

自主建構式問題導向學習法 應用於物理實驗課程的成效探究

本項研究論文結果 已經同儕審查獲
教育部《教學實踐研究期刊》接受刊出

中山大學 物理系
黃旭明 教授

研究動機

- 食譜式實驗教學：
傳統實驗教學法過度強調操作步驟與結果再現性，忽略了對學生科學原理深度理解與探究能力的培養。
特徵：

學生必須閱讀實驗操作手冊；在課堂上，則依據手冊的實驗步驟進行「食譜式」操作；而在課堂後，繳交一份實驗結果的報告。

「食譜式」的實驗課程雖然可以讓每位學生都得到初步的實驗結果，但由於過度強調操作步驟且太過制式，學生往往對於整個實驗的設計細節和原理大多不甚理解

這種學習結果僅使學生獲得表面的科學知識，而無法有效提升學生的科學素養或為專業知識的學習打下堅實基礎。

「食譜式」的實驗課程，缺乏讓學生提出假設、設計實驗過程、推論實驗結果、以及反思批判思考的過程。

優點：管理方便、變數較少，學生也能迅速掌握各種「物理常數」的測量方法

缺點：教師不易得知學生在整個實驗過程中的學習情況與對於背後原理的理解，教師亦無法確認學生在該領域有無傑出的表現，這些問題都來自於師生的互動過少、實驗操作模式太過單一所致。這結果往往讓無法學生實際學習到真正對於科學研究、探究能力、科學態度以及科學批判知識和能力。更重要的是，教師無法針對學生的知識不足或實驗方法進行適當的指導和調整，這將降低理工科學生的科學能力和素養。

自主建構式問題導向學習法

- 在學期初給予同學一個具體題目，讓學生從理論分析、設計實驗步驟、設計實驗儀器與結果分析皆自己設計與進行，藉此讓學生深刻理解實驗的本質及提升自我解決問題的能力。
- 本研究採用自主建構式問題導向學習法於物理實驗課程中，以探討傳統食譜式實驗教學法與自主建構式問題導向學習法實施後對於提升學生的師生互動的改善、自主解決問題能力，以及日後學習動機的差異。經過質化與量化的分析結果顯示，採用自主建構式問題導向學習法的方式，不僅顯著增進了學生間以及師生之間的互動和討論，

研究方法

- 研究設計與對象
- 課程實際實施程序與細節
- 資料處理
 - 「量化分析」方面
 - 「質性探討」方面
- 數據分析

研究對象

- 研究對象是本校物理學系大學三年級學生所開設的必修課程實驗物理學（三），實施兩年，每年約有50名學生參與。
- 這些學生在大一、大二階段都會修習完力學、電磁學、應用數學以及近代物理等物理基礎學科。因此，學生具備基礎物理知識來理解問題來源且有基本解決問題的能力來面對設計性實驗課程遇到的挑戰。
- 另一方面，這些學生也都修畢普通物理實驗（一）、（二）與實驗物理學（一）、（二），而上訴四門實驗課程皆是以食譜式方式進行教學。這些學生都具有傳統食譜式學習法和問題導向學習法兩個不同教學方法的學習經驗。學生的學習成效以及對於個別教學法的心得資料對於我們的研究主題會是個極具代表性的資料。

課程指導方式

- 本課程現是以會應提課程強相關引導案進行學。課程採自主的學。旨在動技能。用在動技能。自主進學與考當導學。建學。構生知識。提供在種學式的鼓勵。問題主學教能驗學過導學生學的中方程向習自過解遇式中學和主程決到不的習解尋中方重僅主法決求，案大強動問知識教師而非時識和動的能探索角色予教探思，式。並主明師索，而資課發要確才與而

