

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： 1-5

計畫名稱： 建構融入科學史與科學哲學的科學教育課程

主持人： 李偉廷

執行單位： 臺中市立沙鹿國民中學

壹、計畫目的及內容：

科學史與科學哲學對科學教育的益處在過去的許多文獻中都有提及，然而現今的課程綱要之中對於科學史與科學哲學的篇幅仍然相對缺乏。因此本研究試圖透過系統性文獻分析方法，結合科學博物館的資源，梳理科學史與科學哲學的架構（研究一）；並嘗試將這個架構結合在現今的科學教育課程綱要之中（研究二）；此後進一步組織教師專業社群，透過社群的腦力激盪與討論互動，發展基於科學史與科學哲學的課程模組，並且嘗試建構課程發展模式（研究三）；最終透過所發展的課程模組進行教學，以問卷、訪談、課堂觀察與實作成品進行學生的學習成效評估（研究四）。本研究期望能透過博物館、教師與學校之間的互動關係，結合制式教育與非制式教育資源，強化科學學習生態系統（李偉廷、謝百淇，2019），產出融入科學史與科學哲學的科學教育課程，以達成十二年國民基本教育課程之中關於素養的核心目標。

貳、研究方法及步驟：

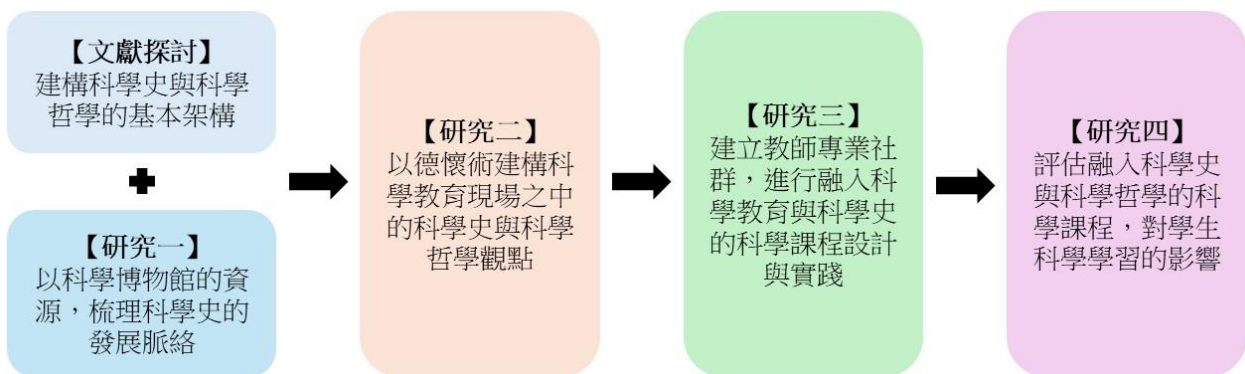


圖1 研究架構圖

本研究分為四個子研究依序進行，研究架構如上圖1所示。研究一以科學史為主軸，透

過科學博物館的資源進行科學史的脈絡梳理，並連結文獻探討的結果，產出科學史與科學哲學的初步脈絡。研究二則是接續研究一的成果，將科學史與科學哲學的脈絡與科學教育進行連結。研究三則是進一步透過專家教師形成教師專業社群，進行融入科學史與科學哲學的科學課程發展。研究四則是在課程發展完成之後進行學生學習營隊，以量化指標與質性表現作為學生學習成效，透過課程實際評估學生的學習狀況。四個子研究的具體研究設計如下所述。

【研究一】以科學博物館的資源梳理科學史的發展脈絡

科學博物館有豐富的館藏資源，能夠以實物展品的方式，呈現科學史上的重要節點及發展脈絡。本研究將與國立自然科學博物館（以下簡稱科博館）合作，科博館過去對於科學史的脈絡分析有相當豐富的經驗。研究者曾與之合作，以人類文化廳的重要展品：水運儀象臺，配合中國古代文獻資料，以這些資料作為節點，串聯整體的科學史發展脈絡，並且與現今科學知識連結。有鑑於此，本研究與之持續合作，透過科學史上的重要實物展品進行科學史的發展脈絡梳理，包含但不限於中國的科技與文明為範圍。具體而言，本研究將以科學史上重要文獻與博物館展品為載體、以博物館員與研究者組成之研究團隊為研究工具，透過質性系統文獻回顧研究法（穆佩芬，2014），進行科學史的發展脈絡梳理，並形成博物館內展品的科學史發展脈絡，以作為後續結合科學教育的重要基礎。

