

教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Cover Page)

計畫編號/Project Number：PMS1090121

學門專案分類/Division：數理學門

執行期間/Funding Period：2020/08/01~2021/07/31

應用創新物理實驗教材進行教學改進

配合課程：普通物理-電、磁、光實驗

計畫主持人(Principal Investigator)：江俊明 教授

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：

逢甲大學物理教學研究中心

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2023 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2021/09/02

應用創新物理實驗教材進行教學改進

一. 報告內文

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

對大學生而言，尤其是大一的新生，除了在課業學習上會面臨挑戰，在獨立生活與建立人際關係上，也需要有一段時間的調適過程。而研究結果顯示，課業問題與人際關係為大學新生最主要的壓力來源。早期上課方式以講述法為主，課堂上透過教師的教導與分享，學生表現出投入的態度並由老師來判斷學生的學習成果。後來教學上加入小組合作的因素，讓學生在小組活動中，可以透過彼此的溝通來互相認識，除了學習也建立了人際關係。所以研究者漸漸將課程的焦點，從以教師為中心的教學模式轉變為以學生為中心的學習型態。學者亦認為教師教學傳遞學科訊息和內容，須透過學習者個人體驗去累積學習經驗，並經過內化過程後才能變成學生的知識。

近年來因為智慧型手機的風行，教室中的低頭族漸漸增多，學生在課堂上的反應顯得被動且冷淡，注意力被網路世界所吸引，造成不少教學上的困擾。因此在面對學習動機日趨低落且缺席率逐年遞增的大一學生時，欲克服學生對物理中抽象觀念的理解與提升對自然科學學習的興趣，就變成大專院校的物理老師必然面對的挑戰。近二十年來，以美國為首的歐美國家，已經有許多物理教授投入大學普通物理相關課程的教學研究行列。較著名的教學改進方案如TUPP計畫、華盛頓大學的PEG、和以哈佛大學為首的Peer Instruction等等。

物理課程近幾年來，由於科技的蓬勃發展，賦予許多過去不容易呈現和理解的物理抽象概念，有了更為直觀與清晰的解說方式，也因此帶動了一股普通物理教學研究的革新熱潮。在試圖提升學生對物理科學相關課程學習興趣的宗旨下，在這股引進科技的創新教學熱潮中，創新教材的開發著實扮演非常重要的環節。不論教學的領域為何，妥適且質精的創新教材設計，除可提升學生的學習興趣外，亦可以讓教師在教學成效上事半功倍。總而言之，伴隨科技日新月異的發展，日趨成熟與普及的科技提供了物理教學者在教學創新部分的多元思考與革新契機。

本計畫旨在探討將我們近幾年所開發的創新實驗教材(將智慧型手機作為量測工具之使用)，引進到大一的普通物理實驗課程教學中並進行教學實踐改進。目前我已開發三種實驗內容，分別為「普通物理實驗創新一利用手機 APP 驗證馬呂士定律」(謝怡靜, 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」(李欣, 羅道正, 江俊明, 2017)以及「Use Smartphones to Measure the Brewster's Angle」(Chun-Ming Chiang(江俊明), Han-Yang Cheng, 2019)，以上三個實驗內容也是此計畫的重點內容。在此計畫中，我希望利用此計畫的執行，實施使用創新教材的實驗課程進行前測及後測，並引進統計分析軟體 SPSS 進行分析，最後並進行期末學習動機問卷，目的在了解學生的學習成效及教材的適合性，並做為相關學門授課教師未來在教法上的精進、創新教材的內容設計，及學習成效評量上的改進。

2. 文獻探討(Literature Review)

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)。而此知識傳輸的方式，多數教師在教學時是根據自己過往的學習經驗來進行教學策略，實施所謂的傳統式教學(Elton, 1997)，因此學生在課堂上的任務僅止於被動的如抄寫筆記等收集資料或接收知識。而行為學派學者則認為，一項理論是經由直接的觀察與測量而得(Reed, 1986)，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(1997)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。

「另有概念」在 1970 到 1980 間是科學教育研究的主要議題之一(Bell, 1981; Osborne, 1983; Clement, 1982)。與另有概念相似的名稱有「既有概念」及「迷思概念」，其中迷思概念一詞最早的出現(Hancock, 1940)，也是建構主義學者的研究方向之一。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 & 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「課堂互動化」。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；而課堂互動化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)。本研究即遵循與實踐建構主義的主張，以「教材生活化」及「課堂互動化」的精神來應用創新教材，配合智慧型手機的使用，使學生將物理學中抽象的觀念與日常生活經驗做出關聯的領悟與體驗，以激發學生物理學習的興趣與動機，以期作為物理實驗教學成效的評估與教學方式精進的依據。

3. 研究問題(Research Question)

本研究將我們近幾年已開發完成的三個創新教材(用手機當量測工具)融入大一的普通物理實驗課程，以物理實驗中所使用的創新教材進行實驗。我們想要了解當創新教材的正式引入到普通物理實驗課程時，(1) 教材的適用性？(2) 教材的改進方向？(3) 老師的教學方法是否合適？(4) 學生的學習成效？(5) 學生在物理原理、儀器的操作與物理觀念是否了解？(6) 創新教材是否能提升學生的學習成效？(7) 老師的教學及助教的講解在實體課程中的重要性？(8) 實體課程與線上課程的學習差異？(此問題是因為疫情關係所產生的)，以上的一些問題都是本教學實踐研究計畫所想要了解的研究問題。

4. 研究設計與方法(Research Methodology)

