

教育部 101 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：設計以模型為基礎的探究教學活動以增進國三學生的科學學習—以牛頓第二運動定律單元為例

主持人：鐘建坪

E-mail：hexaphyrins@yahoo.com.tw

共同主持人：楊郁鴻

執行單位：新北市立錦和高級中學

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？ 否

2. 執行重點項目：

科學課程教材、教法及評量之研究發展

3. 辦理活動或研習會等名稱：無

4. 辦理活動或研習會對象：無

5. 參加活動或研習會人數：無

6. 參加執行計畫人數：

相關協助人員-教務主任、教學組長、設備組長、約聘人員共 4 人

教學執行相關人員-2 位理化教師

計畫執行參與學生-70 位國三學生

7. 辦理/執行成效：

已完成 100%，本研究設計模型為基礎探究活動以供教學使用，實驗組學生參與教學活動後，有效提升其科學過程技能，而概念學習表現雖然後測時未達顯著差異，但在特定試題表現則顯著優於講述教學組。根據結果顯示模型為基礎探究教學可以促進學生科學學習，並且值得一提的是相較於對照組學生，實驗組學生教學之後在「衝力理論」的迷思概念獲得顯著的改善。

二、文獻探討

探究是學習與理解自然現象的方式之一(National Science Council [NRC], 2000)。Hosfstein 和 Lunetta (2004)定義探究是一種擷取自科學家使用證據去研究自然世界而研讀、思考與詮釋的方法，強調學習者能夠主動研究、提出觀點、基於證據而詮釋結果並且為自己陳述做辯駁。我國自然與生活科技領域九年一貫能力指標同樣強調探究學習的重要性(教育部, 2003)。多項細部能力指標強調科學探究的歷程，例如：能力指標 2-3-1-1

即為國中階段的學生能夠發現問題、討論處理問題的策略、學習操控變因、觀察事件的變化以及推測可能的因果關係。

雖然探究教學的提倡從美國學者 Dewey 開始已經約略百年的歷史(DeBore, 1991; Barrow, 2006); 然而過去的探究教學主要著重在科學方法的學習, 使得科學概念與科學過程技能的學習區分為兩個不同的面向, 探究學習被視為去情境化的科學方法, 與特定概念的學習無關(Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008)。有鑑於此, 如何同時強調科學概念內容與科學方法的學習是目前科學教學急欲思考的問題。

科學探究的中心工作就是建模, 它是一個產生、測試以及修正模型的動態過程, 是實際科學工作的重要面向之一(Giere, 1988; Justi, Gilbert, & Ferreira, 2009)。科學家會透過資料與數據的收集, 創造多種的模型以表徵自然現象, 也藉由模型預測可能發生的自然事件, 因此, 許多科教學者呼籲應該讓學生經歷類似科學家真實建模的歷程, 透過真實建模歷程學習特定科學概念, 修正學生原有錯誤的迷思概念以精緻化所建模型, 將模型為主的學習融入科學探究活動中, 讓學生實際經歷模型建立的歷程, 成為模型建立的主動者而非被動接受者的角色, 使得學生可以藉由所建模型連結本身經驗、觀察數據與科學理論(Matthews, 2007)。

物理現象中數學關係式建立的歷程是先建立兩個可能變因間的質性關係描述, 再透過數據收集量化關係式, 也就是說先質性描述自然現象的可能關係, 再建立量化的數學關係式, 再透過多個雙變因間的關係式整併形成一個多重變因的數學方程式以模擬自然現象的運作。因此, 多重變因的思考推理技能可能可以透過先質性再量化, 先雙變因再多重變因的建模歷程進行有效的學習。

國中自然與生活科技的課程中, 有許多多重變因的數學關係式用以表徵自然世界, 牛頓第二運動定律式 $F=ma$ 就是其中一例。雖然學生在國一數學曾經學過二元一次方程式, 但是多數學生在學習歷程中, 包括關係式的建立與其科學概念的意涵仍具有許多迷思概念, 而這些迷思概念的成因可能來自於學生日常生活經驗與預設的想法, 限制學生推理的解釋內容, 例如: 學生很容易以「衝力理論」解釋運動中的物體為什麼會停下來。

Campbell 等(2011)以模型為主的探究與講述教學比較國中學生浮力單元的學習效果, 研究結果顯示兩個教學方法之間在概念內容以及過程推理技能的表現並沒有差異存

