

# 行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

## CAL 學習環境中不同教學型態對物理學習效果的影響(II)

### The Effects of Instructional Strategies on Physics Learning in the CAL Learning Environment (II)

計劃編號：NSC 88-2520-S-032 -001 -

執行期限：87 年 8 月 1 日 至 88 年 7 月 31 日

主持人：錢正之 淡江大學教育科技學系

#### 壹、計劃目的

在科學活動中，科學家將觀察自然界所得到的心得及規則，用文字或符號記錄下來。運動學的教學目標，是藉著這些符號的表達，讓學生更深入地「看見」這個世界。運動學中提到的幾種符號包括數學方程式(equation)、箭頭符號的運動圖(motion diagram)、以及位置、速度等相對時間的曲線圖(kinematic graph)。這三種符號都具有一個共同的目的，就是描述物體的運動。在運動學的學習上，常見的問題便是學習者在學習這些符號之後，並不能由抽象的符號反推回真正的現象描述。今天如果我們試著以其中一種符號詢問學生，例如： $x = t^2 - 3t + 2$  如果代表的是一輛車子的運動，詢問學生這輛車大略的運動情況為何，許多學生都不知從何回答。或者，在畫出運動的曲線圖之後，請學生寫下相對的運動方程式，恐怕也是相同的結果。這個現象顯示，雖然教過學生使用許多種不同的符號來描述運動，但是學生仍無法理解符號與實體運動間的關係，也不了解符號與符號之間的關係。

本計劃的目的，是藉用電腦在符號系統即時轉換的運算能力，希望幫助學生將靜態的科學符號與實體的物理運動結合，並探討教學活動設計型態與使用方式之間的關係。本計劃研究問題如下：

1. 學生使用本教材之後，可否正確說明各種符號系統所對應的實體運動為何？
2. 學生的先備數學能力對了解符號系統與實體運動間的關係是否有所影響？
3. 學生的先備物理能力對了解符號系統與實體運動間的關係是否有所影響？
4. 由教師帶領學生討論與由學生分小組自行討論兩種不同方式使用本教材，對學生能否了解符號系統與實體運動間的關係是否有所影響？
5. 學生在使用本教材之後，對於一般性的數學解題活動是否有所幫助？

#### 貳、文獻探討

科學家使用大量的科學符號記載各種規則與定理(如  $F=ma$ )，目的原在於簡化冗長的文字敘述，藉著簡潔的符號，可以幫助科學家作更深一層的思考活動。然而，Perkins 及 Unger (1994)指出，所謂簡潔符號的益處，唯有那些對於符號本

身具有一定熟悉程度的人才能享受；對於初學者而言，如果沒有足夠的機會先對抽象符號與實際環境之間做好連貫，則利用符號作為說明實際問題的工具，反而會更形困難與複雜。以常見的  $x$ 、 $y$  座標所代表的時間對位置、速度等的關係圖為例，許多學生就無法正確地說明其曲線與實物運動之間的關係(Beichner, 1994; McDermott, Rosenquist, & van Zee, 1987)。Perkins 與 Unger 的說法，與 Lawson、McDermott (1987) 及 Mazur (1996) 所指出學生在科學上學習的問題，有相當的關係：即使學生能夠成功地使用定量的數學公式解決問題，對於觀念問題仍有困難。也就是學生經常利用題中已知的變數，尋找相關的公式計算答案，而不是真正地運用科學知識解決問題。

## 參、研究方法

### 一、教學設計

本教材的設計採取鏈結模型(錢正之, 1999)，藉由以下四個問題的思考，以整合運動學的教學及電腦的應用：(1)、教學的需求在哪裡？(2)、什麼樣的教學策略能幫助學生達到這些目標，或是解決過去研究中所發現的學習問題？(3)、教學內容的哪些部分，需要靠著科技比較能有效率的呈現？(4)、哪些教學策略使用教育科技比較容易實現？以下將針對運動學的部分，分析這四個問題並提出解決的方法。

鏈結模型的第一個問題是找出運動學的學習需要。運動學所描述的是物體的運動，在紙張上只能用各種符號「代表」，並不能真正地顯示實體的狀況。如果我們對其中的一種符號作修改(例如把  $t^2$  項改為負號)，也不能自動顯示出對運動圖、曲線圖等的影響是什麼。鏈結模型第二個問題是選擇適當的教學策略。在學習符號與實體運動及符號與符號間的關係時，除了教師作說明示範之外，希望學生也能嘗試著判斷及預測不同符號與運動之間的關係，並由所得到的結果中作修正，才能幫助學生真正建立三種不同符號及實體運動之間的關係網。對於第三個問題，已經在前面討論過，紙張對於運動狀態的呈現有其限制，運用電腦對不同符號系統轉換的運算能力，可以立即顯示出各種符號所對應的運動情況，以及不同符號系統間的關聯性。這個能力對於第四個問題同樣有很大的幫助，我們在教學中希望在教師的示範與說明之後，學生能夠根據自己的理解先做預測，再由電腦上所得到的結果判斷修正的方式(而不是由電腦告知「答案錯誤」或直接顯示正確答案)，以幫助學生真正地建構出各種符號與實體運動間的關聯性。

### 二、活動分析

1. 在許多問題中，我們會提供一個故事背景，用汽車、樹、高空彈跳等與物理本身似乎不相關的名詞來取代立方體、台車、法碼等物體，以增加學校知識與生活之間的關連聯性，也同時訓練學生從看似複雜的情況中，找出簡單的物理概念。
2. 進行預測：一些不需要計算的觀念，以及可能發生的結果，讓學生試著先說

