

# 物理科學在通識

王永雄

香港中文大學物理系

## 緒論

香港中文大學一向重視通識教育。為了讓同學得到均衡的通識教育，大學決定由上學年開始，將通識科目劃分為四個範圍：A. 文化傳承、B. 自然、科學與環境、C. 社會與文化，以及D. 自我與人文，並要求同學於每範圍內最少修畢一科。物理系作為理學院之學術單位，開設的科目都是屬於範圍B的。其中歷史最悠久的是「物理科學概論」，而最受歡迎的是「天文學」。我們還開設了「相對論與量子力學」和「氣象學概論」。「材料科學概論」、「人類與星辰」和「自然的秩序」是近年才開設的。這些科目旨在介紹物理學不同部門之梗概，著重同學在認識上之廣度，而非提供專門而深入的訓練。它們固然各有重點，但同樣作為有物理學背景之科目，它們都著重向同學介紹有關物理學的以下幾點：物理學之定位、物理學之終極關懷、欣賞宇宙的「美」、物理學方法的限制。

筆者將會詳細交代上面幾點，但在繼續談下去之前，我還想多說幾句教授通識課的感想。我們的學生來自不同背景。對於擅長數字運算的理工科同學來說，以數學語言來學習物理當然是輕而易舉；對於

來自文科背景的同學來說，數學卻往往是煩惱之源。在課程設計上，我們花了很多心思來照顧不同背景的同學。我們深信，同學要了解一些物理概念，其實不必用上繁瑣的數學語言。事實上，文字配上圖像和影片往往更能引發同學的好奇心和思考。於本文末，筆者還會略談通識教學的苦與樂。

## 物理學之定位 — 從「知人、知天、知物」說起

有一天，一位同事借了一本書給我看，書名叫‘*Nature and the Greeks*’ and ‘*Science and Humanism*’。<sup>1</sup> 讀者可能會覺得書名太長，其實原因很簡單。這本書是兩本書的合訂本，而書名就是由原來兩本書的書名加起來。作者薛定諤（Erwin Schrödinger）是個鼎鼎大名的科學家。他是量子力學的其中一位奠基者，於1933年與狄拉克（Paul A. M. Dirac）同獲諾貝爾物理獎。當我翻開第108頁，映入眼簾的是十分醒目的兩句句子：“*νῶθι σεαυτόν*” 和 “*ἡμεῖς δὲ, τίνες δὲ ἡμεῖς;*”。這些不是「亂碼」，而是古典希臘文字。幸好薛定諤翻譯了這兩句文字，否則一般讀者怎能看懂呢？第一句含有命令的語氣，意思是“get to know yourself!”。第二句的意思是 “And we, who are we anyhow?” 薛定諤是個不折不扣的科學家，竟然還懂得古典希臘文？後來筆者瀏覽諾貝爾獎的官方網頁，發覺此君真是個通識人。<sup>2</sup> 他懂得物理、化學、植物學、意大利繪畫、德國詩詞、古代文法。真厲害！

薛定諤寫這兩句希臘文為的是要指出，人類一直都在問「我們是誰？」，而他認為科學應該在這個問題上作出貢獻。筆者認為薛定諤

1 E. Schrödinger, ‘*Nature and the Greeks*’ and ‘*Science and Humanism*’ (Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1996).

2 <http://www.nobel.se>.

的想法是對的。自古以來，不論是古希臘還是中國的哲學家，都花了不少心血來回答這個問題。他們的努力大概可分為三方面：知人、知天、知物。

「知人」的努力衍生了諸如心理學、社會學、歷史學、倫理學等等有關人的學科。「知天」的努力則表現於宗教之中。此方面於佛教傳入中國和基督教傳入歐洲之後的發展最快。「知物」則衍生了自然科學，例如物理、化學。我們可以說，「知人」乃是直接回答「我們是誰？」，而「知天」和「知物」則是從人以外的事物入手，然後反過來認識人自己。此三方面之努力彼此之間並非完全無關，例如基督教的創造論（「知天」）直接影響了基督教倫理學（「知人」）的基本論調。基督教所指的「創造」有兩種含義，首先是「從無造有」，其次是「繼續創造」。繼續創造乃是指上帝對宇宙秩序的維持，而有部分責任更是由上帝委派人類代為執行。這就牽涉到「受託（stewardship）」的觀念。這種觀念影響了對師生關係的看法，學生可看為上帝交託給老師代為照顧的人。