在。仔細分析 Campbell 等的研究發現該研究仍只專注在特定面向的教學，教學策略顯示其設計的模型為主的探究教學，仍然沒有突顯探究歷程以及所要探討科學概念之間的關係，只是讓學生自行發現問題、設計實驗從而解決問題，事實上並沒有讓學生經歷模型建立、修正與精緻化的歷程。

三、計畫目的

基於上述的文獻探討，本研究的目的是為設計模型為基礎的探究教學活動促進學生學習科學過程技能以及牛頓第二運動定律概念。說明如下：

設計模型為基礎的探究教學活動，主要包括模型觀點的介紹、實驗操作以及師生討論，將抽象的牛頓運動定律等概念由具體的實驗操作，圖形繪製逐漸探討到抽象概念，幫助學生多重變因的整合以及數學關係式的建立以達到深層的理解。過程中強調科學建模的歷程，包括模型選擇、模型建立、模型效化、模型分析、模型調度以及模型重建的歷程(劉俊庚 & 邱美虹，2010；鐘建坪，2010；Halloun, 1996; Schwarz & White, 2005)，並學習如何將理論模型用以解決問題。並且藉由動手做與小組協商的歷程，讓學生主動針對問題設計實驗、收集數據、繪製圖形合併形成數據模型，透過實際從事探究活動，讓學生對於科學概念的學習達到深層的瞭解，也提升學生科學過程技能的能力。也就是說透過學生觀察日常生活中的運動現象，由實測活動中學習歸納力 (F)、質量 (m) 以及加速度 (a) 三者間的關係，並藉以培養數據整理分析的能力，並從實際生活上的事例體驗牛頓第二運動定律。基於研究目的，研究問題臚列如下：

研究問題

(一)不同教學組別，概念學習表現情形為何？

- 1.實驗組(建模本位探究組)學生概念學習表現情形為何？
- 2.對照組(講述教學組)學生概念學習表現情形為何？
- 3.比較實驗組與對照組學生概念學習異同為何？

(二)不同教學組別，科學過程技能表現情形為何？

- 1.實驗組學生科學過程技能表現情形為何？
- 2.對照組學生科學過程技能表現情形為何？
- 3.比較實驗組與對照組學生科學過程技能表現異同為何？

四、研究方法

基於研究目的，研究方法分六點說明，第一為研究組織架構，說明研究的方向及設計內容；第二為研究對象與情境描述；第三為教學設計介紹；第四為研究工具，包含概念測驗試題、科學過程技能試題、晤談問題的內容；第五為研究流程，描述整個研究進行的步驟及預定的進度；第六為資料處理與分析，說明所收集的量化資料的分析方式。

(一) 研究組織架構

如圖1所示，本研究主要探討國三課程中牛頓第二運動定律概念，教學組別為兩組，選擇都是由同一位老師任教的兩個班級，並隨機分配為實驗組與對照組，實驗組進行模型為基礎的科學探究教學(簡稱模型本位探究組)，而對照組則依照審定之教科書內容進行講述。研究工具部分區分為量化以及質性工具，量化工具主要為科學過程技能測驗以及概念測驗，而質性工具主要為訪談試題。

