

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：PMS1080084

學門專案分類/Division：物理

執行期間/Funding Period：108.08.01-110.07.31

開發適合物理教育的計算機概論課程

計算機概論（一）

計畫主持人(Principal Investigator)：簡紋濱

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立陽明交通大學/電
子物理系

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)：2021/3/22

(計畫名稱/Title of the Project)

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

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

物理領域人才培育長期在計算機科學教育方面較弱，為了設計物理領域適用的計算機概論課程，改善學生不會撰寫程式的問題，同時訓練協助理論計算物理及實驗物理儀器控制之程式設計能力學生，而提出此教學實踐計畫，本計畫並在國立陽明交通大學電子物理系之大一必修課程的計算機概論中執行，並直接驗證學生學習成效。

本計畫之主題在設計適合物理領域之計算機概論課程，內容有硬體與軟體的結合，讓學生體會到二進位每個位元的 0 與 1 訊號，正式邏輯閘輸出的 0 與 5 V，本計畫將配合實作課程讓學生使用 9 V 電池、7805 線性電壓調節器及 74LS08 AND 運算邏輯閘等元件讓學生理解硬體與軟體訊號，且要介紹學生從硬體設計的角度看軟體設計的策略，然後介紹一跨平台的網路語言 JavaScript，並用此語言來撰寫理論計算物理的一些簡單模擬程式，最後亦簡單的讓學生接觸到使用電腦控制 Arduino 之儀器控制概念。

本研究目的在於開創下一世代物理領域之電腦教學，因電腦必將充分使用在未來的物理教學，此觀念已經談論三、四十年，但至今尚未有重大突破，或者只有少數短期的嘗試而沒有延續發展，此外過去電腦語言發展的變革，像是早期在網路上常使用的 Java Applet 來模擬物理的方式，亦因為 Java Applet 逐年被放棄使用而停止其在物理教學的發展，其他像是 Flash 的動畫亦發展一段時期而停頓下來。申請人在 2018 年秋天接下此課程後，仔細查閱資料及網路資源並思考數個月，認為 HTML 當作視窗設計的元件繪製語言，而 JavaScript 當作程式操作語言，可以是未來長期的規劃，且 HTML5 新的語言標準中有引入畫布(Canvas)，該畫布可以利用 p5.js (JavaScript)來簡單控制，並能快速進入 OpenGL 的 3D 動畫，展現如申請人之 Simul-Physik 網頁上所提供的虛擬物理程式展現之結果，此展現方式未來可應用在固態物理繪製晶格結構圖或是量子力學的波函數等。

本研究計畫目的在於開創物理領域所合適的計算機概論課程內容，並製作教

學資源放置在網路上供全國物理領域教學人員參考與使用。本研究計畫目標為規畫課程內容，並製作課程專用動態投影片，製作課程專用之習題程式庫，製作課程專應之網路學習教學影片，製作隨堂練習之即時演練程式，開發學習邏輯圖與軟體關係之實作教材，開發學習電腦與儀器溝通互動之實作教材，檢測學生學習效果。在以上階段性目標達成後，將可達到訓練物理領域人才使用電腦與新科技的最終目標。

2. 文獻探討(Literature Review)

早在 30 年前就有許多知名大學物理系教授提出要善加利用電腦來做物理教學，譬如 1989 年 1 月發表在物理知名期刊 Physics Today 上的一篇文章[1]，由馬里蘭大學 J. M. Wilson 及 E. W. Redish 兩位教授提出，在文中介紹由馬里蘭大學所提的 MUPPET 計畫，實際上是使用 Pascal 電腦語言所架構的程式庫，結合 MUPPET 程式庫在電腦課程介紹，及引進使用 MUPPET 所撰寫的程式結合到大學一年級物理課程，藉此可以取代學生使用微積分解決問題，改為使用電腦與數值方法來處理基礎物理問題，在文章中有展示使用 MUPPET 所製作的碎形、氣體動力論之各氣體分子速度統計、太陽系行星運行軌道等。

