

【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

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

計畫編號/Project Number：PEE1100946

學門專案分類/Division：工程學門

執行期間/Funding Period：2021/08~2022/07

**導入 FEM+APP 進而強化電聲專業學習成效之教學實
踐研究
聲學基礎[110(1)]、電聲量測與方法[110(2)]**

計畫主持人(Principal Investigator)：劉育成 副教授

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：

精密系統設計學士學位學程/電聲碩士學位學程

成果報告公開日期：2022/08/25

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)：2022/09/23

導入 FEM+APP 進而強化電聲專業學習成效之教學實踐研究

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

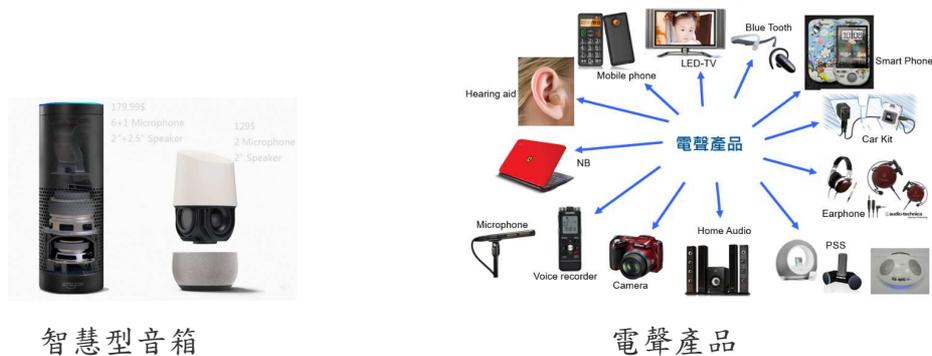
1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

電聲產品與人們的生活息息相關，如圖(一)。近年來，由於智慧音箱的問世，以及電聲產品與人們生活密不可分的情況下，使得電聲產品的開發與應用又再一次受到重視，同時，也造就了電聲技術開發設計、模擬與驗證人才的需求。對於電聲人才的培育養成部分，台灣有許多學校的先進前輩們持續努力的在各自的領域上貢獻所學，不斷地培養符合業界需求且具有與電聲相關技術的人才，而逢甲大學電聲碩士學位學程即是其中一個電聲人才培育的基地。

自 2007 年成立至今，逢甲大學電聲碩士學位學程已走過 10 個年頭，相關的課程與技術也在師長們努力下持續的精進，尤其申請者在這兩年來持續不斷地帶領團隊與國內電聲大廠接觸，了解到目前的電聲技術發展趨勢與未來電聲人才特質上的需求；過去 10 年，學程著重於學生在電聲專業理論知識的建立、培養與基礎方法的導入；接下來 10 年的規劃中，乃著重於更符合產業期待的「**高階電聲技術之培養**」，如**高階有限元素法模擬技術、建築聲場的模擬預測技術、Artificial Intelligence (AI)技術應用、音訊數位訊號的應用 (Digital Signal Processing ; DSP)**等。以高階有限元素法模擬技術與 APP 應用 (FEM+APP) 為例，透過圖(二) 人力銀行對於電聲人才專業技術職缺之期待可清楚得知，產業對於有限元素法應用在電聲產品開發之高階模擬技術的養成有著高度的期待。因此，如何在接續的未來 10 年，能在全國唯一的電聲學程進行「**高階模擬技術人才的培養**」，也就是所謂的「**電聲技術 2.0**」的精進，是身為第一線人才培育教學現場的我們應該要提前部屬且努力完成的。

然而，由於此「**高階模擬技術的本質相當複雜**」，「**專業養成所需的時間不斐**」，常見多為一到兩年的課程，且「**需要實務案例的導入**」才有機會；對於僅有兩年學習時間的電聲人才培育幾乎是難度相當高的任務。

因此，本計畫為呼應「**產業**」對於電聲人才在「**高階電聲技術培養--高階有限元素法模擬技術與 APP 應用**」養成之「**高度需求**」，將以「**CDIO**」為 18 周課程操作核心，並以主持人過去在有限元素 APP 多次獲獎的經驗，自行開發「**有限元素 APP 教材**」，以過去執行過之實際生活分析案例方式，快速帶領學生進入此原高複雜度屬性的學習情境中，降低學生學習的恐懼感與學習的難度，以實際操作取代數學方程式的計算與理解，以眼見為憑取代漫無目標的學習；此外，並設計「**導入實際電聲案例分析的方式(PBL)**」方式，同時邀請業界身為第一線設計開發之先進(目前已確認有**美律實業股份有限公司、美隆工業股份有限公司**願意支援投入人物力等)，輔以課程中的執行，提升學生對於高階模擬技術的學習成效，完成符合產業需求技能之訓練。



圖(一)、電聲產品種類

工作內容

- 1、运用有限元的方法仿真扬声器系统的磁场系统、振动系统。
- 2、熟练运用TS参数系统的分析声学产品
- 3、运用仿真手段配合声学工程师改善提高声学产品的性能
- 4、运用有限元的方法建立声场分析
- 5、运用前瞻性的模拟技术研究新型的声学模拟。如散热模拟，运动模拟等

工作內容

We are seeking for a talent who will join HyperX team to create audio product such as Headphones, Microphones for Gaming market.

Work with internal design team and cooperate with external suppliers to develop the key components and new product design, to pursue and create more fantastic sounding and performance to the audio world.

更新日

Requirement and Qualification:

1. Have design experience in acoustic components such as speaker, receiver and Microphone.
2. Knowledge in acoustic CAE simulation, validation and failure analysis.
3. Good understanding on material characteristic of acoustic components and familiar with the manufacturing process of speaker and Microphone.
4. Experienced acoustic tuning on Headphone/Microphone or Loud Speaker.

圖(二)、人力銀行對於電聲人才專業技術職缺之期待

2. 文獻探討(Literature Review)

人力資源的素質是知識經濟時代的重要資產，也是產業升級與提高競爭力的重要關鍵因素，人才的培育制度有賴高等教育的規劃與執行 [2]。然而，面對近幾年臺灣人力結構改變與產業結構大幅變化的狀況，高等教育的課程內容，不僅遠遠落後產業的進展，同時也造成高等教育教師教學與學生課程學習兩方面更大的衝擊與挑戰，上述問題需要臺灣高等教育政策方向與產業之間相互銜接與調整，否則勢將導致學用之間的落差更為嚴重。

