

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PEE1136569

學門專案分類/Division：工程

計畫年度：113 年度一年期 112 年度多年期

執行期間/Funding Period：2024.08.01 – 2025.07.31

可視化電腦輔助工程結合問題導向教學法應用於光電元件設計之教學實踐研究

計畫主持人(Principal Investigator)：張國恩(Guo-En Chang)

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立中正大學/機械工程學系(National Chung Cheng University/Department of Mechanical Engineering)

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)：2025 年 9 月 15 日

計畫名稱 (Title of the Project)

一、本文 (Content)

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

[半導體光電元件]則為工程光學的進階課程，旨在教授以半導體製作的微小光電元件，如 LED、光偵測器、雷射等，在產業上及科學研究上有重要應用。然而，由於光學現象在微小的半導體元件中很難直接由肉眼觀察到，以 Maxwell Equations 來描述光學行為又須具備相當的數理背景能力，因此學生在修習此科目之學習成效往往不彰，導致修課學生興趣缺缺，因此本教學實踐研究計畫之動機為採用可視化電腦輔助工程以及問題導向教學法，讓學生能夠以數值軟體實際看到在半導體元件中的光學現象，也不須涉入複雜的 Maxwell Equations 太多，能提升學生之學習成效。

2. 研究問題 (Research Question)

本教學實踐研究計畫主題為「可視化電腦輔助工程結合問題導向教學法應用於光電元件設計之教學實踐研究」，以提升學生對於半導體光電的學習成效為中心，探討新的教學法對於學生的學習成效之影響，以及影響學生學習成效之原因，作為持續改善提升學生成效教學之依據。在本研究計畫中，我們將改變一般上課講解學理之單方向單調的教學方式，以及虛涉入複雜 Maxwell Equations 描述光學現象之困境，導入可視化電腦輔助工程以及問題導向教學法，讓學生能夠以數值軟體實際看到在半導體元件中的光學現象，幫助學生對於光學現象有更深入的理解，以提升學生學習成效，並探討導入可視化電腦輔助工程以及問題導向教學法對於學生學習影響之成效，進而改善教學內容，讓學生更容易吸收課程內容以及提升學習成效。

本研究計畫希望藉由改善教學方式來提升學生學習成效，學習成效可由以下幾點作為觀察指標：

1. 提高學生學習動機及興趣
2. 提升出席率
3. 提高修課成績
4. 提升學生期末專題報告之品質與深度。
5. 具有設計分析光電元件之能力。

在修課期間，將會有課堂專題報告以及期末報告，可以之前[工程光學]未導入可視化電腦輔助工程以及問題導向教學法，並藉由期末問卷調查學生對於改變教學方式的學習成效及意見。

6. 文獻探討 (Literature Review)

自電磁波於 18 世紀彙整出 Maxwell Equations，並證明光即是電磁波之後，在高等教育單教授波動光學已成了一個常用之模式，然而電磁波與波動光學的教學著重於抽象思維與邏輯推理二者的結合，具有高度的理論性及抽象概念，更需要複雜公式了解內涵，因此一直以來電磁波與波動光學被公認為一門教師難教、學生難學之艱深課程，然而電磁波與波動光學課程又是光電產業產品開發之基礎，已有許多文獻提出學生在學習時效率低落，且改善教學是非常值得進一步深入的課題[2]。

部分文獻也提出，由於電磁波與波動光學本身的特性，教師在授課時往往存在以下問題[3]：

1. 課程包含大量公式推導以及理論知識，授課時難以切入主要觀念
2. 學生必須花費大量時間學習理論知識，缺乏對於電磁波與波動光學理論知識背後蘊含的重要意義思考
3. 學生難以將課堂上的理論知識與實際應用結合，造成不知為何而學，導致對於學習的主動性以及課程參與度低落。

近年來，為了改善這類具有高門檻的課程之教學成效，已有不同的學者開發各種教學方式提升學生學習意願及成效，如可視化學習 (Visible learning)、基於合作學習 (cooperative learning, CL)，基於問題的學習 (problem-based learning, PBL)，基於情境的學習 (context-based learning, CTBL)，基於專題的學習 (project-based learning, PJBL)，和能力本位教學 (competency-based learning assessment, CPBL) 等，相關文獻之重點節錄如下。

