

114學年度科學教育專案年度成果報告綱要

計畫編號：40

計畫名稱：科學「動」起來-新興國中與成大科教中心共創探究實驗新視野

主持人：陳懿芳

執行單位：台南市新興國中

目錄

目錄	2
壹、計畫目的及內容：	3
貳、研究方法及步驟：	5
1. 研究方法與步驟	6
2. 學習成效評估方式	7
參、目前研究結果：	8
1. 學習成效評估	10
(一) 學生參與情形與問卷回收狀況	10
(二) 第一次課程學習成效分析—光與色彩概念	11
(三) 第二次課程學習成效分析—波動與光學現象	13
(四) 第三次課程學習成效分析—通訊與數位科技素養	14
(五) 學生質化回饋分析	16
(六) 七、八年級學習差異分析	16
2. 課程規劃與教材研發	17
3. 學生概念理解與年段差異情形	18
4. 探究與實作課程之教學發現	19
5. 教師專業成長與跨校合作成果	20
6. 目前整體執行進度情形	21
肆、建議與討論：(含遭遇之困難與解決方法)	21
1. 跨校合作與課程落地之挑戰	22
2. 探究課程具有高度連續性	22
3. 實作活動不等於概念理解	23
4. 探究課程評量方式之調整	24
5. 教師專業成長與課程推廣價值	24
伍、參考資料：	25
陸、附件：	26

壹、計畫目的及內容：

新興國中與成大科教中心的合作，是一項跨階段學習的教育創新。此合作不僅拓展了國中科學教育的課程視野，更提升學生的科學素養與實作能力，讓基礎實驗延伸出更多元且生活化的應用，使學生體會科學的魅力，開拓對未來學習的視野。

成大科教中心提供多元資源與動手實作課程，使學生透過實際操作與問題解決，從被動接收轉為主動探究，培養科學思維與解決問題的能力。除了學科知識的提升，這樣的合作還拓寬了學生的視野，科學教育不再侷限於課本上的理論，學生有機會接觸到當前科學研究成果與新興技術，將抽象理論具體化，進一步理解科學與生活的連結，激發學習動機與持續探索的熱情。

此外，跨階段的合作也促進教師專業成長。透過與科教中心的交流，教師得以吸收先進教育理念與科學知識，強化教學與課程設計能力，將實作課程融入日常教學，提升教學品質與學生學習成效，並進一步發展系統性的科學課程模組。藉由建立跨校、跨階段的合作模式與課程模組，未來可作為其他學校推動科學教育創新之參考，進而形成資源共享、專業共學的教育社群，共同提升國中學教育品質與創新發展。

綜上所述，本校申請本研究計畫的目的如下：

1. **培養學生科學素養：**透過成大科教中心的實作課程，強化學生探究能力與系統性思維，從動手操作中學習提出問題、設計實驗、分析數據與歸納結論，轉化為積極的學習者。

2. **拓展學習視野：**引進大學最新科學研究成果與技術，幫助學生理解科學與生活的連結，將抽象理論具體化，激發學生對科學的熱情與探索的動力。
3. **提升教師專業：**透過與成大科教中心的合作交流，強化教師科學教學與課程設計能力，推動教學創新。
4. **創新教學方法與內容：**將動手實作的教學模式融入常態課程，豐富教學內容與方法，提高學生學習興趣與成效。
5. **建立永續合作模式：**促進中學與大學科教資源共享，建立長期穩固的校際合作機制，提升整體科學教育品質。

本計畫將以「光通訊」為課程主軸，課程安排與調整說明如下：

1. 針對國中七至八年級學生，設計一套結合光學原理、訊號編碼與解碼、資訊傳輸與動手實作的科學探究課程。課程融入工程素養與資訊科技元素，採學生合作探究與實作導向，預期可培養學生科學思維與創造力，提升其科學興趣與未來素養。
2. 同時，本校結合校內自然領域教師、科技中心資源，與具物理與光電專業之大學教授協作，進行教材研發與課程實作。後期亦預計辦理教師研習工作坊，推廣本課程模組與教具，分享教學經驗，並銜接區域自然科輔導團，促進更多學校運用與擴散。