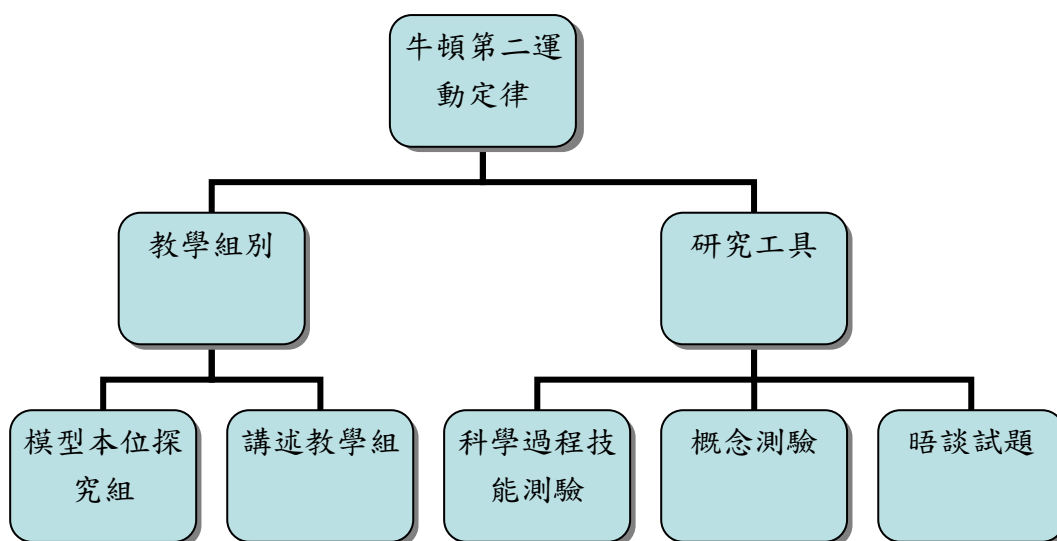


圖1 本研究之組織架構

(二) 教學對象與情境描述

本研究主要基於立意取樣的方式選取計畫主持人所任教之兩個國三常態編班之班級，兩個班級學生都是在國三時才由研究者進行課堂教學，國二時的理化科任教師皆未實際進行實驗室的探究教學活動，並且兩個班級在此之前皆未接受過任何外顯式建模教學活動。

(三) 教學設計

本研究區分為兩個教學組別，其一為模型本位探究組，其二為講述教學組。模型本位探究組的教學序列參照科學建模歷程進行(劉俊庚& 邱美虹，2010；鐘建坪，2010；Halloun, 1996; Schwarz & White, 2005)。教學設計主要透過科學建模的歷程，包括模型選擇、模型建立、模型效化、模型分析、模型調度以及模型重建的歷程，於教學中除了實際進行探究活動之外，強調以牛頓力學模型為主解釋學習活動的結果。而講述教學組主要依照審訂教科書內容做順序教學，若有實驗活動則以教師展示為主，並沒有讓學生實際動手操作。如表 1 所示，本研究二種教學策略主要差異為(1)是否提供明確的建模歷程；(2)是否促進學生進行檢驗以建立的模型，以及(3)是否學生實際操作實驗並完成表、圖形成關係式。

表 1 二種教學策略比較

歷程說明	模型本位 探究組	講述教學組
外顯歷程	V	X
引起動機	V	V
引介變因	V	V
實驗操作	V	X
製作數據	V	X
繪製圖表	V	X
形成關係式	V	V
檢驗合理性	V	X
情境遷移	V	V
重建策略	V	X

(四)研究工具

1.科學過程概念試題

修改林俊華(1986)而得，內容構念包括基礎過程技能：觀察、分類、運用時空關係、預測、運用數字、測量、控制變因、推論；以及統整性的過程技能：形成假說、下操作行定義、解釋資料、溝通以及進行實驗。本研究將修改後之試題經由 2 位科教專家進行審查，依據審查結果修正，形成最後量表。本研究修改後之問卷總量表 Cronbach's α 為 0.95。

2.牛頓第二運動定律概念試題

依據牛頓第二運動定律式設計概念試題，包括(1).當合力不等於零時，才會產生加速度；(2).若合力為零時，則不具有加速度，可能為靜止或是等速度運動；(3).若運動中的物體失去外力作用，物體維持原先運動速度；(4).關於 $F=ma$ 關係式的計算試題。本研究試卷設計完畢之後，先針對已經學過牛頓力學之 9 年級學生進行預試，施測之概念問卷結果 Cronbach's α 為.92。

3.質性訪談試題

以半結構式晤談方式，請學生就有關「物體從空中落下」，請學生仔細說明「牛頓第二運動定律」的相關概念。本研究商請上述 2 位科教專家進行審查，依據審查結果修正，形成最後訪談試題。

(五)資料分析

1.分析概念測驗

利用 Excel 軟體進行試題選項正確率與人數百分比分佈的情形；利用 SPSS 17.0 英文版進行 t 檢定分析，藉以理解學生在不同教學策略下，概念試題正確性的差異。

2.分析科學過程技能測驗

利用 Excel 軟體進行試題選項正確率與人數百分比分佈的情形；利用 SPSS 17.0 英文版進行 t 檢定分析，藉以理解學生在不同教學策略下，科學過程技能測驗正確性的差異。

3.分析晤談資料

藉由晤談的質性資料分析學生知識表徵的類型與改變的變化情形，作為概念測驗以及科學過程技能測驗之佐證。

(六)研究流程

本研究流程分為五個階段。如圖 2 所示，第 1、2 階段為準備階段，包括蒐集資料、文獻探討、發展試題以及設計教學活動，而第 3 階段為實際教學，第 4 階段為分析資料，最後第 5 階段為撰寫研究成果，完成結案報告。