課程教學實施細節

- 學期課程題目、期望目標以及相關文獻和資訊，皆在正式上課第一周前公佈在網路。同學也在第一周上課前自行閱讀相關題目資料、分組和挑選課程主題。若有重複挑選的情況，再由教師和學生共同協調，讓每組皆進行不同的實驗課題。
- 本課程的安排為不間斷的三個小時連續課程，學生全程皆在實驗教室進行各自的實驗工作。這三個小時課程期間，教師與助教扮演的角色則是不停地在各組間走動並與同學討論當下的進度、遇到的問題或是可能的進行方向。學生也可以自由地去詢問其他組別同學的意見。教師對於學生遇到的問題或是未來可能進行的方向皆是採用建議的方式，不會強求必須採用哪個方式或是朝哪個方向進行。教學比較像是對於一個目前未知的研究領域，教師跟學生處在同一陣線上來共同思考最佳的可能方案。即便教師知道如何解決目前學生遇到的問題，教師也是採用給予大量資料讓學生自主學習研讀吸收，再由學生自行思考解決方案，而非直接給予答案。
- 由於我們的設備皆由學生自行建構。因此，課後學生皆可將設備帶回宿舍。實驗進行的地點和時間也大多不受限，學生可以隨時隨地進行實驗的建構或是量測。平日，學生對於實驗細節有問題也可以隨時藉由我們架設的動態課程交流網站來尋求教師、助教或是同學的協助。同學也可以隨時隨地在這個網站提供本身的經驗給同學。加上學生每周遞交的進度報告都是由教師親自批改，教師皆會依照學生的進度和結果給予適當的建議。

課程實際實施程序與細節

過往實施程序

學生閱讀既有的實驗操作手冊，熟悉實驗步驟與操作流程



學生按照實驗手冊的步驟進，再現實驗結果，或測量物理常數



學生繳交實驗報告，內容記錄實驗過程和結果，但缺乏對實驗設計的深入反思與理解

自主建構式問題導向實施模式

學生自行選擇有興趣的題目，並與教師討論設計實驗方案



教師在每次實驗課與學生討論進度與方法，以引導問題的方式協助學生反思



學生在期中和期末進行報告，與同儕互相交流想法

「過往實施」與「自主建構式問題導向實施」課程比較

	過往實施程序	自主建構式問題導向實施模式
目標	熟悉實驗步驟，結果再現性	提升探究與創造能力
教師角色	監督者，確保操作正確	引導者，促進自主思考
學生參與	被動，按部就班操作	主動，全面參與

課程進行方式1

- 學期第一週，我們教學目標在於讓學生瞭解Arduino的使用方式，這個階段的課程目的不在是啟發學生思考，而是讓學生瞭解我們如何利用Arduino來控制我們的實驗儀器，進而得到實驗數據。

課程進行方式2

- 學期第二至十六周，我們將讓學生自行開始依據他們選定之主題，建構學生實驗主題的設備，並在每週繳交一份結果報告，報告內容將會包含這周遇到的問題、如何解決問題、下周實驗規劃、下周預期面臨之問題、如何解決下周預期面臨之問題等等。

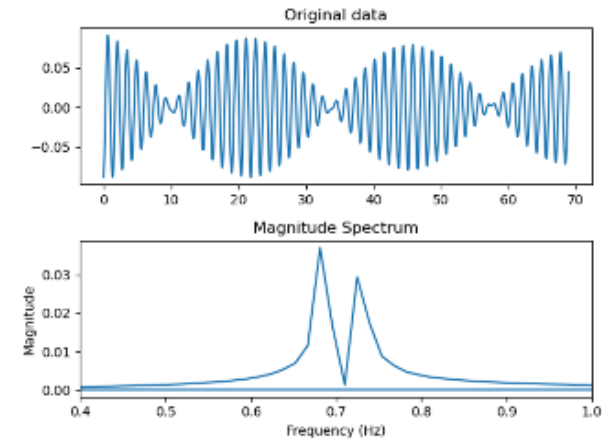
課堂上教師扮演著協助者的角色。教師會觀看學生的實驗結果和步驟，提供相關的引導問題和討論，激發學生的思考和探索，而不是直接給予解答，以引導學生深入探究問題，並促進學生的自學能力。這種問題導向的互動方式鼓勵學生從不同角度分析問題，並主動尋找資訊和解決方案，教師也會根據學生的報告和討論表現在，提供個別化的反饋，點出學生的思考過程中可能忽略的要點或提供探索的方向，這能有效的幫助學生更加精確地學習和解決問題。以下列出數個課堂上學生學習情況與教師反饋的例子。

