

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：PEE1110064

學門專案分類/Division：工程學門

計畫年度：111 年度一年期 110 年度多年期

執行期間/Funding Period：2022.08.01 – 2023.07.31

提升學生學習投入與成效之教學實踐研究：

設計本位研究的半導體元件課程

Promoting students' learning engagement and learning outcomes：

Design-based learning research in semiconductor device course

(配合課程名稱/半導體元件)

計畫主持人(Principal Investigator)：梁寶芝

協同主持人(Co-Principal Investigator)：鄧鈞文

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：逢甲大學 電機工程學系

成果報告公開日期：立即公開 延後公開 (統一於 2025 年 7 月 31 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2023 年 8 月 21 日

提升學生學習投入與成效之教學實踐研究：

設計本位研究的半導體元件課程

Promoting students' learning engagement and learning outcomes :

Design-based learning research in semiconductor device course

一. 本文 Content

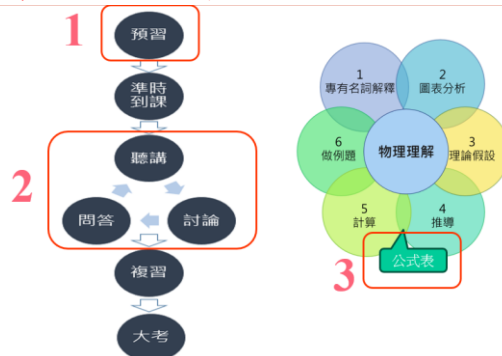
1. 研究動機與目的 Research Motive and Purpose

亞里斯多德 Aristotle 說：我們的重複行為造就了我們，所以卓越不是一種行為，而是一種習慣。(We are what we repeatedly do. Excellence, then, is not an act but a habit.) 所以在多年教學教學經驗裡，真的是感覺到給他魚吃，不如給他釣竿。所以想方設法，希望能夠點醒同學，改善學習習慣。

《半導體元件》是全系選修課，該課程只有約一半的學生修過《半導體物理》。因此在課程設計上有 1/3 的時間會複習《半導體物理》的課程，另方面也讓學生熟悉老師的上課模式及教學策略。

2. 研究問題 Research Question

本計畫透過設計本位研究(DBL research)，希望改變學生學習習慣，學習跟老師互動，透過上課觀察自己學習狀態做調整及預習可以更進一步提升。因此本計畫提出加強三部分，第一，是預習成效的提升；第二，為學生自己上課時聽講狀態覺察的練習；第三，小考時公式表的製作。統整如圖一所示。



圖一 研究重點

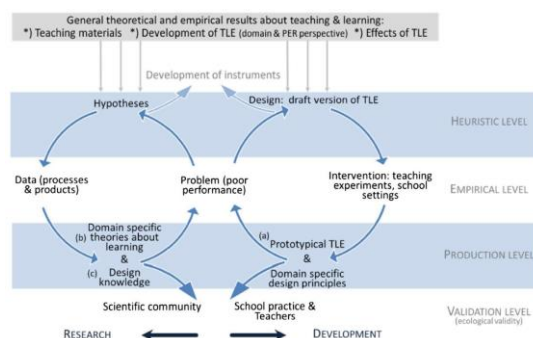
本計畫提出更具體及可評估的一些策略，在學習過程中培養學生自我觀察學習狀態，並慢慢改善學習習慣，培養好的學習習慣來解決，過課程設計，評估學生學習狀況，以小測驗、量化表單及質化訪談進行精確的研究，希望更有系統、組織、整體的不斷改善教學，利益學生，及培養他們學習習慣。本研究的教學設計理念為以學生學習為中心，具體策略是讓學生除了專業知識的學習外，也從察覺自我的聽講狀態，建立良好的學習習慣，促進學生主動學習，進而提升學生學習成效。

