

【附件三】教育部教學實踐研究計畫成果報告格式(系統端上傳 PDF 檔)

教育部教學實踐研究計畫成果報告(封面)

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Cover Page)

計畫編號/Project Number：PEE1080058

學門專案分類/Division：工程學門

執行期間/Funding Period：2019/08/01~2020/07/31

(以團隊方式開發一光機電產品為導向之教學實驗研究)
(光學設計)

計畫主持人(Principal Investigator)：李企桓

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：逢甲大學電機系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2020/08/15

(以團隊方式開發一光機電產品為導向之教學實驗研究)

一. 報告內文(Content)

1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose).....p3
2. 文獻探討(Literature Review).....p4
3. 研究問題(Research Question).....p6
4. 研究設計與方法(Research Methodology).....p7
5. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)p10
 - (1) 教學過程與成果
 - (2) 教師教學反思
 - (3) 學生學習回饋
6. 建議與省思(Recommendations and Reflections).....p17

二. 參考文獻(References).....p18

三. 附件(Appendix).....p19

與本研究計畫相關之研究成果資料，可補充於附件，如學生評量工具、訪談問題等等。

題目: 以團隊方式開發一光機電產品為導向之教學實驗研究

A team-based development of a opto-mechatronic product-oriented teaching experiment

一、報告內文(Content)

1.研究動機與目的

近年已畢業校友經常反應業界技術變化加快，深感大學所受專業訓練有不足之處，尤其是對系統的概念學習不足，因此唸研究所的畢業校友，往往不敢嘗試需要整合跨領域知識的研究題目，而業界工作的校友則反映在跨部門溝通時經常不知對方所云，據此校友亟力建議系上應當在大三或大四開設光機電系統整合相關實作課程。

因計畫主持人在系上所開一系列課程大多歸屬於光電學程，針對系友建議與學生需求，在與本學程其他老師交換相關意見後，決定藉由本計畫的協助，在光學設計一門課中引入光機電系統整合相關實作課程，並藉由一些研究指標作為改善課程的依據，作為爾後推廣到其他類似課程的基礎。

本計畫在教學實踐過程中依循逢甲校方近年亟力推動之 CDIO 的工程教育模式進行。亦即以專題式為基礎(Project-based)，在構想與實踐一光機電系統產品的過程中引入問題構思(Conceive)、工程設計(Design)、實施(Implement)與操作(Operate)等步驟，除使教學過程系統化外，並在光學與電機專業領域整合教學設計上提供方法論，以強化課程內涵的傳達力並激發學生創新內容。下圖 1 所示為本計畫的目的大綱。

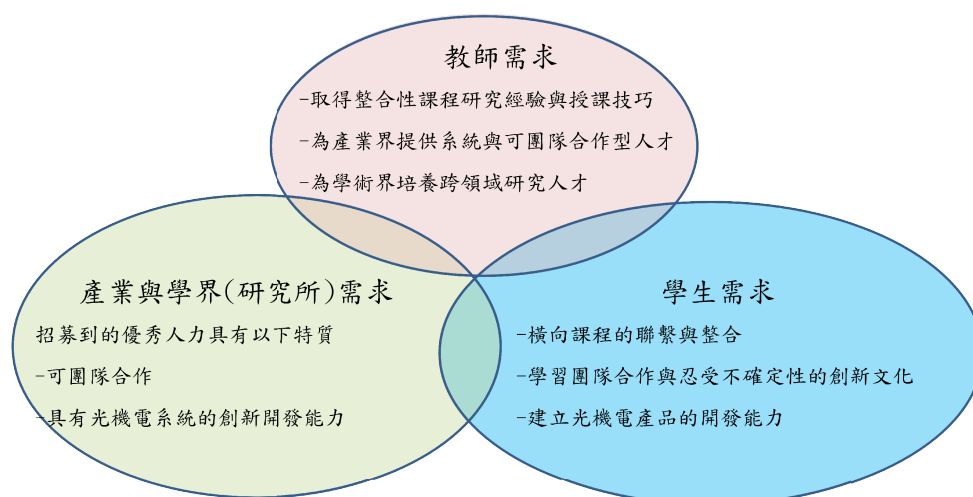


圖 1:本計畫的目的

課程中結合光學計算工具 ZEMAX、控制器 Arduino、機構設計軟體 Solidworks 與 3D 印表機輔助學生將構想具體實現，其他相關機構製作或電子零組件的採買則由本計畫經費提供。研究指標的規劃則是以能使課程內容多元化並有效提升學生整合專業能力為目的。主要指標包含學生的作品創新性、團隊合作的深入程度、與其他前置課程橫向聯繫的狀況與及相關領域人士的評價！

2.文獻探討

本節說明將分三個項目進行，第一項先說明國內在光機電教育方面的特點，並於結尾處說明本系開授”光學設計”可著力之處。第二項則說明傳統教學法的特點，第三項說明實施本課程所採用的 CDIO 工程教育法。

(I) 國內在光機電教育方面的特點

台中地區有多個產業聚落，包含半導體、精密機械與光學。其中之所以能形成光學產業聚落，主要七〇年代日本佳能（Canon）、德國（Bosch）旗下子公司保勝光學以及日本賓得士（Pentax）三家光學鏡頭與相機製造廠商，相繼進駐台中潭子加工出口區設廠而成[1]，除了台廠傳承日、德大廠的技術底蘊外，也衍生出像大立光等國際級光學鏡頭企業。目前 AI、大數據與工業 4.0 相繼與傳統技術作深度結合，使得光學與機械、電子整合的技術領域相繼出頭，包含智慧車載(HUD)、智慧醫療(Optical imaging)、航太(Remote sensing)、自動光學檢測(AOI)、智慧感測(smart sensing)，及辨識等領域。為使得台灣產業永續經營，培育可整合光機電人才已為教育界的重點之一。

目前國內光機電相關研究所[2]主要有中正大學(光機電整合工程研究所)、中央大學(光機電工程研究所)、台北醫學大學(生醫光機電研究所)、中興大學(精密工程研究所)，而設有光機電整合的學程則至少有立臺灣大學機械系(光機電系統學程)、成功大學機械系(光機電學程)、聯合大學電機系(光機電整合學分學程)、逢甲大學自控系(光機電工程學程)等，其中絕大多隸屬於大機械系。開授的課程以機械相關內容為主，電子或光學為輔。

本系(逢甲大學電機系)的光電學程一向以光科學與電子學為主，無開授機械類課程，從歷屆校友出路顯示，大部分有志於光電類的同學幾乎都選擇光電研究所或電子研究所(光電半導體)進修碩士學位，近三年平均每屆只有 2 名同學會選考光機電工程研究所，且上榜後不一定會前去就讀，主要原因是同學不具機械背景知識。選讀光電研究所約有 50%會往光電半導體領域深耕，從事光(機)電系統領域研究者比例不到 10%。

因此本計畫課程目標是要能使修課學生最終具備開發一光機電系統的能力，我們規劃將“光學系統”的內容包含機械繪圖、簡易機構製作、Arduino 圖控程式等開發系統常須具備的機械領域技術，核心內容仍以光學設計為主軸，電控與機構為輔，以啟發同學對開發光機電系統的興趣，打下技術基礎。並輔以教師的智識，以能在課程講授過程中為台灣產生更多光機電系統自製、創新發明與培育具國際競爭力的人才。

(II) 傳統教學法

在本系(逢甲電機)典型的教學模式主要有三種類型:基於教科書的教學(以理論課程為主，例如工程數學)、實驗室實驗(例如電子學實驗、光電實驗)和線上教學(暑修期間，為遠距學習同學所開設。或是同學自學用)。

廣義而言，上述三種類型均屬於吸入取向的學習方式[3]。其中學生的活動包括聽課、抄筆記(實驗課則按照講義建議，實作出成品)、課後複習與解題、考試。教師的活動則包括依據一、兩本教科書準備教案、課堂講授、回應學生的質疑、出考題評價學生學習狀況。整體而言，傳統教學模式主要是效率高、以單向吸收學習為主。較少要求學生主動提出構想，從而限制學生推理或創新的潛能。

實際上大部分教師均有察覺上述現象，但受限於外在因素，不易進行大幅度的教學改革。限制因素有:

(a)學生方面:已習慣於吸收式的學習模式、本身學習動機不佳、自身基礎不夠、前置課程的訓練不易與本課程銜接。

(b)教師方面:教師本身長期接受傳統的教學模式，對於新教學模式不易理解或接受、學生有評價老師教學的權利，以至於教師一定程度上得配合學生的"需求"、教師本身擔任行政工作或

更重視研究工作以至於授課資源或時間有限、學校評鑑老師教學優良與否的標準不易與教師的教學方式合理接軌、學生程度不一，較高的要求水準常引起後段學生的"不滿"。

(III) CDIO 教學法

為改善傳統教學法的限制，並培育未來工程人才所需，MIT 等校在 2004 年創立了 CDIO 國際合作組織。逢甲大學校方亦於 2017 年加入此一組織，並於近兩年於校內舉辦各種教學研討會說明實施方式，協助教師採用 CDIO 的工程教育模式，達到教學卓越的目標。根據文獻 [4] 的研究歸納 CDIO 的幾項特色，分別為：

