教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

核定編號/Project Number：MOE-114-TPRMS-0012-002Y1

學門專案分類/Division：數理

計畫年度：■114 年度一年期 □113 年度多年期

執行期間/Funding Period：2025.08.01 - 2026.07.31

計畫名稱: 推測設計方法融入光電科技導論課程成效之研究

計畫主持人(Principal Investigator)：林泰源

協同主持人(Co-Principal Investigator)：N/A

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立臺灣海洋大學／光電與材料科技學系

成果報告公開日期：■立即公開 □延後公開

繳交報告日期(Report Submission Date)：2026 年 08 月 09 日

AI 使用聲明

一、規範指引

因應人工智慧技術快速發展，若成果報告撰寫有使用任何人工智慧或類似技術輔助，應遵循以下指引：

1. 透明與揭露：計畫主持人應在成果報告中清楚說明 AI 工具的使用目的、方式與範圍。

2. 負責與誠信：計畫主持人應對 AI 工具產生的內容負責，確保正確性、真實性與完整性，避免不當行為（如造假、變造、抄襲），並且對工具來源進行適當引用。

3. 使用 AI 工具撰寫成果報告如涉有違反學術倫理行為，將依「專科以上學校學術倫理案件處理原則」及「教育部補助大專校院教學實踐研究計畫作業要點」第 13 點處理。

備註：以上指稱之AI，泛指生成式人工智慧工具，包括大型語言模型或多模態模型工具，例如但不限於 ChatGPT、Gemini、Google Notebook LM、Novel AI、Microsoft Copilot 等。

.....

二、倫理聲明

■ 本成果報告撰寫若使用 AI 工具，均合乎學術誠信原則；所有報告內容經本人核對無誤，本人對報告內容負最終且完全之學術與法律責任。

本文與附件 Content & Appendix

計畫名稱: 推測設計方法融入光電科技導論課程成效之研究

一、本文 (Content)

1. 研究動機與目的 (Research Motive and Purpose)

近年來，高等教育逐漸由教師中心（teacher-centered）轉向學生中心（learner-centered）的教學模式，重視學生的自主參與、知識建構及學習投入。然而，新世代學生的學習方式與過去已有明顯差異，傳統以教師講授為主的教學模式，已較難有效維持學生的學習興趣與持續投入，尤其在理工領域的基礎課程中更為明顯。

「光電科技導論」為本系大一重要的基礎課程，內容涵蓋光學、電子學、半導體、材料及光電元件等跨領域知識，學生除了須理解抽象的科學原理，亦需建立科技應用與未來發展的整體觀。然而，課程實施過程中發現，學生普遍存在學習投入不足的情形，包括對抽象理論缺乏興趣、課堂互動有限、較難理解專業知識與生活及未來科技發展的連結，以及學生先備知識差異造成的學習落差。此外，課程長期以知識傳授及評量導向為主，學生較少透過合作討論、問題探究及情境設計等方式主動建構知識，進而影響概念理解與學習成效。

光電科技產業持續快速發展，新興技術與跨領域應用日益增加，未來人才除具備專業知識外，更需具備創新思考、跨域整合、批判分析及問題解決能力。因此，如何透過課程設計提升學生的學習投入，並培養面對未來科技發展所需的能力，已成為光電科技教育的重要課題。

推測設計（Speculative Design）以未來情境建構及批判思考為核心，鼓勵學習者透過「What if...?」的推測思考（speculative thinking），想像不同科技發展的可能情境，進一步分析其技術可行性、社會影響及未來價值。相較於傳統以既有知識為核心的教學方式，推測設計更強調學生主動探索、合作討論及創意設計，能提供學生將專業知識與未來科技應用相互連結的學習機會。因此，本研究將推測設計融入「光電科技導論」課程，結合專題導向學習（Project-Based Learning, PBL），透過未來情境設定、科技議題探究、小組合作及成果展示等教學活動，引導學生運用光電科技知識思考未來科技發展及其可能的社會影響，藉此提升學生對課程內容的理解與學習參與。

本研究以學生學習投入（learning engagement）作為主要探討面向，並關注推測設計教學對學生概念理解、自主學習、創新思考及課程學習成效的影響。課程設計特別強調學生由知識接受者轉變為知識建構者，鼓勵學生透過問題探究、設計構想及跨領域討論，將抽象的光電科技理論轉化為具體的未來應用情境，進而提升課程學習的意義感與真實感。

基於上述背景，本研究目的如下：

1. 建構融入推測設計之「光電科技導論」課程教學模式，發展以學生為中心的光電科技教學策略。

2. 探討推測設計融入課程對學生學習投入、概念理解及學習成效之影響。

3. 分析學生於推測設計學習歷程中的創新思考、批判思考及跨領域整合能力之表現。

4. 彙整課程實施歷程與學生學習回饋，作為推測設計應用於工程教育及光電科技課程設計之參考。

本研究期望透過推測設計導向之教學活動，強化學生主動參與、合作探究及知識應用能力，使抽象的光電科技知識能與未來科技發展及真實情境建立連結，進而提升學生的學習投入與課程學習成效，並提供工程教育導入推測設計教學之實證經驗與課程設計參考。

2. 研究問題 (Research Question)

本計畫研究「推測設計融入光電科技導論課程」提升學生在課程的學習投入成效，發展以技術技能和思辨創造力為基礎的一種動態的、由學生驅動的、對可能的未來探索的光電科技基礎課程。研究的目標如下：

