

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(I)

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

計劃編號：NSC 87-2511-S-032-009

執行期限：87 年 3 月 1 日 至 87 年 7 月 31 日

主持人：錢正之 淡江大學教育科技學系

一、中文摘要

本計劃為整體計劃之第一階段，為期五個月，以完成網路教材並作初步的測試與修正為目標。學習活動涵蓋運動學中的方程式、運動圖、與曲線圖，學習目標為幫助學生將以上的科學符號與物體的實際運動作連結。一般而言，大學教師與學生皆認為運動學在中學階段已有足夠的學習，無須再多作討論。然而反覆的計算練習，不必然連帶產生概念的理解。本教材設計直接挑戰學生對方程式等符號的理解程度。

關鍵詞：

物理，運動學、網路化教學、概念理解、多重符號表徵

Abstract

The first part of this project focuses on the material development and formative evaluation for the web-based instruction research project. The learning activities covering equations, motion diagrams, and kinematic graphs are developed to help students relate

these abstract representations to the real motions. Generally, both faculty and college students believe that kinematics has been well covered in high schools. However, repeated calculating exercises do not necessarily generate conceptual understanding. This project intended to develop a web-based materials which directly challenge students' qualitative understanding on the scientific symbols used in kinematics.

Keywords:

Physics, Kinematics, Web-based instruction, Conceptual understanding, Multiple representations

二、緣由與目的

在科學教育的領域中，概念理解的重要性是一致受到肯定的。同時也有許多的研究顯示，學生即使能夠正確的解出方程式，仍未必表示學生已經了解其中的物理概念(Hestenes, Wells, & Swackhamer, 1992; Mazur, 1996)。也就是說，對大部分的學生來說，所謂物理概念並不能由反覆的計算中自然產生，還是要靠適當的教材

與教法才能逐漸獲得。目前現有的教材大致分為兩類：一類以解題運算為主，學習重點放在如何定量地計算出答案；另一類著重觀念理解，強調不用數學方程式作為教學的工具。在前者，經常將物理中描述物體運動、特性等的公式，視為數學的代數練習，並未針對其物理意義作探討。本研究設計教學活動，著重在學生學完課程中定量的定理與方程式後，能藉著定量工具，定性的描述出各種符號所代表的物理意義；並且能夠再看到方程式(equation)、運動圖(motion diagram)、或曲線圖(kinematic graph)任一種符號工具時，能正確地將其意義用其他的符號工具表示出來。

本網站除首頁的範例說明外，總計分為六個單元：方程式、運動圖、曲線圖、方程式與運動圖、運動圖與曲線圖、及方程式與曲線圖。在首頁的說明中，使用 Java 程式呈現一輛小汽車運動的情形，讓學生先思索一個問題：當看見一個物體在眼前運動時，我們應該怎麼用語言、方程式、運動圖、及曲線圖等不同的方式來描述它的運動？用這個例子說明整個活動的目的在於幫助學生連結他們所學過的科學符號與真實運動之間的關係，最終的目標是能夠再看到一個如 $x = t^2 - 2t + 3$ 之類的簡單一元二次方程式，或是其他的 $x-t$, $v-t$, $a-t$ 曲線，能夠在腦中浮現出物體運動的景象。活動共分為兩部分，每個部分三的單元。以下是這六個單元內容的簡短說明：

第一部份：基本翻譯

這個部分的目標是幫助學生了解方程式、運動圖、與曲線圖的基本意

義。

1. 文字與方程式

活動首先由運動方程式的一般式 $x = x_0 + v_0 t + 1/2 a t^2$ 開始，說明方程式中的係數所代表的是物體的起始位置、初速度、與加速度。之後給學生以下的例題，請他們依提示寫下方程式：


有一輛玩具小車從距離牆壁 10 公尺的地方，以每秒 3 公尺的速度向牆壁方向彈射出發，途中因摩擦力的關係，以每秒每秒 0.5 公尺的幅度逐漸減慢。請依以下的不同狀況，寫出小車的運動方程式。



以上的問題設計共有兩項重點：一、問題以相對的位置與速度表示，之後再另給不同的座標原點與方向，學生會發現：「一個完全相同的運動，將會因不同的座標得到三個(或更多)不同的方程式；而同樣的方程式也可以描述許多不同的運動。」所以死記方程式的運動或死記運動的方程式是沒有意義的。二、活動以五個子問題，問學生有關小車的座標、起始位置、初速度、加速度為何，再請他們寫下最終的結果。其中如何決定加速度的正負號，對學生而言較不容易，是以使用較長篇幅解釋。

2. 文字與運動圖

第二單元讓學生練習將運動以符號化、視覺化的方式紀錄下來，可幫

助學生對於運動過程的細節，如速度大小、相對位置有更清楚的掌握。速度以箭頭符號  表示，圓點代表位置，箭頭代表方向與大小。教學重點有二：一、注意表示速度的箭頭的長短及方向；二、注意在相同時間間隔內，小車間軌跡距離的大小。例如：如果有一輛車子從 $x = -2\text{m}$ 的位置啟動，初速度是 2m/s ，加速度 2m/s^2 ，其運動軌跡圖為：



