

物理 Physics

NCU Physics Journal

物
理
Physics

物
理
Physics

日期 2018年5月
創刊號數 第2號
刊名 物理Physics NCU Physics Journal
執行單位 物理系學會
發行單位 中央大學物理系
監督 陳諾、林子新
總編輯 邵詳崑
副總編輯 林柏翰
攝影顧問 柯宜室
美術構成 連士權、吳秉宜、江風毅
編輯人員 邵詳崑、林柏翰、姜武誠、連士權、柯宜室、劉又齊、張祐禎、
曾昭凱、黃勢棠、李律昕、陳孔祥、吳秉宜、莊承鈞、謝宜軒、
郭弈翔、章詣欣、張家維、楊維弘

出版 中央大學物理系
地址 320桃園市中壢區中央大學中大路300號科學四館
電子信箱 ncuphybook@gmail.com

贊助 中大物理68級系友「聚碩科技股份有限公司 吳祚綏 董事長」

中央大學物理系刊

NCU Physics Journal

系學會

-  系學會介紹 P.4
-  系隊介紹 P.8

研究領域

-  高能物理實驗室
High-Energy Physics Laboratory
- 余欣珊 教授 P.18
-  固態光學實驗室
Solid State Optics Laboratory
- 鄭劭家 教授 P.24
-  低溫物理實驗室
Low Temperature Physics Laboratory
- 陳永富 教授 P.30

-  軟物質與生物物理研究室
Soft matter and Biophysics Theory Groups
- 李紀倫 教授 P.36

-  分子馬達生物物理實驗室
Molecular-Motor Biophysics Laboratory
- 羅健榮 教授 P.44

-  光子作用與光譜分析實驗室
Photoprocessing and Spectroscopy Laboratory
- 陳俞融 教授 P.51

-  計算材料與奈米傳輸研究室
Computational Materials and Nanoscale Transport Groups
- 唐毓慧 教授 P.57

-  奈米物理實驗室
Nanoscale Physics Laboratory
- 羅夢凡 教授 P.68

系友訪談

-  系友專訪：方頌仁 P.76



系學會

An illustration of an open book with several pages flying out, set against a dark background. The pages are yellowed and contain faint, illegible text. The book is positioned at the top of the right side of the page.

科研

國立中央大學

2018全國高中生物理科學研習營

活動時間：2018.07.04 ~ 2018.07.08

招生對象：全國高中職及應屆畢業生，共72人

報名時間：即日起 ~ 2018.05.25

報名費用：4900元/人，三人團報優惠 4600元/人

報名方式：至官網填寫報名表

官 網：<https://ncsciencecamp2018.weebly.com/>



聯絡人：執行長 呂昀修 0975578031
副執行長 陳威儒 0912321165
主辦單位：國立中央大學物理系系學會，國立中央大學課外活動組

系學會介紹

在物理系學會中，我們的初衷是所有的物理系學生都能以物理系為一個家，以物理系為榮，故成立物理系學會舉辦各式各樣的活動，以凝聚物理系學生之向心力，並且增加物理系學生之榮譽感。

活動部

在各個活動中擔任帶給大家歡樂的角色，讓物理系學生在繁重的課業下，能藉由活動部帶來的歡樂以減少負面的心情。除此之外，同時負責各個活動的燈、音控，氣氛之轉換。

學術部

在各個活動中展現學術各方面的角色，透過小年會與製作系刊學習文字的組合與排版，為物理系學術風氣之推手。除此之外，在製作系刊同時，採訪教授也是工作內容之一。

公關部

在各個活動中擔任帶給大家交流機會的角色，與活動部使用不同的活動方式，讓彼此陌生的同學能互相認識。例如：在物英聖誕趴所帶來之活動。除此之外，同時負責活動之宣傳與聯絡窗口。

體器部

在各個活動中擔任場地布置與體育相關事項的角色，體器部為各項活動幕後推手，體器部中能夠學到場地布置之技巧，除此之外，舉辦體育相關事項與學校體育室之聯絡窗口也是任務之一。

美宣部

在各個活動中擔任帶給場地美感的角色，透過繪畫主幕來美化場地，藉由繪畫主幕與製作吉祥物增進情感，例如：在物英聖誕趴所畫主幕與聖誕樹。除此之外，製作代表物理系之吉祥物並在運動會進場也是任務之一。



院系時間

11



物理之夜

12



物英聖誕趴

1



期末系大

系隊介紹

系隊介紹

系隊成立的宗旨是為提供物理系學生在繁重的課業之下能有更多種的紓壓方式，並提倡物理系學生的運動風氣，除此之外，爭取物理系的榮譽也是系隊的成立宗旨之一，我們物理系系隊會固定參加各項運動競爭項目，增進物理系的大家的情感，我們各個系隊會有固定的練球時間，歡迎大家來參與。