學生學習情況與教師反饋舉例1

- 實驗主題：單擺、複擺與耦合擺。
- 學生思考狀況：能夠藉由擬合軌跡，計算出耦合擺理論值，但數據量龐大，難以分析擺在每個時間下擺的能量大小。
- 教師提點：在Python使用「numpy.fft」插件，能更好的利用傅立葉分析在實驗數據上。
- 後續改進情況：成功利用Python完成擬合與傅立葉分析，藉此分析不同變因造成的能量差異。

Using numpy.fft

$$A \cos(\omega_1 t + \varphi_1) + B \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$$



學生學習情況與教師反饋舉例2

- 實驗主題： 自動控制（光感自動控制車）
- 學生思考狀況： 車子在桌子邊緣時會持續抖動，無法正常運行。
- 教師提點： Arduino程式碼中，可能為else if中控制時間的問題，可以多嘗試不同時長的delay。
- 後續改進情況： delay 3秒再跳出 else if 到 loop 迴路裡面，解決了光感測器所造成訊號跳動的問題。

```
sensorState = digitalRead(pin_SENSOR);  
  
if (sensorState == HIGH ) {  
  analogWrite(5, 230); //右輪 針腳 1  
  analogWrite(6, 0); //右輪針腳 2  
  analogWrite(9, 200); //左輪針腳 1  
  analogWrite(10, 0); //左輪針腳 2  
  
}  
  
}else if (sensorState == LOW ) {  
  analogWrite(5, 0);  
  analogWrite(6, 230);  
  analogWrite(9, 0);  
  analogWrite(10, 200);  
  delay(3000);  
}  
}
```

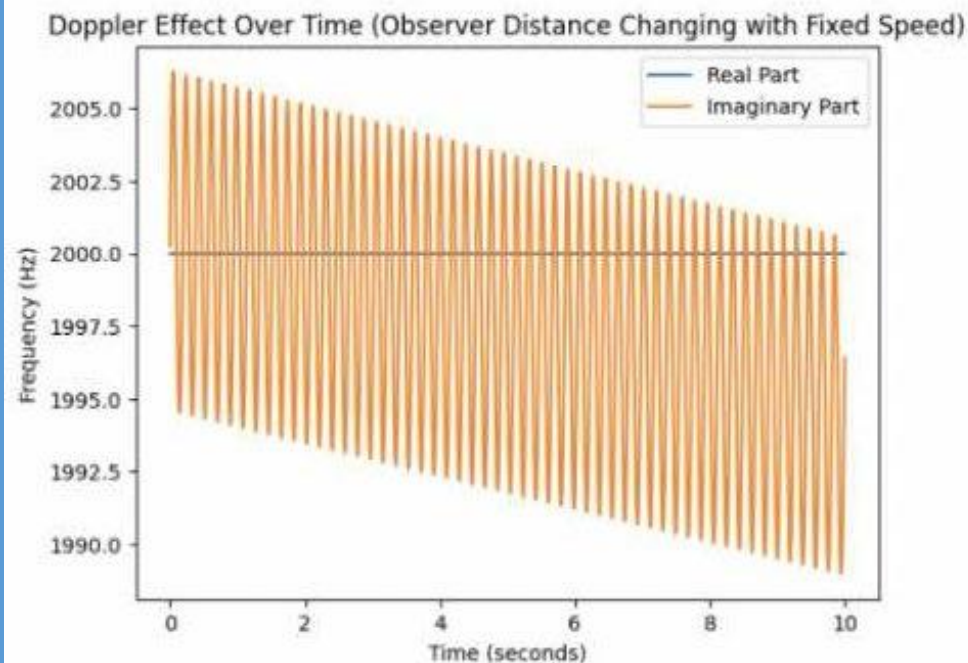
學生學習情況與教師反饋舉例3

- 實驗主題： 都普勒效應
- 學生思考狀況： 利用生活中常見的物品來模擬都普勒效應，但是實驗過程中受到環境的干擾和器材上的限制，造成都普勒效應不明顯。
- 教師提點： 可以將經過傅立葉分析後的實驗參數，透過Python去分析在理想狀況下的操作結果。
- 後續改進情況： 成功利用Python計算理論值，並進行比對。

