

為什麼你該熱愛物理

吳文華

「在我們開始談論物理之前，我想先問讀者們是不是確信物理的存在？」

物理感覺就是一大堆公式代來代去，等到考試的時候勉強把手邊的數字湊出一個答案就可以交差了事，物理老師似乎也沒有要你了解每個公式的代數背後的涵義，畢竟考試的時間那麼短，誰有空慢慢思考。漸漸地，物理感覺就是要算很多、算很快的數學，如果班上有人要去念物理系，那他肯定是個怪胎，排擠他就對了。但你可能只是沒有花時間慢慢品嚐它，或用一個不同的角度去觀察它而已，物理其實有些美妙的特質。

實證性與廣義性

大家剛碰物理的時候都是從國中二年級的理化課本上懵懵懂懂地記起 $F=ma$ 這個公式，或許你還幸運地曾經用打點計時器和滑車做過實驗驗證過這個公式。這已比兩千年前的古希臘人優秀許多，當時的哲人賢士們雖對自然萬物有了許多觀察，但他們對雄

辯雅談的興趣仍遠大於親手設計一個實驗來驗證。

再回到滑車實驗本身，這實驗似乎僅止於這個滑車上，如果換了台滑車呢？如果不是滑車而是火車呢？如果把這些實驗換了地點，譬如在東京或在倫敦，原本的公式是否還成立呢？因此，我們就定一個規矩，我們有興趣的那些“物理定律”們，必須要具有某種廣義性。如果這個定理無法在其他各種時間地點重複的話，那這個定理就不是我們有興趣的所謂

“物理定律”。所以諸如今天在台北會不會下雨？中共會不會武力犯台？你喜歡的女生會不會已讀你的訊息等等這類事情的預測或推導，都不是物理定律。這些問題可能可以是個物理問題；但一個“物理定律”必須要是個放諸四海而皆準的定則。換句話說，物理學家在做的事就是從千百種不同的“物理問題”中歸納出一個通則。

剛剛我們談論到的，其實就是物理定律的實證性與廣義性，而這兩個特性缺一不可，若我們沒有一條定律

是無論何處何時都成立的，那我們做的實驗的有效性是會被質疑的，畢竟你不可能在同一個時間地點重複做同一個實驗；同樣的，一條定律是否在各處無時無刻都成立，是需要實驗去驗證的，不是我們討論覺得是就是的。

抽象性與等價性

前面我們講得是關於物理學的實驗可以驗證的部分，接著我們要談論的特性是純關乎理論的。

第一項特性是物理學允許我們假設一些我們看不見，或甚至我們不確定是不是真的存在的東西，而這些東西的存在性是不需要去驗證的。等等，你剛剛不是說物理是實驗的科學，所有定律都要用實驗去驗證嗎？其實這不是人類第一次去想像一個可能不存在的東西了，遠古的人類就認為在每棵樹木、每塊巨石背後都有個肉眼看不到的“靈魂”，而我們死去的祖先也會變成靈魂，在天上或地底深處保佑著他們不長進的子孫們。

同樣地，物理學也會在某些地方做類似的事，舉例來說，當我把一快長條磁鐵放進一盤均勻散佈的鐵砂裡時，鐵砂會出現疏密分布，且會隱約排出一條條的線狀圖形。這該怎麼解釋？你可以說磁鐵本身的磁性會在磁鐵周邊行成磁場，而這些磁場連結成的磁力線，會使鐵粉順著磁力線形成圖形。

但我最近越來越喜歡另一種說法，那就是有許多力大無窮的小精靈依附著磁鐵維生，他們會飛到磁鐵外面去拉動附近的鐵磁性物質，離磁鐵越遠的小精靈因為沒有生命糧食，所以力氣越小，所以所謂的“磁力線”才會在遠處較疏鬆，在近處較密集。

你想反駁我的邪說異端，說我的“小精靈”理論毫無憑據，但你的磁場說也同樣毫無憑據，我們倆其實都在空口說白話，只是你多加了一些炫砲的數學，說你得磁場是“向量場”，但其實我也可以說我的小精靈是個向量場，或把你的“磁場”叫做小精靈就好，而且就算你寫了再多跟磁場有關的數學式，你還是無法找到一個方法來證明磁場真的存在，也許真相還比較接近小精靈的說法，誰知道呢？

