

學物理有趣嗎？

Jearl Walker 著

沈青嵩 譯

我不能完全確定真正的原因到底是什麼，但廿年前的某日，科學教育家群聚一堂，開會決定：不再讓科學那麼有趣，顯然是使物理失去趣味性的主因。

這個決定的影響面概括了每個科學的學門，但對我個人而言，則因物理科學的深受影響而有切身的體驗。我投身物理學研究的決定是個永難磨滅的記憶：一個深夜裏，父親叫醒我，告訴我蘇俄的第一個人造衛星升空了；於是我決心獻身物理，正如宗教的狂熱份子一樣，抱著全付的感情和理想，置身於孤獨的修道院。這個決定使我趕上了當代美國的熱潮中。

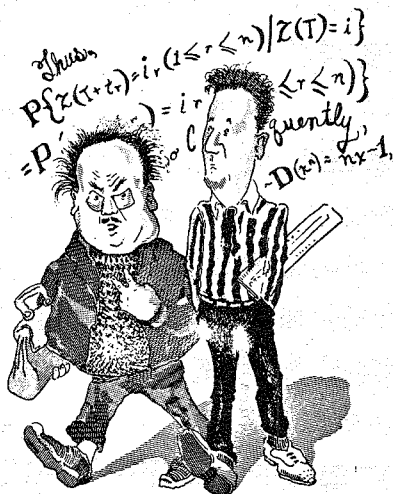
那真是一段風光的日子，甘迺迪總統鼓勵支持大家在學術研究上，尤其是在太空科學方面與蘇俄一較長短，任何可勝過被描述為能產生大量愛因斯坦的蘇俄學校系統的發展計畫，聯邦政府均準備以經費大力支持，研究物理更被認為是當務之急。當我告訴別人我學的正是物理時，他們不禁要停下脚步而投以羨慕與尊敬的眼光。

那段美景終於煙消雲散了，今天聯邦政府的經費很難申請到手，中學生選修物理的人數，戲劇性的減少了，甚至有些學校物理課程接近於不存在。研究物理不但不再受到尊敬，甚至被學生視為乏味的表徵。

物理會步入今日的困境，我實在不能完全理解。宇宙中有著許多週期性的基本東西待處理，我們能告訴學生將許多細小的零件，組成一部完整的機器；我們也能夠跟他們討論時空結構及許多違反直覺的時空關係，但為什麼這一類的教材變得如此的少見而不普遍呢？

物理墮運的原因不少，其中最基本的是我們使物理喪失了趣味性和人情味（這可能要歸因於跟蘇俄的大競賽），物理變成了身外之物，而成

為身帶計算尺，互以微分方程相交際的一群人專用的語言，而這些人往往是高不可攀的。當國家因改革運動而需要它時，它可免除一般人的壞印象，可是一旦需要的因素消失，這些印象就成了災禍，目今物理正處於與美國民眾公共關係不佳的時候。



物理成為身帶計算尺，互以微分方程相互交際的一群人專用的語言。

當年物理熱門的時候，建立了許多防止青年因意外或只覺得有趣而誤入物理行列的屏障。回想當年，自己就為突破這些障礙而掙扎了好一陣子，我的老師就告訴過我，只適合於當漢堡公司的會計員。到底是那些因素阻止了青年學習物理的興趣呢？依我的觀察為：科學家的刻板面貌的印象、物理教科書的單調乏味、主張高成績的學生才能主修物理、過分強調邏輯系統與數學的分析、內容缺乏感情和幽默感及與日常生活脫節。

第一因素實在是有點惡意中傷。我們的孩子從幼齡開始，就常在電視機中看到一些表情刻板，面目可憎的卡通科學家，這些卡通把科學家分成三大類：第一類的科學家是手中握有某些很重

要的秘密知識，準備以此去征服世界，這些科學家把研究視為至上而不管他人的死活，為了實驗手上的某種可怕原理，甚至不惜毀滅了整個城市，這個印象是何等的強烈，使孩子覺得科學家是自私自利而且非把整個世界踩在他的腳底下不可的人。第二類的科學家被描述為喜劇型的吹牛大王，他的科學知識是比普通的律師好，但是一到擁擠的商店就引起了連串笑話，以至天下大亂，使人覺得科學家像是一群小丑，引不起人們對他的敬意。第三類則為蛋頭型的科學家，他是數學與科學的天才，再難的問題也一觸即通；可是日常生活上他却迷糊到不知如何走到盥洗室的人，是對喜怒哀樂失去反應的冷血動物。

缺乏適當的角色來形容學習科學的人對女學生及青少年而言更為嚴重，偶而還可看見大眾傳播媒體對女性科學家賦予羅曼蒂克的色彩，但卻不曾看到以同樣角色賦予青少年背景的人。在這種好角色不見，壞角色不斷的情況下，科學家烙在孩童心靈裏的印象是一種冷漠不受歡迎的角色，甚至還被視為邪惡呢！試問在這種早期的心理障礙下，學生如何對物理發生興趣？如何願意選讀物理科目？何況還有別的阻礙因素呢！