本計畫是將已開發完成的創新教材融入大學一年級的普通物理實驗課程，為了瞭解我們的研究問題，我們的研究設計主要方法如下：

- (1) 實驗對象：實驗以逢甲大學大學通訊、資電和電子三系修習大一普通物理實驗課程同學為參與者，針對每位參與者進行課程實施前測與後測。其中電子系為我任教的班級，另外兩系為其他兩位老師的班級，這三個班級為同一助教，選擇三個班級主要是為了樣本數。
- (2) 題目設計：前後測的題目設計主要是以(A)課程目的及原理 (B)實驗儀器及操作流程 (C)物理觀念，三個構面的方向進行7個題目的設計。期末的學生回饋問卷則以(A)課程內容及教材 (包含實驗講義及影片) (B)課程創新與學習興趣 (C) 實驗儀器及操作流程，三個構面的方向進行題目的設計。
- (3) 前測實施：學生在家先做實驗預習報告的書寫及實驗影片的觀看，並於該創新實驗的上課前進行該實驗的前測。
- (4) 後測實施：學生在課堂中聽完老師的實驗原理講解及助教的實驗操作及注意事項，學生於課堂中實際做實驗，並將通過的實驗結果回到家中寫結果報告，並於下次上課時進行該實驗的後測。
- (5) 資料收集：學生在課堂中以手機直接在 SurveyCake 所製作產生的題目及問卷中進行回答，並利用該平台進行資料蒐集。
- (6) 資料分析：將前後測所得到的資料先進行研究變數的分類，自變數有三個班級、前後測、Teacher A(我) 與 Teacher others(另外兩位老師)、性別(男生與女生)，依變數為正確率(分題及整體的正確率)。以統計分析軟體 SPSS 依性質進行均數分析(單因子變異數 ANOVA、獨立樣本 t 檢定、成對樣本 t 檢定)和相關分析，來檢定不同因子均數的同質性，藉此找出在顯著性的問題上，進行問題探索性的研究。

註解：由於疫情關係，本來三個創新實驗的實體課程，只有「普通物理實驗創新一利用手機 APP 驗證馬呂士定律」實施了完整的實體課程。另外兩個實驗則改為遠距的線上課程。線上課程與實體課程在實施上，由於學生無法親自做實驗，因此實際操作部分改為給予實驗數據，請學生在家中進行分析，其餘部分不變。

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

(1) 教學過程與成果

實體課程：馬呂士定律實驗

學生於課堂實際操作創新實驗，我們並對其做前測與後測的課堂活動。我們收集到的有效樣本數共 374 份(包含前測與後測各 187 份)。一開始先分類因子，並將原本的題目 A1~A7 改成分析軟體可以分析的資料 B1~B7，並加一個整體正確率 C1，如表一所示。

X：身分識別

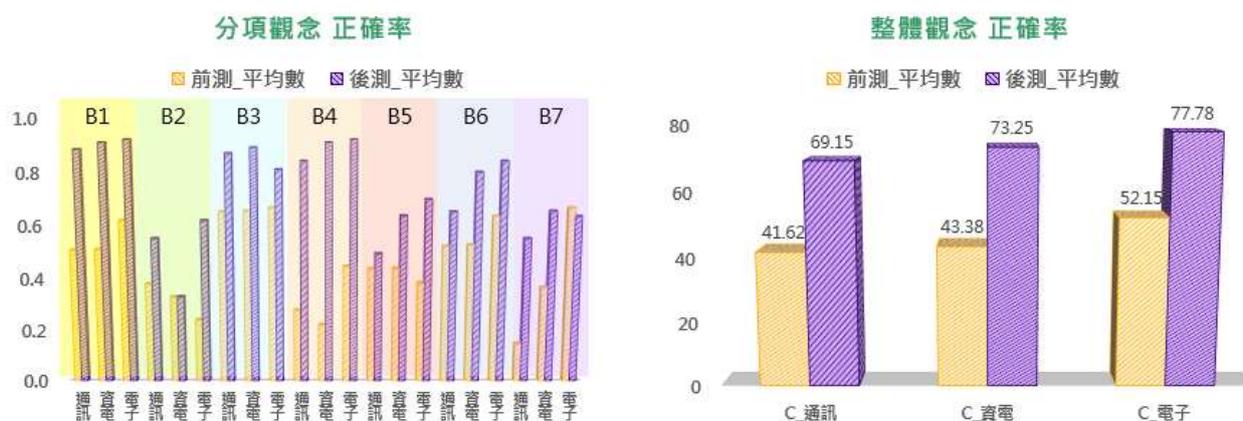
Y：觀念評估

分類因子	變數	說明	測量水準	變數	說明	測量水準
	身分識別	ToSN	全體序號	名義	A1	答案：APP-馬呂士定律中驗證關係
ClsSN		班級序號	名義	A2	答案：APP-馬呂士定律實驗中公式中 I_0 定義	名義
Cls		班級	名義	A3	答案：未在APP-馬呂士定律中使用之儀器	名義
Test		測別	名義	A4	答案：APP-馬呂士定律實驗中的注意事項	名義
Perd		前後測	名義	A5	答案：APP馬呂士定律實驗強度關係式中 θ 值	名義
Tchr		授課教師	名義	A6	答案：APP-馬呂士定律的起偏片主要作用	名義
Gder		學生性別	名義	A7	答案：偏振光的行為	名義
SID		學生學號	名義	B1	A1 正確	名義
Name		姓名	名義	B2	A2 正確	名義
Date		填答日期時間	尺度	B3	A3 正確	名義
成效評估	Dur	填答秒數	尺度	B4	A4 正確	名義
	IP	IP地址	名義	B5	A5 正確	名義
				B6	A6 正確	名義
				B7	A7 正確	名義
				C1	整體正確率	尺度

表一 資料變數分類

接著我們進行三個班級的前後測資料分析，依其性質使用所以採用單因子變異數ANOVA的分析工具。

單因子變異數ANOVA：



圖一 不同班級分項題目及整體題目的正確率

在圖一我們發現學生經過實際老師及助教的講解，並親自實驗操作後，其學習成效均進步。但此差異是否在統計上有意義，則需進一步分析其顯著性 (p -value 小於 0.05)。

