

教育部 106 學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：等加速度運動之模型本位合作學習教學模組設計與教學
主持人：鐘建坪 電子信箱：heaphyrins@yahoo.com.tw
共同主持人：張力中、徐曉菁
執行單位：新北市立錦和高中

一、計畫目的

(一)研究計畫的背景與動機

模型的建構是科學實務重要的工作。科學家經由觀察現象、發掘問題、設計實驗、收集資料後經由數據呈現出暫時的模型觀點，再經由不間斷的修正歷程才能為科學社群接受。科學學習的目標希望學生能夠學習科學建構的歷程，將科學建模的方法納入學習的思考架構之中。然而學校的科學教學較多著重在概念的獲得，較少將科學建模納入科學學習之中。

學生在課室的學習不應只是教師單向的知識傳遞，而是藉由提問與情境設計的方式，讓教師與學生、學生與學生產生互動而激發出學習的火花，其中班級小組任務導向是可以嘗試的教學策略。然而小組任務在實際操作時往往流於步驟而忽略學生實質的科學建構內容。因此，在小組任務導向的學習環境中，教師如何提供適切的鷹架促進學生進行科學建模是重要的教學議題。

(二)文獻探討與理論基礎

1.模型與科學建模

模型是指特定範圍內物件與物件之間的關聯，科學模型指稱概念與概念之間的關係連結(Giere, 2010)。科學家建構知識的歷程即是科學建模的歷程，建模的成果即是建構新的暫時科學社群所認可的科學模型。科學家進行科學研究時會借助科學模型進行解釋與預測，當遇見異例時會進行適度的模型修正與重建。

2.心智模型與模型本位的學習途徑

模型呈現出物件與物件之間的關聯。心智模型為個體內在心智表徵，它可呈現出個體對外在世界的觀點與看法的連結(Johnson-Laird, 1989; Vosnidou, 1994)。科學學習牽

涉學生心智模型的產生、修正與轉變的歷程。Clement (1989)主要強調透過心智模型的建立與修正以達成學習的目的，過程中強調模型範圍與限制的遞迴式(recursive)建模歷程，在其後續發表的文獻中也強調建模歷程會有許多過渡模型的遷移(如圖 1 所示)，強調讓學生歷經模型建立、修正與精緻化的歷程，最後形成科學模型(Clement, 2000)。

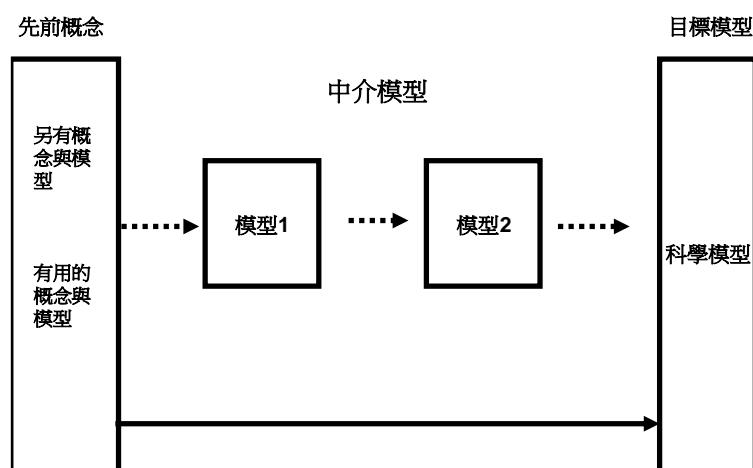


圖 1 學生概念模型發展學習路徑 (Clement, 2000)

3. 合作學習促進學生互動

目前已經發展多種形態合作學習模式，包括：學生小組學習法、拼圖法、共同學習法、團體探究法以及協同合作法等(黃政傑、吳俊憲，2006)。以學生小組成就區分法為例，策略步驟為異質性分組、設定學習目標、小組學習、發表、評量以及表揚等歷程。目的是期望學生從這些歷程中可以獲得特定概念知識。然而，執行教師往往只著重在步驟的進行而忽略學生實質地建構內容。因此，需要再納入模型本位學習，藉以強調合作學習之目的在於協助學生產生、修正與重建學生的認知結構。

