

---

# 科學之美及其教學之可能

楊倍昌

國立成功大學醫學院 微生物暨免疫學研究所

## 摘要

「科學之美」的教學除了說明科學美的感情和趣味性之外，它也可能引發學習興趣，貫通冷硬的科學知識，以及建立科學的價值。科學教育中，領略科學之美為教學目標的企圖，與一般美學一樣，它必須面對兩種挑戰：一、確立審美判斷的基礎；二、論證審美判斷的普遍有效性。就課堂教學的經營而言，直接鋪陳知識內容或是情意教學都可以論說「科學之美」。解說科學知識內容的嚴整性是傳統課程的強項，它直接呈現知識的秩序美，快速而容易操作。情意教學常透過歷史案例及其與社會互動的方式進行，強調知識建構的過程，迂迴而緩慢。然而由知識、人文、社會對話等層面來提供欣賞科學的進路，富有融通知識與價值判斷的優點。史學家克理斯結合科學史的內容來補充美學的論證，從而展示物理科學實驗之中同時也蘊涵著美的方法，較近似於情意教學。在他的「實驗科學之美」的論述中，「深度」、「效能」及「明確性」所說明的是科學實驗細節的安排以及知識內容本身對於科學典範的衝擊；「總體」、「廣闊」、「樸實」、「壯闊」則是閱讀者情感的回應。只是，開闢新視野的基石科學容易展現這類「實驗科學之美」的層面。如何以美學的角度來欣賞注重資料收集的一般科學，或是純科學理論的研究仍是個考驗。由於談論「科學之美」有語彙的困難、科學知識內容重點不同、甚至是個人理解能力的差異等等的問題，因此在教材及解說的方式除了建立明確的論證結構之餘，讓各種方法得以並陳，截長補短才是上策。

**關鍵詞：**科學教育、美學、科學之美、情意教學

## 壹、引起科學熱情

近代科學家可以算是一種探索自然祕密的職業偵探。這個行業裡有自己的社群、雜誌以及專業倫理，也有互相競爭的壓力。科學家關起門來，以一己之力，探索宇宙規律的時代已經不復存在。特別是實驗科學家，它需要透過遊說，透過展示，

引起別人的興趣，讓別人願意挹注資金。讓我好奇的是，在科學實驗內容審查的過程中，所謂好的科學、值得鑽研的科學是什麼？科學社群評價自己的依據是什麼？除了名利之外，在冗長而辛苦的工作背後，有什麼魅力，吸引著科學家不斷的回到孤寂的實驗室？對教育者而言，如何跟

學生解釋這種科學熱情，進而引發他們對科學的熱情是個重要的課題。

科學家自己對於實驗的成果著迷的行為，不在同一個學術圈的人常常會覺得他們非常隨興而怪異，沒辦法理解。1902年，居禮夫人 (Skłodowska-Curie, M. 1867-1934) 和皮耶·居禮成功的從近十噸礦渣中提煉出零點一公克的鐳時，興奮到晚上睡不著，忍不住在小女兒睡著後又回到實驗室去盯著閃爍的螢光看。

「不要開燈」。瑪麗在黑暗中說。

「看...看！」這位年青的女人低聲囁嚅著。

她小心翼翼地往前走。找到一張草墊椅子，在黑暗中沉默地坐下來。他們的臉朝向那淺白的光，那放射的神秘來源。(伊芙·居禮，1988，p.221-222)

學過現代物理學的學生，很多人都看過放射線打在螢光板上所形成的閃光。事實上，它就只是單調的光點，比不上閃爍飛舞的螢火蟲好看。居禮夫人和皮耶·居禮這種入迷的當下，無關利益、無關物品優美的著迷很難用理智來形容，我只能用「著了魔」一般來說明這種行為。科學家對於實驗成果的著迷，不只是自己安靜的觀賞而已，甚至於還會有一種不吐不快，忍不住要找人分享的興奮。法蘭西斯·克立克 (Crick, F. 1916-2004) 發現 DNA 雙螺旋時，到處宣揚的心情就是如此。