- (a) 做中學：透過實際工程問題，規劃專題導，並鼓勵嘗試，從失敗中學習；
- (b) 使用者導向設計：透過分析使用者需求，進行創意發想與收斂，以使用者為中心的設計；
- (c) 產品行銷企劃：兼顧產品技術與商業營運的設計，甚至在構思階段撰寫營運的計畫書；
- (d) 跨領域團隊合作：利用不同專業背景領域的成員，共同探討複雜問題，藉由各種不同觀點及經驗的腦力激盪，培養溝通與問題解決能力。

CDIO 強調整合式課程設計，其主要項目有四項 [5]：

- 構思 (Conceive)：確定問題需求，連結需使用技術，發展概念性商業計畫等。
- 設計 (Design)：使用工業軟體或技術工具 (包含理論或手工具) 將構思的產品草圖出設計出。
- 實施 (Implement)：實現設計為一產品，實現具體方式包含製造流程與方式，測試和驗證。
- 操作 (Operate)：意指改進設計的產品，以及產品後續的銷售、物流、客戶服務、維護、回收與升級等。

由於 CDIO 架構範圍廣，在本課程 (光學系統設計) 中實施此一模式以設計一光機電產品，須考量時間限制與學生的知識、能力背景是否足夠，因此在具體實施步驟上，我們簡化為以專題式導向的 CDIO 架構，在不過度干預學生的表現下，每個階段教師的角色如下圖 2 所示。

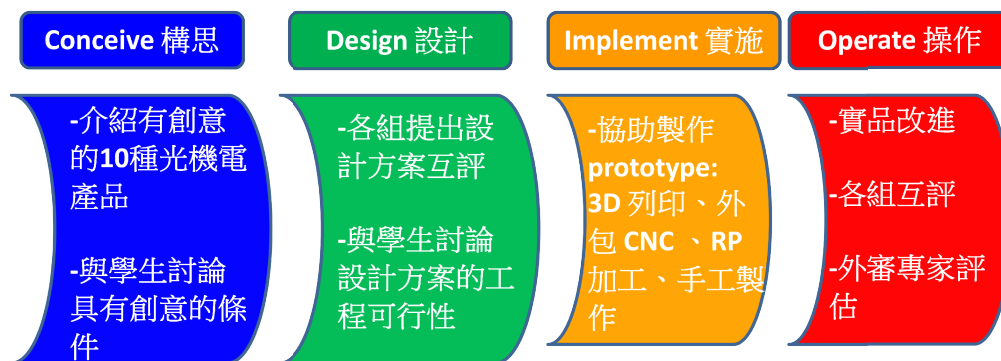


圖 2：專題式導向的 CDIO 架構下教師的角色。

整體而言，本課程設計教師方面著重於提供相關知識點，學生方面著重於團隊合作。在團隊合作解決一目標專案時，學生個體的觀念、內容理解與學習方法會受到其它人的影響。光學設計又是一門理論性強且強調實際應用的課程，在這樣一門課程中以產品開發為目標，可很大程度隨著設計的深入，學生能逐漸糾正自己原來理解 '產品' 上的一些偏差，提高工程與市場敏銳度。

3.研究問題

本研究計畫的主題是藉由開設一整合性課程，研究如何有效執行才可使學生在光電產品的創新與實作能力得到提升。是為既有課程(光學設計)的突破與改善，以使學生未來能在就業或唸研究所中對系統開發的發展潛力感興趣，並能與他人充分團隊合作!

開發一光機電系統需要的知識涵蓋了光學、機械設計與製造、電子與控制等三個學科的方方面面，一個高階的光機電工程師無法避開上述任何一項知識點，因此養成的時間常須達10年以上。但是對大學部或研究所電機系學生而言，僅光學一項便涉及大量的數理知識，“彎道超車”學習並不可能。

本計畫提案實原先規畫於本系大四下實施，但由於大四下很多學生已修完校定128學分，修課人數恐因課程難度不低而造成倒班之現象，因此本計畫規劃之課程改於大三以上(含研究生)皆可選修的“光學設計”中實施。實際到課人數有40人，學生除電機系光電組為大宗外，上有外系(自控系、材料系、電子系)學生前來選修。

光學設計本是一門系統性很強的課程，跨越光機電等三大領域，且內容比較繁瑣，例如相機系統要考慮放大率、光束限制、景深、解析度、出入瞳位置、稜鏡的轉像等，還有輔助照明系統，公式繁多，因這些內容前後聯繫非常緊密，故本系在大二即已開設一系列的光電課程，將此些觀念漸次引入成同學學習“光學設計”的前置課程，以免在光學設計中學到典型光電系統會出現高度的學習障礙。

但前置課程觀念引入時，仍以理論居多，學生常無法將所學內容轉變為工程直覺。且此前的“光學設計”課程仍以光學為主，例如提案前一年度(107年度)是以設計“視覺光學系統”為主，包含了眼睛建模、放大鏡、顯微鏡、手術放大鏡、Google glass、目鏡等傳統光學系統，電學方面只講述CCD或CMOS 畫素解析度與系統規格的關係。缺點是同學畢業後不見得會從事純光學設計，另一方面也使學生誤以為“光學設計”還是純光學，不涉及機械與電學。

圖3所示為“光學設計”改為整合性內容前後課程組成模組的比較。藉由申請教學實踐研究計畫，本課程於計畫執行過程中改善上述以光學為重的現象，考量到提升學生的整合能力與校友對光機電人才有高度需求的建議，主要是在原有課程基礎上加入機構實作項目，並引入分組團隊協作的模式，實際實現一光機電整合作品。



圖3: “光學設計”改為整合性內容前後課程組成模組的比較。

此整合作品計畫實施時，規劃藉由課程教學實作出一簡易光譜儀，使用工具有ZEMAX 光學軟體、Arduino控制板或一訊號擷取卡、一取像模組、solidworks 機構設計軟體、3D印表機。期末則以分組的自有作品評價學習狀況，課程過程中亦逐步蒐集學生學習狀況，以供未來課設類似整合性課程的參考!

4.研究設計與方法

本研究對象與實施步驟，規劃如下。

(a)修課同學背景方面：以本系光電組同學為主，或需修習過光電組的核心課程 大二下的「幾何光學」與「訊號與系統」。「波動光學」與本課程於同一學期(大三上)開設，為本系光電組必修。此系列的核心課程與光學設計具有聯繫關係，「幾何光學」與「波動光學」主要是提供同學開發一光機電產品所需的光學學理基礎，「訊號與系統」使學生熟悉系統運作時的數位或類比訊號處理問題。

(b) 課程內容實施步驟：

由於本系光電組同學居有充足的光學與電學背景，但缺乏機構設計與製作的背景，因此課程的安排約有1/3 時間(開學後前6周，約18個學時)先由教師帶領同學熟悉 Solidworks 軟體，設計所需零組件，並使用 3D 印表機將此些零組件印出。另1/2 時間(開學後第7~16周，約30個學時)由教授同學熟悉 ZEMAX 軟體的功能(含使用ZEMAX設計一平行光管、一Cooke 鏡頭、一光譜儀)，最後1/6 時間(開學後第17~18周，約6個學時)安排學生以專題報告方式呈現自己的系統，含構想與流程、實品展現)。

