

【附件三】 成果報告(系統端上傳 PDF 檔)

封面 Cover Page

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：PMS1100181

學門專案分類/Division：數理學門

執行期間/Funding Period：2021.08.01 – 2022.07.31

創新的實驗設計來提升大一普通物理實驗課學生之學習成效及興趣

配合課程名稱：普通物理實驗(一)

計畫主持人(Principal Investigator)：江俊明

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：光電科學與工程學系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2024 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022/09/14

創新的實驗設計來提升大一普通物理實驗課學生之學習成效及興趣

一. 本文 Content (3-15 頁)

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

在幾年前逢甲大學開始了物理相關課程的一連串改革，藉由國外磨課師的經驗，開始進行 MOOCs、SPOC 物理課程教育改革。我的研究及相關的實驗設計也是從此開始，我利用公共免費軟體 Tracker 設計出兩個實驗，成果除了發表在物理期刊上，也拍成 MOOCs，分別為：簡諧運動教學實驗設計、二維彈性碰撞教學新解暨演示實驗。另外我也在這波課程改革中進行了實驗課程的改造工作，將我的研究成果：「利用手機 APP 量測布魯斯特角」、「利用手機 APP 量測磁場」、「利用手機 APP 驗證馬呂士定律」引進到大一的實驗課程中實施。另外我將兩的設計了可實施的 Matlab 實驗，在 105 學年度實引進到大一的普通物理實驗課程中。接著配合學校購買的 EDK 儀器，我和光電科學系劉容平老師，合作開發三個 SLM(光空間調制器)的實驗，在 107 學年度引進到大一下學期的普物實驗課程中。

由於我大部分的時間都在開發創新教材，因為時間關係，目前我尚未對教材的適用性與否、學生的學習狀況、試題的難易度進行評估。因此在 109 學年度通過的教學實踐研究計畫中，我將用已發表在教育類期刊的研究文章為基礎，進行我的教學課程實踐。在傳統物理相關課程教學上，在近年來我已獲得學生相當多的肯定，總結性教學評量，我也屢屢獲得高分，然而我從未使用質與量的研究方式進行教學方法改進、教材、試題的改進，因此在 109 學年度的教學實踐研究計畫中，引進這些教育的科學方法，讓自己的教學更上一層樓，研發的創新教材及試題能更符合學生需求。

由於我的創新教材的開發幾乎都是在大一下學期的課程，因此學生希望上學期也能有像下學期一樣有智慧型手機的相關實驗。而學校方面也希望在上學期有一些利用 APP 來進行的實驗課程，也可以配合深根計畫中大一生學習 APP 程式的課程。而且如一開始所述，實驗課是培養學生團隊合作，人際關係的很好的課程，再加上若能將學生上課愛玩手機的缺點變成優點(手機當作量測工具)，那不是一舉數得。

在計畫中我利用已經開發出一個 APP 課程-經驗方程式，在 110 學年度引進到大一的普通物理實驗課程中，建立一套評估學生學習的 SOP，除了學習的延續性外，將創新教材融入課程中，增加學生的學習樂趣及學習成效。另外我也可以對已開發的教材進行更科學的檢驗，這就是我申請計畫的主要動機。

這次我的教學實踐研究計畫的主題就是利用智慧型手機當作量測工具，下載手機的 APP 程式中的高斯計，來將傳統實驗中的經驗方程式改成更容易引起學生學習興趣的創新實驗。當然除了教材的開發外，我也想要利用此教材對學生的學習的影響進行更科學的檢驗，因此在計畫中我將進行質性(學生訪談)與量化(可量化的問卷及實驗試題前後測)分析。

2. 文獻探討 Literature Review

許多教師們在教學時，大都是根據自己過去的學習經驗來進行教學策略，實施所謂的傳統式教學(Elton, 1997)。因此科學知識被視為可藉由傳輸的方式經由教師給學生(Roth & Roychoudhury, 1994)。行為學派認為的一項理論是經由直接的觀察與測量而得(Gardner, 1985)，因此學生在課堂上的任務僅止於被動的收集資料(例如抄筆記)或接收知識。但在個人建構的學習觀中，強調的是學習者的獨立認知操作，引導學生作預測、觀察、並檢驗既有想法的正確性(張敬宜, 2001)。個人建構提出了似乎可行的改進途徑，但若是考慮學習者的情意及社會文化影響等因素(Pintrich, et. al., 1993)，社會建構學習觀使學習觀更趨精緻而周延。Wertsch(1998)的研究將學習視為一種引介活動，科學知識的推理及思考，可藉由工具來引介，而且思考已融合在工具使用中。