前測		平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性
B1_APP-馬中驗證關係	組間	0.51	2	0.26	1.03	.358
	組內	45.85	184	0.25		
B2_APP-馬呂士定律實驗中公式中 t_0 定義	組間	0.64	2	0.32	1.49	.228
	組內	39.74	184	0.22		
B3_未在APP-馬呂士中使用之儀器	組間	0.01	2	0.00	0.02	.983
	組內	42.09	184	0.23		
B4_APP-馬呂士實驗中的注意事項	組間	1.68	2	0.84	3.99	.020
	組內	38.71	184	0.21		
B5_APP-馬呂士實驗強度關係式中 θ 值	組間	0.12	2	0.06	0.25	.777
	組內	45.34	184	0.25		
B6_APP-馬呂士的起偏片主要作用	組間	0.51	2	0.26	1.04	.357
	組內	45.53	184	0.25		
B7_偏振光的行為	組間	9.00	2	4.50	23.47	.000
	組內	35.28	184	0.19		
C1_整體正確率	組間	4,072.51	2	2,036.25	3.86	.023
	組內	97,075.33	184	527.58		

表二 辨識 前測中-班級因子平均數存在差異之假設檢定組

在進一步的分析中，我們發現在題目 B4、B7 及 C1 中 p -value 小於 0.05，具有顯著性，也就是說在統計上是有意義的。

後測		平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性
B1_APP-馬呂士中驗證關係	組間	0.05	2	0.02	0.26	.769
	組內	16.22	184	0.09		
B2_APP-馬呂士實驗中公式中 t_0 定義	組間	2.70	2	1.35	5.64	.004
	組內	44.04	184	0.24		
B3_未在APP-馬呂士中使用之儀器	組間	0.22	2	0.11	0.87	.422
	組內	22.89	184	0.12		
B4_APP-馬呂士實驗中的注意事項	組間	0.25	2	0.12	1.23	.294
	組內	18.40	184	0.10		
B5_APP-馬呂士實驗強度關係式中 θ 值	組間	1.47	2	0.74	3.13	.046
	組內	43.24	184	0.24		
B6_APP-馬呂士的起偏片主要作用	組間	1.31	2	0.65	3.66	.028
	組內	32.86	184	0.18		
B7_偏振光的行為	組間	0.39	2	0.20	0.81	.444
	組內	44.11	184	0.24		
C1_整體正確率	組間	2,450.96	2	1,225.48	3.32	.038
	組內	67,936.06	184	369.22		

表三 辨識 後測中-班級因子平均數存在差異之假設檢定組

而在表三中，B2、B5、B6 及 C1 中 p -value 小於 0.05，具有顯著性。當 ANOVA 檢定顯示多組不同因子之平均數具有顯著差異時，事後檢定的執行便可進一步辨識出平均數差異存在之處。為了確認合適的事後檢定的檢定方式，我們可以先看 Levene 統計量所對應的 p -value，若 p -value 小於 0.05 會採用 T2 檢定，若大於 0.05 則採用 Scheffee。

測別	觀念	Levene 統計量	分子 自由度	分母 自由度	顯著性	推論	採用之檢定值
前測	B1_APP-馬呂士中驗證關係	3.60	2	184	.029	變異數 相異	T2
	B2_APP-馬呂士實驗中公式中 I_0 定義	6.52	2	184	.002	變異數 相異	T2
	B3_未在APP-馬呂士中使用之儀器	0.07	2	184	.933	變異數 無異	Scheffee
	B4_APP-馬呂士實驗中的注意事項	10.95	2	184	.000	變異數 相異	T2
	B5_APP-馬呂士實驗強度關係式中 θ 值	1.14	2	184	.322	變異數 無異	Scheffee
	B6_APP-馬呂士的起偏片主要作用	4.20	2	184	.017	變異數 相異	T2
	B7_偏振光的行為	24.88	2	184	.000	變異數 相異	T2
C1_整體正確率	1.65	2	184	.194	變異數 無異	Scheffee	
後測	B1_APP-馬呂士中驗證關係	1.05	2	184	.353	變異數 無異	Scheffee
	B2_APP-馬呂士實驗中公式中 I_0 定義	3.40	2	184	.035	變異數 相異	T2
	B3_未在APP-馬呂士中使用之儀器	3.40	2	184	.035	變異數 相異	T2
	B4_APP-馬呂士實驗中的注意事項	4.92	2	184	.008	變異數 相異	T2
	B5_APP-馬呂士實驗強度關係式中 θ 值	6.16	2	184	.003	變異數 相異	T2
	B6_APP-馬呂士的起偏片主要作用	13.19	2	184	.000	變異數 相異	T2
	B7_偏振光的行為	2.35	2	184	.098	變異數 無異	Scheffee
C1_整體正確率	1.88	2	184	.155	變異數 無異	Scheffee	