過去一週中，法蘭西斯每天多次

用快速的語句談到結構 (DNA 雙螺旋) 和它的意義，向人們解說，總是那麼熱情洋溢。他的興高采烈程度與日俱增。吉萊或者我，一聽到法蘭西斯提高嗓門引導幾個新臉進來，就離開辦公室，直到新來參觀的人被說服後離去，可以做一點工作後，才回到辦公室中去。(Watson, 1968, p169)

科學家對於自己的研究成果的偏好和許多藝術家創作時的沉迷很相像，都混雜著些許神秘氣息，外人很難體會他們的心情波動。這種沉迷具有相當強的主觀意志。不只如此，研究同行或是科學雜誌的讀者，雖然是以第三者的角色來閱讀科學，他們偶爾也同樣會顯出讓人矚目的熱情。

巴斯德(Pasteur, L. 1822-1895)發現左旋酒石酸和右旋酒石酸的晶體偏光結果，引起科學界的爭論。法國物理學家 Biot, J. B. (1774-1862)在閱讀報告之後，跟著巴斯德一起驗證這項發現的過程，很生動的顯示科學同行對於科學研究的評論，除了關切科學的真假之外，也會有喜悅之心、也會激動雀躍。

Biot 仔細的稱重配成溶液。他將最引起興趣的溶液，也就是那份會造成向左偏光的溶液滴到偏光儀上。當偏光儀的測量值呈現在帶色的刻盤上時，不需要再細看那些刻度數值，Biot 馬上便確認通過溶液的光線強烈偏左旋。然後、這位大有名氣的老人抓著我 (巴斯德) 的手，激動深

切的說 "孩子，我是如此熱愛科學，它撼動著我的心 (Dubos,1960)。

Biot 起先只是像個好奇的小孩子一樣，拉著巴斯德一起做實驗。證實結果之後，他的「它撼動著我的心」這句評論只是喟嘆而已，並沒有說出科學值得熱愛的大道理。

不只是在驗證別人的新實驗得到樂趣，也有觀賞新的科學論點或是新結果而驚豔，大力推薦，甚至代為出馬，奮戰護衛的例子。達爾文 (Darwin, C. R. 1809-1882)的演化論被發表之後，遭到強烈的批評，讓他自己對於公開辯論意興闌珊。還好，有個赫胥黎 (Huxley, T. H. 1825-1895)，他讀了達爾文的「物種起源」之後，非常佩服，認定這是個劃時代的傑作。赫胥黎並且鄭重的宣佈：「我是達爾文的鬥犬」。演化論所引起的科學論戰中，赫胥黎的確也是個最積極的捍衛者，比達爾文自己還要熱心。1860年6月30日，在牛津大學自然歷史博物館舉行的進化論論戰，赫胥黎說了一段經典問答：「我寧可當一隻猴子，也不要錯用才智去譏諷學術討論」。之後，他還加以延伸，寫成「演化論與倫理學」，也引起很多議論。

細菌學家柯霍 (Koch, R. 1843-1910)發表炭疽細菌研究的過程，則是個科學演示之後，讓讀者興起惺惺相惜的情感的好例子。1876年11月15日，柯霍特地去德國 Breslau 大學植物病理學研究所，跟當時的所長 Cohnheim, J. (1817-1891) 說明他的研究成果，並且親自表演他如何由罹

病小鼠的脾臟培養出細絲狀的炭疽細菌，細菌如何穿透青蛙的皮膚表皮細胞的實驗。Cohnheim 看過之後，非常興奮，馬上回研究所告訴同仁說：

現在都放下手邊的工作，去看柯霍吧。這個人運用簡潔精準的實驗完成了非常了不起的發現，真讓人贊歎。特別是柯霍完全孤立在科學社群之外，他獨立完成非常完整的研究。已經沒什麼可以懷疑的了 (Julius, 1885)。

粗略來看，一般認為是「硬學問」的科學引起共鳴而表現在外的行為，竟然跟許多人對於藝術、音樂的著迷很像。孔子在齊國時聽聞《韶》樂，沉醉許久，有三個月連吃飯都不知道肉味。王讜的《唐語林》記載書法名家歐陽詢在旅途間，看見石碑上刻的西晉書法家索靖所寫的字，愈看愈有趣，癡迷到睡在石碑旁，看了三天才滿足離去。這些沉醉癡迷的心情也不容易透過文字來論述。

