帶領學生看見數學計算不出的物理奧妙

系　　所	理學院物理學系
專　　長	理論物理
教授科目	量子物理
學　　歷	國立臺灣大學物理學系學士 美國加州大學柏克萊分校物理系博士
經　　歷	國立清華大學物理學系副教授 國立臺灣大學科學教育發展中心主任
現　　職	國立臺灣大學物理學系教授
榮譽紀事	國立臺灣大學教學優良教師（七度獲獎） 國立臺灣大學教學傑出教師

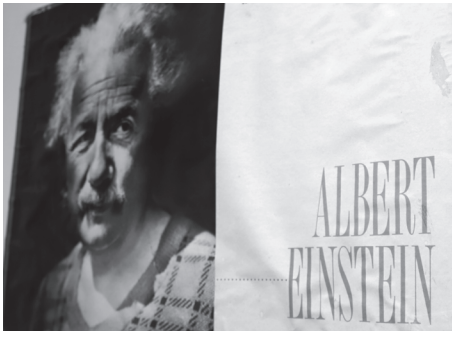
高涌泉 老師

採訪・撰稿／吳玲臻
攝影／楊文卿

「夜深人靜時，我希望讀物理書，去思考物理的林林總總。」數十年來，物理是高涌泉生活的軸心，他在臺大物理系課堂實行三十年由淺入深的「Bottom-up教學」，從事二十年科普寫作，也在過去十年投入修訂高中物理課綱。太簡單的事情於他無趣，而物理剛好總是充滿困難，因此行過漫漫長途，仍然眷戀。

從物理學系506研究室半開的門扉探頭進去，書本、紙張在木桌和地面上堆疊成數座小山，一片無序之中，幾張愛因斯坦和費曼的畫報倒是工整地服貼牆面。正當四面張望不著人影，高涌泉突然魔法一般地從某座書山背後現身，即使魔法對他來說不科學。

身為專長在量子場論的物理學家，高涌泉對物質世界的認識是由粒子或結合、或碰撞所構成。曾經公開質疑非自然現象，他笑著說自己如果在社會上有些知名度，其中一個緣由大概就是有人知道他不相信特異功能。



■ 愛因斯坦和費曼是高涌泉的標竿，他在研究室牆上貼了數張偶像的海報。（楊文卿／攝影）

科學一刀劃下，自然與非自然現象在高涌泉心中涇渭分明。在他看來，人們會對非自然現象好奇很正常，他感興趣的是不自然的事物，而科學正是不自然的。「量子力學的妙處是鬼都想像不到的，鬼是imaginable，而量子力學是unimaginable！」

自我啟發　沒有辦法不讀物理

高涌泉從高中就特別鍾愛物理，「我非常喜歡去想一些物理界大人物遺留下來的思想產品，非常樂意去想他們想過的事情。」不過有時他收穫了什麼新想法，身邊同學也沒有興趣討論，因此他很早就明白自己在做一件注定孤獨的事。「我念物理一向都是一個人，收穫都是自己啟發自己，走這條路是非常個人、自私的，我並沒有對周遭的人有所貢獻。」

聯考時高涌泉以第一志願進入臺大物理系，然而他心裡其實盤算著隔年要轉系讀法律，因為在臺灣政經動盪不安的一九七〇年代，比起物理，法律更像是能夠伸張正義、貢獻社會的管道。

而讓他轉念留下來的，是大一那年教普通物理的老師。課堂上，老師反常用了一套*Berkeley Physics Course*教材。同樣的力學與電磁學內容，因為切入角度和編排方式不同，讓高涌泉看見了物理更高境界的美妙。「裡頭有些特殊的安排，譬如說先講相對論再講電磁學，可以把電的現象加上相對論，推導出磁的現象，讓我覺得：『哇！我沒有辦法不讀物理。』」

那日的著迷像一顆晶亮透明的石子，在空中畫出一道完美的拋物線，然後輕快地撲通一聲落入高涌泉心裡的湖泊，餘波盪漾在往後四十多年物理生涯。屆齡退休這一年，高涌泉談起科學的奧妙，仍興奮地像當初決定「任性一回」追尋物理的十八歲少年。

讓物理課成為偵探的推理現場

「如果有人跟你說，科學研究跟福爾摩斯探案一樣，要去尋找蛛絲馬跡，過程就好像在讀偵探小說，為什麼它會無趣？」高涌泉隨手拿起一張A4紙，另一隻手拿起一支筆，兩手放開後，筆先落到地上；接著他將A4紙揉成紙團，然後同時讓兩者落下，這時筆和紙團同時落地。「這其實就是伽利略的比薩斜塔實驗。這麼簡單的事情，竟然很長時間都沒人注意！」

■ 在臺大物理系求學的經驗，影響了高涌泉日後不落俗套的教學。（楊文卿／攝影）

福爾摩斯不會在故事一開始就攤開真相，在課堂上，高涌泉也不喜歡直接列出既定的計算公式。

高涌泉有一套特別偏愛的Bottom-up教學模式。比起教學生如何應用公式，他更在乎物理學家如何計算出這些公式。「我覺得這是物理學最精彩的地方，就是你怎麼把現象歸納、猜測出F=ma？我平常花最多時間在思考這個。我如果學到了有些心得，就跟學生講。」