本計畫原以「光通訊」為主要課程主軸，實際執行過程中，教師團隊發現學生在進入光通訊探究前，需先建立波動、聲音、訊號與電磁感應等基礎概念，因此後續課程增加「波與聲音」、「訊號與頻率」、「數位與類比訊號」、「電磁感應」及「光電轉換」等基礎課程內容，並透過摩斯密碼解碼、phyphox 波形觀察、喇叭製作、密室逃脫任務與訊號傳遞實驗等活動，將抽象科學概念具體化，提升學生學習動機與探究參與度。

課程設計上，除強調探究與實作外，也融入任務導向與遊戲化學習元素，鼓勵學生透過小組合作、問題解決與實際操作，逐步理解訊號如何被傳遞、轉換與解碼，並建立科學概念與生活科技之連結。學生除能實際觀察聲音波形與頻率變化外，也能透過光訊號與電路操作理解現代通訊科技背後的基本原理。

貳、 研究方法及步驟：

計畫擬透過課程開發、教學實施與成效評估三大主軸，逐步推動教材與教法的研發，透過國中教師與大學端科教團隊共同合作，逐步發展符合國中生學習需求之光通訊探究課程。研究過程中除重視學生科學概念理解與探究能力發展外，亦強調課程於實際教學現場中的可行性與適切性，並透過滾動式修正方式持續優化課程內容。

教師於課程實施過程中，持續透過學生課堂反應、觀課回饋、問卷調查與教學討論進行課程調整，以提升學生學習成效與課程品質。

1. 研究方法與步驟

整體計畫將分為三階段執行：

第一階段：課程規劃與教材研發

(114-1上學期8-11月共備，外聘教授3場諮詢，每次2小時)

- 盤點國中自然科學與生活科技的教學主題與學習目標，設計課程架構。
- 與大學教授及自然領域教師協同會議，討論光通訊課程內容、教具設計與學習活動流程。
- 編撰教學模組初稿、活動指引手冊。
- 建立前測工具與學習歷程記錄表。
- 辦理教師共備會議，修正課程內容。

第二階段：課程實施與修正調整（預計上學期11月到115年05月，5場觀議課，每次2小時）正式實施光通訊課程，每週2節，共9週。

- 實作活動包含：光纖傳輸模擬、雷射訊號編碼遊戲、解碼任務挑戰等。
- 教學中同步紀錄學生表現與學習回饋，並依實際情況微調教學內容。
- 過程中邀請協同教師或專家進行課堂觀課與回饋。

第三階段：成效分析與成果推廣（預計115年03-07月，外聘教授諮詢2場*3小時、3場*2小時；辦理1場講座，每次3小時）

- 彙整課程成果資料（學生作品、影片、照片、課堂紀錄）。
- 實施後測及學習成效分析，撰寫成效報告。

- 完成科學教育課程模組、教材彙編。
- 辦理教師研習工作坊，分享教學流程與課程成果，推廣至區域輔導團與其他學校。

2. 學習成效評估方式

本計畫採多元評量方式進行學生學習成效分析，除量化問卷外，亦搭配質性觀察與學生回饋，以掌握學生概念理解與學習參與情形。

(一) 前後測與問卷調查

課程共實施三次問卷調查（含前後測），內容包含：光的顏色組成概念、波的概念理解、通訊概念理解、電磁感應概念、二進位與數位化概念、類比與數位訊號、波形與訊號理解、科技應用與生活連結，透過前後測比較學生於課程前後之概念理解與學習變化。（第一次問卷、第二次問卷、第三次問卷前測、第三次問卷後測）

(二) 形成性評量

考量探究與實作課程需投入較多時間於操作與討論，若安排大量紙本學習單，易壓縮學生實際探究時間，因此本計畫後續以形成性評量方式為主，包括：課堂即時提問、小組討論觀察、學生口頭回饋、操作歷程觀察、任務解碼表現、實作成果展示，透過即時互動與操作觀察，掌握學生對抽象概念之理解情形。

(三) 學生心得與質性資料分析

課程結束後，蒐集學生課程心得與回饋資料，分析學生對課程興趣、探究參與、實作活動、概念理解、學習困難等面向之感受與意見。(心得問卷)

此外，亦蒐集協同教師觀課紀錄與教學反思資料，作為課程修正與成果分析之依據，以建立完整之研究歷程與教學反思脈絡。

參、目前研究結果：

本計畫以「光通訊」為主題，結合波動、聲音、訊號、光學與數位科技等概念，透過探究與實作導向課程，引導學生從生活情境中理解科學原理。課程實施過程中，教師團隊透過前後測問卷、學生心得、課堂觀察、觀課紀錄與教學反思等多元資料進行分析，逐步掌握學生學習情形與課程實施成效。