就以上居禮夫人、Biot、赫胥黎的例子看來，科學的「實用面」並不是讓這些人著迷的唯一原因。它幾乎跟人對音樂、繪畫、雕塑等等藝術品的喜好一樣。我相信，如果我們可以在學校教出像居禮夫人、法蘭西斯·克立克、Biot, J. B.、赫胥黎、Cohnheim, J. 等人對於科學的熱情，那麼應該能算得上是教學成功了。這種對科學熱情能否像藝術之美一樣來解說呢？就教學的目標來說，如果講述科學之中所蘊涵的美能引起學生對科學熱情，那麼它

該如何落實到課程之內呢？相對於驗證科學的對錯要受到客觀理性的約束，科學題材的選擇與評價方式是動態的，不容易掌握。也許鐳、晶體偏光、炭疽病、演化論這些科學發現真的很了不起，但是它需要進一步說明，才能讓人了解其中的美妙的特質。

素來對於「科學之美」這個命題有許多不同的論述方式，有人強調知識的嚴緊度、有人注重實驗的手法、有的人則會讚美自然本身就是美。在教學上「科學之美」最困難的是：如何傳達科學體驗中「美」的感動。Wickman (2006)認為由科學事件過度到感情的展現，經常要依靠美學的判斷來填充兩者之間的斷裂。然而科學家會不自覺的使用「美、美妙、像藝術一般、精彩、有意思、有創意」等等形容詞來描述自己的工作。這些質性語言的意思大抵上是沿襲大眾通用的語意，不一定會講求它們在美學上的論證結構是否嚴緊而一致。對學生來說，如果不是事先已有跟科學家相同的親身經驗，這類的敘述不容易有共鳴。此外，在論說「科學之美」的意境時，科學實驗之美和自然之美常常會混雜在一起鋪陳。但是，闡述科學實驗之美和科學內容所描述的自然之美不同。科學實驗之美必須透過語言文字來說明科學家做實驗手段的高明，而科學內容則是說明自然現象本身投射在人的知覺上所生成的美感，兩者的關係和《楞嚴經》中禪師常用「以手指月」的比喻類似。在禪師的看

法中，以手指月，目的在月不在手。月亮是這個意象的主體，不要讓手的姿勢喧賓奪主成了焦點。而談論科學實驗之美正好是個反轉對照，像月亮所呈現的自然之美雖然重要，但是它並不是論證唯一的焦點，指月的手指夠不夠精準，手的姿勢夠不夠美妙也是必須考慮的要件。這兩類美感的指涉不同，可以同時併呈，以豐富美感經驗，但是區分它們的差別也有必要。

劉勰在《文心雕龍》知音第四十八中評論文章好壞的能力時說「操千曲而後曉聲，觀千劍而後識器」。這是中國歷來對於品味、技藝典型的認知，多聽、多看、多歷練，久而久之就會有眼光。在強調親身歷練很重要之外，劉勰還提供了六種分析文章的依據：「一觀位體，二觀置辭，三觀通變，四觀奇正，五觀事義，六觀宮商」，讓初學者可以很快的上手，自己分辨文章的好壞。在學校裡，我們也相信知覺本身就有普遍性，只要多安排演講、多安排科學實驗，讓學生自己多聽、多看、多歷練之下，可以磨練欣賞科學之美的眼光。這種自然累積式的歷練方式，缺點是成效緩慢而且不可預期。就教學的策略來說，提供案例的分析，讓欣賞科學之美與欣賞其他文藝之美一樣，讓初學者有個判斷好壞的入門依據。以領略科學之美為教學目標的企圖，必須面對兩種挑戰：一、確立審美判斷的基礎；二、論證審美判斷的普遍有效性。授課的內容如果經得起這些挑戰，這種教學型式會較為客觀而穩固。

## 貳、一個史學手法的得失

對於，如何借用美學的論證來解說科學，史學家克理斯 (Crease, R. P.) 認為實驗之美的基礎就在於它是如何讓科學本身的元素開始說話。在《史上最美的十項科學實驗》這本科普書中，克理斯透過科學史的敘述手法，分析並演繹幾個物理學實驗的例子，試圖展示物理科學實驗也蘊涵美的元素：