第二個阻礙的因素是乏味的教科書。除了少數例外，大部份教科書除非你坐在冷硬的木製桌椅，聚精會神的連夜苦讀，你無法領會它到底寫些什麼，除了少數是為了卡通的需要外，我們無法在教科書內找到一些幽默的字眼，縱使探討宇宙中在我們週遭可見的原理，也無法從中領會其樂趣。在長篇大論後，還在每章之後附著令人不寒而慄、充滿陷阱的問題，例如「當物體A碰到物體B後，他們的動量如何？」當我根本不知道物體A和物體B是什麼東西時，我那有興趣去管它們的一切，莫說動量這個玩意了。

我個人認為保羅·希衛（Paul Hewit）所著Conceptual Physics及作者本人所著附有解答之「The Flying Circus of Physics」一書所以成功的原因，是具有趣味性的物理書籍太少的緣故。追根究底，這件事是起始於跟蘇俄的大競賽。

在這之前，物理書本也許也相當乏味，但最少是討論些與日常生活較具相關的現象，例如，告訴學生雲是如何形成的，雪為什麼是良好的熱的絕緣體，甚至討論太妃糖為什麼是白色的。但是自從與蘇俄展開大競賽之後，物理課本脫離了實用性而堆滿了與現實生活完全脫節的抽象理論。學生固然不一定要知道太妃糖的顏色，但學了那麼多與教室外的世界完全脫節的物理原理，對他們來說又有什麼用呢？

縱使學生克服了上述的困難，而決定主修物理，他還有更麻煩的阻礙呢！最主要的要求他需具有很高的物理成績。分數能否真正的代表學生的能力是項爭論已久的論題，固然大部份教師均了解以分數來評量學生價值是件太武斷的事，但是我們還是繼續完全信賴它。我個人認為除了與學生個別的長久一起工作，才能客觀評斷他這方面的能力外，別無他途，可惜的是我們沒有這份時間。在大競賽之後，強調分數變得近於殘酷的程度，如果你在物理上不能拿到A的成績，大家就認為你沒有希望了，以後幫助你在這方面發展的人就少了。記得我個人在高中讀書時雖然拼命去念PSSC物理課本，就是拿不到A的成績。在大學部時，每星期苦讀七天，物理方面的成績也只能得個B或C；到了研究所分數竟降到全班最末的地位，面臨被要求退學的邊緣。

我在這方面的觀點是最守舊的，成績幾乎與學生在這方面的潛力與創造力完全無關。任何學生只要對物理感興趣就應該鼓勵他繼續下去，縱使他的成績在C之下。我們必須隨時提醒自己：不是物理學家才是唯一應該懂得一些物理的人。

大部份學生對物理的恐懼是因為物理是那麼的講究邏輯性和數學化。現階段的物理教育家的首要任務應該是設法如何減少這方面的需要性。這種想法是可能的，因為物理到今日為止一直偏向於訓練人類左邊的大腦，那是主司邏輯決策的，至於右側大腦則為主司對形態及格式美之鑑賞，未見物理教育顧及這方面的陶冶。不可否認的，現代一些偉大的物理學家是由於方程式及原理

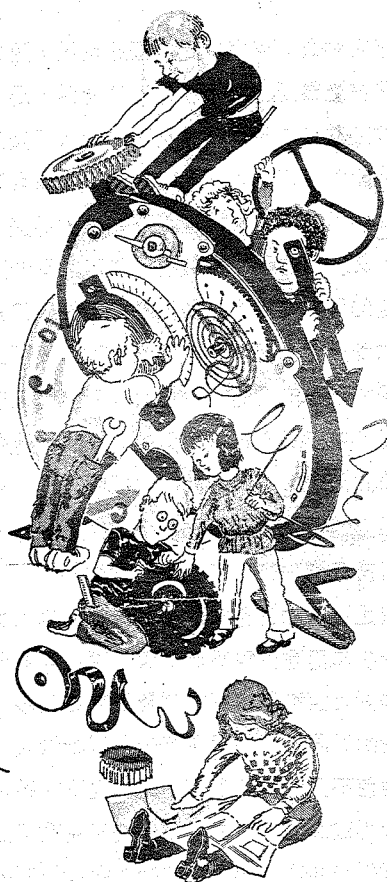
的美而激發他們的創造力。愛因斯坦可能就是一個最著名的例子，他就是為追求他的時空及重力關係的簡單方程式之美而默默苦幹。然而他的大學時代却是黯淡的。我深信將愛因斯坦置於近代的班級下，他將差到不得不鼓勵他轉行去從事髮型設計的工作。



我相信他在近代的班級內，將差到不得不鼓勵他轉行去從事髮型設計的工作。

鑑於大部份學生對於形態和美感鑑賞的喜愛，如我們繼續堅持物理只能用數學及邏輯來處理，我們將嚇跑了大半的學生。如果我們能設計一種物理教室，偏向於引導學生鑑賞方程式之美，告訴他們如何應用物理原理以簡化我們的世界及如何將日常的零碎知識組織起來，我相信將會吸引大量的學生。