課程原規劃以「光通訊」為主題，後續於實際共備與試行過程中，發現學生需具備波動、聲音、頻率、訊號與電磁感應等先備知識，方能進一步理解光通訊相關概念。因此，教師團隊於課程實施前與實施過程中，逐步加入「波與聲音」、「訊號與頻率」、「數位與類比訊號」、「電磁感應」與「光電轉換」等基礎課程內容，建立學生完整之概念鷹架。透過生活化情境與任務導向活動，引導學生逐步建立抽象科學概念。114學年度執行的課程架構與時間詳如下表，

表1、計畫課程的架構及時間：

課程項次	單元主題	教學重點	上課時間及老師
1	認識光與光的直線傳播 -光與其組成	光的基本性質、可見光範圍、生活中光的應用	時間：114年12月29日 上課老師：王昱堂(成大博士班) 協同教師：陳懿芳
2	認識光與光的直線傳播 -波與光波	生活中的波動現象、波的基本特徵、延伸至光波與電磁波的觀念	時間：115年01月26日9點-10點半 上課老師：王昱堂(成大博士班) 協同教師：陳懿芳
3	光的反射與折射	光線在不同介質中的行為	時間：115年01月26日10點半-12點 上課老師：王昱堂(成大博士班)協同教師：陳懿芳
4	光纖通訊原理	全反射、光纖構造與原理	時間：115年1月27日9點-10點半 上課老師：王昱堂(成大博士班) 協同教師：林彥佑、林李意涵
5	聲音與喇叭	自製喇叭，理解聲音如何在振動、電流與電磁感應間轉換與傳遞。	時間：115年1月27日10點半-12點 上課老師：王昱堂(成大博士班) 協同教師：林彥佑、林李意涵
6	謎題製作示範 -通訊 I	初步認識訊號編碼概念，以光為載體的傳訊方式，二進位	時間：115年3月23日 上課老師：王昱堂(成大博士班) 協同教師：林彥佑、林李意涵
7	訊號的接收與分析 -通訊 II	了解傳輸端與接收端基本元件與電路概念（原理介紹）、認識接收端的原理與波型分析應用	時間：115年3月30日 上課老師：王昱堂(成大博士班) 協同教師：林彥佑、林李意涵
8	拆解光通訊系統、光通訊模組實作	利用實驗設備了解傳輸端與接收端基本元件與電路概念、利用簡易電路模組製作出可實際傳輸的光通訊裝置、探討設計優化策略，提升傳輸效果	時間：115年4月20日 上課老師：王昱堂(成大博士班) 協同教師：林彥佑、林李意涵、曾育浩
9	前沿科技與生活	探索未來職涯	時間：115年5月4日 上課老師：徐政旭教授(成大科教中心主任) 協同教師：林彥佑、林李意涵、曾育浩、陳懿芳
10	成果發表	彙整學習歷程、進行成果發表與同儕回饋	時間：115年6月8日 結合校園園遊會的擺攤活動

整體而言，學生在課程參與、學習興趣與科學概念理解上皆呈現正向發展，尤其在訊號、通訊與數位化等跨領域科技概念之理解上具有明顯提升。然而，教師亦觀察到學生在抽象概念建構與探究學習歷程中仍存在程度差異，顯示探究與實作課程需搭配適當鷹架與分段引導，方能有效支持不同程度學生之學習需求。



圖1、3月23日教師演示時相關的實驗設備

1. 學習成效評估

(一) 學生參與情形與問卷回收狀況

本次課程共計21位學生參與，其中七年級12人、八年級9人。男女比例為七年級6男6女，八年級9男，合計15男6女。

本課程共進行三次問卷施測與一次課後心得回饋，問卷回收情形如下表所示。

表2、問卷回收統計表

問卷次數	年級	前測回收	後測回收	前測後測均完成	問卷施測時間
第一次問卷	七	12 (100%)	6 (50%)	6 (50%)	2025.12.29 課前
第一次問卷	八	9 (100%)	8 (89%)	8 (89%)	2026.01.27 課前
第二次問卷	七	5 (46%)	6 (50%)	5 (46%)	2026.01.26 課前
第二次問卷	八	9 (100%)	9 (100%)	9 (100%)	2026.01.27 課後
第三次問卷	七	11 (92%)	9 (75%)	8 (67%)	2026.03.23 課前
第三次問卷	八	7 (78%)	5 (56%)	3 (33%)	2026.03.30 課後