實驗之美可以有許多種型式---就好像巴哈和史塔文斯基的作品之美也有所不同。有些具有總體的美，把各種通則綜攬在一起；有些則具有廣闊之美，把規模迥異的元素連結起來；有些具有樸實之美，以其赤裸單純特性吸引我們，來彰顯純粹的型式；而有些則是壯闊之美，帶了些微大自然為不可思議、最無邊際，以及最駭人的力量，令我們嘆服。(克理斯, 2009, p.17)

克理斯在書中的序言中提出深度、效能及明確性作為說明科學之美的三元素。在這個基礎上，他認為美的科學實驗能顯示「總體」、「廣闊」、「樸實」、「壯闊」的感情，而令人贊歎。這些混合感官及理智的情感，並不是他個人憑空捏造的詮釋概念，康德也有類似的論述 (李淳玲, 2004)，只是在科學史家的手裡，將科學情感利用科學實驗的過程進一步交互對應而後重現。就意識的類別來看，「深度」、「效能」及「明確性」指明的是科學實驗

細節的安排對於科學典範的衝擊；「總體」、「廣闊」、「樸實」、「壯闊」則注重觀賞者內心對於科學實驗的成果情感的回應。

克理斯根據這個簡單的論說架構來欣賞牛頓的三菱鏡分光實驗：「牛頓的關鍵實驗一舉為世界帶來了許多新事物：一項資訊、一套工具和技術，甚至還有一段道德指引。每樣新事物都造就了這個實驗之美。牛頓的實驗揭露了這個世界的一項真理，做法卻是極端單純又極富巧思」(克理斯, 2009, p.102)。他稱讚牛頓的光學實驗的簡約，是分析實驗手法來說明科學之美。牛頓略過光線的多樣性，主觀的利用三菱鏡分出光譜，將複雜的白光現拆散成簡單的單色光。不管是用三菱鏡或者是將鏡子放在水裡將太陽光打在牆壁上，而變出彩虹來，它是現代的小學生常常玩的遊戲。牛頓做的實驗只是讓單色光再一次通過菱鏡而已，竟然就巧妙的證成光色元素。概括克理斯的論點，應該是說：「牛頓手指的姿態真是簡明巧妙」。

對於尺寸巨大，富有展示震撼力的傅科擺 (Foucault's pendulum)，克理斯的描述則是：「傅科擺所具有的美，或可稱為崇高宏偉之美，那種美帶給我們清明洞見，並使我們融入自然，讓我們在世上更為自在。崇高宏偉之美則令人倉皇失措，因為它挾著另人驚怖的力量而來 (克理斯, 2009, p.173)」。傅科(Foucault, L. 1819-1868)在 1851 年設計的單擺所證明的是慣性運動之下，地球自轉會造成鐘擺擺

盪軌跡的偏移。克理斯以宏偉驚怖來形容驅動傅科擺的力量，是個有趣的陳述方式。恐怖是人最直接而強烈的情緒，也是原始部落藝術中為人所稱道的那種神秘而莊嚴的氣氛。美學家李澤厚認為在青銅文明中所呈現的美，就是這種恐怖的震撼力。

「各式各樣的饕餮紋樣以及以它為主體的整個青銅器其他紋飾和造型，特徵都在突出這種指向一種無限深淵的原始力量，突出在這種神秘威嚇面前的畏怖、恐懼、殘酷和兇狠。…它們之所以美，不在於這些形象如何具有裝飾風味等等，而在於以這些怪異形象的雄健線條，深沉突出的鑄造刻飾，恰到好處地體現了一種無限的、原始的、還不能用概念語言來表達的原始宗教的情感、觀念和理想」。(李澤厚，1986，p. 36)

將傅科擺的美聚焦在擺動本身所遵循的自然力量，來理解傅科擺這個實驗設置之美可能會讓人有些困惑。驚怖的力量是地球自轉的事實，它並未指出傅科擺之實驗手法的美。克理斯的說明，以禪宗的指月來比喻，真正讓我們深思而感動的是等同於月亮的「地球自轉的知覺」這件事。若只是強調驚怖的力量，我們將不明白克理斯是否認為傅科的手指很高明。對於傅科擺的美克理斯最後還是要說：「它始終都能以那種永不止息的簡明特性吸引我駐足(克理斯，2006，p.171)」。

