



第 5 個基本作用力？

● 傅俊結*

眾所周知，自然界有 4 個基本的作用力來撐起整個宇宙之間所有物質之間的交互作用，萬有引力也就是重力，電磁力，強作用力還有弱作用力，就是科學家目前已知的 4 個基本作用力。長久以來，一些科學家，特別是物理學家，很自然的會懷疑，除了這 4 個基本作用力之外，是否還有第 5 個基本作用力的存在？這當然是一個很合理的懷疑，甚至你可以懷疑有沒有第 6 個第 7 個等等。上個月在網路上看到一條新聞，好像有一個物理實驗，有關基本粒子的實驗需要一個第五基本作用力的存在，才能解釋這個物理實驗，不過現在這個還不是很確定，需要進一步的確認。首先我們簡單複習一下有關 4 個基本作用力的一些知識。

自然界中的所有物理現象都受到四種基本作用力的影響，即萬有引力也就是重力，電磁力，強作用力還有弱作用力。這些作用力在解釋宇宙運作和物質之間的相互作用方面起著至關重要的作用。以下是這四種基本作用力的簡要介紹：

首先是重力，它是自然界中最普遍和最弱的基本作用力之一，但卻對宇宙中的物體運動起著關鍵作用。牛頓的萬有引力定律給出了描述重力的運作方式，牛頓給了一個公式用來計算任何兩個物體之間的引力，根據牛頓給的公式，任何兩個物體之間都會存在引力，且這個引力與它們的質量成正比，與距離的平方成反比。重力使得行星環繞恆星運行，也使得物體在地球表面受到吸引而掉落。它也解釋了為什麼月球圍繞地球運行，以及地球和其他行星圍繞太陽運行。雖然後來愛因斯坦修正了牛頓的萬有

* 傅俊結，南臺科技大學電子工程系副教授



引力概念，但是基本上，牛頓的萬有引力不管是他的想法還是計算上都已經足夠用了。接下來是電磁力，它包括靜電力和磁場力，它們是由電荷產生的。電荷可以是正電荷或負電荷，而電磁力可以是吸引力或排斥力，具體取決於電荷之間的關係。庫倫給的庫倫定律可以用來描述及計算兩個電荷之間的靜電力，電磁力負責原子和分子之間的相互作用，它使得原子能夠結合形成分子，同時也掌握了光的傳播，因為光是由電磁波組成的。完整的電磁力的解釋需要馬克斯威爾的 4 個方程式來完成。前面兩個力量，基本上可以看成是巨觀世界的基本作用力，我們日常生活就可以感受得到，最後這兩個是微觀世界的基本作用力，我們平常日常生活中感受不到它們的存在，不像萬有引力和電磁力。弱作用力，或稱弱核力，是一種極短距離的力，作用在一些次原子粒子上。它掌握了一些核反應，如貝塔衰變，以及放射性衰變。弱作用力是一種相對較弱的力，但在核物理中具有關鍵性作用，有助於我們理解恆星核融合和宇宙中的一些重要過程。最後一個是強作用力，也稱為強核力，是最強大的基本作用力，它作用在原子核的質子和中子上，把質子和中子束縛在那麼小的原子核空間中，它使得原子核內的質子彼此保持緊密連接，防止它們相互排斥。強作用力非常短程，僅在原子核的尺度內起作用。

強作用力的理解對於解釋原子核的穩定性至關重要，它是核物理的核心。此外，強作用力也在我們理解宇宙中的星體爆炸和核反應方面發揮重要作用。

這四種基本作用力是物理學家用來解釋自然界中幾乎所有現象的工具。儘管有一些未解之謎和待解決的問題，但它們為我們提供了對宇宙運作的深刻洞察。科學家們一直在不斷深入研究這些作用力，以更好地理解自然界的運作。把這自然界的四個基本作用力統一起來，就像馬克思威爾把電力和磁力統一起來，稱為電磁力那樣，一直是物理學家努力理解的目標。目前還沒有一個完全成功的統一理論，但科學界一直在不斷努力，以下是一些有關這方面被提出來的理論的進展。第一個稱為大統一理論（**Grand Unified Theory, GUT**）這個理論試圖將強作用力、弱作用力和電磁力統一為一個單一的力。這理論在高能物理實驗中取得了一些成功，並提供了一種理解基本粒子之間關係的方法。然而，它尚未達到完全的統一。第二個稱為超弦理論，超弦理論是另一個嘗試統一所有基本作用力的理論。它提出了一種新的物理學框架，假設宇宙中



的基本粒子不是點狀粒子，而是微小的弦。這種理論在數學上非常複雜，但它試圖統一所有基本作用力，包括引力。不過很多的傑出的物理學家把這個超弦理論，只是看成一種數學遊戲玩弄一些數學技巧，並不相信它會成功。需要指出的是，尋找統一理論是一項艱鉅的挑戰，並且需要深入的理論研究和實驗驗證。目前還沒有一個理論能夠完全統一這四種基本作用力，但科學家們仍然在這方面不斷努力，這將有望為我們提供更深入的理解和更精確的物理模型。未來的實驗和研究可能會為這些進展帶來更多的啟示。

根據上個月媒體的報導，美國費米實驗室所做的一個有關繃子 $g-2$ 實驗，這個實驗的結果似乎支持需要一個第五種基本作用力的新物理學。這個 g 用來表示粒子的磁矩和旋磁比。繃子（muon）是一種帶負電的磁性粒子，與同屬輕子的電子、陶子都有相似性質，但繃子質量約電子 200 倍。費米實驗室的實驗結果指出，繃子擺動速度與基於粒子物理標準模型的預測差異很大，暗示有神祕因素發揮作用。該實驗於零下 268°C 環境進行，雖然新結果不等於確認找到新的粒子或基本力，但很可能代表有新粒子或基本力引起這種偏差，意味什麼有待繼續觀察。