對應的具體的研究方法如下述：

(I) 研究架構

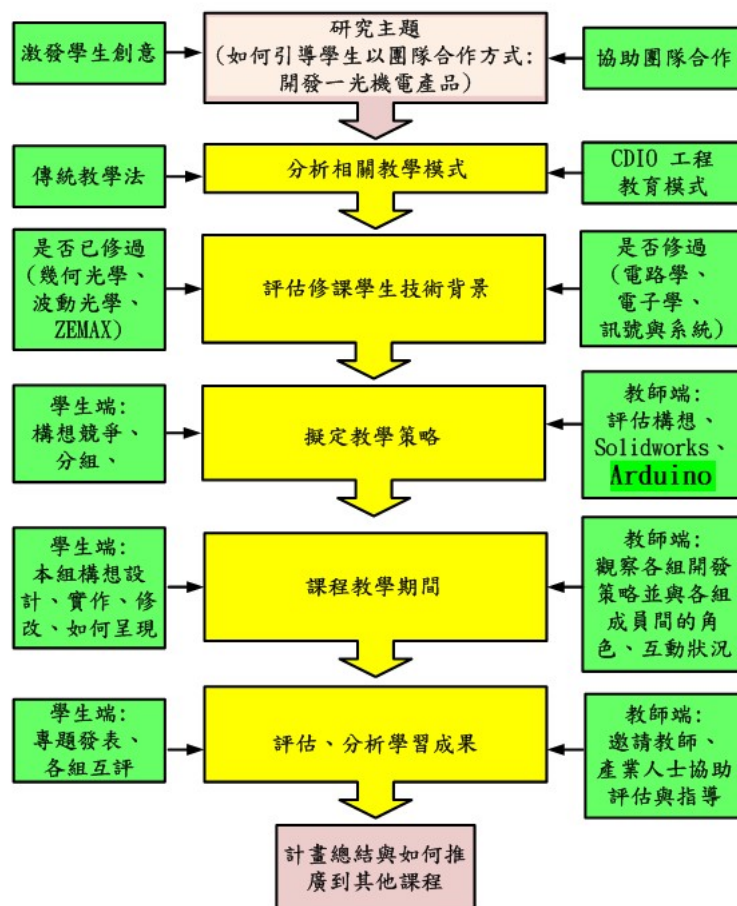


圖 4: 研究架構流程

(II) 研究假設

根據上述研究架構，本研究所提出的假設有二：

研究假設一：安排的課程具有正向影響。

對光電背景的學生而言，只要給予機構繪圖(Solidworks、3D列印)、控制(Arduino)等額外訓練，學生即有能力透過團隊合作方式開發一光機電產品。

研究假設二：團隊合作的效能可透過適當的課程安排與教師指導發揮最大效用。

團隊合作的運作是先透過老師的帶領下逐步完成一系列光電產品(由簡到雜：一平行光管、一Cooke 鏡頭、一光譜儀)，此期間團隊中的學員可藉此認知各成員的特點。歷經此練兵階段後，後續各組的構想方可在高度團隊合作效能下完成。

為驗證上述兩假設是否成立，課程中將逐步記錄在前中後期的表現，包含個人構想醞釀過程的訪談，團體合作中構想修改與逐步完成的動態過程。並於期末邀請參與課程的同學討論提供爾後開課的建議。

(III) 研究範圍

(a)課程屬性

本課程(光學設計)雖屬於單一性課程，但修課學生需學習過本校電機系光電學程相關的前置課程，如下圖 5 所示，此些前置課程以訊號處理、電學與光學為主。修習本課程時，前 12 周會再學習 solidworks 與 3D 列印，以使修課同學能設計與自製常見的零組件機構。Arduino 為一較易入手的控制器可搭配資料擷取卡(DAQ)的使用，可協助同學建立系統所需的訊號處理功能(原先規劃採用 Labview,但計畫審查委員有建議 Labview 的學習需耗費較長時間)。課程中教師會帶領同學逐步完成一系列光電產品，使同學熟悉光機電產品的開發流程。學生於學期出需自主提出構想，期末則需自製一款光機電產品作為期末成績。

修習本課程的學生，如為大三生，則可在本系往後的選修課程或專題研究中，可自主開發課程模組。例如可在選修課光電量測中自製一旋轉編碼器，顯示技術中自製一微型投影機，紅外線工程中自製一 IR 遙控編解碼控制器。如為大四以上學生，則可將系統概念帶入職場或研究所的研究項目中。

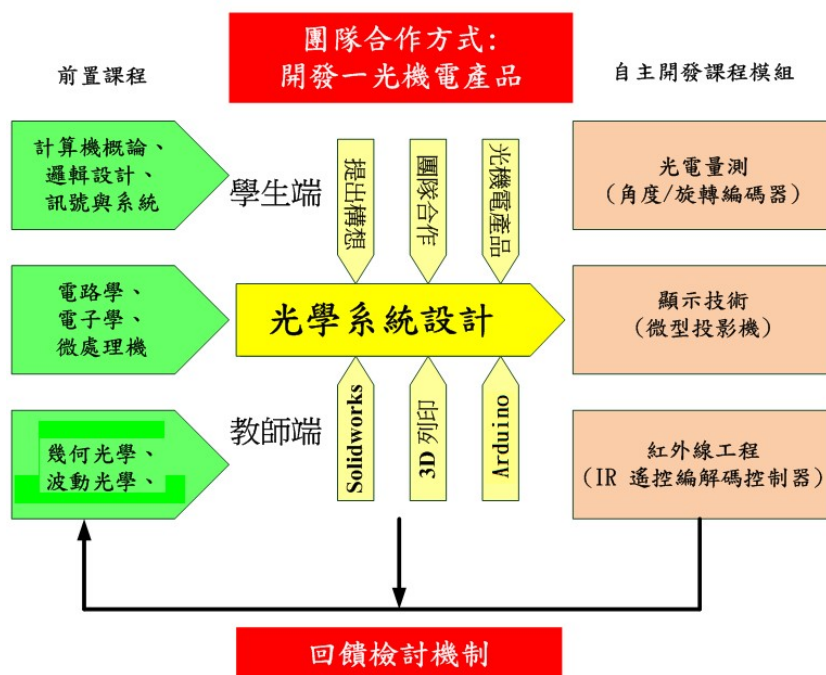


圖 5: 課程規劃關聯圖

(b)教學使用之相關資源、採用評量方式等

教學工具主要有四項：機械繪圖所需的 Solidworks，機構製作所需的 3D 列印機，光路設計所需的 ZEMAX，訊號處理與控制的 Arduino。評量方式則是依據各組構想新穎性(20%)、實用性(20%)、各組成員分工狀況是否充分(20%)、作品完成度(20%)、各小組互評(20%)。其中課程中欲開發的產品所使用到的主要工具簡介如下：

(IV) 研究對象 (請說明教學實踐研究對象-學生先備特質或學習經驗的起始行為)

研究對象主要是以逢甲大學電機系光電學程學生為主，可選本門課程的學生集中於大三、大四、部分研究生，但本課程並不限制其他科系或學程的學生選修。整體選課學生 40 人，分成 6 組，每組約 5~6 人組成，其中授課老師安排每組成員至少有 2 人以上為光電學程之學生，此限制因素如前所述，主要是光機電產品的開發需部分成員已修過前置課程(電路學、電子學、訊號與系統、幾何光學、波動光學等課程)，以利構想的實踐。

(V) 研究方法及工具 (對於所提研究主題將採行何種方法及工具進行資料蒐集與分析)

由於本研究所安排的課程內容主要是基於兩假設：

第一，安排的課程執行方式對學生開發一光機電系統具有正向影響。

第二，團隊合作的效能可透過課程安排與教師指導發揮最大效用。

因此研究方法所設計的調查表將分為教師端與學生端兩種，分別針對假設一與假設二。

(a)教師端包括安排課程 solidworks、3D 列印、Arduino 對同學及分組安排是否有正面助益，此方面的評分將採用五等第的問卷，如附表一所示。

(b)學生端的研究主要是則是依據各組構想新穎性(20%)、實用性(20%)、各組成員分工狀況是否充分(20%)、作品完成度(20%)、各小組互評(20%)計分，評分方式與評分人如附表二所示。

另外課程專題展示的外部委員的整體評價將列為加分的考量。分析結果主要是提供未來整合性課程教學方式的改善用。學生學期成績是以量化表的分數去評定。

(VI) 實施程序與場域

本研究於開課過程中會持續蒐集訊息，以使本課程的教師獲取授課經驗值與學生獲得的能力能達到最佳的程度。與一般研究會設有實驗組與對照組的方式不同，本次研究無對照組。但我們會針對各組成員的組成作詳細的分析、不同組別間的表現比較，亦即實施上節的教師角色與學生角色的研究調查表。上述實施程序與時程如附表三所述！

軟體操作課程安排於逢甲大學資電館 125 電腦實習教室，配置有 60 部個人電腦，均已內建本課程所需軟體(Solidworks/ZEMAX/MATLAB)，3D 列印機置於資電館 326 實驗室。全天開放，此外逢甲大學有校屬 3D 列印中心(配置 20 部 3D 列印機、多部雷射切割機)。各組可使用材料費 2 萬元台幣(由教育部教學實踐計畫提供)。

上述教師端與學生端的研究調查表與實施時程整體而言將依據 CDIO 四階段作資料的處理與分析。

5.教學暨研究成果

(5-1) 教學過程與成果(含教師教學反思)

本計畫之教學現場安排在逢甲大學資電館資電 125 室(電腦實習教室)。修課人數 40 人，分成 9 組，上課方式主要是由教師帶領同學學習使用軟體(Solidworks/ZEMAX)，每周上課一次，每次 3 小時，通常第 3 小時會出一到設計題目，要求同學於當天課程結束前作完(允許同學互相討論)，並當場登記本周課程學習分數。由於有出席課程才能完成當日作業，因此缺課多的同學會被當掉(當掉 2 人，主要是出席率低的緣故)。

開學第 1 周簡述本課程內容與評分規則。第 2 周進行分組，第 9 周安排期中報告(主要重點包含設計的產品創新性與可製作性如何、組內成員負責項目、所需經費預估)，第 18 周安排期末產品發表(另有邀請一評審委員協助評價各組產品)，如圖 6。



圖 6、期末報告現場

各組作品簡述如下，其中教師教學反思以計畫主持人評價方式敘述。

第一組作品：可感測聲音與距離的潛望鏡

該組目標是開發一個具有可感測聲音與距離的潛望鏡，如圖 7。方法是在潛望鏡前加裝一組 Arduino 聲音感測模組或一超音波距離偵測模組。其中潛望鏡部分是以 ZEMAX 設計光路架構後，再使用 Solidworks 畫出機構圖，並以 3D 列印主要構件，其中光學零件需採用一焦距約 125/250 mm 之透鏡各兩組，使用本計畫經費向光學工廠買現貨。Arduino 聲音感測模組或一超音波距離偵測模組一般電子材料行即可代訂!

