



Phyphox—— 用手機做物理實驗

文·圖 | 王恒

近年來，隨着手機變成人們生活的必需品，幾乎每個學生都有一部手機，教師為了制止學生“玩手機”而絞盡腦汁。學生因為“玩手機”而導致手機被老師“代為保管”時，常常表現出一副“要生要死”的樣子，同時又嘗試和老師“講道理”，辯稱手機對日常生活如何重要，沒有手機家人就找不到他云云。科技日新月異，世事變幻莫測，教師既然要作為專業人士，思想境界自然也應該與時俱進，既然手機的普及是不可阻擋的，不如“逆來順受”。本人作為物理教師，深深地認識到手機和電腦一樣，既可以用作娛樂，也可以用於學習。近年就有不少教師嘗試將手機變為物理學教學用途，如測量圓形導線產生

的磁感應強度，^[1]研究高度和大氣壓之間的關係（配合無人機），^[2]探究地球緯度變化時地球所受光照的變化等。^[3]本文介紹的手機軟件phyphox，正是一款由物理學家設計、專為物理教學而生的軟件，它可以將手機變為強大的物理實驗儀器，令手機“回歸正途”，成為一個輔助物理學教學的重要工具。

手機中有許多傳感器，如加速度傳感器、距離傳感器、陀螺儀、GPS、氣壓傳感器等等。手機上的許多重要功能，如導航、虛擬現實、計步、螢幕亮度自動調整等，都是通過這些傳感器測量出手機姿態及其周圍環境的變化而實現的。目前有

許多手機軟件能夠調用這些傳感器，這些軟件往往將所有傳感器的調用按鈕集中在同一個介面上，用戶只需要按下某一按鈕，手機就會馬上調用該傳感器進行測量，並顯示出測量結果。其中一個最簡單的例子就是三星手機內置的硬件調試程式，^[4]它也是一個手機傳感器調用軟件。購買三星手機的客戶可以在測試手機時使用該程式檢查手機中的傳感器（和其他硬件）是否正常工作。如圖1所示，三星手機調試程式中顯示了加速度傳感器、距離傳感器、氣壓傳感器、光線傳感器等傳感器測量出的實時數據。例如距離傳感器（Proximity Sensor）中的PROXIMITY讀數為0時，代表沒有物體接近手機的距離傳感器，但當它偵測到有物體接近時，PROXIMITY的讀數會變為1。如果此傳感器故障，我們將手機貼在耳朵旁講電話時，手機螢幕就不會自動關閉，臉部就會誤觸螢幕。

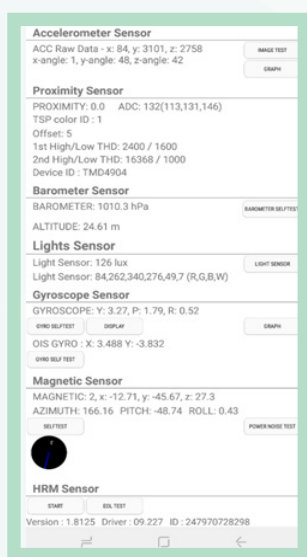


圖1：三星手機的硬件調試程式

Phyphox (physical phone experiments) 也是一個能夠調用手機傳感器的軟件。Phyphox主要由亞琛工業大學的Sebastian Staacks博士開發，免費（作者聲稱未來會開源），能夠運行在Android和iOS操作系統。這個軟件和別的傳感器調用軟件不同，它是專為物理學教學而設計的，功能非常全面。Phyphox除了能調用手機中的傳感器讀出數據外，作者還設計了多個物理實驗方案，讓使用者進行一些創新性實驗。例如，phyphox提供了一個驗證向心加速度理論的實驗方案，^[5]使手機置於勻速旋轉的物體中，啟動phyphox，它就會同時調用手機的陀螺儀和加速度傳感器，分別測量出手機的角速率 ω 和加速度 a 。顯然，加速度 a 就是手機的向心加速度。除了記錄原始數據外，phyphox還即時畫出了 $a-\omega$ 圖和 $a-\omega^2$ 圖。從 $a-\omega^2$ 圖中可得出向心加速度和角速率的平方成正比，即有 $a \propto \omega^2$ ，完全符合從中學物理理論推導得到的公式 $a=r\omega^2$ 。我們只要導出數據，還可以通過線性擬合求出手機作勻速圓周運動時的半徑 r 。