A. 探討應用推測設計融入光電科技導論課程中對於學生學習投入的影響
B. 探討應用推測設計融入光電科技導論課程中對於學生學習成效的影響
C. 探討推測設計融入光電科技導論課程設計與實施的可行性

3. 文獻探討 (Literature Review)

（一）學生中心教學與學習投入

近年來，高等教育逐漸由教師中心（teacher-centered）轉向學生中心（learner-centered）教學模式，強調學生在學習歷程中的主動參與、自主探究及知識建構。史美瑤（2012）指出，大學教師除傳授專業知識外，更應協助學生從學科角度理解知識的意義，並提供知識應用的機會，使學生將所學內化為可運用的能力，而非停留於被動接受資訊。史美瑤（2013）進一步指出，面對新世代學生的學習特性，大學課程須發展符合學生需求的教學模式，才能有效提升學習投入與學習成效。

新世代學生的學習模式亦呈現不同於過往的特性。趙珮晴等（2024）發現，學生較不偏好單向知識傳授，而偏好小組合作、專題研究、遊戲競賽及參訪體驗等具有互動性的學習活動；若能結合科技融入教學，更能提升學習興趣與參與程度。此結果顯示，多元且具情境性的教學活動，有助於促進學生主動參與學習。

學習投入（learning engagement）被視為影響學習成效的重要因素。投入係指學生在學習歷程中的專注、參與及努力程度（賴英娟、巫博瀚，2022）。研究亦指出，學習動機與學習投入對大專學生的學習成效具有顯著正向影響（陳榮政、張家淇，2017）。因此，如何透過課程設計提升學生的學習動機與學習投入，已成為高等教育課程改革的重要方向。

（二）創意學習與設計本位學習

為提升學生的學習投入，近年教育研究逐漸重視創意學習（creative learning）與設計本位學習（Design-Based Learning, DBL）等創新教學模式。Cachia 等人（2010）指出，學生具有創意學習的潛力與需求，教師若能透過創新教學（innovative instruction），提供探索、合作與實作的機會，將有助於激發學生的創造力、提升自主學習能力及增強學習動機。

陳嘉彌、陳淑芳（2021）亦指出，創意學習除能提升學生的學習投入與學習自信外，更能培養創新思考、問題解決及面對快速變遷社會所需的能力。因此，教師應由知識傳授者轉變為學習促進者，透過多元活動引導學生反思學習歷程、建構知識並培養自主學習能力。

設計本位學習則進一步將設計活動作為知識建構的核心。陳偉仁、楊婷雅（2020）指出，DBL 不同於傳統以知識傳遞為主的教學模式，而是透過設計活動，引導學生從需求、可行性及永續性等不同面向探究問題，理解知識背後的脈絡，並將所學遷移至其他情境。相較於傳統講授式教學，DBL 更能培養學生高層次思考、跨領域整合及創新應用能力。

上述研究顯示，創意學習與設計本位學習皆強調學生透過設計、探索、合作及反思建構知識，與學生中心教學理念一致，亦提供本研究設計光電科技導論課程的重要理論依據。

（三）推測設計的教育理念

推測設計（Speculative Design）近年逐漸受到教育與跨領域研究的重視。Anthony Dunne 與 Fiona Raby（2013）指出，推測設計並非著重解決現有問題，而是透過建構不同的未來情境，引導學習者重新思考科技、社會及人類未來的可能發展。其核心理念在於運用「可能的未來（possible futures）」作為理解現在的工具，並思考人們真正希望或不希望出現的未來，因此兼具創造性與批判思考的特質。

推測設計主要包含 A/B Manifesto 及 Future Cone 兩項重要概念。A/B Manifesto 透過現況（A）與另一種可能（B）的對照，引導學生挑戰既有思維並開展更多可能性；Future Cone 則將未來區分為 Possible、Plausible、Probable 及 Preferable 等不同層次，引導學生從多元角度探討科技發展及社會變遷（Anthony Dunne、Fiona Raby，2013）。

此外，推測設計常透過 Scenario Planning、What if...?、Counterfactuals、Thought Experiments、World Building、Design Fictions 及 Artefacts from the Future 等方法，引導學生在虛構情境中探索科技發展可能帶來的影響，培養其批判思考、創意思考及跨領域整合能力（Anthony Dunne、Fiona Raby，2013）。

Kay Kender（2022）指出，推測設計已逐漸由設計研究擴展至教育領域，成為培養未來素養的重要教學策略。相較於設計思考偏重於解決當前問題，推測設計更重視學生透過未來情境建構，反思科技與社會之間的關係，培養對未來科技發展的判斷能力與創新思維。

（四）推測設計應用於光電科技課程

光電科技兼具基礎科學與工程應用特性，課程內容涉及光學、電子學、材料科學及半導體等跨領域知識，不僅需要學生理解抽象理論，更須能將知識延伸至科技應用與社會情境。然而，傳統光電科技課程多偏重理論講授與公式推導，學生較少有機會透過情境探究與設計活動，思考科技知識如何回應未來社會需求。

綜整上述文獻可知，學生中心教學、創意學習及設計本位學習皆指出，當學生能透過情境探究、設計活動及自主參與建構知識時，將有助於提升學習動機、學習投入及概念理解（史美瑤，2012；Cachia 等，2010；陳偉仁、楊婷雅，2020）。推測設計則進一步提供以未來情境為核心的教學模式，鼓勵學生透過「What if...?」的思考方式，探討科技發展可能帶來的影響，並培養跨領域整合、批判思考與創新設計能力（Anthony Dunne、Fiona Raby，2013；Kay Kender，2022）。