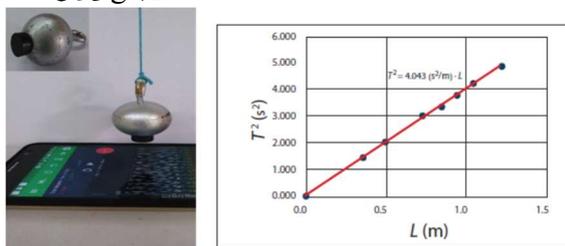
不同於行為學派，建構主義學習觀認為教師只能表達知識而不能傳達知識，當學習被視為一種概念轉換的歷程時，學生在課堂上的積極參與就很重要(Osborne and Wittrock, 1985)。因應建構學習觀的論點，讓學生熟悉科學觀點，選擇合宜的量測工具，進行有效的分析、思考、推理與詮釋(Driver, et. al.1994)。

根據建構主義的主張，其主要的教學革新的學理基礎有兩項：「教材生活化」及「課堂互動」。藉由教材生活化能讓學生體會到生活經驗與物理知識的密切關連性；而課堂互動可藉由實驗熟悉科學工具之用法，體會科學知識的本質(張慧貞, 2007)。

此次計畫中的實驗課程就非常符合建構學習觀論述內容，而智慧型手機的使用，如同教材的生活化。而實驗課程的實驗操作，讓學生、老師互動，學生積極參與課程，此時我們再選擇一個好的分析工具，如 SPSS，問卷及前後測的設計，將會讓學習成效能做有效的分析。

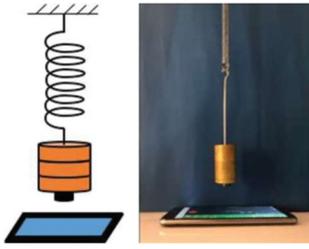
重要文獻探討：

在這次的計畫中，有關於教材的開發部分，我主要是要利用智慧型手機的 APP 中的高斯計，當單擺擺動時，經過磁感測器，利用其磁場反應的 Peak，來知道擺動週期時間。重要的文獻(Unofre Pili, Renante Violanda, and Claude Ceniza, 2018)，提出了相關的做法，主要的方式是在擺動的物體上裝上磁鐵，在針對擺長及週期平方作圖，繼而利用小角度的單擺公式得到重力加速度 g 值。



資料來源：(Unofre Pili, Renante Violanda, and Claude Ceniza, 2018)

另一與本計畫相關的重要文獻(Unofre Pili, and Renante Violanda, 2019)，提出了類似相同的做法，但是去量測彈簧的彈力係數 k 值。



資料來源：(Unofre Pili, and Renante Violanda, 2019)

而如何使用一個合適的 APP，在我以前的研究中，「普通物理實驗的創新一利用手機 APP 量測地球磁場」(李欣，羅道正，江俊明，2017)，所用的 APP 就很適合此次的計畫。而我準備利用手機中的磁感應器遇到磁鐵擺動的磁場反應 Peak 特性，來知道擺動週期的時間，並將此特性運用到經驗方程式的實驗中，而經驗方程式的相關實驗可由普通物理實驗課本(逢甲大學光電學系暨物理教學研究中心 編印)得知，但是我會將待測物-環擺與弧擺改成單擺。

3. 研究問題 Research Question

開發一創新實驗教材：經驗方程式

編寫實驗課程講義並拍攝課程影片

將創新教材融入大一的普通物理實驗課程

設計前測與後測題目、學習回饋問卷、開放性問卷

利用 SueveyCake 平台進行測驗作答

使用 SPSS 統計軟體進行分析



4. 研究設計與方法 Research Methodology

- **課前預習**：上課前請同學觀在家觀看創新實驗課程講義及影片。
- **前測實施**：繳交完預習報告，**一開始上課**就先實施前測的測驗。
- **教學活動**：老師講解原理、助教講解實驗注意事項及步驟、學生操作實驗、檢查實驗數據、學生回家寫結果報告。
- **後測實施**：**在下次上課時**，繳交完結果報告，就先實施後測。
- **學習回饋問卷**：期末考前進行問卷作答。
- **開放性問卷**：做完創新實驗後幾週實施。