在功能上，phyphox也有多個有助於物理學學習和教學的設計。首先，phyphox的測量數據可以導出為Excel或CSV檔案，令我們易於對測量數據作處理和分析。Phyphox另一個重要的功能是遠程控制。教師可以通過電腦（或其他裝置）的瀏覽器對手



機中的phyphox進行遠程控制，測量結果可實時顯示在電腦的瀏覽器上，方便其他人同步觀看實驗測量過程。當然，開啟遠程控制後，我們也可以手持手機進行實驗操作。最後，phyphox還提供了實驗編輯器，^[6]讓用戶自訂整套實驗方案、做自己設計的實驗。

這裏提供一個簡單的例子說明如何用phyphox進行物理實驗：研究人原地跳躍時的運動狀態如何變化。這個問題看似簡單，卻不容易用傳統方法進行實驗測量。為了解決這個問題，我們可以使用phyphox中“Acceleration (without g)”的加速度傳感器並打開遠程控制功能。使用電腦登入phyphox給出的遠程控制網址（如圖2下方的“<http://10.11.0.87:8080>”）。

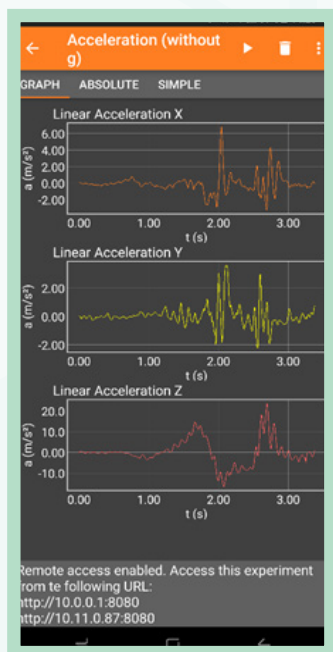


圖2：phyphox中關於加速度的測量結果

這裏使用遠程控制的原因是為了方便顯示數據和導出數據到電腦進行分析，實際上這個實驗並不需要使用電腦遠程控制phyphox。做好這些準備工作後，手持手機並讓手機保持水平，啟動phyphox，人原地跳躍，然後停止phyphox。phyphox得出了如圖2的測量結果，這個結果也同時顯示在遠程控制的電腦上。圖2中的“Linear Acceleration Z”就是人在豎直方向上的加速度（以手機螢幕面向的方向為正）。^[7]

	A	B	C	D	E	F	G
1	Time (s)	Linear Ac	Linear Ac	Linear Ac	Absolute acceleration	(m/s ²)	
2	0	0.013297	0.001768	-0.00202	0.013565		
3	0.005157	0.030553	0.004038	-0.00461	0.031162		
4	0.010284	0.046276	0.006075	-0.00693	0.047184		
5	0.015381	0.038012	0.000882	-0.00553	0.038422		
6	0.020416	0.033931	-0.04678	0.557512	0.560499		
7	0.025421	0.003789	-0.09782	0.479747	0.489633		
8	0.030396	0.00874	-0.15088	0.496948	0.519422		
9	0.03537	-0.01305	-0.14195	0.527298	0.546226		
10	0.040344	-0.02929	-0.14154	0.525487	0.545001		
11	0.045319	-0.05844	-0.14217	0.495417	0.518716		
12	0.050293	-0.10657	-0.09505	0.400564	0.425256		
13	0.055267	-0.13294	-0.0448	0.288334	0.320652		
14	0.060242	-0.15268	-0.00632	0.185191	0.240098		
15	0.065216	-0.12821	0.028262	0.06703	0.147409		
16	0.070221	-0.08392	0.052734	-0.05286	0.112329		
17	0.075195	-0.04033	0.06763	-0.12106	0.144414		
18	0.0802	-0.03088	0.023585	-0.19285	0.196724		
19	0.085205	-0.01482	-0.01542	-0.24574	0.24667		
20	0.090179	-0.00107	-0.06596	-0.26038	0.268608		
21	0.095194	-0.00537	-0.10510	-0.28284	0.282003		