4. 等加速度是學習運動學的關鍵

等加速度是運動學的重要概念之一，其牽涉位置、位移、時間、速率、速度、平均速率、平均速度等次概念。雖然學生從生活中接觸到相關的名詞，但是研究顯示學生會根據本體論與認識論的預設進行推論，造成許多先前概念多數是錯誤的，例如：學生認為相同位置的物體具有相同的速度(Trowbride & McDermott, 1980)、沒有速度則沒有加

速度等(Trowbridge & McDermott, 1981)，因此教學上需要克服學生的先前預設，才能協助學生進行融貫的概念建構。

5.概念心智圖作為學生心智模型的外顯型態

Novak 和 Gowin(1984)提出概念繪圖作為評量學生心智結構的工具。概念繪圖主要由主要概念與次要概念等組成，在概念與概念之間會有連接的關係詞用以描述概念間的關聯性。當學生的概念數量與網絡愈豐富時，呈現出的概念圖型會較為複雜，而此概念圖即可顯示出學生當下的概念狀態。目前已有研究探討如何藉由繪製概念圖作為多元評量，但是較少文獻探討如何藉由概念構圖的繪製協助學生建構心智模型(蘇金豆，2013；羅希哲、溫漢儒、曾國鴻，2007)。

7.本研究之理論架構-整合作業學習與科學建模

模型本位合作學習內含合作學習與模型本位學習的特性，強調教師進行教學時，需要思考與反思自己的教學是否具備授課、討論與表揚三個面向，並在合作學習歷程中，經由授課、討論與表揚的歷程協助學生產生、修正與重建自己的認知結構，並反思自己建構認知模型的學習歷程(鐘建坪，2014；Jong, 2016)。以下說明授課、討論、表揚與學生建立模型的關係。

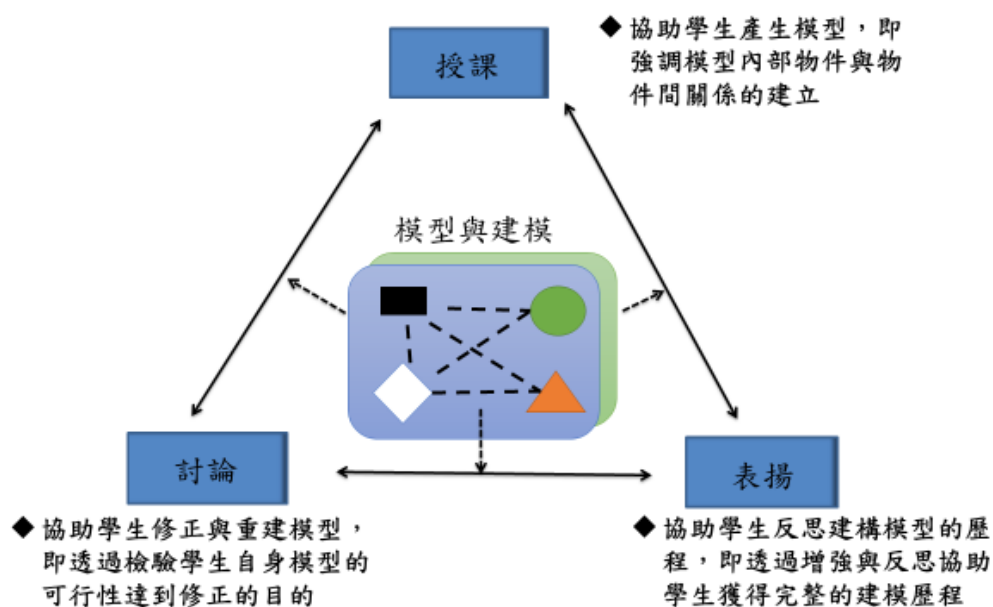


圖 1：模型本位合作學習教學模式(修改自鐘建坪，2014)

1. 授課

雖然不可否認中學學生對於課程內容已經具備先前知識，但是深入且完整的理論架構卻是付之闕如。因此，對於新進概念的引導仍需要教師在旁作引介，提供學生欲學習內容的完整圖像。授課的形式不必拘於教師演講型態，亦可以是教學影片或是學習資料的閱讀。透過授課的方式讓學生獲得欲學習概念或能力，亦即**協助學生產生模型，即強調模型內部物件與物件間關係的建立。**

