

教育部109學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：(44) 國中教科書實驗轉化探究課程以提升學生科學素養之研究

主持人：黃正龍

E-mail：clhuang21@apps.ntpc.edu.tw

共同主持人：徐俊龍、陳敏華

執行單位：新北市立永和國中

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) 自然科探究教案設計原則與案例探討

時間：2021.06.19 (六) 14:00~16:00

講師：國教院助理研究員 蕭儒棠老師

(2) 自然科探究教案設計

時間：2021.06.22 (二) 14:00~16:00

出席專家：

a. 新北市海山高中理化科 胡心如老師

b. 新北市光榮國中生物科 王冠婷老師

c. 新北市達觀國中小生物科 莊剛名老師

(3) 自然科探究教案調整

時間：2021.06.29(二) 14:00~16:00

出席專家：

a. 新北市海山高中理化科 胡心如老師

b. 新北市光榮國中生物科 王冠婷老師

c. 新北市達觀國中小生物科 莊剛名老師

(4) 自然科（生物、理化）探究實作活動發展

2021.07 校內自然科教師

(5) 自然科（生物、理化）探究實作活動演示

2021.07 校內自然科教師

(6) 公開觀課

a. 生物科（2020.10、12；2021.01）一七年級

b. 理化科（2020.10、11、12）一八年級

4. 辦理活動或研習會對象：外聘或內聘講座（含國教院研究員、校外講師等）、開放計畫成員與校內自然科學領域教師
5. 參加活動或研習會人數：10-15人／場
6. 參加執行計畫人數：5人
7. 辦理/執行成效：

本計畫執行一年以來，透過教師將發展與實施的探究課程模組結果，依據蒐集的資料進行分析，多數學生對於課程模組科學探究學習經驗多具有高度的科學學習興趣表現，仔細分析則可發現不同學生族群所表現的學習特性與回饋有所不同，普通生在科學興趣的多個層面有較明顯成長的表現，資優生（含七、八年級）在不同興趣面向則有不同表現。透過學生對於自我學習歷程闡述、觀課教師回饋與教學者的教學反思，研究團隊也與觀課教師交流經驗並調整探究課程模組，辦理相關研習，在領域研究會、校內外社群共備時與教師夥伴交流，藉以深化教師共備文化的廣度與深度。