基於上述理論，本研究將推測設計融入大一「光電科技導論」課程，運用未來情境建構、設計提案、分組討論及成果發表等教學活動，引導學生將光電科技知識與未來生活情境連結，並探討其對學生學習動機、學習投入、概念理解及學習成效之影響，作為評估推測設計應用於工程教育之教學成效的重要依據。

4. 教學設計與規劃（Teaching Planning）

本課程之教學方法主要結合光電科技專業知識講授、業師經驗分享、推測設計融入專題導向學習（Project-Based Learning, PBL）與自主學習活動，並透過學習歷程追蹤、問卷調查及反思學習單等方式，評估學生學習投入、學習適應與學習成效之變化。具體教學實施方式如下：（1）講述教學-建構光電科技基礎知識與概念理解：透過課堂講述方式，引導學生建立光電科技導論之核心知識架構，包括光電元件原理、材料特性與應用技術等內容，使學生具備進行後續推測設計專題探究所需之基礎科學知識，並培養其將科學概念應用於實際問題解決之能力。（2）業師授課-連結推測設計理念與實務應用經驗：邀請具備推測設計實務經驗之業師及本校文創相關領域校友進行專題講授，分享推測設計之發展理念、設計流程及實務案例，並透過業師自身在推測設計實踐過程中的經驗反思，引導學生理解科技、人文與未來想像之間的關聯，拓展學生跨領域思考與創新設計能力。（3）專題導向自主學習-培養跨域整合與創新應用能力：引導學生依據自身興趣與生活經驗，選定具探究價值之推測設計主題，結合光電科技相關知識，進行專題規劃、資料蒐集、概念發展與成果展示。透過專題導向自主學習歷程，培養學生主動探索、問題分析、創意發想及跨領域整合能力。（4）學習成效追蹤與量化評估-分析推測設計教學介入之影響：課程實施期間定期進行學習總結問卷調查，以追蹤學生在導入推測設計自主學習活動前後之學習變化，了解此教學模式對學生學習投入、學習適應、學科價值感受及學習興趣之影響。學習總結問卷內容主要分為「學

習投入因素」與「學習適應因素」兩大部分。其中，學習投入因素包含：（1）課前與課後自主學習活動參與情形；（2）課堂參與程度及完成課程指定學習任務之投入程度。學習適應因素則包含：（1）掌握學習方法與學習成效；（2）面對多元學習模式之適應情形；（3）課程內容理解與吸收程度。透過上述面向之調查，以掌握學生學習歷程與課程學習成效之變化。（5）反思學習單-促進後設認知與自主學習能力發展：學生於業師授課及專題學習活動後，透過反思學習單進行學習歷程整理與自我評估，分享其對推測設計概念的理解、學習過程中的啟發，以及科技與未來應用之連結。反思學習單之設計係參考臺北醫學大學反思寫作中心相關公開資料，建立適合學生使用之反思引導架構。透過系統化反思歷程，協助學生深化光電科技知識理解，提升知識應用能力與自主學習能力。此外，本計畫亦採用「科羅拉多科學學習態度調查量表」（Colorado Learning Attitudes Survey about Sciences, CLASS）作為學生學習動機與學習信念之評估工具，以了解推測設計融入光電科技導論課程後，學生對科學學習態度與認知信念之轉變。CLASS 量表由 Adams 等人（2006）發展，已廣泛應用於科學教育研究，其包含 42 題，涵蓋八個學習態度向度，包括：（1）個人興趣；（2）物理與生活之連結；（3）問題解決能力；（4）問題解決自信心；（5）複雜問題解決能力；（6）意義理解；（7）概念理解；及（8）概念應用。每題採五點李克特量表（Likert scale）進行評量，透過量表分析學生對學科學習的態度與信念，進一步了解學生自我覺察、自我調節學習及後設認知能力之發展情形。

綜合而言，本課程透過「專業知識建構—業師經驗引導—推測設計專題實踐—學習歷程反思—成效評量」之教學架構，期望突破傳統光電科技課程偏重知識傳授之限制，引導學生由被動學習轉向主動探索，培養其跨領域整合、創新思考與未來科技應用能力。

5. 研究設計與執行方法（Research Methodology）

本研究採用教學介入研究設計（educational intervention study），探討將推測設計（speculative design）融入光電科技導論課程後，對學生學習投入、學習適應、學習動機及科學學習信念之影響。研究執行流程包括課程介入、學習歷程蒐集及學習成效評估三部分。首先，於光電科技導論課程中導入推測設計教學策略，結合光電專業知識講授、業師經驗分享、專題導向學習（Project-Based Learning, PBL）及自主學習活動，引導學生應用光電科技知識進行推測設計專題探究。其次，透過量化與質性資料蒐集方式評估教學成效。量化研究部分，採用課程學習總結問卷與「科羅拉多科學學習態度調查量表」（Colorado Learning Attitudes Survey about Sciences, CLASS）進行前後測分析，以了解學生在學習投入、學習適應、學習動機及科學學習信念上的變化。質性研究部分，蒐集學生反思學習單與專題學習歷程資料，分析學生對推測設計學習活動之理解、學習經驗與自我覺察。最後，綜合分析量化問卷結果與質性反思資料，探討推測設計融入光電科技課程對學生自主學習能力、跨領域整合能力及學習態度之影響，作為後續課程設計與教學精進之依據。