表四 確認各假設檢定組-事後檢定所需使用之檢定法

確定了檢定方式以後，我們進一步去看各班級相關題目作答顯著性的結果。

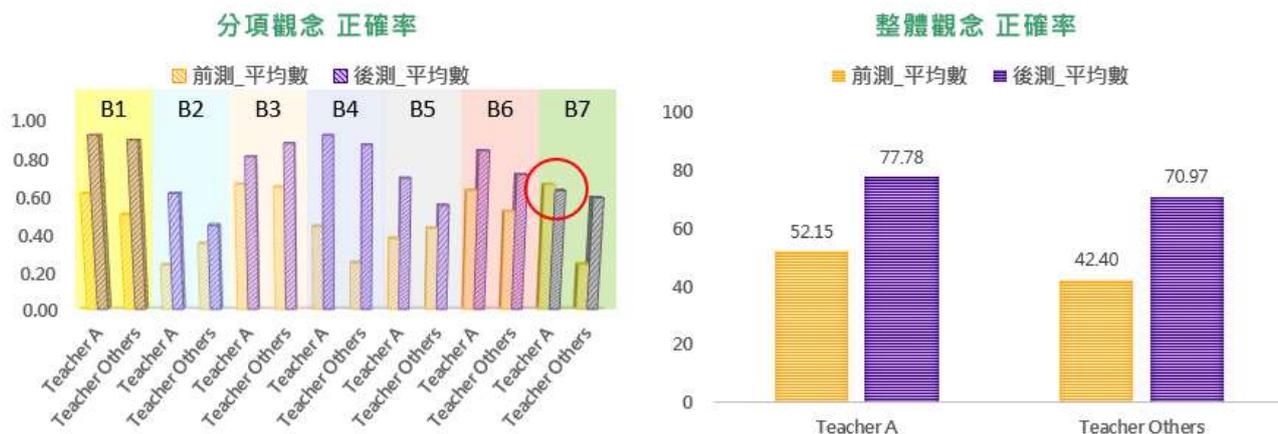
測別	問項	班級 I	班級 J	班級 I-J	標準誤	顯著性	95% CI 下限	95% CI 上限
前測	B4_APP-馬呂士實驗中的注意事項	資電	電子	-.226	.085	.025	-.43	-.02
	B7_偏振光的行為	通訊	資電	-.219	.078	.019	-.41	-.03
	B7_偏振光的行為	通訊	電子	-.522	.074	.000	-.70	-.34
	B7_偏振光的行為	資電	電子	-.303	.089	.003	-.52	-.09
	C1_整體正確率	通訊	電子	-10.539	4.003	.033	-20.42	-.66
後測	B2_APP-馬呂士實驗中公式中 I_0 定義	通訊	資電	.223	.088	.036	.01	.44
	B2_APP-馬呂士實驗中公式中 I_0 定義	資電	電子	-.292	.089	.004	-.51	-.08
	B5_APP-馬呂士實驗強度關係式中 θ 值	通訊	電子	-.206	.084	.047	-.41	.00
	B6_APP-馬呂士的起偏片主要作用	通訊	電子	-.189	.074	.035	-.37	-.01
	C1_整體正確率	通訊	電子	-8.627	3.348	.038	-16.89	-.36

表五 前後測中-班級因子平均數存在差異

在表五中，可以看到在不同的題目(有顯著性)中，看到不同的班級的表現，例如在前測中的 B4 題目，電子系的表現比資電好，至於原因與系的屬性或教學方法或其他因素，是未來可以探討的問題。

接著我們想了解在相同的助教帶領下，不同的教師的上課方式，在使用相同的創新實驗教材，其教學成效。由於分成 Teacher A 及 Teacher Others 兩類，所以採用獨立樣本 t 檢定。

獨立樣本 t 檢定：不同教師



圖二 不同教師分項題目及整體題目的正確率

從分析結果發現除了 B7(Teacher A)的進步不多外，其餘部分都有明顯進步。此差異是否有統計上的意義，我們將進一步分析。

前測		平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性
B1_APP-馬呂士定律中驗證關係	組間	0.51	1	0.51	2.076	.151
	組內	45.85	185	0.25		
B2_APP-馬呂士定律實驗中公式中 l_0 定義	組間	0.57	1	0.57	2.645	.106
	組內	39.82	185	0.22		
B3_未在APP-馬呂士定律中使用之儀器	組間	0.01	1	0.01	.033	.856
	組內	42.09	185	0.23		
B4_APP-馬呂士定律實驗中的注意事項	組間	1.58	1	1.58	7.530	.007
	組內	38.81	185	0.21		
B5_APP-馬呂士定律實驗強度關係式中 θ 值	組間	0.12	1	0.12	.507	.477
	組內	45.34	185	0.25		
B6_APP-馬呂士定律的起偏片主要作用	組間	0.51	1	0.51	2.081	.151
	組內	45.53	185	0.25		
B7_偏振光的行為	組間	7.54	1	7.54	37.945	.000
	組內	36.74	185	0.20		
C1_整體正確率	組間	3,977.53	1	3,977.53	7.573	.007
	組內	97,170.31	185	525.24		

表六 辨識前測中-教師因子平均數存在差異之假設檢定組

後測		平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性
B1_APP-馬呂士定律中驗證關係	組間	0.03	1	0.03	.309	.579
	組內	16.24	185	0.09		
B2_APP-馬呂士定律實驗中公式中 t_0 定義	組間	1.17	1	1.17	4.755	.030
	組內	45.57	185	0.25		
B3_未在APP-馬呂士定律中使用之儀器	組間	0.20	1	0.20	1.631	.203
	組內	22.90	185	0.12		
B4_APP-馬呂士定律實驗中的注意事項	組間	0.10	1	0.10	1.028	.312
	組內	18.54	185	0.10		
B5_APP-馬呂士定律實驗強度關係式中 θ 值	組間	0.84	1	0.84	3.550	.061
	組內	43.87	185	0.24		
B6_APP-馬呂士定律的起偏片主要作用	組間	0.64	1	0.64	3.517	.062
	組內	33.53	185	0.18		
B7_偏振光的行為	組間	0.06	1	0.06	.253	.616
	組內	44.44	185	0.24		
C1_整體正確率	組間	1937.55	1	1937.55	5.237	.023
	組內	68449.47	185	370.00		

表七 辨識後測中-教師因子平均數存在差異之假設檢定組
 在表六及表七中，前測的 B4、B7、及 C1，後測的 B2 及 C1，其 p -value 均小於 0.05，具有顯著性。底下我們將具有顯著性的題目彙整，看各項分題的答對率及整體正確率的平均數，就可以進一步看出結果。

變數標記	教師	筆數	前測		後測	
			平均數	標準差	平均數	標準差
B2_APP-馬呂士實驗中公式中 t_0 定義	Teacher A	63	.24	.429	.62	.490
	Teacher Others	124	.35	.480	.45	.500
B4_APP-馬呂士實驗中的注意事項	Teacher A	63	.44	.501	.92	.272
	Teacher Others	124	.25	.435	.87	.337
B7_偏振光的行為	Teacher A	63	.67	.475	.63	.485
	Teacher Others	124	.24	.430	.60	.493
C1_整體正確率	Teacher A	63	52.15	23.814	77.78	20.967
	Teacher Others	124	42.40	22.453	70.97	18.301