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# 給定的参数
f_original = 2000 # 原始頻率 (Hz)
R = 0.03 # 轉動半徑 (m)
v_sr = 1.0 # 更大的轉動速度 (m/s)
v_so = np.pi * R # 固定的觀察者直線遠離速度 (m)
d_initial = 0.02 # 初始觀察者距離 (m)
d_final = 1 # 最終觀察者距離 (m)

# 計算角速度
omega = v_sr / R
```



課程進行方式3

- 學期中和期末將舉行一場團體報告，學生將透過八周內所做的實驗記錄，匯製成一份成果主題性報告發表，並上台與台下學生互相交流分享，藉由學生不同的背景知識之間的討論來協助其他實驗組別同學遇到的問題或是增進相關知識甚至改善自己的實驗設計。這也間接增進了學生間相互交流的情況。

- 學期中和期末將舉行一場團體報告，學生將透過八周內所做的實驗記錄，匯製成一份成果主題性報告發表，並上台與台下學生互相交流分享，藉由學生不同的背景知識之間的討論來協助其他實驗組別同學遇到的問題或是增進相關知識甚至改善自己的實驗設計。這也間接增進了學生間相互交流的情況。

組別	報告主題	報告內容	課堂回饋
1	單擺、複擺與耦合擺	耦合擺的實驗數據符合當初所設想的，能量會互相傳遞呈波包狀，且運用Python繪出的圖形趨勢正確。	可以將理論公式繪圖後，運用Python中的scipy.signal.find_peaks插件，找出波形峰值，與實驗數據對比。
2	自動控制（光感自動控制車）	自動控制車的組裝與編程，包括光感測器與超聲波感測器的應用，能使車子避障並保持在桌面範圍內。	建議進一步改善感測器的靈敏度，並考慮如何在不同光線條件下保持車子的穩定性。
3	質量與長度數位量測系統	設計並測試了結合超聲波感測器與半橋式感測器的數位量測系統，實現了精度較高的質量與長度測量。	建議在展示中詳細說明測試環境對感測器精度的影響，例如溫度、濕度和測量距離的變化，並探討如何通過校準或硬體改進來減少這些外界因素的干擾。
4	彈性與非彈性碰撞二維碰撞	進行了二維彈性與非彈性碰撞的實驗，記錄了碰撞前後的速度變化，並計算了動量守恆和能量損失與誤差。	建議進一步檢驗摩擦力和旋轉效應對數據的影響，並在未來實驗中使用高精度追蹤工具，以減少誤差並獲得更精確的數據。

建立龐大的動態式資料庫

- 我們建構的動態課程資料庫，藉由這個動態課程資料庫，讓學生可以隨時隨地自主學習。教師將根據學生在課堂上遇到的問題或實驗報告中的不足，隨時更新資料庫內容。資料庫不僅包含基礎知識和常見問題解決方法，還能隨著課程進展，並依據學生的學習狀況及遇到的問題，動態添加新資料，豐富學生的先備知識。而知識的來源又來自於廣大的動態式資料庫，也因此，對於教學資料庫的建立為重點研究方向，我將採用教學資料庫的建立與實驗日誌結合，並將這些導入新版本校網路大學系統平台上進行。

課程公告板

主題	點閱	按讚	回應
● 3D列印-模型設計網址	32	0	0
● Arduino 入門手冊及 phyphox手冊	33	0	0
● 一些可能用的到的資訊	41	0	0

@ phyphox 免費手機物理量測程式
<https://phyphox.org/>
<https://phyphox.org/experiment/?hardware=accelerometer>
<https://phyphox.org/experiment/?video=1>
https://play.google.com/store/apps/details?gl=US&hl=zh_TW&id=de.rwth_aachen.phyphox&fbclid=IwAR3Hc8TfW28vgPKDjovJui3Nk6v_RIHdzAjjHzFh9uMqL-j13SMGtcc4fmd0
<https://apps.apple.com/tw/app/phyphox/id1127319693?fbclid=IwAR15u3pXmk766rAyB1JZDzavD5hmlC3JL6RnpwbdK07yp0bktRkGipkbPg>
@ Physics Toolbox Sensor Suite免費手機物理量測程式
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chrystianvieyra.physicstoolboxsuite&hl=en>
