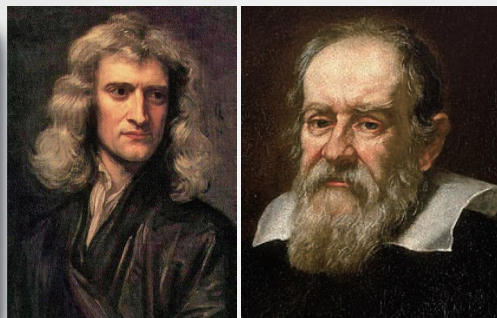




淺談伽利略和牛頓的工作和貢獻

文 | 和光同 劉美儀



牛頓

伽利略

(圖片來源: 互聯網)

前言

根據《高中教育階段自然科學基本學力要求》，科學史和科學本質等具備人文性質的內容，被要求引進到高中階段的教學中。如果說專業的理科課堂是為了讓學生認識到一系列的科學事實，以及培養學生解決相關問題的能力；筆者認為科學史教學的存在，是向學生呈現科學方法的形成和運用，以及介紹科學的認知體系而設的。科學史教育的存在是有必要的；而且，對學生的全面發展而言，也是極其重要的。

然而，推行科學史教育，並不是一件容易的事情。筆者認為，在相關教學中，可以分為兩大部分內容進行：一是介紹科學發現或科學發明的始末，即緣起、過程、問題的解決方法以及結局

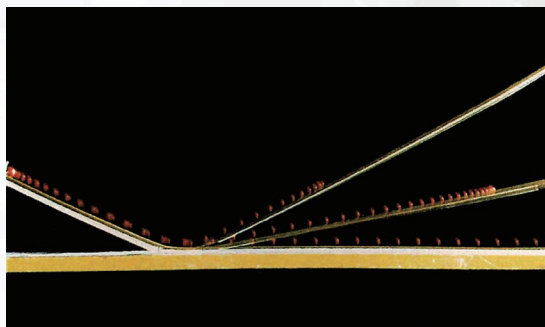
等；二是講解相關的科學成果所帶來的改變，包括對學科構建的促進作用，以及對人類的自然觀所產生的影響。說到這裡，筆者認為《高中階段自然科學基本學力要求》中的B-7條文：瞭解伽利略和牛頓對科學的貢獻及其實驗方法在科學發展中的重要性，正好體現了上述第二點。既然是基力的要求，又是科學史教育中的好題材，筆者希望在這裡談談這方面的問題。

課題的引入

在認識伽利略和牛頓的工作和貢獻之前，是有必要讓學生瞭解，在當時的歷史背景下，人們的思維方式為何？基於種種的歷史原因和技術層面上的限制，在伽利略身處的時代，人們在很大程度上仍然通

過主觀臆測來解釋自然界的現象。深受亞里士多德學派的影響，例如人們認為力是運動的原因、重量大的物體下落較快、單擺週期與單擺的擺幅有關等……而伽利略和牛頓的貢獻，恰好就是改變了當時的狀況。教師可以在直接介紹了伽利略和牛頓所做過的開創性實驗後，開始從他們的工作中，歸納他們的實驗工作所帶來的深遠影響。

新的實驗精神



圖：現代人所做伽利略斜面實驗的頻閃照片（組合圖）
圖片來源：《普通高中課程標準實驗教科書》物理1，必修。

作為已有的常識，人們都知道伽利略和牛頓開展了很多開創性的實驗，而兩者中，更以伽利略的實驗影響更為重要，老師可以通過伽利略的斜面實驗，引導學生思考，究竟伽利略的實驗有甚麼劃時代的意義。首先，斜面實驗所採用的系統並不是一個單純的實驗平台。試想一下，斜面實驗能夠衍生多種變化，例如斜面以垂直於地面放置的時候，就是自由落體運動實驗；水平放置的時候

則可以研究合力為零的直線運動；而以其他不同角度擺放的時候，就是對單擺實驗的一種數學簡化。這個看似簡單，卻揭示了力和運動的關係的實驗，背後蘊含了甚麼嶄新的思想？首先，它否定了亞里士多德學派的主觀臆測和推理方法，提出通過實驗事實來歸納和總結自然界的規律。自然界絢麗多樣，然而這也成為我們正確認識自然界的障礙。單憑一些表面現象，是無法深入到事物的深層次規律上。當我們要探究深層次問題的時候，通過悉心提煉，能夠反映問題本質的實驗，才是我們認識自然界的有效方法；此外，在相關的實驗中，沒有拘泥於實驗條件的限制，特別是摩擦力的存在。在斜面實驗中，摩擦力是無法消除的，但伽利略在承認實驗事實的前提下，提出忽略摩擦力的存在的假設，將會得到怎麼樣的結論。這一點在當下的人看來是輕鬆平常的心理本能，但在當時的歷史背景下，卻是一個創舉。這種精神層面上的飛躍，使得此後的科學研究，特別是物理學這種基礎學科，擺脫了流於表面現象的精神枷鎖，實驗科學從而換上新面貌。此後從事科學的人都意識到，對感性的表面現象進行本質上的分解，簡化問題並且提煉出問題的本質，才是探究自然界問題的根本方法。老師可以趁機與知識課堂的內容結合，解釋為甚麼在學習物理的過程中，