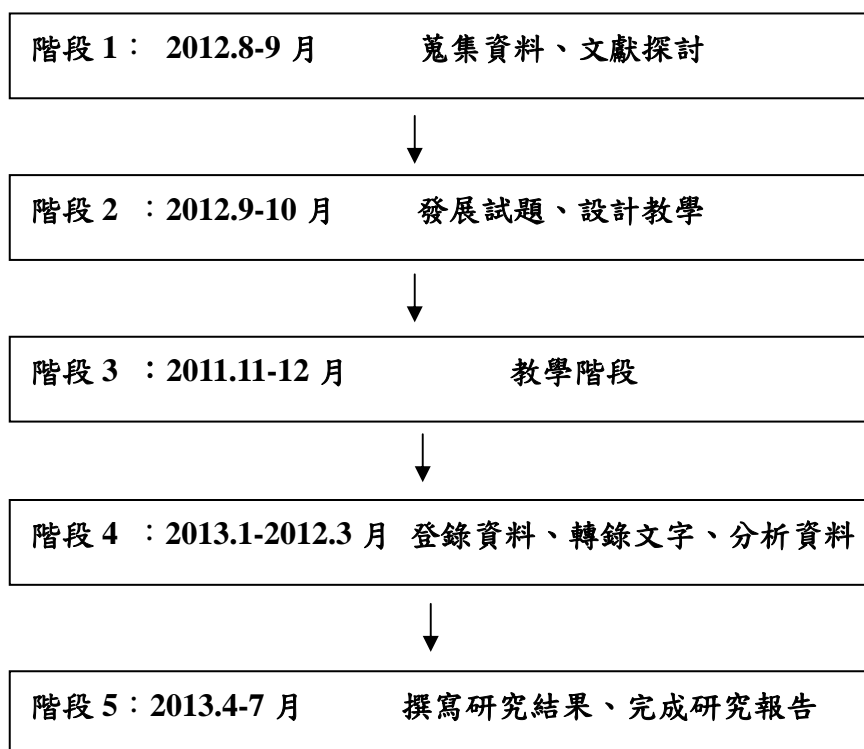


圖 2 本研究工作流程圖

四、研究成果

本研究的目的是為設計模型本位為主的探究教學活動促進學生學習科學過程技能以及牛頓第二運動定律概念。接著依照研究問題順序說明研究結果。

(一)科學過程技能

科學過程技能為科學探究過程會運用到的能力，包括基礎過程技能與統整過程技能。接續將依序呈現前測與後測結果做出說明。

1. 前測

如表 2 及表 3 所示，兩組學生前測時在過程技能全部試題表現之答對率情形。其中模型本位探究組學(N=37)生平均總答題數為 24.46 題(SD = 8.01)，答對率為 67%，而講述教學組(N=33)平均總答對題數為 25.45 題(SD = 8.38)，答對率為 67%。以兩組學生之前測答對率進行 t 檢定，顯示兩組學生在前測時科學過程技能無顯著差異存在($t = .003; p = .998 > .05$)。結果顯示國三學生已經具備相當程度的過程技能。

表 2 模型本位探究組前測科學過程技能每題之答對率

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答對率(%)	0.84	0.38	0.92	0.54	0.59	0.32	0.68	0.46	0.81	0.86
題號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
答對率(%)	0.62	0.84	0.78	0.65	0.92	0.76	0.92	0.73	0.86	0.81
題號	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
答對率(%)	0.73	0.22	0.59	0.76	0.70	0.65	0.11	0.54	0.76	0.73
題號	31	32	33	34	35	36	37	38		
答對率(%)	0.70	0.76	0.84	0.35	0.89	0.57	0.57	0.70		

表 3 講述教學組前測科學過程技能每題之答對率

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答對率(%)	0.85	0.55	0.91	0.61	0.76	0.33	0.55	0.33	0.85	0.85
題號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
答對率(%)	0.67	0.82	0.61	0.61	0.79	0.67	0.88	0.73	0.82	0.85
題號	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
答對率(%)	0.67	0.21	0.70	0.70	0.82	0.58	0.18	0.52	0.76	0.64
題號	31	32	33	34	35	36	37	38		
答對率(%)	0.79	0.70	0.79	0.45	0.91	0.67	0.64	0.76		

2. 後測

如表 4 與表 5 所示，兩組學生後測時在過程技能全部試題表現之答對率情形。其中模型本位探究組學生(N=37)平均總答題數為 29.27 題(SD = 7.41)，答對率為 77%，而講述教學組(N=33)平均總答對題數為 20.73 題(SD = 9.59)，答對率為 55%。以兩組學生後測答對率進行獨立樣本 t 檢定，結果顯示兩組學生在後測時科學過程技能表現達顯著差異($t = 2.92; p = .005 < .05$)。

