

跨粒子理論和實驗， 他讓全球頂尖實驗室搶合作

一〇〇九年，改編自丹·布朗同名小說，由湯姆·漢克

斯領銜主演的賣座電影《天使與魔鬼》，以當時粒

子物理學最重要的前沿實驗：歐洲核子研究組織（European

Organization for Nuclear Research, CERN）啟動大型強子對撞機

（Large Hadron Collider, LHC）做為精采的開場。

許多人可能不知道，這場前沿實驗，臺灣大學高能物理實驗團隊也參與其中，並負責設計、建造及維護大型強子對撞機所使用的複雜探測器，因此獲得國際物理學界高度肯定；而幕後的主推手，就是二〇二四年獲得第二十七屆國家講座主持人獎的臺灣大學物理學系講座教授侯維恕，因第二次獲獎而晉升為「終身榮譽國家講座主持人」。

**從粒子物理現象學踏入高能實驗，
拓展不一樣的人生體驗**

「粒子物理，又稱為高能物理，因為我們經常使用高能加速器，基本上就是探討宇宙最基本的組成，如夸克，」侯維

恕精要地描繪他窮盡一生鑽研的領域。

物理學家的研究分理論與實驗兩大類別，雖相輔相成、又大相逕庭。但侯維恕卻兩者兼融，以理論物理學家身分，創建臺大高能實驗室，自此踏入國際大型高能實驗行列，成功結合理論與實驗粒子物理之研究領域，不僅在臺灣、放眼國際亦是難得一見。

回顧當初的轉捩點，他直言，當時是有個不可遏止的驅動。「當年，我還是 UCLA 研一生時，曾在歐洲核子研究組織的高能實驗室待過一個暑假。雖有機會走入高能實驗，但我依然選擇了理論物理。沒想到，在美、歐研究理論物理七年，回到臺大後一年多，卻創建了高能實驗室；這個轉變，大大擴展了我的人生體驗！」

**物理界著名的謎團之一：
宇宙物質和反物質的不對稱**

高一的侯維恕，曾對人生極感苦悶；放眼周遭生老病死、



侯維恕

數學及自然科學領域

第二十七屆國家講座主持人獎

臺灣大學物理學系講座教授

養兒育女一成不變的循環，「直到我領悟，心中若抱有『發現』的渴望，便可突破循環，而且這個『發現』，最好能為人類帶來貢獻。」

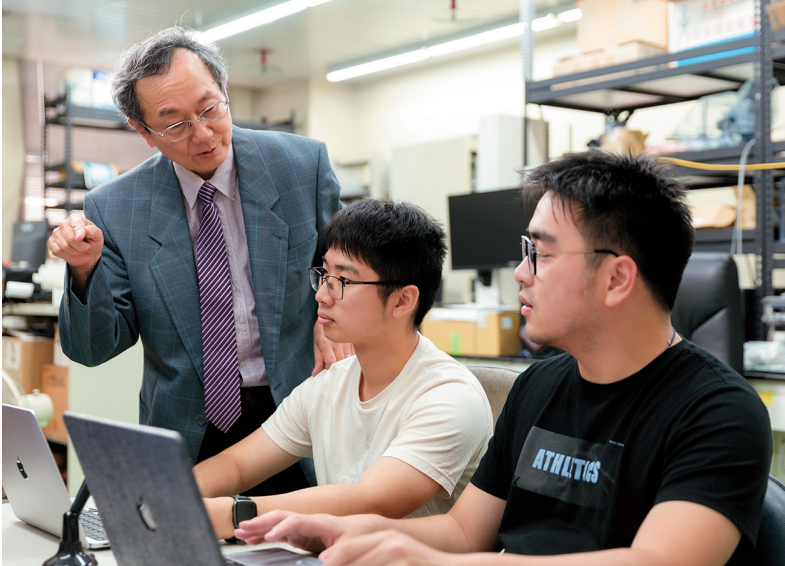
如今，他渴望解決「宇宙反物質消失之謎」，這也是其擅長的B介子物理，因為中性B介子可以在正粒子和反粒子之間轉換，有助於科學家理解：為什麼我們的宇宙是由物質組成，而不是反物質。

在物理學中，人們熟悉的基本粒子，如電子、質子屬於正物質；宛若鏡像般、具有與之對稱性的粒子，如：反電子、反質子屬於反物質。當正、反物質相遇時會互相「湮滅」而釋放出巨大的能量。

宇宙大爆炸初期能量密度非常高，可產出粒子—反粒子對；但實際上，宇宙既沒有「湮滅」，還存在大量物質且幾乎沒有反物質。為解開這個謎團，科學家們提出不同的理論與假設，而侯維恕鑽研的CP破壞，就是其中一個主要的假設。

C (charge, 電荷共軛) 指的是把粒子替換成它的反粒子；P (parity, 宇稱) 則是將空間翻轉，猶如鏡子裡的反射。如果一個物理過程在同時進行這兩種對稱操作後，結果和原來不同，即為CP破壞。這種現象最常在B介子衰變中被觀察到。

只是，想在B介子衰變中探討CP破壞，必須量產數以



億計的B介子加以研究。於是，日本高能加速器研究機構（High Energy Accelerator Research Organization，簡稱KEK）和美國加州史丹佛線性加速器中心（現為SLAC國家加速器實驗室）紛紛打造B介子工廠，並在一九九九年展開實驗。