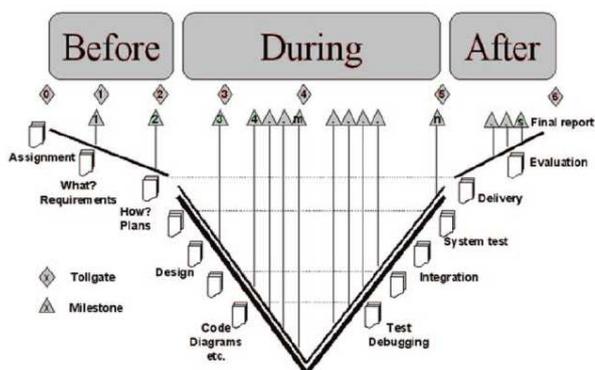
面對日益競爭激烈的國際化市場，任何嘗試改善現行教育制度的教育工作者，必須考慮兩個問題：

- (一) 學生畢業時，他們該具備哪些知識、能力與態度，才能足以應付變動的市場？同時，該到達哪種的精熟程度？
- (二) 教育單位該如何確保畢業生已經具備上述提及的知識、能力與態度？

麻省理工學院與瑞典的查爾姆斯理工大學、林雪平大學(Linköping University)以及皇家工學院於 2000 年，共同推動「構思(Conceive)-設計(Design)-實施(Implement)-操作(Operate)，簡稱 CDIO」工程教育人才培育模式 [1]，為近年來國際工程教育領域改革最成功且最具影響力的成果之一。「CDIO」精隨如圖(三)所示。並藉由實際課程的操作，提出了檢視「CDIO」的 Linköping 曲線，如圖(四)所示。



圖(三)、CDIO 之構思(Conceive)-設計(Design)-實施(Implement)-操作(Operate)



圖(四)、檢視「CDIO」的 Linköping 曲線

(1). 構思-設計-實施-運作 (Conceive- Design- Implement- Operate, CDIO) 之意涵

CDIO 工程教育的設計靈感是以產品、過程和系統的構思、設計、實施、運作的整個生命週期為背景，以 CDIO 教學大綱和 12 項標準為基礎，強調利用整合式課程設計，讓學生能掌握紮實的工程基礎理論和專業知識，透過主動、解決實際問題為導向的學習方法，以及團隊合作與創新實踐的訓練，獲得工程師所需具備的相關能力 [1]

細部解構 CDIO，構思(Conceive)意指利用問卷調查、腦力激盪、藍海策略等方法，分析客戶需求、考量所需技術、商業策略、發展概念性的商業計畫。設計(Design)意指應用 AutoCAD 或 MATLAB 等方法，給予較詳細的資訊描述產品設計，或是設計產品的草圖。實施(Implement)意指利用 3D 列印機、CNC、RP 加工機等器材，將設計轉換為產品、過程或系統，包括產品的軟硬體製造、系統整合與測試。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 [3]。

CDIO 的理念繼承和發展了歐美 20 多年來工程教育改革的理念，形成一個涵蓋人才培育課程大綱和評估 CDIO 的 12 項標準。課程大綱涵蓋 4 大主軸，包括：(一)技術知識和推理能力；(二)個人能力、職業能力和態度；(三)人際能力：團隊合作和溝通；(四)在企業和社會環境之下，能夠構思、設計、實施和運作。四大主軸內容具有普遍性，適用於各領域，皆為產業所需人才應具備之能力。也希望透過教學、學習、實作的整合，培養學生的專業知識和軟能力。同時，CDIO 採用 12 項標準定義 CDIO 課程的特色，亦成為教育改革和評估的準則，並提供持續改善的架構。包括課程理念(標準 1)、課程教學計畫的制訂(標準 2、3、4)、設計-實施的經驗與場域(標準 5、6)、教與學的方法(標準 7、8)、教師發展(標準 9、10)、學習成效評量與教學評估(標準 11、12) [1, 4]。

綜合上述，研究歸納 CDIO 的幾項特色 [5]，分別為：

- (一) 做中學：透過實際問題，規劃專題導向式學習，並鼓勵從失敗中學習
- (二) 使用者導向設計：以設計思考為主軸，透過使用者需求分析、創意發想與收斂，規劃以人為中心的設計與服務
- (三) 產品行銷企劃：兼顧產品技術與商業營運的設計，甚至是在構思階段撰寫商業營運的計畫書
- (四) 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

(2). 專題導向學習 (Project-Based Learning) 之意涵

專案導向學習(project-based learning)的理念可追溯自杜威(John Dewey)的進步主義學派 [6]，以建構主義和情境學習理論等觀點為依歸，認知心理學為基礎，合作學習為學習方式，主強調做中學(Learning by doing)，以活動、專案與解決問題等作為學習主軸，重點在於教師應提供學生開放、支持的學習環境，強調在自然的情境中，透過同儕互助合作，動探究、建構個人知識觀來完成小組任務，呈現專案作品 [7]。

專題導向學習是一種以學習者為中心的學習活動，它是根據挑戰的問題，讓學生在一段時間內自主的從事設計、問題的解決、決策的擬定或是研究行動等相關的工作，最後完成真實的產品或發表[8, 9]。專題導向學習(project-based learning, PBL)已發展了近一世紀，美國教育學者 Kilpatrick 於二十世紀初就開始提倡這種教學方法，他主張學校應該提供各種研究計畫、專題或問題，讓學生自由選擇，教師只是指導學生應用問題解決的方式來達到學習的目的 [10]。根據「專題導向學習的教師手冊」定義 [11]：專題是一種複雜的工作，它是根據挑戰的疑問或問題，經由學生的設計、問題的解決、決策的擬定或是研究的行動，給予學生機會，在一段時間內自主的從事相關的工作，並且完成真實的產品或發表。2001 年徐新逸 [12]也曾對專題導向學習提出定義：專題導向學習是一種建構取向的學習方法，提供學生高複雜且真實性的專題計畫，讓學生藉此找出主題、設計題目、規劃行動方案、收集資料、執行問題解決、建立決策行動、完成探究歷程並呈現作品的學習方式。

因此，專題導向學習具有以下特性：

- (一) 專題的主題必須與真實生活相關
- (二) 學習者主動和他人合作互動從中獲得學習
- (三) 在過程中經常提供回饋讓學習者進行修正並反思
- (四) 應用認知工具來協助專題的進行
- (五) 一項真實且有價值的成果

3. 研究問題(Research Question)

■ 「現今產業對於電聲人才技術之期待」 -- 深化高階電聲技術之培養

◇ 原因：

導入 FEM+APP 進而強化電聲專業學習成效之教學實踐研究以高階有限元素法模擬技術搭配 APP 應用 (FEM+APP)，期待在接續的未來 10 年，能在全國唯一的電聲學程進行「高階模擬技術人才的培養」，也就是所謂的「電聲技術 2.0」的精進。

◇ 目前不足之處：

然而，由於此「高階模擬技術的本質相當複雜」，「專業養成所需的時間不斐」，常見多為一到兩年的課程，且「需要實務案例的導入」才有機會；對於僅有兩年學習時間的電聲人才培育幾乎是難度相當高的任務。