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

(1) 教學過程與成果

底下先對於前後測實施簡單做說明

研究變數：

班級：光電一乙、材料一甲、材料一乙

測別：經驗方程式實驗

前後測：前測與後測

正確：正確與錯誤

有效樣本：光電一乙：106 份 材料一甲：116 份 材料一乙：106 份 總共 328 份

前後測題目：

Q1	弧擺週期為 1 秒時，則弧擺等效直徑約多大 (A) 1.24m (B) 12.4cm (C) 1.24cm (D) 24.8cm
Q2	關於經驗方程式實驗中所做假設何者錯誤? (A)擺動角度在 5 度以內 (B)相同編號的環擺和弧擺具有同樣的等效直徑 (C)實驗前，假定週期與等效直徑關係為 $T = A \cdot d^n$ (D)30 次擺動週期為最佳次數，超過即實驗無法進行
Q3	在『經驗方程式』創新實驗中，我們不需要的設備是甚麼? (A) 電子天平 (B) 三合一支架 (C) 智慧型手機 (D) 游標尺
Q4	在『經驗方程式』創新實驗中，要如何找出手機的磁感測器所在位置? (A) 手機螢幕會自動顯示磁感測器所在的位置 (B)下載實驗相關的 APP，打開 APP 會有磁感測器所在的位置選項 (C) 下載實驗相關的 APP，打開 APP，利用磁鐵在手機上方移動，找出磁場最大的位置 (D) 下載實驗相關的 APP，打開 APP，用手遮蔽感應器位置

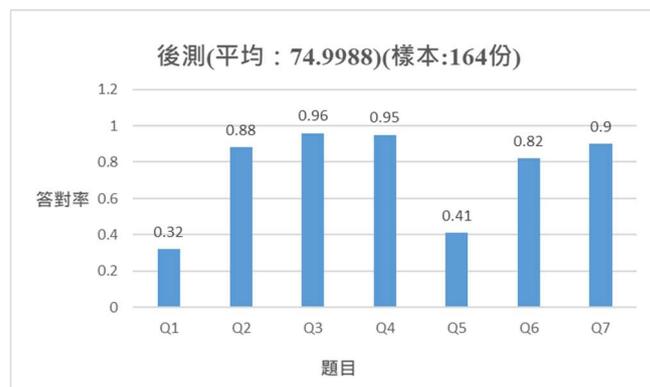
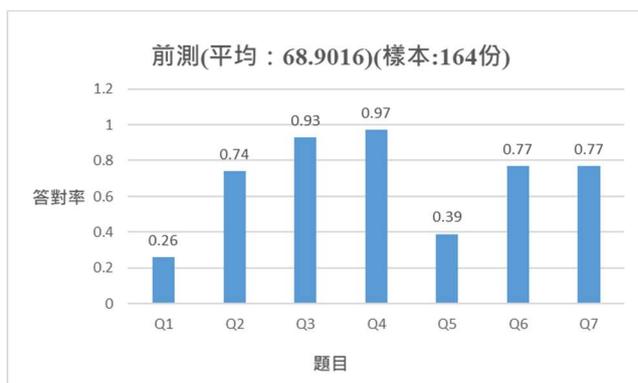
Q5	環擺週期 T 與等效直徑關係為 $T = A \cdot d^n$ ，則在 T (縱軸)— d (橫軸)的全對數圖上，其斜率是 (A) T (B) A (C) d (D) n
Q6	在『經驗方程式』創新實驗中，若環 d_i 為環之內直徑， d_0 為環之外直徑，則等效直 d 下列何者最恰當？ (A) $d = \left(\frac{d_0^2 + d_i^2}{2}\right)^2$ (B) $d = \left(\frac{d_0^2 + d_i^2}{2}\right)^{1/2}$ (C) $d = \left(\frac{d_0 + d_1}{2}\right)^2$ (D) $d = \left(\frac{d_0 + d_1}{2}\right)^{1/2}$
Q7	請問相同等效直徑的環擺和弧擺是否具有相同的週期？ (A) 相同 (B) 轉動慣量大的有較大的週期 (C) 擺動次數多的週期較大 (D) 擺動角度相同才有相同週期

