

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： PEE1090528
學門專案分類/Division： 工程
執行期間/Funding Period： 2020-08-01-2022-02-29

像工程師一樣的思考：半導體物理教學策略與實踐之研究
(配合課程名稱/Course Name) 半導體物理

計畫主持人(Principal Investigator)： 梁寶芝教授
共同主持人(Co-Principal Investigator)： 鄧鈞文教授
執行機構及系所(Institution/Department/Program)：逢甲學 電機系
成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2024 年 3 月 31 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022 年 3 月 20 日

目錄

目錄	I
中文摘要	II
英文摘要	II
一、研究動機與目的(Research Motive and Purpose).....	1
二、文獻探討(Literature Review)	2
三、研究問題(Research Question).....	5
四、研究設計與方法(Research Methodology).....	7
五、教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)	9
六、建議與省思(Recommendations and Reflections).....	14
七、參考資料.....	14
附件一、量化問卷題目	i
附件二、訪談題目	v

中文摘要

本研究採取行動研究，檢視學生學習投入及學習成效，來衡量學生學習動機，訓練學生像工程師一樣的思考：以半導體物理教學策略與實踐，並有系統且正式的研究。向有經驗的人學習，需要仔細聽對方講，自己練習表達聽到內容，透過後面教學策略裡面重要項次：(1)上課討論：回答問題(專有名詞、假設、推導)。(2)學習思考：站在巨人肩膀上，科學家思路，如何去做，然後怎麼做對。(3)自律：需先透過他律培養，透過後面教學策略裡面重要項次：預習、準時到課、複習、考試。

本教學實踐研究方法：(1) 研究評量分為量化評量分析，在期中考前做前測，期末考後做後測，比對量化表單，做信度…及線性回歸，找出對學生學習有效關聯性。(2)質性評量，透過訪談，找出已有的有效行動方案，及還可以改進的行動方案。

量化結果顯示，學生回饋的「課堂價值」、「正向性」、「課程評估」及「自我效能」與教師「關心學生」有非常顯著相關，其他相關項次還有「傳遞」、「圖表」、「例題」、「討論」、「問答」和「複習」。質化訪談也有八項重要結果，例如，面對定性學習時，能融會貫通，提升學習成效及興趣；討論對學習如何學習是有幫助；學會像工程師一樣思考比較好，學習比較愉快。

關鍵字：工程師思考、量化評量、質性評量、學習成效、學習興趣

英文摘要

This study takes action research to examine students' learning engagement and learning effectiveness, to measure students' learning motivation, and to train students to think like engineers: using semiconductor physics teaching strategies and practices, and systematic and formal research. To learn from an experienced person, you need to listen carefully to the other person, practice expressing what you hear, through the following important items in the teaching strategy: (1) Class discussion: answer questions (proper nouns, assumptions, derivations). (2) Learning to think: standing on the shoulders of giants, scientists have ideas, how to do it, and then how to do it right. (3) Self-discipline: It needs to be cultivated through heteronomy first, and then through the following important items in the teaching strategy: preview, arriving to class on time, review, and examination. The research methods of this teaching practice: (1) The research evaluation is divided into quantitative evaluation analysis, pre-test before the mid-term exam, post-test after the final exam, compare the quantitative form, do reliability... and linear regression, find out the right students learn valid associations. (2) Qualitative assessment, through interviews, to find out the existing effective action plan and the action plan that can be improved.

The quantitative results show that the "value", "positive", "evaluation" and "efficacy" of students' feedback are very significantly related to teachers' "caring for students", "Example Questions", "Discussion," "Q&A," and "Review." There are also eight important results of qualitative

interviews. For example, in the face of qualitative learning, it is possible to integrate and improve learning effectiveness and interest; discussion is helpful for learning how to learn; learning to think like an engineer is better and learning is more enjoyable.

Key words : Engineer's thinking, quantitative evaluation, qualitative evaluation, learning effect, learning interest

一、研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

主持人過去在教學現場的觀察或教學實務經驗出發，分為幾部分：

1. 電機系在臺灣還是家長及學生喜歡選擇的系所。
2. 台積電今年三月校園徵才活動正式起跑，今年預計招募超過 8000 名人才，將提供具競爭力薪資福利，碩士畢業新進工程師的平均年薪上看新台幣 200 萬元。這是單一公司單年專找「半導體技術人才」，而台灣相關公司及相關產業加起來更是不知需求這領域人才多出幾倍。
3. 電機系學生在臺灣，其高中數理是相對比較好的學生。
4. 但是升學考試的過程，是否有被培養好的 STEM (科學，技術，工程和數學) 思考習慣，卻值得商榷。本計畫要訓練具有 STEM 思考力的學生。
5. 再加上目前學生的問題，成長的背景，(1)沒有清楚的生命目標；(2)資訊來源豐富，上網查詢容易；(3)影視資訊特別的多，習慣使用簡單、快速、動畫的模式；(4)如何處理情緒問題；(5)如何培養人際關係問題；(6)家庭問題；(7)感情問題……學生上課不易專心，也不容易深入思考內涵。他們熟悉與善長紙筆測驗，卻比較少時間會去思考，知道 what，不知道 why and how。
6. 本系對培養學生成為一位優秀工程師，有如圖一所示學習地圖。其中除了專業必選修課，還有配套讓學生可以有小專題、CDIO、專題製作等，有詳細與完整規劃與作為。



圖一 逢甲電機系學習地圖

7. 目前這時代跨領域學習與合作非常重要，但是起步一定是需要有自我領域的思惟與水準。在半導體物理課程雖是其中一小部分，但如何做可以有更大加乘效應，卻是非常值得關注的。

研究計畫主題及研究目的

本次研究採取行動研究，檢視學生學習投入及學習成效，來衡量學生學習動機，訓練學生像工程師一樣的思考：透過半導體物理教學策略與實踐，並有系統且正式的研究，其中主要元素如圖二所示，是一位工程師在認知、情意及技能上需要學習的部分。



圖二 像工程師一樣的思考

本計畫透過教學策略規劃，培養

1. 能仔細聽對方講解，並自己練習表達思路，是透過教學策略裡面重要項次：上課討論、回答問題(上課內容有關專有名詞、假設、推導…等)。
2. 學習思考，站在巨人肩膀上，科學家思路，如何去做，然後怎麼做對(上課內容有關專有假設、推導…等)。
3. 自律需先透過他律培養，透過教學策略，在上課要求學生的重要項次：預習、準時到課、複習、考試。

教學實踐研究方法採用

1. 調整釐清、說明及實踐上述上課前、中、後的教學策略，讓學生調整步調，學習思惟方法及技巧。
2. 研究評量分為量化評量分析，在期初及期中考後做兩次前測，期末考後做後測，比對量化表單，做信度、T Test、相關度及線性回歸…，找出對學生學習有效關聯性。
3. 另外，質性評量分析，透過訪談，歸類編碼，找出已有的有效行動方案，及可以改進的行動方案。