所以以電磁場的例子來說，我們其實不確定到底是不是真的有個電場或磁場在那裏，而是假設他存在，然後用這些東西來描述物理比較方便而已。

而這些抽象的東西因為是人自己假設的，因此會在某些狀況下，可能A會跟你說他的理論是對的，B也會說他的理論是對的，就像前面的小精靈理論和磁場理論一樣，但最後發現A和B的理論是等價的。

以力學來說，你或許有聽過有個理論叫做“最小作用量”原則，是由

拉格朗日這個法國人提出來的。簡單來說，每個物體原本可以走許多條不同的路徑，但物體最後在真實世界走的路徑是那個能造成“最小作用量”的路徑。你可以駁斥這個理論，你可以說物體都還沒走到未來的位置，怎麼會知道這樣走一定是最小作用量，但在數學上，拉格朗日的最小作用量力學和牛頓力學是等價的。畢竟牛頓力學的“力”與拉格朗日力學的“最小作用量”某種程度上都是我們自己想像的事物。從這裡我們看到，物理理論的抽象性，會導致不同理論之間的等價性。簡單來說，因為是你自己想像的，所以怎麼說都行。

一門絕無僅有的學問

以上提到的這四種特性，實證性、廣義性（或可重複性）、抽象性與等價性，是物理學相對於其他學科而言，獨樹一格的特徵，很少有學科能將這四項特點集於一身。但即便有這些迷人的性質，物理仍有可能像許多學問一樣，迷失在歷史的洪流當中，或被其他學科合併，或在發展許久後因與其他學科互相交流後失去原本的風采而變質。但如今我們看到物理學發展數百年至今，卻能逐漸顯現出自身的獨特且持續蓬勃發展，物理究竟為甚麼可以成為如此迷人又屹立不搖的學科呢？

必然性

第一點是物理學的必然性，也就是物理這門學科必然會在人類社會中發展出獨樹一格的地位與風采。人類一直以來對自身身處的宇宙萬物充滿了好奇，也一直想找各種方式來解釋自己所觀察到的各種現象。像是舊約聖經中提到彩虹是上帝和挪亞立約的證據，代表上帝不再降下大水毀滅人類，直到人類搞出全球暖化把自己淹死為止（後面這句是我加的），又或是山海經中，水神在和火神打架打輸了後，一怒撞倒不周山，使天下的地理呈現西北高東南低的狀態，所以中國的河川大多是從西北流到東南方向。

無論人身處的年代是先進是落後，人對宇宙萬物的好奇心是不變的，但人們時常在嘗試解答這些自然問題的時候，因為受限於手頭的工具不夠先進，或沒有一個系統性的研究方式，使得最終只能以宗教或文學的方式來解答這些問題。

長久以來，神廟裡的祭司和村里的賢者是人們了解宇宙的唯一管道，你可以說他們已經開始研究物理，只是方法不對而已，從人們對祭司和賢者們的推崇，我們就可以看到物理日後的蓬勃發展是必然的，只是時間早晚的問題，只要哪天有人瞎貓碰上死耗子，找到一個有系統的研究方式，和像樣的測量工具，然後再找個合適的物理問題來解答，物理學就開始了。雖然前面講的“找到一個有系統

的研究方式”、“像樣的測量工具”、“找個合適的物理問題”很難同時成立，人也是花了幾千年才湊齊這幾項條件，但人的好奇心是唯一永恆不變的，也因此導致了物理學的必然。

實用性

人雖然有好奇心，但光有好奇心是不夠的，也不是每個人都有無比的好奇心，社會上大部分的人都必須為五斗米折腰，因此研究這個物理學最好對社會有點貢獻，不然我們絕對不會拿血汗錢拿來貼補你們的研究。這就是美國眾議院在 1993 年決定取消建造超導超級對撞機時的論調，直到如今，物理學家們仍得不斷為自己實驗室不要斷炊而爭取經費。

物理學各領域中，最早有系統性發展，且理論最早有完善數學理論支持的是幾何光學而非力學，因為透鏡成像相較物體的運動更容易被定量研究，且也有更唾手可得的實用性，古希臘人很早就用透鏡來聚焦太陽光來生火，中世紀的義大利人也知道怎麼製作眼鏡。

