

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: PMS107019

學門分類/Division: 物理

執行期間/Funding Period: 107 年 8 月 1 日~109 年 1 月 31 日

應用翻轉教室與同儕學習法於物理專業科目（電子學）之行動研究
（電子學一）

計畫主持人(Principal Investigator): 朱士維 教授

執行機構及系所(Institution/Department/Program): 國立台灣大學物理學系

繳交報告日期(Report Submission Date): 03/16/2020

應用翻轉教室與同儕學習法於物理專業科目（電子學）之行動研究

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

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

電子學是實驗物理學的重要學科。在這門課程中，會介紹非線性元件的基本特性、基本的電子電路概念和半導體特性，為進一步學習做準備。在傳統的教學中，授課教師通常用大部分的課堂時間來解說知識概念內容。然而，由我們的經驗看來，學生在上課時不一定總能掌握所有概念，因此他們無法成功完成回家作業。要等到下一次上課時，教師才能知道學生無法理解的概念內容。因此，在傳統教學法中，教師無法及時與學生溝通他們對概念的疑問。然而，當教師在課堂中與學生進行討論，會使課程進度延遲且講授課程內容減少。綜上所述，我們想解決兩個問題：一是能即時獲得學生對於教學內容的回饋並與學生溝通討論，二是要能維持足夠的課程內容。

2. 文獻探討(Literature Review)

同儕教學法（Peer instruction，簡稱 PI）是一種以學生為中心的教學方法，在大學和學院的科學、技術、工程和數學課程（此四類課程簡稱為 STEM）已被證明能夠明顯的提升學生學習成效 [1-7]。同儕教學法要求學生在上課之前先預習課程內容，再運用課堂中學到的核心概念，並通過同儕討論，來解決問題[1]。依據原始的同儕教學法[2]，教師在課堂一開始時，先給學生一個簡短的概念講解，之後便要學生以線上即時回饋系統來回答一系列的概念問題。教師可以在線上隨即看到學生對於概念問題的回答結果，然後依據學生的答對比率，來採取不同的教學策略。如果學生答對比例小於 30% 或大於 70%，教師需要再次講解概念內容，或是直接轉入下一主題。如果有 30%至 70%的學生答對，則教師會要求他們與給出不同答案的人討論，亦即和同儕彼此教學相長。討論後，學生再次回答相同的問題，以驗證是否達到正確的學習成效（亦即足夠高的答對比率）。在同儕教學法中，教師比傳統的講授方法能夠更快地獲得學生的反饋，而且之前的研究顯示，學生在概念推理和解決問題方面的表現均得到改善[1、3、5-7]。然而，前述的同儕教學法在課堂上需要花相當大量的時間確認學生的回饋，與學生溝通，並引導學生進行同儕討論。一般而言，每討論完一個概念問題通常需要 13-15 分鐘。如此一來，課堂時間的限制造成課程所涵蓋的知識量範圍減少，這是採用同儕教學法會面臨的一大問題。

翻轉教室是另一種主動學習方法。該模型最簡單的定義是：傳統上課時間的課堂講授轉移到課後在家進行，而傳統上在家做的家庭作業則轉移到上課時間成為課堂活動[9-11]。翻轉教室其中一種操作方式是要求學生在家中觀看教學影片，上課時間則在講師的指導與同學的互相合作之下做功課[10-12]。相關的研究顯示在課前觀看教學影片可以幫助學生完成課堂活動，而且沒有增加學生參與這門課程的時間[12]。除此之外，在課前觀看教學影片也幫助學生在課堂中所回答的概

念題有更好的表現。結合翻轉教室教學法和同儕教學法，可以有效縮減同儕教學法在課堂上需要講解的時間，甚至可以完全取代，以便為批判性思考的小組活動騰出時間[12]。這樣一來，在維持足夠課程內容的情況下，教師能夠在課堂上花時間讓學生相互討論並分析所學得的知識，並了解有關學生對知識內容理解的反饋。雖然一些研究表示翻轉教室可以改善學生的學習成果[9, 12-15]，但其他研究也指出採用翻轉教室需要面對的挑戰。例如，學生可能無法安排他們的時間觀看視頻和理解學習內容[16]。在這種情況下，他們很可能無法在課堂活動中有效學習。因此，採用翻轉教室教學法時，為了確保學生在上課前會預習上課內容，我們必須採取其他策略。例如，計分在課堂上詢問的概念問題，以加強預習的動機。

