



簡介錄像分析軟件 Tracker 在物理實驗中的應用——以測量物體的運動為例

文 | 王恆

實驗是科學探究方法的重要組成部分，進行實驗是為了檢驗科學假設，以達到去偽存真並確立科學理論的目的。要完成以中學教育程度的物理學實驗，特別是一些經典的驗證式實驗，例如測量自由落體的加速度、平拋運動的運動特點和驗證動量守恒等，老師往往會為學生提供相關的實驗儀器，不會讓學生自己去製作和準備。這種做法在一定程度上保證了實驗的順利進行和限制了實驗結果的誤差範圍，但相反的，學生要進行這些實驗，就要被約束在提供這些實驗儀器的時間和地點來進行。

一個典型的情況是，學生在實驗時無法做出“理想”的結果，但他們為了在有限的時間和機會中完成這個“任務”，往往會不經思考就向老師求助，而不會主動去尋找令實驗出

錯的原因。此外，實驗的進行和實驗結果的處理往往也會交由同組中較優異的同學單獨完成，令一部分同學減少了直接參與實驗的機會。如果能將實驗搬出課堂，讓學生能夠在自己選擇的地點和時間進行，甚至連實驗儀器和材料也是由日常用品組成，這樣便能夠大大提高學生在實驗中的參與程度。

以測量物體的運動為例，為了擺脫實驗室的束縛，讓學生能夠自己選擇地點和時間來完成實驗，其中一個基本的要求就是要找出一種簡單的方法來測量物體的位移隨時間的變化關係。如果知道了位移隨時間的變化關係，那麼我們就可以計算出物體的速度和加速度，甚至計算出物體所受的淨力。幸運的是，隨著科技進步，目前大部分學生實際上已經擁有能夠記



錄物體運動的儀器，即智能電話。近年推出的智能電話都有較強的錄影能力，有些型號的電話甚至能夠進行1080p 60 fps或720p 240 fps的錄影。只要運用得當，每個學生都能夠用智能電話將物體的運動記錄下來，然後從影像找出物體的位移隨時間的變化關係。

影像已經有了，但如何對影像進行分析，從而找出物體的位移隨時間的變化關係呢？Tracker正是一種能夠對影像進行物理建模和分析的電腦免費軟件，基於Open-Source Physics(OSP)的Java框架開發，支持Windows、Mac和Linux操作系統，能夠對影像進行物理建模及分析。在Tracker中，我們可以設置錄像中的參考長度，自訂二維坐標系，通過手動

和自動追蹤功能，找出影像中物體的位移、速度和加速度，並且可以對離散的數據點進行多項式擬合和計算線圖下方的面積等。

通過Tracker，學生便能夠擺脫學校環境的約束，由自己進行一些實驗的全部內容，甚至進行自己設計的原創實驗。例如，學生可以選擇拍攝籃球的拋體運動（圖1）¹，利用學生的高度作為參照物，即可使用Tracker找出籃球在水平和豎直方向上的位移，並畫出相關的運動線圖（圖2），驗證了籃球在水平方向上作勻速直線運動，在豎直方向上作豎直上拋運動（Tracker的具體操作方法可參考筆者製作的網上教學錄像²）。我們也可以用Tracker代替書本中一些使用運動傳感器的實驗³，例如使用運動傳感



圖1

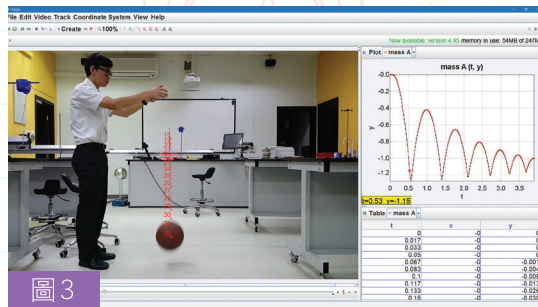


圖3

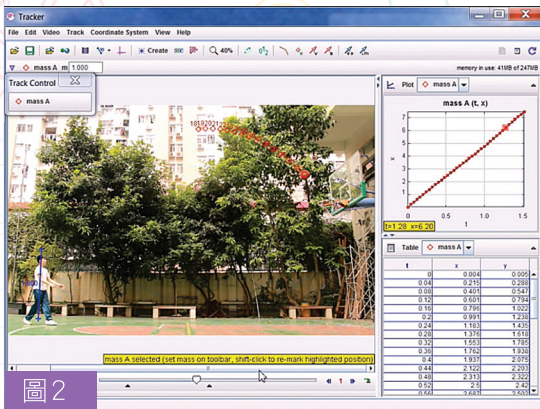


圖2

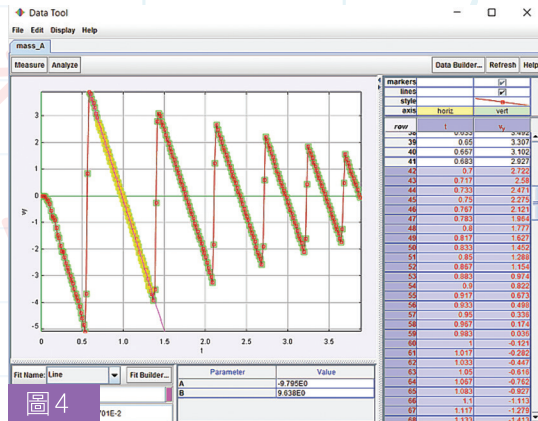


圖4

器測量籃球在豎直方向上的運動（圖3），得出豎直上拋和自由落體運動的加速度皆相同從圖4中可見，我們對籃球其中的一段運動過程進行了多項式擬合，將擬合方程定為 $v_y = A \cdot t + B$ ，得出了 $A = -9.795$ ，即為重力加速度）⁴。

實際上，國外很早就將Tracker應用到物理學的教學中，其中一個著名的例子是利用電子遊戲Angry Birds和實驗相結合的教學⁵。這種教學方法有可能提高學生的學習主動性，配合使用Tracker分析，從而達到以學生為主的教學效果。類似地，其實我們還可以用Tracker分析一些電影、電視情節中的演員運動，看看他們有沒有違反物理定律，如牛頓運動定律、動量守恆定律等。Tracker也可以應用在物理和電腦雙學科的結合教學當中。Georgia Institute of Technology就開設了相關課程⁶，他們用Tracker對物體運動進行分析，根據運動學公式及從Tracker中測出的實驗數據，使用編程語言Python編寫模擬程序，比較物體在模擬程序和現實中的運動，看看兩者是否相符。

總結來說，利用Tracker，可以有效利用學生已有的電子設備來完成實驗，大大減少了學生對某些特定儀器的依賴，提高他們在實驗中的參與程度。Tracker的使用方法多樣，讓學生得以發揮他們的創造力，使他們更主動地投入到學習當中。

【注釋及參考文獻】

1. 譚永業(拍攝者)、譚華逸(演員)。澳門坊眾學校2014/2015學年高一級學生。
2. Tracker教學（教師版）。取自<https://www.youtube.com/watch?v=soXOsdhSEY0>
3. 黃小玲、彭永聰。新高中生活與物理（第二版）。香港：牛津大學出版社。
4. 王恆(拍攝者)、韋建超(演員)。澳門坊眾學校老師。
5. Rodrigues, M., & Carvalho, P. S. (2013). *Physics Education*, 48(4), 431.
6. Georgia Institute of Technology. (2013). *Course: Introductory Physics I with Laboratory*.

王恆

澳門坊眾學校物理科教師。