透過教學策略在教學效能或教學品質的提升、學習評量改善，及學生學習成效促進等，提升教學品質為中心。

二、文獻探討(Literature Review)

本計畫提出之研究主題進行國內外相關研究文獻與實務現場情形之評析。

工程教育改革[1,2]

全世界工程方面人才欠缺。STEM[2014, 1]主要是透過跨學科和應用的方法對四個特定學科(科學，技術，工程和數學)的學生進行教育。STEM並沒有將這四個學科作為單獨的學科教授，而是將它們集合到實際應用程序的整合學習範例中。

雖然目前**美國**，將近28%的高中新生宣布對STEM相關領域感興趣，但是這些學生中有57%在高中畢業時將失去興趣。根據STEMconnector.org網站的報告，2018年，需要865萬名從事STEM相關工作的人。這不是美國獨有的問題。在**英國**，英國皇家工程院報告稱，為了滿足需求，英國人每年必須在2020年之前畢業100,000個STEM專業。根據這份報告，**德國**在數學，計算機科學，自然科學和技術等學科上缺少21萬名工人。

顯然工程教育是需要變革[2019, 2]。實際上，工程教育者推動著自己的改變是參與驅動因素也重新定義自己的身份。無論是改善工程學教育，解決公平與正義問題，還是擴展關於如何學習工程學的知識，變革都可以視為工程學教育的決定性因素。該作者將歷

史以每十年左右的報告為標誌做整理，這些報告表明各時期社會，經濟和工程專業的變化應如何在工程師的教育中得到體現。

如今，正值技能不斷擴展，因此須具備包括**解決問題、批判性思維、與他人合作的能力、技術素養和適應能力**。儘管工程教育一直試圖在獲取技術知識與滿足社會和勞動力需求之間取得平衡，並提出目前有三種趨勢，這些趨勢綜合起來對維持這種脆弱的平衡提出了重大挑戰。這三種趨勢是指

第一種是產生知識的速度正在增加，工程教育專業人員擔心**如何管理不斷增長的知識體系**。

第二個來自互連性和獲取信息的增進，增加了複雜性。隨著信息的獲取變得越來越容易，學生將有更多的機會找到適合自己預算的途徑來獲得社會認可的學習證書。雖然這種複雜性提供了新的機會，但也帶來了成本，並引發了有關**如何衡量和認證學習的問題**。工程教育面臨的挑戰將是**如何在日益分散的教育系統中保持和發展公平與獲得機會**。

第三個是由於連接性和系統複雜性增加，它被廣泛稱為**跨領域**。融合不僅需要學科之間的合作，還需要**具備將自己的專業知識轉移到新領域，在學科框架之間進行思想轉變以及與具有不同背景的其他人進行交流和教導的能力**。

由於這些趨勢推動了產業界對工程師要求的日趨迅速的變化，因此產業界對支持工程師持續學習的能力，已成為實現利潤和建立企業應變能力的關鍵。在一個越來越關注無形資產的經濟中（Haskel & Westlake, 2017），快速學習的能力變得越來越關鍵。

因此，在這複雜的資訊時代，**如何判斷專業的對錯？跨領域合作，如何清楚自己領域，成為自己領域的專家，才有機會與別人跨領域，貢獻所長，並快速學習其他領域？**在在**凸顯建立學習習慣能力的重要性**。

工程師思考[3-5]

思惟是需要**熟悉訓練的**[2016, 3]。阿爾弗雷德·曼納（Alfred Manner）的名言：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符合邏輯，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。另外，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**。

最近**工程思惟**的訓練，加入**圖像思考**，再次被提及及討論。例如 Yang[2020, 4] 研究測試圖式訓練的有效性，並探討熱力學和傳熱中具有挑戰性的概念的性質。該文調查**圖式培訓**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**。在這兩項研究中，實驗組的學生對某些概念的理解都獲得了更大的收穫，尤其是在研究一中的染料擴散和微流體學方面，以及在研究二中的熱力學最終測試中。但是在兩項研究中，學生都沒有表現出關於傳熱的概念性問題。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, 5]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，學習成果得到了改善。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。提供繪圖提示時，學生更有可能繪圖。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。

回到教育基本[6-7]

Katherine [2018, 6]在2018年提出，**教與學**要回到**基本面**。該文提出的基本面，第一步是建立一種新的教學方法。想法是，每節課都將遵循“參與，練習，挑戰”的結構。在課程開始時，教師將計劃一項活動以“吸引”學生，旨在概述先前的學習或確定學生的起點。接下來，教師將使用**提問，小組合作，建模或演示**來“練習”一項關鍵技能。最後，教師將以持續獨立的工作機會“挑戰”學生。

這種方法與更傳統的方法之間的根本區別在於，在每個步驟中，**挑戰的水平**都會增加，本課程的每個步驟都將重點放在相同的特定技能上，但是要求更高的標準。所有教師都必須“接受”該方法背後的總體簡化和邏輯。

將**方法論**與每個人都可以涉及的東西進行了比較：就如同**教孩子騎自行車的過程**。步驟1是通過使用穩定器或類似工具來建立孩子的自信心。第2步是支持孩子在沒有穩定器的情況下騎自行車，方法可能是握住孩子的自行車座椅，然後與他們一起走路。最後，第3步是完全放手：讓孩子獨立騎自行車，讓他們犯錯，由父母提供反饋。回到基礎知識上，回到學生的實際學習方式上。

在 Applied Scholastics[2018, 7]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。

綜合以上，**基本功的學習是在教學過程中重要的基礎**。

量化分析參考表單[8-9]

申請人參考及學習 Waters [2017, 8-9]等人的表單設計。該文針對美國學生透過兩種活動，總共有四大項，十二小項，每一小項有3~6細項的問卷，做了三次施測，經過各小項關聯性統計，結果發現**學生偏好被動學習**，尤其是**講說**，主因是**便利性高和理解性比較強**。再經各項次彼此關聯性研究也顯示，學生還是比較喜歡**被動講課學習**，因為可以**少活動**，但**增加比較多的知識量**。

申請人前兩期研究也發現有**相同結果**，尤其**台灣大學生**要修的科目普遍比較多，相對願意學習思考或改變需要花比較多的時間，所以相較做報告、分享、分組活動...等，學生大部分還是喜歡選擇上課聽講及考試。但是**如何在上課聽講及考試的過程培養好的學習習慣，以達成好的學習成效，是非常重要的**。

質性研究方法[10]

行動研究參考學習 Benson [2016, 10]將數據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。分析過程開始詳細檢查每個個體分析的案例，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**教學策略、習慣養成的過程與工程科目學習動機**的看法進行詳盡的描述。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），透過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。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，就可以對各人**進行比較**，以創造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**。