當年，臺大同時接到日本貝爾實驗（Belle experiment）與美國BaBar的實驗邀約，侯維恕最終選擇加入Belle實驗，除考量距離近、沒有時差，更重要的是臺大能參與硬體製作，使其後來在Belle實驗，成為唯一擁有自製小角度子偵測器（前置量能器）的單位。

他感謝當年好友中田達也教授（Tatsuya Nakada）的建議：一定要參與硬體製作。「從Belle實驗到歐洲核子研究組織大型強子對撞機的緊湊紗子線圈（Compact Muon Solenoid, CMS）實驗，我們愈做愈投入、愈做愈好，備受國際肯定。現在臺大天數館還建置了矽偵測器實驗室。對於這樣的成果，

我真的非常滿意！」

侯維恕解釋，國際高能實驗有許多團隊參與，難免互有比劃。當兩組團隊研究同一個議題時，擁有硬體能力的氣勢會略勝一籌。「這就是我們打入國際高能實驗核心，至今占有一席之地的原因。」

顯赫的成就背後沒說的是：臺大高能實驗室初創立時只有四人，而且其中只有兩人是實驗物理學家。規模更比不上歐洲核子研究組織或美國費米實驗室的龐大編列，擁有設計和製造硬體的工程師；侯維恕的不容易，在於從無到有，一步引領實驗室走到現今傲視國際的成就。

參與 CERN LHC 實驗至今已二十四年， 只為解答「宇宙反物質的消失之謎」

臺大高能實驗室現有七名教授，侯維恕負責參與歐洲核子研究組織大型強子對撞機的緊湊紗子線圈實驗。二〇〇〇年初加入時，他秉持初衷繼續參與硬體製作，並在二〇一〇年加入瑞士保羅謝爾研究所（Paul Scherrer Institute, PSI）所主導的矽像素偵測器第一階段升級計畫。

「二〇一〇年是我第一次拿到國科會五年學術攻頂計畫。藉由這個計畫，我們順利加入瑞士保羅謝爾研究所團隊。」侯維恕透露，瑞士保羅謝爾研究所是他返臺前的工作單位，能參與該計畫簡直就是奇蹟，因為這是整個實驗的核心裝備，

非常尖端的科技。

他解釋：「『矽像素偵測器』好比是一臺大型相機，專門用來捕捉和測量剛生成新粒子的運動軌跡；當粒子在大型強子對撞機中碰撞時，因其靠近對撞點，能拍出非常清晰的『照片』。」

迄今，臺大也擁有自己的矽偵測器實驗室。第一個任務就是因應緊湊紗子線圈實驗第二次探測器升級，研發並量產五千個高粒度量能器 (High Granularity Calorimeter, HGCal) 模組。接下來，還要參與美國布魯克海汶國家實驗室 (Brookhaven National Laboratory, BNL) 的電子離子對撞機 (Electron-Ion Collider, EIC) 實驗。

侯維恕表示，緊湊紗子線圈實驗的第二次探測器升級稱為「高亮度升級」(HL-LHC)。隨著大型強子對撞機亮度和碰撞次數的增加，產生的粒子數量和種類也跟著增加。為準確理解這些粒子的特性及相互作用，需精確測量它們的能量，「高粒度量能器能以非常高的分辨率測量和記錄粒子能量，提供詳細數據，是一項先進技術，我們整個實驗組都引以為榮。」

只不過，HL-LHC 預計自二〇二五年運轉至二〇四〇年。屆時，侯維恕差不多已屆退休之齡，「不過畢竟數據量愈大，能做的研究內容就愈多，我依然很感興趣。目前已有更好的模式與方案，加上二〇二二年拿到第二次的攻頂計畫，希

望今年就能提出滿意的解答。」

事實上，無論是第一次或第二次的攻頂計畫，侯維恕都是為了解答「宇宙反物質的消失之謎」，目前努力的目標，是尋找「額外的希格斯粒子」，他興奮表示，「現在似乎離答案更貼近，若能解答這個謎題，此生足已！」

曾經經重大挫敗，仍勉勵後進：不要輕言放棄！

其實，侯維恕也曾歷經重大的挫敗。二〇一二年七月四日歐洲核子研究組織宣布發現被譽為「神之粒子」的希格斯玻色子 (Higgs boson)，締造物理史上重大里程碑之時，也正是對第四代夸克的存在提出了質疑；而當時，侯維恕的目標就是尋找第四代夸克。

他說：「那天，我在澳洲墨爾本參加國際高能物理大會。每一位經過身旁的朋友都跟我說：『沒有第四代夸克了！』這句話如同在傷口上灑鹽，但我仍堅持到二〇一八年才放下！即便如此，還是希望後進絕不輕言放棄！想想希格斯機制在一九六四年就被提出，若太早放棄，怎麼能得到證實呢！」

尤其，現今的臺灣被稱為「矽島」或「AI智慧島」，吸引眾多學子投入科技業，侯維恕呼籲年輕學子，在學術與實驗的道路上堅持下去，賦予自己更高的志氣與使命，為人類文明進程做出更大的貢獻。