大物盃

今年的冬季大物盃是由中央大學主辦，希望大家能夠一同來參與這個一年一度的盛宴。講了這麼多，想必大家可能不了解大物盃是什麼，我在這裡就來介紹一下。如同各個全國性的運動盃賽，大物盃主要是讓全國物理系一同參與的一種運動盃賽，每年會由不同的學校輪值主辦，通常是八年一次，共計16所學校一同參與。而在一年內會有兩次的大物盃，分別是冬季大物盃及夏季大物盃，主要會進行籃球、排球、羽球、桌球、網球、壘球這六個項目的競賽。盃賽舉行的目的主要是為了讓各校物理系的學生們透過「運動」這個共同點，一同來增進各校間的交流；並且透過此活動來提升校園中的運動風氣，藉由各校之間互相的摩擦及切磋，使得各校的選手們能在球場上展現自己，以此達到互相勉勵上進的目的；也可以透過此活動增進各校系隊內部之間的向心力，透過一個全國性的盃賽，讓各校系隊間不同年級的學生們有一個共通目標，使得系隊之間有共同的理想，讓各校的系隊傳承，以此達到生生不息的效果。

而今年冬季大物盃是由中央主辦，因此會需要許多人力來幫忙處理各項事務，如：協助選手檢錄、搬運器材之類的事務。因為這是一個相當難得的機會使自己站在大物盃主辦方。畢竟這是一個八年一次的難得機會，希望大家能夠一同參與這個活動，要是大家有興趣可以私訓或聯絡我哦~

總召：郭來翔
手機：0932621032



系羽

中央物理系羽不僅僅是一個練球的系隊，更是一個凝聚大家感情的地方。

每周兩次的練球時間，在場上，由具有多年經驗的學長姐教導各種基本球路、攻防跑位、戰術分析；在場下，學弟妹向各年級的學長姐詢問課業、實驗課遇到的問題，或者是互相交流系上的各種八卦甚至是火紅的手機遊戲，在系羽裡，沒有所謂的「不同屆之間的鴻溝」，透過系羽讓很多學弟妹能夠認識與自己年紀相差甚遠的學長姐，甚至成為了很好的朋友。學長姐也可以透過學弟妹了解下個世代的想法、流行語等等，讓自己能跟上潮流。



2018年物理系校友盃



2018年聖誕交換禮物趴

每次練完球之後，系羽都會聚在一起吃頓飯，討論剛剛的練球狀況以及聊天，漸漸系羽的感情越來越好，甚至是平常沒練球的時候也會自己揪吃飯、揪打球。除此之外，系羽時常也會舉辦一些練球外活動，例如寒暑出遊、冬至煮湯圓、端午吃粽子、聖誕節交換禮物等等活動。之所以能夠舉辦這些活動，是因為背後有一群默默地為系羽付出的人，從活動的構想、籌畫、採買、主持、攝影等等，有系羽每一位夥伴的付出才能夠成就今日的系羽，大家對系羽的向心力是支撐系羽的梁柱，在這邊特別感恩不停地為系羽奉獻以及凝聚大家向心力的學長姐。



系羽寒出遊

系 桌

沁涼的夜晚，一群人拋開了一整天的疲累和煩惱，來到桌球室全神貫注投入其中，沉浸在算球、拚球、鬥智鬥勇的刺激感裡享受打球的樂趣，這就是中央物理系桌。而平時練球除了練體力練球技外，也是鍛鍊隊員們的謀略和心理素質。打球像下棋，佔有優勢得想著如何揚長避短，並考驗抗壓性，居劣勢則想著如何破壞節奏，也考驗膽量，如此在打球過程中學到的就不只用於球，而是生活中大小事時都能用上，也能為自己增加信心和成就感。此外，系桌除了每周兩次的練球打屁聊八卦以外，當然也有其他大大小小的活動，凝聚隊員之間的感情。



大物盃:系桌裡每學期最重要的比賽，不只是檢視這一學期努力的成果，也是大家一起出去玩的好機會。



系際盃:一年一度最刺激緊張的校內戰，在這一年男子組拿下了殿軍，女子組則拿到季軍。



隊烤:中秋月圓時大家齊聚一堂享受一家烤肉萬家香的樂趣。



系桌保齡球團:除了小球，偶爾當然也要換大球玩玩啦XD



聖誕節交換禮物:聖誕節時大家一起體驗交換禮物的驚喜和刺激感。

隊聚:每學期期初期末的聚餐,也是大家商討系桌大事的餐會。



隊出遊:大家一同出遊聯絡感情創造美好回憶。



是的,這麼溫馨,這麼好玩,這就是中央物理系桌。很开心在大學生涯裡有那麼一群朋友,未來的路上,有你有我。



系籃

物理系籃是由一群熱愛籃球的男人們所組成的,大家在系籃球場上互相競技,平時槍口對內,比賽時槍口也對內,開玩笑的。當然大家感情還是不錯,一星期中有兩次練球,平時不斷的積累就為了比賽能嘴砲對面,上學期有大物盃和聯盟賽,下學期有大物盃和系際盃和大理杯,你會想問怎麼又有大物盃,沒錯就是又有大物盃,這是全國物理系的盃賽,其他系也會有大其他盃,兩天的賽程可以讓大家增進感情,增廣見聞。一學期我們主要也會約一次隊聚,當然想約兩次約三次也是可以,端看荷包的深度和廣度。最後,古人云:生命中相遇即是有緣,團結就是力量,我們會緊握彼此間的牽絆,在風雨之中走出屬於我們的路。



系 排

雙眼緊盯著球在空中的動向，片刻間急劇收縮的肌群將身體從地面騰起，當所有人的目光都集中在攻擊手流暢的躬身以及猛力的揮臂時，前一刻在空中的球已突破對手的攔網，猛然下墜到對面的三米線上。攻擊手使了個眼神給舉球員和後排的隊友，再來一球好球吧！