具體而言，本階段預計辦理4場次討論會議，並邀請相關專家學者出席擔任諮詢委員，針對文獻與展品背後的科學史脈絡進行討論，並提供研究團隊修正與調整之建議。

【研究二】以德懷術建構科學教育現場的科學史與科學哲學

本研究透過文獻探討梳理自二十世紀以來的科學哲學觀點，並基於研究一關於科學史發展脈絡的研究結果，形成對科學史與科學哲學的基本架構，接著本研究試圖進一步促持科學教育、科學史與科學哲學之間的互動。因此本研究邀請在科學教育已有深厚基礎，且據研究團隊所知，在科學課程中曾有意或無意間結合科學史與科學哲學的教師進行德懷術（Linstone & Turoff, 1975）研究，以了解現今科學教師對於科學史與科學哲學的看法，並且進一步以專家共識的方式建構各學習階段的科學教育綱要中的科學史與科學哲學觀點，以作為下一階段課程發展的基礎。

具體而言，本階段預計邀請國小、國中及高中各階段之科學教師參與德懷術研究，各階段以邀請20位教師為原則，透過輔導團及學科中心協助招募教師參與，透過反覆的問卷調查與數據分析，尋求教師之間對於科學教育綱要中的科學史與科學哲學的最大共識。此階段的問卷為求謹慎並考慮回收率等問題，故採用紙本問卷郵寄的方式進行發放與回收。

【研究三】以教師專業社群發展融入科學史與科學哲學的科學課程

透過文獻探討、研究一與研究二的成果，本研究進一步將理論轉化為實踐方案。因此本研究將進一步邀請參與德懷術研究（研究二）的教師組成教師專業社群，透過社群定期實體與線上討論共備，發展融入科學史與科學教育的科學課程。除了課程設計之外，為使課程未來能轉化並落實到不同學校，因此也會對於課程所需要的教材、教具、影音媒體、材料包以及補充資源等素材有充足的準備，形成完整的教學模組。並且透過同儕觀議課對於課程進行精進，期望在正式進行課程之前，能對於課程有高度的準備，以利正式課程的進行。

基於以上目標，本階段針對每一個教學模組進行2次實體會議及2次線上會議，透過教師之間的互動與激盪，以科學史與科學哲學為基底，並以科學課程為載體進行課程發展。本研究預計發展2個科學課程模組，分別以中國科學與西方科學的脈絡作為課程的主軸，並引發教師進一步思考中國科學與西方科學在科學史與科學哲學的脈絡上有何本質上的差異。

此外，本階段亦期望能透過觀察教師與研究團隊在社群中的參與及討論過程，整理出教師專業社群在與非制式教育機構（科學博物館）之間的互動機制，以作為未來制式教育與非制式教育合作的參考。

【研究四】評估融入科學史與科學哲學的科學課程對學生學習成效的影響

在完成課程設計之後，必然要透過實際授課來評估課程的成效（黃淑玲，2013）。因此，本研究在課程模組完成之後，將透過學生營隊來進行教學，並且透過量化問卷、質性訪談與課堂觀察等方式收集學生學習成效的資料。量化問卷將以前、後測的方式測量學生的知識層面變化，質性訪談將用以測量學生的態度層面變化，而課堂觀察將作為學生技能層面改變的評估依據。

辦理學生體驗活動課程時間如下表所示：

場次	對象	課程時間	參加人數
1	國中三年級	114年6月04日(星期三) 08:30~12:30	學生 26 人、教師 5 人
2	高中一年級	114年6月04日(星期三) 12:30~16:30	學生 38 人、教師 4 人
3	高中一年級	114年6月05日(星期四) 08:30~12:30	學生 38 人、教師 5 人
4	國中三年級	114年6月20日(星期五) 08:30~12:30	學生 35 人、教師 5 人