@ Sensors Toolbox 免費手機物理量測程式
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.exatools.sensors&hl=en>
@ ImageJ 免費影像分析軟體
<https://sofree.cc/imagej/>
<https://www.youtube.com/watch?v=xptW94ukhoI&list=PLm6x13NbsK5So8XGnb4RgvLhrQCvZvnX>
@ Tracker 免費物理實驗影像分析軟體
<https://www.azofreeware.com/2014/04/tracker-485.html>
https://www.youtube.com/watch?v=OZIUHB_f5oA&list=PLtj7vnPVRzvSop013aGw4aEzQjPJATjX
@ Python 程式教學
<http://wiki.python.org.tw/Python/%E7%AC%AC%E4%B8%80%E6%AC%A1%E7%94%A8%E5%B0%B1%E4%B8%8A%E6%89%8B>
@ Arduino 程式教學
<http://coopermaa2nd.blogspot.com/2011/05/arduino.html>
<https://h2maker.wordpress.com/arduino/>
<https://docsplayer.com/169921261-Arduino%E5%85%A5%E9%96%80%E6%89%8B%E5%86%8A.html>
<https://www.youtube.com/watch?v=3mw-1BvvOWU&list=PLdckmk1Jf8MYOED98iY13wdGi52h-O69X>
@ Arduino WIFI (ESP 8266) 連接

Frequency Generator – Audio Tools & Ultrasound
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.boedec.hoel.frequencygenerator&hl=en&gl=US>
Acceleration Explorer
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kircherelectronics.accelerationexplorer&hl=zh_TW
Angle Meter
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.stfactory.anglemeter&hl=en&gl=US>
Audio signal Generator
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.luxdelux.frequencygenerator>
Audio spectrum analyzer
<https://play.google.com/store/apps/details?id=org.intoorbit.spectrum>
@ 先進感測儀器購買廠商
PASCO
<http://education.kyst.com.tw/support.php>
Vernier
<http://www.lonyen.com.tw/products02.php?pc=65>
@ 雜項產品經銷商
公司名稱 提供產品 地址 電話 傳真
星耀電子 企業有限公司 影視器材 監視系統 電子零件 批發零售 台北市大馬路 02-2388- 02-2331-
川禾電腦 一路一段8號 8065~7 0060
五金行
醫療儀器(血壓計 血糖儀 耳溫計 助聽器 聽診器 體脂防測 輪椅 病床 氣墊床 製氧機 針灸機) 電腦 低溫凍中櫃 護具 口罩
環境監測(水質測試: PH/TDS/ORP/EC/餘氯 水份/溫濕度/離度/離度/離度 風速/轉速/推拉力/厚度/硬度/光澤度) 台北市大同區 02-2559- 02-2559-
保豐五金 儀器有限公司 品質分析(精密電子秤/料理秤/計量秤/計數秤/台秤/電磁加熱秤/振盪秤/粉秤/乳化/離心機/放大鏡/顯微鏡/推拉力/厚度/硬度/光澤度) 州路33-1號1樓 9126 9259