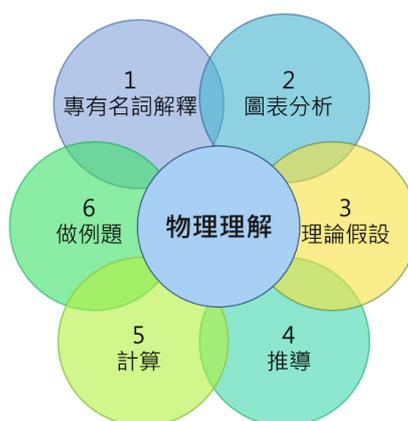
三、研究問題(Research Question)

教學目標

像工程師一樣的思考：半導體物理教學策略與實踐

進入新領域，**熟悉**是非常重要的。其中需要熟悉大致有六項，如圖三所示：

- (1) 進入新的領域，一定要先了解該領域**專有名詞**；
- (2) 其次**看圖說話**是了解真實內涵工具之一。圖通常有兩種，一種是模型示意圖，另一種是數據圖，學習看圖說話，也可當作未來自己做圖的學習基礎；
- (3) 通常**理論**模型都有其基本**假設**，才容易進入**量化推導**及**後續計算**，因此都是有範圍的。了解理論假設，才知道後面推導出來結果適用範圍，未來才能抉擇判斷是否直接使用或還需要修正；
- (4) 量化推導過程，雖然多是數學，但是如何使用這些數學技巧，推出所需的結果，在幾個關鍵處，必須能理解；
- (5) 得到的公式可以先作**例題**，有助**理解公式**；
- (6) 最後透過較多的**計算練習**，可以**熟悉公式**。

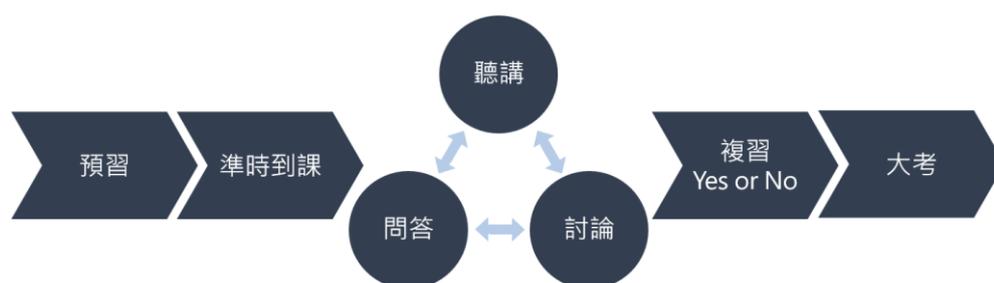


圖三 專業學習理解與思考方法

但一般台灣中學教育大部分偏重在(5)(6)，如果補強(1)~(4)有助於對於科學家或工程師思惟學習與訓練。

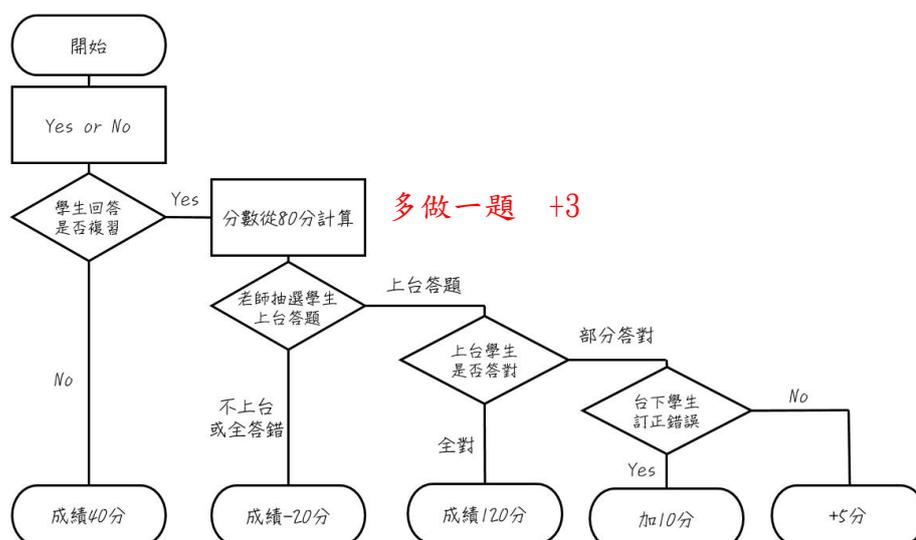
教學方法

整體架構如圖四 所示，可以分成六大部分，



圖四 教學方法整體架構

- (1) 預習：每位同學在每章教師上課前要預習兩周，預習方式有看書，還有看教師前幾年錄影帶。基本上一學期課程內容有八章，所以大約有 12 周左右要提問，繳交組長統整。
- (2) 準時到課：因為本科常被學校排在早上 8:10，準時到課非常重要，一開始上課如果沒聽，後面就沒辦法跟上，那整堂課就浪費時間了。另外，做好上課聽講準備也是很重要的，因此規劃上課前幾分鐘做 google QR code 表單，一方面簽到，一方面先檢視自己學習狀況。
- (3) 上課時間：聽老師講授、與同學討論、提問、反覆讓自己進入學習狀況。透過預習、聽講、討論，如圖四中三個迴圈，至少就已經三次。
- (4) 課後複習：採取 yes/no 策略，yes or no 是鼓勵學生回家複習的一種做法，如圖五所示。由教師指定題目，可能是推導題、可能是看圖說話、可能是解釋名詞、可能是計算...，各種可能題目不同，大致分為八組，每組一題必做題，其他七題為選作題，讓學生回去準備。第二次來上課，相信學生是否有回去練習，直接在課堂上回應，(1)yes or no：如果學生回答 no，會取得一個分數，例如 40 分；如果學生回答 yes，會取得一個分數，例如 80 分，這些分數都在期初就跟學生約定好，平均 60 分。(2) 接下來從 yes 的學生中抽到黑板上去做答：如果不會寫，因為再加上是欺騙，所以-20 分；(3)如果會寫，寫完之後有下面同學找錯，如果錯誤不大，可得 120 分，如果，錯誤稍多，可能酌量扣分。(4) 對於上去找到錯誤的同學，如果該錯誤被改對可以加十分，如果該錯誤也不正確，還是可以加 3 分，鼓勵同學找錯。(5)也鼓勵同學多做選作題，題數增加，80 分在往上加，每題可以再加 3 分。



圖五 yes or no 進行方式

因為半導體物理課程前後都有連貫性，如果有一部分不清楚，後面很難理解，現在以 yes or no 方式，是讓學生可以跟上教師進度複習，也才容易繼續往下學習。yes or no 方式比較花時間，每次都需一小時，因此規劃取代小考，以前小考一次兩小時，所以 yes or no 在期中考前或後各兩次或三次。