3. 文獻探討 Literature Review

(1) 基於設計的研究

基於設計的學習(Design-Based Learning, DBL) (Sonia, 2020) 在工程教育中被概述是一種適合的教育方法，該文整理已建立的 DBL 的理論基礎，也概述了根據實證研究彙編的 DBL 的特徵，並介紹將 DBL 整合到工程教育中的例子。此外，也說明知識的獲得和對工程概念的理解。最後，反思討論 DBL 作為工程教育教育方法的好處。DBL 是一種有效的方法，不僅可以教授科學，還可以教授工程知識，因為學生按照工程師使用的相同設計過程處理真實任務。這些活動提高學生發展分析思維技能的能力，將這些想法應用到功能環境中並將它們綜合起來以提出替代方案和解決方案。這些 DBL 見解建立在幾種有前途的方法之上，這些方法將設計過程用作支持學習的教育方法。關於高等教育工程教育中 DBL 或 DBL 類項目的實證文獻已經確定五個相關維度，用於組織高等教育中 DBL 的特徵。這些是項目特徵、工程設計要素、教師的角色、評估方法和社會背景。(the project characteristics, the engineering design elements, the role of the teacher, the assessment methods and the social context) 這五個維度是 DBL 學習環境教學設計的基本要素，學生在其中操作，以便在解決問題和設計系統時獲得知識和理解。

另外，Haagen(2020)等人以「基於設計的研究作為系統課程開發的模型 光學入門課程」為主題中，提到教育中實施基於設計的研究(DBR, Design-based research) 的確定有四大好處：(a) 探索創造新的學習和教學環境的可能性，(b) 開發基於情境的學習和教學理論，(c) 推進和鞏固設計知識，以及 (d) 提高我們的教育創新能力。其中 DBR 的示意圖模型與研發週期中的階段如圖二所示，TLE 是教學和學習環境(teaching and learning environments, TLEs)的縮寫。



圖二 DBR 的示意圖模型與研發週期中的階段。(a)、(b) 和 (c) 表示 DBR 項目在產出層面的主要目標。

一般來說，DBR 在兩個相互交織的過程空間中運行，這些過程空間從一個具體的、實際的問題開始，開發週期 (DC) 圖右是學校實踐 (教材、學習策略、課程等) 的規則主導的開發過程。這與探索創造新的教學環境的可能性有關[圖中右]。由於 DC 解決了與學校實踐需求相關的初始實際問題，因此它包含了來自教師和學生參與的反饋。研究週期(RC)圖左促進前面提到的目標，即發展基於情境的教學理論[圖(b) 1左] 並推進和鞏固該領域的設計知識[圖(c)中左]。因此，它反映科學教育研究的典型程序。該週期的產出面向科學界 (例如，在研究會議和研究期刊上介紹研究結果)。在結構層面上，研究過程和發展過程都由四個概念層次相連，如圖中橫帶所示的。每個級別對應一個流程步驟，它連接流程的兩個連續階段。兩個過程循環都離開共同的中心，即問題階段。由於研發週期的後續階段不同，相關的步驟操作方式也在每個空間不同。

為了探索學生認知參與的有效學習設計(Joo, 2014)，在 2011 至 2012 學年以質量控制課程中進行了基於設計的案例研究。在回顧了 2011 年課程的學生調查結果後，我們以認知參與和互動距離兩個指導理論重新設計課程結構和內容，以促進參與學習。更具體地說，根據兩種理論重新設計了作業結構、促進策略、補充上課的形式和考試內容。隨後研究設計變化對學生認知參與和表現的影響以及知識的發展。

(2) 有效的工程思惟訓練方式

工程思维的訓練[Yang, 2020]，加入圖像思考，研究測試圖像訓練的有效性，並探討熱力學和傳熱中具有挑戰性的概念特性。該文調查圖像培訓是否可以(a)修復高年級工程專業學生中的誤解，以及(b)防止初學者的誤解。該研究表示，檢查所教概念背後現象的性質非常重要，因為教學中使用的語言會影響學生理解它們的方式，因此，建議教師反思自己對概念的理解很重要。

另一例子是[Wu, 2020]的工程教育研究發現，當教師積極地(例如，通過練習問題)而不是被動地(例如，在課堂上)使學生參與時，學習成果得到改善。隨著越來越多的教師轉向主動學習，研究需要確定不同類型的活動如何影響學生對課堂概念的認知參與。在這項研究中，調查在解決問題時，即工程師的專業實踐，提示新手學生畫圖的效果。該研究比較一個收到視頻提示和課堂問題提示的大學本科班和一個沒有繪圖提示(對照條件)的班級，收集的調查數據和考試成績。實施繪畫提示後，學生對繪畫的使用和價值有所增加，並且這些影響一直持續到學期末。此外，有被提示的學生的表現要好於沒有提出針對概念性理解的考試問題的學生。

