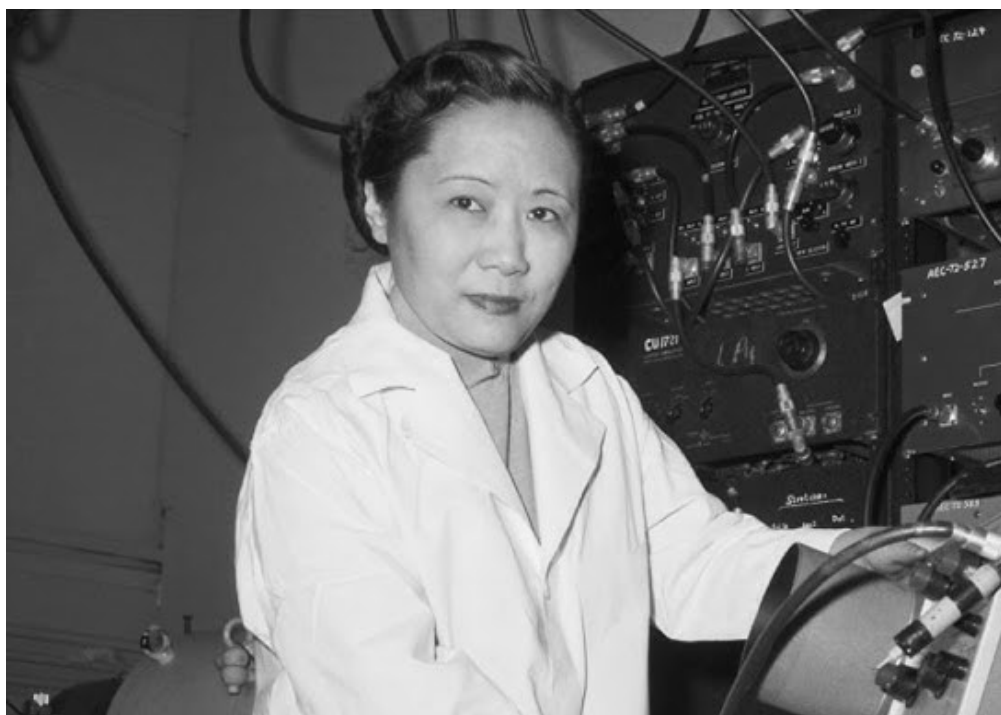

吳健雄

粒子物理學家介紹

作者姓名 - 2024年11月18日



介紹動機

作為為數較少的女性科學家，吳健雄是名聲數一數二響亮的，尤其因他為驗證「 θ - τ 問題」而設計的吳氏實驗，最終證實了宇稱在弱相互作用下不守恒，並讓提出該理論的兩位科學家楊振寧、李政道獲得諾貝爾物理獎。然而，作為最先提出該實驗的人，吳健雄多次被提名諾貝爾獎，卻依然錯過這項殊榮。這令我十分好奇背後的原因，是否單純出於性別的因素，還是另有隱情？同時，我也十分好奇「宇稱守恒與否」這種抽象的概念究竟如何用實驗來驗證，出於對吳健雄的欽佩，我選擇他作為學期報告的主題。

早年經歷

1912年，吳健雄生於江蘇省。他的父親吳仲裔是清末的文人子弟，參與創立南洋公學以及革命等行動，是個十足的新思想異議份子。而在這樣的環境下，吳健雄的童年受到良好的教育，進入父親開設的學堂就讀。吳健雄描述自己有段快樂的童年，這使得他即便十一歲離鄉背井到外地就學仍然能持續健康的成長。優異的成績錄取了當時的中央大學（南京東南大學的前身），從數學主修轉到物理，並接受師範培訓。第一年，吳健雄有幸成為胡適的學生，而這也結下他們倆之間亦師徒亦友的匪淺之緣。當時仍是近代物理理論有著重大突破的年代，而吳健雄從這個時期便對瑪麗居禮（Marie Curie）十分崇敬——當時的他肯定不知道，未來的自己將會被放到與之齊名的地位。