當收集完學生作答後，使用 SPSS 進行成對樣本 t 檢定

成對樣本統計量					
		平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
成對 1	Q1A	.32	164	.467	.036
	Q1B	.26	164	.438	.034
成對 2	Q2A	.88	164	.328	.026
	Q2B	.74	164	.441	.034
成對 3	Q3A	.96	164	.188	.015
	Q3B	.93	164	.261	.020
成對 4	Q4A	.95	164	.216	.017
	Q4B	.97	164	.172	.013
成對 5	Q5A	.41	164	.494	.039
	Q5B	.39	164	.489	.038
成對 6	Q6A	.82	164	.383	.030
	Q6B	.77	164	.423	.033
成對 7	Q7A	.90	164	.298	.023
	Q7B	.77	164	.419	.033
成對 8	ScoreA	74.9988	164	16.84870	1.31566
	ScoreB	68.9016	164	19.82267	1.54789

ScoreA：後測的平均分數

ScoreB：前測的平均分數



成對樣本檢定										
		成對變數差異					t	自由度	顯著性(雙尾)	
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的95%信賴區間					
					下界	上界				
成對 1	Q1A - Q1B	.061	.395	.031	.000	.122	1.979	163	.050	
成對 2	Q2A - Q2B	.140	.455	.036	.070	.210	3.946	163	.000	
成對 3	Q3A - Q3B	.037	.269	.021	-.005	.078	1.743	163	.083	
成對 4	Q4A - Q4B	-.018	.259	.020	-.058	.022	-.904	163	.367	
成對 5	Q5A - Q5B	.024	.442	.035	-.044	.093	.706	163	.481	
成對 6	Q6A - Q6B	.055	.473	.037	-.018	.128	1.485	163	.139	
成對 7	Q7A - Q7B	.128	.431	.034	.062	.195	3.803	163	.000	
成對 8	ScoreA - ScoreB	6.09720	15.90726	1.24215	3.64442	8.54997	4.909	163	.000	

Q2、Q7、平均分數有顯著性

(2) 教師教學反思

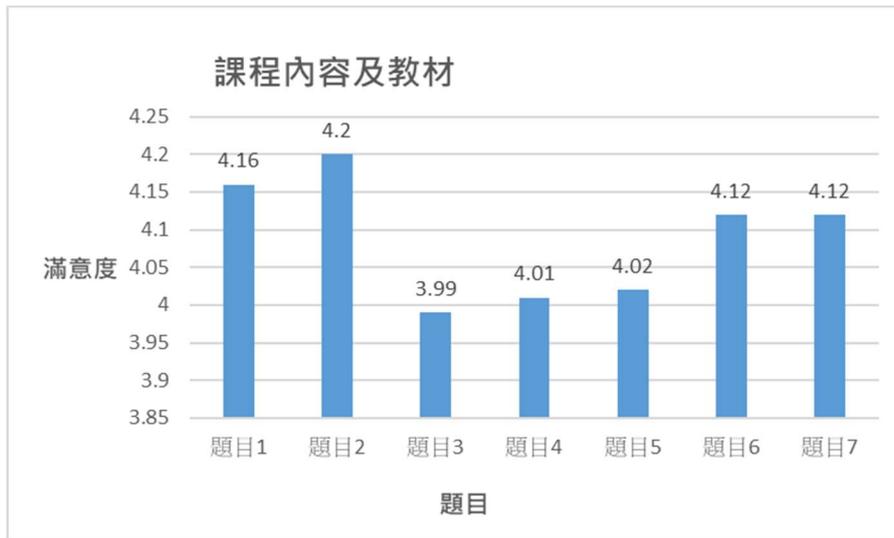
在前後測的分析中發現 Q2、Q7、平均分數具有顯著性，也就說在統計上是有意義的。而第二題目及第七題，題目的設計是和老師的上課講解有關，而經過了實驗及老師、助教講解後，學生也有學習上的進步，代表的是我們使用創新教材，一樣可以提升學生的學習。若進一步去看學生的作答答對率，會發現在 Q1、Q5 答對率不高，而這兩題剛好是需要一些計算，也就是說當學生作答需要計算的問題，學生可能不會或者是隨便作答這都是可能的因素，這未來在教學上是需要我們去注意的地方。