相對於以崇高宏偉之美解說傅科擺的

失焦，克理斯評論古希臘人艾拉托塞尼斯(Eratosthenes of Cyrene BC276-BC195)測量地球周長的故事則符合看重科學手法的意圖。艾拉托塞尼斯察覺夏至時分，太陽位在西奈(Syene)城這個處在北迴歸線上的城市的正上方，所以在正中午時所見的影子長度是零。亞歷山卓(Alexandria)位在西奈城北方，夏至的中午，城內的建築物的影子有固定的長度。艾拉托塞尼斯也知道亞歷山卓和西奈這兩座城之間確實的距離。如果大地是個圓球，艾拉托塞尼斯就可以根據曲率推算出地球的周長。克理斯認為：「艾拉托塞尼斯之美是出於其攝人的廣度。有些實驗在我們面前分析、分離或剖析某些現象，從而由混沌釐出規律。這項實驗以相反的方向指引我們注意的焦點，由小處測量廣大。這拓展了我們的視界提供新的觀察方法，以探究看似單純的問題…這項實驗提供見微知著，也彰顯大小萬物總是交互牽連，這也具有揭發真像之力(克理斯，2009，p.34)」。攝人的廣度並不是指出地球之大，而是見微知著的穿透力。如果艾拉托塞尼斯只是用日影來測量足球或是籃球的大小，一定會讓人覺得他真是無聊透了。唯有在測量地球時才會顯出這種方法的實驗美感。在這個例子中，克理斯的說明同時兼顧了實驗手法與內容所對應的「指」與「月」的獨特性。

由以上這三個例子來看，克理斯透過科學史而敘述美的經驗的得失，可能也反應出重要的科學發現，各有不同層面的美，不容易用固定說詞來表達。

### 參、美學解說的必要與侷限

牛頓的光學實驗、傅科擺以及艾拉托塞尼斯測量地球周長的故事，我自己也唸過這些故事。但是，我以前並不能感受到它們精巧的美。起初讀到克理斯以單純、富巧思來稱讚牛頓的光學實驗時覺得很驚訝，就跟我突然聽到美學家稱讚元朝畫家追求簡約的成就，而覺得奇怪的心情類似。錢杜在《松壺畫藝》的評論說：「宋人寫樹千曲百折，唯北苑為長勁瘦直之法，然亦枝根相糾。至元時大癡、仲圭一變為簡率，愈簡愈佳」。我在台北故宮博物院觀賞宋朝畫家范寬畫的谿山行旅圖、郭熙的早春圖，的確認為他們都是「樹千曲百折，枝根相糾」，非常客觀寫實的描繪風景，直覺就知道其中的美。而倪瓚的紫芝山房則純粹是他自己心裡主觀的表現，山的輪廓和樹木都只是潦草簡單數筆而已，直覺上會覺得他很草率。看他的畫，腦筋需要多轉好幾層，習慣了他的筆觸之後，才會覺得他的古怪以及簡率背後也富有美的意象。如果極簡主義算是一種美，對我來說，這種美比較隱晦不明，需要理智分析之後才能讓人察覺。而這種理性的分析，需要借助有系統的解說。

至於傅科擺的故事，當初也同樣讓我困惑。幾年前，我到美國費城富蘭克林學會科學博物館參觀，第一次看到巨大的傅科擺，直覺的感受只有「巨大的鐘擺」，並沒有馬上領略到它清明洞見的美，更不必說「崇高宏偉之美，令人倉皇失措」。像王維《使至塞上》寫的「大漠孤煙直，

長河落日圓」的句子，唸兩三次就可能理解王維描繪寧夏風景時，他希望營造出的壯麗畫境。但是靜默的傅科擺對於想像力的衝擊並沒有那麼直接。也許，在這麼驚人的展示之前，如果事先閱讀了它的奧妙，我會有不同的感動。