• 可視化學習 (Visible learning)

"視覺化教學"是一種強調使用視覺元素，如圖表、圖片、影片等，以增強學習和理解的教學方法 [4]。這種教學方法旨在使教育更具吸引力、生動且易於理解，視覺化教學的特點和優勢包含：

- **圖表和圖像：** 使用圖表和圖像可以幫助學生更容易地理解複雜的概念。這些視覺元素可以清晰地呈現資訊，使學生能夠以更直觀的方式掌握主題。
- **多媒體資源：** 整合多媒體資源，如影片、動畫和音頻，有助於提供生動的學習體驗。這樣的教學方法可以激發學生的興趣，使他們更投入學習。
- **互動性：** 使用視覺化元素可以創建互動式的學習環境，讓學生參與並受益於實際操作。這種互動性有助於深化對主題的理解。

- **提高記憶力：** 視覺化教學可以幫助提高學生的記憶效果。透過視覺元素呈現的資訊更容易被大腦記憶和回憶。
- **適應不同學習風格：** 由於每個學生的學習風格不同，視覺化教學提供了一種多元化的教學方式，能夠滿足視覺型、聽覺型和動手型學習者的需求。

視覺化教學強調通過視覺元素來傳達知識，從而提高學生對主題的理解和記憶。這種教學方法在現代教育中得到廣泛應用，特別是隨著科技的進步，教育者能夠更輕鬆地整合各種視覺元素到課堂中。

• **基於問題的學習 (problem-based learning, PBL)**

問題導向學習 (Problem-Based Learning, PBL) 是一種以問題為核心的教學方法，強調學生透過解決實際問題來學習。在PBL中，學生通常以小組形式合作，探討現實生活中的情境或問題，並努力找到解決方案。這種學習方式將學生放在主動學習的位置，強調自主性、探索性和合作性 [5-7]。

PBL的主要特點包括：

- **問題驅動：** 教學的起點是提出一個真實世界的問題或情境，激發學生的好奇心和求知欲。
- **小組合作：** 學生通常分成小組，共同探討問題，分享想法，合作解決問題，從而培養團隊協作和溝通能力。
- **自主學習：** 學生在解決問題的過程中需要主動尋找資訊、分析數據，並以自己的方式學習，強調自主學習的能力。
- **導向教學：** 教師的角色更像是指導者或資源提供者，鼓勵學生思考和學習，而非直接灌輸知識。
- **跨學科性：** PBL通常能夠橫跨不同學科，使學生能夠將不同的知識和技能整合應用於解決複雜問題。

➤

PBL的目標是培養學生的批判思考、解決問題的能力、自主學習的技能以及團隊合作和溝通技巧。這種教學方法在醫學、工程、商業和其他領域中得到廣泛應用，被視為一種促進深層次學習和實踐能力的有效方式。

與光學有關的 PBL 可以涵蓋多個領域，包括光學科學、光學工程、光電子學等。透過 PBL，學生將有機會以專案為基礎的方式，深入研究光學相關主題，並應用其知識於具體的問題或實際情境，與光學相關的 PBL 主題包含：

- **光學設計與製造：** 學生可以進行一個專案，設計並製造一個特定光學系統，例如鏡頭、光學儀器或光學感測裝置。
- **光學應用於科技產業：** 學生可以探討光學在科技產業中的應用，例如雷射技術、光纖通信、光學感測等，並開發相關的技術應用專

案。

- **環境光學：**專案可以涉及光學在環境監測、太陽能應用、光學感測器等方面的應用，探討如何改進環境監測技術。
- **光學教育工具開發：**學生可以設計和製作光學教學工具，以提高學生對光學原理的了解。
- **光學研究項目：**學生可以參與具體的光學研究專題，例如光學材料的研究、非線性光學現象等。