6. 教學暨研究成果（Teaching and Research Outcomes）

(1) 教學過程與成果

本計畫以透由引入推測設計之 4P 未來可能性模型（Probable, Plausible, Possible, Preferable）與 A/B 傾向對比表，輔以推測設計與 AI 時代媒體破碎化的專題演講，翻轉理工領域學生「技術至上且較缺乏人文自覺」之學習氛圍。本研究成功將學生的「學科興趣」轉化為「主動檢索並學習光電專業技術的自主學習能力」，有效拉升了理工學生的修課動機，並深化了學生對於「何謂學習」與「學習意義」的反思。以下透過量化問卷對比與質性探討，進行交叉互證分析。科羅拉多科學學習態度調查結果（表一）、科羅拉多科學學習態度調查結果雷達圖（圖一）與學習總結問卷結果（表二），詳見附錄。

1. 科學學習態度調查（CLASS 問卷）期初與期末對比量化分析

本研究採用 CLASS 問卷追蹤修課學生在歷經推測設計導入後，其科學心態與認知的動態軌跡。問卷採取五點李克特量表，針對「個人興趣」、「與現實生活的聯繫」、「概念理解」以及「解決問題的自信心」等題組進行期初與期末的成對樣本分析，數據呈現出極具啟發性的「雙向反思」現象：

（i）「個人興趣」的顯著覺醒（期初 3.67、期末 3.82）：

此指標為所有題組中進步幅度最顯著、且期末得分最高的面向。這項數據提供了強而有力的量化證明：推測設計的「What if」激進未來情境設想，成功打破了理工導論課「滿堂宣講」與「死記公式」的枯燥刻板印象，將學生的外部修課義務，成功轉化為對尖端科學未知領域的深層內在熱情。

（ii）「與現實生活的聯繫」之逆向衰退（期初 3.34、期末 3.27）：

這是一個極具教學研究價值的特別現象。修課後，學生對於「光電科技與當下現實生活之聯繫」的感知出現了微幅下滑。我們猜想這可能是推測設計的激進假設所帶來的副作用。例如課程中學生進行了思索「2050 年平行時空、2060 年腦波晶片全面普及、人體免疫雷射導航」等近未來極端社會情境，對於已有「畢業即對接現有科學園區」先入為主概念的理工學生，在心理上反而產生了這些由於超前的想像所導致對當下台灣光電產業現況的疏離感。

（iii）「概念理解」與「解決問題自信心」的認知衝擊（概念理解 3.20 → 3.14；自信心 3.29 → 3.21）：

這兩項涉及傳統理解與處理問題能力的指標在期末皆出現微幅下滑。這項數據訊號揭示了，當理工學生習慣於「給予明確參數、套用特定公式、產出唯一標準答案」的傳統認知舒適圈時，推測設計所拋出的「沒有標準答案、交織倫理兩難、充滿社會不確定性」之複雜情境，可能暫時打破了他們的預期心理，進而在期末產生了解題能力的焦慮感與不確定性。

2. 期末學習總結問卷結果之質性與量化互證

為了進一步診斷上述 CLASS 問卷的認知波動，本研究於學期末實施了結構化的「學生學習總結問卷」，並將量化得分與手寫反思學習單進行文本分析，兩者呈現高度的呼應性：

（i）「課堂參與度與指定學習項目完成」得分最高（4.23 分）：

量化的高分數可印證學生在學習單上密密麻麻與熱情的書寫。分析顯示當討論的主題轉向「寫作業機器人對大學學位含金量的威脅（個案 1）」或「遠端紅外線信任指數監控系統（個案 2）」時，這種與自身安全與利益及社會公權力介入高度相關的推測情境，加上主題為透由學生自主探索議定的過程，能強力驅動理工學生的課堂專注度與反思書寫的投入態度，使課堂參與度達到 4.23 的極致表現。

（ii）「多元學習方式（3.70）」與「課前課後自主學習活動（3.67）」表現穩健：

這兩筆面向分數呼應了學生不再將學習侷限於課本的現象。例如個案 3 同學在面對自己設定的「極地航海濃霧眩光困境」時，自主跨出課堂範圍，動態檢索並應用了光學偏振片（Polarizer）與布魯斯特定律的物理機制，並主動與「降噪耳機的主動反向波形抵消機制」進行跨領域的物理特性類比。這證實了非傳統的設計思考，確實引導學生發展出**科技的推動**的自主修課態度。

（iii）「課程內容吸收」得分最低（3.51 分）：

此項目精準揭示了教學創新的硬著陸衝擊效應，並與 CLASS 問卷中概念理解下滑（3.14）高度互證。這反映出理工學生在高度抽象的批判性思考引導下，出現了思辨飛躍與概念模糊的認知超載現象。個案 4 在學習單上誠實表達的焦慮：*「這種上課方式對我們來說太抽象了，在對光電這門課等於不了解的情況下，很難去作聯想，現階段有難度。」* 充分暴露了在沒有扎實物理數學根基前，過早引入宏觀倫理批判，可能容易導致學生產生核心科學內容吸收不良的瓶頸。

