

宇稱守恆的推翻

〈1956 年 12 月 27 日〉

（譯自 APS News，2001 年 12 月）

譯/蕭如珀、楊信男

在物理學，「對稱性」長久以來都扮演著關鍵性的角色，自從 1925 年以來，科學家就一直認為我們的世界和鏡子內的影像是無法區別的一即為人所知的宇稱守恆的觀念，而主要的理論也印證了此假設。宇稱守恆和能量、動量與電荷守恆等最基本的物理法則一樣，在物理方面都享有極高的地位，一直到 1956 年美國國家標準局（現在的美國國家標準與科技研究院）進行了一系列重要的試驗後才改觀。正如相對論一般，大自然再一次證明了它並不總是遵循著「常識」的法則。



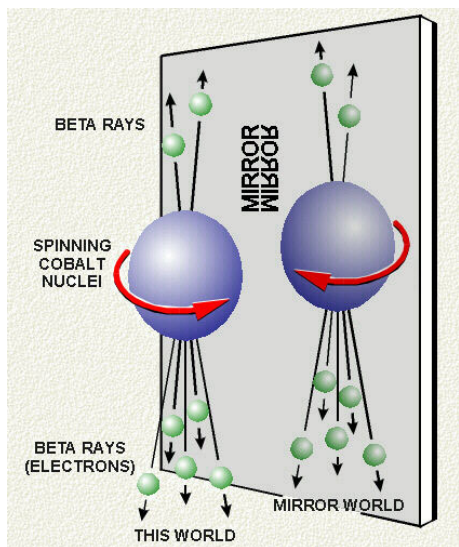
吳建雄領導的團隊在美國國家標準局做實驗時所攝。

宇稱守恆意謂著大自然是對稱的，所以向左、向右旋轉或是任何次原子粒子的另一對半都沒有差別。例如，兩個相似的放射粒子繞著一個垂直的軸朝相反的方向旋轉衰變，所放射出向上與向下質點的強度應該是相同的。雖然在強作用中有許多實驗證明宇稱守恆的成立，但在弱作用中卻從未有實驗證明其也成立。事實上，當弱作用力首度提出來解釋基本粒子的分裂時，若在當時說宇稱守恆不成立的話，似乎是令人難以置信的。

1950 年代，當高能物理學家開始觀察無法由既有理論解釋的現象時，一切都改觀了，其中最著名的是高能質子和原子核碰撞時所放射出 K 介子的衰變。K 介子出現在兩個完全不同的情況，可以衰變成二或三個 π 介子，（它們必需有相反的宇稱），但在其他的特性上，它們似乎完全相同。1956 年 6 月，理論物理學家楊振寧¹和李政道²寫了一短篇論文，寄到物理評論（Physical Review），提出宇稱在弱作用中是否能守恆的問題，還建議了幾個可以解答此問題的實驗。

當李政道和楊振寧的論文在 1956 年刊登出來時，物理學家除了好奇外，並未有任何立即的迴響。Freeman Dyson〈譯者註：著名的理論物理學家，任職於普林斯敦高等研究院〉後來承認說，他當時認為這篇論文很有趣，「我並無足夠的想像力說：『天啊！假如這是真的，它將為物理開啓一個全新的領域！』我認為當時的物理學家，幾乎沒有例外，都和我一樣不夠有想像力。」Richard Feynman（譯者註：1965 年獲得諾貝爾物理獎）宣稱違反宇稱的想法「不太可能，

也許可能性很小，是很令人興奮但可能性微乎其微，」但他後來還是和一位朋友打賭美金 50 元，說宇稱不會被推翻。



圖左的橢圓球體表示大量朝同一方向旋轉的鈷 60 原子核所放射出的 β 射線；圖右是鏡中所見的同過程，旋轉的方向相反，但所放射出來的大多數 β 射線方向是相同的，因此鏡中的世界和真實的世界可區別出來，空間倒置後的世界和真實的世界並不完全相同；宇稱不守恆。圖片來源：<http://physics.nist.gov/GenInt/Parity/cover.html>

在所建議的實驗中，最簡單的方法之一是，以強磁場將鈷 60 原子核的自旋排在同一方向，然後測量它在衰變時各方向所射出 β 射線的強度。宇稱守恆成立的話，所放射出來的 β 射線在兩極之間的分佈必須相同，假如有一極的 β 粒子比另一極多的話，就可能區別出鏡中影像的原子核與其相對物的不同，那就等於推翻了宇稱的守恆性。

在 1956 年的聖誕節與新年期間，美國國家標準局的科學家開始著手進行 β 粒子衰變的試驗，整個研究團隊由哥倫比亞大學的吳建雄教授所領導。吳教授於 1912 年誕生於中國，1940 年獲得加州大學的博士學位，第二次世界大戰期間曾參與曼哈頓計畫。1975 年，她出任美國物理學會第一位女性會長。

實驗的結果出爐後，美國國家標準局的研究團隊得到了令人驚奇的結論： β 粒子在原子核旋轉的反方

向所放射出的數目比較多。因此，由於 β 放射線的分佈與旋轉的鈷 60 原子核的鏡中影像不一致，明確地證實了宇稱不守恆。Leon Lederman 當時在哥倫比亞大學的迴旋加速器做研究，他獨立以此設備做了宇稱的測試，透過 π 和 μ 介子的衰變，亦得到了違反宇稱的確切證據。

簡而言之，大自然是一個半靈巧的左撇子，而 Feynman 賭輸了。此結果粉碎了 30 年來全球所接受的核子物理的基本概念，促使人們重新思考物理的理論，也因此有了全新，更深遠的發現——最顯著的是對基本粒子特性有進一步的瞭解，並對基本作用力有更完整的理論。

進一步的閱讀資料：

S. Weinberg, Review of Modern Physics, 52, 515(1980);
A. Salam, p. 525; S.L. Glashow, p. 539.

補充資料：

- <http://physics.nist.gov/GenInt/Parity/cover.html>
- <http://ccreweb.org/documents/parity/parity.html>

註 1：楊振寧，1922 年出生於中國，1946 年 1 月考取清華留美公費生赴美，1948 年獲得芝加哥大學的博士學位，1957 年因推翻宇稱守恆的研究與李政道同獲諾貝爾物理獎。

註 2：李政道，1926 年出生於中國，1946 年 9 月考取中國公費生到美國芝加哥大學進修，畢業後和楊振寧合作研究宇稱守恆，於 1957 年和楊振寧同獲諾貝爾物理獎，他當年 31 歲，是最年輕的諾貝爾獎得主。

譯者簡介

蕭如珀 自由業

楊信男 台灣大學物理系

E-mail: snyang@phys.ntu.edu.tw