(3) 回到教育基本

cs[2018]學習平台也提到，由於教育者和學生在還沒有被教導如何學習和學習的真正基礎知識，因此，學生永遠不會真正被教導成為自我學習者。解決這個確切問題是該組織，創造了一個世界性的教育革命，通過研究技術開發的作者和教育家L. 羅恩哈伯德。這種有效的方法教導人們如何學習和如何成為自學的真正基礎知識。要求「改造」教育者看到"在與這些年輕人一起工作時，希望他們充分瞭解並認識到，他們的學習問題是由於遇到了學習障礙。這不是因為他們正在學習殘疾或大腦有化學不平衡。"，而要明白，學生可以體驗到真正的學習。L.Ron Hubbard 的學習技術提供的障礙，不僅世界各地的人們變得更加有能力，對未來也變得更加有光明和希望。

思维是需要熟悉訓練的[Yasseri, 2016]。一般人並非天生就具備清晰、邏輯地思考能力-而是需學習方法或進行練習。如果期望一顆未受訓練的心智能夠思考的清晰而合乎邏輯，就像我們期待一個從沒有學習或沒有練習過的人，卻要成為好的工匠高爾夫球手、橋牌手或者是鋼琴家。”-阿爾弗雷德·曼納(Alfred Manner)。請問律師，科學家或醫生會像工程師一樣思考嗎？事實上，所有人經過訓練都可以邏輯思考；因此可以為社會的利益而工作；認真對待他們的責任並遵守其職業道德。那是由於他們接受了不同的培訓，因此所有人都使用不同的解決問題的方法，他們的訓練和經驗會影響他們的思維方式。

(4) 量化分析參考及質性研究方法

本計畫將延續使用(Demonbrun, 2017) 研究對STEM學生提供積極學習對學生影響的證據的方法，但改變測量變數。該文建構測量幾種教學方法學生對教學實踐反應的變量。該過程建構49個項目，教學類型分為四個因素(互動，建設性，主動和被動)；將課堂活動納入兩個因素(解釋和促進)的戰略；和學生對教學的回應分為五個因素(價值，積極性，參與，分心和評價)。

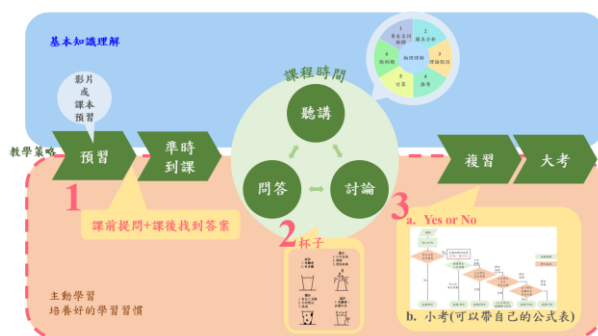
質性研究方法是依據(Kirn, 2016)，數據分析利用歸納法進行編碼，其中每個參與者的案例都先單獨處理，並且建立一般假設再分析每個後續案例。分析過程開始於詳細檢查每個案例(個體分析)，然後檢查各個案例之間的異同。進行個體分析的目的是對參與者對解決問題的過程和與工程相關的動機的看法進行詳盡的描述。通過閱讀，重新閱讀和重新聆聽案例進行個人分析，以增加對參與者的觀點和立場的了解。與參與者建立熟悉關係後，對訪談進行了描述性(對感興趣的評論進行標記)，語言性(語言檢查模式)和解釋性(將研究人員的解釋應用於參與者的回答)編碼。代碼被組織為緊急主題，最終主題是通

過基於相似定義重疊每個案例的緊急主題而生成的。研究人員討論了這些新出現的主題，使理解更清晰，解釋更深入。在分析下一個案例之前，會根據前一個案例所產生的主題修改初始假設。

一旦分析完每個案例，就可以對各個人進行比較，以創造出參與者動機受到影響的問題共享經驗的意義。這種研究的數據既展示了參與者之間共享的主題，又展示了這些主題的獨特性和變化。