計畫主持人評價：

作品目標為完成一個具有可感測聲音與距離的潛望鏡。實際上潛望鏡已有分畫板，可用於量測目標的距離且精確度高，因此此功能無必要採用額外模組達成。另外市面上購買可感測聲音的模組測量距離有限(主要是遠距離物體的聲波傳到本系統附近時已很微弱，不易克服信噪比過低的問題)，因此計畫主持人認為此產品的目標立意良好，可應用於軍用或監控場合，但實際技術可行性低，因此給予該組的分數偏低。該組部分成員於學期課程結束後，建議此作品以後可進一步延伸以下形式。

(a)潛望鏡加裝影像擷取模組，影像經由 AI 判斷是否具有價值。

(b)搭配無人機等移動裝置，將聲音感測模組悄悄運送至具價值的目標物附近，擷取聲音相關信息。

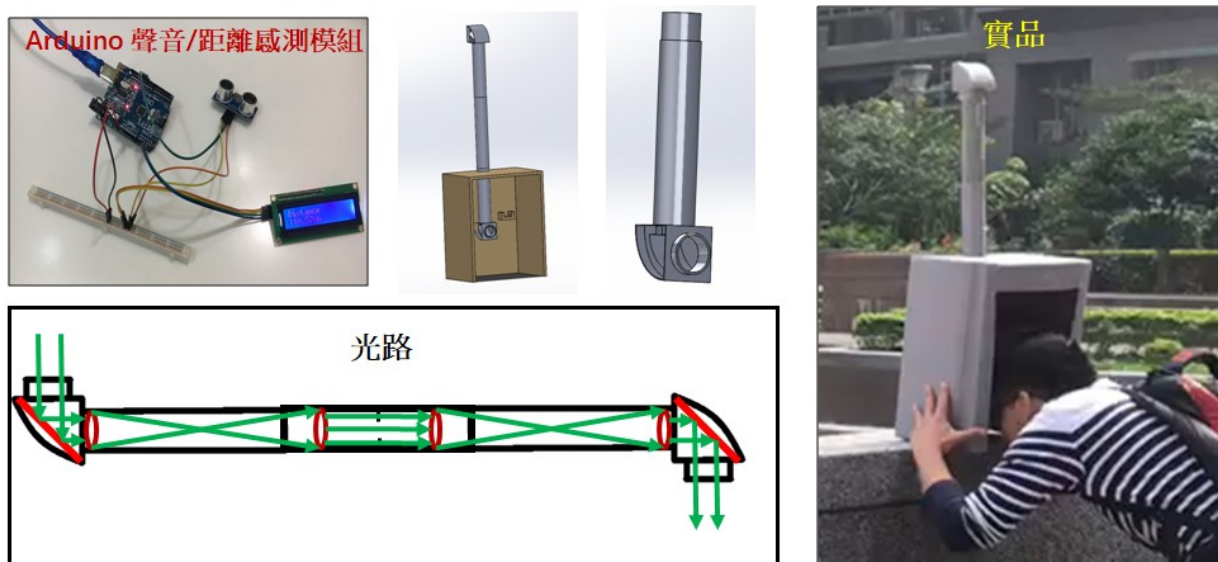


圖 7、第一組:可感測聲音與距離的潛望鏡

第二組作品:智慧型眼鏡

該組目標是開發一個具有與手機藍芽連線功能的智慧型眼鏡，如圖 8。先以 ZEMAX 設計光路架構後，再使用 Solidworks 畫出機構圖，並以 3D 列印主要構件，其中聚光鏡片部分使用 CR39 材料，委託眼鏡行訂製(一般光學廠的客製化透鏡價格會超過 5 萬元)，另外使用計畫經費購買一紅外線感測模組。此作品完成後，主要是先由紅外感測模組，將影像傳遞到智慧型眼鏡的微型顯示器上,再經由聚光鏡與半反射鏡將影像傳遞到人眼，因此具有夜視與溫度即時監控功能。該系統的訊號傳遞均以 Arduino 的 nano 開發板編輯。

計畫主持人評價:

Smart glass 近年已有多家公司推出，目前硬體的重點在於如何精簡架構，減輕使用者的負重與縮少體積。軟體部分則是依據使用需求而定。

該組擬開發之溫度即時監控功能在公共場合具有協助防堵疫情(避免接近體溫高的人群)之功能，創新性尚可。實作過程，光路設計更改多次，3D 列印機構亦修改來回數次，最終完成作品目標。由於本計畫經費尚有餘裕，該組部分成員於學期課程結束後，仍持續設計並增加新功能，後以相關資料為基礎成功申請大專生計畫!

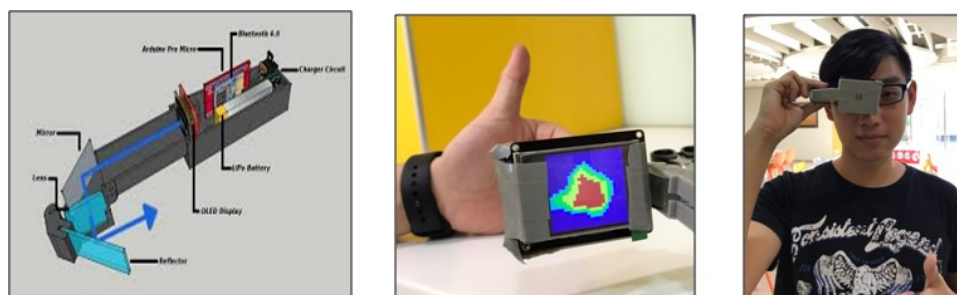


圖 8、第二組:智慧型眼鏡

第三組作品: 智能光學密碼鎖

該組目標是開發一智能光學密碼鎖，如圖 9。主要是以紅外線發射器為觸發開關，利用鏡面的反射來製作一個紅外線密碼鎖。採用的零組件包含 IR 雷射光源、光敏電阻、LED、壓克力鏡片陣列、Arduino UNO、3D 列印的外殼與旋鈕。並且還增加了遙控裝置以提升密碼鎖安全性。製作過程中，該組常遇到了一些問題，如尺寸不符，材料不粘合，紅外線反射角

度偏差等等。這些問題雖小但非常繁瑣，困擾了該組一段時日。最終甚至全部拆掉重新組合，尤其是將每片鏡片非常精細的安裝至旋鈕上；程式部分，該組也一遍遍的糾錯，最終果然順利的接通了電路，達成設計目標。

計畫主持人評價:

作品目標為完成一個智能光學密碼鎖。解鎖時需知道那些鈕需以人工正確轉動順序才可安全解鎖。本作品實用性雖不高(市面上的密碼太多了)，但設計的光機架構趣味性高，反而像是一玩具，因而計畫主持人給予該組的學期分數高。該組部分成員於學期課程結束後，建議此作品以後可朝智能光學玩具的方式發展，有機會在玩具市場推廣!

```

#include <IRremote.h> // 紅外線 (pin腳號碼) 作輸出
int RECV_PIN = 5; // 光敏電阻 (pin腳號碼) 作輸入
const int a = 5; // Led 備狀態燈
const int led1 = 3; // Arduino 讀出光敏電阻數據
const int sensor = A0;
const int t = 100;
IRrecv irrecv(RECV_PIN); // 初始化紅外線訊號輸入
decode_results results; // 儲存訊號的結構
void setup() {
  pinMode(led1, OUTPUT);
  pinMode(a, OUTPUT);
  pinMode(led, OUTPUT);
  digitalWrite(a, HIGH);
  digitalWrite(led, LOW);
  digitalWrite(led1, LOW);
  irrecv.enableIRin(); // 啟動接收
  Serial.begin(115200);
}

```

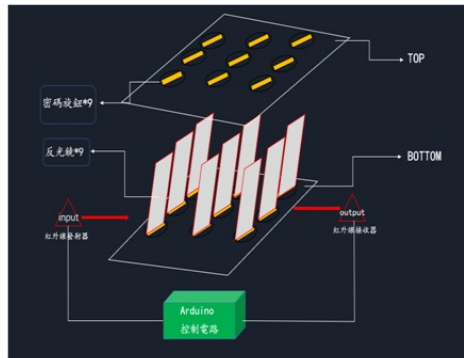


圖 9、第三組:智能光學密碼鎖

第四組作品: 手機投影機

該組目標是開發一個可將手機螢幕投影至牆壁的鏡頭，可應用於追劇，如圖 10。仍先以 ZEMAX 設計光路架構後，再使用 Solidworks 畫出機構圖，並以 3D 列印部分構件，其中光學零件需採用兩焦距不同的透鏡組，此對透鏡組由計畫主持人實驗室提供。此作品製作結果符合設計目標。