表八 前後測中-教師因子平均數存在差異

接著我們對不同性別的學生做獨立樣本 t 檢定的分析。

獨立樣本 t 檢定：不同性別的學生



圖三 不同性別的學生分項題目及整體題目的正確率

從分析結果發現除了 B5(女性)的稍有退步外，其餘部分都有明顯進步。此差異是否有統計上的意義，我們將進一步分析。

前測		平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性
B1_APP-馬呂士定律中驗證關係	組間	0.45	1	0.45	1.814	.180
	組內	45.91	185	0.25		
B2_APP-馬呂士定律實驗中公式中 I_0 定義	組間	2.45	1	2.45	11.945	.001
	組內	37.94	185	0.21		
B3_未在APP-馬呂士定律中使用之儀器	組間	0.06	1	0.06	.259	.611
	組內	42.04	185	0.23		
B4_APP-馬呂士定律實驗中的注意事項	組間	0.02	1	0.02	.072	.789
	組內	40.37	185	0.22		
B5_APP-馬呂士定律實驗強度關係式中 θ 值	組間	1.94	1	1.94	8.233	.005
	組內	43.53	185	0.24		
B6_APP-馬呂士定律的起偏片主要作用	組間	0.14	1	0.14	.577	.449
	組內	45.90	185	0.25		
B7_偏振光的行為	組間	0.00	1	0.00	.000	.995
	組內	44.28	185	0.24		
C1_整體正確率	組間	3,899.00	1	3,899.00	7.417	.007
	組內	97,248.83	185	525.67		

表九 辨識前測中-性別因子平均數存在差異之假設檢定組

後測		平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性
B1_APP-馬呂士定律中驗證關係	組間	0.01	1	0.01	.163	.687
	組內	16.25	185	0.09		
B2_APP-馬呂士定律實驗中公式中 I_0 定義	組間	0.73	1	0.73	2.928	.089
	組內	46.01	185	0.25		
B3_未在APP-馬呂士定律中使用之儀器	組間	0.67	1	0.67	5.549	.020
	組內	22.43	185	0.12		
B4_APP-馬呂士定律實驗中的注意事項	組間	0.17	1	0.17	1.701	.194
	組內	18.47	185	0.10		
B5_APP-馬呂士定律實驗強度關係式中 θ 值	組間	0.13	1	0.13	.528	.468
	組內	44.59	185	0.24		
B6_APP-馬呂士定律的起偏片主要作用	組間	0.78	1	0.78	4.314	.039
	組內	33.39	185	0.18		
B7_偏振光的行為	組間	0.02	1	0.02	.096	.758
	組內	44.48	185	0.24		
C1_整體正確率	組間	55.83	1	55.83	.147	.702
	組內	70331.18	185	380.17		

表十 辨識後測中-性別因子平均數存在差異之假設檢定組

在表九及表十中，前測的 B2、B5、及 C1，後測的 B3 及 B6，其 p -value 均小於 0.05，具有顯著性。底下我們將具有顯著性的題目彙整，看各項分題的答對率及整體正確率的平均數，就可以進一步看出結果。

變數標記	性別	筆數	前測		後測	
			平均數	標準差	平均數	標準差
B2_APP-馬呂士實驗中公式中 θ 定義	女性	39	.54	0.505	.63	.489
	男性	148	.26	0.438	.48	.501
B3_未在APP-馬呂士定律中使用之儀器	女性	39	.69	0.468	.74	.446
	男性	148	.65	0.479	.89	.319
B5_APP-馬呂士實驗強度關係式中 θ 值	女性	39	.62	0.493	.55	.504
	男性	148	.36	0.483	.62	.488
B6_APP-馬呂士的起偏片主要作用	女性	39	.62	0.493	.63	.489
	男性	148	.55	0.499	.79	.407
C1_整體正確率	女性	39	54.58	18.789	72.18	18.475
	男性	148	43.34	23.881	73.54	19.745

表十一 前後測中-性別因子平均數存在差異

接著我們想分析三個班級其前後測的整體正確率，由於每個班級的前後測是屬於同一樣本但時間序列不同，也就是說課室為兩個相依樣本，因此採用成對樣本 t 檢定。

成對樣本 t 檢定：同一班級不同時間點的樣本(前測及後測)

	平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
前測 整體正確率	45.68	187	23.32	1.71
後測 整體正確率	73.26	187	19.45	1.42

成對樣本檢定

全體成對樣本 前後測 平均數差異 之統計量 及 顯著性

(前測 - 後測)_整體正確率	成對變數差異				t	自由度	顯著性
	平均數	標準差	標準誤	差異的 95% 信賴區間 下界 上界			
	-27.58	27.91	2.04	-31.60 -23.55	-13.51	186	.000

成對樣本檢定

各班成對樣本 前後測 平均數差異 之統計量 及 顯著性

班級	成對變數差異				t	自由度	顯著性
	平均數	標準差	標準誤	差異的 95% 信賴區間 下界 上界			
通訊一甲 (前測 - 後測) 整體正確率	-27.53	29.02	3.49	-34.51 -20.56	-7.88	68	.000
資電一甲 (前測 - 後測) 整體正確率	-29.87	28.74	3.88	-37.64 -22.10	-7.71	54	.000
電子一乙 (前測 - 後測) 整體正確率	-25.62	26.18	3.30	-32.22 -19.03	-7.77	62	.000

表十二 三個班級全部及個別的成對樣本 t 檢定

在表十二中我們發現如果看三個班級全部的成對樣本檢定，會發現具有顯著性。但是如果細看個別的班級，會發現也是都具有顯著性。此顯示全體學生整體觀念正確率因此創新教學而有所增益。

我們接著看相關分析，我們知道 Pearson 相關係數如果大於 0 且越接近 1 代表相關性越強。

相關分析：前後測之整體正確率的 Pearson 相關係數

因子	因子水準	變項	C1_後測
班級	通訊系	C1_前測	.007
	資電系	C1_前測	.008
	電子系	C1_前測	.322*
授課教師	Teacher A	C1_前測	.322*
	Others	C1_前測	.012
學生性別	女性	C1_前測	.039
	男性	C1_前測	.189*
全體學生		C1_前測	.158*

