

## 「質子確實比較小」 劉怡維副教授參與的國際研究團隊成果撼百年物理學

物理系劉怡維副教授參與的國際研究團隊於質子大小之謎 (The proton size puzzle) 的研究成果，繼 2010 年獲自然《Nature》期刊選為當期封面故事後，該團隊經由另一個鈔氫原子的躍遷，再次量得質子的大小為：0.84087 (39) 飛米，與之前的數據相符，但精確度更提高 1.7 倍，與 CODATA 的差異擴大到 7 個標準差，並得到了質子的磁半徑 (magnetic radius)，因而更加深化了質子大小之謎。此結果發表在今年 (2013) 1 月 25 日出版的科學《Science》期刊。3 月 6 日帶領團隊召開記者會的陳力俊校長說，《Nature》及《Science》兩個國際期刊競爭激烈，同一系列不同階段的研究成果能先後在這兩期刊發表，在學術界是很特殊的。

劉怡維副教授的原子操控實驗室 (AMO 研究群) 加入該計劃超過十年，與各國際間的研究團隊建立起緊密的合作關係。在許多不同的面向上參與實驗，特別是關鍵性的雷射系統與精密光譜技術。他說，研究團隊在 2010 年發表了質子之謎的文章後，引起許多團隊注意，該論文至今已被引用超過 130 次，但其中不乏提出疑問，原來的實驗有沒有更明確的證據，是以，這項研究成果即提供更明確的證據，證明質子是比較小的，同時把中間可能的疑慮加以排除。

質子係由三個夸克所組成，是一個有著空間展延的物體。帶著電核與磁性的夸克，在空間上的組合方式，就造成質子的電核與磁性在空間上的分布，即質子的大小。劉老師表示，研究團隊利用鈔子 (一個特性像電子，但是質量為其 200 倍，並且生命週期較短的基本粒子) 與質子組合成鈔子氫原子，透過雷射光譜學的方法，量測鈔子氫原子的能階，精確地決定了質子的大小。在這樣的奇異原子中，鈔子較大的質量使得它比一般氫原子中的電子更加接近質子，也就強烈地受到質子的影響，進而造成能階的位移。

這項實驗利用瑞士保羅謝勒研究所的加速器所提供的高照度鈔子束產生鈔子氫原子，結合新的碟型雷射 (disk laser) 科技與精密光譜技術。最新的實驗結果，經由另一組躍遷能階的量測，得到了鈔子氫原子的超精細結構光譜，不僅確認了較小的質子大小，同時將精確度進一步加以提升。這也是首次利用鈔子氫原子的雷射光譜獲得了質子的磁半徑：0.87(6) 飛米。此結果與其他實驗方法所得相符，並有著相當的精確度。

當今全球的物理學家正積極尋找質子大小之謎的解答。過去以一般氫原子，或是電子-質子散射所進行的量測都被重新分析、檢視，甚至將重啟過去的實驗。來自不同領域的理論物理學家也試圖從不同的角度來解釋這項物理學中的不一致，包括超越標準模型的有趣理論架構。或是設想比現今更加複雜的質子結構，試圖在理論上進行補救。然而，這些都需要新的實驗加以驗證。在未來，新的國際研究團隊 CREMA，包括清華大學物理系在內，將利用既有的實驗設備加以改良，進

行鈔子氦原子的實驗。目前實驗已經在準備中，預計實驗結果將可以對解決質子大小之謎指出一個較為明確的方向。



劉怡維副教授接受媒體訪問



劉怡維副教授與實驗室高政揚博士



3月6日陳力俊校長帶領團隊前往國科會召開記者會