缺少人性也是障礙之一，心理學或其他社會科學所以吸引學生是因為在教室內討論的正是他們所面臨過的恐懼或煩惱的問題。然而步入物理教室，不談生老病死的人生問題，不論快樂、憂傷的感情問題，而是談些抽象得無從捉摸的定律原理。事實上物理也可以使它相當富有人性及戲劇化的，例如當人的頭部與汽車相撞而稀爛時的衝力問題，原子彈爆炸毀滅整個城市的慘劇等問題都是。我在上課時曾經使用過一次最富戲劇性的幻燈片，那是從生活雜誌的照片中拷貝下來的，一位年青小姐安祥的躺在汽車的車蓋上，而她就是不久剛從紐約帝國大廈跳下來的人。這種生



我們能告訴學生將許多細小的零件組成一部完整的機器；我們也能跟他們討論時空結構及許多違反直覺的時空關係，然而這一類教材為什麼這麼如此的不普遍？

與死的強烈對比，使學生一下震懾住了，沒有一個學生真正喜愛這張幻燈片，但他們馬上了解我要他們算的衝力問題，而我所用的不是「物體A碰到物體B」的不知所指的問題，而是真實的人類問題。

最後的一個障礙是作者體驗最深的與日常生活脫節的問題，這也是激發作者著手編寫「飛行馬戲團」(The Flying Circus)一書的原因。記得有一天研究所剛考完試，一位考得很差而神情沮喪的女學生走過來問我說：到底我們學過的物理跟她的日常生活有什麼相關？我堅持地說幾乎她生活的每一樁事都跟物理有關。她要我試舉看，我竟一件也舉不出來。那天晚上我一個人靜靜地想，發現以前我在大學教的物理和現實生活完全脫節了，我現在把它叫做「象牙塔物理」。

從此以後我開始研究物理和日常生活的關係。下次當我跟那位學生討論冷卻及凝固熱時，我告訴她一則老婦人流傳的寓言：熱水較溫水快凝固（不管你相信與否，這個寓言在許多環境下是真的）。談到熱的傳遞時，我提醒她一樁水珠在長柄鍋內的怪現象：當鍋的溫度約熱到 150°C 時，水珠可存在1秒鐘，可是如果再熱到約 200°C 時，水珠竟需1分半鐘才能完全汽化。當她學習流體物理時，我利用實驗讓她觀察層流流出水龍頭後保持狹窄的外形流下。在她真正要研究這些學問之前，她已經看過、聽過無數次這些現象了，我已經讓物理和她真正的生活連在一起了。

這些日子裏，我個人研究象牙塔物理和真實世界的關係，發現非常有益於教學及個人的寫作。這個世界充滿了有趣、好奇、迷惑甚至違反直覺常識的現象，把這些現象告訴學生，不但牢牢地吸住他們的眼光，也完全地栓住他們的心，明顯地，學生是兩邊的腦都用上了。這些現象都是

極平常的，而不必用幾百萬美元加速器來研究，然而有時却充滿著趣味性，有時則富有戲劇性。

在我的教師生涯最快樂的時候，應該是學生能夠把這些有趣的物理現象帶回家告訴他們的朋友和家人，我們已經忍受太久大眾對我們不良的印象。使物理學趣味化到可以驕之衆人的時刻固然還需一段很長的努力，但最少我希望我們能夠使物理略帶趣味性和人情味。

〔註〕 作者 Jearl Walker 博士現為美國克利夫蘭州立大學副教授，麻省理工學院院士，馬利蘭大學物理博士。為“The Flying Circus of Physics”一書的作者，並為“American Journal of Physics”期刊之副總編輯，每個月還為“Scientific American”寫一篇「業餘科學家」專欄。他目前正準備出版一本物理新書及其他兩本書。本文取自“The Science Teacher”1979 三月號內。

〔譯者現職：國立臺灣師範大學物理系講師〕

（上接57頁，國中化學教材中之疑難問題及教學建議）

				呈微鹼性，水解之解釋在本節後，故最好將醋酸改用鹽酸，鹽酸與氫氧化鈉中和滴定，則滴定終了呈中性，較為理想。
				改進意見或建議： 中和後，不一定呈中性，這概念可介紹給學生。若太難，則醋酸以鹽酸代替。
18	三	18-2	67	疑難問題： 實驗手續4，使硫酸銅結晶加入稀硫酸，除了吸水，還有何作用？
				改進意見或建議： 晶體之生成為破壞了平衡。因此加入 H_2SO_4 ，使 $[\text{SO}_4^{2-}]$ 增加，而達到破壞平衡之目的，有利晶體之生成。
19	三	13-1	4-6	疑難問題： 那些熔化後即導電，那些物質必須溶於水才導電？
				改進意見或建議： 離子化合物熔融時可導電，離子化合物或共價極性化合物溶於水中亦可導電。

〔作者現職：國立臺灣師範大學化學系講師〕