計畫主持人評價:

作品目標為完成一可對手機螢幕投影之輔助鏡頭模組。市面上無此種類型的產品，計畫主持人對其創新性評價較高。但缺點是模組太大，長寬高約 70X50X30 cm, 使用上不易普及(手機攜帶方便，若該模組無法摺疊，不太可能具有商業性)。該組成員於事後建議未來類似產品可思考利用光路將其小型化，以增加市場接受度。

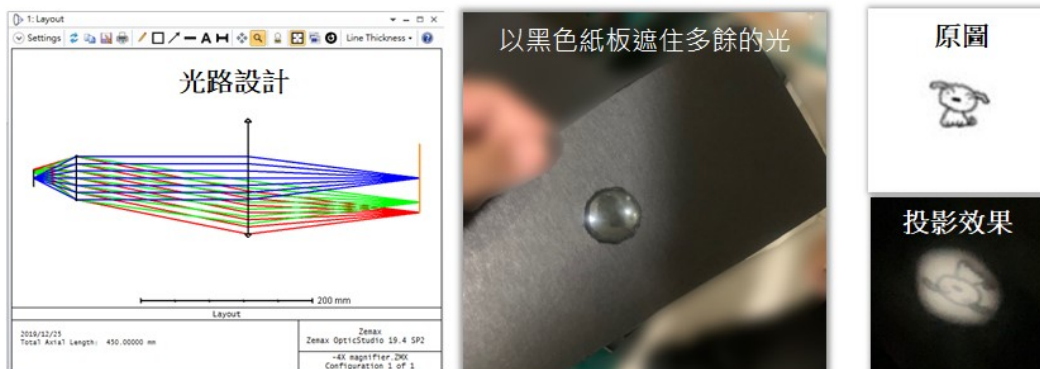


圖 10、第四組:手機投影機

第五組作品: 手機放大鏡

該組目標是開發一個加裝在手機鏡頭上的放大鏡組，可透過此手機放大鏡拍攝近處微物，如圖 11。仍先以 ZEMAX 設計光路架構後，再使用 Solidworks 畫出機構圖，並以 3D 列印主要構件，其中光學零件需採用一焦距約 2.5 mm 之透鏡，因此使用計畫經費向光學工廠買現貨，另外作者原規劃將分畫板置入，但光學設計難度高(體積亦會增大，使用反而不便)，因此建議以手機內的 App 實現之。此作品製作結果符合設計目標。

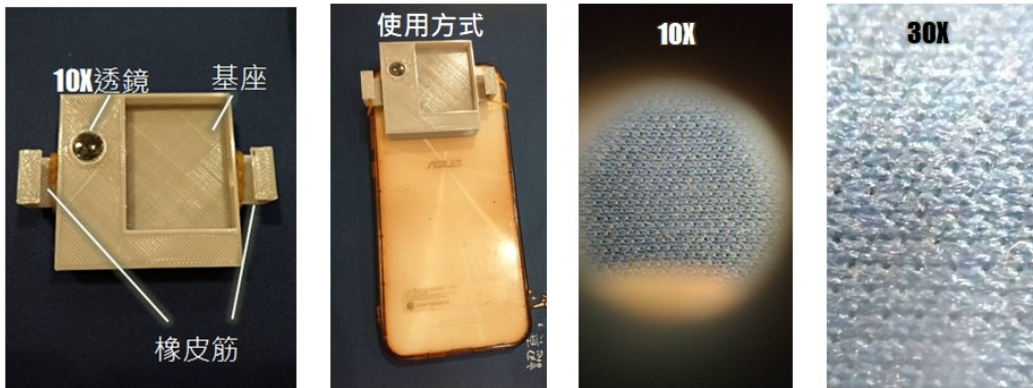


圖 11、第五組:手機放大鏡

計畫主持人評價:

作品目標為完成一可對近物放大之手機輔助鏡頭。由於市面上已有此種類型的產品，計畫主持人對其創新性評價低。因此該組成員事後建議未來類似產品可將多組不同倍率的鏡頭作成一轉盤方式，作不同倍率之切換，以增加產品'亮'點。

第六組作品: 電子分幣機

該組目標是開發一個具有下列功能之分幣機。特點如下:

1. 將零錢投入讓硬幣分類軌道分類硬幣
2. 紅外線接收器感測到硬幣並將資訊傳至 ARDUINO 面板
3. ARDUINO 面板將紅外線感測器所收到的資訊轉換並傳至 LCD 螢幕

如圖 12 所示。本作品有使用到光偵測器等光電模組，但光學設計的層次較低。部分零組件是以 Solidworks 畫出機構圖，並以 3D 列印主要構件，整個作品由硬幣分類軌道、紅外線接收器、感測器、LCD 螢幕和 ARDUINO 控制面板組成。最終可將投入硬幣的類型與數量經由計數功能模組將信息傳遞至 LCD 螢幕。

計畫主持人評價:

電子分幣機比較不屬於個人化產品。一般專門的公司或場合才有此需求，類似商品專業程度高，因此本作品技術上不易有突破，但設計的創新之處仍具可看性。該組部分成員於學期課程結束後，建議此作品以後可進一步延伸改成"不同幣別的兌換機"等。

```
lcd.setCursor(0, 0); // 設定游標位置在第一行行首
lcd.print("Sum of money:");
delay(1000);
lcd.setCursor(0, 1); // 設定游標位置在第二行行首
lcd.print("0");
delay(3000);
lcd.clear();
}

void loop() {
  lcd.setCursor(0, 0); // 設定游標位置在第一行行首
  lcd.print("Sum of money:");
  delay(1000);
  lcd.setCursor(0, 1); // 設定游標位置在第二行行首
  lcd.print("1");
  delay(3000);
  lcd.clear();
}
```

內部辨識程式



圖 12、第六組:電子分幣機

第七組作品:搭配音效之 3D 虛擬物體產生器

該組目標是開發一搭配音效之 3D 虛擬物體產生器，屬性為一光學玩具，如圖 13 所示，具有 3D 虛擬投影的功能，且希望它在黑暗中也能呈現虛擬投影，因此在物體上方加入一因外界光源變化的燈盤和能變換不同顏色環形燈條，再配合音樂播放器，營造特定氛圍。其中 3D 虛擬物體產生模組是由兩片凹面鏡與球型外殼組成，感光明滅系統與 RGB 燈環則是透過 arduino 控制光敏電阻並驅動 LED 燈的明滅達成。設計時是使用 solidworks 繪出外觀，部分外觀使用紙板製作，部分則以 3D 印表機列印。音樂部分則是使用藍芽模組連結擴音器和喇叭來播放。

計畫主持人評價:

作品目標為完成一搭配音效之 3D 虛擬物體產生器。本作品一開始即定位為玩具，因此技術要求規格不高。本作品主要光學功能(使用兩凹面鏡呈現 3D 虛擬物體)市面已有此產品，主要的差異是添加光控與音效功能，主持人認為創新有限。該組部分成員於學期課程結束後，建議此作品以後可朝動態 3D 虛擬物體成像發展，以增加在玩具市場推廣的機會!

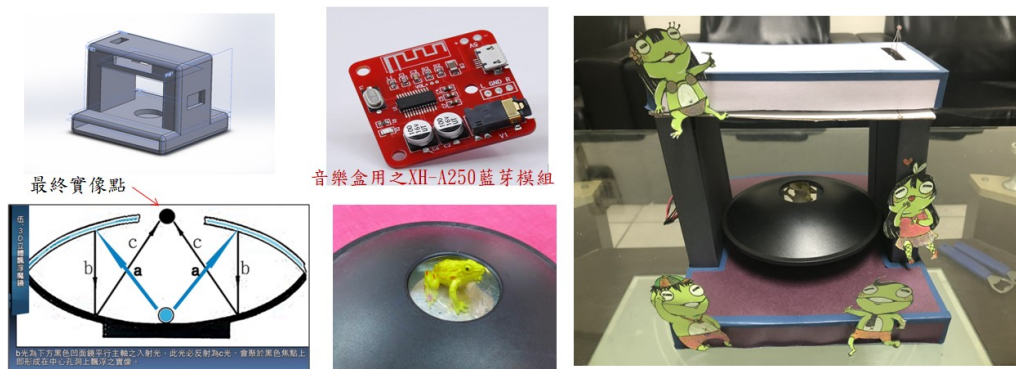


圖 13、第七組:搭配音效之 3D 虛擬物體產生器

第八組作品:可測溫望遠鏡

該組目標是開發一個具有可測遠方物體溫度功能之望遠鏡，如圖 14。仍先以 ZEMAX 設計光路架構後，再使用 Solidworks 畫出機構圖，並以 3D 列印主要構件，其中光學零件需兩組不同焦距之透鏡，亦使用 CR39 材料，委託眼鏡行訂製，另外作者使用 Arduino 的溫度感測模組，作為測量溫度用。此作品因光路架構設計不佳，無法達到預定目標。