大學畢業後，吳健雄進入浙江大學攻讀研究所，並在第二年成為中研院的研究員。隨後，他跟隨導師顧靜薇的建議前往美國深造。說來不巧，他出國的1936年是廬溝橋事變的前一年，而吳健雄也就在此見了雙親的最後一面。得到叔叔的資助，他一開始要到密西根大學（UMich）唸書，但在參訪加州大學柏克萊分校後（UC Berkeley），受到當地人才匯集的吸引，再加上聽聞密大性別歧視的風聲，他決定轉往該校——即便當時學期已開始，主任仍破例接受這位優秀學生的申請。在這裡他似乎仍然是個內向的人，除了和親近的友人聚會、看劇，吳健雄的時間幾乎都花在課業上，用兩年的時間完成課程後在1938年加入了勞倫斯（Ernest Lawrence）的放射實驗室。

柏克萊博士生涯

由於勞倫斯事務繁忙，他充其量算是吳健雄名義上的導師，實際上他則是由核物理學家賽格雷（Emilio Segrè）指導進行實驗。此時他就已經完成兩項研究：勞倫斯指導的 β 衰變放射X射線的實驗方法與分析，以及在當時炙手可熱的核分裂研究（由鈾生成放射性氣體氙）。其中值得一提的是，後者是吳健雄在賽格雷出差期間獨立完成的，於是最終當該成果發表在Physical Review期刊時，賽格雷親自刪去了自己在作者欄上的名字，使吳健雄以唯一作者的

名義發表在重量級的期刊上。[Phys. Rev. **59**, 481]由於這些傑出貢獻，他備受師長、同儕和學者認可，是個十足的風雲人物，也藉由這兩項成果在1940年取得博士學位。

移居東岸，肩負重任

經歷了和另一位科學家史丹利（Stanley Frankel）的戀情後，吳健雄又在柏克萊認識了人生的愛侶，也是重要的友人——袁家驩。畢業後，因柏克萊不願提供教職，他便隨著袁到美國東岸工作。只不過離開學術巔峰到一所不大知名的私立學院教書，他並不甘願。幸好在排除萬難後，吳健雄受邀取得普林斯頓大學教職（1943年），也參與在哥倫比亞大學的戰時研究（1944年）。此時他們夫妻曾想過要回中國，但當時國共內戰局勢混亂加上他們不願尚年幼的孩子在共產黨統治下成長，便就此作罷了。此時他的研究成果已為自己在學術界留名，並在1954年入籍美國，正式在這遙遠的海外定下來了。

前文我草草的帶過了他參與的戰時計畫，實際上那正是大名鼎鼎的「曼哈頓計劃」，即美國製造原子彈的大業。由於博士期間他長期研究核分裂帶給他深刻的洞見，即便當時他仍是外國人的身份，大家也相信著他對民主的忠誠，主持人奧本海默（Robert Oppenheimer）決定邀請他參與這項最高機密任務。他不負眾望的給予很大的幫助：當時科學家正苦惱著核連鎖反應總是在數小時後自己停止，這是鈾分裂時產生的氙氣吸收大量中子導致。吳健雄老早就將這些相關研究成果打成文章，只因時局敏感而未發表（直到戰後才正式發表），於是學者們便找上他求助，事情才得以順利進展。在核電廠反應堆中，燃料棒需要用鉛合金包覆住也是因為需要避免這個機制阻止連鎖反應。

然而，一如其他眾多科學家，吳健雄對於協助發明原子彈有著傷痛：他始終相信人類是不應該如此互相殘殺、自我毀滅的。

費米 β 衰變理論與宇稱不守恆

戰後，他回到學界持續鑽研。1934年，費米（Enrico Fermi）為解釋 β 衰變提出一項新理論，即假設 β 衰變是經弱交互作用將中子轉變成質子，釋放電子和反微中子——甚至微中子的名字也是費米為它取的。這個理論在當時掀起了軒然大波，於是許多實驗物理學家爭相試圖證明或證偽，其中一項指標就是 β 衰變是否有連續光譜：若有，即代表釋放出的能量由電子和反微中子共享，進而證明費米的理論。吳健雄不斷改良實驗技術（如：使用高靈敏度的電磁偏轉裝置以分離不同能量的 β 粒子），而實驗精確度就是他引以為傲的成果，最終在1949年驗證了 β 衰變的連續光譜，成為費米理論的一大支持。這些在弱交互作用的深耕給他很多的認識，緊接著奠基他迎向人生最知名的成就。