由此可見光學相關 PBL 是非常實際且具體的，這些專案可能需要學生進行文獻研究、實驗設計、數據收集和分析，以及最終的成果呈現。透過這樣的 PBL，學生有機會在光學領域中培養深度的學科知識，同時發展解決問題和團隊合作的技能。

• 基於情境的學習 (context-based learning, CTBL)

基於情境的學習 (Context-Based Learning) 是一種強調將學習與現實生活情境相結合的教學方法[8-10]。這種方法的核心理念是將學科知識放置在具體的背景或實際應用情境中，使學生能夠更深入地理解和應用所學的內容。基於情境的學習通常與學科相關的實例、案例或真實世界的情境相連結，強調將學習置於有意義的背景中。

以下是基於情境的學習的一些特點：

- **現實情境：**學習的內容被嵌入到實際生活中的情境或現實世界的案例中，使學生能夠更容易理解並應用所學的知識。
- **實例和案例：**教材中通常包含具體的實例、案例或情境描述，這些都是學習的基礎，幫助學生理解學科概念。
- **跨學科：**基於情境的學習常常涉及跨學科的元素，將不同學科的知識整合到相關的實際情境中。
- **問題解決：**學生通常需要在具體的學習情境中進行問題解決，鼓勵他們將理論知識應用於實際情境中。
- **與學生經驗相關：**基於情境的學習強調將學習內容與學生的現實經驗相關聯，以提高學習的意義和深度。

這種教學方法通常能夠激發學生的興趣，增加他們對學習的投入，並促使他們更好地理解並應用所學的知識。基於情境的學習的實施方式可能因不同學科、課程和教學目標而有所變異。

7. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

[半導體光電元件]則為工程光學的進階課程，旨在教授以半導體製作的微小光電元件，如 LED、光偵測器、雷射等之原理與設計，我國目前半導體以及光電產業發展蓬勃，為全世界半導體產業及光電產業重要國家，對於半導體及光電的

人才有極大之需求，因此培育具有半導體及光電元件設計人才至關重要。

本計畫擬導入可視化電腦輔助工程以及問題導向教學法，在不涉入太多複雜的方程式以及理論之化，利用數值軟體達成可視化教學之目標，讓數理及基礎知識不那麼好的同學也能了解光電元件之內涵，進一步提升其學習成效。

8. 課程設計與規劃

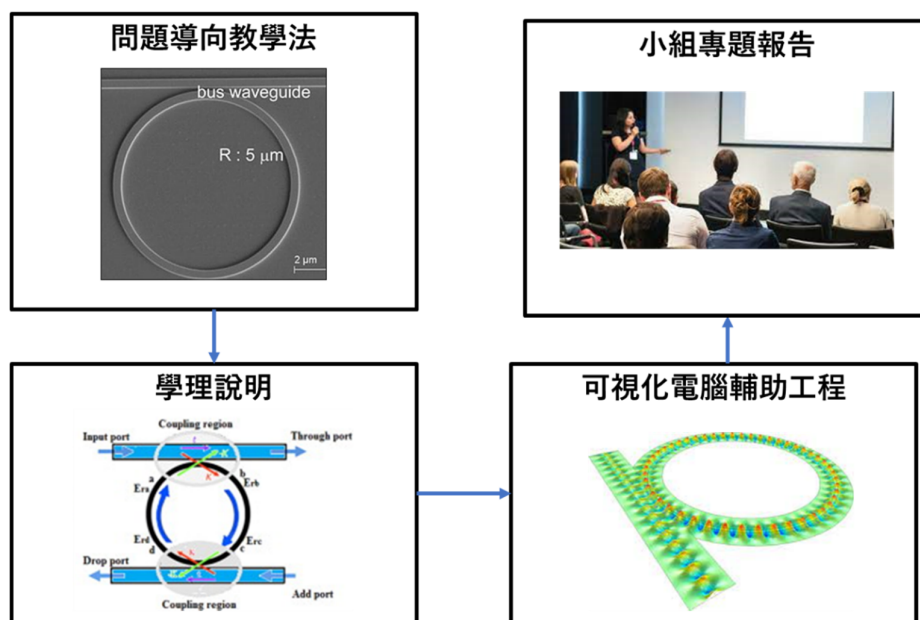


圖 1: 本計畫預計採用的教學方式。

本研究計畫預計將採用可視化電腦輔助工程以及問題導向教學法來改變傳統教學方式，輔以Context- Problem-Based Learning (CT-PBL) 方式刺激學生思考，並大幅度縮短單調的單向學理教授方式，以增加課程的活潑性，及提高學生的興趣及注意力，來增加學生的學習成效，本計畫預計採用的教學方式流程如圖1所示，說明如下：