課後心得問卷共回收20份，整體回收率達95%。整體而言，學生參與度良好，多數學生皆能完成課程與問卷填答，顯示學生對課程具一定投入程度，後續的問卷需前後測均有填寫者才納入統計。

(二) 第一次課程學習成效分析－光與色彩概念

第一次課程主題以「光的傳播」、「色光混合」與「顏色形成原理」為主，透過光學實驗與互動活動，協助學生建立基礎光學概念。

表3、第一次問卷前後測平均比較

年級	前測平均	後測平均	成長幅度
七年級	6.00	7.17	+1.17
八年級	8.25	9.25	+1.00
整體	7.29	8.36	+1.07

從結果可看出，學生於課程後整體表現皆有提升，其中七年級學生進步幅度較為明顯，顯示學生透過實作與視覺化活動，能有效理解原本較抽象之光學概念。



圖2、講師以光學實驗箱模擬同樣的物體在不同色光下，會呈現不同的顏色。

進一步分析逐題結果可發現，學生在以下概念有明顯進步：光的三原色、色光混合原理、光線進入眼睛才能看見物體、顏色反射原理、影子的形成原因，其中七年級學生於「光的三原色」題目由0%提升至67%，「紅光+綠光」相關題目由17%提升至83%，顯示學生透過課堂操作與觀察，能有效建立色光混合概念。八年級學生則在多數題目後測達到100%正確率，顯示其對光學概念已有相當程度掌握。然而，在「顏料混合與色光混合差異」相關題目中，部分學生後

測表現略有下降，推測學生對「吸收與反射」機制仍存在概念混淆，未來可增加更多實際操作與情境說明，以深化學生理解。

(三) 第二次課程學習成效分析—波動與光學現象

第二次課程主題包含波動基本概念、反射、折射與全反射等內容，透過彈簧波操作、光學演示與實驗活動，引導學生理解波與光的傳播現象。

表4、第二次問卷前後測平均比較

年級	前測平均	後測平均	成長幅度
七年級	6.00	6.00	持平
八年級	7.67	8.56	+0.89
整體	7.07	7.64	+0.57

整體而言，學生於第二次課程後仍呈現成長趨勢，其中八年級學生進步較為顯著。學生在以下概念表現較佳：波只傳遞能量、波峰與頻率概念、光波可於真空傳播、平面鏡反射定律、單向反射現象，其中八年級學生於多數題目後測皆接近或達到100%正確率，顯示學生對基本波動與反射概念已有良好理解。七年級學生則在「單向反射」題目由20%提升至60%，顯示透過鏡面與粗糙表面實驗，有助於學生理解反射差異。然而，學生在「折射」與「全反射」相關概念的表現仍較弱，例如：光線靠近法線、光速於不同介質中的變化、全反射發生條件，部分題目後測進步有限，顯示此類抽象概念仍需更多模擬與實驗輔助學習。



圖3、波與光波課程中，教師演示波動特徵(波長、振幅、頻率等)。

(四) 第三次課程學習成效分析—通訊與數位科技素養

第三次課程以「通訊原理」、「電磁感應」、「二進位」、「數位訊號」與「聲音分析」等主題為核心，並以科技素養量表進行評估。

表5、第三次量表前後測平均比較

年級	前測平均	後測平均	成長幅度
七年級	2.76	3.66	+0.90
八年級	3.17	3.19	+0.02
整體	2.87	3.53	+0.66

結果顯示，七年級學生在課程後之科技概念理解與自我認知有明顯提升。八年級問卷回收僅有3份(回收率33%)，因此在統計上無法分析。針對七年級的同學分析，七年級學生在「我了解通訊原理」相關題目由3.25提升至4.00，顯示學生對通訊概念已有初步理解。在「知道電磁感應生活應用」題目由2.25提升至3.63，進步幅度明顯。在「理解0與1如何表示資訊」由2.00提升至3.88，「知道聲音可轉換為數位資料」由2.38提升至3.63，顯示學生對資訊科技基礎概念已有初步認識。