具體而言，本階段將以量化數據為主，輔以質性資料作為佐證，了解學生在參與融入科學史與科學哲學的科學教育課程之後，其知識、技能與態度層面是否有所變化，並作為研究三所發展之課程的成效評估。

綜合以上的四個子研究，本研究將以 SPSS 進行描述性與推論性統計分析，並以 Amos 輔助進行量表效度檢驗分析，在質性資料方面，預計將透過 NVivo 協助資料分析與呈現。

此外，由於本研究涉及博物館員、教師及學生，參與研究的人員相當多元，研究者對參與者的保護機制設計相當重要，因此本研究計畫將申請人類研究倫理審查，以強化研究團隊的研究倫理意識，也確保研究參與者的權益。倫理審查通過證明如下所示。



國立臺灣師範大學

National Taiwan Normal University

臺北市大安區和平東路一段162號
162, Section 1, Heping E. Rd.,
Taipei City 106, Taiwan.
Tel: 886-2-7749-1903

研究倫理審查核可證明書

計畫名稱：建構融入科學史與科學哲學的科學教育課程

案件編號：202411ES021

校/系/計畫主持人：臺中市立沙鹿國民中學/教務處/李偉廷教師

計畫書版本/日期：Version 1/ 2024-11-18

知情同意文件版本/日期：Version 2/ 2024-11-22(S)；Version 2/ 2024-11-22(T)

案件類型：微小風險審查案件

審查聲明：本案若有疑義，經研究倫理審查會決議，本會有權撤銷本案核可證明。

通過日期：西元2024年11月26日

有效期間：西元2024年11月26日至西元2025年07月31日止

※計畫內容若有任何修改，或增加招募人數，應申請變更審查通過後，始得實施。

※本案應於核可證明屆期前申請持續審查通過，方可繼續執行。並應於核可證明屆期後三個月內，申請結案審查。

國立臺灣師範大學研究倫理審查委員會

主任委員

蕭惠貞

西元2024年11月26日

蕭惠貞 (代)

Certificate of REC Approval

Proposal Title: Developing Science Education Curriculum Incorporating History and Philosophy of Science

REC Number: 202411ES021

University/Dept./Principal Investigator: Taichung Municipal Sha-Lu Junior High School/ Office of Academic Affairs/ Teacher Wei-Ting Li

Project Version/Date: Version 1/ 2024-11-18

Informed Consent Document Version/Date: Version 2/ 2024-11-22(S)；Version 2/ 2024-11-22(T)

Type/REC Announcement: Expedited Review

NTNUREC retains the right to revoke the approval before the final endorsement by board.

Approval Date: November 26, 2024

Effective Period: November 26, 2024 to July 31, 2025

※Amendments should be submitted to REC before implementation if there are any changes to the approved protocol, including increasing participant enrollment.

※Continuing Review Applications should be submitted to REC before the current approval expires. The final report should be submitted within 3 months after expiration.

Huichen S. Hsiao

Chair

Research Ethics Committee

National Taiwan Normal University

November 26, 2024

Huichen S. Hsiao

(deputy)

參、目前研究成果：

根據研究進度圖，截至6月為止，應完成【研究三】以教師專業社群發展融入科學史與科學哲學的科學課程及【研究四】評估融入科學史與科學哲學的科學課程對學生學習成效的影響，分述如下。【研究一】以科學博物館的資源梳理科學史的發展脈絡及【研究二】以德懷術建構科學教育現場的科學史與科學哲學之結果已於期中報告分享，故不再贅述。