表 4 模型本位探究組後測科學過程技能每題之答對率

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答對率(%)	1.00	0.70	0.95	0.76	0.78	0.57	0.65	0.65	0.86	0.95
題號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
答對率(%)	0.81	0.89	0.68	0.68	0.89	0.86	0.86	0.84	0.84	0.95
題號	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
答對率(%)	0.78	0.43	0.70	0.76	0.92	0.76	0.19	0.68	0.81	0.89
題號	31	32	33	34	35	36	37	38		
答對率(%)	0.84	0.78	0.89	0.49	0.92	0.78	0.68	0.81		

表 5 講述教學組後測科學過程技能每題之答對率

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答對率(%)	0.88	0.61	0.85	0.55	0.42	0.48	0.70	0.42	0.64	0.79
題號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
答對率(%)	0.73	0.73	0.55	0.48	0.73	0.55	0.79	0.70	0.76	0.82
題號	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
答對率(%)	0.70	0.36	0.55	0.70	0.61	0.45	0.18	0.45	0.61	0.55
題號	31	32	33	34	35	36	37	38		
答對率(%)	0.61	0.67	0.70	0.39	0.88	0.58	0.45	0.67		

如表 6 所示，將學生後測結果以試題編號進行獨立樣本 t 檢定，結果顯示第 1 題($t = 2.10; p = .044 < .05$)、第 5 題($t = 3.24; p = .002 < .05$)、第 9 題($t = 2.23; p = .030 < .05$)、第 16 題($t = 3.05; p = .004 < .05$)、第 25 題($t = 3.21; p = .002 < .05$)、第 26 題($t = 2.67; p = .010 < .05$)、第 30 題($t = 3.39; p = .001 < .05$)、第 31 題($t = 2.19; p = .033 < .05$)以及第 33 題($t = 2.02; p = .048 < .05$)達顯著差異。從題目設計項目指出第 1、16、26、31 以及 33 題為處理變數技能，主要內容分別為「確認影響依變數的所有變數」、「對變數下操作型定義」、「確認控制變數」以及「確認依變數」；而第 5 以及 30 題為形成假說技能，主要內容為

「假說中，描述可驗證此假說的實驗」；而第 9 與 25 題技能為處理資料，主要內容為「數據推論」。

表 6 模型本位與講述教學組後測時科學過程技能 t 檢定

題號	組別	平均	標準差	t 值	p	備註
1	模型本位探究組	1.00	0.00	2.101	0.044	模>講
	講述教學組	0.88	0.33			
2	模型本位探究組	0.70	0.46	0.842	0.402	
	講述教學組	0.61	0.50			
3	模型本位探究組	0.95	0.23	1.322	0.192	
	講述教學組	0.85	0.36			
4	模型本位探究組	0.76	0.43	1.863	0.067	
	講述教學組	0.55	0.51			
5	模型本位探究組	0.78	0.42	3.237	0.002	模>講
	講述教學組	0.42	0.50			
6	模型本位探究組	0.57	0.50	0.684	0.496	
	講述教學組	0.48	0.51			
7	模型本位探究組	0.65	0.48	-0.424	0.673	
	講述教學組	0.70	0.47			
8	模型本位探究組	0.65	0.48	1.903	0.061	
	講述教學組	0.42	0.50			
9	模型本位探究組	0.86	0.35	2.232	0.030	模>講
	講述教學組	0.64	0.49			
10	模型本位探究組	0.95	0.23	1.939	0.058	
	講述教學組	0.79	0.42			
11	模型本位探究組	0.81	0.40	0.823	0.413	
	講述教學組	0.73	0.45			

12	模型本位探究組	0.89	0.31	1.747	0.086	
	講述教學組	0.73	0.45			
13	模型本位探究組	0.68	0.47	1.111	0.270	
	講述教學組	0.55	0.51			
14	模型本位探究組	0.68	0.47	1.619	0.110	
	講述教學組	0.48	0.51			
15	模型本位探究組	0.89	0.31	1.747	0.086	
	講述教學組	0.73	0.45			
16	模型本位探究組	0.86	0.35	3.046	0.004	模>講
	講述教學組	0.55	0.51			
17	模型本位探究組	0.86	0.35	0.845	0.401	
	講述教學組	0.79	0.42			
18	模型本位探究組	0.84	0.37	1.383	0.172	
	講述教學組	0.70	0.47			
19	模型本位探究組	0.84	0.37	0.83	0.409	
	講述教學組	0.76	0.44			
20	模型本位探究組	0.95	0.23	1.64	0.107	
	講述教學組	0.82	0.39			
21	模型本位探究組	0.78	0.42	0.822	0.414	
	講述教學組	0.70	0.47			
22	模型本位探究組	0.43	0.50	0.579	0.564	
	講述教學組	0.36	0.49			
23	模型本位探究組	0.70	0.46	1.351	0.181	
	講述教學組	0.55	0.51			
24	模型本位探究組	0.76	0.43	0.555	0.581	
	講述教學組	0.70	0.47			
25	模型本位探究組	0.92	0.28	3.205	0.002	模>講