計畫主持人評價:

作品目標為完成一可測溫之望遠鏡，創新性高，可應用於環境監控與軍事用途。然該組成員為自控系背景為主，對光學認識較淺，因此設計此系統時陷入兩個知識誤區:

第一:不知道遠方溫度的監控實際上可經由望遠鏡將光波長蒐集後再經一光譜儀即可辨識溫度值。

第二:望遠鏡的鏡片須對紅外波長具有一定程度的折射性，且須加裝額外光路。

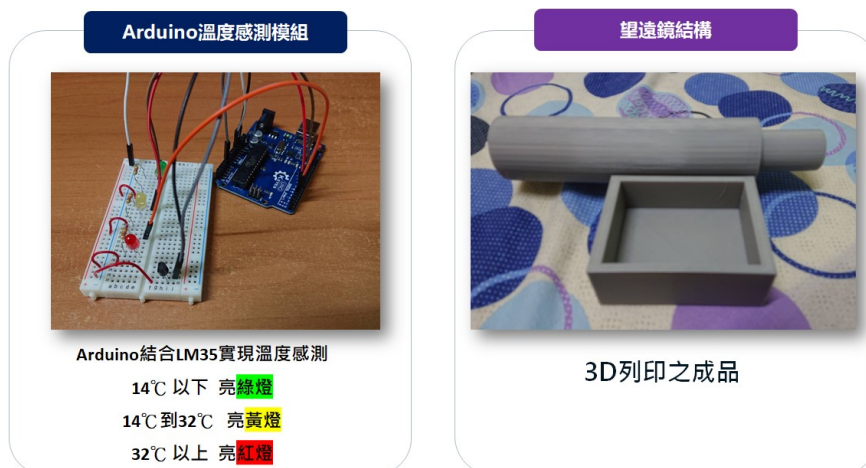


圖 14、第八組:可測溫望遠鏡

第九組作品:手電筒光束類型轉換器

該組目標是開發一個可切換手電筒光束發散程度的光機模組，如圖 15。仍先以 ZEMAX 設計光路架構後，再使用 Solidworks 畫出機構圖，並以 3D 列印部分構件，其中光學零件需採用兩焦距不同的透鏡組，此對透鏡組亦由本計畫經費。此作品製作結果符合設計目標。

計畫主持人評價:

作品目標為完成一對手電筒之發散光纖源控制發散度的光機模組。市面上無此種類型的產品，但計畫主持人仍對其創新性評價低。另一缺點是模組大，實用性低。此外既然是以手電筒的形式呈現，應該可提供吸引人的照明方案，但該組成員對該產品可應用於何種場合亦說不出所以然，無法提出市場應接受的‘亮點’。

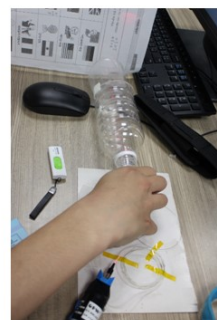
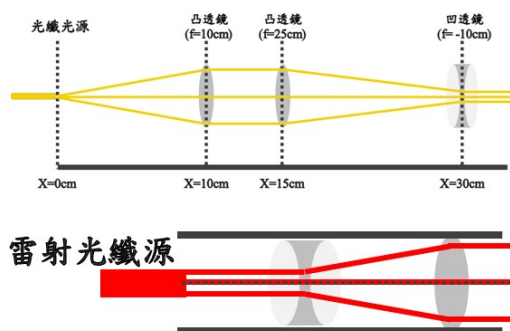


圖 15、第九組:手電筒光束類型轉換器

(5-2) 學生學習回饋

(A)學生學習成果評估

附錄表四所示為逢甲大學校方於每學期末會對學生做學生學習成果評估的問卷。本課程獲得分數為4.76（滿分為5），顯示學生對教學內容、方式與學習成果大致滿意。此問卷提供定量結果。

(B)教學歷程 之評估

教學歷程的評估主要是由教師的觀點來提供，計畫主持人觀察到下列事項。

1. 本課程上課內容以設計為主，由於不牽涉到太複雜的數理公式，因此大部分學生學習速度均能跟上教學進度。

2. 軟體可視化(例如ZEMAX/Solidworks)的程度越高，學生參與設計時所遇到的障礙越少，越能理解教師所講述內容。因此建議其他較為抽象的專業科目，如電磁學、工程數學等以後應盡可能以適當軟體表述，降低學生的學習門檻!

3. 學生提出自己的設計架構時，普遍創新性不足。開學之初計畫主持人已提醒評分的主要標準是看提案的創新性。其次才是技術難度。個人認為創新不足的因素有下列幾項:

第一是本校的電機教育仍以傳統單向教學為主軸，成績的評定是以能解題為主。鮮少要學生提出自己的創見。

第二是工業設計教育不足，因此對產品設計的敏銳度太低、偏見太高。

第三是學生普遍無廣泛閱讀的習慣，因此對不同技術間的整合能力相對薄弱，產品發想的思維封閉!

第四是有些團隊的合作程度仍不夠深入。部分同學只想依賴動手能力較強的同學完成題目。根本原因還是能力較弱造成。

此些問題非短期所能解決，未來將在系上與各位老師溝通後，或於本人所授課程中盡量改善之。

(C) 研究成果之分析評估

上述研究方法所設計的調查表將分為教師端與學生端兩種，分別針對假設一與假設二。

(a) 教師端

包括安排課程 solidworks、3D 列印、Arduino 對同學及分組安排是否有正面助益，此方面的評分將採用五等第的問卷。附表五所示為問卷回覆結果之統整。

整體而言修習本課程後，大部分同學有興趣從事光機電系統方面的工作!另外我們未來課程會針對以下建議做改善!

1. 上課內容與速度大致可接受(但仍有些同學反應講課速度有點快，也有些同學反應講得有點慢)，計畫主持人以後開課會將部分內容做成視頻上傳課程網站，使想學多一點的同學自行看視頻加強。

2. 有同學反應希望 3D 列印後的相關內容可以多教一些(例如馬達、螺絲孔如何攻)，以後可加入 1 小時左右的內容，專門講如何使用攻牙器鑽孔、常見螺絲的類型。馬達部分則考慮另外開課!

(b) 學生端

研究主要是則是依據各組構想新穎性(20%)、實用性(20%)、各組成員分工狀況是否充分(20%)、作品完成度(20%)、各小組互評(20%)計分，評分方式、評分人回覆結果統整如附表六所示。共約 42 份統計結果!

整體而言，我們未來課程會針對以下建議做改善!

1. 創意性普遍不足:以後會安排在期中報告前一兩周，花一小時講解歷屆學長姊的設計，並評價其優缺點，另外會展示 youtube 上有創意的設計以打開同學的思路!

2. 本學期設計專題不限題目範疇，不易橫向比較各組的設計特色，以後考慮將題目專題化。例如題目可改為:請設計一防止考試作弊的光機電系統!

6. 建議與省思

本計畫之教學經費主要是來自教育部教學實踐計畫，不甚感謝!以下先針對一些質性教學相關問題做總結:

(a) 第一次調查 構想形成階段

Q: 學生前置課程修習狀況?

A: 大部分學生(35名)為電機系光電組學生(已修習過幾何光學)，少數學生(5名)為外系所前來本系選修(只修過普通物理光學部分)，但因課程專題採分組方式，所以外系學生對於不熟的知識點可由本系學生協助，尚未發現有中途退選之問題!

Q: 分組時，是否會存在於前置課程中表現出學業優良/弱勢的同學會傾向於形成同一組的現象?

A: 就我觀察不存在此現象。各組的組成學生是平常已很熟悉的群組，因此'熟不熟'反而是影響是否組成同一團的主要決定因素。

(b) 第二次調查 設計階段

Q: 當教師發現學生的構想過於天馬行空，應當於何時與如何介入最佳?

A: 大部分組別在決定題目前都會主動跟老師討論，有些學生較為內向或對自己的題目信心滿滿(但結果往往是最慘的)，為避免爾後有類似情況，計畫主持人會在往後同類型課程中提早對學生說實話:例如"這個想法 youtube 上有人玩過了"、"這個想法沒特色"。

另一方面，有些組別一開始想法很特別，但低估技術難度與可用時間，最終以失敗收場。因此未來類似課程主持人會將以前案例拿出來'示警'，避免犯同樣錯誤!

(c) 第三次調查 實施與操作階段

Q: 最終構想實踐後，訪談表現最佳與最差的組別成敗因素為何?