◇ 本計畫將改善：

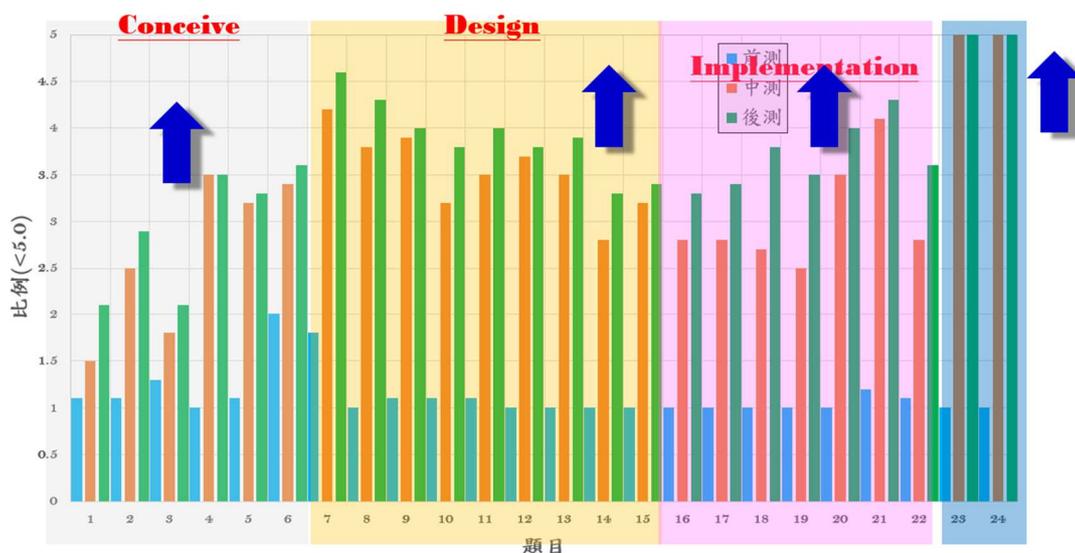
因此，本計畫為呼應「產業」對於電聲人才在「高階電聲技術培養--高階有限元素法模擬技術與 APP 應用」養成之「高度需求」，將以「CDIO」為 18 周課程操作核心，並以主持人過去在有限元素 APP 多次獲獎的經驗，自行開發「有限元素 APP 教材」，以過去執行過之實際生活分析案例方式，快速帶領學生進入此原高複雜度屬性的學習情境中，降低學生學習的恐懼感與學習的難度，以實際操作取代數學方程式的計算與理解，以眼見為憑取代漫無目標的學習；此外，並設計「導入實際電聲案例分析的方式(PBL)」方式，同時邀請業界身為第一線設計開發之先進(目前已確認有美律實業股份有限公司、美隆工業股份有限公司願意支援投入人物力等)，輔以課程中的執行，提升學生對於高階模擬技術的學習成效，完成符合產業需求技能之訓練。

■ 「過去教學現場中學生學習成效回饋」-- 精進做法並提高學習成效

◇ 原因：

圖(五)為上一個期程學生前後測後的學習知能量表。透過表之結果可清楚得知，透過規劃之教學策略，學生整體的學習成效有顯著的提升，尤其在 CDIO 的「Design」階段，顯示規劃以「PBL」為主軸，針對電聲產品為進行理論知識與初階設計技術的展開，對於學生學習是有絕對的幫助；然而，其中仍有少數幾項預期成果部分仍有進步的空間，如

- a) 「1. 我熟悉市面上的耳機品牌」
- b) 「3. 我瞭解耳機品牌的歷史」
- c) 「13. 我瞭解等效電路如何應用在耳機單體模擬」
- d) 「14. 我瞭解等效電路如何應用在耳機系統(考慮單體與腔體)模擬」
- e) 「21. 我能自行操作 3D 列印機」
- f) 「22. 我會自行排除 3D 列印過程產生的問題」



圖(五)、前期教學現場中學生學習成效回饋

◇ 本計畫將改善：

「1. 我熟悉市面上的耳機品牌」 & 「3. 我瞭解耳機品牌的歷史」

顯而易見的，上述(1)與(3)的問題主要是源自於參與本計畫之團隊「僅有三隊」所致。由於每年修課學生人數限制，加上採用 3~4 人一組的分組方式，使得總團隊數至多 3 組，相對每年分享至多 3 個不同品牌的電聲產品，面對市場上眾多的電聲品牌而言，這數量的確是有限，也因此造成學習成效指標上表現不佳的情況發生。

因此，本計畫將規劃邀請目前工作於不同廠牌代理商或代工廠的畢業學長姊，加上來自於電聲產業的先進，於每學期採用不同主題的方式進行演講與分享，以各貼近品牌端的工作經驗進行接地氣的分享，讓在學學生能獲得更全面電聲產品品牌發展歷程。

本計畫提出改善方略 --

「13. 我瞭解等效電路如何應用在耳機單體模擬」 & 「14. 我瞭解等效電路如何應用在耳機系統(考慮單體與腔體)模擬」

此部分的原因主要來自於過去的模擬結果皆屬於採用簡易的 1D 理論架構所發展出來的(等效電路)，此架構**天生無法考量複雜的幾何結構**，以致對於實際執行專題實作時，可能面對複雜的產品幾何皆無法有效反映出差異與影響，導致學生對於產品內部不同腔體幾何設計等之影響無法有感。

因此，為有效改善此問題，本計畫將藉由主持人過去專業於有限元素法高階模擬技術之開發經驗，完整導入到為期上下學期所教授的各一門課的課程中；加上採用之百萬級套裝商用軟體代理商承諾將搭配本計畫，**免費提供本計畫師生教學使用**，以及**支援部分課程內容**授課；因此，更使得本計畫對於申請創新實踐教學方式進而提升電聲學生專業技術之優勢大大提升。

本計畫提出改善方略 --

「21. 我能自行操作 3D 列印機」&「22. 我會自行排除 3D 列印過程產生的問題」

此部分主要問題來自於執行本計畫所使用之 3D 列印機僅一台，加上屬於自行組裝的簡易型機種，所以故障率相當高，若沒有妥善使用，即會造成故障情況發生，也因此沒有機會有效教導故障排除等深入學習 3D 列印之機會

因此，本計畫主持人將藉由目前執行的其他產學計畫進行新機台的採購，提供修課學生有更多的機會學習操作、使用以及故障排除等項目，同時也不會延遲到學生進行專題製作之進度。

■ 強化一學年連貫式主題學習

◇ 原因：

電聲產品開發須具備設計、模擬、製作與測試，每項專業皆攸關產品是否可以達到預期目標；因此，該如何在主持人既有的上下學期課程以及相關課程中，「有效完成橫向連貫式學習，有效提升學生學習的動機」，是攸關培養優秀電聲人才的關鍵之一