(5) 大考：指期中考和期末考，讓學生有大範圍認識與理解，也可以評量學生學習效果。

本研究計畫以「預習」、「準時到課」、「上課互動」、「yes/no」與「大考」等多元組合激發學生在半導體物理課程學習，企圖培養及增進學生學習基本功，期能得到更好學習效果，學習內容，如下圖：最上面是教學策略、第二部分是配套的施行方針與方式，格子中間呈現的是培養的思考模式。



圖六 教學策略與理論理解(工程師思考)

四、研究設計與方法(Research Methodology)

研究對象介紹

本研究採用三個班級(三門課，及學期末統計修課人數。)

109 上半導體物理(大三上光電組必修課，其他組選修課，共 46 人。)

109 下半導體元件(大三下選修課，共 38 人。)

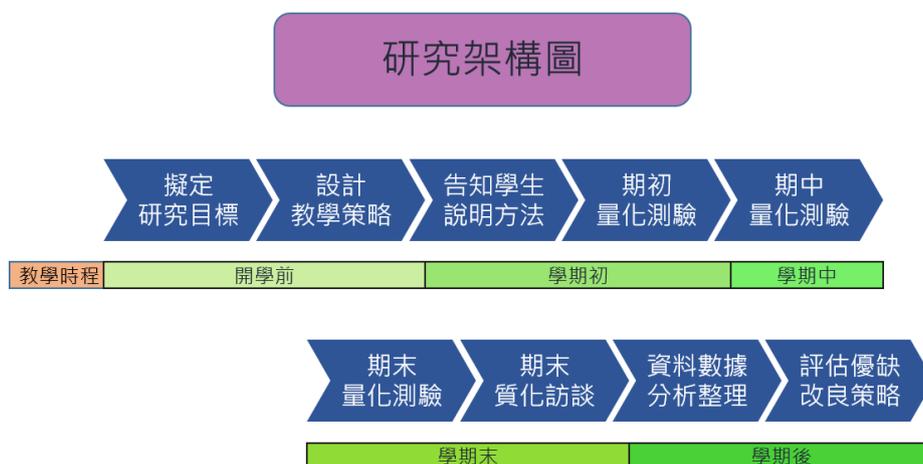
109 下光電工程(大三下光電組必修，其他組選修課，共 34 人。)

→學期末統計修課人數，共 118 人。

上課方式相同只是因為 109 學年度下學期，五月份因疫情改成線上上課，所以成績評量方式，做了一些修改。但基本上三門課，上課的教學策略及教學方法都是相同。

採用之研究方法與研究流程

本研究**方法與研究流程**如圖六所示，期初擬定研究目標，並設計教學策略，期初要跟上課學生達成共識，說明評量方式，經過四周，學生大致了解上課方式，一起討論評分標準。在研究上期初會做一次專業及簡單上課策略的量化表單，期中再做一次一樣表單；期末除了專業測試，增加整體上課策略的量化表單；透過學習成效找出幾位成績前中後或特殊學生，做訪談對象；後面就要對量化及質性研究進行分析比對；希望找出優缺點，持續改善教學策略。



圖七 研究流程

本研究以整學期學習評量來規畫研究範圍，如圖所示，yes/no 測試會在期中考前有兩次，期中考後一次；期末考前會有一次小考。



圖八 教學策略與研究研究流程

問卷調查方面有前後測兩次，前測時間點，第一次因為要讓學生了解問卷內涵與課程關係，所以會選在第一次 yes/no 測試之後。第二次是在期末考結束後實施。研究分析內容，係學生在經歷這些教學策略的「半導體物理」課程後，這些教學策略是否提升學

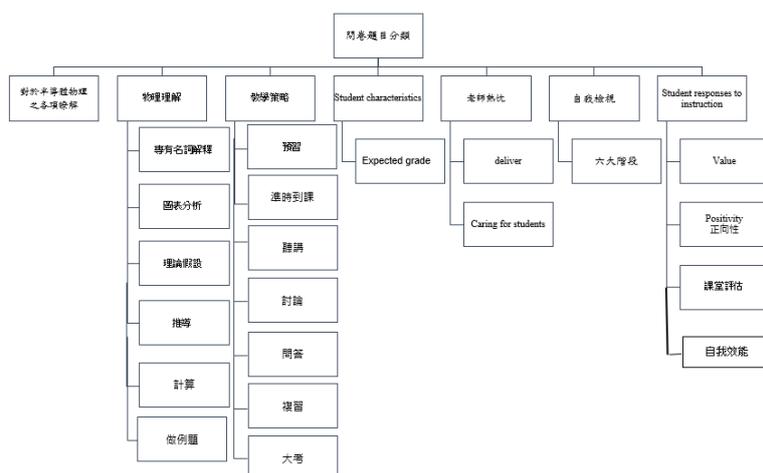
生學習習慣、動機與學習成效，進一步具備此專業之認知、情意與技能等方面。

量化及質化訪談設計

本次研究採取行動研究，調整各種上課前中後教學策略，研究評量分為量化評量分析與質性評量分析，

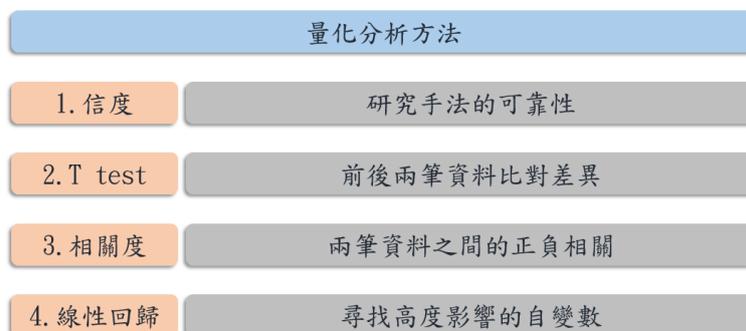
(a) 量化問題資料處理與分析方法：

- a.1 學習成效評量；
- a.2 問卷調查(如附件一)；問卷分類如圖九所示



圖九 量化問題統整

a.3 利用 SPSS 統計軟體分析，如圖十所示。



圖十 量化分析方法

(b) 質性問題資料處理與分析方法

- b.1 訪談問題擬定(如附件二)；
- b.2 與 a 關係與細節；
- b.3 訪談結果整理與分析歸類。

檢視學生學習投入及學習成效，來衡量學生學習動機，訓練學生像工程師一樣的思考，並有系統且正式的研究。找出已有有效行動方案，及還可以改進的行動方案。

五、教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

1. 教學過程與成果

學習成效評估

因為有三個班，有些是必修，有些是選修。教學方法和策略相似。但是評量方法略有出入如，又因為從 109-2 大約 5 月起，因疫情改成線上上課，所以取消期末考的成績，增加每周作業報告、上課互動、上課加分。如圖十一所示：