筆者更認為，此三者不但方向不同，對我們在心性上的要求也有不同。「知天」要求我們放下偏執，傾聽從彼岸而來之啟示。「知人」要求我們反省人生各種際遇、感受。「知物」乃是對身外事物之觀察。可見知物對心性的要求最低，故常有年輕之科學家，但年輕之哲學家、神學家卻十分少。歷史上年紀最輕的諾貝爾獎得主是William Lawrence Bragg。他與父親William Henry Bragg於1915年同獲物理學獎，獲獎時只有25歲。

透過對「知人」、「知天」、「知物」三者的比較，同學可以清楚知道物理的定位，也知道物理的學習對自己的心性有甚麼要求。

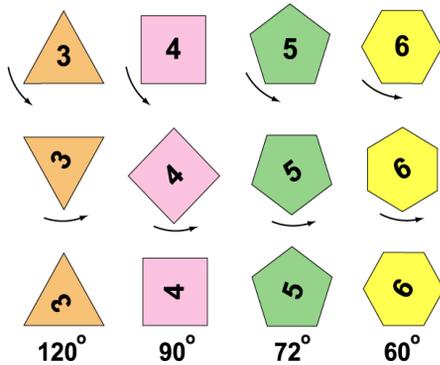
## 物理學之終極關懷 — 有甚麼是不變的？

大自然變幻莫測。今天我們看見河流旁邊有一頭牛，只消等一會兒，這頭牛就已經不知所蹤了。再多等數年，可能連河流也乾涸了。如果所有世事都是難以逆料，我們對將來可以說是完全沒有把握。可幸的是，某些大自然現象似乎是有規律的，諸如日出日落、春夏秋冬四季的更替、燒水而水蒸發、水遇冷而凝結，都是一些可預料的現象。我們的生活更是建基於這些事情乃是必然的假設上。我們每天臨睡前調校鬧鐘，其實已不自覺地假設了時鐘將如常運行，就如昨晚一樣。炎炎夏日，大家都要開啟空調來消暑，這時我們也不自覺地假定了冷氣機將會送出涼風，正如以往一樣。試想像，如果宇宙一切皆沒有規律，日出時間是任意的，燒水而水又不一定會沸騰，萬有引力忽然變成了萬有斥力，我們的生活必定處於極度的混亂之中，人心也惶惶不可終日。為了生存，人類一直尋找大自然的規律。所謂規律，說得抽象一點，其實就是一些不變的事物或道理。物理學家的終極關懷，就是要找出大自然裏有甚麼是不變的。在過去的一個世紀，物理學家漸漸地了解到，每種「不變」的事物或道理都揭示了大自然的一種「對稱性」，而物理學界也開始有一種共識：大自然的「美」乃是表現在事物的對稱性之中。

### 欣賞宇宙的「美」

「美」是一個很主觀的觀念。很多人認為日落的景色是最美的。有人卻認為日落太蕭颯，往往叫人想起傷感事，所以不美。古希臘人先問何謂完美，希望為美找出較客觀的內涵。他們發現，完美的事物是恆常不變的。理由很簡單，假設「完美的事物能夠改變」，則它不

是可以變得更好，就是變得更壞。如果它能夠變得更壞，則它本來就一定含有壞的成分，因此不能算是完美的。如果它能夠變好，則表示它本來就不是那麼好，故它本來也不是完美的。因此，上面的假設並不成立。完美的事物是不變的。