總是要不斷重複鍛鍊同學某幾類題型，諸如受力分析和斜面上的運動等理想化模型，這些看似枯燥的學術問題和能力訓練，恰好是這個學科的精華所在。因為我們應該明白到在研究自然界的問題的時候，是應該通過對根本問題的簡化入手，通過符合實驗事實的知識去尋求規律和解決問題，並且提出理想化前提和理想化模型，以便對問題進行表述、解釋和推演等。這方面的人文精神教育，能有助於激勵學生用更加積極的態度面對本科目的學習。

自然的數學化

伽利略研究斜面問題的時候，便已經發現到，自然界的規律能夠利用“數量”進行描述。例如他發現球滾過全程的四分之一所花的時間，正是滾過全程所花的時間的一半。這種對實驗現象的量化描述，使得數學成為自然科學研究的工具，如今我們掌握的物理學知識，除了可以用文字定性表述，更重要的是能夠用數學來定量表述，並且在足夠的實驗證據作為前提下，滿足數學上的演化規律。利用理想化實驗作為研究的根本，承認自然界的演化具有與數學推演一致的特性，也是始於伽利略，而這種實驗與數學的緊密結合在牛頓的工作中體現得淋漓盡致。比較著名的是萬有

引力定律的發現，就是利用數學推演而得到的科學發現。對於數學在自然科學中的應用，影響是很深遠的。具體的說，只要我們總結出的規律是符合自然界的基本事實，那麼我們在面對與這一規律有關的問題的時候，就可以利用具體的數學公式定理，結合實際的數據，進行求解。人們從此擺脫了具體的實驗掣肘，在面對問題的時候可以用數學方法解決而非無止境和無基礎地訴諸測量、測試和驗證。高中教育階段開始，理科課堂教給學生的，不外乎就是這種能力。值得一提的是，牛頓在利用數學演繹的過程中，始終沒有脫離物理事實的基礎，他主張數學演繹的結果最終需要實驗結果支持，儘管科研中大量使用數學，但物理學的研究始終為獨立學科，並沒有併入數學研究的範疇。老師應該鼓勵學生，通過自然科學的學習，要更加重視數學的學習，並且讓學生明白到，數學這一學科，除了其自身的學科價值，亦能夠促進其他學科領域的發展。

新的自然觀

伽利略和牛頓的開創性工作，最主要的是確立了牛頓力學這一知識體系以及新的科學方法。理想實驗和數學演繹，一方面加速了人類對自然界的認識，另一方面，這些自然界深層次規律的發現，

讓人們意識到自然界的本質。表面上看，自然界是多姿多彩，但是歸根到底，所有事物都服從最基本的規律，在根本上具備“同質性”。同樣是萬有引力定律，我們可以用來解釋地面上的重力問題，也能夠用來解釋天體的引力問題。這意味着甚麼？那便是說，自然界的多樣性是存在於結果的層面上，自然界的本質是簡單的，都是服從相同的基本規律的，自然界是可以被解釋的，人類是可以通過智力和適當的方法，去認識大自然，去利用大自然。這種自然觀的確立，在牛頓以後的幾百年裡不斷得到實踐和驗證。牛頓時代後，人類才說得上是建立了對自然界的一份自信，而建立這份對自然界的信心，即便是對於非科學工作者，亦應該具備的現代人文素養。

小結

本文簡單探討了伽利略和牛頓的科學史內容，而且側重於人文精神方面的內容。具體教學中，應該以詳細介紹他們的實驗工作為前提，開展相關的人文素質教育。本文篇幅有限，對於具體的實

驗工作並未作詳細的介紹。對於人文精神方面的介紹，具有一定程度的主觀性，教師可以參考不同著作，進行提煉；教學過程中亦應該尊重學生有可能出現的不同想法。另外筆者希望老師注意，在對高中學生介紹科學史的過程中，要注意資料搜集，避免採用野史和傳說。科學家容易被神化的，例如很多人認為牛頓是被蘋果砸中而突然開始思考萬有引力定律，這種顯然是錯誤的故事，不應該被採用；在教學過程中如果發現學生對科學史有錯誤的認識，亦應該果斷糾正。👉

[參考資料]

吳國盛(2002)。科學的歷程(第二版)。
北京：北京大學出版社。

和光同(筆名)

澳門物理教學研究會會員

劉美儀

澳門浸信中學物理科教師