

結合科學學科和程式教育的跨科整合教學與相關之推廣支援平台

石明豐

國立臺灣大學物理學系

mfshih@phys.ntu.edu.tw

如何將資訊相關技術落實到教育中與讓學生利用現代科技來自己動手解決問題，是目前教育改革的重要議題，而程式設計則是這兩個面向最重要的核心。在目前體制下，資訊教育非升學考科，也非主要學科，對絕大多數學生，學習程式語言並以此來解決問題，誘因非常小。將來產業絕大多數都會和資訊技術（IOT、AI、大數據、工業 4.0、…）相關，而程式語言是資訊工具的基礎，若能讓學生更早具備程式設計的基礎，會對台灣的產業，有重大的影響。此外，各個專業學門，不管是科學（如數學、物理、化學…）或工程（如電機、資訊、機械…）在研究和技術發展上，都有很大的比例已經是利用程式來做模擬、計算、或設計，因此讓學生提早理解程式在這些領域的用途，也會讓學生減少進入這些領域的障礙。在台灣，程式教育的推廣，有一項優勢，即台灣學生對於學科（考科）願意花大量的時間，因此，適當引導他們將部分時間花在與學科關的程式上，不但可以達到推動程式教育的目的，適當的教材更可以讓他們在學科上有更好的理解，甚至可以引導他們製作專題、自行找題目、以程式（也可配合硬體）來解決問題，成為 maker。因此本平台建立的目的是在於

- 一、藉由學生對於物理的理解，引導他們學習程式；
- 二、藉由學習程式，引導他們理解與學習更深的物理內容；
- 三、學生以程式這項工具成為 maker，設計程式來解決（學科或日常生活觀察到的）問題。

針對上述三項目標，已在建國中學特色課程實施了四學期的整合學科和程式的教學改進，將程式學習融入高中物理中，讓學生「學習程式語言，並以結合學科知識的程式來解決真實問題」，這項教學做法，之所以能夠得到成效的有一個重要原因，是因為採用現今最易上手的 Python 程式語言，花最少的力氣和時間，而能夠掌握程式語言的邏輯和用法。此外，它的 3 維空間模組 VPython，能夠讓學生在學習物理的同時，很輕易地將高中物理所需要的「三維空間展示」、「動態變化」、或「現象模擬」表現出來，也因此學生的問題解決和計算思維能力，也在此「作中學」的方式中，逐步建立。

藉由學生對於物理學科的理解，引導他們學習程式是一個很好的開始，因為中學階段的物理教學第一階段的力學，所學習的都是看到的現象，以國三理化到高中物理最初都會學的自由落體和拋體運動，就是一個迴圈(loop)和判斷(if)的實際例証：當球拋出去後，(a)判斷球是否碰地，若不是，球就按照重力加速度，計算速度，再計算位置，然後再回到(a)作下一瞬間的判斷，如果碰到地的話，就停止，如下圖 1。