圖3：從phyphox導出到Excel的實驗數據

在遠程控制phyphox的電腦上將數據導出為Excel檔案，結果如圖3所示。使用Excel的繪圖功能，繪畫豎直方向加速度和時間的關係線圖，如圖4所示。我們可以發現，人在原地跳躍的過程中，其加速度發生了許多變化，只要明白這些變化，實際上就是學懂了牛頓運動定律。例如圖中從0.7 s開始，加速度的數值竟然下降，說明人處於失重狀態，為甚麼呢？（因為人要跳起就要先下蹲，此時人向下

加速，處於失重狀態）這些有趣的細節隱藏在圖中，通過對它們的討論和分析，教師將人在不同時間的運動狀態——總結在圖上，這個過程將物理理論和實驗數據聯繫起來，令學生對相關的物理概念留下很深刻的印象。最後，我們還能從圖4中看出人的騰空時間約為 $t=2.5-1.96=0.54\text{s}$ ，加速度的量值大概為 10ms^{-2} 。[8]

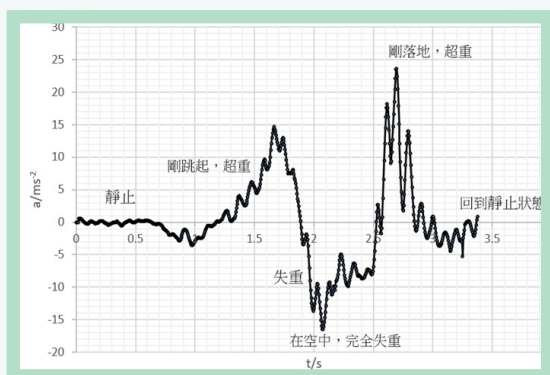


圖4：人原地跳躍時phyphox測量到的加速度—時間關係圖

總結來說，手機是一部內置了多個傳感器的小型電腦，功能強大，為了使它有效地運用在物理學教學當中，我們介紹了phyphox。作為一個能調用手机傳感器的手機軟件，phyphox專為物理教學而設計，它能使手機變成物理學的實驗儀器。Phyphox具備的遠程控制和數據導出功能，方便教師做課堂演示實驗和對數據進行分析處理。Phyphox的使用方法簡單，學生易於使用，實驗甚至可搬到學生家中進行，這使得物理學的教學更加多元化。👉

【註釋及參考文獻】

- [1] Y Ogawara, S Bhari, and S Mahrley (2017). Observation of the magnetic field using a smartphone, *Phys. Teach.* 55, 184 .
- [2] M Monteiro, P Vogt, C Stari, C Cabeza and A C Marti (2016). Exploring the atmosphere using smartphones, *Phys. Teach.* 54, 308 .
- [3] J Durelle, J Jones, S Merriman, and A Balan (2017). A smartphone-based introductory astronomy experiment: Seasons investigation, *Phys. Teach.* 55, 122.
- [4] 在三星智能手機的撥號介面上輸入“*#0*#”。
- [5] <http://phyphox.org/experiment/centrifugal-acceleration/>
- [6] <http://phyphox.org/editor-info/>
- [7] 因為人手持手機原地跳躍，不可避免會產生X和Y兩個方向的加速度。
- [8] 此處不適合對數據進行線性擬合。人抓手機跳躍時，手的抖動和手臂的移動使手機不能處於完全失重狀態，導致phyphox測量出的加速度有時會遠遠偏離標準的重力加速度 $g=9.81\text{ms}^{-2}$ ，使線性擬合的準確性偏低。

王恒

澳門坊眾學校物理科教師