圖一

古希臘人把以上的想法應用在幾何學裏，得到很有趣的結論。他們發現，任何正多邊形在轉動某個角度後，必然回復原來的模樣。以等邊三角形為例，如果我們先把它其中一條邊平放在地上，在頂部的便是一個角。把它轉動60°後，整個三角形就好像上下反轉了。惟有在轉動120°後，它才會回復原來一條邊平放在地上的樣子（圖一）。我們可以拿其他正多邊形來試試，我們將會發現正方形、正五邊形和正六邊形分別在轉動90°、72°和60°之後會回復舊貌。古希臘人發現，正多邊形邊的數目愈多，回復舊貌所需的轉動角度便愈小。試想想，當正多邊形邊的數目漸趨無窮大時，它會變成甚麼形狀呢？對了！就是圓形了！圓形真是一個十分奇妙的圖形。無論我們如何轉動它，它都是不變的！因此，古希臘人認為圓形就是最完美的圖形。這個發現正

好解釋了天體運動的模式。天體是屬於天堂的，因此必然為完美。既然圓形為最完美的圖形，因此天體就在圓形上運動，這就完滿地解釋了日月星宿為何會東升西落，每天繞圈子。

換一個角度看，圓形也是一個極為對稱的圖形。我們知道，正方形有四條對稱軸，六邊形有六條對稱軸，圓形卻有無窮多的對稱軸，因為每一條直徑都是對稱軸。德國物理學家及數學家韋爾（Hermann Weyl）為「對稱」下了一個定義：

當一物體被施予某種特定操作後跟未受操作前沒有分別的話，該物體便擁有對稱性。<sup>3</sup>

再以圓形為例，當我們任意選擇一條直徑為轉軸，將圓形反轉，這就是一種操作。容易想像，我們不能分辨在這操作前後的圓形有甚麼分別。按著韋爾的定義，圖形是具有對稱性的。由於圓形有無窮多的直徑，因此我們可以說圓形的對稱性也是無窮的。



圖二：蝴蝶

3 轉引自鄭啟明、王永雄：《物理縱橫》（香港：中文大學出版社，2005年），頁163。



圖三：雪花



圖四：日本金閣寺（由鄭啟明博士提供）

對稱與美的微妙關係，似乎早已銘刻在人類的思想中。一般人都認為對稱的事物是美的，例如蝴蝶（圖二）、雪花（圖三）、一座建築物 and 它湖中的倒影（圖四）。對物理學家來說，研究大自然就是要找出大自然所蘊含的對稱，因為宇宙之美乃是表現於對稱之中。物理

學家已找到很多不變的東西。牛頓早就發現，任何兩個物體的總動量（momentum）在碰撞前後是不變的。愛因斯坦亦發現質能（mass-energy）是不變的。於是我們說，按著韋爾的說法，這些不變的物理量展現了物理系統的對稱性。除了物理量外，物理定律的形式在不同的座標系統中也是不變的。我們也可以說，物理定律本身具有對稱性。這些對稱性就是大自然之美。

## 物理學方法的限制

物理學乃是研究宇宙一切事物的學問。大至宇宙，小至原子內的世界，皆為物理學之研究對象。有人以為，既然物理學乃無微不至、無遠弗屆之學問，則對一切事情之衡量皆應以物理學為準繩。要回應此種看法，我們先要了解物理學的方法及從其引申出來的價值觀。

物理學的方法大致上可分為五個步驟：觀察、假設、推測、驗證、建立理論。大部分同學都知道這五個步驟，故在此不贅。<sup>4</sup> 筆者想在此強調，在運用物理學方法的過程中，我們都要建立「科學命題（scientific statement）」。通常這些命題會以數學形式出現， $E=mc^2$ 就是一個家喻戶曉的例子。科學哲學家卡爾·波普爾（Karl Popper，1902–1994）提出，科學命題必須是可證偽（falsifiable）的命題，亦即在邏輯上是可證為錯誤的。讓我們舉個反例：「太陽光內含有一種不能探測的光線」。由於這種光線是不能探測的，我們無從知道這種光線存在與否，這命題並不能證偽，故此不是科學命題。

