

諾貝爾大師 在成大談科學和人生 物理獎得主 柯恩唐努吉與化學獎得主李遠哲與青年學子科 學對話



【台南訊】科學也可以很生活化，青年學子也可以跟諾貝爾獎大師近距離的促膝交談，1997年諾貝爾物理獎得主柯恩唐努吉博士（Dr. Claude Cohen-Tannoudji）與1986年諾貝爾化學獎得主李遠哲院士應成功大學之邀請，21日聯袂抵達成功大學，在成大成杏廳進行一場「青年學子與諾貝爾大師對話」，與成大師生以及來自全省各地明星高中生約600位暢談量子物理對生活的影響，以及科學和人生。

成功大學校長賴明詔院士致詞表示，聆聽大師演講對於年輕學子非常重要，所帶來的啟發可以改變人的一生，以我自己為例，就是在就讀醫學院時聽到分子生物學大師演講而深受啟發，而影響了一生的研

究，最後有幸成為國際知名的病毒學專家。科學研究主要是保有好奇心和創造性，最重要是問正確的問題，找出問題並試圖去發現答案。

柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）聲稱第一次來到成大和台灣心情相當興奮。他首先在「量子物理及其對日常生活的影響」的演說中，以淺顯易懂的口吻說明量子物理的基本概念，並對量子物理科技衍生的光幫浦（optical pumping）、核磁共振造影（magnetic resonance imaging）、超精準原子鐘（ultra-precise atomic clocks）、原子干涉計（atomic interferometers）、Bose Einstein 凝聚物（Bose Einstein condensates）等科技產品之應用加以介紹。

柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）教授表示，過去幾十年來人類控制和操弄量子系統如原子、分子、離子和電子的能力大增，因此開展全新的研究領域，並探究出嶄新的問題，研究新的系統、新的物質狀態，因此我們可以合理的預期這會使人類更加了解宇宙並發現更多有趣的應用。基礎研究、特別是物理研究，不但能使人類更加了解宇宙，而且能解決人類目前所面臨的諸多如能源、環境、健康等問題，並能改進科學教育，使人類更加包容、對新觀念更加開放，因為科學的本質就是謙虛和開放的心胸。

李遠哲院士則談到自己上大學時因為決心要成為成功的化學家而學

了如量子力學、電子學、熱力學、英文、德文、日文、法文、甚至是俄文等諸多相關知識。他期勉年輕人要不斷的吸取知識、不斷的發問、保持一棵高度好奇的心，不要自我設限，因為上大學只是一個起步，接下來還需要到研究所、博士的階段才能成熟，堅持到最後並不斷的學習，有一天你會發現自己有想法，甚至比自己的指導教授還有成就。

針對學生的問題，柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）教授認為做研究首先是要在好的實驗室的才能得到良好的薰陶，要有恆心和耐心，才能克服科學生涯中的許多困難，如同學習鋼琴，純熟的技巧來自長期的苦練，學科學就是永遠當個學生、永遠學習新的事物，這會使生活有趣並刺激，雖然艱苦，但很值得。研究也需要不斷和人討論，才能修正自己的觀念和做法，應該要增加通識，而不要太侷限在一個專精的領域，才能有更多相關知識的連結並增加了解。

※ 新聞補充資料：

1997 年諾貝爾物理獎得主柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji），1933 年出生於阿爾及利亞的康斯坦丁（Constantine），法國人。祖先源於丹吉爾（Tangiers），在 16 世紀時，因天主教對其他信仰者進行宗教迫害，逃離了西班牙，先遷徙至突尼西亞，之後在阿爾及利亞定

居下來。Cohen-Tannoudji 姓氏代表來自丹吉爾的 Cohen 家族。1830 年後，阿爾及利亞成為法國殖民地，當地的猶太人因此在 1870 年以後歸化為法國公民。