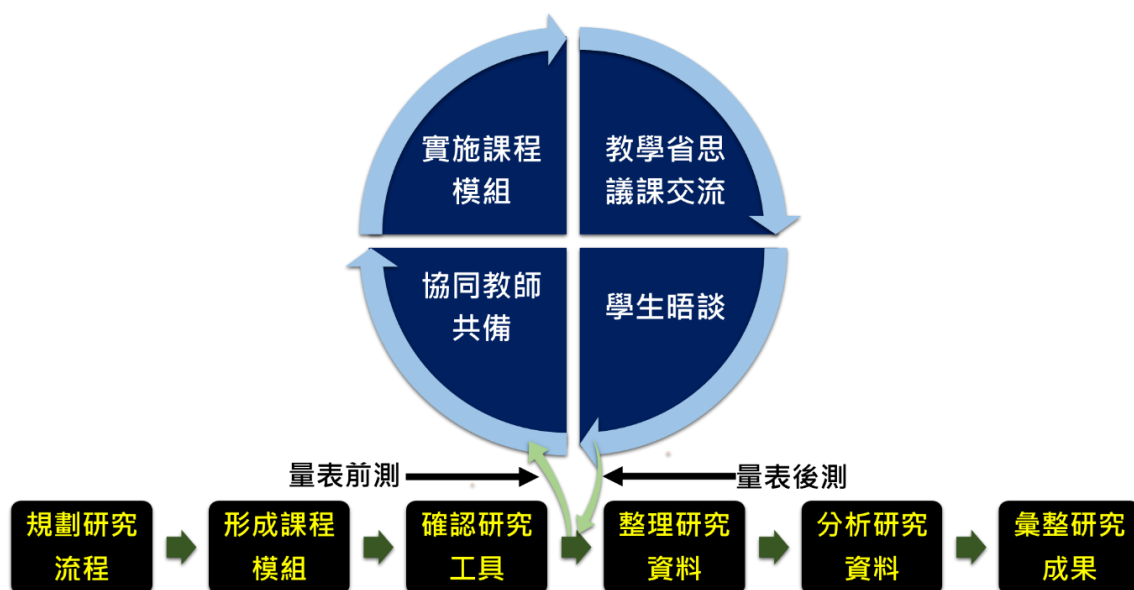
二、計畫目的

- （一）發展並實施探究課程模組，了解學生的科學素養展現。
- （二）反思探究課程模組的實踐，深化探究課程設計的模式。
- （三）探究課程模組的持續共備與調整，促進教師專業成長與交流。

三、研究方法

本研究計畫發展之初，原設定以行動研究取向進行課程研究，但後經計畫團隊討論並確認，基於本年度計畫主要目的：實施探究課程模組了解學生科學素養展現，並藉以促進教師共備文化的深化，故改採擬個案研究法（多個案）進行研究。概要研究流程與資料蒐集處理與分析的方式如下。

（一）研究流程



圖一 研究流程

本研究中的課程模組實施期程如表一，發展形成的生物科、理化科共計6個探究課程模組（教學活動設計），教學者包括兩位老師（生物科、理化科各一），生物科教師僅任教資優班，理化科教師則無任教本研究中的班級。

表一 探究課程模組實施期程

實施月份 年級	109年10月	109年11月	109年12月	110年1月
七年級	酵素		神經傳遞路徑	恆定性
八年級	波的性質與波速	光的反射與折射	熱量對物體上升的影響	

（二）資料蒐集、處理與分析

本研究使用的工具包括量表（前、後測）、晤談、教學觀察紀錄（觀課表）、教學省思札記等，另參考學生學習文件作為佐證資料之一。課程模組實施對象包括七年級普通生（29人）、七年級的數理資優生（15人）以及八年級的數理資優生（15人），晤談人數則為各施測班級中的3位學生，於各課程模組實施後的一週內進行晤談。