至於艾拉托塞尼斯以北迴歸線上的城市的日影測量地球周長的故事，我以往是用它來說明，認知假設不同，會讓同樣的數據得出完全不同的解釋。三國時期的中國數學家趙爽在天圓地方的空間結構下，利用北迴歸線上的城市的日影，結合數學勾股弦的算法，他推算的是天的高度，而不是地球的周長。趙爽《日高圖注》的例子，並不是要論證艾拉托塞尼斯測量地球的方法不夠美妙，只是用來說明我之前所注重的知識面向與克理斯不同，我沒有注意到量測本身也富有美的成份。在知道量測本身也富有美的成份之後，重讀艾拉托塞尼斯測量地球周長以及趙爽的《日高圖注》的故事，我所獲得的感受就更加豐富而深刻。以上三個故事的個人經驗可以說明，熟悉與理解也是感受科學之美的重要元素之一。期待學生能領會「科學之美」，透過教師適當的講解是必要的。多數科學之美的知覺，相當隱晦，它需要以知性的分析作為前提才可能發生。

另一個解說科學之美的問題是：這種「總體」、「廣闊」、「樸實」、「壯闊」的感情，是否是個判斷科學美不美的普遍通則？目前一般進行中的科學，都只是解決小問題，依靠細節的累積，才得以拼貼出科學

輪廓。生物科學的研究更是傾向將生命現象割裂成相當零碎的小問題。事實上，「總體」、「廣闊」、「樸實」、「壯闊」的想像與這些零碎的小問題之間的關係相當薄弱。在克理斯的論證結構之下，大多數的生物科學研究都不符合這些「美」的要件。此外，「科學實驗之美」最常見的是一種以驚奇激發出「總體」、「廣闊」、「樸實」、「壯闊」這些美感的手法，結局出人意料才是美的起點。越是在平凡、無聊、簡單的實驗中，顯出不可思議的結果，驚奇、反差越大、美的感情越大。這種美的經驗跟音樂、繪畫、雕塑、建築所投射出的「總體」、「廣闊」、「樸實」、「壯闊」美感的手法不大一樣。一般日常在實驗室所做的研究，結果大多是可預期的，懸疑的氣氛不強列。如果真的要求實驗要有深度、效能及明確性，並且顯示「總體」、「廣闊」、「樸實」、「壯闊」的感情，那麼一般現在進行中的科學研究幾乎都不及格。讓人疑惑的是，很多科學家卻都會自豪的說自己的工作美、是精彩的。我也相信他們不是隨便吹牛而已。顯然，多數科學家日常所自豪的美，並不只是這種「總體」、「廣闊」、「樸實」、「壯闊」感情而已。以「總體」、「廣闊」、「樸實」、「壯闊」的標準來解說科學之美雖然可能，它也有侷限。它比較適合用來說明極為珍貴、寥若晨星的那種偉大科學之美。

#### 肆、科學之美教學的多樣性

在基礎教育中的小孩子，知識廣度不足，容易分心，以情意教學來貫通冷硬的

科學知識是個好策略。Girod et al (2003) 的研究指出就學習成效來看，比起純粹講述科學內容，以科學之美為目標的教學較能有效吸引學生的注意力。情意教學可能可以啟動人類共通的認知本能，它不只適用於小孩子，也適用在大學生，特別是針對非本科學生的教學。周建和在大學物理學通識教育課程中，以教授街頭物理學的手法，特別注重科學實作。在安排成類似變魔術的物理實驗之外，適時說明科學史故事，融入人文的關懷，讓學生能輕鬆感受周遭事物的自然法則，進而將知識應用於生活中 (周建和，2009)。這種直接訴諸於魔幻經驗的手法，也有不錯的成效。當然，就教學的目的而言，科學知識不是只有美和趣味而已。在科學專業課堂中，處理許多科學知識內容的細節是必要的。如果將真、善、美當作知識的價值光譜，「科學之美」的光芒會閃爍出現，但是其中最閃亮的必定還是「科學之真」的光輝。對於事物真理的追尋，畢竟才是歷史上那些偉大科學家對於知識的執著。為了引發美的感受而抹去了真、假、對、錯的論證，科學只剩下玄奇瑰麗的幻影，這並不是的科學教育的本意。但是，如果學生在一開始就因為學習困難、疏離而失去興趣，也同樣達不到科學教育的期待。如何拿捏分寸，可能要考慮個別學生的特性而規劃。