3. 推測設計對於學生學習態度與方法的啟發

綜合質量化分析，推測設計的導入，成功在理工學生的修課態度與方法上達成了兩大核心翻轉：

（i）修課態度的翻轉：從「低頭看技術數據的操作者」到「抬頭看未來座標的決策者」：

理工學生習慣於優化局部元件的技術指標（如單色性、發光效率、量子效率）。推測設計的 What if 訓練，迫使他們必須將目光投向 30 年後的極端社會需求，逆向推導技術的研發路徑。如個案 1 同學的反思：*「未來研究光電時，不應只低頭看數據，要先抬頭思考這可能導向哪一種可能的未來，在追求研發效率與人性價值之間找到平衡點。」*。學生不再盲目追求速度或效能，而是主動預判一項技術可能造成的長遠影響（如隱私侵犯、環境破壞或人際疏離），並在創新過程中堅持守護人的價值與倫理底線。這種態度的轉變，讓學生建立起對技術雙面刃的警覺。

（ii）學習方法的革新：從「線性死記公式」到「情境驅動的跨領域技術收斂」：

傳統方法是「先學公式、再做習題、最後應付考試」，學生往往不知為何而學。推測設計則採取「逆向建構法（Backward Design）」：先設定一個充滿挑戰的未來情境，當學生強烈渴望完成自己世界觀下的未來發明時，會自發性地去進行跨領域技術檢索。如個案 5 同學為了設計「深層腦微血管飛秒雷射除栓載具」，主動結合了超短脈衝冷燒蝕、多光子游離、生物燃料電池與奈米光子晶體。這群學生在不知不覺中，走過了成熟的科研人員的必經之路。他們首先在複雜的現象中敏銳地「發現關鍵問題」，接著跨越學科藩籬進行廣泛的「跨域資料檢索」；在釐清核心需求後，他們精準「定義出系統的各項規格」，並在最後一步積極「尋求相對應的硬體解方」，完整體驗了一次嚴謹而高效的科研思考迴圈。

4. 對於「什麼是學習」與「學習的意義」的反思批判性啟發

本計畫最深層的教學成果，在於引導這群理工學生重新對「學習的終極意義」進行了深刻的本質內省：

（i）再定義「什麼是學習」：學習不是複製標準答案，而是建構思辨世界觀的過程。

個案 6 同學在學習單中對設計與科學流程進行了重新框定，他指出：*「當目的不以解決問題時，衍生出推測設計...它類似於設計一種情境，讓我們對這個情境發起討論、產生反思。」* 學生開始體會到，真正的學習並非被動接受既有的科技成果或死記非對即錯的答案，而是「***為了完成情境設定，你會開始摸索學習！***」； 學習是一場主動探索未知、建構個人批判性視角的旅程。

（ii）再定義「學習的意義」：從「提升個人產值」到「守護人類靈魂」的倫理覺醒：

個案 7 同學最初在學習單上非常現實地追問：*「推測設計有產值嗎？通常人比較會注重眼前的利益。」* 這代表了理工教育長期以來的商品化與產值模式主義。然而，在經歷推測設計與 AI、數位監控演講的洗禮後，學生的思想發生了質的飛躍。個案 5 同學在其報告的終極反思中寫道：*「未來的科技人才，不能只懂光電元件的量子效率，更要懂這些元件產生的數據會如何影響社會。我們在實驗室追求靈敏的光電反應時，也必須在心中留一塊空間，思考如何保護那些被感測器捕捉到的靈魂。」*當悲傷可以被輕鬆刪除（忘憂雷射專題）、當靈魂可以被完美複製（靈魂備份專題）、當信任被徹底數據化（信任指數專題），學生們在認真書寫的報告中，集體展現了對「科技凌駕人性」的巨大危機感。這啟發了他們：學習光電科技的終極意義，絕非僅僅是成為一個高科技產業的科技奴隸或冷酷的技術提供者，而是要在追求創新的同時，對科技與人性的邊界永遠保持謹慎，用硬體防禦機制去守護人類的自由意志與尊嚴。

(2)　教師教學反思

1. 推測設計導入理工教學之優點（Advantages）

(i) 培養理工學生的人文研發思維

傳統理工教育多著重「技術如何實現」，較少探討「技術為何存在」。推測設計透過 What if 思想實驗，引導學生從人文與社會角度反思科技。例如當學生意識到未來研發的高靈敏度光電感測器可能衍生隱私監控等倫理議題（個案 1）時，便能激發工程倫理與社會責任意識，使導論課程從知識傳授進一步提升為培育具科技素養與社會關懷人才的課程。

(ii) 建立高回饋、非同質化的師生對話

推測設計因沒有標準答案，能促進多元且深入的課堂討論。教師從學生學習單中可看見不同的關懷面向，例如個案 6 聚焦「人機協同而非取代」，個案 3 關注「極地航海工程」。透過學習單批註回饋，如對楊同學寫下「這點很好，不會落入以機器人取代了人的思維！」，形成個別化的知識交流與思辨歷程。這種雙向式回饋是傳統選擇題或標準計算題難以達成的教學成效。

2. 推測設計導入理工教學之盲區（Disadvantages）

（i）思辨與專業知識連結不足

推測設計能有效提升學生學習興趣，但未必能同步深化專業知識。問卷顯示，「個人興趣」得分最高（3.82），而「課程內容吸收」最低（3.51）。大一理工學生面對科技倫理與社會議題時，容易投入情境思辨，但因尚未建立光電基礎知識，如能帶理論、雷射受激輻射等概念，可能出現能討論科技影響、卻缺乏物理分析能力的現象。此「重思辨、輕基礎」的落差，顯示未來課程需加強推測設計與專業知識的整合。

(ii) 學用連結不足引發學習疏離感:

CLASS 問卷中「光電與現實生活的聯繫」（3.27 分）與「解題自信心」（3.21 分）較低，反映部分學生對課程價值的疑慮。理工學生承受產業就業壓力，當課程大量探討 2060 年靈魂轉生、忘憂雷射等未來情境時，習慣線性學習的學生可能產生疏離感，認為內容與電子學考試或台積電、聯發科等產業需求連結不足，進而降低學習投入與修課成就感。未來需加強前瞻議題與現有光電技術、產業應用的銜接。

3. 對於推動「跨領域學習」的可能性

儘管存在上述盲區，本教學實驗依然證實了推測設計作為觸發跨領域學習因子的巨大潛力。學生在專案中展現出橫向跨界思考：

(i) 生醫與物理科學的跨界推測設計：例如個案 5 將光學理論（單色性、高方向性、多光子游離 multiphoton ionization）與神經科學、奈米材料（光動力療法、光熱效應）進行整合應用思考。

(ii) 社會組織與工程系統的跨域類比能力：個案 7 同學將 NVIDIA 黃仁勳的去中心化團隊管理理念，類比為硬體架構中「矽光子與光子晶片的高速、低延遲傳輸特性」。此跨越社會組織與物理系統的類比思考，展現推測設計促進學生進行系統性重構與跨領域連結的能力。

(3)　學生學習回饋

1.逆向推導與動機深化：

（i）個案 5(專題：深層腦微血管飛秒雷射除栓載具）：「*在過去的光電與物理學習中，我習慣於專注在嚴謹的實驗數據分析、圖表繪製的精確度，以及探討半導體與各類元件的基礎特性。這種傳統的訓練讓我具備了追求技術準確性的直覺。然而，這次的『推測設計』給了我一種截然不同的思維衝擊。它促使我跳脫當下實驗室裡那些固定的數據範圍與現有的技術瓶頸，轉而從『未來社會的極端需求』出發，逆向推導光電物理的應用潛力。我體會到，無論是探討雷射的超短脈衝、受激輻射，或是分析極微小的物理變化，最終的價值不應只停留在生硬的數據報告上。將光學理論轉化為能夠拯救生命的『微型載具』，讓我深刻認知到光電科技不僅是科學驗證，更是驅動未來醫療與人類福祉的關鍵。這種從『微觀數據與參數』*

到『宏觀未來應用』的跨度，將成為我未來在面對複雜的實驗時，持續突破與創新的最大動力。」

(ii) 個案 7（專題：遠端紅外線信任指數系統）：「*在這次報告中，我重新認識光電技術和人類社會的關係。這次推測設計讓我認知到一個遠距離測謊裝置系統要優化，並不是只要處理 AI 演算法問題，而是必須回到最根本的光電半導體感測晶片與波長選擇等硬體本質（如含氧血紅素對 940 nm 紅外光的吸收峰）。這次的推測設計也算是幫我找到了未來的學習地圖，如果未來想把這類科技商業化或社會化，那就必須理解光與生物組織的交互作用、物理光學以及數位影像處理等知識。信任指數不再只是社會管理工具，而是被光電更加數據化和公共化。這讓我體會到光電可以創造出更多商機，幫助人類社會發展。*」

(iii) 個案 8（專題：2045 年極地航行之智慧超疏水防冰視窗系統）：「*透過本次推測設計研究，我發現光電技術並不只是侷限於光學儀器或顯示器，而是能夠與材料、人工智慧及智慧感測等領域進行跨域整合。在超疏水防冰技術中，光電專業涉及透明導電材料、光學薄膜設計以及感測器技術（如 Cassie-Baxter 理論與 ITO 薄膜加熱）等核心知識。未來若能將光學元件、智慧材料與 AI 系統整合，將有機會開發出更適合極端環境使用的新型設備。*」

三案綜合顯示，「推測設計」引導學生從「未來極端需求」出發進行逆向推導，打破傳統實驗室的數據瓶頸，回溯並精準定義出核心的光電硬體規格。這成功促成了動機深化，使學生的研究視角從微觀的技術參數，跨度擴展至宏觀的社會福祉與商業價值，將被動的學科學習徹底轉化為高度自發的創新驅動力。

2.工程倫理與社會責任覺醒

(i)個案 9（專題：忘憂雷射-情緒與記憶重塑計畫）：「*當我們在實驗室裡成功用近紅外光跟奈米顆粒解決了頭骨散射的物理問題、達成完美的神經修剪時，我們同時也親手造出了一把能閹割靈魂、瓦解司法正義跟加深階級壓迫的雙面刃（如神經洗罪與完美犯罪）。這讓我深刻體會到，光電技術的突破從來不只是實驗室裡的事，它一旦發行於社會，就要考慮倫理問題及可能造成的社會影響。推測設計教會我，未來的光電工程師不能只當一個技術解決者，更必須要有倫理危機提問者的宏觀視野。在研發前沿生醫光電技術的初期，就必須把社會倫理、心理代償跟法律防禦機制一起設計進去。在追求技術創新的同時，永遠對科技與人性的邊界保持謹慎。*」

(ii) 個案 10（專題：2068 年人體免疫系統之雷射癌細胞導航治療平台）：「*透過這次推測設計，我發現原來光電不只是課本裡的公式和理論，而是真的有機會應用在未來醫療上。像是雷射的單色性、高方向性和光熱效應），這些平常上課學到的內容，都可能成為未來治療癌症的重要技術。在設計這個主題的過程中，我也了解到未來的科技不會只靠單一領域發展，而是需要結合光電、人工智慧、生物科技和奈米技術等不同領域一起合作。這次的推測設計讓我對光電專業有更多認識，也讓我開始思考未來學到的知識可以怎麼應用在解決現實問題上。更重要的是，這項設計真正想探討的不只是如何消滅癌細胞，而是未來的人類是否願意將自己的生命與健康交由一套由 AI、奈米科技與雷射所組成的智慧系統管理。這也是推測設計最重要的核心精神：透過想像未來，反思現在。*」