【研究三】以教師專業社群發展融入科學史與科學哲學的科學課程

本階段邀請對於科學本質及科學史課程發展有興趣之教師參與教師專業社群，透過資源共享、線上及實體共備、引入專家學者等方式，引起老師對於科學本質的想像。

共備研習課程表如下所示。

- 114年5月16日（星期五）創新合作教育模式

活動時間	活動內容	地點（國立自然科學博物館）
08:50~09:00	報到	西屯路／人類文化廳入口
09:00~09:50	科學本質架構說明	智慧科普教室
09:50~10:30	水運儀象臺導覽解說	人類文化廳1樓
10:30~10:40	休息	智慧科普教室
10:40~11:20	水運儀象臺積木自造	
11:20~12:10	教師共備討論與分享	
12:10~12:30	綜合討論	
12:30	賦歸	西屯路／人類文化廳入口

- 114年5月23日（星期五）10:00~12:00 線上共備課程

活動時間	活動內容	地點（線上會議）
09:50~10:00	報到	Google Classroom
10:00~12:00	教師共備討論與分享	Google Meet 會議室

- 114年6月3日（星期二）課程討論與分享交流

活動時間	活動內容	地點（國立自然科學博物館）
08:50~09:00	報到	西屯路／人類文化廳入口
09:00~10:30	科學本質課程分享與討論	智慧科普教室
10:30~10:40	休息	
10:40~12:10	科學本質課程分享與討論	