這就是排球的簡單與純粹，考驗著團隊的默契，在三球的限制內將富有威脅性的攻擊構築起來。任何微小的失誤都是牽一髮而動全身的，怎麼及時修正，也大大考驗著每個排球人的臨場反應。

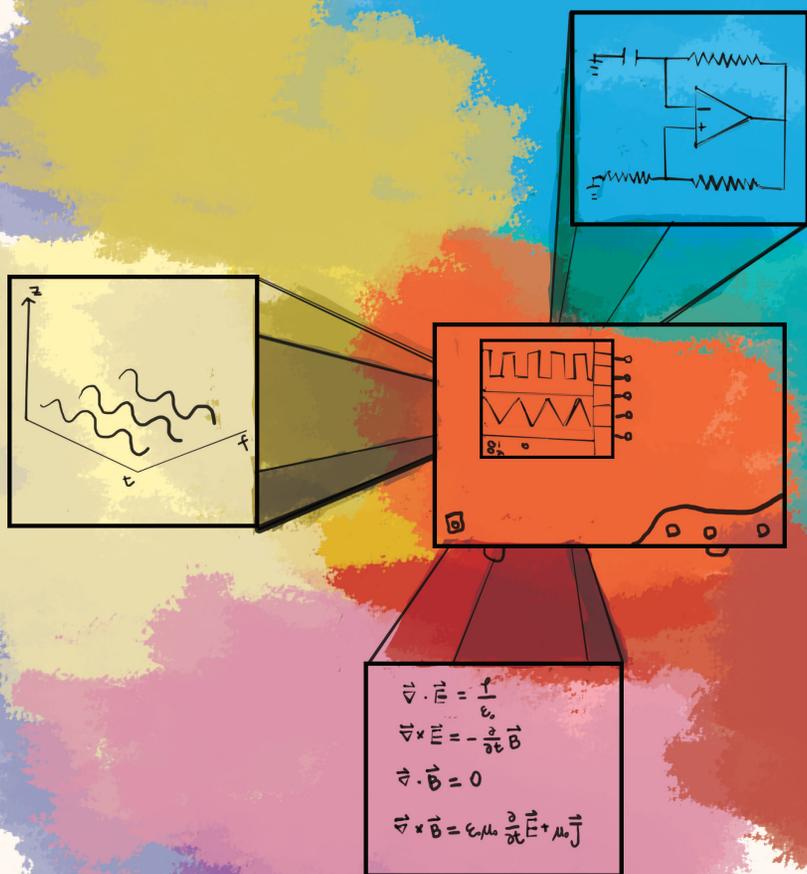
系排就是由一群喜歡排球的人組成的。練球的時間通常在晚上，但是在星期幾並不固定，學期初的時候各系隊隊長會協調場地及時間，隊長會依據隊內的情況，選出最合適的時間來練球。練球內容包含體能訓練、基本功的加強和默契的培養。一段時間後，會依據每個人的能力或適合程度，將位置(例如：自由球員、舉球員、攻擊手...等等)分配下去，組成一支球隊。在練球以外的時間，大家也會相約去打球，偶爾學長姐也會一起回來，就是一個切磋球技和感情交流的好機會。

隊上一個學年的既定盃賽有：新生盃、聯盟賽、冬季大物盃、理學院盃、系際盃、夏季大物盃，上下學期各三個比賽。大物盃是跟全國物理系一起打的比賽，比賽地點常常在其他學校，取決於主辦單位輪替到哪一間大學。其他的盃賽都屬於校內比賽。

如果你也熱愛打排球，想如強弩一般扣下關鍵的一球、如守護神擋下敵人的猛烈攻擊，或者成為最強的助手，舉出最好的球，歡迎加入物理系排！



教授採訪 與實驗室參訪



教授簡歷

1997年畢業於國立台灣大學物理系，2005年畢業於美國賓州大學物理博士班，博士班畢業後進入美國費米實驗室擔任博士後研究生。經歷近四年的博士後研究，之後回到台灣擔任國立中央大學物理系助理教授的職位，並於2013年9月晉升為國立中央大學物理系副教授。

什麼是高能物理

運用對撞機使高能量的粒子相撞，來產生一些基本粒子與其他的粒子，並描述這些基本粒子與他們之間的交互作用力，所以稱之為高能物理。基本粒子的定義為沒有內部結構，例如夸克。如果不是基本粒子，比如說原子，因為它有內部結構，在吸收能量後可以被激發。目前高能物理已統一了電力跟弱力，但還沒辦法完美統一強力、電力、重力和弱力，統一這四種力就是目前高能理

論的目標之一，並藉由提出新的解釋模型，預測新粒子的存在。

目前研究

希格斯粒子的分析挑戰

2012年大強子對撞機發現了希格斯粒子，有助於解釋為什麼基本粒子會有質量，目前的分析，大多在找哪些粒子會衰變成希格斯粒子。希格斯粒子並不是個穩定的粒子，在一般的狀況下很快就會衰變成兩個夸克。如果希格斯粒子一開始是靜止不動的，那衰變的結果就是兩個夸克往反方向跑，在偵測器看起來，就是在兩個區域留下能量；但是如果衰變之前就有很高的速度，因為動量守恆的關係，兩個衰變出來的夸克之間的夾角會因為速度越快而越小，在偵測器看起來，本來在兩個區域留下能量，變成了同一個區域。而在高速下較為困難的分析，正是教授喜歡挑戰的部分。