主要差別還是技術力!

最佳組別的成員通常先前修課背景比較多元、且不排除因應專題主動去學習新的技術。另一特點是，當技術難度超過預期，最佳組別的成員會在學校找相關科系的同學協助!

最差組別:知識背景薄弱、團隊成員為烏合之眾不齊心齊力(個別成員指望每一、兩位成員完成大部分工作)、對完成題目的規畫時程不切實際等。

因此面對不同背景的學生還有多元的題目，教師的角色是"引導"多於"教學"。

Q: 那些前置課程提供助益? 那些非前置課程提供助益?

光學方面:幾何光學、波動光學、光學軟體(ZEMAX)。

電學方面:微處理機、基本電子電路學、自動控制!

機械方面:本課程提供之 solidworks、3D 列印。

(d) 第四次調查 期末訪談

Q: 為兼顧課程品質與效率，未來本課程是否有必要限制修課學生的專業背景?

A: 沒有必要，多元背景反而有利與完成較複雜或較特別的題目!

Q: 修習本課程後，以後可以延伸那些新課程?

因應科技日趨複雜與多元，本課程結束後，計畫主持人會安排兩門課程鼓勵同學選修。

第一門:光電訊號與圖像處理。主要是光機電介面溝通與機器視覺影像相關處理技術。

第二門:AI 光電系統。本計畫之課程(光學設計)著重於”硬體”， AI 光電系統一門課將著重於”軟體與控制”培養同學的專業能力以開發更複雜或更特別的光機電系統。

課程結束後，雖然有些組別表現較佳、有些組別表現較差(仍有改善空間)，但整體而言，同學反應修完課之後對”系統”的設計與完成有更深入的認識(主要是認識到自己所學不足，間接導致創造力受限，團隊合作很重要)，多數同學也反映以後大三、大四應盡量開設此類型課程，且修過此類型課程對研究所選擇專業幫助很大。

(7) 參考文獻

- [1] 呂紹旭,”台灣精密光學元件發展”,光電協進會 (民 102)
- [2] 教育部/高教司/大學校院一覽表 <https://ulist.moe.gov.tw/>
- [3] Marcia C. Linn & Bat-Sheva Eylon, “Science Learning and Instruction”, Taylor & Francis (2011)
- [4] 李靜儀等,”CDIO 理念對台灣工程教育的啟發”,臺灣教育評論月刊, 2016, 5 (2), 頁 101-104
- [5] Al-Atabi, M. (2014). Think Like an Engineer: Use systematic thinking to solve everyday challenges & unlock the inherent values in them. Create Space Independent Publishing Platform
- [6] C. P. Bacon, Y. Mattley, and R. DeFrece, “Miniature spectroscopic instrumentation: Application to biology and chemistry,” Rev. Sci. Instrum. 75, 1-16 (2004).
- [7] T. Han, W. M. Ni, P. Zhou, H. Y. You, J. H. Jia, S. Y. Wang, L. Y. Chen, and D. W. Lynch, “A new spectrometer using multiple gratings with a two-dimensional charge-coupled diode array detector,” Rev. Sci. Instrum. 74, 2973-2976 (2003).
- [8] <http://windows7themer.com/ironman-jarvis-rainmeter-skin/>

三、附件(Appendix)

與本研究計畫相關之研究成果資料，可補充於附件，如學生評量工具、訪談問題等等。

表一：教師角色的研究調查表

項目	問題	評分等第	評分人	評分與建議
1. Solidworks	貴組熟悉 Solidworks 的基本功能後，執行構想的設計時認為此軟體的幫助程度為何？	優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)	各組組長	
2. 3D 列印工具	貴組熟悉 3D 列印機的使用後，執行構想的製作時認為此機台的幫助程度為何？	優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)	各組組長	
3. Arduino	貴組熟悉 Arduino 的使用後，執行構想的量測與控制時認為此工具的幫助程度為何？	優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)	各組組長	
4. 光譜儀的製作	貴組於課程中練習光譜儀的設計與製作後，執行構想時認為此案例的引入幫助程度為何？	優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)	各組組長	
5. 分組安排	貴組於執行構想課程中，你認為採用小組團隊合作形式執行與開發構想的幫助程度為何？	優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)	各組組員	
6.你對本課程有何建議可改善之處？	<p>Q:那些前置課程對休息本課程提供助益? 那些非前置課程提供助益?</p> <p>Q:請問貴組分工、互動狀況是否良好? 不好的話原因為何?</p> <p>Q:本課程授課時間與內容是否適當?難易是否適中?</p> <p>Q:學生未來是否有興趣從事光機電系統方面的工作?原因為何?</p> <p>其他建議?(不夠寫背面)</p>			

表二：學生角色的研究調查表

項目	問題	評分等第	評分人	評分與建議
1. 構想新穎性	你認為某組構想的新穎性如何?	優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無新穎之處(1)	教師(20%)與 各位同學(全班 學生總權重佔 80%)	
2. 構想執行的 難度(複雜度)	你認為某組構想的實用性如何?	優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)	教師(20%)與 各組同學(全班 學生總權重佔 80%)	
3. 構想實用性	你認為某組的執行是否限於重看不重用	(實用性高得分高) 優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)	教師(20%)與 各組同學(全班 學生總權重佔 80%)	

表三：實施程序規劃表

	時程(周)	W1-2	W3-4	W5-6	W7-8	W9	W10-11	W12-13	W14-15	W16-17	W18
教師端	Solidworks										
	3D列印										
	Arduino										
	ZEMAX										
	光電產品設計										
學生端	構想(Conceive)										
	設計(Design)										
	期中報告										
	實施(Implement)										
	操作(Operation)										
	期末報告										

表四：總結性評量問題與回答

登出系統

學年：學學年： 108 學期： 上學期 查詢

學年	學期	開課學院	開課學系	班級名稱	科目名稱	所屬單位	所屬學院	上課人數	回收問卷數	有效問卷數	平均值
108	1	資電學院	電機系	光電工程學程電機三	光學設計	電機系	資電學院	40	34	34	4.76

一、						平均	標準誤
1.填答這份問卷時，我很認真地思考每一個題目。	很同意 31 (91.18%)	同意 2 (5.88%)	普通 1 (2.94%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)		
2.這學期中，我在本科目的缺課(含請假及曠課)節數	0節 31 (91.18%)	1-6節 3 (8.82%)	7-12節 0 (0%)	13-18節 0 (0%)	19節以上 0 (0%)		
3.經努力，我對本科目學習結果的滿意度	29%以下 1 (2.94%)	30-49% 0 (0%)	50-69% 5 (14.71%)	70-89% 11 (32.35%)	90%以上 17 (50%)		
4.本科目的教材內容適中。	很同意 27 (79.41%)	同意 6 (17.65%)	普通 1 (2.94%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.77	0.50
5.本科目上課內容符合教學目標。	很同意 27 (79.41%)	同意 6 (17.65%)	普通 1 (2.94%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.77	0.50
6.教師教學準備充份。	很同意 29 (85.29%)	同意 4 (11.76%)	普通 1 (2.94%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.82	0.46
7.教師關心學生對本科目的學習情形。	很同意 28 (82.35%)	同意 5 (14.71%)	普通 1 (2.94%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.79	0.48
8.教師曾就本科目的教學目標、進度、方法及成績考評等事項做說明。	很同意 27 (79.41%)	同意 5 (14.71%)	普通 2 (5.88%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.74	0.57
9.教師的表達與解說清楚且有條理。	很同意 28 (82.35%)	同意 5 (14.71%)	普通 1 (2.94%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.79	0.48
10.教師的教學方法靈活調整，有助於提升學習效果。	很同意 24 (70.59%)	同意 9 (26.47%)	普通 1 (2.94%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.68	0.54
11.教師將作業與試卷的結果回饋給學生，有助於學生學習。	很同意 27 (79.41%)	同意 5 (14.71%)	普通 1 (2.94%)	不同意 1 (2.94%)	很不同意 0 (0%)	4.71	0.68
12.本科目的成績考評客觀公正。	很同意 25 (73.53%)	同意 7 (20.59%)	普通 2 (5.88%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.68	0.59
13.本科目的考評方式與配分比例能評量出我的學習成果。	很同意 26 (76.47%)	同意 7 (20.59%)	普通 1 (2.94%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.74	0.51
14.若有機會，我樂意修習這位教師所開設的其他課程。	很同意 29 (85.29%)	同意 4 (11.76%)	普通 1 (2.94%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.82	0.46
15.本科目的任課教師是教的好的老師。	很同意 28 (82.35%)	同意 5 (14.71%)	普通 1 (2.94%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.79	0.48