(3) 學生學習回饋

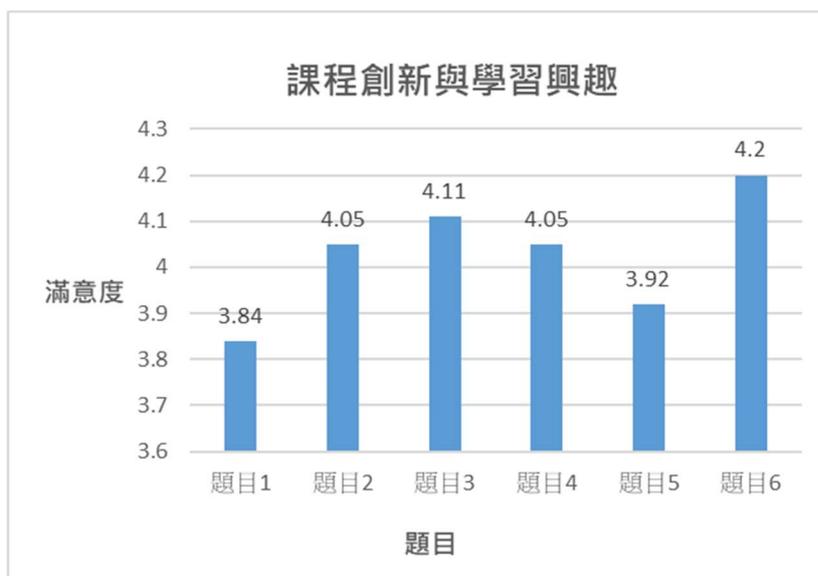
這部分我做了(1) 學習回饋問卷 (2)開放性問卷

學習回饋問卷: 此問卷是從三大方向設計，分別為[課程內容及教材]、[課程創新與學習興趣]、[實驗儀器與操作流程]。

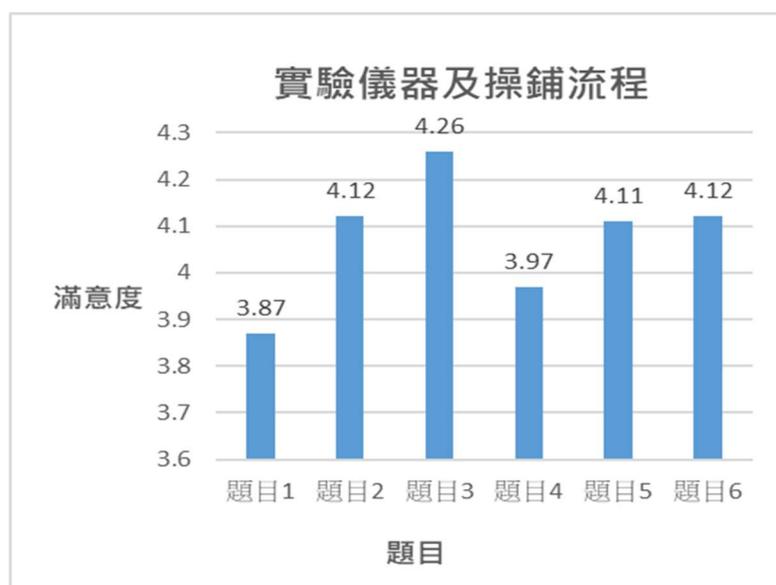
二、課程內容及教材 (包含實驗講義及影片) - 1. 課程中的實驗步驟我可以看得懂	4.16
二、課程內容及教材 (包含實驗講義及影片) - 2. 影片的實驗介紹可以幫助我了解實驗內容	4.2
二、課程內容及教材 (包含實驗講義及影片) - 3. 課程實驗講義的原理部分我可以了解	3.99
二、課程內容及教材 (包含實驗講義及影片) - 4. 我對實驗講義的滿意度	4.01
二、課程內容及教材 (包含實驗講義及影片) - 5. 我對實驗教學影片的滿意度	4.02
二、課程內容及教材 (包含實驗講義及影片) - 6. 經驗方程式的創新實驗, 課程內容的滿意度	4.12
二、課程內容及教材 (包含實驗講義及影片) - 7. 我覺得創新實驗更能讓我了解實驗相關的物理現象	4.12



三、課程創新與學習興趣 - 1. 引進智慧型手機到實驗課程, 會增加我的學習興趣	3.84
三、課程創新與學習興趣 - 2. 我對本校的物理實驗課程創新的滿意度	4.05
三、課程創新與學習興趣 - 3. 我對實驗的創新在教學上很重要	4.11
三、課程創新與學習興趣 - 4. 經驗方程式的創新實驗, 創新的滿意度	4.05
三、課程創新與學習興趣 - 5. 我認為創新課程更能讓我科學產生興趣	3.92
三、課程創新與學習興趣 - 6. 我覺得創新課程能更有效融入現代科技產品, 是一件重要的事情	4.2