講述科學家的奮鬥史是另一種科學教育中常見的手法。在輝格史觀 (The Whig interpretation of history) 之下，科學是進步而且是偉大人格的具象化，把努力



工作當成美麗。曾志朗在推薦「史上最美的十項科學實驗」譯書本的時候說：「科學之美，在於發現的歷程中，充滿了真誠與善意，成功固然可喜，失敗更是往前的動力」。這種透過道德鼓勵而通向物理實驗之美，是一種哲學性的說詞，與「講述科學家的奮鬥史，作為說明科學的人文之美的素材」的說法類似（林樹聲、任宗浩、李哲迪，2007；趙金祁，1986）。偉人傳記中，科學家可能以努力不懈、虛懷若谷、慷慨無私、充滿愛心而讓人景仰。只是，這些人格元素偏重善的面向，屬於倫理的範疇，帶有相當的道德意識。鼓勵青少年以科學英雄為學習典範，有它的效用、也有侷限。科學家只是探索科學的人，科學家個人的行為不一定與他的科學成就相干。如果，科學之美只是附屬在道德上的意識，美無法獨立，它就可能變成「只是道德行為」這種奇異的推論。我同意牟宗三的想法，美依附著道德關懷可能只是康德以「美是道德善的象徵」所生成的混淆，不一定要採信（牟宗三，1992）。就引發學生嚮往科學的教育目的來說，以道德、以偉大人格來說明科學並非不可以，它們也算是美的一部份，只是這種科學之美與知識本身較為疏遠，需要加強科學的內容。

申論科學的「真假」，與美學解說的語彙不同。美不是自我彰顯的事物，借著旋律、音符、顏色、空間結構、語言敘事這些媒介，美凝聚成音樂、繪畫、雕塑、建築、文學的形態，因人的體驗而生成特殊的知覺。科學之美在教學上的困難是：

一般常用的科學語言不容易說明它到底是什麼。科學之美所呈現的是人的理智所生成的精彩知識。雖然克理斯的「科學之美」並沒有仔細區分科學實驗之美和科學內容所承載的自然之美不同，他結合科學史的內容來填充美學的哲學結構，是一種在科學內容之外，加強知識發展脈絡的鋪陳策略。它融合科學內容、史學、社會的跨領域的研究手法來分析「科學之美」，並且以經驗實例來證成美學理論。除了這種以社會及歷史背景來突顯科學主體的方法之外，物理學家費曼（Feynman, R. P. 1918-1988）則是以重建（re-seeing）物理學科內在知識的手法，再現科學思維的美。在《物理之美》這本書中，費曼把簡潔當作核心，描述物理定律的共通特徵，進而說明簡單就是美。費曼的《物理之美》和克理斯的《史上最美的十項科學實驗》都使用為地球量重量、傅科擺，電子的干涉實驗作為例子，但是他們的陳述方式非常不同。費曼的書寫得迷人有趣，但是對於科學史，及發現者並沒有太多著墨。我認為這種迷人的效果不是因為他說明了在物理學之中為什麼簡單就是美，而是費曼重建物理現象時豐沛的說服力。他的說服力本身就呈現出美的傳染力。

像是周建和在街頭物理學借重驚喜經驗的教學手法，或是講述科學家的奮鬥史，在引發學生的學習興趣上各有成效。費曼的手法是傳統課程的強項，在傳授堅實的科學知識上，直接呈現知識的美。克理斯的「科學之美」，則具有情意教學的

優勢，透過知識、人、社會之間的對話之間提供欣賞科學的進路，擅長知識的融通。由於談論科學之美有以上種種語彙、強調內容重點、甚至是個人認知偏好而導致理解上的困難，因此在教學手法的運用除了建立明確的論證結構之餘，保持開放，截長補短才是上策。此外，克理斯與費曼的論證都選擇物理科學的例子，這兩種不同的手法是否也適用於其他自然科學領域的教學還需要進一步測試。「科學之美」的例子，大多是開闢新視野的科學基石。相對的，目前一般生物科學的研究傾向將生命現象割裂成相當零碎的小問題，如何以美學的角度來欣賞注重資料收集的生物科學，或是純科學理論的研究仍是個考驗。