美容器材(皮膚水份計/毛巾箱/瑞士攝子/洗臉紗布/噴瓶/壓瓶/乳液瓶/噴霧瓶/噴霧瓶/各項美容儀器/基礎實驗器材)
潤興實業有限公司 專營不銹鋼材 台北市承德路二 02-2557- 02-2557-
段88號 5295 3732
02-2557-

問卷分析

- 問卷分為三大部分:師生互動的改善、自主問題解決能力的提升和學習興致的提升。
- 問卷分期初（課程第3周）、期中（課程第9周）和期末（課程第18周）進行。
- 本研究進行兩年，本課程兩年總修課人數為98人，學期初有效問卷回收份數是92份、學期中有效問卷回收份數是88份、學期末有效問卷回收份數是90份。問卷回收率分別是93.8%、89.7%和91.8%。
- 後續我們也將收集到的數據藉由Likert 5分計分法分別進行學期初、學期中和學期末的個別統計分析，並作個別項目是否有隨著課程進行有明顯改善的差異。

每周與組員和教授或助教的討論次數 問卷回饋

	從來也不	每周 1~3次	每周 4~6次	每天
每周與組員的討論程度	4.5%	86.5%	4.5%	4.5%
與教授或是助教的討論 次數	18.2%	72.7%	0.0%	9.1%

期末問卷回饋表4中顯示，8成以上的學生表示會與教授或助教討論超過1次以上、9成五的學生會與組員相互討論。這也證實自主建構式問題導向實驗課程能有效的增加同儕互動與師生互動，並「改善學生與老師在討論課程相關主題時互動經驗偏低的問題」。

師生互動問卷統計

[illegible]

- （一）課堂上教師和學生的討論部分從期初約67%的同學認可、期中90%到期末97%的同學認可我們有和學生確實討論實驗工作細節。期末部分高達68%的同學填寫非常同意。在“教師會適時回答同學的問題並和學生討論實驗內容”選項的統計結果。t值從期初7.75、期中15.27上升到期末21.65，加上p值皆遠小於0.01。這顯示了這個項目有明顯差異且隨著課程的進行有明確的增加趨勢。
- （二）指導學生實驗技巧也從期初67%、期中86%到期末92%，隨著課程進行的時間增加，越來越多學生感受到我們對於學生實驗技巧指導的學習和傳授。在“教師會個別注意、修正學生操作技巧的指導”的統計結果。T值從期初的7.75、期中12.36到期末15.91，加上p值遠小於0.01。這顯示了在這個項目有明顯差異且隨著課程的進行有明確的增加趨勢。
- （三）教師耐心地與學生討論也都保持在91%左右的高分。期末更是有70%的學生表示非常認同教師是非常耐心與學生討論實驗內容和工作。在“教師能耐心地與學生進行實驗內容討論”的統計結果。t值從期中15.50到期末18.32，加上p值遠小於0.01。這代表在這個項目有明顯差異且隨著課程的進行有小幅的增加。
- （四）整體看來學生對於教師教學方式的滿意度從期初的67%逐步提到到期末的90%。高達70%的同學非常同意教師教學方式。
- （五）高達90%的學生認為我們與學生的互動方式有助學生增進了實驗成果的提升。在“教師能耐心地與學生進行實驗內容討論”的統計結果。t值從期中14.38到期末14.07，加上p值遠小於0.01。這代表在這個項目有小幅的改善增幅。
- （六）88%的學生認為教師在課堂與學生的討論有助學生學習。在“課堂上教師與學生的討論有助學生學習”的統計結果。t值從期中13.97到期末12.85，加上p值遠小於0.01。這代表在這個項目有明顯差異。

問題探究能力的提升問卷統計

		非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意	平均值	標準差	t值	p值
與先前的實驗課程相比較，這門實驗課程收穫較多	期初	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	期中	48.89%	33.33%	15.56%	2%	0.0%	4.28	0.80	10.72	7.38E-14
	期末	58.54%	31.71%	9.76%	0.0%	0.0%	4.40	0.65	14.28	3.89E-18
與先前的實驗課程相比較，這門課的進行方式有提升你解決問題的能力	期初	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	期中	51.11%	33.33%	15.56%	0.0%	0.0%	4.35	0.73	12.37	6.38E-16