本文總結了台大物理系過去三年電子學課程中應用不同教學方法的學生學習成效。在第一年是使用同儕教學法，第二年則是結合同儕教學法與翻轉教室，但這兩年都沒有增強預習的作法。第三年則使用了同儕教學法結合翻轉教室之外，並對學生在課堂上回答的概念性問題進行評分，以增強學生預習的動機。我們將比較有無預習講課影片的學生的學習成果，以展示同儕教學法結合翻轉教室的效果。我們還將比較對於概念性問題有無計分的學習成果，以驗證增強預習提升學生成效的成果。

3. 研究方法(Research Methodology)

3.1 課程資訊

這項研究內容是針對電子學課程，該課程為國立台灣大學物理學士學位所要求的一門選修物理課程。本課程包含 14 個單元，主要介紹類比電路，從一般概念到電子元件的應用，如表 1 所示。首先介紹了線性和非線性元件的一般特性，並提出了非線性元件的導通機制。這門課引入了三個非線性元件，包括二極體，雙極性電晶體 (BJT) 和金屬氧化物半導體場效應電晶體 (MOSFET)。然後個別分析 BJT 和 MOSFET 的直流和交流電路，並介紹如何使用 BJT 和 MOSFET 實現訊號放大器。最後，介紹進階類比訊號概念，包含運算放大器與頻率響應等二單元。所以，課程內容涵蓋範圍可以被分成五個主題，分別是 nonlinear Diode、BJT、MOSFET 與 Advanced analog concepts。如表 1 所示，教師為每個單元設計數個測驗概念內容的選擇題，教師只需在上課時抽取部分題目讓學生回答，便可窺知學生對該單元概念的了解程度。

表 1、 電子學課程包含的主題與單元，以及各單元中包含的概念題數量

課程內容		
主題	單元	概念題數量
Nonlinear	nonlinear and active	6
	semiconductor material and pn junction	5
Diode	Diode introduction	5
	Diode circuits	3
BJT	BJT Introduction	2
	BJT DC model	4
	BJT AC model	5
	BJT amplifiers	4
MOSFET	MOSFET introduction	7
	MOSFET DC analysis and biasing	5
	MOSFET AC model	8
Advanced analog concepts	MOSFET amplifier	9
	operational amplifier	7
	filters and frequency analysis	5

2014 年，該課程按照同儕教學法進行教學。在課程開始時進行簡短的概念講解，然後要求學生分別回答在 Zuvio 上的一系列概念性問題。Zuvio[18]是在線的即時回饋系統。教師可以在 Zuvio 網站上立即獲得學生的答題結果。然後，教師可以根據概念問題的答對比例來決定是否進行同儕討論。在 2014 年的經驗中，我們發現在課程一開始的簡短講解並不能使學生熟悉概念內容，在課堂中所進行的同儕討論會顯得沒有效率，而且花費過多的課堂時間。為了騰出時間讓學生進行主動學習，在 2015 年除了採用同儕教學法外，還採用了翻轉教室，在課前錄製了一系列教學影片，供學生在家預習。不過根據 2015 年教學者的主觀感受，只是指派課前觀看教學影片的方式，學生表現的改善並不顯著。因此在 2016 年，除了結合同儕教學法與翻轉教室之外，我們還對課堂上回答的概念問題計分，以增強學生在上課前觀看教學影片的意願。