四、研究成果

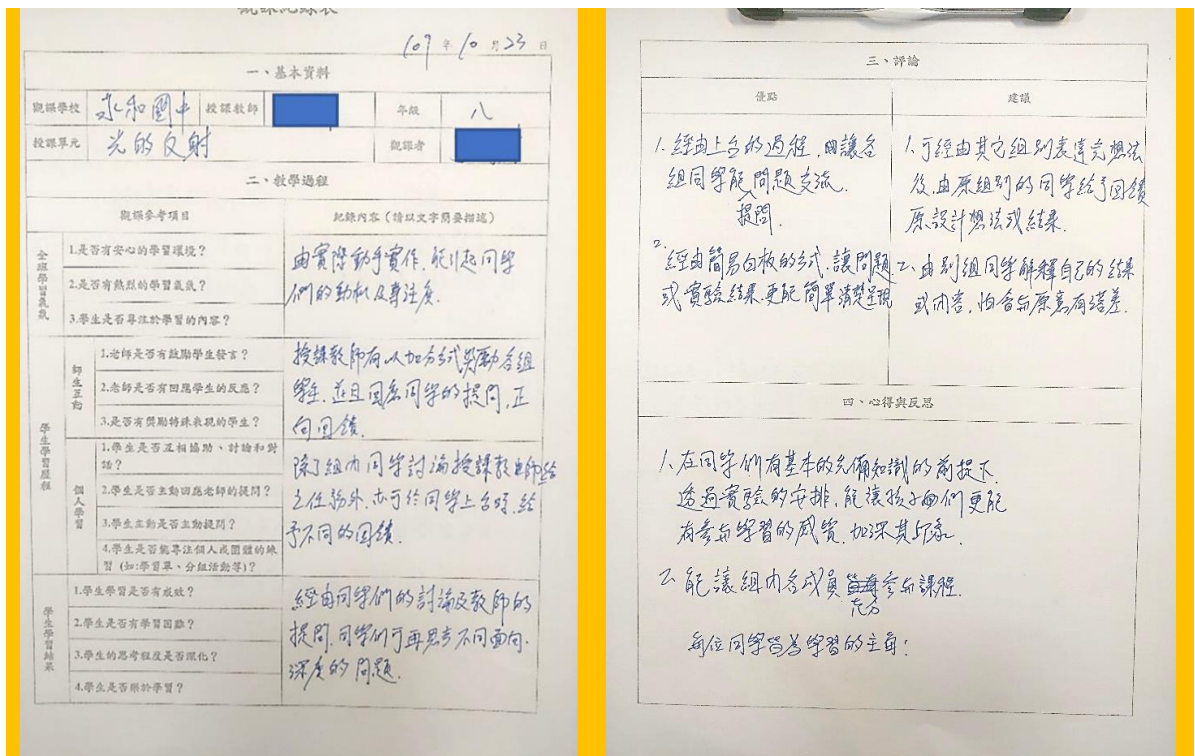
依據本研究目的，茲將研究成果臚列三點並概述如下。

（一）學生在探究課程模組中的學習歷程經驗

本研究中的七、八年級學生分別經歷3個課程模組學習經驗，課程模組彼此之間有部分的探究能力關聯與延續，但主要仍以單元內容作為區分。相較一般的課程設計，學生在模組課程經驗中，具有較多的機會進行討論，自發或合作發展探究活動，例如：觀察、形成假設、設計實驗、分析與發表實驗結果等。

1. 課堂活動紀實（以下僅列舉部分事例或現象）

- （1）透過公開觀課活動時的觀課教師紀錄與議課，觀課教師表示透過小組合作與引導對話的安排設計，相對於直接進行課本實驗，在模組課程中學生普遍參與度高，也觀察到學生在具有主動參與實驗設計的機會時，較具有科學學習與探究動機。



圖一 觀課教師的回饋

(2) 課堂時間有限，教師為了提供充分的時間讓學生發展或沉浸在探究活動中學習，教師須盡量有效地依據學生的討論內容，了解學生對學科概念與探究能力的認知情形，藉以協助學生建構與調整該課堂中的探究任務。



圖二 學生在課堂中探究學習的影像

教師對於透過教師引導「如果阻尼...，會怎麼樣？」，學生自由根據觀察到的結果，進行比較變因產生時的差異，解釋「振盪」與「脈波」的差異，也提供關於「固定端」或「自由端」的差異。(師 B-10910)

教師於課堂中，可多了解各組學生是否有討論。學生雖然有分組，但是，未看見太多討論過程，例如，「如何測量波速？」這邊可以先讓學生討論。先探索再歸納，避免台下學生只是用看的，或由教師讓學生猜測哪些操作變因可以探討..... (師 B-10910)

我們發現引導性的問題能促進學生思考，進而關聯教師預先設計的探究學習活動，讓學生更主動地進行並持續關心自己的實驗結果（如圖一），透過探究活動理解概念。此外，我們也發現，課堂中的學習任務需要明確，提問引導需要脈絡，且須能具備因應學生回饋的彈性，以便學生能將課堂中的大多時間作為討論或進行探究活動，而教師也不會因而感到龐大的教學進度壓力。

2. 學生的概念理解與探究能力情形（以下僅列舉部分事例或現象）

- (1) 學生藉由課程模組經驗逐步建構探究能力，例如：八年級第三次進行課程時，在課堂活動中已能展現設計實驗與討論實驗結果的探究能力學習表現。
- (2) 學生在第二次或第三次模組的學習經驗中，便能知覺到「教師引導學生進行探究」的目的，也提出對於進行課本實驗轉化的科學探究實驗有較佳的學習意願與學習效果，並能主動發表各自的實驗設計與結果。