父母親生活樸實，最關心的是子女的教育。父親自學出身，非常熱衷於追求智識，不僅對基督教聖經和猶太教塔木經的經文有深入研究，對於哲學、心理分析學和歷史也興趣濃厚。他傳給柯恩唐努吉

（ Claude Cohen-Tannoudji ）對於研究、討論、和辯論的品味，也教給猶太傳統中的重要特質 – 研究、學習以及和別人分享知識。

童年時，柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji ）幸運的逃過迫害猶太人的悲劇事件。他在阿爾及爾完成小學和中學教育。1953 年時順利完成了高中學業，離開阿爾及利亞到巴黎高等師範學院（Ecole Normale Supérieure）繼續求學。

巴黎的高等師範學院（Ecole Normale Supérieure）是法國在大約 200 年前大革命時成立的高等教育機構，只有入學考試表現最優異的高中生才能入學。他 1953-1957 年就讀巴黎的高等師範學院，四年求學期間對他來說是一個很獨特的經驗。第一年上 Henri Cartan 和 Laurent Schwartz 開授的數學課，以及 Alfred Kastler 的物理學。開始時對數學比較有興趣，不過因為 Kastler 的物理課實在太有啟發性了，而且

個性很吸引人，因此轉修物理。

1955 年他進入 Kastler 的研究室做學位論文研究，這個研究室人數很少。Kastler 最早的學生裡有一位是 Jean Brossel，四年前剛從美國麻省理工學院追隨 Francis Bitter 做研究回來，他當時負責督導 Jacques Emile Blamont 和 Jacques Michel Winter 的論文研究。

研究室人數雖少，但熱衷實驗，工作認真。Brossel 和 Kastler 幾乎整天都在實驗室，甚至周末還繼續工作。大家不斷的討論如何解釋實驗結果。當時的實驗設備簡陋，在沒有電腦、記錄器、和信號平均器的情況下做實驗和研究，當時用電流計逐點測量共振波，每個共振波測量五次，再以手計算求平均值，這樣也得出了不錯的共振波和令人興奮的結果。那段時期的學習經驗成為日後柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）研究工作的基礎，受 Alfred Kastler 和 Jean Brossel 兩位研究者之影響甚為深遠。

1995 年夏天柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）到阿爾卑斯區著名的 Les Houches 暑期學校進修兩個月，該校對法國理論物理學的進展貢獻卓著。那時該校提供當代物理學的密集訓練課程，連續兩個月、每天大約六堂課，授課的講師包括 J. Schwinger、N. Ramsey、G. Uhlenbeck、W. Pauli、A. Abragam、A. Messiah、和 C. Bloch 等人。

後來，柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）遇到 Jacqueline，並在 1958 年結婚，兩人共渡了人生的起伏，都擔任高中的物理和化學教師，撫養三個孩子 Alain、Joëlle 和 Michel 長大，他特別感念 Jacqueline 支持其研究。

1960 年初柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）回到實驗室，在 Alfred Kastler 和 Jean Brossel 共同指導下攻讀博士學位，同時在法國國家科學研究中心（CNRS, French National Center for Scientific Research）擔任研究職務。這時研究室已經擴大了，Bernard Cagnac 忙著完成他研究汞的奇同位素光幫浦的論文，柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）則和 Jean-Pierre Barrat 想辦法導出光幫浦週期的主方程式，並試著了解密度矩陣（所謂的原子相干性）非對角元素的物理性質。計算預測了 Zeeman 各個次階層「光位移」（light shift）的存在，這種奇特現象完全不在預想之中。柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）決心要看到這種現象，終於在 1960 年的平安夜首次得出此現象的實驗證據。當時真的興奮極了，Kastler 和 Brossel 也都高興得不得了！Kastler 把這個現象命名為「燈位移」（lamp shift），因為在實驗中這種現象是用放電燈的光製造出來的，目前都稱此為「光位移」或「Stark 位移」。後又設計了新的實驗來詳細測試這些計