說自己的想法，再與模擬展示的結果做比較，可以幫助學生了解自己的想法。讓學生試試先說自己的看法，可能會出現許多有趣的結果。而這些說法，對教師了解學生的問題，及幫助學生克服學習困難，都會有很大的幫助。

3. 解釋理由：在許多問題中除了問學生答案之外，也請學生解釋他們的理由。這個設計有兩個理由：讓學生試著用自己的話，應用物理原理來解釋所觀察到的現象；讓教師不僅知道學生的答案，也知道學生選擇答案的原因。這個部分需要老師的協助才能達到效果。
4. 觀念整合：在一系列的引導問題中，先讓學生嘗試回答比較簡單的問題，等到一串的問題答完了之後，讓學生重新審視自己的答案，決定最終的問題解答究竟應該是什麼。
5. 反向推理：例如，除了詢問學生一條方程式所代表的運動之外，也試著給一個運動的情況，讓學生推論可能的方程式為何。同樣的活動也可以應用在運動圖與曲線圖上。而找出來答案，有時並不只有一種是正確的，可以讓學生討論各組的答案，訓練學生評量的能力。

### 三、研究設計

研究對象為淡江大學物理系一年級學生，共 143 人。普通物理課程的規劃是，學生以大班的方式共同聽講，每週兩節(每節 50 分鐘)，由教師講述基本定理。討論課每週一節，分為四個小班，由同一教師授課。另有演習課每週一節及實驗每週三節，由助教分班上課。本計劃教材之使用，是在學生共同聽講學習基本的運動學知識之後，在討論課中分成兩種不同學習方式使用本教材。由於教材設計方式，是一系列的討論問題，讓學生由問題中逐步找出解答。研究中的第一種教學方式，是由教師帶領學生討論；第二種方式是由三為學生分成一個小組，相互討論工作單上的問題。除教學方式之外，學生的物理先備知識(聯考物理成績)、數學先備知識(聯考數學成績)、及一般解題能力(普物其他單元成績)等因素，也同時作為學生學習成果分析的變因。由於在先期的測試中(preliminary test)，曾詢問物理系高年級與研究生如「請說明  $x = t^2 - 3t + 2$  的運動情形」之類的問題，學生通常都無法正確回答。也就是如果將學生分為兩組，在同樣的教學時間內，一組使用本教材直接教授運動學符號的意義，另一組使用一般教材 (Halliday, Resnick, and Walker, 1997)，最後在期中考試測驗學生對符號的了解程度，容易對未使用本教材的學生造成恐慌，或認為教師教學不公平，所以本研究未採用傳統的實驗組與對照組方式進行。

### 肆、研究結果與討論

學生學習成效評量於第一次期中考試進行，測驗重點為運動學中三種符號系統與運動的對應關係及符號系統之間的轉換，總分 20 分。學生成績以 4-way ANOVA 分析學生符號系統轉換能力與教學方式、先備物理知識、先備數學知識、及一般解題能力四項因素之間的關係。分析結果發現，一般解題能力對學生學習

符號轉換能力的成效，發現顯著差異( $F(1,78) = 7.40, p < .008$ )。一般解題能力較高的學生( $M = 15.69$ )對學習符號轉換優於解題能力較低者( $M = 13.20$ )。這個現象可能的解釋是學生如果對於各種符號與實際運動之間的關係有比較清楚的了解，對於一般性的運算題目應該也會有幫助。在教學方式上，由教師帶領學生討論( $M = 13.99$ )與讓學生分成小組( $M = 14.90$ )兩種教學方式，學生在轉換不同符號的能力方面並無顯著差異( $F(1,78) = 1.089, p < .300$ )。可能的原因是活動設計即採用引導問題的方式，提供問題分析的重點，幫助學生自行判斷結果，再由電腦模擬提供回饋，所以將學生分成小組進行討論，仍可達到相當的學習效果。其次，學生的先備物理知識對運動學符號轉換的學習並無顯著影響( $F = .55, p < .816$ )。如實驗前的先期測試(preliminary test)所顯示，許多大學物理系或是研究所的學生，也不能正確地轉換不同的符號系統，這與大學聯考物理成績的高低與符號轉換能力無直接關係的結果，可謂相當一致。學生的先備數學能力對運動學符號轉換的學習也無顯著影響。本研究的內容主題是不同符號系統的轉換，看似以數學為重心，但實際運用數學非常的少，反而是理解數學符號中係數與物理世界的關聯性才是重點，並不需要學生具備深厚的數學基礎便能有效學習。

#### 伍、參考資料

- 錢正之 (1999)。教育理論演進對 CAI 設計與教學的影響—以科學教育為例。課程與教學季刊，2(4)，25-42。
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. American Journal of Physics, 62(8), 750-762.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (1997). Fundamentals of Physics Extended (5th ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Mazur, E. (November 20, 1996). Assessment. [Online] Available <http://galileo.harvard.edu/mazur-www/Education/TestResults.html>.
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., & van Zee, E. H. (1987, June). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. American Journal of Physics, 55(6), 503-513.
- Lawson, R. A., & McDermott, L.C. (1987). Student understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems. American Journal of Physics, 55(9), 811-817.
- Perkins, D. N., & Unger, C. (1994). A new look in representations for mathematics and science learning. Instructional Science, 22, 1-37.