四、實驗儀器及操作流程 - 1. 我經由實驗講義就可以了解實驗的操作流程	3.87
四、實驗儀器及操作流程 - 2. 我經由觀看實驗影片就可以了解實驗的操作流程	4.12
四、實驗儀器及操作流程 - 3. 我藉由老師及助教講解課程及儀器操作, 實驗內容的理解及操作會更清楚	4.26
四、實驗儀器及操作流程 - 4. 實驗過程中實驗的儀器我可以獨立操作	3.97
四、實驗儀器及操作流程 - 5. 經驗方程式的創新實驗, 儀器架設我沒有問題	4.11
四、實驗儀器及操作流程 - 6. 經驗方程式的創新實驗, APP下載及使用我沒有問題	4.12



開放性問卷: 共做了 50 分的開放性問卷

應用創新物理實驗教材進行教學改進之研究

普通物理實驗(一)-開放性問卷紀錄

任課教師：江俊明

請問普通物理實驗課程融入手機這個元素，對於你對此課程的整體學習是否有幫助，例如：學習興趣、學習效果、課程理解、實驗操作……等。請寫出你的看法及可能建議。

1. 有，我覺得很不錯，能利用手機量測週期並驗證彈力常數 K ，不再是書本上的公式，是個新鮮的體驗。
2. 將手機加入了實驗增加了我對實驗的興趣，手機的 APP 也十分方便。
3. 加入手機讓實驗做起來更有趣感覺融入科技較符合這世界的趨勢，謝謝老師創新 APP 的實驗。
4. 普物實驗中加入手機這個元素不只有趣，更對學習有幫助：(1)預報使我了解課程(2)實作提升了學習興趣(3)學習效果不差(4)教授、助教上課內容清晰 (5)分工合作的感覺很好。
5. 我覺得老師、助教上課非常用心，教材跟實驗前的說明也非常仔細跟清楚，讓我對實驗課有更大的興趣，操作起來也越來越得心應手，尤其是手機 APP 的實驗令我嘆為觀止，很棒棒，謝謝老師跟助教的用心。
6. 我覺得非常有幫助，因為現在每個人都有手機，有別於傳統的實驗，在實驗中可以加入手機的元素，我覺得可以增加實驗的豐富度。
7. 我認為把手機這個元素融入實驗課程是蠻好的，以前以為手機只是拿來通訊用的設備，沒想到能成為實驗的量測工具，也讓我對實驗有更深的認識。
8. 我覺得實驗課程融入手機還蠻不錯的，很新奇，而且用手机也符合趨勢，實驗也不會過於困難。

9. 我認為加上手機這個元素很好，因為平時大家都會使用手機，實驗中使用手機會讓實驗貼近生活。
10. 在操作時比較快也比較方便，沒有用手機操作時可能需要操作很久，但用手機操作後做實驗的速度比較快，結果也比較準確。在數據的整理和分析上，也比較好操作，而且高中時並沒有用手機操作過實驗，因此相較於平常的實驗，融入手機的實驗更能引起我的興趣。
11. 融入手機讓我平時無聊時可以打開已下載的 APP 研究，也讓我更有實際看到大數據及圖形變化，更有體驗的有趣感。雖然不確定學習中是否有提升，但自己是覺得在頭腦中的思路有更清楚且會記比較久，也更快進入狀況。
12. 手機用安卓的比較好這一點有些麻煩。
13. 我認為手機創新實驗很新奇，但大多數只支援安卓手機。
14. 我認為這是個新鮮的做法，讓我們能體驗到不同於以往的實驗流程，確實是不錯的新元素。
15. 還蠻有趣的，原來物理實驗也可以跟手機融合，用程式可以跑出波形再運用 excel 可以作圖，蠻簡單的也容易理解。
16. 我覺得融入手機這個元素在實驗操作方面比起傳統實驗更容易操作，跟 Excel 結合也更方便，只要把檔案用手機傳到電腦裡就可以。
17. 我認為有幫助，因為能增加實際操作的經驗，也能讓我更加理解實驗在做什麼。
18. 是，可以方便測量精準數據。
19. 利用較新穎方便使用的手機 APP 實驗，我認為能夠增加學習興趣，因手機較一般實驗器材容易取得，APP 下載就有可以隨時打開研究。
20. 整體來說蠻有趣的，也了解到許多物理原理，在實驗操作上也算是淺顯易懂，不過在 APP 中還有許多功能尚未使用，希望能有機會做到。
21. (一) 學習興趣：是的，提升了對做實驗感興趣的程度，但大一生多半也沒做過那些非創新實驗，所以原來的實驗也是很有意思。(二) 手機 APP：雖然不是很容易上手，但學習後滿有成就感的，且能感受到實驗科學隨著科技發展一同成長，並能練習到電腦操作，如 Matlab 和 Excel，這點我非常贊同。
22. 我認為對我學習此課程的動機沒有太大的幫助，但在測量上手機可以減少人為測量及判斷的誤差，在後續分析實驗數據上也可以更簡便的將數據輸入電腦。
23. 得知一種方便的測量工具，新奇的實驗方法較吸引我專注，且獲得的數據也可直接上傳電腦。
24. 之前沒做過手機實驗，而在這個人人都有手機的時代，手機實驗確實引起了我的興趣。
25. 有幫助，有手機收集數據會比較方便及迅速地做實驗，操作起來也比較簡單，建議可以多多設計這種類型的新實驗。
26. 有，這讓我知道原來手機還能偵測磁場，有點酷。
27. 我認為融入手機能增加學生的學習樂趣，善用手機的資源去取得數值，雖然實驗數據的準確性可能不如專業儀器，但卻使我印象深刻。
28. 在實驗中融入現代人人手一支必備的手機，能讓課程增加一些有趣的感覺，也了解到科技發展的速度是很快的。現在許多實驗也能透過手機來完成，使用手機在操作上也比較方便，畢竟手機每天都在使用也更容易理解內容。