	109-1 半物 (必修)	109-2 半元 (選 修)	109-2 光電 (必修)	註解
預習	V(10%)	V(10%)	V(10%)	因為從109-2 因為疫情改成 線上上課(大 約5月時)， 所以取消期末 考的成績， 增加 每周作業報告、 上課互動、上 課加分
上課加分	無	V(10%)	V(4%)	
上課互動(提問、回答)、 出席	V(25%)	V(35%)	V(22%)	
Yes or No	兩次V(10%)	V(10%)	V(8%)	
筆試小考(期中考前)	無	V(10%)	無	
期中考	V(20%)	V(10%)	V(30%)	
Yes or No	V(5%)	無	無	
筆試小考(期末考前)	V(5%)	無	V(2%)	
期末前報告	無	無	V(20%)	
期末考	V(20%)	無·因疫情	無·因疫情	
培福加分題	4次V(5%)	V(15%)	V(4%)	
總分	100%	100%	100%	

圖十一 學習成效評量

量化評估成果

因為有三個班，總共期初及期中兩次，扣除填答不全、未完整參加施測者，225 份有效問卷(含期中期末)。經過 SPSS 分析信度，全部課程總項、大項**信度**。

項	刪題前信度	刪題後信度
總項	0.964	0.964
大項:物理解釋	0.951	0.951
大項:教學策略	0.905	0.898
大項:老師熱忱	0.929	0.96
大項:學生回饋	0.921	0.959

圖十二 刪題前後信度表

刪的題目：1)專心聽講、2)注意預習沒聽懂的地方、3)YN 完成的比例、4)我認為老師是認得我的、5)我認同這門課的上課氣氛。

刪題後信度，本研究問卷信度為.964，各分項信度如下，物理解釋.951、教學策略.898、教師熱忱.96、學生回饋.959。

回歸分析：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，有七個獨變項達顯著，共可解釋「學生回饋」總變異量的 63.4%，得到最終方程式如下：

學生回饋 = .361 關心學生 + .209 圖表 + .201 例題 + .175 傳遞 + .156 討論 + .105 問答 - .105 準時到課

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：

有五個獨變項達顯著，共可解釋「課堂價值」總變異量的 57.7%，得到最終方程式如下：

課堂價值 = .311 傳遞 + .228 關心學生 + .207 例題 + .189 圖表 + .139 問答

有四個獨變項達顯著，共可解釋「正向性」總變異量的 51.2%，得到最終方程式如下：

正向性 = .448 關心學生 + .26 圖表 + .175 複習 + .136 討論

有三個獨變項達顯著，共可解釋「課程評估」總變異量的 47.7%，得到最終方程式如下：

課程評估 = .544 關心學生 + .182 討論 + .17 圖表

有五個獨變項達顯著，共可解釋「自我效能」總變異量的 57.5%，得到最終方程式如下：

課堂價值 = .321 例題 + .202 關心學生 + .201 問答 + .179 圖表 + .175 傳遞

訪談歸納

訪談歸納有八點：

小結論 I: 學生可以理解學會像工程師一樣的思考，對自己未來是有幫助的

- (1) 一直刷題像填鴨式教育沒甚麼意義，我自己會去想公司要的是一直刷題的人？還是遇到問題可以自己去解決的人？(我想應該是後者)(學生 A)
- (2) 老師的教法有幫助自己的思考，舉個例子，像之前打羽球，會用身體優勢打球，現在會用腦袋打球(願意去想)(學生 A)
- (3) 讓同學理解這些的用意，物理現象、未來的應用，例題留給自己推導或計算，好處知道未來用處、學習比較不無聊，像是只算數學會不知道未來的應用，而且程式可以代替，知道意義可以應用範圍大，而且也比較有動力學習(學生 B)

小結論 II: 學生可以理解老師強調的定性學習的重要性。

- (1) 左邊是理解的概念；右邊是教學策略，以前上課都是重點 4, 5(做例題)，我覺得前面很重要，因為做研究都是強調前面的步驟(學生 A)
- (2) 除了先後順序，還是重要性的排列，算題目感覺不是很重要，數學都丟給電腦處理，所以一定要有 123(學生 A)
- (3) 學習如果像研究會比較嚴謹、扎實，但也比較花時間，也比較有趣，知道自己在幹嘛(學生 A)
- (4) 補習班比較在意分數與例題的計算，所以觀念相對來解比較不重視，但是研考還是會考一些名詞解釋，所以這些解釋都是在上課學的(學生 C)
- (5) 就講具體一點的話就是因為我盡量保持老師的定性定量學習這樣子，我就是先看定性，然後如果我定性看不懂。我就換看定量，反正其中一個我一定要看懂，然後我再去學另外一邊。研究所考試上題目就是會考一些解釋名詞申論題，或是一些看圖說故事等等都是寶芝老師之前給我們的訓練都差不多是這樣子，然後其實過往我寫考古題的時候都還蠻順利的，所以我覺得老師在套學習的方式是真的很受用(0308 學生 A)

小結論 III: 在面對定性學習時，有些能融會貫通，提升其學習成效以及興趣

- (1) 舉例，之前波光老師不希望我們上課講話，光電前半段有提到的波光，感覺心中的遺憾被弭補了，當時不懂的名詞、還有光學現象都一一被解決了(學生 A)
- (2) 老師會培養我們科學家的思考，把所有的問甚麼搞懂，懂後就不會懷疑了，定性懂後，定量就會很方便了(懂了之後，用數學當作是我們的語言去描述現象。我覺得定性定量串在一起最花時間，但懂了後時間就可以縮短)(學生 A)
- (3) 我們之前在波動光學的時候，就有講到一個特別的一塊，叫做薄膜干涉，簡單來講就是透過算是去看它的厚度有多高。然後當初我們那個老師只是教我們怎麼去算，然後就用公式去帶，這個是二年級的事情，然後到三年級的時候修了寶芝老師

的光電工程的時候，老師沒有用數學的方式去講解，老師是用很日常的方式去解釋。（學生 D）

- (4) 講的明明是講同一件事情，可是因為我前 1 年是單純用數學去刷題目的，所以我其實不知道那個東西到底是什麼，然後到隔 1 年後，寶芝老師再重新講的時候，當時老師在當時在講的時候，我甚至以為老師在講一個新的東西。是直到老師講到那個專有名詞後我才想到，原來我們去年算的那些數學，其實就只是剛剛老師講的那些東西。就是其實定性和定量，有時候明明在講同一件事情，但是你會有一種再聽一個全新的東西，有一種從不同的角度去看看事情的經過。（學生 D）

小結論 IV: 部分學生面對定性的學習會有些許的不安全感

- (1) 我覺得我最大的問題在例題計算的部分，以前上課都會是需要大量計算，而老師也通常都會強調要我們會要算題目，但半物都是先從定性開始講解，定量相對算少（指老師說的題目），所以例題方面也需要花比較多的時間去把定性與定量結合（學生 E）
- (2) 會比較吃力，要理解的東西太多，要慢慢理解，所以前面花時間理解（學生 F）