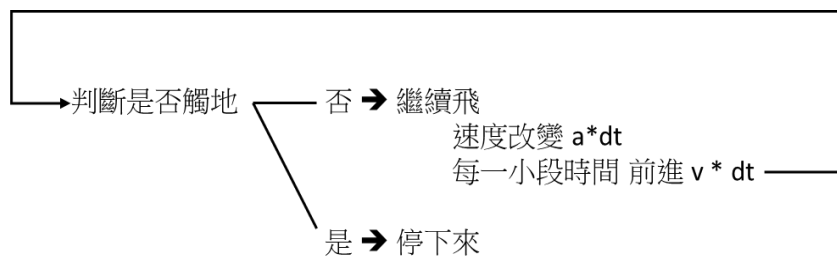


圖 1：自由落體和拋體運動迴圈(loop)和判斷(if)的實際例証

按照這個邏輯，一個幾行的程式，加上一些視窗和球、地板的部分，很容易的將拋體運動描述出來，如下圖 2。

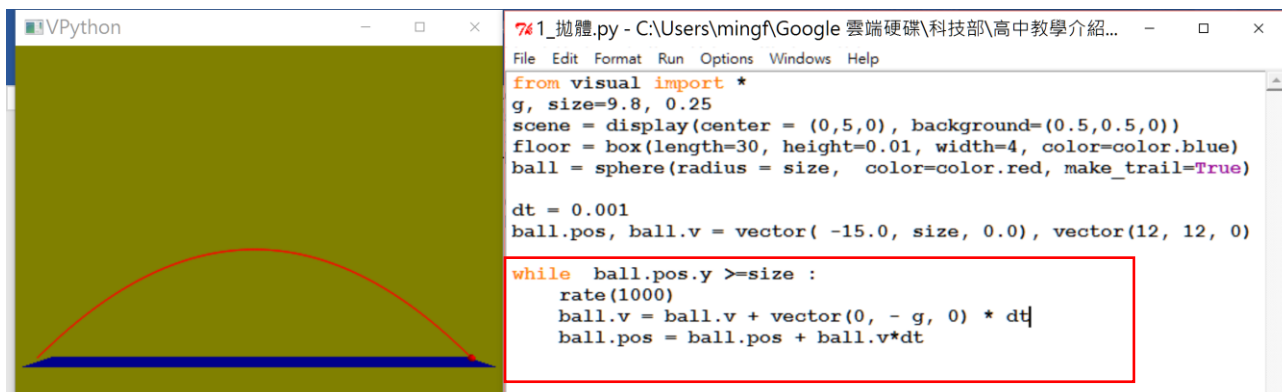


圖 2：自由落體和拋體運動的程式語法

這些程式語言的引入，其實和他們已知的物理描述是十分接近，因此只要有適當的教師引導和教材，中學生就可以利用他們已知的物理，來了解程式語言中的迴圈、邏輯判斷、資料型態、函式、物件導向、類別、矩陣向量式運算等，如此，就可以藉由學生已知的物理觀念和看的到的物理現象，讓他們進入程式的世界，如下圖 3。

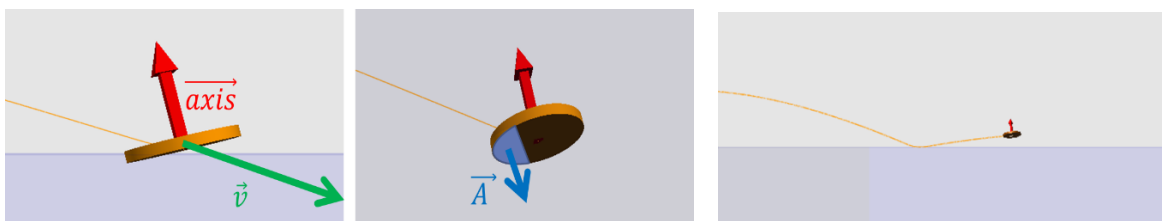


圖 3：自由落體和拋體運動的程式執行畫面

而藉由學習程式，引導他們理解與學習更深的學科內容，則要從物理(數學、化學也是如此)學科的特性說起，在物理課程裏常常會有(a)單以方程式難以理解，而需要利用三維動態圖像來了解的物理，或是(b)列出方程式後，需要以較高等或繁複的數學來解，而常讓學生迷惑於解數學而非學物理，等兩部分，而以 VPython 程式執行的三維動態影片和結果，則可以讓學生在電腦裏的三維顯示中”看到”到底發生什麼事。舉個物理和化學都有的例子，就是理想氣體方程式，在忽略分子間的作用力和分子大小的前提下，同溫同壓同體積的氣體分子的個數會相同，在高中物理化學，這就是一個結果。以程式來模擬的話，非常簡單，比上面的拋體運動再複雜一點點而已，除了各別代表分子的小球有他們自己的運動外，再多一段程式處理各小球間，和他們與牆間的彈性碰撞，就可以得到理想氣體的結果。但以程式做“實驗”，

有一個很方便的地方，就是我們可以輕易改變前提，如增加代表分子的小球的半徑，在同溫同體積下，看會對壓力產生什麼影響；又如讓分子間有作用力，看看會對壓力和分子間的距離造成什麼影響。這麼做，就是又便宜、又方便、又可以很快驗證猜想的探究與實作的練習方式。