此外，透過 phyphox 軟體觀察聲音波形與頻率分析，學生能實際觀察聲音轉換成波形圖像之過程，進一步理解訊號與資訊之間的關聯。觀課教師亦認為，此類視覺化與即時操作活動，有助於學生理解抽象的波動與訊號概念。



圖4、學生在 phyphox 課程中的熱衷投入
(影片連結 <https://photos.app.goo.gl/VWLotqS1WWQFYbJT7>)

(五) 學生質化回饋分析

開放式回饋(包含第三次問卷的質化數據以及最終的心得分享)可發現，學生普遍對課程抱持正向態度，並認為課程「有趣」、「和平常課程不同」、「可以動手操作」。

學生印象最深刻之內容包括以下：密室逃脫活動、摩斯密碼、光與聲音實驗、通訊技術、二進位、白噪音與頻率分析、自製耳機與互動操作，並且許多學生表示「第一次接觸這種課程」、「原來科學可以這樣學」、「比平常上課有趣」，顯示本課程有效提升學生對科學與科技的學習興趣。

此外，八年級學生較能提出進一步概念理解，例如：白噪音由許多頻率組成以及複雜聲音可以被分解分析，顯示部分學生已開始建立跨領域的訊號分析概念。

(六) 七、八年級學習差異分析

從整體問卷結果觀察，七年級學生於課程後的成長幅度較為明顯，推測原因為七年級學生原先較少接觸相關主題，因此在課程後容易呈現較大的進步幅度。八年級學生則因部分概念已有先備知識，因此後測提升幅度相對較小，但整體表現較穩定，且在質化回饋中較能提出較深入的概念理解與延伸思考。整體而言，七年級學生較呈現「基礎概念建立」之學習成果，八年級學生較呈現「概念深化與應用理解」之學習表現。顯示本課程能依不同年級學生之先備能力，產生不同層次的學習效果。

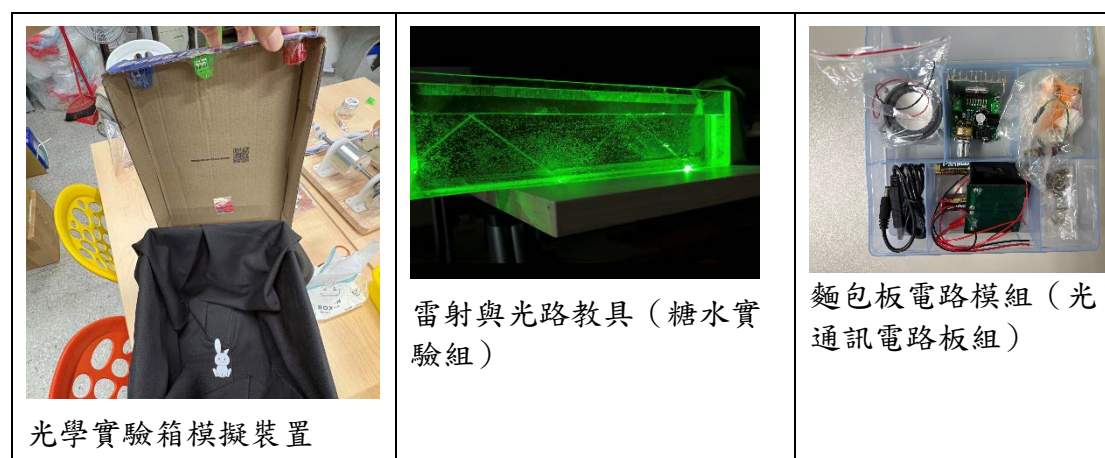
2. 課程規劃與教材研發

完成光通訊探究課程模組與教具開發。

本計畫於114年8月至9月期間，由成功大學科教中心與新興國中自然領域教師共同完成9項光通訊相關課程模組與教學活動設計，內容包含：「光與波動概念」、「聲音與頻率」、「摩斯密碼與訊號傳遞」、「數位與類比訊號」、「二進位概念」、「光學反射與全反射」、「光電轉換」、「喇叭製作」、「密室逃脫任務解碼」、「光通訊應用」、「矽光子」。(相關課程投影片連結:

<https://sites.google.com/phys.ncku.edu.tw/optical-communication/>)