小結論 V: 學生能理解理論假設的重要性

- (1) 老師希望我們了解公式的假設，怎麼想出公式的，像 pn junction 時，是要去討論多數載子的，但是實際上是要計算少數載子，再反過來推算多是載子。所以科學家在解決問題時是會先去假設，再去想辦法一步一步解決，最重要的是要先知道問題是什麼（學生 G）
- (2) 老師會培養我們科學家的思考，把所有的問甚麼搞懂，懂後就不會懷疑了，定性懂後，定量就會很方便了（懂了之後，用數學當作是我們的語言去描述現象。我覺得定性定量串在一起最花時間，但懂了後時間就可以縮短）（學生 A）
- (3) 就盡量去了解當時科學家為甚麼要這樣想，然後再去接受，還會想辦法去驗證，像是利用少數載子去計算算電流，我可以接受想法，但剛開始還是不確定這樣算是不是對的，就會想辦法讓自己去接受（學生 C）
- (4) 在可是上遇到超出範圍的考題時，我就會提出一些假設，然後讓這個問題變得比較理想化一點，才開始解題這樣子（0308 學生 A）

小結論 V: 學生能理解理論假設的重要性

- (1) 老師希望我們了解公式的假設，怎麼想出公式的，像 pn junction 時，是要去討論多數載子的，但是實際上是要計算少數載子，再反過來推算多是載子。所以科學家在解決問題時是會先去假設，再去想辦法一步一步解決，最重要的是要先知道問題是什麼（學生 G）
- (2) 老師會培養我們科學家的思考，把所有的問甚麼搞懂，懂後就不會懷疑了，定性懂後，定量就會很方便了（懂了之後，用數學當作是我們的語言去描述現象。我覺得定性定量串在一起最花時間，但懂了後時間就可以縮短）（學生 A）
- (3) 就盡量去了解當時科學家為甚麼要這樣想，然後再去接受，還會想辦法去驗證，像是利用少數載子去計算算電流，我可以接受想法，但剛開始還是不確定這樣算是不是對的，就會想辦法讓自己去接受（學生 C）
- (4) 在可是上遇到超出範圍的考題時，我就會提出一些假設，然後讓這個問題變得比較理想化一點，才開始解題這樣子（0308 學生 A）

小結論 VI: 討論對學生知識學習是比較有效率

- (1) 我覺得效率好，時間是小事，如果上課沒討論，那回去時間可能花更多時間。是理解上的效率，討論沒有表面上那麼的沒效。（學生 A）
- (2) 討論，上課聽不懂可以馬上問，回去可以少花時間（學生 G）
- (3) 因為想法會有差，像是有人對名詞解釋有點想不通，所以我們通常去討論出覺得可以的答案，大家都是互補對方漏掉的，最後也會去比較老師的或是同學的答案（學

生 D)

- (4) 我是覺得假如前面沒學好，進度再快還是沒用，後面還是跟不上，重點不是教多快，而是學會多少，所以我覺得討論不會花太多時間(學生 B)

小結論 VII: 討論對學習如何學習是有幫助

- (1) 有時老師教得比較多時，討論次數也會比較多，這樣大概就會花快 20 分鐘討論，但是討論時同學用自己的話說出也會吸收得比較快(學生 A)
- (2) 學習有幫助，討論會對思考上有幫助，用另外角度想問題(學生 G)
- (3) 許學生 G: 我覺得是討論，有時又會恍神，可以用討論問同學(學生 G)
- (4) 習慣討論，之前單打獨鬥(大 1 時)，現在會去問他們問題，可以讓自己比較輕鬆(學生 H)
- (5) 願意花這麼多時間，是因為覺得有趣，這堂課可以跟同學討論，有時候同學會問有趣的問題，而我會跟他一起想，老師來時可以問老師(學生 D)

小結論 VIII: 學會像工程師一樣思考比較好，這樣學習比較愉快

- (1) 上課思考絕對比較好，有同學、老師可以問(學生 A)
- (2) 老師的上課內容是會先講到一個關鍵點後馬上提出一個問題，而這問題如果不能以前面的方式解決，那會提醒我們要怎麼辦，老師通常就會說要去想辦法解決問題，就像是科學家在假設少數載子的前提，也因為這樣如果我遇到問題時在不會或是卡住的時候，會試著換方向去看去解決(學生 H)
- (3) 舉個日常生活和打工有關的例子，我現在是補習班的化學輔導老師，他們現在學指考範圍，但我當時只有準備學測，所以是跟他們一起學習新的東西，但我要去解決學生的問題，所以要很透徹地知道這章節的重點。首先會先從定性下手，要能夠解釋這些知識點，自己記得通後才能教他們，所以會先有個大致的觀念，像老師說的去理解他(學生 H)
- (4) 而寶芝老師教我們的就是一些大原則，就是我學習新的東西，我一定要懂行話，因為不懂的話，你沒辦法跟專業的人溝通。如果你缺乏溝通跟交流的時候，其實你的進步就是很慢，因為你要跟厲害的高手或是經驗比你老的那些專家，你要跟他們學，這樣你才會變專家，應該說才可以在短時間內變轉變專家。(0308 學生 A)

2. 教師教學反思

在物理理解上就是透過專有名詞，看圖說話，假設，驗證方式就是透過教學策略的討論跟問答對，然後還有考試。其實對於我們這一輩的，或者我們上一輩的會覺得推導是非常重要的，因為就是有一個理論，然後接下來就有需要靠一些工程數學或者一些理論假設，慢慢的把它做一下。如果稍微多一點的時候，其實對於我們這一輩與上一輩的會覺得說，那個是一個很大的挑戰，覺得他很有趣。

可是對於現在的學生來說呢，其實是很無聊的，因為那個很長，然後不知道為什麼要做這件事，而且要求數學基礎要很好，物理基礎也要很好，就是說他為什麼是這樣，不是那樣？是這樣假設不是那樣假設？或者他數學邏輯，他必須要很清楚，他才能夠很順利地做完，所以通常學生在這裡，其實他是很容易受到挫折，我指的是在這個整個推導上面。所以對於學生來講，他的成就感是在因為他題目刷出來之後，他覺得他以為他會。這個就是我覺得就像是學生 E，他好像在第一次被我們訪談的時候，他覺得我們題目刷太少，覺得好像不太踏實。他會覺得希望我多一點這種東西，因為他會覺得那個東西是叫做實力，可是因為我是做研究的人，我很清楚知道那個不叫實力。實力其實是要從前面開始定義下手的，實力絕對不是只是從公式抓到，然後去套數字，那已經是很後面的計算了。