算的其他預測，尤其是在光幫浦週期 Zeeman 相干性的保留。柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）在 1962 年 12 月交了博士論文。完成博士學位後，接受 Alfred Kastler 建議在巴黎大學擔任教職，教量子力學。

當時高等師範學院裡最優秀的學生都來聽課，柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）組織了一個小組，每年讓一位新生加入作碩士論文或博士研究。1967 年時，柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）教較初級（第二週期）的量子力學，那本【量子力學】的教科書在此時成形，該書是和 Franck Laloë 及 Bernard Diu 合作完成的。

柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）說，我們研究小組的主要目標之一是想了解在高強度極限時，使原子混亂的措施不再有效的情況下原子和光子間的互動情形。因此把「原子 + 光子」的系統視為一個具有真實能量階層、並能獨立於時間的哈密頓算符（Hamiltonian, H ）的全域性孤立系統，藉此發展出新的解釋問題的途徑，稱為「綴飾原子」（dressed atom）。在這種途徑裡對電磁場的量子描述對解釋原子物理中多數的現象無關緊要，但綴飾原子方法對原子和光子間的互動提供新的物理洞見，在這方面倒是頗有貢獻。有些新的物理現象，如用標準的半古典方法很難預測出來，但在綴飾原子模式的能量

分析圖裡，當我們檢視能量圖如何隨著光子的數量增加而改變時就一目了然。當 Nicole Polonsky、Serge Haroche、Jacques Dupont-Roc、Claire Landré、Gilbert Grynberg、Maryvonne Ledourneuf 和 Claude Fabre 在進行他們的論文研究時，我們首先發表了在無線電波長範圍的綴飾原子模式。我們所預測並觀察到的新現象之一是特定原子階層和極高頻率的無線電波場互動時其藍德因數（Landé factor，或迴轉磁因素）的修正或取消現象。這種現象和電子自旋的 $g-2$ 異常現象除了增加的方向相反以外，有些雷同：原子階層的重力會因吸收或再放出無線電頻率的光子而減少，但電子自旋的重力會因無線電干涉而增加。

後來花了不少精力來解釋這種增加和減少的現象，而對數年後和 Jacques Dupont-Roc 以及 Jean Dalibard 提出了包括真空擺盪和無線電反應的個別貢獻的新物理圖像。

綴飾原子方法在光領域也很有用處。自動釋放在衰減機制和螢光光子的來源裡扮演重要的角色。Serge Reynaud 和柯恩唐努吉（Claude Cohen-Tannoudji）應用這種方法來解釋高強度的共振雷射光束的共振螢光。Mollow 三重態和微弱探測光束的吸收光譜因此得出新的物理圖像，在此圖中並可預測和觀察到由速度依賴的光位移導出的 Doppler 效應的補償產生出的新 Doppler 自由光。綴飾原子無線電柵

的圖像也提供了有關光子關聯和光子反聚束的新洞見。此後又和 Alain Aspect 在奧塞的光學研究所 (Institut d'Optique) 合作，用綴飾原子方法預測並以實驗觀察到 Mollow 三重態兩側放射出的光子新的時間相關模式。

1973 年柯恩唐努吉 (Claude Cohen-Tannoudji) 成為法國學院的教授 (Collège de France)，是他科學生涯當中的重要事件之一。1973 年柯恩唐努吉 (Claude Cohen-Tannoudji) 說，法國學院於 1530 年由法蘭西一世國王 (King François I) 成立，是要制衡當時太過於學術化、而且只教神學和拉丁文的巴黎大學 (Sorbonne)。該校首先獲國王任命的講師有：3 位教希伯來文、2 位教希臘文、以及 1 位教數學。法國學院安然度過了歷次革命，直到今天仍以教學彈性著稱。目前該校各科共有 52 位教授，演講對所有人開放，而且不需註冊、也不授予學位。教授可自選授課主題，不過每年都要變換。這很困難、造成不少壓力，但也能刺激教授拓展知識、開發新領域並挑戰自我。要不是為了準備新課程，我不可能開創實驗小組所嘗試的研究方向。感激 Anatole Abragam 讓我到此任教，這些教學經驗使我寫就和 Jacques Dupont-Roc 及 Gilbert Brynberg 合作的兩本關於量子電熱力學和量子光學的書。