16.整體而言，我在本科目的收穫豐盛(如專業知識、技能、態度或價值觀等方面)。	很同意 28 (82.35%)	同意 5 (14.71%)	普通 1 (2.94%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.79	0.48
17.我不擔心這份調查的結果會影響我在本科目的學期成績。	很同意 29 (85.29%)	同意 4 (11.76%)	普通 1 (2.94%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.82	0.46
18.明瞭本科目教學目標。	很同意 29 (87.88%)	同意 3 (9.09%)	普通 1 (3.03%)	不同意 0 (0%)	很不同意 0 (0%)	4.85	0.44
※修習本課程之心得與建議							
無資料							

表五：教師角色的研究調查表

項目	問題	評分等第	評分人	評分與建議
1. Solidworks	貴組熟悉 Solidworks 的基本功能後，執行構想的設計時認為此軟體的幫助程度為何？	優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)	各組組長	第一組: (5) 第二組: (5) 第三組: (5) 第四組: (5) 部分基礎內容重複,希望可以多教一些其他功能 第五組: (4) 有時候講解速度太快,有點跟不上! 第六組: (5) 教學詳細,不會的老師都會一對一教學! 第七組: (5) 第八組: (4) 第九組: (5)
2. 3D 列印工具	貴組熟悉 3D 列印機的使用後，執行構想的製作時認為此機台的幫助程度為何？	優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)	各組組長	第一組: (5) 第二組: (5) 第三組: (4) 第四組: (4) 希望 3D 列印後的相關內容可以多教一些(例如馬達、螺絲孔如何攻)

				<p>第五組: (3) 沒有實際操作到</p> <p>第六組: (4) 第七組: (3) 第八組: (4) 第九組: (5)</p>
3. Arduino	<p>貴組熟悉 Arduino 的使用後，執行構想的量測與控制時認為此工具的幫助程度為何?</p>	<p>優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)</p>	各組組長	<p>第一組: (4) 第二組: (5) 第三組: (5) 第四組: (4) 第五組: (4) 第六組: (5) 做了很多種設計，收穫很多，但有時候教太快跟不上!</p> <p>第七組: (4) 第八組: (4) 第九組: (5)</p>
4. 光譜儀的製作	<p>貴組於課程中練習光譜儀的設計與製作後，執行構想時認為此案例的引入幫助程度為何?</p>	<p>優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)</p>	各組組長	<p>第一組: (4) 第二組: (5) 第三組: (5) 第四組: (5) 第五組: (4) 第六組: (4) 第七組: (4) 第八組: (4) 第九組: (5)</p>
5. 分組安排	<p>貴組於執行構想課程中，你認為採用小組團隊合作形式執行與開發構想的幫助程度為何?</p>	<p>優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)</p>	各組組員	<p>第一組: (4) 第二組: (5) 第三組: (5) 第四組: (5) 第五組: (4) 第六組: (4) 第七組: (5) 第八組: (4) 第九組: (5)</p>
6. 你對本課程有何建議改善之處?	<p>Q:那些前置課程對修習本課程提供助益? 那些非前置課程提供助益?</p> <p>第一組:還不賴、容易銜接'幾何光學'的內容。另外'波動光學'與'半導體物理'對學習'光學設計'多少有幫助。</p> <p>第二組:'幾何光學'與'普通物理(電、磁、光部分)'幫助最多。</p> <p>第三組:'計算機概論'幫助最多，使我對軟體的使用比較不陌生。</p> <p>第四組:'幾何光學' 修習本課程幫助最多。</p> <p>第五組:'幾何光學' 幫助最多。</p>			

第七組: '幾何光學' 幫助最多。

第九組: '幾何光學' 幫助最多。

Q: 請問貴組分工、互動狀況是否良好? 不好的話原因為何?

第一組: 分工良好

第二組: 分工良好

第三組: 分工良好

第四組: 非常好

第五組: 好

第七組: 分工良好

第八組: 還行

第九組: 良

Q: 本課程授課時間與內容是否適當? 難易是否適中?

第一組: 授課時間適當, 但內容有點偏難!

第二組: 授課時間適當, 內容部分: Solidworks 適中, 但 ZEMAX 偏難!

第三組: 授課時間適當, 且課程中有足夠時間自己實際操作!

第四組: 授課時間適當, 內容也適中!

第五組: 難易度還可以!

第七組: 授課時間適當, 內容也適中!

第八組: 授課時間適當, 內容也適中!

第九組: 授課時間適當, 內容也適中! 讚!

Q: 學生未來是否有興趣從事光機電系統方面的工作? 原因為何?

第一組: 有興趣從事光機電系統方面的工作, 因為還滿有趣的!

第二組: 有, 因為目前修的課都與此有關!

第三組: 通過學習本課程, 因為對光機電系統比較瞭解了, 所以未來如果有機會會有興趣從事光機電系統方面的工作!

第四組: 有, 為了理想與發大財!

第五組: 有興趣, 還滿有趣的!

第七組: 是, 因為對光學有興趣!

第九組: 有, 對光學有興趣!

其他建議?(不夠寫背面)

第三組: 老師教得非常好, 希望可以開設更多課程!

第四組: Solidworks 建議出一些比較難的加分題!

第七組: 電腦實習教室的電視螢幕常有 bug, 希望學校改進!

表六：學生角色的研究調查表

項目	問題	評分等第	評分人	評分與建議
1. 構想新穎性	你認為某組構想的新穎性如何?	優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無新穎之處(1)	教師(20%)與 各位同學(全班 學生總權重佔 80%)	
<p>第一組平均獲得 4.1 分。 相關建議有： --創意性待加強 --潛望鏡得題材感覺較普通，如果功能更多樣更好，超音波的部分很有趣 --不至於中看不重用，建議功能可以再強化些</p> <p>第二組平均獲得 4.7 分。 相關建議有： 熱誠相部分在呈現上非常好，除了解析度低(但影響不大)，軟硬體結合得很好。但眼鏡外觀及佩戴上可以再加強!</p> <p>第三組平均獲得 4.6 分。 相關建議有： --整體結構組合有難度，能準確地將壓克力鏡片結合可以感受其用心;軟硬體結合也很優秀，解說也很清楚明白(光如何設到光敏電阻、如何亮綠燈) --此設計很聰明，結合光學、電子與機械、安全性再強化將更具實用性</p> <p>第四組平均獲得 3.7 分。 相關建議有： --放大圖像的功能還不錯，如果解析度能高一點會更好，後續發想也挺好(例如東西可再縮小、可隨身攜帶)</p> <p>第五組平均獲得 3.9 分。 相關建議有： --單一鏡片倍率 10X 可再提升 --在放大上非常清晰，實用性高，可以看到成果圖覺得很酷，東西小且輕，攜帶方便! --尚可結合手機的軟體來放大影像</p> <p>第六組平均獲得 3.2 分。 相關建議有： --整體體積可再縮小 --功能上還不錯，在硬幣的分類上也不錯(利用軌道分類) --和光學設計連性小</p> <p>第七組平均獲得 4.9 分。 相關建議有： --設計感光明滅系統及 RGB 閃環</p> <p>第八組平均獲得 3.1 分。</p>				

相關建議有:

--創意不足

--下次要做出來，加油!

第九組平均獲得 4.6 分。

相關建議有:

--結構設計可以再縮小

--光線轉換上很好，可以明顯看出轉為雷射光的樣子，但東西有點大，能縮小更完美

2. 構想執行的難度(複雜度)

你認為某組構想的實用性如何?

優(5)
量(4)
可(3)
不佳(2)
無任何助益(1)

教師(20%)與
各組同學(全班
學生總權重佔
80%)

第一組平均獲得 4.3 分。

相關建議有:

第二組平均獲得 4.9 分。

相關建議有:

第三組平均獲得 4.7 分。

相關建議有:

第四組平均獲得 3.7 分。

相關建議有:

第五組平均獲得 3.6 分。

相關建議有:

--可結合手機鏡頭放大影像

第六組平均獲得 3.4 分。

相關建議有:

--成品有實用性

第七組平均獲得 4.5 分。

相關建議有:

--具有光學玩具之實用性

第八組平均獲得 2.9 分。

相關建議有:

--結構簡單

第九組平均獲得 4.4 分。

相關建議有:

--有實用性

3. 構想實用性	你認為某組的執行是否限於重看不重用	(實用性高得分高) 優(5) 量(4) 可(3) 不佳(2) 無任何助益(1)	教師(20%)與各組同學(全班學生總權重佔80%)	
<p>第一組平均獲得 4.7 分。 相關建議有：</p> <p>第二組平均獲得 4.8 分。 相關建議有：</p> <p>第三組平均獲得 4.2 分。 相關建議有：</p> <p>第四組平均獲得 4.1 分。 相關建議有：</p> <p>第五組平均獲得 4.3 分。 相關建議有：</p> <p>第六組平均獲得 3.2 分。 相關建議有：</p> <p>第七組平均獲得 4.4 分。 相關建議有： --有成品展示功能</p> <p>第八組平均獲得 3 分。 相關建議有： --無成品</p> <p>第九組平均獲得 4.6 分。 相關建議有：</p>				