余欣珊教授講解偵測器結構

暗物質的分析與描述

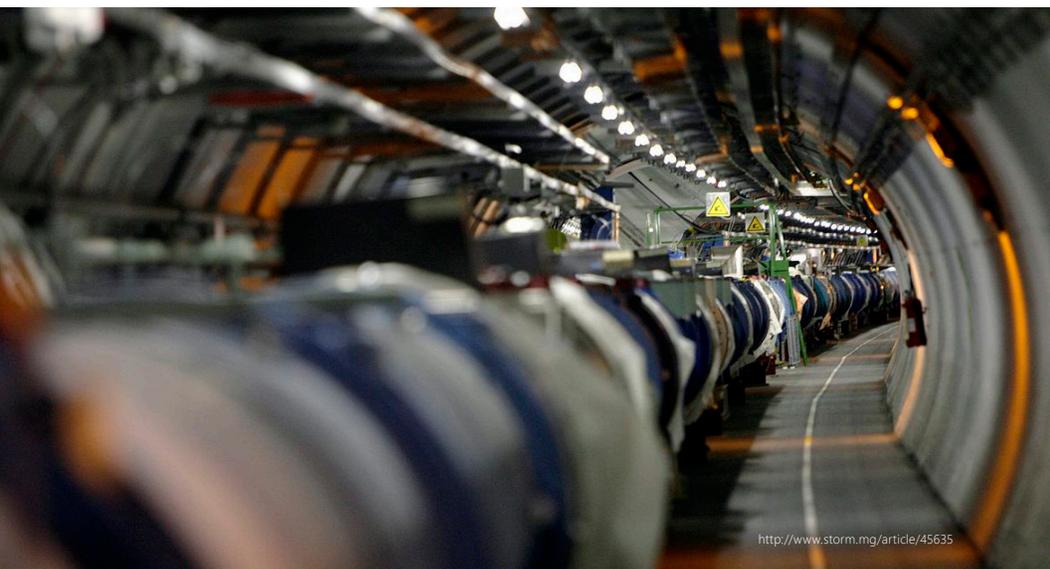
隨著暗物質的發現，我們知道暗物質不與電磁力產生作用，具有質量，只能通過重力產生的效應得知。在天文物理實驗中，必須以觀測去了解暗物質的特性，但這相當困難，因為宇宙並不是一個很有系統的環境，所以有一些理論學家預測，在加速器中可能可以產生暗物質。由實驗數據分析可以知道，理論學家所預測的一些新粒子有可能衰變成希格斯粒子和暗物質，但衰變前後的動量卻不守恆，如果不是實驗數據錯誤，那必定是存在一個無法由偵測器偵測到的不確定粒子，無法被偵測卻帶有動量，性質非常類似暗物質，而教授目前想挑戰的就是證明此不確定粒子就是新發現的暗物質。

教授訪談 Q & A

系刊：請問教授的教育理念是什麼？

教授：早期在上課的時候比較嚴肅，不喜歡講一些題外話，喜歡有較多的師生互動，不時會丟出一些問題給學生。有些學生可以很快地回答我的問題，後來發現，那些學生都有自己學習的能力，不用我的教導，所以我現在的目標是教導那些有興趣但思考沒那麼快的學生。有學生曾經跟我說：「老師你上課非常好，可是不知道為什麼讓人非常想睡覺。」如何讓學生不睡著，並一直有辦法維持注意力，這是我還在檢討的地方，現在

的作法是，在課程講解完後會放一些影片或丟出一些問題，讓學生們可以思考。目前我教過的課有普物、電子學實驗、近代物理，在普物課是希望可以激發對物理的興趣，對物理系的學生，會出一些作業讓學生練習，因為有些東西聽過一次後往往都覺得自己會了，練習後才發現其實不會。而最好的辦法就是自己當老師，因為在教學的過程中，有些東西才會想得更清楚。所以有些東西覺得不懂，就試著跟彼此解釋，一定要自己懂了後，才可以上台講給別人聽。



系刊：請問教授有什麼建議可以給現在的大學生嗎？

教授：懷疑一切，不要輕易去相信，就算是課本寫的也一樣。可能你們現在還在學習，要先吸收消化學到的知識，沒有那個時間去懷疑。我希望你們之後有機會，回頭看之前學到的東西，因為學到新的知識，想法可能不一樣了，再回去看之前課本上講的合不合理。另外一定要懷疑老師講的東西，或是實驗室裡的東西，如果你之後要走研究的話，一定要養成這個習慣。這個時代很方便，很多東西都可以在網路上查到，但是網路上的東西也是任何人都可以放上去，必須要能獨立判斷對或錯。再者，英外語能力很重要，你們現在也都是看原文書，很多東西也是英文講的比較清楚，就算之後不往研究發展也一樣。我之前有個研究生，他目前在台積電的工作，做研發工程師，我那時候覺得很奇怪，他以前沒有做任何偵測器，怎麼可能會去做研發工程師。原來台積電在面試他的時候，得知他之前在做高能，時常會去國外開會、接觸國際學生，開會跟溝通都是用英文，就算不往學術界發展，對業界而言，要研發一個新產品，可能要經常跟國外的專家開會，當你英文能力越好，在業界也越吃香。我們現在實驗室開會也都是用全英文，剛進來的學生可能一開始會比較緊張，但之後會慢慢習慣，比較大的問題是我聘的博士生都是來自各國，都有不同的口音，溝通上會比較吃力，這個就比較困難，需要慢慢練習。