表 2、 本研究中對各個年份班級所採用教學方式與學生人數

年份	採用的教學方式	學生人數
2014	同儕教學法	62
2015	同儕教學法 + 翻轉教室	44

2014 年至 2016 年間，放置於 Zuvio 上的概念問題的內容是相同的，因此我們可以使用這些概念問題的結果來量化學生對概念內容的理解。

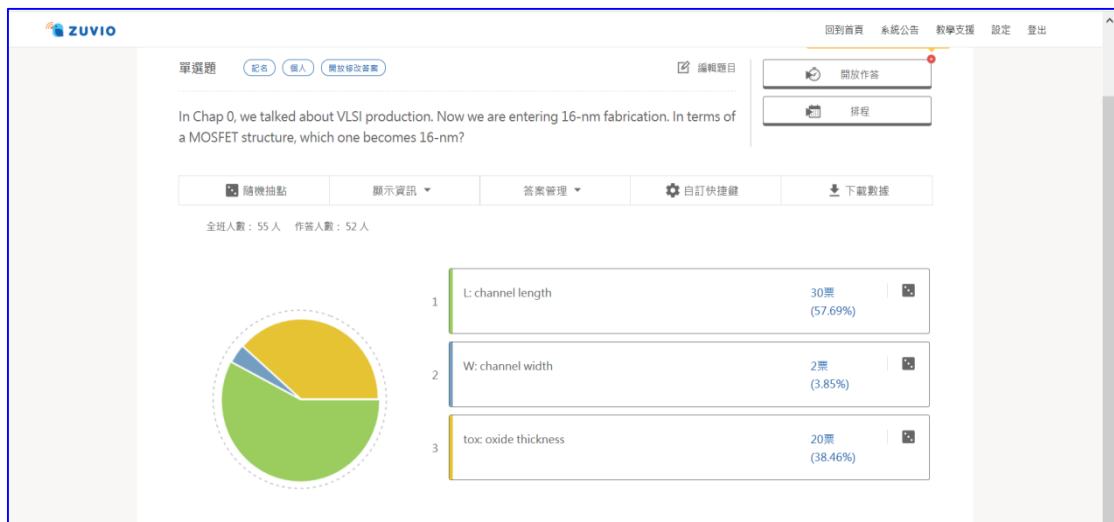
3.2 修課學生背景與先備知識

自 2014 至 2016 年，此門課修課學生每年均約有 40~60 人（見表 2），主要為物理系的學生，還有少數理學院、工學院與醫學院的學生。

在台灣，計劃參加大學甄選的學生需要學科能力測驗（GSAT）的成績。在 2013~2016 年間，進入台大物理系的學生的 GSAT 自然科平均級分是 14.75~14.91（滿分為 15 級分）。根據前述數據，台大物理系學生在入學時 GSAT 自然科的成績相似，這意味著他們進入大學時對具有相似的水平知識和物理能力。

3.3 資料蒐集

概念題依照單元順序放在 Zuvio 的網站上，Zuvio 是一個即時反應系統，教師可以立即在線獲得學生的問題反應。Figure 1 是 MOSFET introduction 單元中的一道試題在 Zuvio 上呈現的形貌。經由 Zuvio 教師可即時看到題目各選項被選答的比例與圓餅圖，例如 Figure 1 這道題目選擇第一個選項的人數與第三個相近，且答對比例介於 30%與 70%之間，依據同儕教學法的建議，這道試題會進行同儕討論。



2014 年至 2016 年間，關於 Zuvio 的概念性問題的內容是相同的，在本研究中，我們分析了 2014 年至 2016 年學生回答的有關 Zuvio 的概念性問題的結果，來量化學生對材料的理解。

這門課的總結性評量只有期中考，期中考是在課程大約進行了三分之二後施測，測驗的單元內容為從 linear and active 到 MOSFET DC analysis and biasing，共 10 個單元。我們比較了 2014~2016 年的期中考試成績，以呈現在不同教學方法之下，學生在總結性評量的表現。

3.4 數據分析

我們比較了 2014 年至 2015 年間概念性問題的結果以及期中考試的分數，以評估教學影片預習的效果。然後，2014 年和 2016 年之間的差異將顯示教學影片預習和對概念性問題計分兩者並行的效果。

在數據的呈現上，我們將分別比較不同年份各主題概念題的平均得分率(答對題數除以在課堂上回答的題數)與標準差，以及不同年份期中考的平均得分率(得分除以試卷總分)與標準差，以呈現學生對各主題素材的了解程度，進而比較本課程採取的教學策略對學生在不同主題學習的影響。

在數據分析方法上，我們使用獨立樣本 t 檢定對不同類別進行比較。顯著性差異的標準為 $p < 0.05$ 。我們根據 Cohen 提出的效果量 ES [17]，實驗效果量 ES 值即為兩群體平均數差值與共同標準差的比值。當 $0.5 > ES \geq 0.2$ ，為小的效果量；當 $0.8 > ES \geq 0.5$ ，為中度的效果量；當 $ES \geq 0.8$ ，為大的效果量。本研究對於具有顯著差異的主題進一步報導其效果量，以給出不同教學策略之間顯著差異的量化。

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

4.1 概念問題結果分析

Table 3 與 Table 4 分別是 2014~2016 年的 在課堂上回答的概念問題在各個主題的平均得分百分比與標準差，以及獨立樣本 t 檢定的結果。我們將 2015 與 2016 分別與 2014 比較，以看出不同教學策略對學生學習的影響。