表十三 不同因子的前後測的 Pearson 相關係數

相關分析檢定程序可辨識出

全體學生之前測與後測的整體正確率 C1，具有顯著的正相關。電子系之前測與後測的整體正確率 C1，具有顯著的正相關，而通訊系與資電系則不顯著。授課教師 A 之前測與後測的整體正確率 C1，具有顯著的正相關，而其他教師則不顯著。男性學生之前測與後測的整體正確率 C1，具有顯著的正相關，而女性學生則不顯著。

線上課程 1：布魯斯特角實驗

此實驗回收的有效樣本數共 218 份(前後測各 109 份)。

線上課程 2：磁場量測實驗

此實驗回收的有效樣本數共 132 份(前後測各 66 份)。

很明顯的回收的質與量無法和實體課程相比，這樣的結果很值得未來在執行相關的計畫時需考慮的部分。

在線上課程我們一樣如前面的分析方式針對底下進行分析

- A. 分類因子：(X) 學生性別 /授課教師 /實施班級 /前後測別
- B. 成效因子：(Y) 主題觀念之分項正確率(B1-B7) /整體正確率(C1)
- C. 分析樣本：大學 通訊系(69) /資電系(55) /電子系(63)共 3 班的修課同學
- D. 分析方法：敘述統計/ ANOVA /獨立樣本 t 檢定/成對樣本 t 檢定/相關分析

研究結果發現：

- A. 在全體學生 前後測的 整體正確率上，存在著顯著性差異。此顯示全體學生整體觀念正確率因此創新教學而有所增益。
- B. 在某些題目上發現學生前後測的進步不多，經發現相關題目需要老師講解，因此正確率進步不大。
- C. 回收有效問卷明顯減少，不利於分析。

(2) 教師教學反思

我首度將創新教材實驗的前後測在教學上實施，為了讓其結果呈現正確性，每次的測驗我都請學生要小心認真作答。本來三個創新實驗都是實體課程，偏偏疫情的干擾，最後有兩個創新實驗只能用線上教學，而可惜的是線上教學所回收的資料質與量都遠不如實體課程所回收的資料，這部分較為可惜。另外從資料的收集和分析其實並不容易，花了很多時間，但是結果卻是美好的，我也發現許多以前教學上未能注意到的地方，也更清楚學生的學習狀況，這都是很好的收穫。而我也因為此計畫的實施，有了一套檢驗創新教材改進的流程，相信在未來我的教學會因為此而更好。

學生學習回饋

期末時我們針對三個構面的問題實施了學生學習回饋問卷。

構面	說明	變數	說明
A	課程內容及教材 (包含實驗講義及影片)	B1	引進智慧型手機到實驗課程，會增加我的學習興趣
B	課程創新與學習興趣	B2	我認為實驗可以用智慧型手機是一件有趣的事情
C	實驗儀器及操作流程	B3	我覺得創新實驗課程比原本的實驗更有趣
		B4	我對本校的物理實驗課程創新的滿意度
		B5	我對實驗的創新在教學上很重要
		B6_1	量測布魯斯特角的創新實驗，創新的滿意度
		B6_2	量測磁場的創新實驗，創新的滿意度
		B6_3	馬呂士定律的創新實驗，創新的滿意度
		B7	我認為創新課程更能讓我科學產生興趣
		B8	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
量測布魯斯特角	量測磁場	馬呂士定律	
變數	說明	變數	說明
A1	影片的實驗介紹可以幫助我了解實驗內容	C1	我經由實驗講義就可以了解實驗的操作流程
A2	課程實驗講義內容我可以看得懂	C2	我經由觀看實驗影片就可以了解實驗的操作流程
A3	課程實驗講義的原理部分我可以了解	C3	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
A4	我對實驗講義的滿意度	C4	實驗過程中實驗的儀器我可以獨立操作
A5	我對實驗教學影片的滿意度	C5_1	量測布魯斯特角的創新實驗，儀器架設我沒有問題
A6_1	量測布魯斯特角的實驗，課程內容的滿意度	C6_1	量測布魯斯特角的創新實驗，APP使用我沒有問題
A6_2	量測磁場的實驗，課程內容的滿意度	C5_2	量測磁場的創新實驗，儀器架設我沒有問題
A6_3	馬呂士定律的實驗，課程內容的滿意度	C6_2	量測磁場的創新實驗，APP使用我沒有問題
A7	我覺得創新實驗更能讓我了解實驗相關的物理現象	C5_3	馬呂士定律的創新實驗，儀器架設我沒有問題
		C6_3	馬呂士定律的創新實驗，APP使用我沒有問題

表十四 三個構面設計的學生學習回饋問卷題目

變數	說明
A1	影片的實驗介紹可以幫助我了解實驗內容
A2	課程實驗講義內容我可以看得懂
A3	課程實驗講義的原理部分我可以了解
A4	我對實驗講義的滿意度
A5	我對實驗教學影片的滿意度
A6_1	量測布魯斯特角的實驗，課程內容的滿意度
A6_2	量測磁場的實驗，課程內容的滿意度
A6_3	馬呂士定律的實驗，課程內容的滿意度
A7	我覺得創新實驗更能讓我了解實驗相關的物理現象

課程內容及教材 平均數



圖四 A 構面題目下的問卷回饋

在圖四中我們發現到，同學滿意度最高的 A7，而 A7 的問題是：我覺得創新實驗更能讓我了解實驗相關的物理現象。也就是說同學對於創新教材的結果是滿意的。

變數	說明
B1	引進智慧型手機到實驗課程，會增加我的學習興趣
B2	我認為實驗可以用智慧型手機是一件有趣的事情
B3	我覺得創新實驗課程比原本的實驗更有趣
B4	我對本校的物理實驗課程創新的滿意度
B5	我對實驗的創新在教學上很重要
B6_1	量測布魯斯特角的創新實驗，創新的滿意度
B6_2	量測磁場的創新實驗，創新的滿意度
B6_3	馬呂士定律的創新實驗，創新的滿意度
B7	我認為創新課程更能讓我科學產生興趣
B8	我覺得創新課程能有效融入現代科技產品，是一件重要的事情

