

教育部 101 學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

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、計畫目的

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。基於上述的背景與動機，本研究的目的(1)設計引導式模型為主的探究教學活動；(2)透過科學建模的歷程協助學生建立牛頓運動定律；以及達到(3)同時學習科學過程技能以及科學概念的目的。

二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

本計劃主要參與人員為計畫主持人以及協同主持人。經過審查確認核可之後，商請學校行政人員配合相關事宜。行政對口單位成員包括：教務主任、教學組長、設備組長以及相關協助行政人員。任職學校方面包含校長等行政人員皆全力配合研究方案進行。

三、研究方法

本計劃的目的主要分為三個部分：

1.設計引導式模型為主的探究教學活動

設計模型為主的探究教學活動，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。

2.透過科學建模的歷程協助學生建立牛頓第二運動定律

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(劉俊庚 & 邱美虹, 2010; 鐘建坪, 2010; Halloun, 1996; Schwarz et al., 2009)，並學習如何將理論模型用以解決問題。

3.同時學習科學過程技能以及科學概念的目的

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，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(簡稱探究建模組)，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。

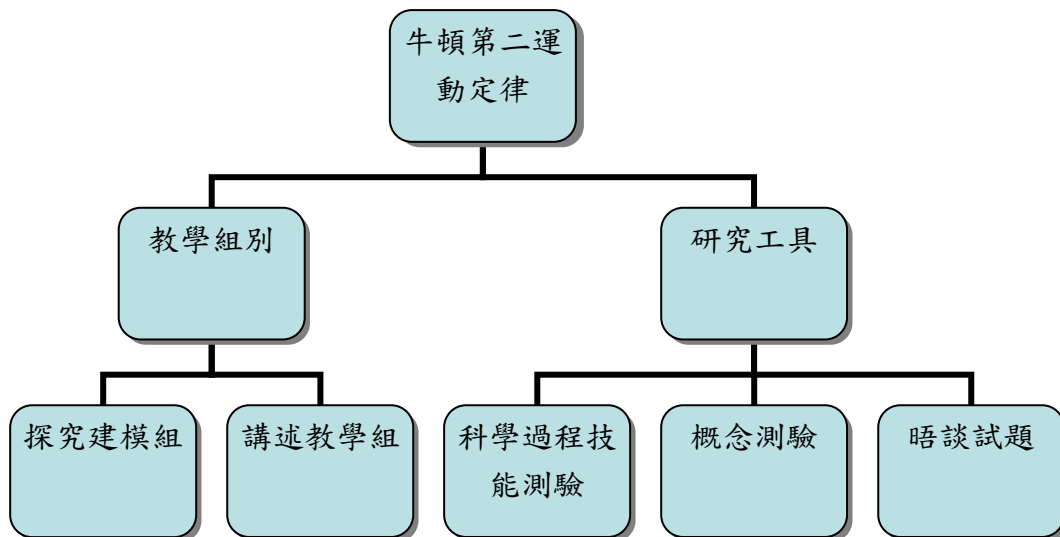


圖1 本研究之組織架構

(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) 教學設計介紹

本研究區分為兩個教學組別，其一為探究式建模組，其二為講述教學組。探究式建模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 et al., 2009)。探究式建模組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	探究式建模組	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

(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。

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。

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。

(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 15.0 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 15.0 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。

4.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。

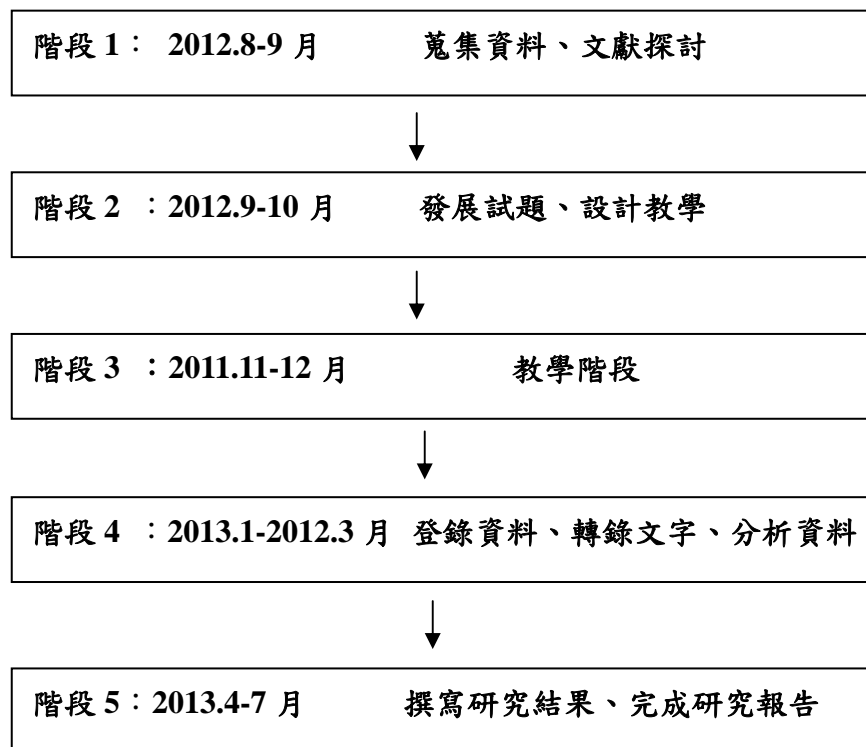


圖 2 本研究工作流程圖

四、執行進度（請評估目前完成的百分比）

目前本研究計畫內容所完成的部分為第 1~3 階段，主要包含收集相關文獻資料、相關試題以及商討教學策略與修改作為實際教學可行度之分析。因為參照國三課程進度，因此已經完成實際教學、量化測驗以及質性訪談。

目前工作在進行階段 4，主要將學生量化作答結果謄錄至試算表中以利作後續分析

以及將學生質性訪談口語資料轉成逐字稿。

五、預期成果

預計完成之工作項目、具體成果及效益分為三部分：

(一)概念與技能表現的成長

完成模型為基礎的探究教學活動及教材設計並將成果應用在教學上，預期能幫助國三學生在牛頓第二運動定律相關科學概念與科學探究技能表現上改變。

(二)實際在實驗室中動手操作學習

實際動手操作的小組活動，藉由動手做與小組協商的歷程讓學生主動學習與從事探究活動，不僅可以讓學生對於科學概念的學習達到深層的瞭解，也提升學生科學探究技能的能力。

(三)比較模型為基礎與講述教學的效益

本研究嘗試比較模型為基礎的教學與以教科書為主的講述教學活動的不同之處，預期可以作為未來教科書實驗教學方式修改提供參考。

六、檢討

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。