4. 教學設計與規劃 Teaching Planning

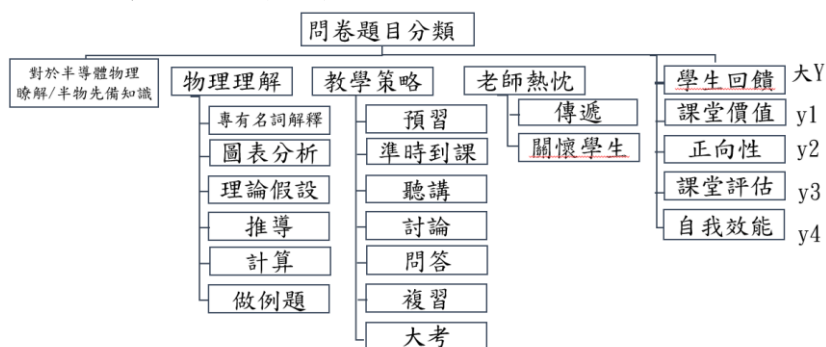
依據前幾年的教學策略，整體教學規劃如圖三所示，最上層藍色、部分為基本知識理解方面，包含，專有名詞解釋、圖表分析、理論假設及推導為主，再輔以利題計算和回家習題作業。中間淺綠色的部分是我們的教學策略，運用教師上傳的該章影片或課本，學生上課前先預習並找出一個問題繳交出來；上課時要求學生準時到課；在上課的過程，以聽講、討論、問答的方式循環進行，讓學生對課程的物理理解內涵有深入了解；再輔以複習策略交錯運用，一類是 yes no，另外一類是用小考。因為半導體物理及元件公式比較多，對初學者來說，不太容易記住，因此希望學生在準備功課的時候，可以寫一張公式表，透過公式表的準備，現在小考使用，最後運用在期末考的大考，讓整學期的所有課程能夠串貫起來。下面粉紅色的部分本年度要提出來的設計學習研究重點，屬於持續改進的部分。第一，是預習成效的提升；第二，為學生自己上課時聽講狀態覺察的練習；第三，小考時公式表的製作。



圖三 整體教學規劃

5. 研究設計與執行方法 Research Methodology

繼續採用 109 年度計畫，整體教學策略量化表單，如圖四所示參考外，也會再思考規劃細節的滾動式調整量化表單，也會針對學生訪談的問題再做調整。



圖四 整體教學策略量化表單規劃

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

(1) 量化分析

本研究問卷信度為.967，各分項信度如下，物理解釋.934、教學策略.927、教師熱忱.934、學生回饋.960。扣除填答不全、未完整參加施測者，半元 39 人回答，使用半元期中問卷。

項	信度
總項	0.967
大項:物理解釋	0.934
大項:教學策略	0.927
大項:老師熱忱	0.934
大項:學生回饋	0.960

學生回饋部分

小項		細項				小項		細項				
課堂價值	學習時間值得	體驗到價值	看到努力的結果	自我效能	教學策略能幫助學習	修延伸課程	成就感	學習有自信	好課程	優秀的老師	這老師的其他課	
平均 4.12	4.21	4.15	4.00	平均 3.90	4.05	4.05	3.77	3.72	平均 4.15	4.13	4.28	4.05
標準差 0.75	0.767	0.779	0.858	標準差 0.77	0.857	0.857	0.959	0.999	標準差 0.70	0.695	0.724	0.826

預習及聽講 平均值及標準差

小項		細項				小項		細項			
預習	聽講	認問氣氛	啟發興趣	喜歡這門課	喜歡上這門課	討論	問答	聽不懂會主動提問	平常會提問	主動回答小組答題	不會只等答案
平均 3.53	3.60	4.26	4.15	4.10	4.03	平均 3.77	3.72	3.72	3.18	3.44	4.03
標準差 0.59	0.703	0.751	0.779	0.754	0.811	標準差 0.742	0.944	0.970	0.995	0.778	0.903