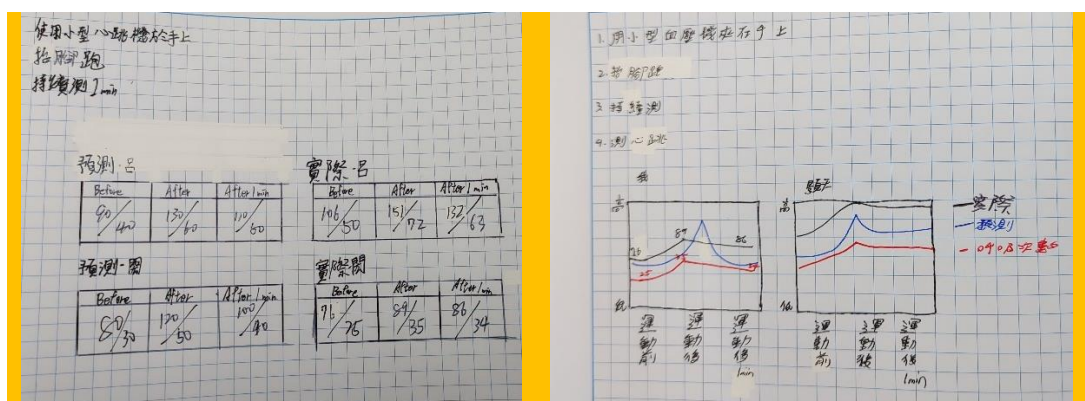
.....老師會拋出一些問題.....後來就知道老師（提出的問題）是要我們設計出一個接尺的實驗。(7資 A-10910-2)

.....有些問題感覺是老師在看看我們的想法，然後（引導）再讓我們做實驗.....我滿喜歡這樣可以自己動手驗證實驗的上課方式。(8資 B-10910-2)



圖三 學生在課堂中發表各自設計實驗的結果與回饋

- (3) 少數學生具備圖表設計或紀錄的先備經驗，多數學生則能透過師生、小組討論而運用圖表紀錄，透過此模組課程經驗，學生在課堂中的學習記錄表現出學生進行實驗設計的意識與能力，學生在進行實驗或嘗試理解現象概念時的動機也較高。



圖四 學生設計實驗紀錄的形式

.....若是讓學生可以設計實驗表格和步驟，可能更好，展現學生主動性，也較有實驗進行的效率.....學生在可小組操作實驗的過程，互動熱絡。此次進行實驗前，沒有告訴學生實驗後要怎麼呈現實驗結果，建議以後可以先說明從設計實驗、操作實驗、實驗結束後各組所需要進行的任務。(師 B-10910)

.....若是各組的組員間可以有足夠時間進行對話，老師在小組間檢視學生的表格設計時，學生在從數據變成波速時，會有較多討論。而教師提出問題，引導學生進行對於波速計算的反思「為什麼要乘以9？」給予學生對於科學探究過程中解釋科學原理的機會。(師 B-10910)

由此發現學生對於實驗自主性的認知情形高，通常會表現出較高的學習動機，然而，即使課堂中的學生進行探究學習的歷程看似平順，透過教學省思，教師仍能思考並獲得日後更完整的調整方向或策略。

(二) 學生的科學素養展現 (科學學習興趣)

透過興趣量表調查七年級普通生、七年級與八年級資優生科學學習興趣的前、後測結果，發現七年級普通生在具備探究課程模組學習經驗之後，整體表現的分數微幅成長(如表二)，其中在「感受科學探索與科學學習過程的樂趣」面向有顯著的提升(原先3.70，後來3.89)，其餘面向則雖未有顯著提升，但後測的平均分數則多高於前測的平均分數。

表二 七年級普通生科學的科學學習興趣表現

科學學習興趣面向	前測		後測		T 檢定 p 值
	平均	標準差	平均	標準差	
藉由科學探索活動，對於科學現象的原理產生好奇	3.89	0.77	3.79	0.85	0.329
感受科學探索與科學學習過程的樂趣	3.70	0.75	3.89	0.75	0.040*
樂於主動參與與同學的討論與分享有關科學的學習	3.82	0.83	4.05	0.78	0.116
能應用所學到的科學知識或方法於自然現象的觀察，建立對科學學習的自信心	3.71	0.82	3.93	0.86	0.089
整體	3.78		3.91		