余欣珊教授正在講解模型

系刊：如果有學生想進老師的實驗室或對相關領域有興趣的話，老師有什麼建議？

教授：首先要將狹義相對論、量子物理學好，更重要的是，要有很強的動機，還有不能排斥寫程式，我們常常做數據分析會用到C++或是Python，平常做實驗都是用一些商業軟體，去計算平均值以及標準誤差值就好了，但是在做一些高能物理的物理量計算時，基本上要會自己寫程式，才能去分析大量的數據並對數據作圖。我曾經有個學生非常喜歡高能物理，但他非常討厭寫程式，所以這成為後來他離開的原因之一；另外，喜歡動手做的特質，不只是高能物理實驗，其他實驗也都一樣。在修課的時候，可以解出一個習題就很高興了，但在做實驗時，事實上你可能要做很多次重複的事情，有時



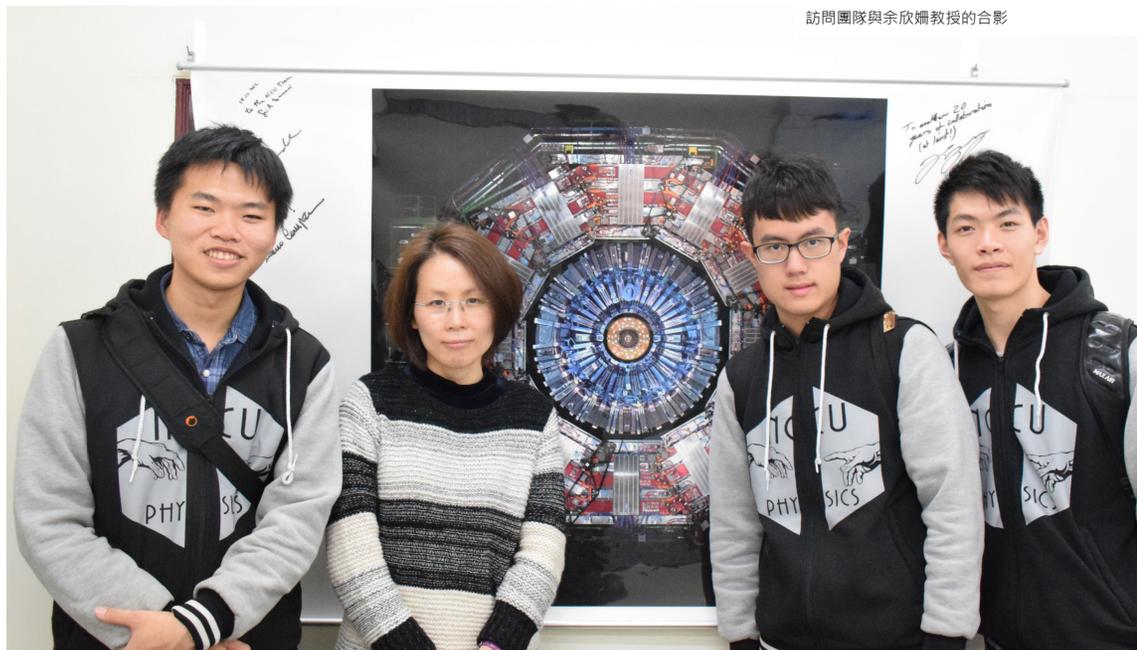
余欣珊教授講述在費米實驗室的經歷

候畫圖可能被要求畫好幾百次，尤其是像我們這麼大型的實驗團隊，每個人都會對你的分析有意見，甚至是在檢討圖表的線要用什麼顏色，日子久了，也許會覺得很煩悶，這時請記得當時的初衷，假設你可以接受這一切，就可以在這一條路上走得比較遠。

系刊：會推薦學生到國外去看看嗎？

教授：以自己身為老師的身分，當然會希望學生願意留下來，但就一個人的學習而言，我覺得換環境比較好，因為在一個環境待久了會容易有惰性，當然這還是要看個人，如果本身是對自己要求較高的人也許會一直去維持很努力的狀態。那麼換環境的好處，比如說我之前的博士後研究，他從原本一直在做的偵測器換到了另一個，因為偵測器構造每台不見得完全一樣，那些很多年習以為常的東西，拿到另一台偵測器從新想過一遍，才會發現之前的理解是錯誤的。這麼說並不是指到國外一定比較好，但是能出國去體驗不同的風土人情也是不錯的機會。

訪問團隊與余欣珊教授的合影





鄭劭家教授訪談

撰文:黃勢棠、李律昕

抱著緊張的心情踏入辦公室，等待我們的是一張整齊書桌、條理分明的文件櫃、擺放於玻璃櫃中的實驗器材，以及一副親切中帶點靦腆的笑容與兩張舒適的電腦椅。教授用親切的態度，化解了辦公室裡凝結的氣氛，在經歷了沒有隔閡的三個小時，一趟思辨之旅就此落下序幕……