• 問題導向教學法:

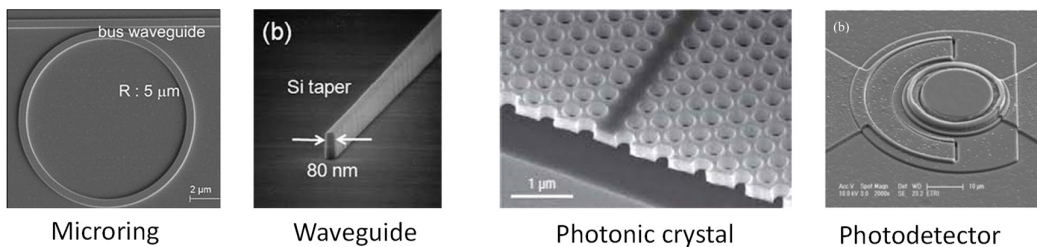


圖 2: 本課程預計會涵蓋的多種光電元件主題。

本計畫將採用問題導向教學法，首先會從實際的研究文獻或是產品中找出多種實際的光電元件結構作為教材(部分會涵蓋的光電元件如圖2所示)，先讓修課學生知道本課程的內容不僅只是課本中的學理而已，而是實際於學術研究上或是實際光電元件產品所會用到的結構，具有實用價值，以實際會用到的元件出發，更能讓同學知道這門課所學習到的知識是有意義的，而非紙上談兵而已。

- **學理說明**

在定義完問題之後，本課程將說明與元件相關的光學原理，讓同學了解光電元件背後所蘊含的重要光學原理，在此本課程將不著重於複雜的公式推導，而是將更著重於光學原理及概念，讓同學了解重要光學現象已及背後重要物理意涵。

- **可視化教學:**

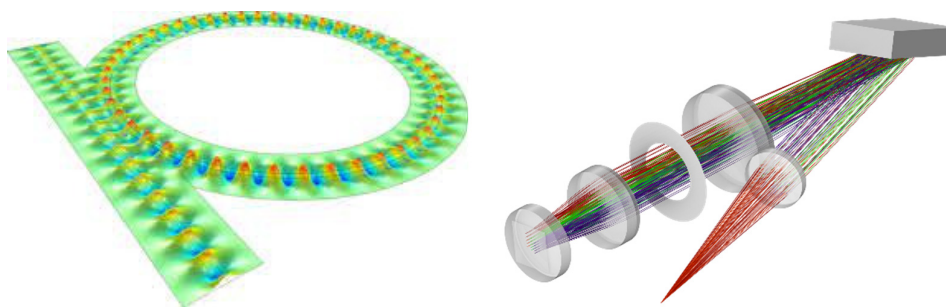


圖3: 利用數值軟體所模擬出來的光電元件中的光學傳播結果 [11]



圖4: 國立中正大學創新大樓之電腦教室。

了解光電元件的原理之後，接著就是教授有限元素數值軟體，本課程將教授商用地有限元素數值軟體，首先將教授有限元素軟體基本介紹以及建模模擬方法，讓同學能夠先了解有限元素法之原理及內含，並能自己一步一步自己建立數值模型。再來根據各週所教授不同的光電元件，在課堂上由授課教師以及助教帶領，一步一步建立光電元件的模型並進行模擬，在模擬完之後即可藉由後處理看到光在半導體元件中的傳播行為(如圖 3 所示)，並能跟學理進行比較，可讓同學更清楚了解光電元件之原理及內涵。光電元件的數值模型建立教學將在國立中正大學創新大樓的電腦教室進行，每位同學將有一套電腦可以使用，能夠自己從頭到尾完成模型建立，在課程中授課教師與助教也會在旁即時指導，協助同學排除問題，提升同學學習成效。

