

微電腦在 物理課程之應用

瑪麗蓮·米爾索著
孫家麟譯
國立臺灣教育學院物理系

過去幾年中，微電腦在學校的地位日趨重要。它們相當低廉的售價使一些貧窮的學校都買得起，這項在六〇年代前期開始在工業界掀起的革命也不得不為教育家們所重視。數學、商業及科學等科系都確認應瞭解微電腦及其功能，並編入課程中，但問題是該怎麼做？只有少數的教育工作者（物理教師也包含在內）有電腦程式設計之背景，即使這些人也不能立刻看出電腦輔助教學工作之道。

大約兩年前當本校出現微電腦時，我正處於這種狀態。我曾學過 FORTRAN 的程式設計，且在研究所讀書時用過一些數值分析。但那是使用老式大機器的，只能做整批處理（batch）的，且程式送進去以後第二天才能看到結果。要如何將只有一個終端機，8 K 記憶之微電腦（只能給一人使用）編入高中物理或大學物理課程中呢？有時間去熟悉電腦語言且能達成預期之目標嗎？這篇短文乃告訴大家我所研究出來，微電腦在物理課程之應用。

電腦素養（Computer literacy） 是每個人都該具有的

首先我自問，應該讓所有的學生瞭解電腦的什麼東西，即或他們的目標在物理方面，這些仍應知道。答案是“電腦素養”。我解釋這個用得廣泛的名詞有以下三種意義：

1. 一些有關電腦發展的歷史，因而我們能合理的預期它們能做什麼，以及電腦技術發展之一些主要問題，如自動機械及對個人隱私之侵犯。
2. 對電腦有一整體之概念，諸如，它由那些部分組成的，它們彼此間如何工作的，電腦的“大小（size）”及其在工業上之應用，以及在自己的事業中使用電腦的機會。
3. 至少熟悉一種電腦——我們已有的。它包含學習如何開機與關機，如何將資訊存入磁帶及如何由磁帶取出，有那些軟體程式集（package）可以供應。總之，除了作電腦程式以外，其他的事都應知道。

為了上述目標，我作了二、三次的講述，說明以上各項之內容，然後安排學生去和電腦接觸，盡情的使用電腦。確定每個學生都接觸電腦達四十五分鐘之久，然後應程度好的學生之要求，實際來設計程式，這也是一般學生所樂意接受的。本校電腦對學生開放，學生登記以後每天可使用半小時。此後，除了周末、下雪天及營火會的時間外，很難得見到電腦有空閒的。

BASIC 與電腦程式設計

今日的微電腦都是用 BASIC 語言（Beginners All-purpose Simulation Instruction Code 之縮寫）。這是專門為外行人設計之語言。你只要學會半打的規則與半打指令就可以利用 BASIC

來工作。由於BASIC與FORTRAN很相似，故我學來並不困難。對學生作了基本BASIC之簡短解說後，我的學生也很容易的能使用BASIC語言了。

但這並非結束，因為學習BASIC與學習程式設計還有很大的差異。就像一個人學習一種語言的字彙及結構以後，到使用該語言的國家旅行，發現他只能使用簡單的語句，對觀念的溝通仍有困難。由於我的學生對物理觀念仍然貧乏，我不能期望他們立刻寫出成熟的程式應用於物理方面。

因此，我們開始設計一些邏輯結構簡單且為人熟悉的一些程式——平衡支票簿，找出質數，計算利息，解二元一次聯立方程式，等等，並附帶一些簡單的遊戲。由於這些程式在很多書裏都能找到，故當他們感到困難時，很容易找到答案。

我也發展出一套指定計算機程式作業的哲學觀點。這個程式對個別學生而言可表現向上進步但也顯迷惘的性質，因此在指定的時間內做完會顯得難一點，但也不能太難，它應能在一段合理的時間內做出來。

我發現要鼓勵學生像程式設計師(Programmer)一樣的思考，最佳教授技巧之一乃是使用POKE指令。這個指令是所有微電腦都具備的，它使程式設計師能把螢光幕上每一個小空格(cell)給予地址(address)，並可令這些地址顯示一個符號，字母或數字。這個特性使得程式的設計能讓螢光幕上顯示我們所希望的畫面。因此，要求學生POKE一個X，一個方塊，或一個三角形在螢光幕上使他們對瞭解基本程式的原理受益最多。同時，或許在一般的程式課本中無法找到此種程式，他們必需要自己做。

一個學生成功的寫完二或三個非物理方面程式(包含一個螢光幕顯示的程式)後，我認為可以寫應用於物理方面的程式了。應該寫何種程式，又在何處找到暗示或建議？我發現，應由你要學生寫物理應用程式的目標而定。假如你的目標是要學生們做初級的研究工作，則一個8 K的微電腦及一群高中學生不會產生預期的效果。但是，若目標是利用電腦來做或者加強物理觀念並增進學生形式操作(formal operation, Piaget所認知第四階段)思考的能力，則我認為這是最有價值的一種方法。欲將一個問題用程式表現出來，學生必需學習物理，學習邏輯思考，及學習程式設計。