課程創新與學習興趣 平均數

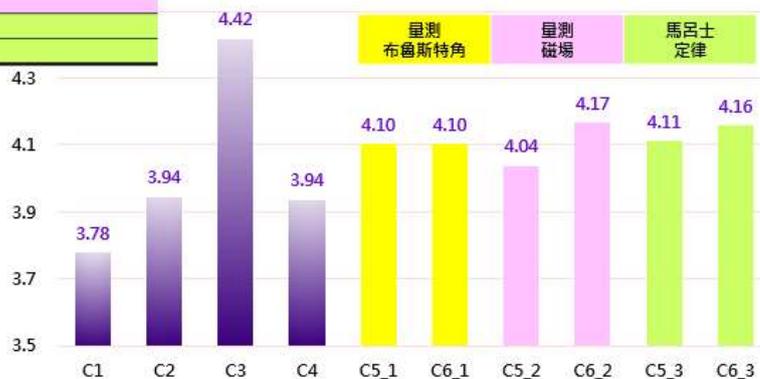


圖五 B 構面題目下的問卷回饋

在圖五中我們發現到，同學滿意度最高的 B5，而 B5 的問題是：我對實驗的創新在教學上很重要。更進一步的發現到學生是認為創新教材在教學上是很重要。

變數	說明
C1	我經由實驗講義就可以了解實驗的操作流程
C2	我經由觀看實驗影片就可以了解實驗的操作流程
C3	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好
C4	實驗過程中實驗的儀器我可以獨立操作
C5_1	量測布魯斯特角的創新實驗，儀器架設我沒有問題
C6_1	量測布魯斯特角的創新實驗，APP使用我沒有問題
C5_2	量測磁場的創新實驗，儀器架設我沒有問題
C6_2	量測磁場的創新實驗，APP使用我沒有問題
C5_3	馬呂士定律的創新實驗，儀器架設我沒有問題
C6_3	馬呂士定律的創新實驗，APP使用我沒有問題

實驗儀器及操作流程 平均數



圖六 C 構面題目下的問卷回饋

在圖六中我們發現到，同學滿意度最高的 C3，而 C3 的問題是：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好。從這裡我們可以知道老師的教學及助教的講解是實驗教學很重要的一環。

6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

在此計畫的執行過程中，我首度將統計分析軟體 SPSS 引進的教學成果分析中，意外的得到原先我在教學上無法得知的部分，也更清楚學生對於學習過程中比較不會的物理觀念或實驗操作流程及實驗原理的理解。利用前後測的實施，從結果分析，更清楚瞭解到實驗課程老師的教學及學生的動手做的重要性。也更清楚學生的學習狀況及教材要改進的地方，發現需要加強的物理觀念，也看到學生的學習成效。這些都是使用科學的分析讓我們知道教學上好的地方與需改進的地方，第一次作這樣的分析，覺得收穫滿滿。未來如果有機會能再進一步與學生訪談，應該能找到更好的教學改進方向。我也認為未來若開發出新的創新教材，而我在此計畫所使用的方法會是一個不錯的檢驗方式，讓創新教材更能貼近教學。

二. 參考文獻(References)

1. 劉思遠(2012)。大學的生活壓力。《諮商與輔導》，313，38-41。doi:10.29837/CG.201201.0008
2. 陳美玲(2015)。低頭族的教學策略。《遠東通識學報》，9(2)，91-106。doi:10.6795/JFEUGE
3. 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。doi:10.6173/CJSE.2001.0903.02
4. 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)
5. 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(2)，1-36。doi:10.6736/JPSR.201309_10(2).0001
6. 謝怡靜、作者(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。doi:10.6212/CPE.2017.1802.07
7. Bell, B. (1981). When is an animal not an animal? *Journal of Biological Education*, 15(3), 213-218. doi:0.1080/00219266.1981.9564381
8. Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66-71. doi:10.1119/1.12989
9. 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. doi:10.1063/1.53212
10. Crouch, C.H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970-977. doi:10.1119/1.1374249
11. Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12. doi: 10.3102/0013189X023007005
12. Elton, L. (1997) University physics teaching in reducing circumstances. *Physics Education*, 32(5), 346-350.
13. Hancock, C. H. (1940). An evaluation of certain popular science misconceptions. *Science Education*, 24(4), 208-213, doi:10.1002/sce.3730240409
14. Meltzer, D., & Manivannan, K. (2002). Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics lecture. *American Journal of Physics*, 70(6), 639-654. doi:10.1119/1.1463739
15. Osborne, R. (1983). Towards Modifying Children's ideas about electric current. *Research in Science & Technological Education*, 1(1), 73 - 82. doi:10.1080/0263514830010108
16. Osborne, R., & Wittrock, M. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12(1), 59-87. doi:10.1080/03057268508559923
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. doi:10.3102/00346543063002167
18. Reed, E. (1986). The Mind's New Science: A history of the cognitive revolution. Howard Gardner. *Isis*, 77(3), 530 - 532. doi:10.1086/354227
19. 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. doi:10.1002/tea.3660310104
20. Seetaram, N., & Petit, S. (2012). Panel Data Analysis. *Handbook of research methods in tourism*. Handbook of Research Methods in Tourism. doi:10.4337/9781781001295.00013
21. Wertsch, J.V. (1997). *Mind as action*. Oxford: Oxford University Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780195117530.001

三. 附件(Appendix) (請勿超過 10 頁)

附件是三個創新實驗的題目

馬呂士定律(紅字為答案)