因幾何光學發展而受益的是天文學，畢竟有根望遠鏡可以操弄總比用肉眼觀察宇宙萬象省力的多。其實早在望遠鏡尚未出現的時代，人們對於天文就有無比的熱忱，日蝕時不時會引起大街小巷的騷動，而名門貴胄也十分注意星辰運行的軌跡，好叫占星

師能及早為自己的命運做最精準的預測和規劃，克普勒本人更是在歸納出行星運行的三大定律後，懼怕自己會因為洩漏了這巨大的“天機”後被上帝處死。

天文學的出現，彌補了人們對於天上萬象的敬畏與好奇，可以說最早的物理學是在這種半迷信半科學的氛圍下誕生的。而有了望遠鏡之後，歐洲人對於星辰的運轉更是瞭若指掌。而我們也別忘了光學與天文學的發展對歐洲的航海技術有多麼大的助益，使得天文學家們有更大的動機來投入相關的研究。

而後像是熱力學是出現在蒸氣機不斷被發明和改良的工業革命時期也不足為奇，物理學此時扮演的腳色則更為明確，熱力學第二定律告訴我們永動機不可能出現，因此工程師們便不會再浪費心力在發明永動機上，而是遵照著熱力學與機械力學的教條來設計新機器，物理學瞬間變為工程學的導師。這樣的地位直到量子力學出現以後仍未改變，量子現象揭示了人們有更大的能耐來善用物理在各個實用的工程領域上，這對有錢的企業家和政治人物來說是項福音，這代表只要能跟物理學家們合作，他們就有更多錢賺。因此物理學家們就從政府手中獲取了資金來進行研究，而相對應的，他們要提出一些研究成果來滿足現實需求，諸如建造水壩、做噴射戰機、量子電腦、冰箱或原子彈。雖然

有時候這樣的合作關係不是一直都很愉快，但至少提供了使物理學不斷發展所需的銀彈。

數學這位好親戚

現在翻開任一本物理課本，幾乎跟一本數學課本無異，裡面都是滿滿的數學式子。這些算式常讓你質疑物理究竟是門觀察自然萬物的學問，還是只是數學的分支。然而，如果沒有數學，再多的自然觀察也只是一本本的遊記。

達文西就曾在進行了一系列科學研究後跟他的學生說：「任何人類的研究，在未經數學驗證前，都不能被稱為真知。」

但即便如此，仍有許多現象是難以用數學量化研究的，光是人本身就是個極難量化又極難預測的事物，你根本沒辦法預測一個人會做出甚麼行動，感覺人的作為就是如此隨心所欲，無規律可循，也難怪物理的量化預測對於人來說就是一項奇蹟。

但很幸運的，有些事物仍是能用數學來進行預測，像是日月星辰的軌跡或物體的自由落體。當人們發現自己的數學終於能在研究自然萬物上派上一點用場時，他們便嘗試把剛發明的微積分應用在另一個更能量化觀測的事物上——市場價格，也就是經濟學。但發展了數百年後，數學在自然學科上的應用，特別是物理，其卓越

的成就仍是社會學科難以望其項背的，或許就是因為人本身是如此複雜，所以數學在社會學的應用才難以施展拳腳。

數學不僅歸納整理了人類現在已知的物理現象，有時甚至扮演起先知的腳色，預測了一些還沒被觀察到的物理現象。像是當愛因斯坦嘗試解答光速為何恆定的難題時，他順便發現了時間和空間並非彼此獨立，他甚至大膽宣稱，移動中的一把尺會比他靜止時略短，且移動中的時鐘會行進的比靜止時慢。這些看似酒後狂言，又有點神諭性質的言論其實都是極為嚴謹數學推導後的結論。而當這些言論被證實後，人們無不讚嘆愛因斯坦的聰明才智。此後，數學便取代了希伯來文，成為了先知的語言，幫助物理學家不斷做出各種大膽的假設與驗證實驗結果。

最後的最後

雖然物理發展至今已經三百年有餘，但隨著量子現象、相對論、暗物質等事物逐漸浮現檯面，再加上人類已經掌握了遠較以往更龐大的運算資源和觀測科技，海量般的新發現、新理論不斷被發現。可以說物理學現在才正開始發展，希望讀者們都能帶著這份熱情，在知識的道路上追尋真理。