此計畫約進行十幾年，如馬里蘭兩位教授在 1993 年論文中指出[2]，此 MUPPET 計畫是要發展物理領域的計算機概論課程，並將此程式撰寫能力發展到後續學習物理基礎與進階課程，在 1960 年到 1990 年間物理的各項領域蓬勃發展，但也受限於數學解析解較困難，許多物理學家開始發展理論物理之計算物理，利用電腦來加速解決問題，其實在那時候原子分子尺度的第一原理計算，利用電腦來計算原子分子及其建構的二維或三維塊材材料的物理性質(電性、熱性、光性)等方向正蓬勃發展，因此落實物理領域學生的電腦程式語言教學訓練更顯得格外重要。在當時的程式語言訓練，即有區分到理論及實驗的應用，理論方面是建立物理模型計算出物理特性，實驗上則是與儀器結合操作儀器設備獲取數據然後做數據分析，這些需求與應用到現在都還是非常貼切與適用，然而 MUPPET 計畫亦因為電腦語言世代交替及跨平台問題而漸漸消失，目前在網路上已經很難搜尋到該軟體。

大約十年前德州 A&M 大學 Joel Bryan 在一篇 Technology for Physics instruction 文章中的介紹，已經沒有 MUPPET 計畫，取而代之的是多家公司提供的軟體，文章中介紹科技作為物理教學可區分為(a)電腦介面儀器設備用來收集與處理實驗數據，譬如 PASCO, Vernier, 德州儀器等公司所提供的軟體。(b)實驗與理論的模型建構軟體，譬如 STELLA 與 NetLogo 所提供的程式庫，目前 NetLogo 還存在。(c)電腦圖形模擬物理之軟體，如 Physlet 軟體，該網頁還在，但因為使用 Java Applet，目前瀏覽器漸漸減少使用 Applet 所以越來越少人使用。(d)研究用或參考用的軟體提供收集或寫報告用，一般使用 Microsoft Word, Power Point 或是 World Wide Web。

此次所提教學實踐研究計畫即是架構在 WWW 的 HTML5 語言上，該語言除了可以用來收集科技知識、做報告外，亦可以當作視窗程式中畫視窗外觀的程式語言，其用法與 Microsoft Visual C++所提供的繪圖介面畫製視窗功能完全相同，在繪製完成視窗外觀後，再利用 JavaScript 即可以操控視窗上的各種元件，如按鈕、圖形、文字欄位等等，也可以處理視窗元件被觸發的事件。

近幾年來，不論在物理基礎課程、物理領域基礎電腦課程或是物理實驗課程，都在推廣電腦與新科技應用在教學上，甚至最近常有即時互動的工具或是手機軟體，讓學生可以將數據上傳[4]，讓教師可以即時了解學生實驗狀況。此外，在面授課程中，為了瞭解學生是否理解老師的講述內容，會採用一些即時小考來測驗學生理解度，並讓教師即時講解學生不懂的關鍵知識[5-8]，譬如使用 Kahoot!隨堂小考的軟體[8]，其試題介面及版面非常漂亮，廣受學生樂愛，且學生們完成隨堂測試後，教師端可以即時分析學習現況，並在課堂上做延伸或補遺的講解。另一方面，最近對於計算機概論的課程教學，亦有不少分析結果並提供教學建議[9,10]，譬如建議一對一指導、現場即時撰寫程式、讓學生預測程式執行結果、兩人合作撰寫程式、練習可以解決問題的範例程式、使用單一城市語言、更多圖形與聲音範例程式更能吸引學生等等，這些觀念我們都有放在此次教學實踐研究計畫中。

3. 研究問題(Research Question)

主要在了解選擇電子物理學系學生在電腦科學方向學習較弱的問題，在過去兩、三年與學生互動下，了解學生對於電腦硬體知識與電腦軟體之間的關聯性不清楚，導致學生誤以為學硬體可以不會寫程式，而學電腦語言可以不懂硬體，此不正確觀念導致跨領域思維限縮，而影響學生統合性解決問題能力。

4. 研究設計與方法(Research Methodology)