2. 討論

討論的主要目的是精緻化學生在授課時所建構的初始模型，讓學生經由小組的工作任務的完成更加確認初始模型的有效性，或是藉由共同完成任務的歷程，讓學生與其他同儕進行對話，讓持有不同知識觀點者可以進行溝通協調，透過差異衝突的體認進而進行初始模型的修正與重建。此階段即是**協助學生修正與重建模型，即透過檢驗學生自身模型的可行性達到修正的目的。**

3. 表揚

表揚的歷程並非只是針對學生外在行為的讚賞，而是需要藉由表揚的歷程幫助學生進行學習歷程的反思，協助學生看見自己概念模型建構的歷程，讓學生學習的強化來自於內在動機的強化而非單由外在事物的誘導。主要任務著重在**教師如何協助學生反思建構模型的歷程，即透過增強與反思協助學生獲得完整的建模歷程。**

基於上述文獻分析與探討，本研究的研究目的主要探討模型本位合作學習教學模組如何促進學生學習等加速度。研究問題臚列：

1. 9年級學生在「模型本位合作學習教學」前、後，其「等加速度」之概念成就測驗的影響為何？
2. 9年級學生在「模型本位合作學習教學」前、後，其「等加速度」之心智模型的轉變為何？
3. 學生在「模型本位合作學習教學」的歷程中，小組成員彼此間互動的情形為何？
4. 教師在實施「模型本位合作學習教學」時，如何協助學生進行概念建構？

二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

本項專案研究計畫參與人員為計畫主持人以及協同主持人。行政人員協助計畫送審以及相關經費核銷事宜。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。學校方面非常樂見教師能夠自主申請專案計畫進行行動研究，同時也全力配合研究方案進行。

三、研究方法

(一)研究對象與情境

研究對象為便利取樣之新北市立某高中國中部 9 年級 4 個班級學生，共 120 人。其中 2 個班級學生進行模型本位合作學習教學模組試驗(N = 60)，另外 2 個班級學生則進行講述教學(N = 60)。該校常態編班，學生家長職業以藍領為主，多數經濟情況屬於小康。國中畢業升學高中與高職比約為 3：7。

(二)研究工具與發展

本研究工具主要為概念成就測驗、概念構圖以及小組互動問卷為主，並輔以課堂學習單。茲分述如下：

1.概念成就測驗

等加速度概念成就測驗主要區分為四個主要概念，分別是平均加速度、運動方向、速度與加速度的關係、等加速運動以及判別等加速度運動。預計設計 25 題，完成初始命題之後，請專家進行審查、修正後進行施測。

2.概念圖繪製

學生的心智想法可以藉由概念圖的方式而外顯化，而學生會依據此概念圖進行概念推理。因此，本研究將學生所繪製的概念圖視為學生的心智模型。在教學前、後，商請學習成就高、中、低的學生繪製等加速度的概念圖。試題說明如下：

伽利略是 17 世紀開啟科學革命的物理學家之一，然而伽利略的想法卻無法獲得當時教義派的神學家支持，請問如果今天你藉由多啦 A 夢的任意門抵達比薩斜塔，你會如

何向教皇解釋自由落體是屬於等加速度運動呢？(請盡可能詳細繪製你所想到的科學概念，並將會使用到的科學概念加以連結，例如：讀書因為要考試，並說明實驗會如何操作?)

3. 小組互動與合作自評量表

小組成員進行組內互動時，可以讓學習成就高者與低者相互進行分享。在解釋說明的同時反思學生自己概念模型的正確性，也可藉由他人的提問進行反思與修正。本研究小組成員互動自評量表修改自楊致慧和黎瓊麗(2013)以及鄭景華和湯宗益(2004)之小組互動與合作問卷內容，採取李克氏 7 點量表評分設計，分數越高顯示互動與合作情形愈高。

(三) 教學設計

教學設計主要依據模型本位合作學習步驟進行，強調讓學生在學習歷程產生心智模型的轉變，藉以獲得相關的等加速度概念模型。教學如表 1 所示。

表 1 等加速度教學模組設計

節次	實驗組教學	對照組教學
1	<ul style="list-style-type: none"> ● 模型與建模本質觀點 (A)授課： 說明模型與建模的定義。 (B)討論： 討論何種模型較為適切。 (C)表揚： 反思自己原先模型與建模的定義與目前定義的差異。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 加速度的定義 口頭說明打點計時器實驗 1.說明問題情境可能有哪些變因需要探討，以及討論這些變因的可能關係。 2.老師講解平均加速度的定義 ($a = \Delta V / \Delta t$)，並說明如何進行打點計時器的實驗，以測量平均加速度。老師設計的理想化數據分析位移、平均速度以及平均加速度。