由於一般物理學的命題都是以數學形式出現的，因此容易證偽。只要實驗結果告訴我們  $E=0.999mc^2$ ，則  $E=mc^2$  是給證偽了。然而，正

4 詳情請參閱鄭啟明、王永雄：《物理縱橫》（香港：中文大學出版社，2005年），第一章。

由於我們用了數學語言，因此「量度（measurement）」變得十分重要。如果一件事物並不能量度，則我們無從用物理學方法來研究它。以後我們還會再談論這一點。現在我們要談談物理學所引申的宇宙觀。

物理學要回答的，不是各種現象為何（why）要發生，而是如何（how）發生。宗教往往能回答宇宙為何而生，但物理學跟宗教不同，它未能（或許應該說暫時未能）說明宇宙的目的。它所提供的宇宙圖像乃是一個目標不明的機械式宇宙，此宇宙按著物理定律漫無目的地演化。此外，物理學主張物理定律乃是普遍的，適用於宇宙任何一個角落。也就是說，將地球上的一個實驗搬到數十億光年以外的地方重做，我們會得到相同的結果。

總結以上的討論，物理帶來了以下的價值觀：1. 事物的可量度性是十分重要的；2. 物理定律具有普遍性；3. 宇宙之目標不明。這些價值觀基本上只是從事物理研究的人所採取的治學態度，我們不應期望將其發揚光大，以使其成為生活各項細節的金科玉律。濫用這些價值觀會引起極為消極的後果，茲詳述如下：

1. 事物的可量度性是十分重要的。今天的社會已漸漸將人的價值約化為一堆數字。這些數字可能是你的入息額，可能是你的身材尺碼，也可能是你每天的工作時數或測驗的分數。人生的目標就是去優化這些數字。傳統的價值如仁、義、忠、信，由於並不可量度，因此受人輕視。
2. 物理定律具有普遍性。有人認為，人乃是一堆物質的合成物，只是遵循物理定律行走的一部大機器。你和我都是這樣的一部機器，沒有例外。你和我的身體都已經在生物學書本裏講明講透了。我們沒有一個人是特殊的。這種看法使人忽略了人的個體性。

3. 宇宙之目標不明。宇宙只是一副漫無目的地運行的大機器。人生只是茫茫宇宙裏的一段小故事，因此也毫無目的。

如果讀者們真的有以上的想法，筆者邀請你反省自己是否已經濫用了這些價值觀。筆者希望同學明白，物理學只是了解宇宙萬物的其中一種方式。它是有限制的，並不能解答所有問題。我們不應把物理學視為惟一的標準。

## 通識教學的苦與樂

通識教學的苦主要有兩方面。首先，同學經常投訴功課太多太難。苦，並非因受到投訴，而是因同學太吃力而筆者感到痛心。其次，有些文科同學認為自己無論如何努力，都比不上有理科背景的同學。在學習上遇到困難時，更誤以為自己是惟一遇到這困難的人。這種自以為不如人的誤解，往往真的會妨礙學習，徒添心理壓力。這些同學會使我擔憂。

至於樂，則主要有三方面。首先，與同學建立友誼是一件叫人樂透的事。有些同學在畢業後仍然跟我聯絡，我真的很受感動。其次，當同學知道了物理學的限制，明白它只是了解世界的其中一種方式，而且可以看到繁複數學背後宇宙之美，我就會感到很滿足。最後，備課是快樂的，因為搜集資料時我可以學到很多新知識。我特別要感激創造繪圖軟件的人。利用這些軟件，我很容易就能把一些抽象的意念繪畫出來，讓同學明白。此外，我也很容易在網上找到適用的短片，幫助學生理解一些抽象概念。<sup>5</sup> 這些圖片和短片對初接觸物理學的同學是特別有幫助的。一幅圖像往往勝過千言萬語，把躲藏在繁複數學背後

---

5 雅虎搜尋器有搜索短片功能。

的物理觀念生動地表達出來。

## 反省

由於篇幅所限，與其用一個總結來重複上面的話，倒不如利用這個空間來自我反省一下。中文大學重視將學生訓練為通才，而身為通識科教師的我又是否一個通才呢？我曾否虛心並努力地學習其他知識？還是只懂得把自己困在物理學的象牙塔裏孤芳自賞、自說自話呢？