29. 融入手機實驗很新穎，讓實驗內容有趣，增加學習樂趣。
30. 是，平常手機都是拿來玩的，第一次知道手機可以融入物理實驗，覺得非常有趣，加上手機做實驗的數據，會比自己做的還要精準，相對做實驗也更加輕鬆。
31. 將手機融入物理實驗，確實能提升我對實驗的興趣，跳脫了以往我對物理實驗的認知。
32. 有，建議使用 IOS 系統的人，很多希望 APP 能讓 IOS 系統的人使用，實驗融入手機頗有創意，挺有趣的。
33. 很有幫助，用那個 APP 省去許多儀器繁冗的流程，更直觀的了解原理，而且第一次知道這麼好用的 APP，讚。
34. 對於實驗操作來說應該是有比較簡單，以後 APP 可能要開發 IOS 系統，畢竟 I-Phone 的使用者越來越多。
35. 與手機做結合的話，能更有效率的參與課程活動，並且有助於現在人手一機的社會的我們，課程理解更快。
36. 能更方便的測量實驗數據。
37. 我覺得實驗課融入手機元素是個創新的想法，讓實驗課程更加靈活，也讓我們學會 Physics Toolbox 這個 APP 要怎麼操作。
38. 手機融入實驗實蠻有趣的，但是實驗本身的方式不拘，有趣的感覺是實驗本身，不過融入手機的使用令人更輕鬆。
39. 融入手機會覺得還好，但對於實驗操作及記錄真的方便許多，因此我認為可以繼續。
40. 加入手機後在實驗操作上較快上手。
41. 將實驗課程融入手機，我認為在學習興趣和操作上有幫助，但程式因某些牌子的手機而不能下載有些可惜，效果上沒有太大差異，剛開始聽到會用到手機時，有覺得很酷很新穎，少了一點平時上實驗課前會有的小煩躁。
42. 整體的學習幫助不大，但是不用再拿傳統的儀器做實驗還不錯。
43. 在實驗前的預報和影片，對我做實驗有很大的幫助，可以更了解這個實驗在做什麼，我覺得實驗融入手機蠻新穎的，還可以連接電腦，但我還是比較喜歡手做操作實驗，因為我比較喜歡手做實驗。
44. 對於整個實驗來說，個人覺得沒有太大差別，只是多了一個儀器，不過能透過磁鐵找到手機磁場最大的地方，是我沒想過的，挺有趣的，也算是知道一個小常識。
45. 融入手機會變成很生活化的感覺蠻好的，金屬膨脹的那個實驗很好玩。
46. 對於將手機融入課程中，我覺得很棒，可以讓上課的實驗內容跟生活用品有所關聯。
47. 我覺得融入手機的元素，對於整體學習並沒有特別明顯的幫助，但是因為手機是自己的，因此較不會有儀器出狀況的問題操作過程也算簡單明瞭。
48. 幫助說不上，就只是多了一個蒐集數據的器材，但能加快實驗過程並簡化一些步驟，的確很有創意。
49. 我覺得很棒。
50. 課程理解：能將手機應用在實驗中，且能運用內部不常用的零件或理解它的功能。