◇ 目前不足之處：

主持人雖有一年上下學期的課程，且其課程的專業度上有連貫性，但由於課程有既有的課程內容與進度，加上寒假等因素，使得專題執行上容易有空窗之斷層，對學生學習來說會有程度上之影響，深度也略顯不足。

◇ 本計畫提出改善方略：

為強化學生為期一年的學習強度與耐力，本計畫規劃將於既有的課程內容下，於期末至寒假期間提供「專業技能內訓的機制」以及「提供產業實習的機會」，讓學生學習不中斷，同時也能夠走進產業，也讓產業看到學生，提高學生學習的曝光度與學習欲望；另一方面，本計畫將於期末利用主持人既有的 EATD 平台，針對各組學生之作品進行影音發表，並進行網路投票與競賽，提高學生彼此共學的機會與互相競爭的求好機會

■ 精進專業報告與口條

◇ 原因：

電聲產品的開發是相當重要的專業，但工程師除了自我的專業外，更應「具備專業的報告撰寫能力」與「流暢的表達能力」，才能有效地行銷自我的技術與產品，也才能有機會於未來躍升更高層次的職位

◇ 目前不足之處：

課程中安排多以考試為評量標準，以作業為輔，缺乏讓學生具備專業報告撰寫與訓練表達的機會，也因此無法訓練出更全面的電聲人才

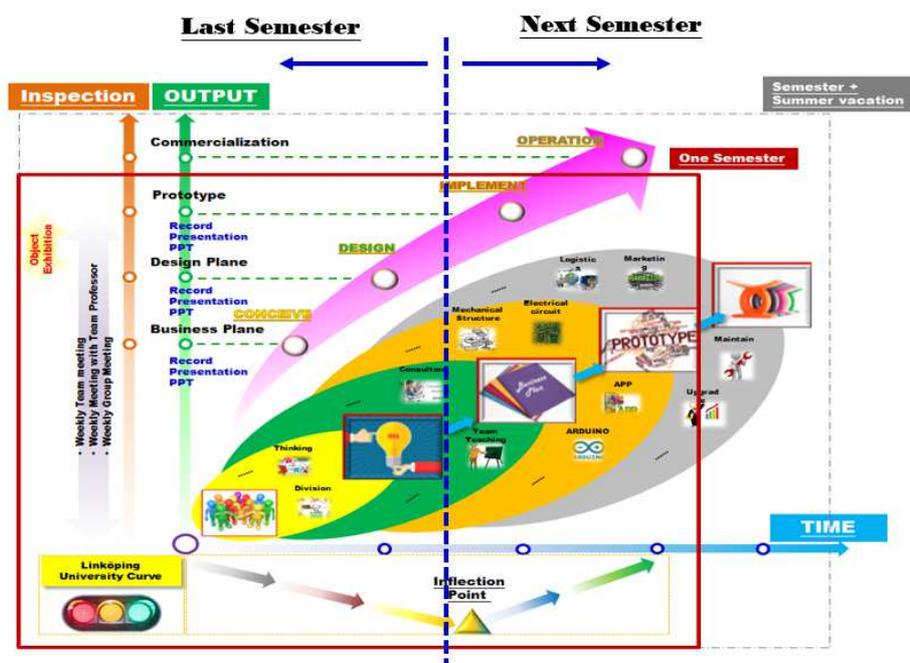
◇ 本計畫將改善：

導入 FEM+APP 進而強化電聲專業學習成效之教學實踐研究為達到專業報告撰寫與清楚的口條訓練，本計畫將採「**團隊合作**」方式，並於各階段設計「**階段性成果報告**」，藉由要求每位成員輪流報告的方式，強迫並訓練開口，藉以提升各組人員的報告能力；此外，並於上下學期期末，以各組「**成果展示**」的方式，行銷產品，並提升自我的自信，達到更全面電聲人才的訓練；同時，並將藉由「**撰寫行銷企劃**」的方式，提前訓練如何有效地行銷產品

4. 研究設計與方法(Research Methodology)

為實踐「**導入 FEM+APP 進而強化電聲專業學習成效之教學實踐研究**」之教學研究，本計畫將延續申請者過去持續於教學服務期間草創並執行創新教學方法的經驗，持續導入由麻省理工學院與瑞典的查爾姆斯理工大學、林雪平大學以及皇家工學院於 2000 年所提出之「**發想(Conceive)-設計(Design)、製作(Implement)-操作(Operation)；CDIO**」為出發，並基於電聲產品開發經驗與需求進行修正，提出以「**發想(Conceive)-設計(Design)、製作(Implement)-優化(Optimization)；CDIO**」的方式為本計畫教學核心，搭配產品主題導向 (**Project-Based Learning; PBL**) 的教學模式，藉由上下學期「**聲學基礎**」與「**電聲量測與方法**」，「**連貫式**」課程的串聯，以「**入耳式耳機(In-Ear Speaker)**」為標的，完成「**提升電聲技術學習之創新教學方式研究**」，並以「**逆向工程**」落實產品理論與實務驗證，讓學習電聲之學生在求學生涯中對於電聲產品與特性有更全面的認識與技術掌握。

本計畫在執行方式部份，將採用以 3-4 人為一組「**團隊合作**」的方式，透過「**月季報告**」的方式追蹤與掌握各組進度。在成果產出部分，預劃將各組學習開發之「**實境歷程**」發布於「**網頁**」上(暫定於現有的 EATD 網頁)，供參與學生交換意見，並提供有興趣的人士共同提點指導，增加產品與技術曝光之機會；除此之外，並將於上下學期期末分別舉辦「**小型成果發表**」，藉由類似產品發表的方式，讓各組學習行銷自己的產品，進而達到實踐計畫最終訓練電聲人才成為「**Π型人**」之目的。計畫於各學期課程在 CDIO 的執行規劃如圖(六)所示。



圖(六)、計畫於各學期課程在 CDIO 的執行規劃

本實踐計畫的研究架構主要「導入 FEM+APP 進而強化電聲專業學習成效之教學實踐研究」之教學研究，並以「客製化入耳式耳機」為標的，採用「CDIO」搭配「PBL」為執行方針與策略，並以申請者於上下學期所開設的「聲學基礎」，搭配實務之「電聲量測與方法」課作為主要的實踐平台，課程中規劃將採用「團隊合作」的方式，藉由每學期執行之初的前測(Pre-Test Questionnaire)，搭配期末的後測(Post-Test Questionnaire)，藉以了解修課同學對於本計畫執行內容的成長，包含技術部分、產品實作部分、團隊合作經驗部分以及電聲專業領域與未來職場部分。計畫研究架構示意圖如圖(七)所示。