如果學生對畫運動圖需要協助(特別是當速度與加速度符號相反時)，網頁也提供提示，引導學生了解運動變化的情形(例如，速度為 -3 ，加速度為 $+2$ 的運動是什麼?)，在重新探討「加速度」的意義後，繪圖問題便可迎刃而解。

3. 文字與曲線圖

在學生了解速度、加速度的意義與建立視覺的圖像(mental image)後，這個部份將幫助學生以 $a-t$, $v-t$, $x-t$ 曲線圖紀錄運動的情形。一般而言，學生對等加速度運動中的 $a-t$ (水平直線)、 $v-t$ (斜線)較無困難，對 $x-t$ 曲線的變化方式較難以決定。活動中先引用「文字與運動圖」單元的運動概念，請學生想像與比較等速運動與等加速運動物體的實際情形，然後決定 $x-t$ 曲線，而非直接使用數學公式的方式決定曲線圖，以幫助學生將曲線符號與真實運動作連結。

第二部分：互換挑戰

這個部分是訓練學生再看到方程式、運動圖、或曲線圖等任一符號時，便立即能夠將它轉換成為另一種符號

的表現方式。

4. 方程式與運動圖

本單元先給予學生一方程式(如 $x = t^2 - 3t + 2$)，請學生說明其運動的狀況。之後再給予一個運動的小球，以及一個可以由方程式控制運動的模擬小車，讓學生經由改變方程式係數使小球與小車有一致的運動。目的在幫助學生在看到真正的運動時，能夠推測出相對的方程式。學生在遭遇困難時，同樣可獲得引導協助。

5. 運動圖與曲線圖

本單元著重此二圖形的互換，題目給予一組 $x-t$, $v-t$, $a-t$ 圖，引導學生從運動方向及位移大小兩項重點，決定運動圖。詢問小車是一直往相同的方向前進，或是有改變方向(折返)；以及在運動的途中，如果我們每隔相同的時間畫一次小車的位置，則每個小車記號間的距離是逐漸增加，還是逐漸縮小。

6. 方程式與曲線圖

本單元引導學生從方程式係數的意義與實質運動的關聯，請學生繪出曲線圖；此外也由曲線圖的起始點看出方程式為何。本單元列在第六的原因，是由於方程式與曲線圖都屬於比較抽象的符號，學生在學習前應儘量熟習其基本意義，否則純就技巧而言，如何從一組 $x-t$, $v-t$, $a-t$ 圖看出方程式是非常容易的事。為避免學生只學解題技巧而不明其意，才將本單元列在最後。

三、結果與討論

本計劃自 87 年 3 月起執行至 87

年7月為第一階段，在五個月的期間內，主要成果為網路教材內容之編寫以及實施形成性評鑑，以作為實際使用前修正的依據，符合原訂計劃進度。網站內容(包含教材與網路呈現方式)曾與本校教育學程、物理系之教師、學生討論，以從不同角度了解教材內容的適用性，並由此作為修正的依據。本計劃雖以大學物理系一年級為研究對象，然而內容多未超出國中課本，只是許多概念經過多年學習後仍未獲得有效釐清。例如，在詢問部分教師與學生， $x = t^2 - 3t + 2$ 的方程式所描述的是怎樣的運動，大部分的學生是完全不知如何答起，其次就是回答「拋物線運動」。所謂的「拋物線」是指以 $x-t$ 圖描述物體在 x 方向位置隨時間變化的情形，而學習者誤將 $x-t$ 圖的符號視為運動的軌跡，才有此答案。事實上，以上的方程式中，空間座標只有 x 一項，無論物體如何運動，永遠是在一條直線上，運動軌跡絕對不會是曲線。這個現象表示， $x-t$ 圖的意義雖然從國中二年級開始介紹，然而學習者到大學甚至相關科系畢業之後，仍將其與運動軌跡混淆，顯然本計劃以澄清各種符號所代表的意義為目標，確有其必要性。教材內容可由網路上獲得，網址 <http://163.13.178.74/kine/default.htm>。

四、計劃成果自評

「運動學」在大學普通物理中並不算是重要章節之一，原因是大學教師認為「學生在中學已經學的很多了」；而學生在提到運動學時，最初的反應也是覺得「沒有什麼好學了」，因為在準備高中聯考、大學聯考的過程

中，這些問題都已經計算過上百遍了。當本計劃教學內容呈現在教師與學生前，他們對於運動學的看法便產生改變，個人認為這是本計劃中一個重要的成就。事實上，運動學是稍後學習動力學(dynamics)非常重要的基礎，在動力學中，通常包含兩類問題，從力計算運動與從運動推測力(牛頓第二定律 $F = ma$ 所描述的正是這兩件事)，學生必須對運動學的符號有正確的認識，之後才能順利理解與學習力學。本教材可提供教師與學生一個便利的教材，重新認識運動學的重要性。

五、參考文獻

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. The Physics Teacher, 30, 141-158.

Mazur, E. (November 20, 1996). Assessment. [Online] Available <http://galileo.harvard.edu/mazur-www/Education/TestResults.html>.