	期末	58.54%	36.59%	2.44%	2.44%	0.0%	4.42	0.65	14.52	6.38E-16
新知識學習和傳授符合學生程度	期初	18.60%	27.91%	37.21%	11.63%	4.65%	3.44	1.04	2.85	0.0065
	期中	44.44%	44.44%	11.11%	0.0%	0.0%	4.33	0.66	13.41	3.75E-17
	期末	58.54%	34.15%	4.88%	2.44%	0.0%	4.35	0.60	15.07	5.42E-19
覺得在設計性實驗獲益良多的比例	期末	45.5%	40.9%	13.6%	0.0%	0.0%	4.22	0.69	11.73	3.80E-15

結果分析討論

- （一）從期中85%到期末91%的學生認為我們的課程比先前的實驗課程收穫更多。在“與先前的實驗課程相比較，這門實驗課程收穫較多”的統計結果。t值從期中10.72到期末14.28，加上p值遠小於0.01。這代表在這個項目有明顯差異且隨著課程的進行有明確的增加趨勢。
- （二）高達95%的學生認為與先前的實驗課相比較，我們的課程有助於學生提升解決問題的能力。在“與先前的實驗課程相比較，這門課的進行方式有提升你解決問題的能力”的統計結果。t值從期中12.37到期末14.52，加上p值遠小於0.01。這代表在這個項目有明顯差異且隨著課程的進行有小幅的增加趨勢。
- （三）新知識的傳授從期初的45%、期中88%到期末92%。這也顯示學生從我們的課堂有學到有用的知識也認同我們的知識傳授專業度。隨著課程的進行，學生的確能感受到他們在實驗技術上專業知識的成長。在“新知識學習和傳授符合學生程度”的統計結果。t值從期初2.85大幅增加到期中13.41到期末15.07，加上p值遠小於0.01。這代表在這個項目有明顯差異且學生在修課不久就能極大幅度明確感受到這新知識的接受。
- （四）高達86%學生認為在我們的課程受益良多，而且沒有同學持反對的意見。在“覺得在設計性實驗獲益良多的比例”的統計結果。t值為期末11.73，加上p值遠小於0.01。這代表在這個項目有明顯差異。數據顯示學生表達在自主建構式問題導向實驗課程有明確受益良多的感受。

提升學習興致問卷 統計

		非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意	平均值	標準差	t值	P值
課程進行模式會引起學生的學習興趣	期初	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	期中	35.56%	48.89%	15.56%	0.0%	0.0%	4.20	0.68	11.72	3.92E-15
	期末	56.10%	36.59%	4.88%	0.0%	2.44	4.35	0.77	11.66	4.68E-15
自我設計實驗的課程能提升上課的興致	期初	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	期中	44.44%	37.78%	15.56%	2%	0.0%	4.24	0.79	10.52	1.35E-13
	期末	56.10%	34.15%	9.76%	2.44%	0.0%	4.42	0.74	12.80	1.93E-16
修完了這門實驗課程會推薦同學修習這門課	期初	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	期中	42.22%	35.56%	22.22%	0.0%	0.0%	4.20	0.77	10.35	2.26E-13
	期末	58.54%	31.71%	7.32%	0.0%	2.44%	4.35	0.80	11.26	1.51E-14

結果分析討論

- (一) 期末問卷顯示課程進行方式高達92%的學生會引起學生學習興趣。在“課程進行模式會引起學生的學習興趣”的統計結果。t值為期中11.72到期末11.73，加上p值遠小於0.01，這代表在這個項目有明顯差異。這樣的課程進行方式確實可以引起學生的學習興趣。
- (二) 數據顯示高達90%的學生認為自主建構式問題導向學習法提升上課興致。在“課程進行模式會提升上課興致”的統計結果。t值為期中10.52到期末12.80，加上p值遠小於0.01，這代表在這個項目有明顯差異。這樣的課程進行方式確實可以小幅提升學生的上課興致。