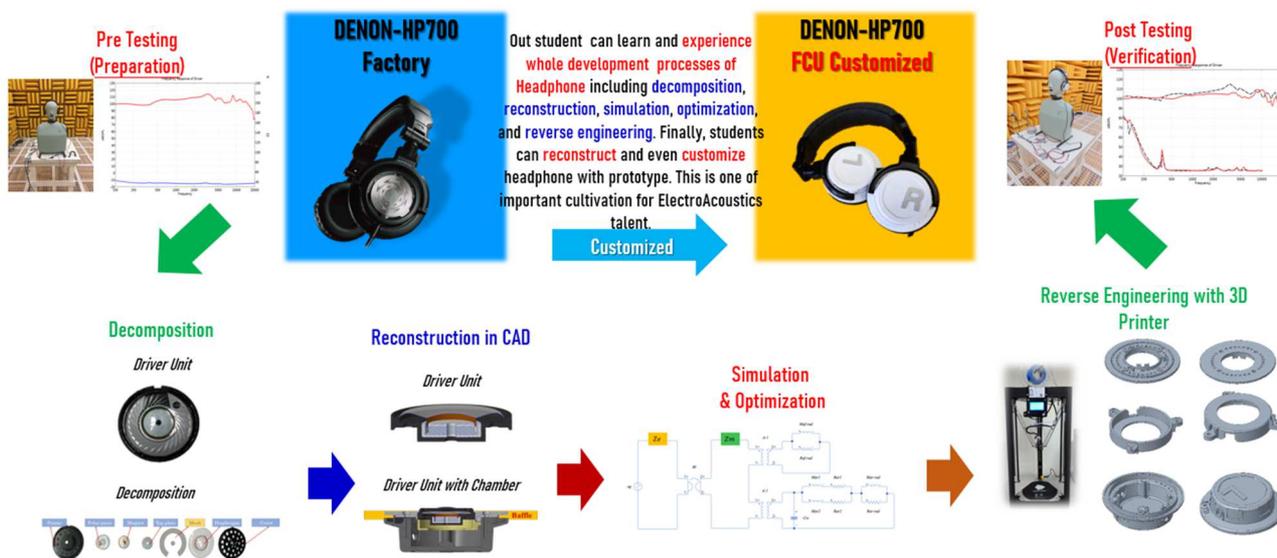


圖(七)、本研究計畫規劃之項目與進度

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

(1) 教學過程與成果

本教學創新操作過程主要利用「CDIO+PBL」搭配「耳機製作」與「APP」藉以形塑電聲碩士學位學程碩士生為國內耳機專業的高階人才為宗旨，整個操作與學習過程以圖(八)為核心，並於各學習階段設定成效評估斷點(如附件一)，循序漸進完成此創新教學規劃之目標；過程中不僅規劃完成「專業電聲」能力的建構，並同時以「同儕相互聆聽的方式」完成「主觀」的評價。



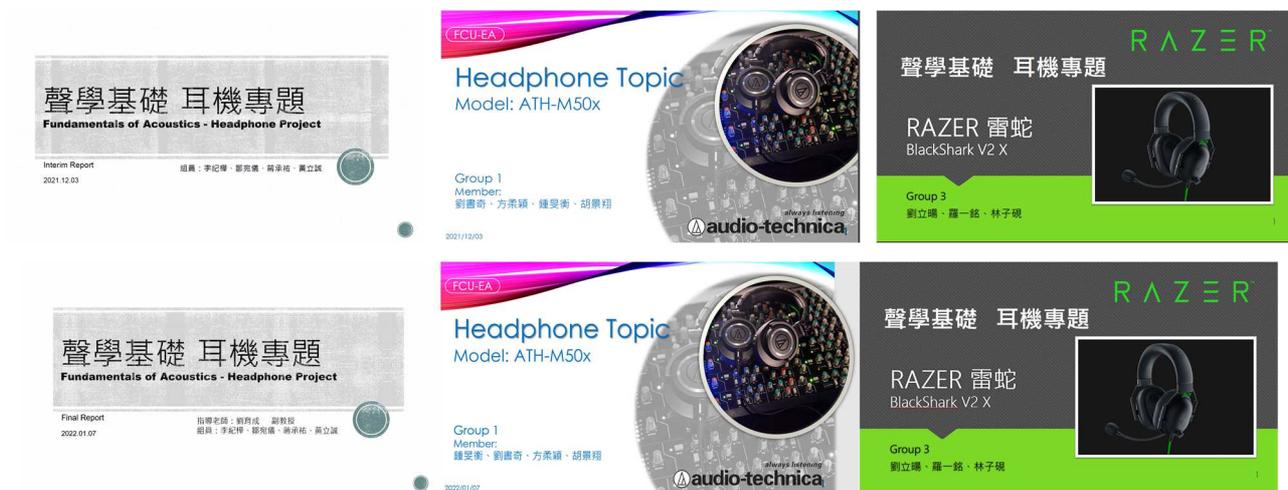
圖(八)、本研究計畫搭配課程執行專業電聲技術養成之核心學習過程

此次的課程共分成三組，執行期間為上下學期共一學年整；上半年規劃完成「耳機重製」與「FEM+APP 的學習」，而在此專業電聲基礎下，下半年規劃以「耳機客製化」為執行重點，讓學生發揮想像力進而完成不同專業設計的探索，落實動手做的驗證目的。過程中包含相對於 CDIO 各學習階段的成效，也就是所謂的「**前測(專業學習知能量表)**」，題目如附件(一)所示；上學期的耳機重製並於過程中利用期中階段進度報告與期末成果報告進行檢核如下圖(九)，內容要求包「品牌歷史」、「經典款項回顧」、「DUT 選擇依據」、「拆解歷程」、「模擬架構與程序」、「量測驗證」以及「學習心得分享」，並藉由「**同儕互評**」搭配「**教師評量**」的方式，完各組於階段性成果表現的評比，評量文件於附件(二)；而為了更詳盡的紀錄執行過程中的點滴，並要求各組完成「**學習歷程影片的製作**」，藉以未來提供學習參考與回顧；各組報告與影片如下圖(十)與圖(十一)所示；下學期則著重在耳機聲學特性優化(optimization)，分別有「**透過腔體的重新設計，觀察是否封閉式耳機在低音上的表現真的較開放式耳機出色**」、「**增加耳機後腔，觀察聲學特性的變化**」以及「**觀察開放式耳機在音場表現上會較封閉式耳機開闊，在中頻高頻以及人聲的表現上會比較出色**」，甚至包含實際聆聽感受上的差異討論等，都是相當實際而且業要的問題探討。同樣的，在藉由本計畫規劃一年上下學期的各項目學習後，亦針對參與的同學進行所謂的「**後測**」，藉以了解此創新的學習模式--「CDIO+PBL」，對於電聲專業人才技能訓練的與養成是否有達到「**強化學習成效**」的預期綜效。本計