• **小組專題報告:**

在了解元件原理以及能建構可視化有限元素數值模型之後，為了讓修課同學對於課程內容有更進一步的了解，本課程將會把同學分組，讓修課同學針對所建立的數值模型調整各種參數，看看不同參數對於模擬結果的變化，進一步了解不同參數對於光學現象之影響，並與學理相互比較，以達到對於光學現象有更深入的了解並提升學習效果，結果將以作業及小組報告方式呈現，並同時訓練同學的簡報能力。

9. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

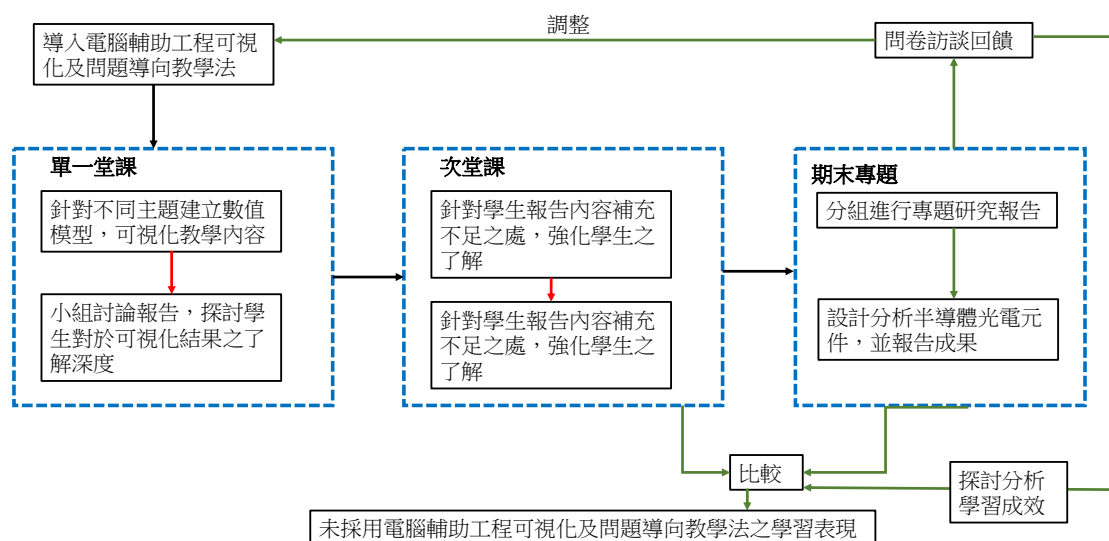


圖5: 本研究計畫之進行方式及研究架構。

由文獻探討可知，學生在修習半導體光電元件課程的困難在於光學現象在微小的半導體元件中很難直接由肉眼觀察到，很難理解實際的光學現象，此外加上光學課程具有較高的數學門檻，數理能力不佳的學生很難跟上理論。因此本教學實踐研究計畫將結合可視化教學、問題導向教學的方式，並探討「隨堂後測對提升學生學習效果」之影響。研究方法及實驗步驟說明如下：

本研究計畫的研究架構是採用問題導向教學方式，首先會從實際的研究文獻或是產品中找出多種實際的光電元件結構作為教材，再接著教授有限元素數值軟體，本課程將教授商用地有限元素數值軟體，首先將教授有限元素軟體基本介紹以及建模模擬方法，讓修課同學能夠將結果可視化，並將程式進一步做參數變化分析作為作業，並於下一次課堂上進行報告，授課教師再針對結果了解學生尚未理解之處，並進一步作補充說明，讓同學能夠將課程內容徹底理解清楚。由於本課程為第一次開設，沒有與歷年成績比較基礎，因此本研究計畫的報告成績將與以前[工程光學]（2015到2020年）的報告成績進行比較，第二次開設之後將可與歷年的報告成績進行比較，並探討學生學習效果。