- 下列哪項是 APP-馬呂士定律中(θ 為兩偏振片角度)所驗證關係?
(A)光照度應與 θ 成正比關係
(B)狹縫大小應與 Δy 成反比關係
(C)光照度應與 $\cos^2(\theta)$ 成正比關係
(D)光照度應與 θ 沒有關係
- 在 APP-馬呂士定律實驗中，我們將公式中 I_0 定義為?
(A)反射光強度
(B)雷射光出光強度
(C)通過兩互相垂直偏振片後光強度
(D)雷射光通過起偏片角度後的光強度
- 下列哪一項儀器沒有在 APP-馬呂士定律中使用?
(A)磁感測器
(B)偏振片
(C)L 形承座
(D)功率 5mW 雷射
- 下列在 APP-馬呂士定律實驗中的注意事項，何者正確?
(A)在架設時，儀器的擺放依序為起偏片、雷射、檢偏片、手機
(B)打開雷射調整時，記得將雷射對準手機整體的中央部分
(C)調整檢偏時，需旋轉至手機讀數最大亮度定為起始刻度
(D)旋轉角度時，將起偏旋轉每 20 度增加一次，直至 180 度

5. 在馬呂士定律-APP 實驗中，可知強度關係式為 $I=I_0\cos^2(2\theta)$ ，則公式中 θ 值代表？
- (A)起偏片角度
(B)起偏片與入射光夾角
(C)檢偏片角度
(D)檢偏片與起偏片夾角
6. 在 APP-馬呂士定律的起偏片主要作用為？
- (A)使雷射光具有同一偏振方向**
(B)可將雷射光的雜訊濾除
(C)將雷射光的亮度削弱
(D)使雷射通過檢偏片時光束不歪斜
7. 光是一種電磁波，如果光的電磁場振動方向只發生在某一特定方向，亦即電場與磁場振動方向固定的光稱為偏振光。實驗中的偏振光的行為屬於？
- (A)線偏振**
(B)圓偏振
(C)橢圓偏振
(D)任意偏振

布魯斯特角(紅字為答案)

1. 當入射光為極化光時照到玻璃表面，且反射光的光強度最低時，此時入射角、反射角，折射角的關係為何？
- (A)入射角+反射角=90°
(B)入射角+折射角=90°
(C)入射角=折射角
(D)反射角=折射角
2. 在 APP-布魯斯特角的實驗中，布魯斯特角 θ_p 與折射材質之折射率 n 的關係為何？
- (A) $n=1/[\tan(\theta_p)]$
(B) $n=\tan(\theta_p)$
(C) $n=\tan^{-1}(\theta_p)$
(D) $n=\sin(\theta_p)$
3. 在「利用手機 APP 量測布魯斯特角」的實驗中，我們利用哪一類型的 App 來測量光強度大小？
- (A)Acceleration Meter (B)Gauss Meter
(C)Sound Meter **(D)Lux Meter**
4. 在「利用手機 APP 量測布魯斯特角」的實驗中，我們的未使用到那些儀器？
- (A)手機
(B)直流電源供應器
(C)刻度盤
(D)小圓柱透鏡

5. 在 APP-布魯斯特角實驗中，小圓柱透鏡的作用為？
 - (A) 將光線產生同一方向的偏振
 - (B) 使光線通過形成擴散的光跡**
 - (C) 聚焦光線使其容易量測
 - (D) 使光可以通過待測物中心
6. 在此實驗時，我們驗證當自然光入射角度為布魯斯特角時，下列何種結論錯誤？
 - (A) 折射光偏振為線偏振光
 - (B) 若入射光偏振方向為鉛直方向，則反射光強度會最高**
 - (C) 反射光偏振為線偏振光
 - (D) 折射光角度加上反射光角度為 90°
7. 當入射光以布魯斯特角的角度入射至界面時，反射光的行為是？
 - (A) 沒有任何變化
 - (B) 光的強度增強
 - (C) 光全部反射，沒有折射**
 - (D) 光的強度減弱或不反射

量測磁場(紅字為答案)

1. 測量磁場實驗，測量單一線圈中心的磁場，以回推計算某個物理量。請問是計算下列哪個物理量？
 - (A) 圓周率 π
 - (B) 線圈匝數 N
 - (C) 重力加速度 g
 - (D) 真空導磁率理論值**
2. 在 APP-量測磁場校正部分中，為什麼要移動手機及支架找出兩線圈(亥姆霍茲線圈)中心區域？
 - (A) 因為兩線圈中心為均勻磁場**
 - (B) 因為兩線圈中心區域磁場最多
 - (C) 因為兩線圈中心區域磁場 APP 程式才量測的到
 - (D) 因為兩線圈中心區域磁場具有時變性
3. 測量磁場實驗，下列哪一項儀器沒有使用過？
 - (A) 可變電阻
 - (B) 數位式三用電錶
 - (C) 函數訊號產生器**
 - (D) 直流電源供應器
4. 量測磁場中，使用亥姆霍茲線圈校正手機感測器操作流程，下列哪一項錯誤？
 - (A) 須將直流電源供應器架至線圈中心**
 - (B) 在直流電源供應器尚未開啟時需先清除背景磁場
 - (C) 校正過程中盡量減少附近外加磁場因素干擾
 - (D) 校正完成後，手機感測器位置會大略位於亥姆霍茲線圈中心處

5. 在 APP-量測磁場第二部分-量測環形線圈中心磁場大小中的架設過程，哪項有誤？
- (A)把手機移至單一線圈中央
 - (B)將兩線圈通以同向電流，以找出中心點**
 - (C)上下移動手機找磁場最小，軸向移動找磁場最大位置
 - (D)去除環境磁場後即可開始量測
6. 量測磁場實驗中，在末段量測地磁部分，何者為量測的最佳地點(最少干擾)？
- (A)中華電信之基地台旁
 - (B)空曠無人的操場**
 - (C)逢甲夜市的網咖旁
 - (D)巷口的 7-11 電線桿旁
7. 在量測磁場實驗中，若線圈匝數及電流不變，在兩線圈通以反向電流，若在中心區域放入一指北針(指針起始指向右方軸向，已去除環境磁場)，則指針會偏轉幾度？
- (A)0°
 - (B)30°
 - (C)60°
 - (D)90°**