1980 年初期，柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）選擇講授放射力學（radiative forces）方面的課程，在當時是很新的領域。柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）和 Serge Reynaud、Christian Tanguy 及 Jean Dalibard 試著應用綴飾原子來解釋在雷射波中原子的運動，分析綴飾的能量狀態以及綴飾狀態的自發性改變之雙極力平均值、擺動以及速度依賴，因此產生許多新觀念。

1984 年時，柯恩唐努吉（ Claude Cohen-Tannoudji）有個機會能自行指派在法國學院實驗室的副主任，請 Alain Aspect 擔任此職，一年後 Christophe Salomon 由 JILA 追隨 Jan Hall 的博士後研究回來並加入，大伙兒就此展開一段科學大冒險！一起研究一種由綴飾原子途徑所暗示的新的冷卻機制，還研究由持續高強度雷射波的綴飾狀態能量之空間調製、和綴飾狀態間自動比率的空間調製之相關所產生的冷卻機制。由於這些相關所產生的結果，移動中的原子比較傾向於向高電位移動，而較不會向低電位移動。一開始時把這種現象稱為「受激發的藍色光學糖膏」（stimulated blue molasses）因為它是在冷卻雷射的藍位移時出現，這和 Doppler 光學糖膏需要紅位移才能產生正好相反。事實上，這種新現象是現在所稱的「Sisyphus 冷卻」（柯恩唐努吉在 1986 時引介了此名稱）現象的第一種高強度的版本。不久後又觀察到在持續波的波節或反波節的原子管道。這是首次呈現中性原子在可

見光域值的雷射侷限現象。

柯恩唐努吉(Claude Cohen-Tannoudji)表示,在 1988 年時, Bill Phillips 已經觀察到次 Doppler 溫度的現象,我們正對光幫浦、光位移和綴飾原子等進行更詳盡的準備,以解釋在低溫時的這些異常現象。事實上它們都是由 Sisyphus 冷卻現象的另一種低強度反應產生。朱棣文

(Steven Chu)和其同事也得出類似結果。我們和 Alain Aspect 及 Ennio Arimondo 共同探索應用相干的組群侷限到雷射冷卻的可能,若使這種量子干涉效應在特定速度產生,可以展示新的冷卻現象,而且是沒有最低溫度下限的,這種冷卻現象可在單一原子吸收或放出單一光子的反彈動能之反彈極限之下冷卻原子。這些令人興奮的發展開啟了微度 (μK) 甚至是奈米度 (nK) 範圍的雷射冷卻,也成功開發了某些新的應用。

為打開國際視野及厚實教學與研究實力,近期成功大學陸續邀請諾貝爾獎大師蒞校演講、授課或合作執行研究計畫,在短短一、兩年內,諾貝爾獎大師抵校人數遠遠超出過去數十年的總和,包括有 1976 年諾貝爾物理學獎得主丁肇中、2004 年諾貝爾化學獎得主威凱羅博士 (Aaron Ciechanover)、2007 年諾貝爾生理與醫學獎得主奧立佛 史密斯 (Dr. Oliver Smithies)、2005 年諾貝爾化學獎得主葛魯伯斯 (Robert

H Grubbs)、1998 年諾貝爾物理獎得主崔琦、1986 年諾貝爾化學獎得主李遠哲、1997 年諾貝爾物理獎得主柯恩唐努吉 (Claude Cohen-Tannoudji) ... 等，其中，戚凱羅博士(Aaron Ciechanover)是成大特聘客座教授。