教授簡歷

1990年畢業於國立中央大學物理系，2000年畢業於國立中央大學光電科學研究所博士班，而後短暫的擔任博士後研究員，在2001年04月～2002年01月，這九個月的期間進入業界擔任開發人員，而後重回學術界。2002年02月成為中華大學電機系的助理教授。2005年08月，轉任中華大學微電子系助理教授。2008年02月，回歸國立中央大學物理系，擔任助理教授的職位。2014年08月，晉升為國立中央大學物理系副教授。

現實與理想 踏入物理的世界

為什麼想讀物理系？一聽見這個問題時，教授露出了苦笑，並沉思了一會兒，才慢慢地說道。

其實當年的他對於自己想要讀怎麼樣的科系並沒有很明確的方向，他也沒想過自己有一天會坐在這裡。高中的三年內，他的物理在所有學科中一直表現得很亮眼，自然而然覺得應該選擇理工科系，但對未來又不是很確定，在許多人的建議下，就選擇了有興趣、出路又廣的物理系，畢竟物理也是許多科技的基礎。

這與物理系教授在大多數人眼中（早早立定志向，自由自在的朝向物理之夢前行）的形象實在不太一樣，原來在面對選系，劭家教授也曾像一般人徬徨不已，找不到未來方向。

那麼到底是什麼原因讓教授走上學術

之路？是因為在大學這四年時間內，發生了什麼事情？還是遇見了誰？不過教授的話似乎還沒說完，他繼續說道。

一進到大學裡，他就發現，大學所學的物理與他想像中的不太一樣，上課基本上都在學習物理公式與計算技巧。教授還說，當時沒有像現在這樣的實驗物理課，頂多只有套裝實驗，而套裝實驗能學到、體會到的事物實在太少，這樣的學習方式，使得他漸漸地失去對物理興趣，大二時甚至認為自己不是讀物理系的料。

聽到這番話，我們也不由自主的苦笑，這不正是許多大學生的寫照嗎？曾經滿懷熱誠的開始大學的新生活，期許自己能在未來的某一天在書上留下自己的名字，但在求學的過程中，迷失在這茫茫數海之中，而忘記了當時的初衷。

教授重拾對物理的熱誠，是在加入易台生老師的實驗室的那一年，在老師的實驗室體驗了許多設計、實際執行實驗的機會，才重新理解，原來物理並不只是那樣，還能夠這樣做、這樣學、這樣玩。

好奇心常源自於自然現象。物理學家們在發現問題後，進行歸納、推論，以找出這些現象的規律，並建構出一套模型。部分現今的學生歷程，或許已將這樣的過程顛倒了過來。但不可否認的，無形之中，會使部分的學生與真實的物理脫節，失去對物理的興趣。鄭劭家教授或許也曾經體驗這樣的感受，但在物理研究實驗室裡，重新體悟了物理。

改變跑道 光電研究所

在做訪前調查時，我們就有注意到鄭劭家教授的碩士與博士都待在光電研究所，這在中央物理內十分少見。是否有什麼特別的原因，而選擇就讀光電研究所？

畢業前教授也對未來的方向感到迷茫。到底是要去工作、念研究所、轉系、出國，每件事都是個選擇。

「從以前到現在都一樣，念物理有個問題，出路太廣，反而很難找出未來的目標。」

教授在大學階段曾經接觸過雷射與光學，為了興趣與培養一技之長，再加上當時光電是國家發展的重心，教授抱著這樣的想法進入光電所。

但畢竟物理系所學的還是與光電系有所區別，難道在學習的過程中不會碰上什麼

問題或困難嗎？會不會感到適應不良？但是教授似乎挺享受在光電所學習的日子。

「我很喜歡當時那裡的感覺、風氣。」教授說。光電物理雖然是應用科學，但是應用科學也需要朝尖端發展，而越往下鑽研，面對的問題就會與物理越來越相關，而物理系的訓練培養了他與其它研究生不同的思維，提供不同的角度去思考一個問題。至於要與本科生相比有什麼不足？教授認為倒是沒有太大的問題，如果遇到不會的問題，再學都來的及，而且因為問題就在你面前等著你，學習也會比較有效率。而且光電的實驗較為應用，對他來說做起來也更有目標，也更能夠與生活產生連結。

相較於物理系活躍於學術界，光電研究所所有更多的機會與業界接觸。教授提到，物理系的研究方向與器材，大多比較適用於

基礎研究。但為光電所進行之研究較偏重於應用，業界對此往往比較感興趣，時不時會與他們合作、交流。

重返校園 邁向學術之巔

教授從光電所畢業時，政府剛好在推動卓越計畫要提升各大學的水準，因此有留在學校成為博士後研究生的機會，教授當然把握了這次的機會。在幾個月後，業界的機會也找上門了，而且與教授博士後研究的題目相關，考量未來的發展，選擇進入業界，也在其中累積了許多在學校中不曾體會到的經驗與看法。

在業界待了幾個月後，教授參加了中華大學的教師徵選，正式踏上學術之路。教授提到，他還在中華的時候，曾經與NDL(國家奈米元件實驗室)合作過，他的學生也時常會去那邊做實驗，他也是在這個時候接觸到奈米光學。在學術界闖蕩幾年後，教授再一次回到了中央大學物理系。而當時徐志民老師帶領剛回到中央的劭家教授在他的實驗室做實驗，也就是教授現在所帶領固態光學實驗室。