本計畫要研究合為最佳的物理領域計算機概論介紹課程，在文獻探討中可找到物理教學急需要電腦科技的輔助，且電腦軟體能用來讀取與分析實驗數據、建構物理模型、提供圖形模擬介面，在近年來的物理與電腦教學中，亦結合手機與網路及網頁促使教師與學生即時互動，因此本教學實踐計畫將規劃新的計算機概論課程內容，特別重視物理領域的需求，從實作邏輯閘與電腦硬體出發，學習撰寫視窗程式(使用 HTML 繪製視窗並使用 JavaScript 作為程式控制語言)，體會計算物理之程式設計與 OpenGL 之 3D 程式，最後再接觸用電腦來控制硬體的簡單架構，將使用 Arduino 並用 RS232 來溝通。

實施方法先設計課程及範例程式、設計與準備實作課程、設計教學講義與投影片、錄製教學影片、設計隨堂檢測與互動課程、隨堂即時程式演練課程，在開課時候使用，並在使用前檢測學生能力以便與教學後學生能力作比較。

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

(1) 教學過程與成果

107 年 9 月開始設計此方向課程，一開始內容較少，且學生從過去缺乏計算機知識訓練，進入此一課程，對於教師教學充滿好其感，因此學習效果相當好，但課程安排還沒完成。

在授課後提出此一計畫，並把課程安排更為完整，但因為課程內容較多而學生寫程式能力無法更上，因此在 108 年 9 月開設的大學部課程，學生反應並不好，反而同樣內容在專班學生授課反應非常好。

109 年 9 月將課程內容減少，配合部分影片錄製課程，學生反應又回升，代表高中計算機科學訓練確實不夠，課程內容需要簡化。

(2) 教師教學反思

學生學習端在高中訓練對計算機認識限縮在一般文書處理或應用程式使用，對於構成電腦的硬體設備，及組成電腦的電晶體與控制電腦的語言程式部分知識不足，在課程設計上要讓學生容易理解，就要減少課程內容。

(3) 學生學習回饋

有學生認為寫 CODE 有點難，講課速度太快，也有學生提出物理系為什麼要打程式，甚至有學生提出沒程式基礎根本不會寫程式等反應，這些問題都點出數位教育的落差，且跨領域知識認知不足，因此課程設計如何簡化來提高學生學習意願，及如何結合物理，便是後續要再優化的方向。

6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

建議課程內容再減少，但硬體與軟體還是要同時介紹，尤其是物理領域學生，一定要從場效電晶體的 0 與 1 開關訊號出發，到邏輯電路再到 CPU 與程式設計等，這一路的鋪陳才能讓學生理解程式對於實驗物理與理論物理的用處。

二. 參考文獻(References)

- (1) J. M. Wilson, E. F. Redish, Using computers in teaching physics. *Phys. Today* 1989, Jan. 34.
- (2) E. F. Redish, J. M. Wilson, Student programming in the introductory physics course: *M.U.P.P.E.T. Am. J. Phys.* 1993, 61, 222.
- (3) J. Bryan, Technology for Physics instruction. *Contemp. Issues Technol. Teach. Edu.* 2006, 6, 230.
- (4) J. Walgren, Innovative use of a classroom response system during physics lab. *Phys. Teach.* 2011, 49, 30.
- (5) C. Wieman, N. G. Holmes, Measuring the impact of an instructional laboratory on the learning of introductory Physics. *Am. J. Phys.* 2015, 83, 972.
- (6) G. Sakhuja, Role of computers in Physics education – a review. *Int. J. Curr. Res.* 2016, 8, 26113.
- (7) A. J. Mason, C. Singh, Impact of guided reflection with peers on the development of effective problem solving strategies and Physics learning. *Phys. Teach.* 2016, 54, 295.
- (8) R. Asa'd, C. Gunn, Improving problem solving skills in introductory physics using Kahoot! *Phys. Educ.* 2018, 53, 053001.
- (9) N. C. C. Brown, G. Wilson, Ten quick tips for teaching programming. *PLOS Comput. Bio.* 2018, 14, e1006023.
- (10) C. Chen, P. Haduong, K. Brennan, G. Sonnert, P. Sadler, The effects of first programming language on college students' computing attitude and achievement: a comparison of graphical and textual languages. *Comp. Sci. Educ.* 2018 DOI:10.1080/08993408.2018.1547564.

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。