導入 FEM+APP 進而強化電聲專業學習成效之教學實踐研究
 畫相關階段結果與產出彙整如表 1 所示。過程中藉由學習 FEM+APP 之相關
 成果如圖(十二)所示。



圖(九)、各組期中期末報告實景



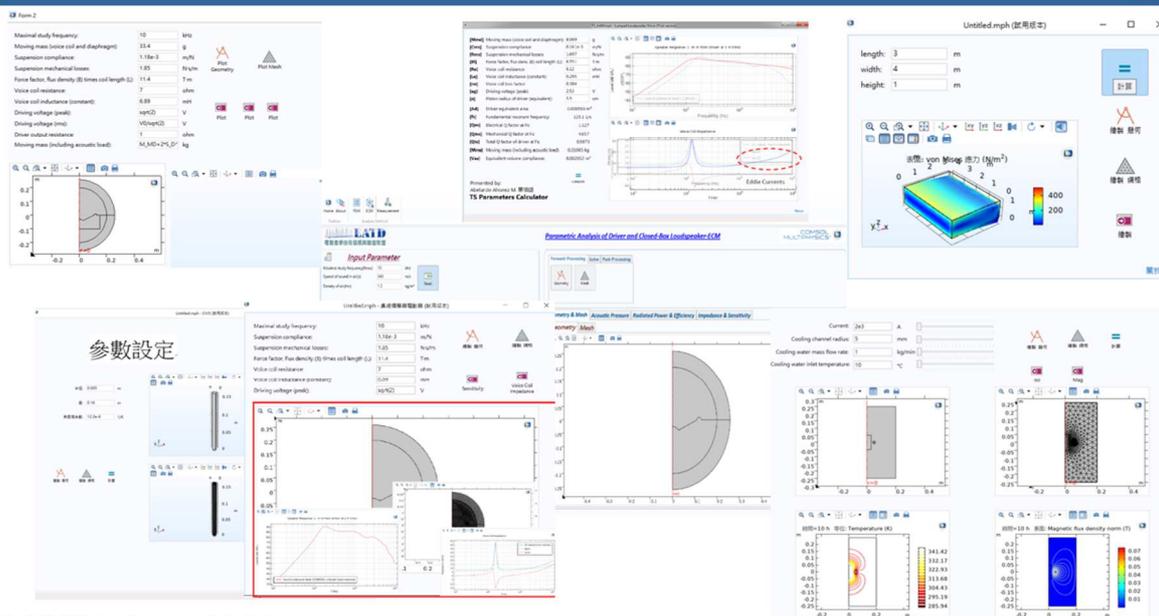
圖(十)、各組期中期末報告



圖(十一)、各組學習歷程影片



(HOW) 學習成果- 期末作業(FEM+APP)

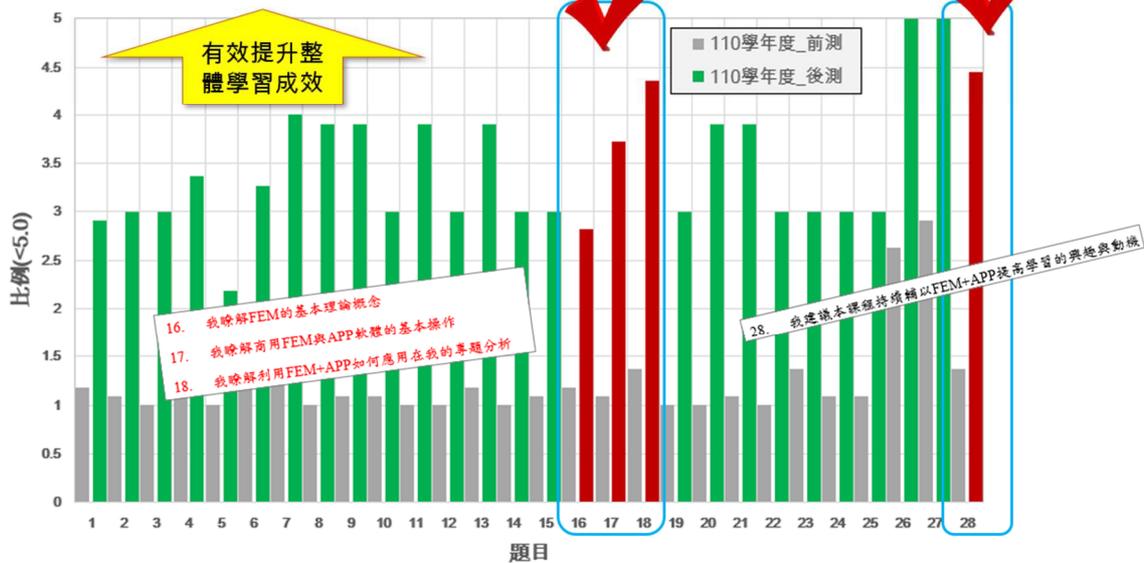


圖(十二)、FEM+APP 學習成果

在學習成效部分，相關結果簡列於附件(三)，並同時進行簡單的學習成效分析，主要分成前測[灰色]與後測[綠色]，結果如圖(十三)所示。觀察統計結果可清楚發現，修習本課程的同學，無論是之前是否對耳機有專有獨鍾的品牌，其對於品牌的歷史是有相當的侷限性，而經過本計畫規劃的 Conceive 階段學習後，對於欲執行的耳機品牌與他牌的耳機發展都有相當程度的成長，這對於本計畫初期規劃希望能夠透過本專題的執行，強化電聲工程師對於耳機品牌的熟悉度有相當程度的正面效果；而對於 Design 階段的專業技能表現部分，其成長的幅度是最為明顯，這也是計畫主持人規劃時所期待獲得的「技術學習」、「技術升級」、「創意實踐」、「技術優化」等面向的扎根與強化，另一層面的數據結果更顯示了本計畫以成果導向式「PBL」的學習方式除了讓學生更有方向性，對於提升學生學習的意願與動機是有正向的助益；此外，對於學生學習 FEM 並透過 APP 製作完成理論公式驗證，以更透明且視覺化的方式呈現結果變化，的確可以對於學習過程中對於理論公式的認識與對應於物理特性的變化有相當顯著的加值，也可有效的強化整體的學習成效，如圖(十二)中藍色框框部分。



(HOW) 學習階段成效評估



圖(十三)、學習成效分析(灰色：前測；綠色：後測)

表 1、本計畫各階段產出與結果彙整

		Team#1	Team#2	Team#3
品牌		ATH	AKG	RAZER
型號		ATH-M50x	AKG K52	BlackShark V2 X
圖示				
結果概述				
上學期	前測	V	V	V
	期中報告	V	V	V
	期末報告	V	V	V
	後測	V	V	V
	PPT	V	V	V
	學習影片	V	V	V
	階段分數	A+	A	B+
	結果產出			