晤談學生發現，也能部分呼應此調查結果，學生的學習興趣，似乎和學生個人學習主導程度有關，這可能提供學生較大的學習自主權，進而誘發學生的學習興趣有關。而由於教學者本身並非原班授課教師，學生的表現是否和教師的教學風格與互動策略技巧有關，還需進一步的研究其間的關係。

老師在帶我們做實驗的時候，和其他實驗比較不一樣的是會一直問我們問題，讓我們表達自己想要的想法..... (7普 A-10910-1)

這個實驗(接尺)很有趣.....我們討論很多可能會影響接尺(反應時間)的因素..... (7

普 B-10910-2)

這(恆定性實驗)和之前的實驗(接尺)很像.....,老師讓我們自己先預測,我本來預測的是會變快然後一直維持變快(脈搏次數).....後來發現(結果)不是我的想法(7普 B-11001-3)

七年級普通生對探究課程模組學習經驗多數是肯定的,對於探究歷程也多表達高度的興趣,然而,透過表三,可發現七年級資優生的科學學習興趣整體略為下降,僅在「樂於主動參與和同學的討論與分享有關科學的學習」面向略微提升。前測表現略高於普通班前測表現,但後測表現略低於普通班後測表現。

表三 七年級資優生科學的科學學習興趣表現

科學學習興趣面向	前測		後測		T 檢定 p 值
	平均	標準差	平均	標準差	
藉由科學探索活動,對於科學現象的原理產生好奇	3.78	0.41	3.77	0.58	0.901
感受科學探索與科學學習過程的樂趣	3.81	0.52	3.62	0.70	0.229
樂於主動參與和同學的討論與分享有關科學的學習	3.91	0.62	3.99	0.63	0.600
能應用所學到的科學知識或方法於自然現象的觀察,建立對科學學習的自信心	3.81	0.63	3.81	0.89	1.000
整體	3.83		3.80		

透過晤談與平常課堂的觀察,或許是資優生普遍對於數理學科有較多的興趣,或是平常學生多已習慣師生互動頻繁的模式,又或是學生對於自我理解生物相關概念的信心普遍相對於普通生較高。關於此現象結果,透據晤談資料或可推測其原因。

我本身算是喜歡做實驗,所以這堂課(酵素)我其實還可以,(老師)上課的方式和平常差不多.....(7資 B-10910-1)

我覺得 OO 老師會拋出一些問題讓我們思考要怎麼做實驗,一步一步引導的感覺.....(7資 A-10910-2)

OO 老師是常常要我們進行小組討論,自己設計實驗啦,有時候可以從別人(同學)得到一些靈感,但常常在要決定事情的時候,有時候就會遇到一下困難.....然後實驗來不及就下課了.....(7資 C-11001-3)

若是不論學生和教學者之間關係緊密度,學生學習興趣略微降低可能和本身的數理資優特質或學習習慣有關,但詳細的因素仍需要更深入的探討。至於八年級學生的科學興趣表現結果(表四),則是在整體與各面向都有提升,雖皆未達顯著差異,但可發現多數學生對此學習經驗是表達正向態度的。

表四 八年級資優生科學的科學學習興趣表現

科學學習興趣面向	前測		後測		T 檢定 p 值
	平均	標準差	平均	標準差	
藉由科學探索活動，對於科學現象的原理產生好奇	4.10	0.68	4.52	0.62	0.460
感受科學探索與科學學習過程的樂趣	4.06	0.63	4.28	0.68	0.401
樂於主動參與和同學的討論與分享有關科學的學習	3.87	0.66	4.22	0.52	0.300
能應用所學到的科學知識或方法於自然現象的觀察，建立對科學學習的自信心	4.31	0.40	4.48	0.51	0.363
整體	4.09		4.38		

依據學生的晤談，可以發現學生對於在學習歷程中是否具有彈性自主的意識是相當明顯的，也能感受到老師在過程中引導思考的作用；並且，能發展並透過實驗驗證自己的想法，對於控有學習主導權的感受是深刻的。

我覺得 XX 老師很好，會讓我們動手做實驗，驗證我們自己的想法……（8資 A-10910-1）
XX 老師在讓我們做實驗的時候，會一直問一些問題……，有些問題感覺是老師在看看我們的想法，然後（引導）再讓我們做實驗（8資 B-10910-2）