(iii) 個案 11（專題：2050 年機械義眼之腦神經視覺轉換系統）：「*這次推測設計讓我和醫療、AI、腦機介面結合。透過機械義眼的構想，我學到光學成像、光電轉換、感測器與訊號處理之間的關係，也發現未來工程設計需要同時考慮技術可行性、安全性與倫理影響。我的看法是，這種技術應該優先用在醫療修復，而不是一開始就面向普通人。它最重要的目標應該是幫助視覺受限的人重新看見世界，而不是讓人被科技控制。*」

這三個案例展現了當代年輕工程人員的社會責任覺醒，將光電技術從「純粹的技術突破」提升至「人類命運的思辨」。案例九洞察技術對司法與階級的潛在問題，案例十反思人類

生命被智慧系統代管的體制隱憂，案例十一則倡導醫療修復優先的科技人本主義。三者共同點出：未來工程師絕不能只是冷酷的「技術解決者」，而必須在研發初期，就將倫理防禦、社會公平與人性格局融入設計，成為具備宏觀視野的「危機提問者」，在追求技術創新的同時，永遠對科技與人性的邊界保持高度謹慎。

3. 跨領域學習表現

(i)個案 7（專題：靈魂備份與光子區塊鏈）：「*在團體報告後，教授分享了 NVIDIA CEO 黃仁勳談論生死與科技未來的訪談影片。黃仁勳說他不相信傳統的接班人計劃，因為那太慢了。他的做法是『在零點幾秒內』把學到的知識直接 point 給所有人，全面提升團隊能力。這就像是現在常聽到的『矽光子（Silicon Photonics）』與『光子晶片』的概念。現在 AI 算力的瓶頸都在銅線傳輸的延遲和發熱。黃仁勳經營公司的方法，根本就是光速傳輸的去中心化架構！這啟發我，未來在學晶片設計或光電集成時，不能只思考單一元件多強，而是要思考如何像黃仁勳一樣，利用光子的高速特性，做到『零延遲』的知識與數據分發。*」

（ii）個案 12（專題：2048 年重度認知退化患者之神經突觸映射型 AI 數位分身系統）：「*經過這學期的推測設計，我學會如何運用 AI 來配合我的學業，以及對光電的啟發。雖然我的專案主體（微波介電突觸層析術與同態突觸編碼）與純粹的光電範圍有一點點不太相干，但我因此學到要如何去探索、深究這某項領域的技能，推測設計對我受益良多，也讓我知道我未來的出路及實驗室方向該如何走了。*」

以上個案中兩位學生展現了跨領域知識遷移與系統化重構能力：個案 7 能將黃仁勳的去中心化管理哲學，敏銳地遷移至「矽光子晶片」的光速傳輸架構，展現將抽象組織邏輯具象化為硬體設計的高階聯想力。個案 12 以推測設計為方法論，大膽將生醫神經編碼與光電技術進行「異質整合」，展現不設限於傳統學科框架、能自主規劃未來研究地圖的探索與實踐力。總結：兩者皆跳脫單一元件或技術的框架，升級為「系統級」的全局思維，是非常優秀的跨領域創新特質的表現。

綜上所述，本研究透過「CLASS 問卷的興趣攀升（3.82）」、「期末總結問卷的高參與度（4.23）」，以及上述學生手寫回饋文本中展現的「技術逆向推導」、「倫理危機提問自覺」與「跨領域系統級架構類比」，達成了完美的質量化交叉互證。數據與文本共同表明推測設計方法融入理工導論教育，具有不可磨滅的教學創新價值。它成功的「利用未來情境的危機感，指引出學生當下精研硬體本質的強烈動機」。雖然研究亦暴露了「概念吸收（3.51 分）」的認知超載缺點，顯示前瞻推測的宏觀視野容易與當下產業及專業知識產生銜接斷層。為此，本研究提出兩大核心改進策略，以跨越「科幻想像」與「工程實務」的鴻溝：第一，實施「高度在地核心產業鏈連結」策略，將遙遠的未來情境，強制綁定於台灣當前半導體與光電優勢（如先進封裝、矽光子製程），使抽象的科技推測具備強烈的在地既視感，消解認知超載。第二，貫徹「系統運作原理的敘事與公式的數據估算」機制，在教學後期加入不可妥協的科學公式與元件規格，強迫學生將天馬行空的科幻想像，拉回系統基本組成元件或材料的參數，例如波導傳輸延遲（ns）、晶片散熱功耗與材料介電常數（ε）等實體知識進行實務估算與驗證。此一「從在地出發、用數據收斂」的精進架構，將為下一階段的理工跨領域教學創新，提供最具實務指導意義的圭臬。本計畫成功培育出了一群「低頭能解嚴謹數據、抬頭能預測未來座標」的新世代卓越光電工程人才。

7.建議與省思 (Recommendations and Reflections)

(i)未獲 3D 列印硬體補助，限制創意發想具體化：推測設計的核心任務在於透過虛擬設計物件，將抽象的近未來危機實體化。教學過程中發現，3D 列印機（3D Printer）對於理工科系學生將大膽的創意發想轉化為實體結構，具有不可或缺的關鍵助益，能有效跨越「數位