2

● 加速度的定義

(A)授課：

口頭說明打點計時器實驗。

(B)討論：

問題情境可能有哪些變因需要探討，以及討論這些變因的可能關係。

(A)授課：

2.老師講解平均加速度的定義

($a = \Delta V / \Delta t$)，並說明如何進行打點計時器的實驗，以測量平均加速度。

(B)討論：

分析理想化數據分析位移、平均速度以及平均加速度。

(C)表揚：

學生上台發表並進行小組評量

● 舉例分析實驗數據

學生分析老師設計的理想化

數據分析位移、平均速度以及平

均加速度。

3

● 分析實驗數據

(A)授課：

學生經由實驗紀錄的數據分析位移、平均速度以及平均加速度。

(B)討論：

理想化與實際實驗結果之間的差異

(C)表揚：

小組評量並反思那些因素影響等加速度運動

● 加速度的關係式

老師重新說明平均加速度的

定律式($a = \Delta V / \Delta t$)，並舉範例試題

4

● 加速度的關係式

(A)討論：

● 類推加速度概念

計算舉例說明平均加速度與等

學生分析老師設計的理想化數據分析位移、平均速度以及平均加速度。

(B)授課：

透過 $y=kx$ 的關係式說明平均加速度關係式

($\Delta V=a\Delta t$) 的意義

(C)表揚：

學生上台發表並進行小組評量

加速度(單位時間內具有相同速度變化量)的相關試題並做練習

5

● 效化加速度關係式合理性

(A)授課：

舉例說明模型效化鷹架的意義

(B)討論：

透過鷹架協助學生確認所學之模型是否合

理，讓學生透過推理連結符號模型與巨觀現象。

(C)表揚：

讓學生發表自己的論證過程

● 類推加速度概念

計算舉例說明平均加速度與等

加速度的相關試題並做練習

6

● 類推加速度概念

(A)授課：

計算舉例說明平均加速度與等加速度(單位時間內具有相同速度變化量)的相關試題

(B)討論：

練習平均加速度與等加速度(單位時間內具有相同速度變化量)的相關試題

(C)表揚：

學生發表解題歷程並進行小組評量

● X-t 圖、V-t、a-t 圖差異

綜合說明靜止、等速度運動以及

等加速度運動 X-t 圖、V-t 圖、a-t 圖之差異

7

● X-t 圖、V-t、a-t 圖差異

(A)授課：

綜合說明靜止、等速度運動以及等加速度運動

X-t 圖、V-t 圖、a-t 圖之差異

(B)討論：

提供情境讓學生解釋靜止、等速度運動以及等

加速度運動 X-t 圖、V-t 圖、a-t 圖之差異

(C)表揚：

學生發表解題歷程並進行小組評量

● 自由落體

說明自由落體是等加速度運動

的一種形式。說明

($a=\Delta V/\Delta t=9.8\text{m/S}^2=g$)

8

● 自由落體

(A)授課：

說明自由落體是等加速度運動的一種形式。說

明($a=\Delta V/\Delta t=9.8\text{m/S}^2=g$)

(B)討論：

101 大樓落下一顆石頭，其運動情形

(C)表揚：

學生發表解題歷程並進行小組評量

● 綜合練習

練習等速度、等加速度以及自由

落體相關試題

(四)資料編碼與分析

本研究所蒐集之資料區分為量化與質性兩個部份，其中量化資料為概念成就測驗與小組成員互助合作自評量表，而質性資料為學生繪製之概念圖與課室教學錄影。量化資料將以前測為共變數進行單因子共變數分析。而質性資料則收集研究對象之概念圖型，再根據學生回答的內容進行分類，大致可將學生的概念圖依據 Vosniadou (1994)分為初始模型(initial model)、合成模型(synthetic model)與科學模型(scientific model)三類，課室錄影部分則作為教師教學、師生互動與學生小組互動情形的佐證資料，以利三角矯正。

四、執行進度（請評估目前完成的百分比）

本研究流程分為四個階段，第 1 階段主要搜集資料進行文獻探討與教學設計，針對目前文獻中已有針對等加速度所探討的相關研究進行整理，以發展教學模組與概念測驗問卷；第 2 階段時實際進行等加速度單元教學並蒐集國三學生對於模型觀點、小組互動、概念想法等教學前、後的變化情形；第 3 階段為登錄所蒐集的資料並進行分析；最後，第 4 階段為撰寫研究報告。詳見下圖 1：