40年代末科學家在宇宙射線中發現許多不曾見過也不曾預測過的粒子，他們被稱為「奇異粒子」，另一個奇異粒子的來源則是用高能質子撞擊普通粒子（重子、 π 介子等）產生。在此之中， θ 和 τ 兩種粒子具有完全相同的質量與生命週期，卻有不一樣的衰變產物，究竟他們是否是同一顆粒子？這個矛盾被稱為「 θ - τ 之謎」楊振寧與李政道兩位科學家在研究這問題後發現，這兩種粒子衰變後的宇稱（parity）並不相同，而當時科學家普遍把宇稱守恆當作不能被動搖的金科玉律，卻尚未有人驗證過弱交互作用下的宇稱是否守恆！找到問題的破口後，他們找上了 β 衰變的權威吳健雄，吳健雄採用甫被開發出的原子核極化技術（使原子核具有方向性）在鈷-60上。這當中包括了很多實驗障礙需克服，確保計數器在極低溫下能正常運作、還要保持原子核極化夠長時間以搜集足夠的實驗數據，甚至要準備出符合實驗要求的高品質晶體都經過長時間的研究。即便宇稱不守恆的實驗遭到費曼、包立等大物理學家強烈質疑，在數個月的準備後，這項實驗於1956年12月在美國國家標準局完成，隔年就為提出理論的楊李二人拿到諾貝爾物理學獎

遺憾的是，即便當時的許多學者都認為吳健雄畢生的偉大貢獻，再加上宇稱不守恆的貢獻絕對足以讓他得到諾貝爾獎殊榮，除了與他密切合作的楊李二人，還包括發現 μ 微中子的史坦伯格（Jack Steinberger）、過去的老師奧本海默的等人的背書。最終，吳健雄還是與該獎項擦身而過。即便如此他的人生從不缺獎項的表揚，舉凡美國國家科學院院士、國家科學獎章，也成為首位沃爾夫獎得主。

晚年

吳健雄畢生未曾離開學界，1963年她用實驗證明向量流守恆，持續推進標準模型的發展，與她對 β 衰變的研究和宇稱不守恆的發現並列為人生最重要的三項貢獻。她也積極利用自己的聲望，為女性權益、中共與中華民國的民主運動發聲。1981年退休後，1997年辭世，骨灰安葬於幼時母校。她始終拒絕以「袁教授夫人」自居，這就是偉大的吳健雄教授精彩而無懈的一生。

心得

在科學界不乏男性人物的風采，但那些曾經有所建樹的女性卻常在歷史舞台被迫隱身，除了吳健雄以外，舉凡愛達·勒芙蕾絲（Ada Lovelace，曾在自己翻譯的文章中寫下被認為最早的程式碼）、瑪麗居禮（Marie Curie，在放射物理做出傑出貢獻的雙料諾貝爾獎得主）、莉澤·邁特納（Lise Meitner，發現核分裂的理論基礎，及研究 α 和 β 射線）也都是在歷史上留名的重要人物。我很感動於他在不公下的堅強和面對困難時不懈解決的態度，能帶一個學生從出眾走到偉大的不只是天賦，還有這些不為人知的努力。

另外，在閱讀吳健雄傳記時，也讓我用更立體的角度認識吳健雄作為一個常人、一名學生或一位教授的個性，無論是他平時有些靦腆內向，還是他的工作狂性格，甚至對學生的嚴格要求（吳甚至要求學生假日也要進實驗室），有好好認識了一位科學家並因此更敬佩他的感覺。

參考資料

- [1] 佚名（2020年12月28日），〈美籍華人吳健雄 物理研究第一夫人的精彩故事〉，《BBC News 中文》，網址：<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-55145924>，最後瀏覽日期：2025年4月9日。
- [2] 張瑞棋（2023年5月1日），〈吳健雄與諾貝爾獎的距離〉，《科學人》，網址：<https://www.scitw.cc/posts/10977>，最後瀏覽日期：2025年4月9日
- [3] 江才健（1996年）。《吳健雄傳——物理科學的第一夫人》。臺北市：時報文化。