12:10~12:20	後問卷	
12:20~13:30	午餐、綜合討論	
13:30	賦歸	西屯路／人類文化廳入口

共備研習課程內容如下所示。

<p>教育部國民及學前教育專業輔助中小學科學教育計畫</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <h2>科學本質與科學教育</h2> </div> <p style="text-align: center;">李偉廷</p> <p style="text-align: center;">臺中市沙鹿自造教育及科技中心 教師兼專業工作人員 國立中山大學教育研究所暨師資培育中心 博士生兼任講師</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <h3>科學本質</h3> </div> <ul style="list-style-type: none"> 什麼是科學？ 怎麼樣可以被稱為科學？ 科學應該要符合什麼樣的標準？ 科學有標準嗎？ <ul style="list-style-type: none"> 科學本質有一致性的觀點嗎？ 																																
<p style="text-align: center;">編譯者：蔡德財 (2006)；原出自 Noodam (1989)</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <h3>科學本質的多元性</h3> </div> <ul style="list-style-type: none"> 科學知識的本質：累積性、暫時性、可重複性、創造性、公開性、可預測性 科學探究的本質：質疑性、經驗性、實證性、理論負擔性、多元性、邏輯推論性、科學的限制 科學事業的本質：倫理與道德、科學家身分、科學社群、科學科技與社會 <p style="text-align: right;">高維廷、蔡明琪 (2004)</p>																																
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <h3>普遍性？獨特性？</h3> </div> <ul style="list-style-type: none"> 科學是全球化的嗎？具有普遍性嗎？ 還是會因為文化、情境、社會的差異而有不同呢？ 	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <h3>科學本質的框架</h3> </div>																																
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <h3>科學教師的科學本質-科學哲學</h3> </div> <table border="1"> <tr><td>PS03</td><td>以科學方法進行問題解決的步驟包括觀察、提問、蒐集資料、假設、探究活動、分析和結論</td></tr> <tr><td>PS07</td><td>訓練學生科學認知、探究能力、科學的態度與本質，並應用於生活中</td></tr> <tr><td>PS06</td><td>清楚的定義科學問題，並設定控制變因、操作變因與應變變因</td></tr> <tr><td>PS01</td><td>知識應建立在證據、假設和模型之上，且基於新的證據來修正原本的知識</td></tr> <tr><td>PS05</td><td>針對現象進行提問，並以嚴謹的邏輯論述原因</td></tr> <tr><td>PS02</td><td>科學的探究精神是有系統的解決問題方法，可以辨識出問題的可能原因</td></tr> <tr><td>PS10</td><td>理性思考、觀察判斷問題、設計解決方法、詳細記錄並依結果持續精進</td></tr> <tr><td>PS09</td><td>科學是研究自然的知識系統，並是許多探究成果的集結</td></tr> <tr><td>PS04</td><td>了解科學知識的形成方法，並接受科學方法可能會受到的限制</td></tr> </table>	PS03	以科學方法進行問題解決的步驟包括觀察、提問、蒐集資料、假設、探究活動、分析和結論	PS07	訓練學生科學認知、探究能力、科學的態度與本質，並應用於生活中	PS06	清楚的定義科學問題，並設定控制變因、操作變因與應變變因	PS01	知識應建立在證據、假設和模型之上，且基於新的證據來修正原本的知識	PS05	針對現象進行提問，並以嚴謹的邏輯論述原因	PS02	科學的探究精神是有系統的解決問題方法，可以辨識出問題的可能原因	PS10	理性思考、觀察判斷問題、設計解決方法、詳細記錄並依結果持續精進	PS09	科學是研究自然的知識系統，並是許多探究成果的集結	PS04	了解科學知識的形成方法，並接受科學方法可能會受到的限制	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <h3>科學教師的科學本質-科學史、科學心理學</h3> </div> <table border="1"> <tr><td>HS05</td><td>科學史的發展應著重在整個大方向的發展及演進，並結合知識的學習傳遞給學生</td></tr> <tr><td>HS03</td><td>從科學家的故事學習生活中學習解決問題的過程及其研究精神</td></tr> <tr><td>HS02</td><td>以實例說明科學如何一種接一種奠定基礎</td></tr> <tr><td>HS07</td><td>介紹各時期對於自然現象的解釋，以及各時期理論之缺陷，後繼又如何修正這些缺陷</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td>SP01</td><td>科學的發現需要好奇心</td></tr> <tr><td>SP03</td><td>應讓學生知道在具有扎實基礎的狀況下，獨立思考並判斷的重要性</td></tr> <tr><td>SP02</td><td>科技的發明需要創意</td></tr> </table>	HS05	科學史的發展應著重在整個大方向的發展及演進，並結合知識的學習傳遞給學生	HS03	從科學家的故事學習生活中學習解決問題的過程及其研究精神	HS02	以實例說明科學如何一種接一種奠定基礎	HS07	介紹各時期對於自然現象的解釋，以及各時期理論之缺陷，後繼又如何修正這些缺陷	SP01	科學的發現需要好奇心	SP03	應讓學生知道在具有扎實基礎的狀況下，獨立思考並判斷的重要性	SP02	科技的發明需要創意
PS03	以科學方法進行問題解決的步驟包括觀察、提問、蒐集資料、假設、探究活動、分析和結論																																
PS07	訓練學生科學認知、探究能力、科學的態度與本質，並應用於生活中																																
PS06	清楚的定義科學問題，並設定控制變因、操作變因與應變變因																																
PS01	知識應建立在證據、假設和模型之上，且基於新的證據來修正原本的知識																																
PS05	針對現象進行提問，並以嚴謹的邏輯論述原因																																
PS02	科學的探究精神是有系統的解決問題方法，可以辨識出問題的可能原因																																
PS10	理性思考、觀察判斷問題、設計解決方法、詳細記錄並依結果持續精進																																
PS09	科學是研究自然的知識系統，並是許多探究成果的集結																																
PS04	了解科學知識的形成方法，並接受科學方法可能會受到的限制																																
HS05	科學史的發展應著重在整個大方向的發展及演進，並結合知識的學習傳遞給學生																																
HS03	從科學家的故事學習生活中學習解決問題的過程及其研究精神																																
HS02	以實例說明科學如何一種接一種奠定基礎																																
HS07	介紹各時期對於自然現象的解釋，以及各時期理論之缺陷，後繼又如何修正這些缺陷																																
SP01	科學的發現需要好奇心																																
SP03	應讓學生知道在具有扎實基礎的狀況下，獨立思考並判斷的重要性																																
SP02	科技的發明需要創意																																