想像」與「物理現實」的鴻溝。然而，本次計畫遺憾未能通過 3D 列印設備與耗材之相關補助，導致學生在期末專題的創意僅能停留在數位建模與文字論述層面，無法進行物理實體打樣，殊為可惜。建議未來相關教學計畫能評估並納入此類硬體補助，引導學生走向實體打樣，以深化動手解決問題的工程素養。

(ii)舉辦「世界咖啡館」工作坊，深化同儕即席思辨：推測設計極度依賴多元觀點的碰撞與跨領域批判。本研究雖透過學習單達成了高品質的師生對話，但課堂同儕間的即時橫向交流仍有不足。若能舉辦「世界咖啡館（The World Café）」模式的共創工作坊，透過換桌集體激盪與異質背景互評，能更有效協助學生釐清科技情境的盲點，並收斂光電概念的技術錯置。然而，在實務推動上，若缺乏充足的業務費與教學工讀金支持，教師將難以獨自支撐高互動性的工作坊運作。建議未來計畫加強此類行政與人力經費補助，讓同儕的集體智慧在即席交流中真正落地。

(iii)常態化實施反思學習單，落實「學習成果可視化」:本次計畫引導學生書寫「光電科技導論學習單」之教學實踐，僅在學生上完業師的推測設計與 AI 時代媒體破碎化的專題演講課程後實施。由學生的書寫內容與意見反饋發現，學生主動分享了許多受用之處，展現出跨越工具思維、重構人機邊界的深層感悟。這項發現證實，反思學習單的書寫能扮演極佳的後設認知工具，實質有助於學生「看見」自己的學習成果與思維轉變軌跡。因此，本研究得出明確結論：於爾後課程仍有常態化實施反思學習單的必要。未來應將此機制擴大為各單元結束後的階段性導引，持續培養理工學生的自主學習動機與工程倫理自覺。

二、參考文獻 (References)

史美瑤 (2012)。21 世紀的教學：以「學生學習為中心」的教師發展，《評鑑雙月刊》 36 期 (2012/03) Pp. 42-44

史美瑤 (2013)。如何利用問題（課堂討論）引導學生學習。評鑑雙月刊，41，29-30。

趙珮晴；莊俊儒；程敬閔；林思伶；林信志；劉世閔 (2024)。新世代年輕人學習動機。教育科學研究期刊，第六十九卷第三期，2024，69 (3) ，197-226

賴英娟；巫博瀚 (2022) 。國中生所知覺到的教師自主支持、自我效能、任務價值對學習投入之影響。教育心理學報，53 (3) ，543-564。

Cachia, R., Ferrari, A., Ala-Mutka, K., & Punie, Y. (2010). Creative learning and innovative teaching: Final report on the study on creativity and innovation in education in the EU Member States. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

陳嘉彌；陳淑芳 (2021)。創新班級經營教學提升大學生基礎能力之教學研究，《清華教育學報》38 卷 2 期 (2021/12) Pp. 35-71

陳偉仁；楊婷雅。素養導向課程設計：「設計本位學習」的應用，《雲嘉特教期刊》 32 期 (2020/11) Pp.10-23

Anthony Dunne, Fiona Raby (2013). Speculative Everything: Design, Fiction, and Social Dreaming. Cambridge, MA, USA: MIT Press.

Kender, K., & Purgathofer, P. (2022)。Insights for Educational Practice from a thematic analysis of student experiences with speculative design mini-projects about Personal issues.，Interaction Design and Architecture(s) Journal, 51, 249-269.

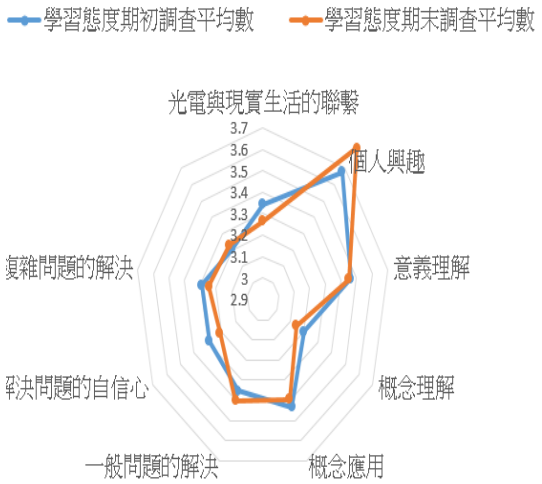
Adams, W. K., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Dubson, M., Finkelstein, N. D., & Wieman, C. E. (2006). New instrument for measuring student beliefs about physics

and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey. Physical Review Special Topics—Physics Education Research, 2(1), 010101.

三、附件（Appendix）

表一 科羅拉多科學學習態度調查結果

題組	修課前平均數	修課後平均數
光電與現實生活的聯繫	3.34	3.27
個人興趣	3.68	3.82
意義理解	3.46	3.45
概念理解	3.20	3.14
概念應用	3.43	3.39
一般問題的解決	3.36	3.40
解決問題的自信心	3.29	3.21
複雜問題的解決	3.29	3.25



圖一 科羅拉多科學學習態度調查雷達圖

表二 學習總結問卷結果

題組	平均數
課前、課後自主學習活動	3.67
課堂參與與完成課程指定學習項目	4.23
掌握學習要領與效果	3.77
多元學習方式	3.70
課程內容吸收	3.51