6. 建議與省思 Recommendations and Reflections

整體來說從前後測的實施，確實可以較為科學的找出教學上可以改進的地方，也可以了解學生的學習成效。而學生的學習回饋問卷可以讓我們更清楚學習三大面向的滿意程度，可找出教學上或課程設計上的改進方向。開放性問卷則讓我們更清楚學生對於新教材的內心想法。總之藉由前後測、學習回饋問卷、開放性問卷實施，幫助我對於教學及課程設計改進提供一個方向，我也能夠更清楚學生的學習成效。

二. 參考文獻 References

1. 周玉真 (2003)：大學新生生活壓力的內涵初探。《諮商與輔導》，第214期，38-44。
2. 楊玉惠 (2013)：大專校院學生核心能力發展之探析，《績效與策略研究》，10卷2期，頁1-36。
3. 陳美玲 (2015)：低頭族的教學策略，《遠東通識學報》，9卷2期，頁91-106。
4. Coleman, L., & Griffith, (1997). Physics in context : An IUPP course. In E.F. Redish & J.S. Ridgen (Eds.), *The Changing Role of Physics Departments in Modern University* (pp.887-890). Proceedings of ICUPE. New York: American Institute of Physics.
5. McDermott, L.C. & Shaffer, P.S. (1997). *Tutorials in Physics*. NJ: Prentice Hall.
6. Mazur, E. (1996). *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
7. Crouch, C.H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970-977.
8. Meltzer, D., & Manivannan, K. (2002). Transforming the lecture-hall environment: The interactive physics lecture. *American Journal of Physics*, 70(6), 639-654.
9. Belcher, J. (2001). Studio Physics at MIT, *MIT Physics Department Newsletter, Fall*. 或參考TEAL Project 網址：<http://web.mit.edu/8.02t/www/>.
10. 謝怡靜，江俊明* (2017)：普通物理實驗創新一利用手機APP驗證馬呂士定律。《物理教育學刊》，18(2)，99-106。
11. 李欣，羅道正，江俊明* (2017)：普通物理實驗的創新一利用手機APP量測地球磁場。《物理教育學刊》，18(2)，83-98。
12. Chun-Ming Chiang, Han-Yang Cheng, (2019). Use smartphones to measure Brewster's angle, *The Physics Teacher*, 57(2), 11.
13. Elton, L. (1997) University physics teaching in reducing circumstances. *Physics Education*, 32(5), 346-350.
14. Roth W.-M., & Roychoudhury, A. (1994). Physics students' epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 5-30.
15. Gardner, H. (1985). *The mind's new Science: A history of the Cognitive Revolution*. New York: Basis Books.
16. 張敬宜(2001)：多元學習情境教學模組之研發-以「二氧化碳」主題為例。《科學教育學刊》，9(3)，235-252。
17. Pintrich, P.R., Marx, R.W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
18. Wertsch, J.V. (1998). *Mind as action*. Oxford: Oxford University Press.
19. Bell, B. (1981). When is an animal not an animal? *Journal of Biological Education*. 15(33), 213-218.

20. Osborne, R.J. (1981). Children's ideas about electric current. *New Zealand Science Teacher*, 20, 12-19.
21. Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66-71.
22. Cyril, H. Hancock (1940). An evaluation of certain popular science misconceptions. *Science Education*, 24(4), 208-213.
23. Osborne, R.J., & Wittrock, M. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12, 59-87.
24. Driver, R. Asoko, H. Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
25. 張慧貞(2007)：創新物理教材教法：理論與錦囊。台中：逢甲大學出版社（獲國科會推薦：科教叢書編號 012）。
26. Unofre Pili, Renante Violanda, and Claude Ceniza, (2018). Measurement of g using a magnetic pendulum and a smartphone magnetometer, *The Physics Teacher*, 56, 258-259.
27. Unofre Pili, and Renante Violanda, (2019). Measuring a spring constant with a smartphone magnetic field sensor, *The Physics Teacher*, 57, 198-199.
28. 鍾佩君, (2017)：初探新版柯氏學習評估模式, *評鑑雙月刊*第 68 期。
29. 張淑賢, (2014)：促進學習的評估原則及指標, *《評估與學習》* 3, 頁 15-21