科學教師的科學本質-科學知識社會學

SSK05	科學邏輯思維有助於解釋社會現象，並掌握對資訊的辨識能力
SSK01	科學無法完全脫離文化而生存，受生活經驗、社會文化背景影響，且反映文化的需求
SSK08	科學牽涉人類發展脈絡，人類需求會推動科學發展，而科學發展也會改變人類發展
SSK06	科學發展推動文化與技術的進步與更新
SSK09	可以從科學發展過程探討不同時期科學家提出的問題與解決方法，或不同民族在生活中應用自然科學
SSK03	了解科學不惟是合作，也有競爭
SSK07	科學知識的傳播使全球的知識體系趨於一致，也導致地方傳統知識的流失
SSK04	強調科學對於特別在資源及機會上的平等

科學教師的科學本質-科學倫理學

SE01	科學可以便利生活，但也要遵守倫理、道德與法律的規範
SE02	應思考透過科學成就科技文明的原因與目的，以及科學真正的價值
SE03	應利用科學對社會與環境問題做出貢獻，以促進永續發展
SE05	以科學角度作為探討或解決社會議題的其中一種面向
SE06	科學的發展帶動經濟成長，使生活便利，但也可能造成貪心、浪費資源和汙染

科學教師的科學本質-科學教育

SED02	科學為了解決生活問題而開始思考，學校教育應給予學生適應未來生活的思考能力和探究空間
SED01	科技是科學的展現，鼓勵學生利用科學知識解決生活中的各種問題
SED05	學生需具備科學知識和論述能力，才能有效的表達自己的想法。
SED07	學校應讓學生體驗科學的知識、應用和探究
SED03	強調科學包括規律、模型和理論，透過科學的技術和應用可以解決社會問題
SED10	科學在生活中有許多器皿的工作原理，可以讓學生體會科學的實用性
SED09	中小學應於基礎科學的建立，與高階的科學運作概念相同，但呈現方式不同
SED08	科學知識應具有普適性，並接受詭辯的存在
SED11	科學教育應該包含抽象的理論模型與具體的物品，讓學生兩者連結起來

融入科學本質的課程設計

以往的課程設計.....	今天的課程設計.....
• 知識：學習內容	• 知識：課程主題（水運儀象臺）
• 行為：學習表現	• 行為：科學本質（挑選其中3-5項）
• 依據：核心素養	

課程設計可以加入**實地參觀、影片解說、積木模型製作、圖卡講解.....**等方式進行。

教師共備討論

STEP 1. 確認知識內容與範圍

- 水運儀象臺的機械結構複雜，運用相當多科學、科技與天文知識，在短暫的2節課之中不可能完全說明清楚，因此首先要確認這一次的課程要聚焦的內容與範圍。
- 建議可以從結構的功能及目標進行切割，聚焦每一次課程的目標。

STEP 2. 融入科學本質

- 科學本質的內容非常多元且繁雜，要在一次課程中完全讓學生學習全部的內容也是不可能的事情，因此需要進行挑選，從眾多的科學本質之中找出適合融入的條目來操作。
- 建議從科學哲學、科學史、科學知識社會學、科學倫理學及科學心理學，這**5個領域中至少包含3個以上的領域**。

STEP 3. 回應科學教育的本質

- 前面的知識內容與科學本質是為了讓課程目標更加明確與聚焦，而這裡的科學教育本質則是要回到如何教導科學的知識，並且反思自己的教學慣性。
- 請從科學教育的本質中挑選出**1-2項**在這次的課程中，預計要回應的具體內涵。

STEP 4. 草擬課程大綱

- 請以15分鐘為單位，將這堂課切割成6個時段，並大致寫上每一個時段預計進行的課程主題與方向是什麼。(如果可以將時間切割得更細，那更好囉)
- 屆時進行課程前會安排導覽解說的時段，因此可以預設學生已經聽完導覽解說，接著進行課程設計。
- 請將這些時段的預定安排完成在表單之中。要記得所有的**課程設計都要呼應到前面寫的科學本質**喔

STEP 5. 思考所需材料

- 課程進行總是需要一些材料或教材，幫助學生能夠更快速的了解內容。因此如果課程需要任何的教材、教具與材料，都要先提出來囉。
- 由於本課程的出發點是實作與探究，因此除非有特殊原因，否則所有教材都是以**(至少)一組一份**的數量來規劃。