當學期進行一半後即進行期中報告，期中報告的成績也與歷年[工程光學]的期中報告成績進行比較，以了解學生在這種教學方式下的學習成效。此外，期中報告後也與學生進行訪談，藉由學生提供的反饋意見，修改或是調整教學內容，在下一次的課程中採用讓學生更容易接受或理解的方式。學期末時，將進行本學年度的作業成績、期中、期末報告成績和歷年的成績進行比較及分析，來探討此研究方法對學生學習的效果。

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

(1) 教學過程與成果



圖 6. 本研究計畫之課堂授課情況。

本計畫之進行按照原定計畫進行，課堂上進行之情況如圖 6 所示，採用問題導向教學方式，首先會從實際的研究文獻或是產品中找出多種實際的光電元件結構作為教材，首先講解此元件之基本工作原理，深入淺出地讓同學了解學理，再接著教授有限元素數值軟體，本課程將教授商用地有限元素數值軟體，首先將教授有限元素軟體基本介紹以及建模模擬方法，讓修課同學能夠將結果可視化，課堂上也預留時間讓同學實際操作與建模，授課教師則在一旁指導，確保修課同學可以順利完成建模。

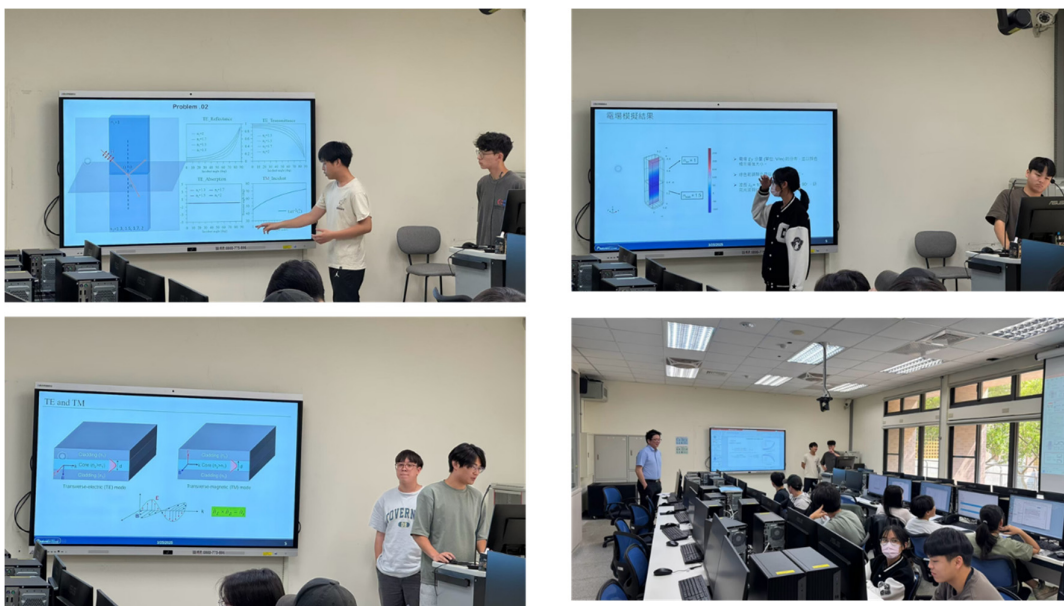


圖 7. 同學報告作業之情況。

大約每 2 周會指派一個作業讓同學回家建模練習，並將作業整理成一份報告於下次上課時上台報告，同學們除了報告模擬成果之外，也會針對不同參數進行模擬，並呈現可視化之結果，同學也需針對學理方面進行更深入的探討，再進行報告，整體來說大部分學生之報告都相當不錯有水準。

(2) 教師教學反思

整體來說所設計的教學方法與實際上課之教學情況大致相符，也收到預期之效果，同學們之學習動機及成效也有所提升。由同學的反應來看，同學們希望有更多的上機操作時間以及案例練習，這個是在之後的教學可以進一步調整的。