	講述教學組	0.61	0.50			
26	模型本位探究組	0.76	0.43	2.665	0.010	模>講
	講述教學組	0.45	0.51			
27	模型本位探究組	0.19	0.40	0.078	0.938	
	講述教學組	0.18	0.39			
28	模型本位探究組	0.68	0.47	1.887	0.063	
	講述教學組	0.45	0.51			
29	模型本位探究組	0.81	0.40	1.891	0.063	
	講述教學組	0.61	0.50			
30	模型本位探究組	0.89	0.31	3.393	0.001	模>講
	講述教學組	0.55	0.51			
31	模型本位探究組	0.84	0.37	2.187	0.033	模>講
	講述教學組	0.61	0.50			
32	模型本位探究組	0.78	0.42	1.085	0.282	
	講述教學組	0.67	0.48			
33	模型本位探究組	0.89	0.31	2.024	0.048	模>講
	講述教學組	0.70	0.47			
34	模型本位探究組	0.49	0.51	0.77	0.444	
	講述教學組	0.39	0.50			
35	模型本位探究組	0.92	0.28	0.552	0.583	
	講述教學組	0.88	0.33			
36	模型本位探究組	0.78	0.42	1.873	0.066	
	講述教學組	0.58	0.50			
37	模型本位探究組	0.68	0.47	1.887	0.063	
	講述教學組	0.45	0.51			
38	模型本位探究組	0.81	0.40	1.362	0.178	
	講述教學組	0.67	0.48			

(二)牛頓第二運動定律概念理解

1. 前測

如表 7 及表 8 所示，兩組學生前測時在牛頓第二運動定律全部試題表現之答對率情形。其中模型本位探究組學生(N=37)平均總答題數為 5.03 題(SD = 2.09)，答對率為 20%，而講述教學組(N=33)平均總答對題數為 4.94 題(SD = 2.55)，答對率為 20%。以兩組學生之前測答對率進行獨立樣本 t 檢定，結果顯示兩組學生在前測時在牛頓第二運動定律概念表現未達顯著差異($t = 0.19; df = 68; p = .875 > .05$)。

表 7 模型本位探究組前測牛頓第二運動定律每題之答對率

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答對率(%)	0.03	0.08	0.16	0.14	0.27	0.22	0.38	0.22	0.03	0.14
題號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
答對率(%)	0.24	0.05	0.30	0.14	0.16	0.24	0.24	0.22	0.35	0.14
題號	21	22	23	24	25					
答對率(%)	0.30	0.35	0.30	0.11	0.24					

表 8 講述教學組前測牛頓第二運動定律每題之答對率

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答對率(%)	0.06	0.12	0.21	0.12	0.27	0.24	0.30	0.27	0.03	0.06
題號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
答對率(%)	0.18	0.09	0.18	0.21	0.33	0.18	0.33	0.24	0.21	0.18
題號	21	22	23	24	25					
答對率(%)	0.21	0.33	0.27	0.09	0.18					

2. 後測

如表 9 及表 10 所示，兩組學生後測時在牛頓第二運動定律全部試題表現之答對率情形。其中模型本位探究組學生(N=37)平均總答題數為 9.65 題(SD = 6.16)，答對率為 39%，而講述教學組(N=33)平均總答對題數為 7.36 題(SD = 4.02)，答對率為 29%。將兩組學生答對率進行獨立樣本 t 檢定，結果顯示模型本位探究組學生後測時在牛頓第二運動定律概念表現雖然高於講述教學組，然而未達顯著差異($t = 1.86; df = 62.56; p = .068 > .05$)。

表 9 模型本位探究組後測牛頓第二運動定律每題之答對率

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答對率(%)	0.24	0.59	0.27	0.24	0.54	0.22	0.54	0.46	0.30	0.16
題號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
答對率(%)	0.57	0.19	0.57	0.27	0.43	0.22	0.24	0.54	0.49	0.24
題號	21	22	23	24	25					
答對率(%)	0.38	0.68	0.30	0.57	0.16					