根據表 3 中列出的內容比較，該課程的內容在 2015 年與 2016 年皆延伸至 Advanced analog concepts 主題，2014 年的課程內容則是僅止於 MOSFET 主題。意即採用同儕教學法與翻轉教室結合的教學方式，比僅採用同儕教學法能使課程內容更加完整。

由於 2014 年的課程內容則是僅止於 MOSFET，因此本研究比較 2014~2016 年在 nonlinear、Diode、BJT 與 MOSFET 等四個主題的概念題答題結果。從 Table 3 可看出，除了 Diode 之外，2015 年在其他三個主題的平均得分百分比皆比 2014 稍高；標準差的數值，兩年差異不大。2016 年在四個主題的平均得分百分比皆比 2014 稍高。2016 年標準差的數值比 2014 高。

表 3、2014~2016 年在課堂上回答的概念問題在各個主題的平均得分率(M)與標準差(SD)

主題	2014 (n=62)		2015 (n=44)		2016 (n=54)	
	M	SD	M	SD	M	SD
nonlinear	0.51	0.43	0.69	0.36	0.76	0.25
Diode	0.62	0.39	0.55	0.43	0.87	0.29
BJT	0.55	0.41	0.61	0.44	0.78	0.30
MOSFET	0.56	0.40	0.62	0.45	0.78	0.31
Advanced analog concepts	---	---	0.47	0.42	0.74	0.36

Table 4 為 2015 與 2016 年的概念題答題結果分別與 2014 年進行獨立樣本 t 檢定的結果。在 2015-2014 的 t test 的結果中，僅有 nonlinear 主題有達到顯著差異($t = 2.396, p = 0.018$)，且具有小的效果量($ES = 0.45$)，而其他三個主題皆未達到顯著差異。在 2016-2014 的 t test 的結果中，四個主題皆有達到顯著差異($t = 3.508 \sim 3.902, p < 0.001$)，且具有中度的效果量($ES = 0.64 \sim 0.73$)。

Table 4.表 4、2015 年-2014 年 and 2016 年-2014 年在 nonlinear、Diode、BJT 與 MOSFET 等四個主題的概念題答題結果的獨立樣本 t 檢定（包括 t 統計量，p 值和效果量 ES）

主題	2015-2014 t test			2016-2014 t test		
	t	p	ES	t	p	ES
nonlinear	2.396	.018	0.45	3.828	.000	0.71
Diode	-.882	.380	----	3.902	.000	0.71
BJT	.704	.483	----	3.891	.000	0.73
MOSFET	.732	.466	----	3.508	.000	0.64

4.2 期中考結果分析

Table 5 是 2014 ~ 2016 年期中考試的平均得分率與標準差。由 Table 5 看

來，2015 年與 2016 年期中考的 M 值皆比 2014 年高，而三年來 SD 的數值則是相當接近。

表 5、2014~2016 年在期中考的得分率(M)與標準差(SD)

	2014 (n=62)		2015 (n=44)		2016 (n=54)	
	M	SD	M	SD	M	SD
期中考	0.47	0.19	0.56	0.22	0.65	0.20

Table 6 為 2015 與 2016 年的期中考試成績分別與 2014 年進行獨立樣本 t 檢定的結果。2015-2014 期中考試成績的 t test 的結果顯示有達到顯著差異($t = 2.351$, $p = 0.021$)，且具有小的效果量($ES = 0.44$)。2016-2014 期中考試成績的 t test 的結果顯示有達到顯著差異($t = 5.005$, $p < 0.001$)，且具有大的效果量($ES = 0.92$)。

Table 6. 表 6、2015 年-2014 年 and 2016 年-2014 年在期中考結果的獨立樣本 t 檢定（包括 t 統計量，p 值和效果量 ES）

	2015-2014 t test			2016-2014 t test		
	t	p	ES	t	p	ES
期中考	2.351	0.021	0.44	5.005	0.000	0.92

4.3 教師教學反思

我們的研究顯示採用同儕教學法與翻轉教室相結合的方式，尤其是在班級中對這些概念性問題進行評分，學生可以更有效的理解電子學課堂上講授的概念，而且學生的在總結性評量的成績也顯著提高。此外，本研究的結果顯示結合使用同儕教學法和翻轉教室方法可以在課程架構中保有更多的內容。本研究結果顯示，當提高上課前準備的動機時，可以更加清楚地發揮同儕教學法與翻轉教室的正向效果。