小結如下

1. 量化結果顯示，學生回饋的「課堂價值」、「正向性」、「課程評估」及「自我效能」與教師「關心學生」有非常顯著相關，其他相關項次還有「傳遞」、「圖表」、「例題」、「討論」、「問答」和「複習」。
2. 質化訪談也有八項重要結果，例如，面對定性學習時，能融會貫通，提升學習成效及興趣；討論對學習如何學習是有幫助；學會像工程師一樣思考比較好，學習比較愉快。
3. 現在的學生跟以前不同，現在的學習內容也比以前多很多。定性的部分的學習，可以讓學生發現興趣，可以去熬過挫折的階段，然後繼續在這個學科的學習。
4. 定性學習才是專業實力的累積。定量的刷題只是表面上的，短暫的成就感，不是所謂專業的實力。
5. 不同的學生對於教學策略的獲益。學習方法不錯的學生，能夠很快地去因應老師的教學，能夠得到好的成績。另一種學生的代表。是如果能夠引發他們的學習興趣。就會非常的投注於學習。
6. 我們的學生過去比較習慣，也擅長定量的學習，也認為那是重要的。觀察到學生有這樣的狀況之後，覺得其實定性跟定量應該是相輔相成。
7. 只是因為知識內容的增加還有整個升學的考試，所以會比較偏重在定量的教跟學。那這門課會希望提供給學生比較偏向定性的學習。讓學生的學習能夠均衡一點，然後全面。

六、建議與省思(Recommendations and Reflections)

建議

1. 教學策略、定性定量的最上游，上課的聽講/學習狀態，從源頭影響學習成效。未來可以針對學生的聽講狀態，讓學生學習如何學習，在聽課及討論都能保持在最佳的學習狀態。
2. 教學策略中的「討論」能提升學生學習成效，但每屆學生特質、班級風氣不同，如何縮短「暖機」時間，感受討論對學習的好處（針對研究結果，討論沒表面上的那麼慢），及早投入學習。
3. 定性的教學策略，有時無法立竿見影，如何讓學生感受定性學習的優勢？學習策略

省思

1. 與像工程師思考老師講的前三項是一個大類，後三項是一個大類。前三項是比較偏向定性的學習，後三項是比較偏向定量的學習。
2. 然後我們的學生因為長期學習工程的科目，會比較偏樣定量，學生也比較擅長，而且也比较偏重於定量的學習。
3. 那我們透過這門課去讓學生了解就是定性學習那3個，就是剛才學生的那個表現，剛剛老師講的，學生覺得他已經寫完了，已經理解了，可是實際上是一知半解。或者是不夠全面和透徹。
4. 我覺得這是那個一個結論，然後我們可以給這個一個標題，然後我們再把學生訪談相同的意見的部分，我們抓幾句話，幾個人代表的話把它放進來，這是一個結果。

七、參考資料

- [1] Elaine J. Hom (2014). “What is STEM Education? ”, Live science, February 11, 2014.
- [2] R. Alan Cheville, Krishna Madhavan, John Heywood, and Michael C. Richey. (2019). “The wisdom of winter is madness in May”, Journal of Engineering Education, 156–160. [3] Sirous Yasseri. (2016). “Thinking like an engine ”, Researchgate, <https://reurl.cc/r14qO1>
- [4] 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.
- [5] Sally P. W. Wu, Barry Van Veen and Martina A. Rau(2020). “How drawing prompts can increase cognitive engagement”, Journal of Engineering Education, 723–742.
- [6] Katherine Cocker-Goring. (2018). “Teaching & Learning: Back to basics ”, 25 April 2018. <https://reurl.cc/8na0AM>
- [7] Applied Scholastics (2018). “Back to Basics?”.

附件一、量化問卷題目

“到目前為止”

1. 我對半物”專有名詞”的了解程度有多少?(分成五等)(0, 25, 50, 75, 100%)
2. 我能記得已學過的半物”專有名詞”的比例有多少?(0, 25, 50, 75, 100%)
3. 我能講出已學過的半物”專有名詞”的比例有多少?(0, 25, 50, 75, 100%)
4. 我能解讀已學過的半物”圖表/示意圖”的程度有多少?(分成五等)(0, 25, 50, 75, 100%)
5. 我能記得已學過的半物”圖表/示意圖”的比例有多少?(0, 25, 50, 75, 100%)
6. 我能正確畫出半物”圖表/示意圖”的比例有多少?(0, 25, 50, 75, 100%)
7. 我能理解科學家為甚麼要做這些“假設”?(分成五等)(0, 25, 50, 75, 100%)
8. 我能記得已學過的半物”假設”的比例有多少?(0, 25, 50, 75, 100%)
9. 我能講出已學過的半物”假設”的比例有多少?(0, 25, 50, 75, 100%)
10. 我能夠看得懂已學過的半物公式推導流程(0, 25, 50, 75, 100%)
11. 我能掌握已學過的半物公式推導過程的關鍵點有多少?(0, 25, 50, 75, 100%)
12. 我能順利完成已學過的半物公式推導的程度有多少?(分成五等)(0, 25, 50, 75, 100%)
13. 透過老師上課講解例題, 我能理解這些公式的程度有多少?(0, 25, 50, 75, 100%)
14. 透過做習題去熟悉這些公式的程度有多少?(0, 25, 50, 75, 100%)
15. 我能選擇正確的公式做例題與習題的比例有多少?(分成五等)(0, 25, 50, 75, 100%)

預習:

1. 我每章都會看完預習影片(總是、經常、偶爾、很少、從不)
2. 我每次的預習題目都會認真的思考後再提出(總是、經常、偶爾、很少、從不)
3. 預習完可以理解的程度(0, 25, 50, 75, 100%)
4. 預習時我會在筆記上註記沒聽懂的地方(總是、經常、偶爾、很少、從不)

準時到課:

1. 我會期許自己準時到課(總是、經常、偶爾、很少、從不)
2. 除了正當理由外，我都沒有缺課(總是、經常、偶爾、很少、從不)
3. 每次上課我都會準時到課(總是、經常、偶爾、很少、從不)
4. 聽講:我上課都會專心聽講(總是、經常、偶爾、很少、從不)
5. 我在上課玩手機，看 FB、IG 或其它跟上課內容無關的事(總是、經常、偶爾、很少、從不)
6. 我上課能跟上老師的邏輯，去理解老師教的內容(總是、經常、偶爾、很少、從不)
7. 我上課會閃神想其它事情(總是、經常、偶爾、很少、從不)
8. 聽講時，我會跟其它理論混淆，而無法完全理解(總是、經常、偶爾、很少、從不)
9. 我會特別注意聽預習時沒聽懂的地方(總是、經常、偶爾、很少、從不)