XX 老師會先給我們問題，讓我們去討論再想一想怎麼做……雖然我們花了很多時間在討論，下課時間有點來不及，但做實驗（驗證想法）很有趣，謝謝老師（8資 C-11001-2）

整體而言，學生對於在課堂中擁有自主的彈性和學習興趣之間的關聯度可能是相當高的，老師在其學習過程中相對重要的是引導學生的思考脈絡，而課堂中的提問與引導策略便是關鍵。圖五中為八年級課程模組中學生的探究學習歷程，包括教師提供與說明現象、引導學生觀察、思考與設計問題，進而實作、蒐集資料與驗證想法等歷程。



圖五 小組討論與實作

(三) 教師共備文化的形成與推廣

除了透過課程模組形成與實施歷程，了解學生科學探究學習能力與態度（興趣）的表現，本研究也希望能夠過課程模組的形成，促進模組課程的推廣價值，深化教師共備文化。因此，除了公開觀課活動中邀請校內教師備課、觀課與議課，在校內、外社群活動或研習活動的歷程中，把握機會與教師交流，並且致力促進校內教師進行共備的動機與參與程度。

1. 探究課程模組的發展與調整

(1) 探究課程模組內涵理解（共備）

邀請校內自然領域教師共備課程模組，邀請教師進行觀課，鼓勵教師嘗試將模組課程的精神或設計內涵運用於其授課班級。擴大課程模組的實施雖非本研究的主要目的之一，但仍鼓勵共備教師將其轉化實施於各自的任教班。



圖六 課程模組的共備與觀、議課說明

(2) 探究課程模組的個別化與彈性

教師的任課班級學生特性與課堂教學風格不盡相同，課程模組提供教師轉化而發展出具有彈性且個別化的課程內涵。透過共備與實施課程模組的歷程，教師對於課程教學目標的掌握性較高，且能因應教師所在課程脈絡進行彈性的調整。

各個課程模組都有設定的主要教學目標，例如：〈酵素〉課程著重在「形成假說」，〈神經傳導路徑〉課程著重在「實驗數據處理」與「建立模型」，〈恆定性〉課程則著重在「實驗設計」及「解決問題」，而各個課程設計讓學生學習製作及解讀的圖和表也是循序漸進的。雖然在不同班級不同課程都會遇到不同狀況需要適時調整，但我充分體會有既定目標真的比較不會偏離航道或者一直重複訓練學生一樣的技能。（師 A-11001）

2. 探究課程模組開發的深度與廣度

(1) 精緻化探究課程模組

透過課程模組的實施，研究者（含教學者）透過教學經驗與研究結果進一步回饋課程模組，例如：核心概念的提取、關鍵提問的設計等，都是研究者後續再精緻化探究課程模組的策略。

(2) 推廣探究課程模組

藉由課程模組的實施，以及學生參與課堂實景與觀課教師觀課心得，研究者

在校內、外教師社群活動把握機會與其他教師進行共備或交流教學經驗，廣邀校內教師於來年參與探究課程模組的執行，或針對已發展的課程模組提供意見等，促進教師共備文化的深化，同時關心學生科學探究學習知能與科學學習興趣。



圖七 校內、外共備研習活動紀實

此外，課程模組共備確實是需要的，透過共備、觀課與議課的交流回饋，教師往往會有不同的體察或省思，但也因為如此，更能精緻化個人的教學目標設計以及教學引導策略的運用。

在課前與共備夥伴討論課堂執行的時候，我總會想找到許多可以引入課室對話的素材……，課堂進行中也常因為學生當下未預期的有趣回應而脫離原本設計主軸太遠，或者不小心問了自己忽然想到的有趣問題……。(師 A-10910)

「酵素」課程進行中，我在實驗前引導學生分組討論我的提問：「哪些因素可能影響口水對澱粉的作用？」並在提出看法後，進一步以溫度因素提出：「那你認為溫度會怎麼影響口水對澱粉的作用？」「你想要設定哪些溫度？」……等問題時，忘了掌握這堂課主要目的是讓學生「依據設定的因素形成假說」……(師 A-10910)

