



基本作用力

● 傅俊結*

科學家所謂的基本作用力，一共有四種，分別是萬有引力，電磁力，強作用力和弱作用力。到目前為止，雖然曾經有科學家認為有第五種基本作用力的存在，但是自然界所有的物理現象以及所觀察到的自然現象，都可藉由這四個基本作用力的機制來解釋。

萬有引力是這四種基本作用力中我們最熟悉的，也最有感覺的。沒有萬有引力的話，我們沒辦法站在地球上，早就被拋到浩瀚無際的太空中。不管蘋果的傳說是真是假，牛頓萬有引力理論的提出，可以說是人類知識的演進史的一大邁進，也使牛頓被稱為人類最偉大的科學家，沒有之一。科學的歷史經驗告訴我們，再怎麼偉大的人物，提出的怎這麼偉大的理論，總有被修正的一天。20 世紀愛因斯坦的廣義相對論，就是在修正牛頓的萬有引力理論。廣義相對論的幾何思考，對萬有引力的重新詮釋，也可以說是人類在自然知識上的一大突破。

電磁力是這四種基本作用力中，除了萬有引力之外，我們日常生活中可以感受到的另外一種基本作用力。電的現象到處可見，我們讀國小的時候，應該都讀過，18 世紀時一個美國人，富蘭克林，在雷電交加的风雨中，做風箏實驗的故事。而磁的現象，只要身邊有指南針，就可以證明地球磁場的存在。科學故事說，愛因斯坦小時候，他老爸送給他一個指南針玩時，他就陷入一種沈思狀態，會想說，到底是什麼原因，使得指南針，不管你怎麼動它，最後它的指針都會指向一個固定的方向。天才跟我們

* 傅俊結，南台科技大學電子工程系副教授。



真的是不一樣，小時候，我記得國小老師也送給我一個指南針玩，我就不會像愛因斯坦想這種問題。我只會這樣玩，動動它，搖搖它，最後還哭了出來，以為看到鬼了，為什麼它的指針，都指向固定的方向。電的現象和磁的現象看起來好像沒有什麼關係。有一天，有一個科學家叫奧斯特，在課堂上課做實驗時，卻意外發現，當指南針的周圍有電流通過時，指南針的指針也會偏轉。後來，法拉第發現，當磁場變化時，也會產生電流。於是人類終於知道，電和磁的現象是分不開的，是緊密相連的。但是，這些基本上都是實驗所觀察到的現象。這種現象如果要好好的研究它的話，必須有一套精準的數學理論描述。這個工作，最後是由蘇格蘭的物理學家馬克斯威爾來完成，就是電磁學裡最基本，最著名的馬克斯威爾的四條方程式。這四個方程式把電場和磁場統一在一個框架下。近代整個電磁學理論也是以這四條方程式為基礎而建立起來的。馬克斯威爾的電磁理論，是人類有史以來，第一次成功的把兩個場論統一起來，它的成功，使得愛因斯坦在發表他的廣義相對論之後，雄心萬丈的嘗試要把處理重力場的廣義相對論和處理電磁場的馬克斯威爾的電磁理論統一起來。但是最後沒有成功。

強作用力和弱作用力是人類在 20 世紀才發現的。因為，這兩個基本作用力在我們平時的日常生活上，根本感受不到它的存在。在人類的知識深入到微觀世界，也就是原子分子的世界，科學家才發現了強作用力和弱作用力。它們不像萬有引力和電磁力。萬有引力和電磁力是所謂的超距作用力，也就是說，它們的作用距離，理論上是無窮大，而強作用力和弱作用力的作用距離是非常非常的小，只有在千兆分之一公分下，才可以感受到它們的存在。科學家說，宇宙萬物都是由原子所構成的，原子之中有原子核，在原子核裡面有質子和中子。我們知道，質子是帶正電，而中子是不帶電的。照道理說，原子核是不會存在的，它應該要不穩定的，崩潰的，因為在原子核這麼小的世界裡面，質子帶同樣的電荷，它們是會互相排斥的。因此，一定有一股很大的力量才能把質子和中子束縛在像原子核這麼微小的空間中，這個力量就是所謂的強作用力。弱作用力則是負責原子核的衰變的一股力量。在周期表中有一些元素是不穩定的，它們的原子核是會衰變的，這些會衰變的放射性元素，常被用來製造核子武器。弱作用力也是這四個基本作用力中，唯一會違反宇稱守恆的。首先得到諾貝爾獎的華人，楊振寧和李政道，就是因為提出在弱作用力的世界中，宇稱守恆是不成立的理

論，而得到諾貝爾獎。

長久以來，對於這四個基本作用力，科學家最想做的工作，也是最有雄心壯志的工作，就是想提出一套理論，把這四個作用力統一起來。就如同當年馬克斯威爾用四條方程式統一電力和磁力一樣。這個工作是如此的困難，即使像愛因斯坦這種天縱英才，只是要提出一個理論，來統一萬有引力和電磁力都沒辦法完成。為什麼說，這個工作是很困難呢？我們如果來比較這四個基本作用力的大小，大概就可以了解。如果把強作用力的強度當作 1 的話，那麼電磁力大概是 137 分之一，弱作用力大概是 10,000,000,000,000 分之一，萬有引力最小，大概 1 後面要有 39 個零的分之一。這些作用力的強度範圍是如此的懸殊，因此想要有一個統一的理論，不曉得要等到何年何月。尤其是萬有引力，它跟其他三個基本作用力的大小差距，是怎麼樣的大。雖然萬有引力是人類最早知道的作用力，但是對科學家來說它也是最困惑的。所以，科學家在統一場論這方面的工作，基本上先把萬有引力排除在外。目前的進展是，電磁力和弱作用力是可以統一起來，這一套理論被稱作電弱理論。是由薩拉姆，葛拉肖和溫伯格所完成的。他們也因為這個工作，而得到 1979 年的諾貝爾物理學獎。電磁力和弱作用力被統一起來之後，接下來科學家就想把強作用力加進來，這一方面的理論稱為大一統理論。大一統理論目前還不算完成，因為這個理論所預測的一些現象，還尚待實驗證實。大一統理論要成立的話，最重要的就是要找到磁單極子。這種磁單極子只有一個磁極，它的存在性，科學家的正反意見都有。如果把萬有引力也加進來的話，整個的這一大套理論被稱為萬有理論，英文叫做 *theory of everything*，真是被這些科學家打敗了，居然取這種名字。關於萬有理論，真的有科學家在做，比較出名的，是所謂的超弦理論。但是，這些理論，簡單地講，真的是純理論，就是一些科學家在玩的數學遊戲，完全沒有實驗的根據和支持。