討論

1. 討論時，我能清楚知道老師的提問(總是、經常、偶爾、很少、從不)
2. 討論時，我會專心聽其它組員的分享(總是、經常、偶爾、很少、從不)
3. 討論時，我會認真參與討論(總是、經常、偶爾、很少、從不)
4. 討論後，我會更理解老師講述的內容(總是、經常、偶爾、很少、從不)
5. 聽不懂時，我會主動提問(總是、經常、偶爾、很少、從不)
6. 我會主動回答老師的提問(總是、經常、偶爾、很少、從不)
7. 小組答題時，我會主動回答(總是、經常、偶爾、很少、從不)
8. 問答時，我會認真思考，不會只等答案(總是、經常、偶爾、很少、從不)

複習

1. 我每周都會完成當周複習(總是、經常、偶爾、很少、從不)
2. 我多久複習一次半物(1.考前 2.一個月 3.兩周 4.每周 5.每次上完課)

3. Yes/no 我會完成的比例(分成 9 分量表)
4. 我會動手計算習題與推導(總是、經常、偶爾、很少、從不)
5. 複習時我會整理重點(總是、經常、偶爾、很少、從不)
6. 複習後可以理解的程度(0, 25, 50, 75, 100%)

大考

1. 我會認真準備期中考/期末考(總是、經常、偶爾、很少、從不)
2. 我會提前準備期中考/期末考(總是、經常、偶爾、很少、從不)
3. 考試時，我都能完整回答(總是、經常、偶爾、很少、從不)
4. 準備考試時，我都能掌握到重點(總是、經常、偶爾、很少、從不)

期末學習成果問卷再增加題目

1. 經過一學期的學習，我認為“專有名詞”的理解是重要的
2. 經過一學期的學習，我對如何學習“專有名詞”的能力有提升
3. 經過一學期的學習，我認為“圖表分析”的理解是重要的
4. 經過一學期的學習，我對如何學習“圖表分析”的能力有提升
5. 經過一學期的學習，我認為“理論假設”的理解是重要的
6. 經過一學期的學習，我對如何學習“理論假設”的能力有提升
7. 經過一學期的學習，我認為理解定性如何變成“定量推導”的邏輯是重要的
8. 經過一學期的學習，我學習如何從定性變成“定量推導”的能力有提升
9. 經過一學期的學習，我認為如何整理公式表去做“例題與習題”是重要的
10. 經過一學期的學習，我對於如何選擇正確公式去做“例題與習題”的能力有提升
11. 經過一學期的學習後，我覺得我的“預習”能力有提升

12. 經過一學期的學習後，我覺得我的“準時到課”次數有提升
13. 經過一學期的學習，我覺得我“上課聽講”更加認真了
14. 經過一學期的學習，我覺得我的“上課討論”能力有提升
15. 經過一學期的學習，我覺得我的“提問”次數有提升
16. 經過一學期的學習，我覺得我的“複習”成效有提升
17. 經過一學期的學習，我覺得我準備“大考”時更加認真

附件二、訪談題目

<課程印象>

1. 覺得上課有哪些讓你們印象是深刻的?
2. 上課有沒有遇到哪裡卡關的?

<課外行為>

1. 會預習嗎? 會複習?
2. 會去看錄音嗎?
3. 那你會去跟同學討論嗎?

<課程互動>

1. 會問同學嗎?
2. 會去問老師嗎?
3. 老師會讓你們小組討論, 你們的想法是?
4. 老師會點人上台跟老師交流, 你們的想法是?
5. 那你們覺得討論有幫助嗎?
6. 如果都沒問到答案, 會去問老師嗎?
7. 那聽他們的討論, 對你的幫助是?

<複習小考>

1. yes or no 大概都做幾題?
2. 對於 yes or no 的想法?
3. 比較擅長定性還是定量?
4. 其他同學為甚麼學得好或是學得不好? 可以講一下嗎?
5. 想問說在後面老師的課堂上, 有甚麼建議可以給學弟妹?

<期中、期末大考>

1. 你覺得預習、上課、yes/no, 是否對期中、期末各一次大考有幫助?
2. 你覺得期中、期末各一次大考, 對這範圍整體認識是否有幫助?

<課程內容>

1. 你覺得老師哪些上課方式要保留?
2. 你覺得老師那些課程的設計有幫助到你們?
3. 覺得老師哪些教學方式、考試、規定, 有幫助到你們學習?
4. 那你們覺得我上半導體跟其他老師上電子學、電磁學有甚麼不一樣?
5. 在定性的部分, 我其實都會很強調思考轉折的部分, 這對你們有幫助嗎?
6. 有沒有部分需要做調整?

<學生>

1. 覺得整堂課下來, 帶給你的收穫是甚麼?
2. 有沒有真的在觀察自己是哪個杯子?
3. 那問答幫助大嗎?
4. 那你們複習大概花多久時間?
5. 你們 Y/N 大概做幾題?
6. 對專有名詞的學習上你們有什麼想法嗎?

7. 那陳學生 A 你會什麼不先去理解字面上意思後去背?
8. 那圖表學習呢?
9. 理論假設的部分呢?
10. 你們對這堂課與其他課定性、定量的差別有什麼看法?
11. 這樣學習有影響到其他科目的學習嗎?
12. 那有沒有其他建議，或是給學弟妹的?
13. 整個一學期下來老師的教學措施對你有沒有甚麼幫助?
14. 從期初到期末，你覺得這些部分，有哪些不一樣的地方，或是跟其他課程的比較(指教學策略)
15. 上課 6 部分，你們對專有名詞的認識或理解上有什麼不一樣的地方?或是從 6 部分比較有感的
16. 哪你們複習是從這 6 部分哪一個部分開始複習的?
17. 你們大概花多久時間複習與預習
18. 你們對專有名詞的執行長:你們對專有名詞的學習方式是先背還是先理解?
19. 你們在準備考試得時候會去猜題，覺得自己的命中率如何?
20. 你們在學習這堂課的定性、定量有什麼問題嗎?(老師定量比較少)
21. 你們為甚麼會去照做老師說的那些步驟(預習、準時到課...)?
22. 那你們覺得 Y/N 幫助大嗎?
23. 你們可以體會老師這樣設計課程的目的嗎?

半元訪談增加題目

1. 寶芝老師的課與其他老師相異的地方?
2. 哪個部分會比叫花時間
3. 那做題目會懷疑這樣的方式是不是好的方式?
4. 但是這樣討論會花很多時間
5. 學習時都會去了解理論背後的理論、假設嗎?(思考邏輯)
6. 學習投入的時間與產出的成績是否符合自己的預期
7. 老師的教學要求有沒有跟其他老師有不一樣的?
8. 哪部分幫助大?
9. 上課策略，花時間多的地方?
10. 有感受到老師希望你們像工程師一樣的思考，然後去面對問題並解決嗎?
11. 考前抓重點跟老師的考試內容有落差嗎?
12. 注重定性，花比較少時間在定量，你們覺得可以嗎?