圖 1 本研究工作流程圖

目前本計畫完成階段 1 至階段 3 登錄學生資料部分，並正著手進行學生資料的分析，未來 6 個月將著重在學生資料的統計分析、成果展現以及撰寫成果報告。

五、預期成果

預期成果包含教師共同備課設計教材、思索資訊工具如何協助科學建模以及學生樂於參與理化課堂。

(一) 教師共同備課設計教材

經由主持人與協同主持人共同規劃、討論教學模組的設計，帶領協同主持人思考如何幫助學生進行心智模型的改變，也協助研究者更加知悉不同領域教師教授不同單元時思考的差異性。

(二) 思索資訊工具如何協助科學建模

資訊工具日新月異，輔助科學學習的軟體亦不段推陳出新，為了不勉強為了資訊融入而教學，教學前教師們尋找可能融入的單元以及相互搭配的工具，並且思索如何設計學習單讓學生能夠進行較多自主性的任務學習。

(三) 學生樂於參與理化課堂

因為每節堂課的時間切割，授課或自學部分約占 20-25 分鐘，討論部分約占 10-15 分鐘，表揚與反思部分約佔 10-15 分鐘。每一階段學生皆有需要任務完成，因此適切轉換之後，學生不覺得理化課枯燥乏味，而是有較多的師生與生生之間的互動，而不理解的地方亦可以在討論或是反思部分獲得澄清。

六、檢討

(一) 計畫運作的規劃及同仁間的協調

計畫撰寫之初即要先詢問相關行政人員作為將來計畫執行調度與配合所需。日前進行資訊融入教學即需要行政人員與家長接受學生於課堂上使用行動載具進行學習。由於國中生較少能自備 4G 網路，因此實際操作時，需要協調學校網路分享器的使用以及網路的順暢性。

(二) 思索學生心智建模歷程如何與合作學習整併

合作學習是廣泛應用的教學模式。但是該如何在合作學習教學模式中納入模型本位教學是一直努力思索的一件事情。若是只強調外在步驟則容易流於操作方式，而忽略學生概念建構的本質，但若只強調學生心智概念的建構，對國中生而言，課堂的教學略顯單調乏味缺少師生與生生互動的建構歷程。因此，教學時該如何藉由外在步驟協助學生心智概念模型的建構是一大挑戰。

(三) 常態編班情境，如何更適切符合學生的差異性

現在國中部編班屬於常態編班，而因為學區屬性的關係，學生的能力差異非常的大。教師在實際進行教學時，如何同時兼顧高、中、低學習成就的學生，讓這些學生在課堂裡都能夠實際進行學習而獲得成長，是需要教學者更進一步思索的問題。

參考文獻

- 黃政傑、吳俊憲（主編）（2006）。*合作學習發展與實踐*。台北市：五南。
- 羅希哲、溫漢儒、曾國鴻(2007)。概念構圖融入電腦輔助教學法應用於綜合高中學生化學科之學習成效及態度之研究。*科學教育學刊*，**15**，169-194。
- 蘇金豆(2013)。應用概念圖引導與動畫輔助技專生化學問題解決能力之探究。*教育傳播與科技研究*，**103**，37 – 60。
- 鐘建坪(2014)。模型本位合作學習教學策略。*臺灣化學教育*，**1**（2），203-209。
- Clement, J. (1989). Learning via model construction and criticism: protocol evidence on sources of creativity in science. Glover, J., Ronning, R., and Reynolds, C. (Eds.), *Handbook of creativity: Assessment, theory and research*. NY: Plenum, 341-381.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, *22*(9), 1041-1053.
- Johnson-Laird, P. N. (1989). *Mental models*. In M. I. Posner (Ed.), *From foundation of cognitive science*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Jong, J. P. (2016). The effect of a blended collaborative learning environment in a small private online course (SPOC): A comparison with a lecture course. *Journal of Baltic Science Education*, *15*(2), 194-203.
- Novak, J. D., & D. B. Gowin. (1984). *Learning How to Learn*. New York and Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American Journal of Physics*, *48*(12),

1020-1028.

Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics*, 49(3), 242-253.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.