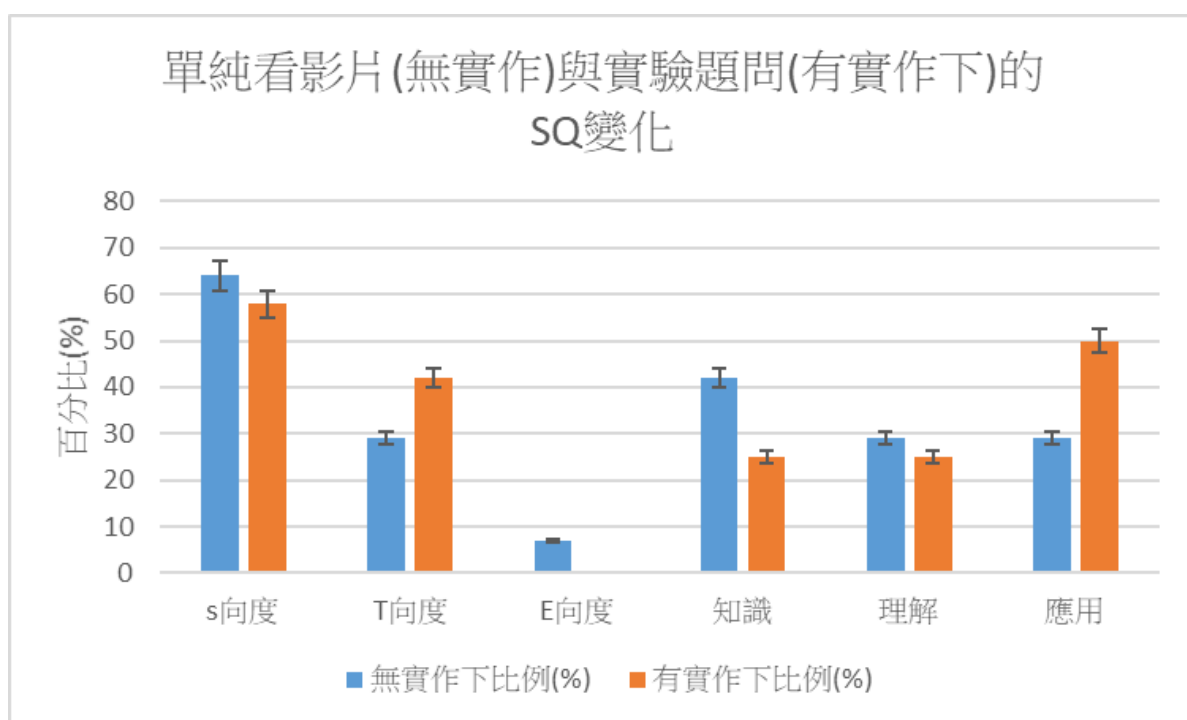


圖 3-2-1 教師知識提問與開放提問在學生實作與否的 TQ-SQ 比較

## (二) 研究結果與討論

- 將此表相較表 3-1-1 發現，在實作後有更多的學生(50%)能問入應用性問題，比未實作前的調查來的高(表 3-1-1 應用性 29%)。代表親身實作與觀察現象有助於學生進入實驗狀態。
- 將此表相較表 3-1-1 發現，有較多的學生(42%)能問出 T 向度問題(表 3-1-1 之中，T 向度為 29%)，經由實驗後，學生較傾向思考用科技與調整技術達到實驗效果。
- 由相同學生群體在接觸實驗前後的思考差異表現發現，教師提問面項會影響學生回覆問題的面向，實驗提問下，學生較多直接提問"方法"技術"等問題，也容易核心關注關鍵詞如本實驗中的"酪蛋白"。並減少問大問題 "E 向度" 的情況 (7%→0%)。

## (三) 研究結論

- 實作的進行可以促進學生專題探究，建議學生尋找科展題目時，可以找有實驗步驟可仿作的素材進行。以下為科展專題選題的檢核表建議。

表 5-2-3 學生探究選題檢核表



檢核表	內容
口	具有仿作資料或影片
口	能方便取得的器材與藥品
口	能看懂的實驗原理
口	有創新應用性的方向
口	安全性高

## 肆 目前完成進度與研究成果

目前研究計畫融入課程安排中，完成了三場內聘教師假日講座，一場外聘教師假日講座，與每日午休科展指導，在對應研究待答問題上，了解高動機學生入科展活動前在 108 課綱下學生的學習表現-科學認知表徵傾向，想法較天馬行空，發散，需要收斂，訓練有其並要性。在先閱讀而後實作的教學安排中，教師提問點與學生自問點的轉移改變，經由表 3-2-1 比較發現，實作有助於學生提問應用性問題並減少 E 向度的工程大問題，有助於收斂想法，所以提出了圖 3-1-4 的文獻探討-實作的指導建議與圖 5-2-3 的科展選題檢核表。而學生研究的進度為 15 份研計畫繳交，11 份通過，大部分學生完成 3 個實驗以上。TQ-SQ 在同階性與異階性變化對研究產出的影響，其問卷未分析完全。

教師研究甘梯圖				
科學阿Q-科教專案研究	113/1月	113/2月	113/3月	113/4-6月
寒假營隊-個別化專題指導				
學生報告指導-內聘講師				
學生報告訓練-外聘教師				
學生專題競賽				
學生校外科學參觀活動				
教師收集學生資料				
教師分析學生資料				
科教專案期末報告				

圖 5-1-1 接下來的研究工作

## 陸 討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)

- 一 教師與學生難以紀錄提問的頻率。
- 二 學生缺乏紀錄實驗過程的習慣。

目前想到的因應方法是落實書寫定研究日誌手冊，可在社團課建立寫研究週記的習慣，指導老師定期檢核，及時輔導。

## 柒 參考文獻

- 林郁阡( 2016)，華語線上互動新手教師提問研究，國立臺灣師範大學華語文教學研究所，台北市:未出版
- 周淑惠(2021)，幼兒園 STEM 教育開展之常見問題，臺灣教育評論月刊，10（10），頁 152-161。
- AI4kids (2023)，TEAM 教育是什麼？快速了解 STEAM 教育的特色與用處！，2023 年 12 月 10 日 取自：  
<https://ai4kids.ai/blogs/blog/what-is-steam-education>。
- 蔡明致(2019)，「概析利」 --- 以『概念分析法』協助國中生進行科學探究活動，科學教育專案計畫(編號：087)。
- 蔡明致(2021)，「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，科學教育專案計畫(編號：090)。
- 教育雲(2014)，定錨教學，2023 年 12 月 20 日，取自：[https://docs.google.com/document/d/1KGR9N5BeWDsCLHKkFGn\\_qvG5sx\\_RdjlkPPc\\_0VPaYPg/edit](https://docs.google.com/document/d/1KGR9N5BeWDsCLHKkFGn_qvG5sx_RdjlkPPc_0VPaYPg/edit)