

合群粒子與不合群粒子

劉源俊

1925-26 年間，物理學家研究基本粒子的群性 (statistics)，發現共有兩類：一類具有所謂 Bose-Einstein 群性，稱之為 bosons (早先稱 Boson 以紀念印度物理學家 Bose，後來寫為 boson)；另一類具有所謂 Fermi-Dirac 群性，稱之為 fermions (早先稱 Fermion 以紀念義大利物理學家 Fermi，後來寫為 fermion)。

一般將 boson 譯為玻色子，將 fermion 譯為費米子，是音譯。但馬上庚 (Shang-Keng Ma, 1940-1982) 將「玻色子」名為「合群粒子」，「費米子」名為「不合群粒子」。他在民國七十二年出版的《統計力學》一書的自序中說：『我深信基礎科學如不用本國文字，一定說不清。』

「合群粒子」或「不合群粒子」的名詞，不難顧名思義，比「玻色子」或「費米子」容易了解得多了。「合群粒子」喜歡「物以類聚」，當一個這樣的粒子處於某種狀態，會增加其它同類粒子處於這一狀態的機率；「不合群粒子」則具排他性，當一個這樣的粒子處於某種狀態時，同類的其它粒子便不能再處於這一狀態。

光子是合群粒子，所以我們可以讓大量的光子齊一步調，而有高強度的「光激射」(laser，即雷射)。電子是不合群粒子，所以原子裡會因電子的所謂「獨佔原理」(exclusion principle，即不相容原理)，而有各種「原子組態」。

所以說，粒子的「群性」有兩種：合群性與不合群性。有無第三種(介於其中的)群性呢？迄今未有發現。1940 年，物理學家泡利 (Pauli) 提出粒子的群性與其「儀數」(spin) 有一定的簡單關係：儀數為整數 (0, 1, 2, ...) 的粒子是合群粒子，如各種介子、光子、膠子、 ^4He 原子、古柏電子偶等)，儀數為半整數 ($1/2, 3/2, 5/2, \dots$) 的粒子是不合群粒子，如電子、中微子、質子、中子、 ^3He 原子等)。

一群合群粒子當處於溫平衡的狀態時，其個別能階的平均居量 (average occupation) 依循所謂 Bose-Einstein 分佈；一群不合群粒子當處於溫平衡的狀態時，其個別能階的平均居量依循所謂 Fermi-Dirac 分佈。在能階低處，兩種分佈大異其趣；在能階高處，則兩種分佈趨於一致，都呈指數遞減。