4.4 學生學習回饋

以下為歷年來教學意見調查中學生對於翻轉教室的回饋(括號內為學年度的標示)：

(105)雖然上這門課真的很累，但是教學效果應該算是我大二所修的課裡面，最好的一門課。

(106) 經歷這麼多自稱翻轉教室的教學後，終於有令人感覺成功的課程。感謝老師耗費許多心力和時間在教學及提供同學討論空間，令我對電子學有更深刻的感受。

(106) 非常感謝教授的指導，讓我這學期充分體驗到翻轉教學中互動的樂趣，尤其影片教學在概念傳達上更具清晰，因為充份的瞭解更能增進知識的吸收與回饋。在教授創新的教學方式下，我紮紮實實地學習電子學課程，真的是收穫滿載。

(106)老師是我在大學中遇過教學最為認真的老師，雖然說不少人覺得課堂內容不深，但我認為老師在討論的問題很多都不是很容易去想到或回答的，觀念上來說其實很充實。

(107) 由於我這學期修習的學分很多，常常會遇到影片或是課本來不及看完或沒有認真看完的問題，就無法很積極參與課堂上的討論有點可惜，但是老師的教學方式很有趣，會讓我們去思考，確認我們不是死讀書而是由去理解整個過程。

二. 參考文獻(References)

1. Crouch, C.H. and E. Mazur, *Peer Instruction: Ten years of experience and results*. American Journal of Physics, 2001. **69**(9): p. 970-977.
2. Lasry, N., E. Mazur, and J. Watkins, *Peer instruction: From Harvard to the two-year college*. American Journal of Physics, 2008. **76**(11): p. 1066-1069.
3. Mazur, E., *Farewell, Lecture?* Science, 2009. **323**(5910): p. 50-51.
4. Zhang, P., L. Ding, and E. Mazur, *Peer Instruction in introductory physics: A method to bring about positive changes in students' attitudes and beliefs*. Physical Review Physics Education Research, 2017. **13**(1).
5. Cortright, R.N., H.L. Collins, and S.E. DiCarlo, *Peer instruction enhanced meaningful learning: ability to solve novel problems*. Adv Physiol Educ, 2005. **29**(2): p. 107-11.
6. Zhang, C.-L., et al., *Application of peer instruction in the laboratory task of measuring the effective mass of a spring*. European Journal of Physics, 2017. **38**(6).
7. Smith, M.K., et al., *Why Peer Discussion Improves Student Performance on In-Class Concept Questions*. Science, 2009. **323**(5910): p. 122-124.
8. Henderson, C. and M.H. Dancy, *Barriers to the use of research-based instructional strategies: The influence of both individual and situational characteristics*. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 2007. **3**(2).
9. Sohrabi, B. and H. Iraj, *Implementing flipped classroom using digital media: A*

- comparison of two demographically different groups perceptions. Computers in Human Behavior*, 2016. **60**: p. 514-524.
10. Chen, Y., et al., *Is FLIP enough? Or should we use the FLIPPED model instead?* *Computers & Education*, 2014. **79**: p. 16-27.
 11. Lage, M.J., G.J. Platt, and M. Treglia, *Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment*. *The Journal of Economic Education*, 2000. **31**(1): p. 30-43.
 12. Prunuske, A.J., et al., *Using online lectures to make time for active learning*. *Genetics*, 2012. **192**(1): p. 67-72; quiz 1S1-3SL.
 13. Mason, G.S., T.R. Shuman, and K.E. Cook, *Comparing the Effectiveness of an Inverted Classroom to a Traditional Classroom in an Upper-Division Engineering Course*. *IEEE Transactions on Education*, 2013. **56**(4): p. 430-435.
 14. Valero, M.M., et al., *A successful experience with the flipped classroom in the Transport Phenomena course*. *Education for Chemical Engineers*, 2019. **26**: p. 67-79.
 15. Rossi, R.D., *ConfChem Conference on Flipped Classroom: Improving Student Engagement in Organic Chemistry Using the Inverted Classroom Model*. *Journal of Chemical Education*, 2015. **92**(9): p. 1577-1579.
 16. Lai, C.-L. and G.-J. Hwang, *A self-regulated flipped classroom approach to improving students' learning performance in a mathematics course*. *Computers & Education*, 2016. **100**: p. 126-140.
 17. COHEN, J., *A Power Primer*. *PSYCHOLOGICAL BULLETIN*, 1992. **112**(1): p. 155-159.
 18. <https://www.zuvio.com.tw/>