當學生學了程式這項工具後，學生就可以成為 maker，自行設計程式來解決（學科或日常生活觀察到的）問題。學生在中學時，因為考試為重的情形，並不太會使用工具，也不會處理較大且複雜的問題，所以絕大多數的學生，會解習題和考試，但並沒有處理複雜物理問題與建立物理模型的能力。藉由物理模擬程式，先熟悉中等規模的問題後，學生就可以練習利用程式這項工具處理較大的問題，除了程式的撰寫，他們更需對所要模擬的物理建立模型，並且學習將自己建立的物理模型寫成程式，這樣的物理學習方式，是非常深入的，效果遠非一般在紙上解題所能達到的。下面的模擬，就是建中三位同學(王元益、郭彥廷、劉博誠)做「以轉動的圓盤打水漂」的模擬，他們的結果，和我們在真實世界看到的結果非常接近，我要強調的是，在這個過程中，他們的程式碼，物理模型，都全是自己完成的，這樣的表現就是有專業知識和能力的 maker。



圖 4：VPhysics 物理模擬程式平台

- (一) 為了讓這個計畫的資源，可以隨時被全國的中學教師和同學利用，我們建立一個平台，並依照進度，做平台內容的擴充和改進(<http://vphysics.ntu.edu.tw/>)。
- (二) 我們依照高中學科課程所建立的教材，已在建中開設特色課程試教，著重在前兩個目標即藉由學生對於學科的理解，引導他們學習程式，及藉由學習程式，引導他們理解與學習更深的學科內容。建中的賴奕帆和曾靖夫兩位老師，已按照我們先前設計的教材，完整的寫成教案。除此之外，我們也會有不同的版本在南港高中、和敦化國中同時進行試教。其中南港高中的高慧君老師，也針對南港高中的學生，按照 Vphysics 的大綱和物理內涵，已經開始在撰寫教材，其深度和進度，就比建中的教案容易，這是為較中後段的同學所設計。

我們的平台有很大的頻譜，讓不同程度和學習能力的學生能有各自的進度和學習的內容。因為每個學校的學生程度不盡相同，所以會將課程內容做分級，讓不同程度的學生，有不同的難度和學習目標，希望能夠達到：1.最低階的練習，可以讓學生執行程式後看到有具體圖像的學科內容；2.中階練習，可以讓學生探究不同的條件或參

數，所探究的課題會受到什麼影響；3.高階練習，可以讓學生修改程式，以探究相關的問題；4.最高階練習，則設計問題或情境，讓學生自行撰寫程式解決問題。

(三) 在親近性方面，我們將所有課程錄影，放入平台。我們了解，程式對於很多高中的學科教師而言，是一個完全不同的專業，雖然 python 程式語容易學，但是為了爭取時效性，我們會將課程錄影，讓學生可以直接上網學習，而中學老師則扮演協助和推廣的角色。

(四) 我們持續到各中學去演講、辦理講習、和直接對學生試教，以利編寫最適當的教材，並且能夠迅速地推廣到各中學，把對這個作法有興趣的中學物理、化學、數學、和資訊老師連結一起。

資訊科技是這幾年來最重要的科技核心技術，其重要性在於它可以和其他領域結合，而發揮極大的威力，我們現在看到非常多的突破，不管是產業或是科學上的進展，都和資訊科技有關，然而要能掌握資訊科技，則須要有程式能力，而台灣因為教育和升學制度的原因，多數的學生在這一方面有實質性的接觸，通常是到大學高年級之後，因為課程、研究、或專題需要，才開始學寫程式，所以我們希望能夠提早到中學階段，讓學生可以儘早學到這個極為有效的工具，除此之外，台灣學子對於學科學習的投入是全世界數一數二的，要是能夠利用這項有利因素，讓學生藉由科學相關學科(物理、化學、數學)的學習，而開始學習程式設計，進一步的接觸資訊科技，則會讓我們的下一代，更能發揮他們的能力，將下一代由「使用軟體、APP 等資訊工具的消費者」改造成「自己可以結合知識和程式工具寫程式的資訊工具生產者」。

延伸學習

1. Vphysics 學習平台網址：<http://vphysics.ntu.edu.tw/>
2. 建中特色課程網頁：<http://vphysics.ntu.edu.tw/cktp.php>
3. 南港高中 Vphysics 課程網頁：<http://drweb.nksh.tp.edu.tw/student/lessons/F/>