經過大約3週的共備討論及測試之後，共計完成2套中國傳統科學相關的課程設計，分別是「水運儀象臺-擒縱系統」及「水運儀象臺-星體追蹤」。

【研究四】評估融入科學史與科學哲學的科學課程對學生學習成效的影響

本階段延續上一個階段的課程設計，邀請國中及高中學生參與課程活動，由於學生均為未成年人，考量研究倫理問題，故在課程進行前即發放研究同意書，並進行前測問卷。隨後安排了4場次的課程活動，由教師、博物館導覽員及研究員共同進行課程授課，課程表如下：

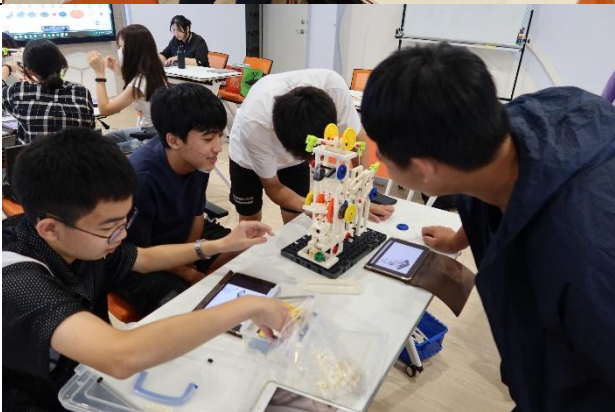
● 上午場

活動時間	活動內容	地點（國立自然科學博物館）
08:30~09:00	報到、課程說明	西屯路／人類文化廳入口
09:00~09:45	水運儀象台導覽解說	人類文化廳1樓
09:45~11:15	課程試教	智慧科普教室
11:15~12:00	問卷及訪談	
12:00~12:30	綜合討論	
12:30	賦歸	西屯路／人類文化廳入口

● 下午場

活動時間	活動內容	地點（國立自然科學博物館）
12:30~13:30	報到、課程說明	西屯路／人類文化廳入口
13:30~14:15	水運儀象台導覽解說	人類文化廳1樓
14:15~15:45	課程試教	智慧科普教室
15:45~16:30	問卷及訪談	
16:30	賦歸	西屯路／人類文化廳入口





肆、目前完成之進度

預計行事	113					114						
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
【文獻探討】科學史與科學哲學脈絡												
【研究一】與科學博物館梳理科學史脈絡												
【研究二】科學史與科學哲學德懷術研究												
【研究三】教師專業社群發展課程												
【研究四】課程介入及學生學習成效評估												
資料分析與結果報告撰寫												

伍、預定完成之進度

預計於7~8月間完成學生問卷、課程錄影、教師訪談及課程內容之各項資料分析，並以量化為主、質性為輔的方式呈現。此外，配合倫理審查委員會之要求，將於結案後繳交相關報告書等資料。

陸、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)

1. 科學哲學對於教師來說是相對陌生的概念，因此在進行教師共備時避開直接使用科學哲學一詞，而是採用對於科學教師來說較為熟悉的科學本質，並在其中融入科學哲學、科學史、科學社會學、科學心理學、科學倫理等面向，以降低教師的焦慮。
2. 此外，對於參與教師及學生來說，參與的誘因很重要，畢竟是額外的課程與作業，若能利用計畫給予部分誘因(如餐點、交通費或材料費補助)，對教師及學生來說都能大幅增加參與的意願。
3. 學生問卷的回覆品質須由教師協助把關，大部分學生對於填寫問卷都有不耐煩的現象，因此要如何將問卷包裝，或是透過其他方式進行資料收集，是重要的課題。本研究的方式是透過加入反向題及複本來避免學生在前測及後測時有記憶效應，並且也降低學生對於重複填寫問卷的反彈。
4. 最後，本研究發現科學本質對於學生來說，並不容易於短期的課程中產生改變，因此建議未來對於科學本質的相關研究，需要延長介入及資料收集的時間，透過長時間的課程引導，使學生逐漸對於科學本質產生不同的想法，進而達成教學目標。