表 10 講述教學組後測牛頓第二運動定律每題之答對率

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答對率(%)	0.18	0.36	0.09	0.03	0.39	0.15	0.67	0.30	0.06	0.12
題號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
答對率(%)	0.36	0.30	0.55	0.24	0.36	0.18	0.21	0.45	0.42	0.24
題號	21	22	23	24	25					
答對率(%)	0.33	0.61	0.24	0.33	0.45					

如表 11 所示，將學生後測結果以試題編號進行獨立樣本 t 檢定，結果顯示第 3 題($t = 1.998; p = .050 = .05$)、第 4 題($t = 2.742; p = .009 < .05$)、第 9 題($t = 2.718; p = .009 < .05$)、第 24 題($t = 1.991; p = .050 = .05$)、第 25 題($t = 2.453; p = .017 < .05$)達顯著差異。

從題目設計項目指出第 3 與 4 題為「合力為零，加速度為零」面相，主要內容分別為「外力消失時，合力為零，物體作等速度直線運動」；而第 9 題為「力的作用」面向，主要內容為「力會對物體造成狀態改變」；而第 24 與 25 題概念面向為「牛頓第二運動定律數學式」面相，主要內容為「作用力=質量 x 加速度，其中加速度=位移/時間²」。

表 11 模型本位與講述教學組後測時牛頓第二運動定律 t 檢定

題號	組別	平均	標準差	t 值	p	備註
1	模型本位探究組	0.24	0.43	0.618	0.539	
	講述教學組	0.18	0.39			
2	模型本位探究組	0.59	0.50	1.955	0.055	
	講述教學組	0.36	0.49			
3	模型本位探究組	0.27	0.45	1.998	0.05	模>講
	講述教學組	0.09	0.29			
4	模型本位探究組	0.24	0.43	2.742	0.009	模>講
	講述教學組	0.03	0.17			
5	模型本位探究組	0.54	0.51	1.222	0.226	
	講述教學組	0.39	0.50			
6	模型本位探究組	0.22	0.42	0.687	0.494	
	講述教學組	0.15	0.36			
7	模型本位探究組	0.54	0.51	-1.069	0.289	
	講述教學組	0.67	0.48			
8	模型本位探究組	0.46	0.51	1.346	0.183	
	講述教學組	0.30	0.47			
9	模型本位探究組	0.30	0.46	2.718	0.009	模>講
	講述教學組	0.06	0.24			
10	模型本位探究組	0.16	0.37	0.483	0.631	
	講述教學組	0.12	0.33			

11	模型本位探究組	0.57	0.50	1.718	0.09
	講述教學組	0.36	0.49		
12	模型本位探究組	0.19	0.40	-1.092	0.279
	講述教學組	0.30	0.47		
13	模型本位探究組	0.57	0.50	0.183	0.855
	講述教學組	0.55	0.51		
14	模型本位探究組	0.27	0.45	0.262	0.794
	講述教學組	0.24	0.44		
15	模型本位探究組	0.43	0.50	0.579	0.564
	講述教學組	0.36	0.49		
16	模型本位探究組	0.22	0.42	0.354	0.724
	講述教學組	0.18	0.39		
17	模型本位探究組	0.24	0.43	0.305	0.761
	講述教學組	0.21	0.42		
18	模型本位探究組	0.54	0.51	0.711	0.480
	講述教學組	0.45	0.51		
19	模型本位探究組	0.49	0.51	0.515	0.608
	講述教學組	0.42	0.50		
20	模型本位探究組	0.24	0.43	0.008	0.994
	講述教學組	0.24	0.44		
21	模型本位探究組	0.38	0.49	0.387	0.700
	講述教學組	0.33	0.48		
22	模型本位探究組	0.68	0.47	0.6	0.551
	講述教學組	0.61	0.50		
23	模型本位探究組	0.30	0.46	0.509	0.612
	講述教學組	0.24	0.44		
24	模型本位探究組	0.57	0.50	1.991	0.050

