



左與右（四）

吳健雄的實驗證實，並非所有物理定律都是左右對稱的。

20世紀物理學最重要的發現之一，就是並非所有物理定律都是左右對稱的：核子物理實驗學家吳健雄率領的實驗團隊於1956年底發現鈷60原子核的 β 衰變過程不具鏡像對稱，這意味著所有涉及弱交互作用的過程也是如此。這項發現可說出乎所有人的意料，例如大物理學家包立（Wolfgang Pauli）在實驗結果揭曉之前，寫了一封信給朋友說：「我不相信上帝是個弱左撇子，我願意和人賭一大筆錢，這個實驗的結果會是對稱的。」等到實驗推翻了他的信念之後，包立只得強顏說他現在好奇的是為什麼左右對稱於強交互作用仍然成立。又例如費曼也曾被實驗學家拉姆西（Norman Ramsey，1989年諾貝爾物理獎得主）問到是否值得花力氣做實驗去檢驗 β 衰變中的鏡像對稱，他回答說當然應該，不過「我願意賭50美元你不會找到什麼東西。」

為什麼包立與費曼都不相信左右對稱會出錯？我之前提過馬赫與陳昭珍對於電磁現象竟然違背左右對稱大感訝異（見2010年11月號〈左與右（一）〉），當然他們其實只是困惑於表象而已，因為在深入分析之下，電磁定律還是具有左右對稱。包立與費曼除了和馬赫、陳昭珍一樣，在直覺上本就相信左右對稱，兩人也非常清楚當時所有已知的物理定律在鏡像變換之下都是對稱的，所以自然猜測任何新定律也應當是這樣。那麼吳健雄為何會想到去做眾人都都不相信「會找到什麼東西」的實驗呢？在說明其動機之前，我先解釋吳健雄的實驗到底怎麼回事。

所謂鈷60的 β 衰變指的是鈷60原子核會自發地轉變成鎳60原子核，同時放射出電子與反微中子，即鈷60→鎳

60+電子+反微中子。鈷60原子核帶有自旋，也就是鈷60原子核像是個小磁鐵；假設我們將鈷60原子核放置於強磁場之中，則其自旋的方向就會順著磁場方向。下圖顯示了實驗的安排：帶有電流的線圈產生向上的強磁場，迫使鈷60（小紅球）的自旋（紫色箭頭）也朝向上。整個裝置要放在極低溫的環境中，以避免鈷60自旋受熱擾動影響

而任意翻轉。實驗學家可以測量電子射出時的方向與鈷60自旋方向的夾角。一旦量出由各個角度射出的電子數目是多少（即所謂電子射出時的角度分佈），我們便可得知左右對稱是否失效。

吳健雄發現射出的電子多數是逆著鈷60自旋方向射出，而不是平均地由各個方向跑出來，所以左右（鏡像）對稱在鈷60 β 衰變中不成立。理由是鏡像世界中的磁場是朝向下的，所以鈷60自旋也會朝向下，因此鏡像中電子大半會沿著、而不是逆著自旋方向射出（如圖示），這表示鈷60衰變的鏡像過程所遵循的規律與真實世界的規律是不相同的！吳健雄就這麼推翻了弱作用定律的左右（鏡像）對稱性。

引發吳健雄實驗動機的是理論學者李政道與楊振寧的一項研究：李楊兩人於1956年夏天指出，困擾物理學家好幾年的所謂「 $\theta - \tau$ 之謎」，其根源或許正在於弱交互作用定律不具左右對稱性，他們藉由計算說明弱交互作用中的左右對稱其實從未經過實驗證實。李楊兩人因為這項工作共獲1957年諾貝爾物理獎，不少人認為吳健雄未能與李楊一起分享榮耀，實在是憾事一件。

高涌泉 台灣大學物理系教授