## 參考文獻

- 王讜：(北宋)，《唐語林》卷五。
- 伊芙·居禮 (1938)：居禮夫人傳。曹永祥、鍾玉澄譯 (1988)，第二版。台北：志文。
- 牟宗三 (1992)：以合目的性之原則為審美判斷力之超越的原則之疑竇與商榷〔上、中、下〕。鵝湖學誌，第 202、203、204 期。台北：鵝湖。
- 李淳玲 (2004)：康德哲學問題的當代思索。嘉義市：南華大學社會學研究所。
- 李澤厚 (1986)：美的歷程 (A history of beauty) (pp. 36)。台北：蒲公英。
- 周建和 (2009)：街頭物理：還有一些物理教學。物理雙月刊，31(4)，364-370。
- 林樹聲、任宗浩、李哲迪 (2007)：科學之美的內涵及其教學與相關問題。科學教育月刊，299，19-34。
- 《楞嚴經》卷二：如人以手指月示人，彼

人因指當應看月。若復觀指以為月體，此人豈唯亡失月輪，亦亡其指。何以故，以所標指為明月故。

- 趙金祁 (1986)：漫談科學教育與技術教育。科學教育月刊，53，13-17。
- Brock, T. D. (1988). Robert Koch, A life in medicine and bacteriology. Science Tech Publishers, Springer-Verlag.
- Crease R. P. (2003). The prism and the Pendulum: The ten most beautiful experiments in science. 中譯本《克理斯：史上最美的十項科學實驗》，蔡承志譯 (2009)，(pp. 17、34、102、173)，台北：貓頭鷹。
- Dubos, R. J. (1960). Louis Pasteur, Free lance of science (pp97-98). Da Capo Press, Inc.
- Feynman R. P. (1964). The Character of Physical Law. 中譯本《費曼：物理之美》，陳芊蓉、吳程遠譯 (1996)，台北：天下文化。
- Girod, M., Rau, C., & Schepige, A. (2003). Appreciating the beauty of science ideas: teaching for aesthetic understanding. Sci Ed., 87, 574-587.
- Huxley's reply to Wilberforce. Retrieve January 10, 2011 from [http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Henry\\_Huxley](http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Henry_Huxley).
- Julius, F. (1885). The introduction to Cohnheim, Gesammelte Abhandlungen edited by E. Wagner. A. Hirschwald Verlag, Berlin.
- Watson J. D. (1968). The double helix: a personal account of the discovery of the structure of DNA。中譯本《詹姆斯·華生：雙螺旋鏈》，童亦暢譯 (1970)，香港：今日世界。
- Wickman, P. O. (2006). Aesthetic experience in science education learning and meaning-making as situated talk and action. Routledge.
- Whig history. Retrieved January 10, 2011 from [http://en.wikipedia.org/wiki/Whig\\_history](http://en.wikipedia.org/wiki/Whig_history).

投稿日期：100 年 1 月 10 日

接受日期：100 年 7 月 14 日

# The teaching of the beauty of science

**Bei-Chang Yang**

Department of Microbiology & Immunology, College of Medicine, National Cheng Kung University

## Abstract

Discourses on the beauty of science serve as a means for fostering study interest, integrating scientific knowledge, and establishing values that are important issues in education. There are two challenges to incorporate aesthetics in teaching, namely developing a concrete foundation of aesthetic judgment and establishing its general applications. Comparing the effectiveness of education, teaching by traditional methods has strengths in efficiency and in knowledge detail. On the other hand, affective education lectures combining epistemology, science history, humanity, and social context provide productive dialogues and show advantages in appreciation and integration of knowledge. The American historian R.P. Crease has taken groundbreaking discoveries in Physics as examples to establish a two-level analysis to reveal elements of beauty in such scientific discoveries. The first level is to analyze the impact of each work on the scientific paradigm regarding depth, usefulness and conviction. The second level is to trigger the feeling of completeness, broadness, simplicity and splendor. However, fragmentation and routine are the characteristics of modern sciences. How to create a framework for appreciation of the beauty both of these data-collecting experiments and of the knowledge generated from pure ideas demands further analysis. Due to the semantic ambiguity and variations in the emphasis of subjects and individual preference, complimentary methods are required for the effective description of the beauty of science.

**Keyword: science education, aesthetic experience, beauty of science, affective education**