同時，完成學生操作用教具材料包之設計與製作，包括：(1) 光學實驗箱模擬裝置（紙箱與 RGB 三色燈）、(2) 雷射與光路教具（糖水實驗組）、(3) 光電訊號接收裝置（鈕扣積木實驗模組）、(4) 麵包板電路模組（光通訊實驗模組）、(5) 紙杯喇叭材料包（紙杯喇叭實驗材料包）、(6) 聲音與波形觀察模組(phyphox 觀察流程)、(7) 二進位教學模擬器(<https://reurl.cc/mpN417>)。課程設計強調生活化情境與跨領域整合，透過訊號解碼、波形觀察與實作操作等活動，協助學生將抽象科學概念具體化。



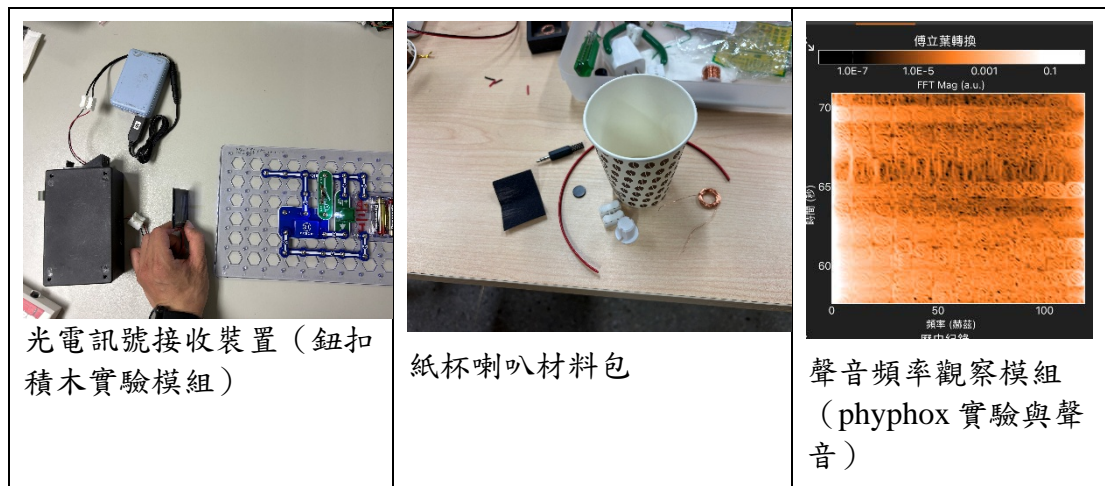


圖5、教具材料包

曾教師(觀課)亦指出，學生於實作活動中展現高度投入，尤其在光訊號成功轉換成聲音時，學生表現出明顯成就感與探究興趣，並會主動協助其他同學進行電路除錯與操作修正。

此外，林教師(觀課)觀察到學生對於遊戲化與任務導向活動接受度高，透過密室逃脫、訊號解碼與小組合作等活動，能有效提升學生課堂互動與問題解決參與度。

3. 學生概念理解與年段差異情形

課程實施過程中，教師團隊觀察到不同年段學生在探究課程中的學習表現具有差異性。光學部份與8年級上學期的課程相關性高，8年級前段的同學在課程中著重在驗證與觀念的整合，8年級後段的同學在動手做的過程，專注力且理解力皆大幅提升。課後8年級學生更表示如果早一點上這個課程，他的自然成績一定會大大進步。8年級學生在波動、折射、訊號與數位化等抽象概念的理解上，較

能將實作活動與科學原理進行連結，並能於課堂討論中提出較完整之推論與解釋。相較之下，7年級學生對於動手操作與任務活動參與度較高，但在全反射、訊號數位化與頻率分析等較抽象之概念上，仍需透過更多具體操作、視覺化展示與分段引導，方能逐步建立完整概念。

此外，王教師(授課)亦觀察到探究課程具有高度連續性。部分學生因連續缺席核心課程，導致後續在全反射與訊號接收等課程中，較難理解訊號傳遞原理，並傾向以步驟式操作完成實驗，而非真正理解其背後之科學概念。此現象顯示，探究與實作課程相較於傳統講述式教學，更仰賴學生完整參與學習歷程與先備概念建立。

4. 探究與實作課程之教學發現

本計畫於課程實施過程中，逐步發現探究與實作導向課程具有以下教學特性：

(一) 實作活動能有效提升學生學習動機

學生對於具有任務性、競賽性與生活情境之活動參與度高，尤其在訊號解碼、喇叭與密室逃脫活動中，展現高度投入與探究興趣。

(二) 抽象概念需透過具體操作與分段引導協助理解

教師觀察到學生對於「二進位」、「全反射」、「數位化」與「頻率分析」等概念理解較具挑戰性，因此後續課程增加波與聲音基礎課程、分段操作確認、視覺化波形展示、小組合作討論、即時提問與回饋以協助學生建立完整概念。

