

# 知識天地

## 台灣微中子實驗

王子敬研究員(物理研究所)

台灣微中子實驗，為首項於台灣本土執行的粒子物理實驗，研究成果與方向為國際同儕肯定、並廣為國際科技媒體報導。本文簡述該計畫的背景、架構、內容、成果及方向。

粒子物理為瞭解宇宙基本成份與其互動關係的學科，微中子是其中我們認識最不完整的基本粒子。微中子特性的研究，包括質量、不同種類微中子間的混合和與物質的交互作用等，是基礎科學的前沿課題，為「兵家必爭之地」。其研究方法與結果，對粒子物理、天文物理及宇宙學等領域的發展，特別是在暗物質的偵測，深具影響。

台灣微中子實驗(TEXONO-Taiwan EXperiment On Neutrino) [1]，是國科會補助、中央研究院物理所研究團隊主導之國際合作研究計畫，為首項於台灣本土執行的粒子物理實驗。團隊是支擁三十餘科技人員的研究隊伍，除了國內的單位(中研院、核二廠、核能所、清大)外，合作成員還包括來自中國(中科院高能所、原子能院、清大、南開大、四川大)、土耳其(Middle East Technical University)與印度(Banaras Hindu University)的科研機構。已有多名研究學生，為國外合作單位派遣駐台參加研究工作。

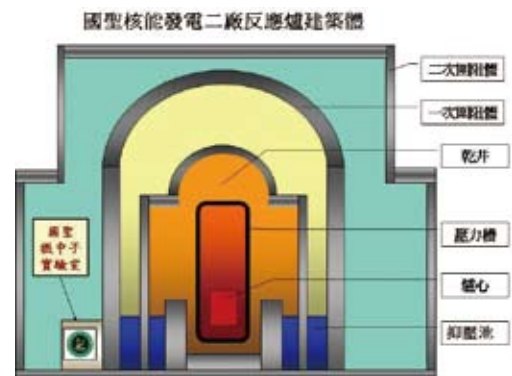
團隊的研究項目，主軸為於台灣電力公司國聖核能二廠內，距離爐心28公尺之處，建立實驗室，以研究微中子和暗物質物理，與開展研發極低能、極低背景探測器技術。核能發電的原理在於核子分裂，過程中除了釋放能量外，也因分裂後不穩定同位素的 $\beta$ -衰變，製造大量的微中子。因此，核反應爐是個很強的微中子源，是作科學實驗的理想場地。但是，微中子與其他物質只有極微弱的交互作用。例如核電微中子平均需要透穿250光年的水，才會產生一次作用。因此，微中子物理可說是研究「隱形人」的領域。偵測微中子是項艱鉅的挑戰，需要龐大體積的探測器和拓展前沿的實驗技術。

國聖核二廠微中子實驗室，採模組化的設計概念，可放置不同探測器，研究不同的物理現象。設備包括重量達五十噸的屏蔽體，以防止宇宙射線及周圍環境輻射所造成的背景干擾。此外，還有精密的高純鍺(HPGe)及碘化銫閃爍晶體(CsI(Tl))探測器，加上性能先進的電子儀器與電腦軟體，用來顯視、監控、取錄及分析探測器的訊號。

團隊的研究成果，在重要的國際期刊與國際會議發表，備受國際同儕肯定，並廣為國際科技媒體報導[2]。微中子與光子的可能交互作用，在實驗中會以「微中子磁矩」(neutrino magnetic moments)及「微中子輻射衰變」(neutrino radiative decays)顯現出來。若這特性存在，微中子可以被看成有極微量的電荷，對粒子物理將有革命性的影響。團隊利用HPGe探測器，觀察微中子跟電子碰撞後電子的能量分佈，並比較它們在核電廠開機與關機時的分別。我們在比前人低一百倍的能量區域作測量，並能把背景噪聲壓低至其他深入地下千多公尺的地下實驗室之水平，大大提高了測量的靈敏度。實驗結果是沒有發現任何微中子磁矩和輻射衰變的證據，其上限比前人的測量為佳[3]。在微中子與電子交互作用截面的測量中，我們在利用200 kg的CsI(Tl)閃爍晶體探測器，在還沒有被前人檢驗的能量區域裡，



圖一、TEXONO 合作團隊部份成員



圖二、國聖核能發電廠廠房



圖三、台灣微中子實驗室外觀

證明粒子物理的標準模型依然有效，並限制了新物理理論模型的可能參數[4]。

團隊開展的極低能高純銻探測器技術，偵測的能量範圍比前更低一百倍，成功的開啟了研究暗物質視窗，在找尋低質量暗物質的靈敏度中，站在世界前沿[5]。在這基礎下，微中子計畫的未來重點目標，是嘗試首次觀察微中子與原子核的同調散射(neutrino-nucleus coherent scattering)。與此同時，在北京清大的推動下，團隊在中國四川錦屏山，蓋建了世界最深的地下實驗室[6]，準備全力開展以極低能探測器技術找尋暗物質的研究計畫，並積極探索未來方向，備受國際同儕期許期待。

台灣微中子實驗，土生土長，經過多年耕耘，啟動了多元化的研究計畫、培植了全方位的實驗能力、建立了具國際視野的聯繫網絡。展望前境，在同仁繼續努力下、加上同儕的不斷支持、鼓勵與鞭策中，我們可望更上層樓，爭取更理想的成績，更耀眼的展現於國際舞台。

#### 參考資料：

1. TEXONO 合作團隊網站：<http://hepmail.phys.sinica.edu.tw/~texono/>
2. 如：D. Normile, Science Vol. 300, No. 5622, Pg. 1074 (2003); M. Lu, Taiwan Journal, Vol. XIX, No. 23, Pg. 8 (2003); Physics News Update No. 631 #1, American Institute of Physics (2003).
3. H.B. Li et al., TEXONO Collaboration, Phys. Rev. Lett. 90, 131802 (2003); H.T. Wong et al., TEXONO Collaboration, Phys. Rev. D 75, 012001 (2007).
4. M. Deniz, et al., TEXONO Collaboration, Phys. Rev. D 81, 072001 (2010); M. Deniz, et al., TEXONO Collaboration, Phys. Rev. D 82, 033004 (2010).
5. S.T. Lin et al., TEXONO Collaboration, Phys. Rev. D 76, 061101(R), (2009).
6. D. Normile, Science Vol. 324, 1246 (2009); T. Feder, Physics Today, September 2010 Issue, 25 (2010).