- (三) 期中約78%的同學會推薦這門課程，期末高達90%的同學會推薦這門課程。在“同學會推薦這門課程”的統計結果。t值為期中10.35到期末11.26，加上p值遠小於0.01，這代表在這個項目有明顯差異。學生會推薦這樣的課程給同學修習也有小幅的增加。

上述三個統計數字也高度顯示自主建構式問題導向學習法的實驗課程的確可以提升學生學習興致也願意推薦給同學修習。

研究式物理實驗課程問卷回饋

	非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意	平均值	標準差	t值	P值
達成設定目標的比例	40.9%	31.8%	22.7%	4.6%	0.0%	4.00	0.89	7.5	2.13E-9
設計性實驗是否整體而言是否與預期相同？	18.2%	50.0%	22.7%	9.1%	0.0%	3.77	0.84	6.20	1.66E-7
新知識學習和傳授符合學生程度？	58.54%	34.15%	4.88%	2.44%	0.0%	4.40	0.69	13.60	2.27E-17
整體而言，設計型實驗比較適合大三物理系學生嗎？	45.5%	40.9%	9.1%	4.5%	0.0%	4.17	0.80	9.82	1.16E-12
你會想要回到過去食譜式實驗嗎？	0.0%	9.1%	31.8%	31.8%	27.3%	3.68	0.94	4.89	1.34E-5

- (一) 儘管只有大約70%的學生達到我們所設定的實驗學目標。這也顯示採用我們自主建構式問題導向實驗學方式，學生依舊可以達到跟食譜式操作方式實驗課程相同的結果。
- (二) 更進一步，在新知識的傳遞高達92%的滿意度，這也顯示學生從我們的課堂有學到有用的知識也認同我們的知識傳授專業程度。這些結果皆顯示自主建構式問題導向學習法不僅僅是個可行的方案，甚至是個可能相對於傳統食譜式實驗學教學法更好的實驗學教學方式。
- (三) 最後數據也顯示86%認為這樣的方式比較適合物理系大三的學生，且只有9.1%的學生願意回到過去食譜式實驗學教學方式。從統計數值來看上五項的回饋皆高於3.68分，t值也都高於4.89，p值皆遠小於0.01。這也顯示修課同學皆認可我們的實驗課程改良方案是較適合大三物理系學生、新知識的學習和傳授也符合學生程度且較不願意回到過往食譜式實驗的教學方式。另一方面，學生也表示學習的成果也都可以達到預期的目標。並不會有無所適從或是成果不佳的情況。

問卷結果質性分析

- 「設計實驗有經過自己思考要怎麼做，會比較瞭解實驗內容，而且因為是自己設計所以要去看更多資料，而在這個過程中就可以學到更多知識。食譜式就比較像是把既有已經確定的東西再做一次，設計實驗會讓我們多了想這個部分，讓我們更知道實驗意義。」
- 「設計性實驗幫助比較大，因為除了可以讓自己嘗試「組員」討論出來的方式，而非別人已經想好的東西，同時也可以看到很多其他組別各種很有巧思的設計，覺得很好。」
- 「自己設計實驗步驟，比較清楚實驗目標，也能對實驗過程比較有印象，腦袋有動到。」
- 「食譜式實驗固然有他的優點，不會讓學生不知道這個時候在幹嘛；而設計性實驗可以在實驗設計的時候與組員有很強大的腦力激盪，我很喜歡這樣的方式。」
- 「設計實驗，雖然什麼都要重頭開始，不過找資料靠自己把實驗做出來會比較有成就感，不過也會遇到很多挫折就是了。」
- 「設計性實驗對未來研究所的幫助較大，因為碩博士的實驗得自己設計。」
- 「我認為設計性實驗跟傳統食譜式實驗都重要，但設計實驗稍微重要一點，在設計實驗時，我們會回想到食譜式實驗的經驗，要注意什麼細節，這些都是要求經驗的。設計實驗則讓我們激發更多想像力與組員間討論，學到不少東西。」

問卷結果更進一步顯示下列幾個成果：

(一)學生認為師生間討論和互動有助學生的學習成效，且贊同這樣的教學模式。

(二)學生認為在提升自我思考以及解決問題的能力方面。

(三)透過課程問題的討論增加了協調與互動的能力，實驗結果與當初預期解決之問題一致。

(四)學生認為設計性實驗獲益良多，且在自主建構式問題導向物理實驗課程確實能夠在這幾個面向給予學生更多的成長。

(五)學生同意在此「自主建構式問題導向學習法」中受益良多，課程有助於學生「提升自我解決問題的能力」。這一系列的結果呈現了問題導向的實驗學教學模式的確有助於學生學習成效。