考量本研究為實務性的試探研究，採多元逐步迴歸法進行資料分析。為瞭解各獨變項可以解釋整體依變項「學生回饋」變異量，以多元逐步迴歸分析後發現，有三個獨變項達顯著，共可解釋「學生回饋」總變異量的 66.3%，得到最終方程式如下：

$$\text{學生回饋} = .521 \text{ 討論} + .272 \text{ 半物先備} + .275 \text{ 傳遞}$$

為瞭解獨變項可以解釋各分項依變項變異量，分別以「課堂價值」、「正向性」、「課程評估」、「自我效能」為依變項，進行多元逐步迴歸分析，分析結果依序敘述如下：

有兩個獨變項達顯著，共可解釋「課堂價值」總變異量的 38.7%，最終方程式如下：

$$\text{課堂價值} = .427 \text{ 討論} + .317 \text{ 關心學生} + .427 \text{ 討論} * 0.326 + .317 \text{ 關心學生} * 0.061$$

有三個獨變項達顯著，共可解釋「正向性」總變異量的 62.1%，最終方程式如下：

正向性 = .530 討論 + .259 半物先備 + .240 傳遞

有兩個獨變項達顯著，共可解釋「課程評估」總變異量的 61.9%，最終方程式如下：

課程評估 = .499 討論 + .467 半物先備

有兩個獨變項達顯著，共可解釋「自我效能」總變異量的 63.6%，最終方程式如下：

自我效能 = .593 討論 + .353 傳遞

(2) 談結果分析：挑選高中低分組，具有代表性的學生進行訪談。

I. 學生在預習的投入，讓學生預習後要繳交問題

(A) 讓他要交問題，去督促他要預習。

(B) 預習後提問，然後旁邊人都這麼做，會慢慢落實預習的方式。不管是看影片或什麼，或是從頭看到尾，或者是拉著看，都比沒有看好。

(C) 預習方式(訪談)：

- i. 看預習影片。我的預習題目大部分是我知道答案，提出覺得比較重要的問題。(學生 2)
- ii. 把預習影片都看完，會先在預習的過程中記下疑問，然後再整個看完後，去思考哪個問題最不懂。(學生 3 B)
- iii. 因為之前修過相關科目，所以用老師的講義進行預習。(學生 4 A)
- iv. 先選重點去看，搭配之前的筆記比對，找出可能有問題的地方，然後整合成一個問題，這樣問出來 (學生 5)
- v. 會觀看老師之前錄製的影片，然後預習並寫下問題。這對我很有幫助，因為如果沒有預習，上課時我會比較難理解。沒有進行預習的話，我會比較難跟上課程，因為是第一次聽到很多問題都無法理解。(學生 7)
- vi. 影片不會看完，會跳著看，有問題就先交出去。(學生 8)
- vii. 在這一到兩個小時的時間裡，我會找出一些不太懂的地方或是一些後面有提到但沒有講得很清楚的地方，然後寫下來，交作業時再提出來。(學生 15)
- viii. 先觀看一小段影片，然後因為星期五要交作業，所以我會先把預習的作業做出來，然後在假日的時候再仔細觀看剩下的內容。如果遇到我不懂的或需要特別記錄的部分，我會先做筆記。然後在上課時，我會留意老師是否有提及這些內容，如果老師沒有提到，我可能會在下課去提問，或者在上課時與同學討論這些內容。(學生 17)

II. 第二、上課聽講狀態的覺察練習

(A) 讓學生比較容易察覺並拉回注意力

(B) 在講解重要內容時的口頭提醒。

(C)預習方式(訪談)：

(C1) 討論拉回學生注意力(訪談)，

- i. 小組討論就是一個很好的時機可以讓自己拉回來。因為在小組討論的時候，你不知道老師剛才問了什麼問題，就可以問其他同學或者整組，這樣可以讓自己重新對課程感興趣。(學生 4)
- ii. 小組討論有幫助。當老師停止講話，整個環境改變時，即使我有些想睡，突然的變化也會提醒我，讓我重新回到課堂。(學生 11)

(C2)即時澄清課堂問題。(訪談)

- i. 和他人討論、與老師交流，或者和同學討論自己的解題過程是否正確和可行，這些都是可以做的。(學生 2)
- ii. 如果有同學在討論時將老師剛講的東西以他們的想法表達出來，這樣我就有更多機會來了解這一段內容。(學生 15)