教授這一路走來，經歷了許多波折，就讀別系的研究所、進入業界，又輾轉回到物理系進行學術研究。繞了一大圈最後回到了原點，對此有些人或許會認為這樣是在浪費時間，人生應該從盤計劃、規劃，並依照自己制定的計畫前進。但是有誰能說教授所經歷的這些，在經過了這些波折後，重新找回對學術的熱誠都是沒有意義的嗎？



遠紅外物鏡

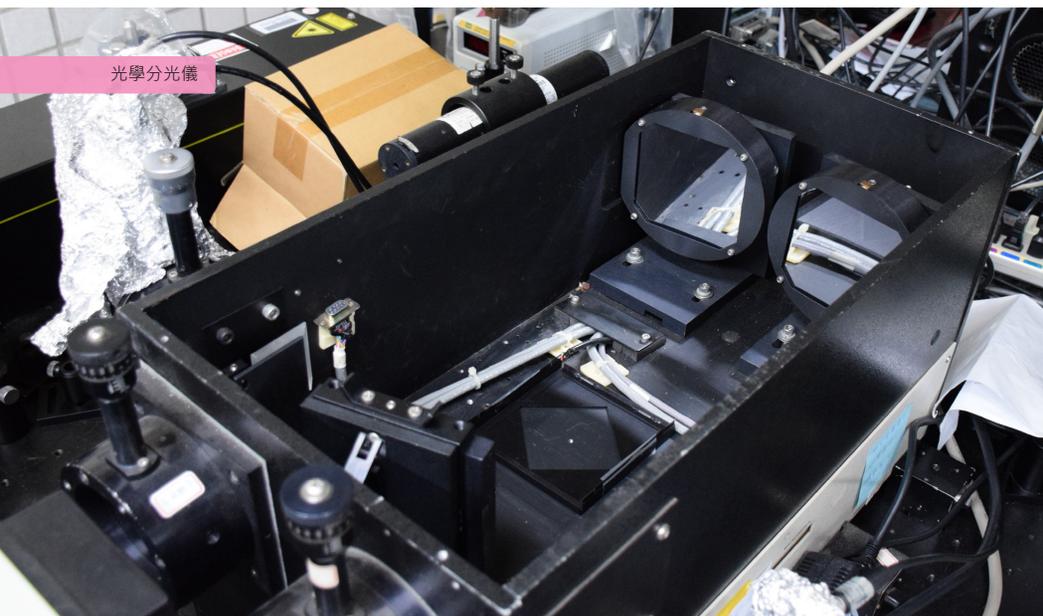
固態光學實驗室

在教授說完自己的故事，並表示有任何問題盡管問的同時，我們立刻提出這個基本的問題：什麼是固態光學？

對許多物理系的學生來說，固態光學是一個未知、神秘，而且新奇的領域。

教授想了一會兒，先說道：「簡而言之，固態光學就是以光學方法研究固態材料。」

通常固態光學所研究的材料以晶體居多。晶體中的原子在規律排列的情況下，會形成特定的能階結構。每種不同的材料會有不同的能階結構。藉由照射光束供給足夠的能量，會使晶體內的電子躍遷至高能態，然後可能以各種機制輻射出光子。透過觀察這些光子所對應的頻譜，即可推測晶體內的



能階結構，並深入研究所相關之物理現象。

在固態光學實驗中，經常以這樣的方法研究一些新興材料，找出它們的電子能隙。另外會在晶體中加入其他元素，使原本材料中的原子被取代，改變晶體的結構，也會改變它的電子能隙。藉由添加其他元素，可以調整晶體的電子能隙，而這樣的技術可以應用於製作半導體與電晶體(transistor)之素材。