(3) 學生學習回饋

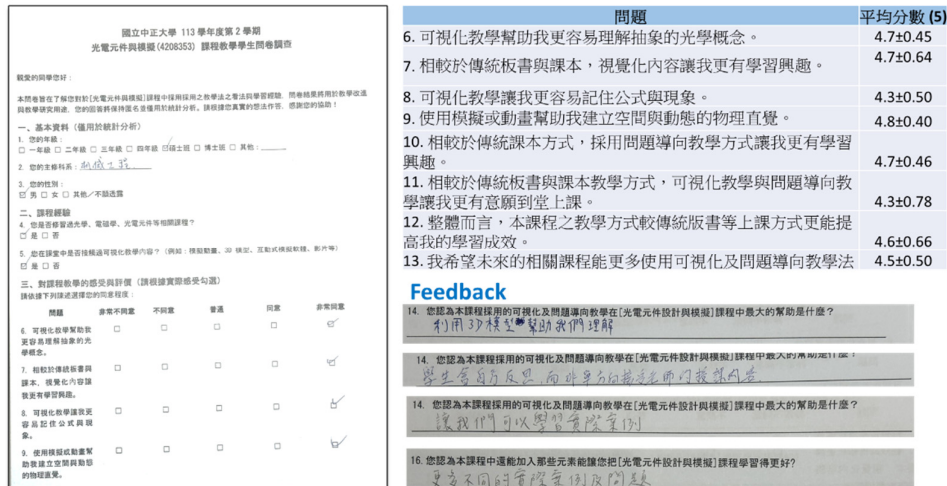


圖 8. 課程問卷調查結果。

圖 8 為同學課程問卷調查結果，由結果可發現基本上同學之回饋大多為正向意見，可視化教學有助於提升同學之學習，將抽象觀念學習得更好，也可以提升學生之學習動力及動機，大部分同學也都同意未來若修習此課程時，會想要以問題導向及可視化教學法進行教學，整體而言，本計畫有收到原先預期之成效。

11. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

此課程為計畫主持人第一次採用可視化教學與問題導向教學教授光電元件與設計課程，與傳統只上理論的課程相比，學生上課之動機、注意力、學習意願都有顯著地提升，整體而言，本計畫有收到原先預期之成效。現在的 Z 世代學生由於生長環境與以往大大不同，因此採用更數位化之教學對於 Z 世代學生較為能接受，這也是未來教學可以努力改進的方向。

二、參考文獻 (References)

1. <https://www.noaa.gov/jetstream/satellites/electromagnetic-waves>
2. 肖春燕, “電磁場課程教學改革的研究”, 電子電氣教學學報 1, 29-31 (2010).
3. Yuan, D. and Yu, S., ” Thoughts on the Teaching Reform of Electromagnetic Field and Wave Course under the Concept of Curriculum for Ideological”, Advances in Education **2022**, 12(12), 5366-5373.
4. Akcayır, M. and Akcayır, G.. The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. Computers & Education **2016**, 94, 1-17.

5. Senocak, E., Taşkesenligil, Y., & Sözbilir, M. "A study on teaching gases to prospective primary science teachers through problem-based learning." *Research in Science Education* **2007**, 37, 279–290.
6. Tosun, C., & Taşkesenligil, Y. "The effect of problem-based learning on the undergraduate students' learning about solutions and their physical properties and scientific process skills," *Chemistry Education Research and Practice* **2013**, 14, 36–50.
7. Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. "Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential and inquiry-based teaching." *Educational Psychologist*, **2006**, 4, 75–86.
8. Overton, T.L., Byers, B., Seery, M.K. "Context-and problem-based learning in higher education." In I. Eilks & B. Byers (Eds)., *Innovative methods of teaching and learning in higher education*, Cambridge: RSC publishing, 2009 pp. 43-59.
9. Bennett, J. "Bringing science to life: the research evidence on teaching science in context." York: University of York, Department of Educational Studies (2005).
10. King, D. T. "New perspectives on context-based chemistry education: using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning." *Studies in Science Education* 2012, **48**, 51–87.
11. <https://www.pitotech.com.tw/>

三、附件 (Appendix)