我認為自己往常的教學活動，雖說對於引導學生探究總是念茲在茲，但在教學過程中不自主地過度著重在「自己想要呈現的樣貌及概念技能」並欠缺「對學生知能的培養需有系統化的安排」，仗著自己與學生對話互動的能力恣意天馬行空，因而常常忽略「觀察學生在課堂所設定之科學素養的學習表現」，甚至未明確設定課堂中希望聚焦的學生學習表現)也就較少意識因應學生在課堂學習表現進行即時或後續的調整。(師 A-11001)

透過本研究的成果，可得知設計並實施探究課程模組，除了能提升教師教學的探究教學知能，也能維持或提升多數學生的科學興趣，進而協助其發展適當的科學概念架構，是相當有意義且值得自然科學教師精進探究教學的途徑。而透過共備的歷程，形成或深化教師共備文化，也是促進教師探究教學知能的良好策略之一，除了課程模組內涵的交流與分享，更是課程模組設計理念與實務的推廣。

五、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

透過本計畫執行歷程與結果，研究團隊提出以下幾點進行討論，並針對遭遇之困難嘗試提出可行的解決方法。

（一）教師對探究課程模組實踐的顧慮

由於教學進度、備課所花費成本……等考量，多數教師害怕進行探究課程，尤其對學校設備或學生探究知能等信心不足。

→透過執行計畫經驗，研究團隊認為本計畫的課程模組便是以貼近教學現場的內容作為主要內涵，並設計一般學校皆可近用的設備材料作為探究的工具，降低教師在進行課程教學設計時的阻礙，提供教案作為教師教學實施或轉化的參考

（二）教師教學慣性

教師本身的教學風格多半已建立且可能穩固，對於既有教學策略亦有所依賴，改變可能不易於朝夕之間就發生。

→透過計畫中的課程模組設計，我們嘗試聚焦探究教學歷程中的關鍵提問設計，以促進教師由內而外地理解並調整教學策略，例如：增進課堂教學目的之聚焦、關鍵問題之提問等等能力，進一步調整教學活動之設計。並另透過案例與經驗的分享，降低教師對於教學改變的焦慮，分享探究教學對於學生科學學習的助益性（包括興趣），提供探究教學的有效策略，提高教師進行探究教學的意願（無論是否運用或轉化本計畫中的課程模組）

（三）共備文化的形成

習慣單打獨鬥的教師文化仍然不易撼動，可能由於諸多因素而導致教師之間的專業交流不易發生，即使在所謂教育翻轉的當代，這樣的現象仍顯見於教學現場。

→製造對話機會、正式與非正式地的場合中引發教師對於探究教學的動機。例如：在教師公務群組中分享探究教學的成功案例或困難，引發教師參與了解並試作、協作的動機，乃至於邀請教師審視課程模組、進行觀課或給予教師教學的回饋，降低教師對於探究教學的擔憂；或是在研習場合中提供成功或失敗的經驗，與同儕教師共謀解決之道等。

（四）探究課程模組的開發

部分教師對於探究課程的想像，須包含許多精準的工具儀器，又或是需要龐大的設備資源才能進行探究。

→針對現場教師持有這樣的想法，本研究團隊也有諸多類似的發現，故本計畫中以教科書內容為基本，目前揀選的單元內容在轉化而執行探究課程模組時，毋須過多複雜或所謂精密的工具。此外，若課程模組單元設計中的活動並非教科書的既定實驗活動時，透過課程模組的設計可發現，亦在進行探究課程實務時，同時促進學生理解科學概念。

（五）研究工具與效度的限制

此項為研究團隊對於自我研究精進的項目，由於進行研究資料的蒐集時，使用的工具主要來自於團隊的詮釋與共識，關於量表內涵亦為參考他人的研究與課綱的內涵，所形成面向與指標內涵是否能夠作為判斷學生科學學習興趣表現的根據，尚待更進一步的釐清與探討。