(三) 探究實作不等於概念理解

部分學生雖能完成實驗操作與作品製作，但未必能完整理解背後之科學原理。

例如在喇叭與訊號接收活動中，部分學生較專注於完成電路與裝置操作，而忽略光電轉換與訊號傳遞之原理解。

因此，教師後續透過課堂提問、小組討論與操作後反思，引導學生將實作經驗連結至科學概念，提升探究活動之學習深度。

5. 教師專業成長與跨校合作成果

透過本計畫之實施，教師團隊於探究課程設計、工程實作教學與科技工具應用等方面皆獲得成長。

成功大學科教中心提供探究課程設計、科學概念與教具應用等專業支援，而國中教師則依學生學習狀況與教學現場需求進行課程修正與調整，形成大學端與國中端協同共備之合作模式。

觀課教師亦認為，本課程成功將抽象的電波、光波、聲波與訊號概念生活化，並透過任務導向與實作活動提升學生參與度，具有良好之探究課程示範價值。

不均勻糖水中光的折射、黑貓與白貓、雷射迷宮、色光的混合，都是很適合融入國中光學的課程。

6. 目前整體執行進度情形

截至目前為止，本計畫整體執行進度大致符合原定時程，完成情形如下：

工作項目	完成情形
課程模組研發	已完成
教學教材設計	已完成
教具與材料包製作	已完成
大學端與國中端共備	已完成
課程試行與修正	已完成
正式課程實施	已完成
學生前後測與問卷	已完成
學生心得與觀課資料蒐集	已完成
學習成效初步分析	已完成
成果報告整理	已完成
教師研習與成果推廣	預計在6月17日13:30-15:30辦理。

整體而言，本計畫已逐步建立完整之光通訊探究課程架構與教學模式，並透過實際教學與滾動修正累積課程成果與教學經驗，成果整理與結案報告撰寫工作也已初步完成，後續將持續完成課程推廣與台南自然科輔導團合作辦理教師研習，進行成果推廣。

肆、建議與討論：(含遭遇之困難與解決方法)

本計畫以「光通訊」為主題，結合波動、聲音、訊號、光學與數位科技等概念，透過探究與實作導向課程，引導學生從生活情境中理解現代通訊科技背後之科學原理。課程推動過程中，學生普遍展現高度學習動機與探究參與度，但教師

團隊亦觀察到探究與實作課程於實際教學現場中，仍面臨學生程度差異、抽象概念理解、課程連續性與評量方式等挑戰。

本章節將針對課程推動過程中所遭遇之困難、教師團隊之調整策略與後續教學反思進行整理與討論。

1. 跨校合作與課程落地之挑戰

本計畫由成功大學科教中心與新興國中共同合作進行課程研發與教學推動。大學端著重於探究精神、跨域整合與創新實作，而國中端則需兼顧108課綱、學生先備知識、課堂節奏與學生程度差異等實際教學需求。

課程開發初期，教師團隊即發現部分大學端規劃之探究內容對國中學生而言較具挑戰性，尤其在波動、訊號、數位化、全反射、光電轉換等抽象概念上，學生較難直接理解。為解決此問題，雙方透過共備會議、觀課討論與課程修正機制，共同調整課程內容與教學流程。國中教師提供學生學習特性與課堂需求，大學端則協助調整探究活動與教學設計，使課程逐步發展為更符合國中學生認知發展之探究課程模式。

此外，教師團隊亦透過觀課與教學反思持續修正課程，例如增加波與聲音基礎課程、調整課程順序與增加分段式操作活動，以提升學生概念理解與學習參與度。

2. 探究課程具有高度連續性

教師於課程實施過程中發現，探究與實作導向課程相較於傳統講述式教學，更仰賴學生完整參與學習歷程與先備知識建立。

部分學生因連續缺席數次核心課程，導致後續於全反射、訊號接收與光電轉換等課程中，較難理解訊號傳遞原理。雖然學生仍能依照步驟完成操作，但教師觀察到部分學生較傾向以「照步驟完成實驗」方式參與活動，而較少主動解釋其背後之科學原理。