(2) 教師教學反思

以下針對主持人執行本計劃的過程、成果與學生反應等面向進行教學成果與後續持續改進建議簡述如下：

	成果	持續改進建議
1	本計畫延續採用 CDIO + PBL 的創新教學模式，加上透過學習 FEM 高階模	學生學習能力的確有改善，也初步完成電聲需求的跨領域學習，但在「系統

	<p>擬搭配「APP」程式介面的輔助，的確「成功地誘發且提升了學生學習的動機」，「強化學生的學習能力」，完成「跨領域學習的目的」</p>	<p>整合」、「設計多樣性」、「FEM 高階模擬技術」、「APP」面向上，仍需其他學習項目輔助，如期刊論文的輔導學習、相關產業訊息的導入等等，擴展整體學習的廣度</p>
2	<p>以耳機為主題式學習的標的，「橫向搭配不同領域的專業」以及「縱向橫跨兩學期的學習」，不僅創造學生主軸學習式的延伸與深化、延續學生學習的慾望，完成自主學習與團隊合作的訓練，更進一步深化專業學習的內涵</p>	<p>目前在上學期有橫向連結其他課程-「電聲換能器」，鏈結模擬技術，下學期雖有專業量測的學習，也有針對重要的電聲量測系統進行深入探討與學習，但對於電聲工程師而言，另一塊「電聲量測規範」以及「搭配其他專業軟硬體量測設備」輔助問題確認這部分，以及搭配其他軟體學習，如「數位訊號處理(DSP)」等，完成「硬體與訊號相結合」，未來也將會持續將不同的專業元素持續導入課程中</p>
3	<p>藉由本計畫的支持，使得電聲學程學生獲得完整耳機專業知識的學習與訓練，以及 FEM+APP 技能的學習，使得修習學生不僅在學期間具備一定的專業與技能，更進一步「輔助其於碩二期間論文的研究與執行」</p>	<p>此部分的學習在學生邁入碩二階段即確有看到本計劃帶來的助益，尤其針對未來論文題目與耳機類相關的主題研究，以及對於存在的物理特性解釋等；未來或許可以在選擇主題部分朝向更多樣化更主題性的標的物，逐屆的強化逢甲電聲專業人才的深度與廣度，符合產業多樣化人才的需求</p>
5	<p>本計畫提出之「創新學習模式與現今電聲產業對於新進人員的培訓方式相吻合」，並「獲得國內電聲產業一致的讚許與支持」，並逐漸成為「學程課程創新模式」以及「學程專業人才培育指標與亮點」</p>	<p>本計畫一年耳機專業人才的養成高度獲得相關產業的認同與持續培養的支持，這是專業電聲人才培育的一小步，但是卻是國內電聲技術與專業人才提升的一大步，未來將會持許整合更多面向的電聲產品與技術，期待真正成為國內電聲專業技術人才的搖籃，以及朝向「亞洲電聲中心在逢甲」的目標</p>

(3) 學生學習回饋

參與本計畫的學生計有 **11** 位，來自不同的專業背景，但有共同的喜好就是「欣賞音樂」與「長期使用電聲產品」；而學生修習過程中，亦針對本計畫執行的項目與採用的方法有回饋建議，藉以能夠教學鄉長，相關建議簡述如下

	問題	學生意見回饋
1	我喜歡這個專題，是因為	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可自己動手做，完成一個專業產品 ■ 可以自主學習 ■ 可藉由一個電聲產品的學習實際了解電聲專業 ■ 可以學習如何分配時間 ■ 了解各專業能力 ■ 可以跟夥伴交換不同想法跟意見，互相討論，互補能力 ■ 多人建議比一人好 ■ 學習溝通
2	我不喜歡這個專題，是因為	<ul style="list-style-type: none"> ■ 時間不夠 ■ 課程壓力與負擔較大
3	對於這個專題給予額外的建議	<ul style="list-style-type: none"> ■ 製作時間加長，並配合理論與實作量測 ■ 耳機的預算可以再提高一些

跟具學生意見的反饋內容可知，修習的同學對於本研究計畫的執行具有高度的認同，過程中也的確落實了「**做中學、學中覺**」的創新學習方式，藉此也激發了學生學習的動機與對專業學習的認同感。雖然部分學生提出了「**時間不足**」與「**學習負擔大**」等兩個問題，但是依常規的每周一次三小時的上課時間，本計劃已延長為「**平均每周六~九小時不定時的學習週期**」，時間上或許仍有不足，但對於「**雛形(Prototype)**」開發而言，相信已應該有足夠充分的時間可完整的操作；對於「**學習負擔大**」部分，由於本研究計畫與課程並行，因此對於負擔上的確較吃緊繁重，這部分會在後續規畫相關課程時持續列入改善項目，並將尋求在相同目標前提下，讓學生學習過程更有效率且完整。

6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

看到學生對電聲專業從不認識到了解、從刻板學習模式到動手拆解設計模擬組裝與驗證、從青澀的報告道具有一定專業深度的工程師分享等等，是在辛苦帶領操作這門課之餘最值得回味與安慰的地方；這也代表，電聲種子的確已經潛移默化的植入這些年輕人的思維與學習路徑中，未來或許在他們專業領域學習過程中，電聲的應用或應用電聲也有可能成為學生們另一個可持續探究的主要主題或閒餘之際的興趣也不一定。除此之外，相信過程中學

導入 FEM+APP 進而強化電聲專業學習成效之教學實踐研究
生對於這操作模式與方式的回饋，也會是身為本計畫執行老師而言是一種持續鼓勵與持續向前的動力來源。

二. 參考文獻(References)

- [1]. Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Brodeur, D. (2014). *Rethinking engineering education: The CDIO Approach* (2nd ed). Springer Singapore: Springer.
- [2]. 張國保、袁宇熙 (2014)。我國學用合一之現況、問題與解決之道。教育研究月刊，248，5-22。
- [3]. Al-Atabi, M. (2014). *Think Like an Engineer: Use systematic thinking to solve everyday challenges & unlock the inherent values in them*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- [4]. Karl-Frederik Berggren, Doris Brodeur, Edward F. Crawley, Ingemar Ingemarsson, William T.G. Litant, Johan Malmqvist & Sören Östlund, *CDIO: An international initiative for reforming engineering education*, World Transactions on Engineering and Technology Education, Vol.2, No.1, 2003
- [5]. 李靜儀、吳俊哲、王柏婷 (2016)。Conceive-Design-Implement-Operate (CDIO) 理念對臺灣工程教育的啟發。臺灣教育評論月刊，5 (2)，101-104。
- [6]. Dewey, John (1938). *Experience and Education*. NY: Collier Books.
- [7]. <https://blog.xuite.net/kc6191/study/23402797-%E5%B0%88%E6%A1%88%E5%B0%8E%E5%90%91%E5%AD%B8%E7%BF%92%28project-based+learning%29>
- [8]. Jones, B. F., Rasmussen, C. M., & Moffitt, M. C. (1997). *Real-life problem solving: A collaborative approach to interdisciplinary learning*. Washington, DC: American Psychological Association.
- [9]. Thomas, J. W., Mergendoller, J. R., & Michaelson, A. (1999). *Project-based learning: A handbook for middle and high school teacher*. Novato, CA: The Buck Institute for Education.
- [10]. Wolk, S. (1994). Project-based learning: pursuits with a purpose. *Educational Leadership*, 52(3), 42-45.
- [11]. Thomas, J. W. (2000). *A review of research of project-based learning*. Retrieved from <http://www.autodesk.com/foundation>.
- [12]. 徐新逸 (2001)。如何利用網路幫助孩子成為研究高手？網路專題式學習與教學創新。台灣教育，607，25-34。

