

發現重力波！

愛因斯坦百年預言證實 清華團隊見證物理新紀元



國立清華大學
NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

2016 首頁故事

發現重力波！

愛因斯坦百年預言證實 清華團隊見證物理新紀元

美國的雷射干涉重力波偵測站 (Laser Interference Gravitational Wave Observatory, LIGO) 於美東時間 2 月 11 日上午十時三十分，在美國華盛頓特區以及義大利卡西納 (Cascina) 同步召開記者會宣布偵測到重力波。這是人類第一次直接偵測到物理界的聖杯——重力波，更是物理界近百年來最重大的發現之一。本校光電工程研究所趙煦教授的研究團隊，是唯一參與的臺灣團隊，見證歷史性的一刻。

LIGO 位於路易西安那州以及華盛頓州的兩個偵測站，於 2015 年 9 月 14 日國際時間上午 9 點 51 分前後相距 7 毫秒，分別偵測到重力波訊號，並經歷四個月嚴謹的數據檢查而確認。此次偵測到的重力波來源是兩個黑洞的合併，一個黑洞具有 29 個太陽質量，另一個黑洞具有 36 個太陽質量，合併時以重力波的形式釋放出相當於 3 個太陽質量的能量，來源距離地球 13 億光年，位於南半天。

趙煦教授表示，愛因斯坦於 1915 年發表廣義相對論，認為重力現象是有質量的物體對時空產生的扭曲，並於 1916 年預測大質量的物體劇烈運動時，時空的扭曲將以重力波的方式傳播。但愛因斯坦當時認為，遙遠的宇宙中星體劇烈運動產生的重力波傳到地球已太微弱，不可能在地球上偵測到。1974 年美國科學家侯斯 (Russell Hulse) 與泰勒 (Joseph Taylor) 偵測到波霎雙星，並用重力波能量消散解釋波霎雙星週期改變的現象，間接指向重力波的存在，獲得 1993 年諾貝爾物理獎。在愛因斯坦 1916 年發表重力波預測的整整一個世紀後，LIGO 直接偵測到重力波並且證實，意義格外重大。

趙煦教授指出，此次重力波的發現具有三層重大意義：第一是直接證實重力波的存在；第二是直接觀測到雙黑洞合併的運動；第三是開啟了以重力波為觀測媒介的天文學；未來和電磁波天文學搭配，將大幅擴展人類探究宇宙之窗，對目前天文學、宇宙學的發展具有莫大的意義，人類對大自然的終極探究活動又邁進一大步。

LIGO 重力波偵測器的主要研發工作，包含設計、建造、觀測以及數據分析等是由 LIGO 科學合作聯盟 (LIGO Scientific Collaboration, LSC) 所執行。LIGO 科學合作聯盟 (包含歐洲的 Virgo 聯盟) 由來自全球 15 個國家的 90 多所研究機構和大學的科學家共同組成，並由美國的加州理工學院 (Caltech) 以及麻省理工學院 (MIT) 共同主持運作。主要資金贊助來源為美國國家科學基金會 (National Science Foundation, NSF)，也有德國的馬克斯-普朗克學會，英國的科學與技術設施委員會和澳大利亞的澳大利亞研究基金會等資助。

LSC 重力波探測網絡包括 LIGO 干涉儀和 GEO600 探測器。GEO 團隊包括來自德國馬克斯普朗克重力物理研究所(愛因斯坦研究所 AEI)、漢諾威萊布尼茲大學與英國格拉斯哥大學、卡迪夫大學、伯明翰大學，其他英國的大學以及西班牙的巴利阿里群島大學。

幾項提高靈敏度的關鍵技術由德國—英國的 GEO 合作聯盟開發並測試。主要的計算機資源由 AEI 的 Atlas 機群、LIGO 實驗室、雪城大學和威斯康辛大學密爾瓦基分校貢獻。一些大學設計、建造並測試了 Advanced LIGO 的關鍵部分：澳大利亞國立大學、佛羅里達大學、史丹福大學、紐約哥倫比亞大學和路易斯安那州立大學。

趙煦教授所領導的清華團隊，包括研究生潘皇緯、郭令智、黃書于、鄭鈞，為唯一參與 LIGO 科學合作聯盟的臺灣團隊。清華團隊的主要研究工作領域及貢獻，在於降低雷射反射鏡的熱擾動雜訊以提高偵測器的靈敏度，讓觀測儀更能觸及微弱的重力波，並致力於下世代更靈敏的低溫反射鏡的研發。

趙煦教授指出，重力波偵測器的雜訊在 100 赫茲頻段必須低於 10^{-23} ，雷射反射鏡是其關鍵組件之一。清華團隊利用自製的離子束濺鍍機以及熱擾動測試設備，致力於 LIGO 科學合作聯盟的反射鏡多層干涉薄膜的研發工作，並創新的將國家奈米元件實驗室的半導體製程技術引進這項研發工作，使臺灣堅強的半導體製程實力，在下一世代的低溫重力波偵測器研發中提供重要貢獻。該團隊的研究工作受到科技部以及校方的大力支持。

此次重力波的發現與證實，已經撰寫成論文，並已獲《物理評論通訊》(Physical Review Letter) 接受。在這個里程碑的論文裡，趙煦教授團隊以及本校均被列為共同作者，此外，中華民國科技部也被列在致謝名單當中，是我國參與國際合作研究的典範之一。



LIGO 重力波探測器心臟部分雷射強反射鏡
(LIGO 提供)

LIGO 觀測站(LIGO 提供)