(C3) 提醒「注意喔！」(訪談)，能使學生重新集中注意力。

- i. 至少每節課都會有一次，老師用麥克風特別提醒同學注意，這樣會讓我們特別留意。(學生 4)
- ii. 是的，當老師強調某些重點時會提到，因為這些部分可能更重要。(學生 15)
- iii. 是的，老師通常說"注意喔"，提醒那些分心的同學集中注意力。(學生 17)
- iv. 對，有注意到，老師常常這樣提醒。(學生 18)

III. 公式表策略

(A) 公式表目的，幫助考試，不會因為要去背公式，或是沒有背到公式，然後結果不管是在學習或是考試表現不好，產生挫折而放棄半元這門課。

(B) 學生複習整理時，已經幫助理解，幫助學習，在解例題的過程，讓學生就會慢慢去熟悉公式表，然後自然就把它記下來。然後在考試的時候也有好的表現。

(C)預習方式(訪談)：

(C1) 可以幫助學習專業知識：

- i. 之前我不習慣寫公式表，但這門課讓我學到了新的讀書方式。用公式表統整公式後，在解題時能更準確地選擇應用哪個公式，也能避免漏了觀念。(學生 4)
- ii. 寫公式表讓我能看到不同公式之間的差別，對於解題時的選擇有幫助。(學生 6)

- iii. 寫習題時，不用一直翻閱課本尋找公式，能更方便地使用公式。(學生 7)
- iv. 可以再複習一遍。整個課程可以再複習一遍，也能幫助後面已學過的知識應用在前面的章節。(學生 8)
- v. 公式表其實也是一種複習方式。(學生 9)

(C2) 有助於考試(訪談)

- i. 使用公式表可以更快地進行計算，不需要花時間思考要使用哪個公式。(學生 2)
- ii. 把重要的公式寫在公式表上，可以方便快速解題。有看過課堂上的例題，想像解題方法，然後用公式表找到適合的公式。可以加快解題速度。(學生 3)
- iii. 在考試時能夠快速地想起相關內容，不至於亂掉或錯過重要的公式。公式表使我們更專注於考試，而不是在測試時慌張地尋找可用的公式。(學生 5)
- iv. 我會在考試前先把所有公式看過，記起來，這樣到時候拿到手就能直接使用。(學生 11)
- v. 可以事先抄下來，這樣可以方便記憶，也可以直接拿來做計算。(學生 12)
- vi. 如果刷題時，發現有一些公式沒有寫出來，但需要用到就可以馬上找到。(學生 15)

(C3) 有助於學生建立本科的知識系統架構。(訪談)

- i. 首先要理解這些專有名詞解釋，才能進行推導。如果只有數學基礎，我可能會覺得推導起來比較困難。推導讓我不僅僅只是死記公式，更清楚地知道這些公式從何而來。在瞭解原本的概念之後，對於後面的學習就不會那麼困惑，你不需要死記硬背，可以用理解的方式應用。(學生 2)
- ii. 公式表蠻有幫助的，特別是考試時無法查閱課本的情況下，公式表讓我們回想所學章節或知識點(學生 5)
- iii. 在閱讀某些內容時，搭配公式能更好地理解。有些內容可能是理論，但搭配公式能更清楚地了解所述內容。(學生 7)
- iv. 在電路學做公式表，公式表可以幫助我避免搞混重複的東西，然後不斷刷題目。(學生 82)
- v. 公式表聯想到相應的觀念或圖表，以便記憶。(學生 12)

IV. 有無修過半物影響，可以分為四類：

- (1) 第一個高分組的學生，他的預習時間比較少，上課聽講的狀態也沒有之前修半物時專心。可是他在考試的成績都還是維持在前面，推測原因可能是他們都已經學會了，然後花一些時間聽講的時候，只要確認是學過的範圍，或者是新的範圍，然後弄懂的話，只要在後面的複習花一些時間在考試上都有不錯的表現。

- (2) 半物表現中間的學生，下定決心要學好半元，有比較高的投入，不管是在預習或者是複習，或者是在作業的練習量大量增加，往往能夠追上高分組。
- (3) 沒修過半物的學生，如果找到好的學習夥伴，一起互相學習，然後也能有好的表現。
- (4) 學習投入沒有調整，即使修過半物，半元的成績也沒有改善。