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。

附件一、專業學習知能量表

110 學年度教育部教學實踐研究計畫之專業學習知能量表

「導入 FEM+APP 進而強化電聲專業學習成效之教學實踐研究」

請依個人情況，在適當選項之□內打「✓」，每題都要填答，請勿遺漏，以下題目皆為單項題。

1. 性別：□男 □女

2. 學號：□

	5	4	3	2	1
1. 我熟悉市面上的耳機品牌。	<input type="checkbox"/>				
2. 有穩定或熟悉特定耳機品牌。	<input type="checkbox"/>				
3. 我瞭解耳機品牌的歷史。	<input type="checkbox"/>				
4. 我瞭解耳機品牌的發展。	<input type="checkbox"/>				
5. 我瞭解耳機品牌的特色。	<input type="checkbox"/>				
6. 我瞭解耳機品牌的經典款項。	<input type="checkbox"/>				
7. 我瞭解耳機單體的組成元件。	<input type="checkbox"/>				
8. 我瞭解耳機系統組成元件。	<input type="checkbox"/>				
9. 我瞭解耳機腔體影響頻率響應。	<input type="checkbox"/>				
10. 我瞭解耳機腔體開孔影響頻率響應。	<input type="checkbox"/>				
11. 我瞭解什麼是等效電路(包含等效電路的優缺點)。	<input type="checkbox"/>				
12. 我瞭解等效電路的理論。	<input type="checkbox"/>				
13. 我瞭解等效電路如何應用在耳機單體模擬。	<input type="checkbox"/>				
14. 我瞭解等效電路如何應用在耳機系統(考慮單體與腔體)模擬。	<input type="checkbox"/>				
15. 我瞭解等效電路模擬耳機單體需求的TS參數。	<input type="checkbox"/>				
16. 我瞭解FEM的基本理論概念。	<input type="checkbox"/>				
17. 我瞭解商用FEM與APP軟體的基本操作。	<input type="checkbox"/>				
18. 我瞭解利用FEM+APP如何應用在我的專題分析。	<input type="checkbox"/>				
19. 我瞭解耳機單體聲學特性量測。	<input type="checkbox"/>				
20. 我會自行編譯耳機聲學特性量測程序。	<input type="checkbox"/>				
21. 我會自行操作耳機聲學特性量測程序。	<input type="checkbox"/>				
22. 我能解釋耳機聲學特性量測結果。	<input type="checkbox"/>				
23. 我瞭解3D列印機。	<input type="checkbox"/>				
24. 我能自行操作3D列印機。	<input type="checkbox"/>				
25. 我會自行排除3D列印過程產生的問題。	<input type="checkbox"/>				
26. 我建議本專題型式持續應用在電聲學裡。	<input type="checkbox"/>				
27. 我喜歡本專題的課程內容與規劃。	<input type="checkbox"/>				
28. 我建議本課程持續輔以FEM+APP提高學習的興趣與動機。	<input type="checkbox"/>				

1. 我喜歡這個專題，是因為_____。

2. 我不喜歡這個專題，是因為_____。

3. 我喜歡團隊工作，是因為_____。

4. 我不喜歡團隊工作，是因為_____。

5. 對於這個專題給予額外的建議_____。

CONCEIVE

DESIGN

IMPLEMENTATION

OPERATION

附件二、學生學習考評表

Course: Fundamental of Acoustics
MOE Project Assessment

MOE 耳機專題報告評分(評分他組)

組別：

報告日期：

目標產品：

姓名		學號	
分數	<input type="checkbox"/> A (100-91) <input type="checkbox"/> B(90-81) <input type="checkbox"/> C(80-71) <input type="checkbox"/> D(70-61)		
項目	<input type="checkbox"/> 耳機品牌歷史 <input type="checkbox"/> 團隊選擇理由	<input type="checkbox"/> 耳機品牌經典款 <input type="checkbox"/> 網路使用者的評價	
建議			

附件三、學生學習成果

請依個人情況，在適當選項之口內打「✓」，每題都要填答，請勿遺漏，以下題目皆為單項題。

1. 性別：男 女

2. 學號：

	5	4	3	2	1
	非	同	普	不	非
	常	意	通	同	常
	同			意	不
	意				同
					意
1. 我熟悉市面上的耳機品牌	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 有鍾愛或熟悉特定耳機品牌	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 我瞭解耳機品牌的歷史	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 我瞭解耳機品牌的發展	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 我瞭解耳機品牌的特色	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 我瞭解耳機品牌的經典款項	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 我瞭解耳機單體的組成元件	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 我瞭解耳機系統組成元件	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 我瞭解耳機腔體影響頻率響應	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 我瞭解耳機腔體開孔影響頻率響應	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. 我瞭解什麼是等效電路(包含等效電路的優缺點)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. 我瞭解等效電路的理論	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. 我瞭解等效電路如何應用在耳機單體模擬	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. 我瞭解等效電路如何應用在耳機系統(考慮單體與腔體)模擬	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. 我瞭解等效電路模擬耳機單體需求的TS參數	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. 我瞭解耳機單體聲學特性量測	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. 我會自行編譯耳機聲學特性量測程序	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	5	4	3	2	1
	非	同	普	不	非
	常	意	通	同	常
	同			意	不
	意			同	同
				意	意
18. 我會自行操作耳機聲學特性量測程序	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. 我能解讀耳機聲學特性量測結果	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. 我瞭解3D列印機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. 我能自行操作3D列印機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. 我會自行排除3D列印過程產生的問題	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. 我建議本專題型式持續應用在電聲學程	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. 我喜歡本專題的課程內容與規劃	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1. 我喜歡這個專題，是因為 可以瞭解3D列印機的原理，並且APP的

2. 我不喜歡這個專題，是因為 _____

3. 我喜歡團隊工作，是因為 _____

4. 我不喜歡團隊工作，是因為 大家

5. 對於這個專題給予額外的建議 耳機的預算可以在提高一些