此現象顯示，探究課程中的概念建構具有高度連續性，若學生缺少前期關鍵概念建立，容易影響後續探究活動參與品質與概念理解深度。

因此，教師團隊後續透過課堂補充說明、小組協助、個別引導、重點概念複習等方式協助學生補足概念落差。

未來若持續推動類似探究課程，可考慮建立課程補充影片、簡化版補救教材、關鍵概念整理等補救機制，以降低學生因缺課所造成之學習斷裂問題。

3. 實作活動不等於概念理解

本計畫課程以探究與實作為核心，學生普遍對於喇叭製作、摩斯密碼解碼、密室逃脫任務、訊號接收實驗等活動展現高度投入與學習興趣。

然而，教師亦觀察到部分學生雖能完成電路組裝與裝置操作，但未必能完整理解其背後之光電轉換、訊號傳遞與數位化原理。尤其在紙杯喇叭課程中，部分學生較專注於「讓作品成功運作」，而忽略對原理之深入理解。

因此，教師團隊後續若能在課程中增加操作後更多反思、小組討論與發表，並進行概念統整等活動，引導學生將實作經驗連結至科學概念，提升探究活動之學習深度。

4. 探究課程評量方式之調整

原規劃以學習單作為學生學習歷程紀錄工具，惟實際課程推動後，教師團隊發現探究與實作課程需投入較多時間於操作、討論、問題解決、電路除錯、小組合作，若安排大量紙本學習單，容易壓縮學生實際探究與互動時間。因此，後續課程改採形成性評量方式為主，包括課堂即時提問、小組討論觀察、學生口頭回饋、任務解碼表現、實作歷程觀察，並搭配前後測問卷、學生心得回饋、教師觀課紀錄作為學生學習成效分析依據。

教師團隊認為，相較於大量紙本學習單，透過即時互動與實作觀察，更能反映學生於探究活動中的真實學習狀態，也較符合素養導向與探究實作課程之教學精神。

5. 教師專業成長與課程推廣價值

整體而言，透過本計畫之共備與課程推動歷程，新興國中教師團隊與成功大學科教中心的師長均獲得明顯成長。教師尤其能接觸較新穎之探究課程設計理念與科技應用方式，並透過觀課與教學討論逐步修正課程內容，提升教學品質與學生學習成效。本計畫所建立的大學端與國中端跨校合作之共備模式，未來可作為探究與實作課程推動之參考案例。

此外，本課程模組具有良好之跨域整合與生活化特色，未來可進一步發展不同年段適用版本，並透過教師研習、雲端教材與區域教師社群進行推廣與分享。

綜合而言，本計畫除成功提升學生對通訊與訊號等科技概念之理解與學習興趣外，亦累積探究與實作課程推動之教學經驗與課程修正歷程，對於未來自然科學探究課程發展與跨校合作模式建立，具有實際參考與推廣價值。

伍、參考資料：

編號	品名/書名	作者/出版社
1	間諜解謎：8個密室逃脫場景，測試你解決犯罪案件的技巧！	葛瑞斯·摩爾博士/經濟新潮
2	密室逃脫.博物館大冒險：你能解開謎團順利脫逃嗎？	葛瑞斯·摩爾/小果文創
3	中世紀生存遊戲 古堡密室大逃脫：拯救王室的130道關鍵抉擇	Stella A. Caldwell/尖端
4	古埃及生存遊戲 木乃伊的地下墓室大逃脫：決定生死的130道分歧之路	Philip Steele /尖端
5	每天醒來都在密室逃脫(上)	天川/葭霏文創出版社
6	每天醒來都在密室逃脫(下)	天川/葭霏文創出版社
7	神奇酷科學10：變幻莫測的光	尼克·阿諾 /小天下
8	光的原理：在許多科學領域大放異彩 少年伽利略16	日本 Newton Press /人人出版
9	科學史上最有趣的20堂物理課（共2冊）：40部LIS 影片讓你秒懂物理	胡妙芬 /親子天下
10	光與色的科學：揭開日常生活中的謎團，破解光的奧秘！ 新觀念伽利略9	日本 Newton Press /人人出版

陸、 附件：

附件一、新興國中間卷分析與統計

附件二、教師回饋表(4位教師)

附件三、問卷(原始題目)

附件四、課程推廣網站：<https://sites.google.com/phys.ncku.edu.tw/optical-communication/>