舉一個很好的例子，分析一個球由某一已知高度落至地面，且知其恢復係數(coefficient of restitution)的問題。可要求學生求出在相同時間間隔反跳球的速度與高度，學生必需以認真態度瞭解運動學中的等加速運動方程式，才能將其程式化。若再要求他們將球的反跳在螢光幕上用圖形顯示出來，再要求他們考慮是在有黏滯性的介質中，則他們要瞭解更多的觀念，設計的程式也就更複雜了。

PSSC物理供應許多好的問題具有可程式化的本質。步行者與公共汽車的問題(第四版，第九章)是其中之一。一部公共汽車以等加速度由靜止開始起動，汽車後面某一距離有一步行者以等速度衝向公車。學生可以寫一個程式不僅可算出步行者能否追到公車及他要跑多遠，更可以用座標圖形表示汽車與步行者之行程，甚至還能表現步行者追公車的情形於螢光幕上。

另一個絕佳的PSSC問題是太空人與太空艙的問題(第四版，第十四章)。一個太空人離開太空船某一段距離，他排出氧氣筒中的部分氧氣產生推力使他返回太空船，剩餘的氧氣供他在返回太空船途中呼吸之用。若他回到太空船時，靠

物理上的應用——進入主題

氣筒中剩餘的氧氣大於零他才不至死掉。學生可以寫出程式推算要用掉多少氧，剩餘多少氧，太空人走的距離。也可以利用程式讓螢光幕上顯示太空人走向太空船的情形。

我的學生所寫十分成功的程式除上面二者外尚有：經過不同表面的光線路途，橫波重疊（superposition）及反射性質之模擬（simulation），由Rydberg方程式顯示氫原子的不連續光譜，畫出行星軌道，重力與距離不同次方有比例關係（包含平方反比）時畫出行星運動情形，Lissajous圖形，以計算出適當的電場造成個別電荷或電流的狀態，各種拋物體問題，許多是用遊戲的形式表現的。例如，坦克車在平坦或不平坦的地形對運動或不運動的目標開火，並有許多好的程式是由傳統的課本設計的。假如我們記住物理課使用電腦的目標是讓學生學習物理、邏輯思考及計算機程式的話，則可應用的題材是太多了。

當觀念在師生間交流後有一件可喜的事情會發生，那就是你絕不知道還有什麼問題會發展出來。我曾給我的一位第二年學生指定一個太空方面的問題，要他寫一個程式模擬太空中逆行（retrograde）運動。程式所顯示行星逆行的軌跡太好了，我評論道：“啊！真像是真實的科學事實！”三個月後，該生獲得1980年Connecticut州科學展覽的最高榮譽。這是否是一個教訓？電腦和學生均充滿了令人喜悅的驚奇！

譯者後記

資訊科學近年來快速發展，對世界各國，各種行業均造成極大衝擊，它甚至將影響到整個社會結構之轉變。電腦快速之運算能力，正確的判斷，大量的資料儲存等優點，使各界不得不應用它，教育界也不例外。目前世界各先進國家均在大力推動，獨我國教育界目前尚無具體行動。每

次看到青少年沉迷於電動玩具，我就有很深的感觸，為什麼我們不能使我們的科學課程像電動玩具一般生動的呈現在學生面前。電動玩具也只是一部微電腦而已。

這篇文章是一位美國高中物理老師的教學經驗，很令我感動，我幾乎是一口氣把它翻譯出來的，因為他幾乎把物理課電動玩具化了，更值得注意的是那些生動畫面是高中生設計的。由文中可看出一位盡責的物理老師為改善教學方法所摸索出來的一條路，這條路值得我們嚐試。因為現在買一部最便宜的微電腦只要新台幣萬元左右，我們負擔得起。

我上學期在教育學院輔導系與物理系開了二班BASIC程式設計課程。指定作業有一項是每人設計一份電腦輔助教學程式。許多同學設計得相當好，有算術、英文、諮商、經濟學、物理、微積分等。我深深體會到文中最後一句話——“電腦和學生均充滿了令人喜悅的驚奇”。由此經驗，我也深信我們只要有計畫的起步，三、五年內大多數中小學生將可享受到這種最生動、最進步的學習方式。

※ 本文譯自 “The Physics Teacher”，Vol. 19. No.1, Jan. 1981。本文原名是 “So you've got a microcomputer in physics class—now what?” 作者 Marilyn P. Millsop 是 Connecticut 州 Glastonbury 高中物理教師。 □