模>講

	講述教學組	0.33	0.48			
25	模型本位探究組	0.41	0.50	2.453	.017	模>講
	講述教學組	0.15	0.36			

五、討論

(一)模型本位探究教學策略對於學生科學過程技能學習的影響

本研究所使用之科學過程技能問卷主要修改自 TIPSII，強調基礎與統整過程技能面向部分。研究結果顯示以模型為基礎的探究進行教學後，學生在總正確率之表現顯著優於講述教學，代表模型為基礎的探究教學可以有效促進學生科學過程技能之學習，此與 Campbell 等人 (2011) 之結果不同，主要差異在於雖然 Campbell 等人嘗試在教學過程中讓學生自主找出問題、進行實驗再建構出科學模型，但是過程中卻缺乏讓學生比較自行建構模型與理論模型之差異，以協助學生知覺所建模型的侷限性以進行模型修正，而本研究除了強調以實驗為主的建模策略之外，亦讓學生從實驗操作中建構數據模型再與理論值做比較讓學生進行概念模型的修正，以進行不同情境適用性的模型遷移。

受試國三學生前測時科學過程技能問卷之答對率約 6 成，顯示國三學生在進行教學之前即已具備相關基礎與統整之科學過程技能，而本研究強調透過模型為基礎進行探究培養學生在特定情境中的過程技能。結果顯示以模型本位探究教學可以協助學生促進科學過程技能，而造成模型本位探究組與講述教學組差異的主要原因來自於模型本位探究組強調讓學生以系統性的觀點思考動手實驗，透過科學建模歷程-模型描述與選擇，協助學生確認變因與變因之間的關係；模型分析與評估，進行實驗、收集數據、繪製關係圖以及模型效化，協助學生檢驗科學模型的合理性，而這三種要素在講述教學組部分都是教師以講述模式帶過欠缺讓學生自行建構。

(二)模型本位探究教學策略對於學生科學概念學習的影響

本研究探討模型為基礎探究教學之學生學習成效，二種教學模式(模型為基礎探究教學模式與講述教學模式)在 8 節課程之後，牛頓第二運動定律概念問卷之後測表現並無差異存在。探討兩組學生在概念整體表現無差異的原因可能來自本研究測驗試題部分取自 Hestenes 等人 (1992) 所設計之 FCI 問卷，含有 11 題(44%)，而研究顯示 FCI 問卷

即使高一學生約略答對率 40% (Hestenes, 2008)，表示 FCI 問卷對於國三學生有其困難性。因此造成模型本位教學組學生整體表現在後測時仍無法顯著優於講述教學組。

雖然後測時模型本位探究組在整體答對率雖然與講述教學組未達顯著差異，但是在不同面向的試題表現上仍有顯著差異存在，例如：拋出的球是否仍存有手的力。顯示進行模型本位探究教學仍可協助學生促進科學概念學習。造成上述試題在模型本位探究組與講述教學組差異的主要原因可能來自於模型本位探究組強調讓學生以系統性的觀點思考動手實驗，透過科學建模歷程-模型分析與評估，進行實驗、收集數據、繪製關係圖以及模型重建，讓學生知覺暫時性模型的限制，協助學生修正或重建新的科學模型，而這二種要素在講述教學組部分都是教師以講述模式帶過欠缺讓學生自行建構。

六、建議（含遭遇之困難與解決方法）

（一）設計專屬概念試題搭配教學以對應教學活動

實驗組學生雖然進行模型本位探究教學，但是在概念測驗之整體表現上並未顯著優於講述教學組，可能的原因來自於參考之問卷設計主要在於學生迷思概念，顯示在教學過程中仍無法有效全面地根除學生在力概念的迷思概念。建議未來可以自行設計概念試題以對應教學活動，更可看出模型本位探究教學策略的價值。

（二）增加教學處理時間以查看長時間的教學成效

本研究以 8 堂課時間進行所設計之模型本位探究教學，雖然教學之實驗組學生在過程技能面向之整體表現相較於對照組達顯著差異，然概念問卷之整體表現未達顯著差異。可能原因除了來自概念問卷度對於國中學生難度較深之外，亦可能在於教學實驗處理時間過短，建議未來教學實驗處理時間宜增加。

（三）行政工作需要他人協助

因為計畫主持人以及協同主持人本身都未接觸過行政工作，因此，本專案計畫合可通過之後，仍需透過行政人員轉達並協助相關經費核銷工作。經費執行部分有兩種來源，其 1 為教育部，另外為新北市政府。兩個補助單位經費核銷時間不一致，以致於經費核銷流程上，造成不少困擾。

參考資料

- 劉俊庚和邱美虹 (2010)。從建模觀點分析高中化學教科書中原子理論之建模歷程及其意涵。 *科學教育研究與發展季刊*，59，23-54。
- 鐘建坪 (2010)。引導式建模探究教學架構初探。 *科學教育月刊*，328，2-18。
- Halloun, I. (1996). Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1019-1041.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Schwarz, C., & White, B. (2005). Meta-modeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165 – 205.