把題材拆解成塊，教完一部分就小考，學生可以很快速、清楚的掌握解題要領，高涌泉卻不喜歡這種Top-down的教學方式，他習慣從一個實驗或日常現象切入，再進而探討適用的理論。物理系學生李岳臻大二時修習過高涌泉的「量子物理」，他感受到這門課和過去套公式解題目的物理課不同，「老師很在乎發現答案的過程，雖然這些答案已經寫在課本裡面，所以你可能覺得它很簡單。」

修過高涌泉的「量子物理」和「量子力學」兩門課，物理系碩二鄧為寧則對高涌泉推導算式的方法表達肯定：「有一些大家會覺得很難的現象，通常需要很高深的技術才能理解，但是老師可以用比較簡單的案例，和一些高中生或國中生就能算出來的數學，推導出同樣的結論。」

事實上，即使同樣的科目教了三十年，高涌泉每次上課前仍會埋首把當天用到的式子全部推導一遍。「我們的學科不是在我們的blood，如果我不準備的話，就會『掛黑板』，學生對我的敬意就會很快下降。」高涌泉風趣地補上一句：「說不定學生會喜歡我講的相對論，而不是愛因斯坦講的，因為愛因斯坦講的不一定符合他們的期待啊——要把公式導得清清楚楚！」

欣賞物理　可像聽音樂那麼愉悅

高涌泉多年來觀察物理系學生，發現大約七成的人將來不會繼續往學術物理發展。雖然自己用Bottom-up方式教學很快樂，真正對知識來歷感興趣的學生可能只是少數，這點高涌泉心中是有底的；然而比起感到失望，他更想幫助每個學生在學習路上得其所需。

「大多數學生沒有傳遞知識的責任，有些比較細微的知識應該交給以後要當物理學家的人，可是我們現在的課程沒有做這樣的區隔。」高涌泉認為受限於人力，物理系並沒有為無心成為學者的學生設計一套課程，「我非常有興趣去教不想當學者的那些人，我可以整理個人知識，教一些更精要的。」

■ 高涌泉對臺灣的科學教育有許多理想，也實際參與改革。（楊文卿／攝影）

高涌泉相當關切物理教育，也有許多見解，觸角從大學端向下延伸至高國中。十年前他受邀擔任高中九九課綱物理科修訂小組召集人，是讓文、理組分不同難易度的A、B版本學習物理的重要推手。他認為臺灣孩子的科學成就經常高於科學興趣，科學被重視只因它是一門考科。為了讓學生真正喜歡上物理，高涌泉特別在課綱中減少強調計算的技術性內容，也納入學生會更感興趣的宇宙學。

「物理對全民來講應該類似音樂課，聽音樂應該是很愉悅的事情。物理有實用的部分，也有跟音樂一樣，讓你看到這個世界更有趣的面向，那個部分其實不用考，讓大家賞析就好。」高涌泉曾經在會議上建議將物理從學測考科中移除，只要求想讀理工科系的學生另外接受物理檢定。其他與會委員看來破天荒的大膽看法，高涌泉卻相信這才是良性的物理教育，而他理想性的改革仍在進行中。

科學寫作　與讀者展開一場聰明對話

如果熱愛文學的年輕人是「文青」，那麼高涌泉大概算是個「文老」，藉由文字，他將物理的趣味從學術向外拓展。

二十多年前，臺灣書商開始引入國外科學普及類型書籍。某一日，好友王道還找上高涌泉，希望一起合作中央日報副刊的書評專欄〈書海六品〉。高涌泉後來撰寫的文章從書評擴展到分享科學趣聞，〈書海六品〉的作品也集結成第一本書《另一種鼓聲》，他在開頭的誌謝中寫到：「我寫作的時候，私下想像著這種東西應該是連科學界的同事也會覺得新鮮有趣的。」

成為寫作者是高涌泉從前未曾想到的，「我的英雄是費曼、愛因斯坦，我的理想是看能不能做個研究拿諾貝爾獎。覺得了不起的成就是科學發現，並不是寫一本書。但現在人家把我視為『科普作家』，我也不否認了，因為我出了書，而且還在寫。」

高涌泉持續寫作，陸續出版三本書，近年也定期供稿給《科學人》雜誌的〈形上集〉專欄。物理學家斜槓出了科普作家這個身分，他卻對此有所遲疑，「這個絕對不是大眾讀物，我期待的讀者像是高明的律師，他是聰明的、有腦袋的、有耐性的，他不會因為我用上一個不熟悉的名詞就放棄。」高涌泉寫科學追求的不是平易近人，更希望讀者從文字感覺到在閱讀一個聰明的作者。

貢獻所學　來自不隨波逐流的幸運

高涌泉二〇〇五年接受物理系學生訪談時，曾提出一個「數字N」人生觀，他說每個人都有一個數字N，對人類的貢獻，就是e^N，而不管自己的N是多少，總有人的N相較更大或更小。

過去數十年除了研究與教學，高涌泉也致力改善物理教育，投入科學寫作，採訪尾聲問及他會自評N為多少？高涌泉連忙表示競逐N的大小沒有意義。「不過，我認為自己非常幸運，在現在學術環境很tough、很challenging的情況下，我還能夠有時候不遵循一些人家不得不遵循的東西。」回望當年毅然決然選擇物理的少年，想想總歸是自私與任性，成就了眼前這位物理學家的無私與貢獻。