7. 建議與省思 Recommendations and Reflections

I. 本計畫三主題總結

- (一)預習：看起來的那個，如果是半元這門課的時候，其實那個時間其實跟他的成績沒有太高的相關，但是因為讓他繳交預習問題，可以看到學生確實也預習，對他們是學習是有幫助的。
- (二)上課狀況：因為自我覺察練習，老師上課提醒，及上課中討論，有助學生上課專心，盡量在課堂可以弄清楚，澄清課堂問題，並提升興趣。
- (三)公式表策略：學生複習整理時，幫助理解，幫助學習，讓學生就會慢慢去熟悉公式表，然後自然就把它記下來。

II. 四類學生建議

- (1) 高分組的學生而言，看到他的學習表現其實不是那麼投入，因為他都會了。針對這些學生而言，應該要去做什麼事，是可以思考的一個點。
- (2) 第(2)增加中間那一塊的學生是很顯著的，因為是選修課，
- (3) 第 3 類學生，沒有修過半元，搭配其他的分組策略，或者是課堂小組討論的分組的話，幫助他快點追上去。
- (4) 學習習慣沒改善學生，我們提新計畫，在第一二次考試後，以每周補考方式(約四次)，讓他們跟上進度不要放棄，並改變習慣。

III. 上課「討論」

- (1) 前幾年學生比較希望有老師講課，不用給我太多的時間討論，老師就一直講，幫我們整理好重點就好。
- (2) 學生現在慢慢理解教學策略跟理念，討論對他們的幫助真的蠻大的。
 - (1)半導體的產業是就業機會，又加上(2)改選修，來的學生動機比較強。比較想要在上課的時候就聽懂。
- (3) 同儕的討論，一方面是他們能夠澄清當下的問題，二方面是同儕之間他們比較能夠用比較就是他們互相理解的語言，或者是邏輯，或者是比較沒有壓力去進行討論考。
- (4) 建議(1)討論分組 X 的部分納進去教學策略，或者(2)創造及增加學生在課後的討論。

二. 參考文獻 References

Adam Kirn and LisaBenson (2016). “Engineering Students’ Perceptions of Problem Solving and Their Future”, *Journal of Engineering Education*, Vol 107(1), 87–112.

Applied Scholastics (2018). “Back to Basics?”. <https://reurl.cc/LdO4zX>

Dazhi Yang, Ruth Streveler, Ronald L. Miller³, Inanc Senocak and Jim Slotta (2020). “Using schema training to facilitate students' understanding of challenging engineering concepts in heat transfer and thermodynamics”, *Journal of Engineering Education*, 743–759.

Demonbrun, M., Finelli, C., Prince, M., Borrego, M., Shekhar, P., Henderson, C., and Waters, C. (2017). “Creating an Instrument to Measure Student Response to Instructional Practices”, *International Journal of Engineering Education*, Vol 106(2), 273-298.

Haagen-Schützenhöfer, C., & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 020152.

Joo K. P., Carmen Andrés, and Rick Shearer (2014). “Promoting Distance Learners Cognitive Engagement and Learning Outcomes Design Based Research in the Costa Rican National University of Distance Education”, *IRRODL*, Vol 15 | No 6 Creative Commons Attribution 4.0 International License Dec/14 189.

Nguyen, K. A., Husman, J., Borrego, M., Shekhar, P., Prince, M., Demonbrun, M., Finelli, C., Henderson, C., and Waters, C. (2017). “Students’ Expectations, Types of Instruction, and Instructor Strategies Predicting Student Response to Active Learning”, *International Journal of Engineering Education*, Vol 33(1), 2-18.

Sirous Yasseri. (2016). “Thinking like an engine ”, *Researchgate*, <https://reurl.cc/rl4qO1>

Sonia Maria Gomez Puente(2021). Design-Based Learning in Engineering Education. *Design-Based Learning in Engineering Education*” Chapter 8 , DOI:10.1163/9789004450004_008

我國未來五年投入 15.46 億元加強培育半導體研發技術人才。
<https://reurl.cc/m9ODaY> 發佈於 2020 年 10 月 12 日。

我國半導體業者未來投資 2.7 兆元 發展 2 奈米下四個世代。<https://reurl.cc/j5EDxL>
發表於 2020 年 11 月 17 日。

政策倡議全面布局 SEMI 點燃半導體產業人才之火。<https://reurl.cc/Q3qXz0> 發佈於
November 19, 2020。