而實驗室目前的研究主題，部份為現在十分新穎的主題：二維材料，例如石墨烯、硫化鉬等等。另一部分則為氧化鋅合金的相關題目。

那麼如果想要進入邵家教授的光電實驗室需要具備怎麼樣的能力與先備知識呢？

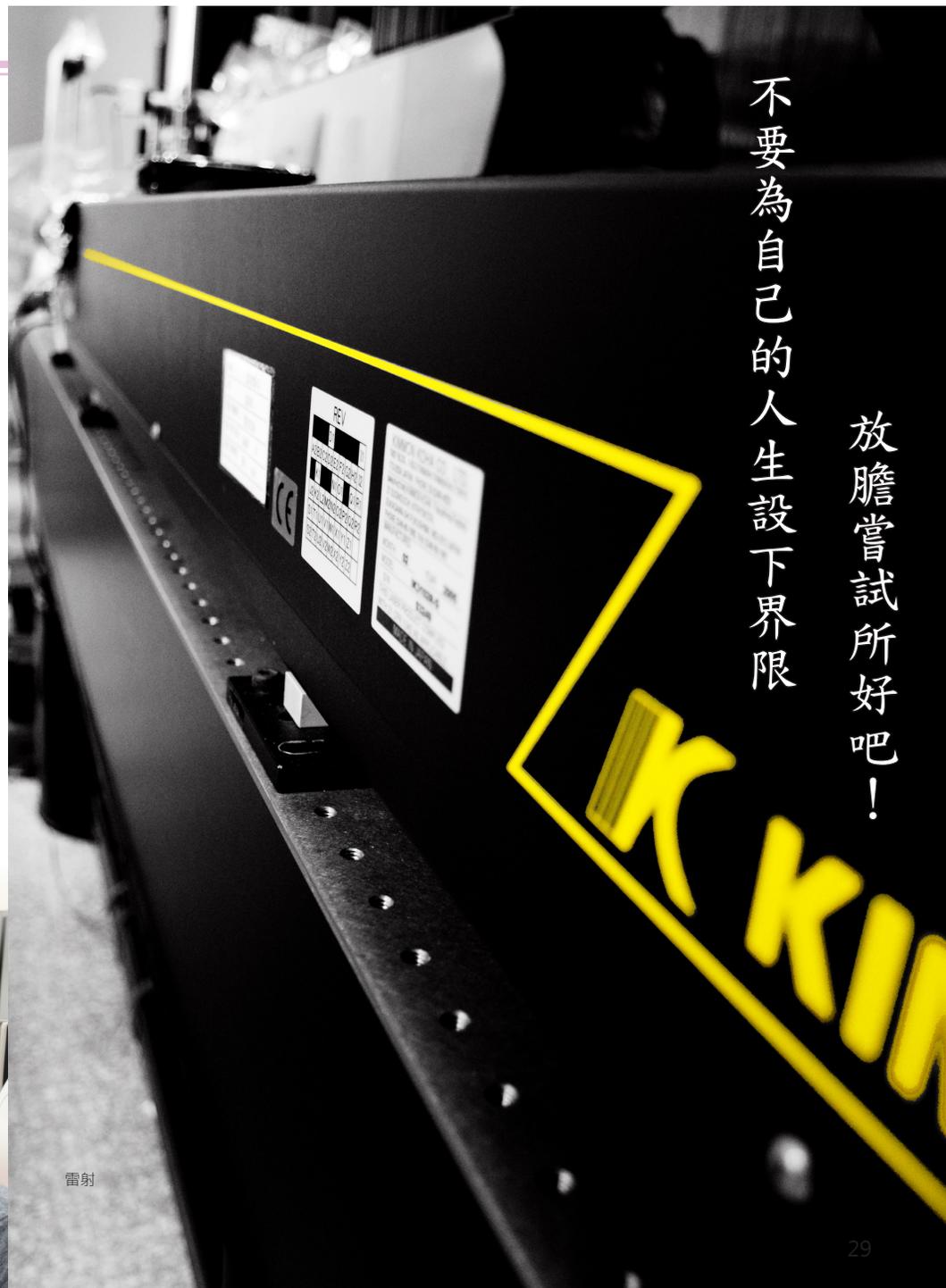
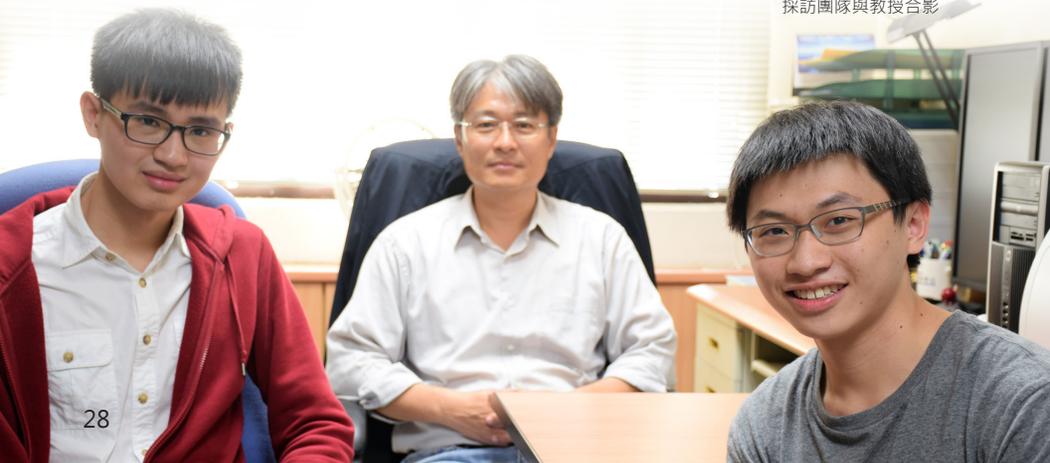
教授表示，其實並不會特別要求須要具備什麼能力，主要還是在實驗室邊做邊學，不過因為是固態光學，所以如果對光學或固態物理要有些許的概念，對研究會有所幫助。但主要還是進入實驗室，邊做邊學。而且教授認為，會用到什麼東西再去學，是

比較有效率的做法。他還舉例，例如普通物理，我們學了整整一年，但實際上常用的部分與概念，其實非常的少。有一個具體的目標，真的會比較有效率。對教授來說，比起需要具備什麼能力，更重要的是對學習，以及這個領域有熱誠、有興趣。十分歡迎有熱誠的學生加入。

勇於嘗試・大膽追夢

對未來抱著明確的方向固然是好事，但是由邵家教授的歷程，或許可以告訴我們，這個世界遠比我們想像的多元，就算是最聰明的人也不可能百分之百預測下一刻的未來。會對未來感到不確定、迷茫是人之常情，但重要的是不能失去嘗試新事物的勇氣與熱情。這個世界上有許多有趣的事物，正等著我們去探索與體驗。物理系的經歷，將是人生的一個起點，四年所學也會深深地影響我們的人生觀、價值觀、做事的態度與方法，對我們產生深遠的影響。

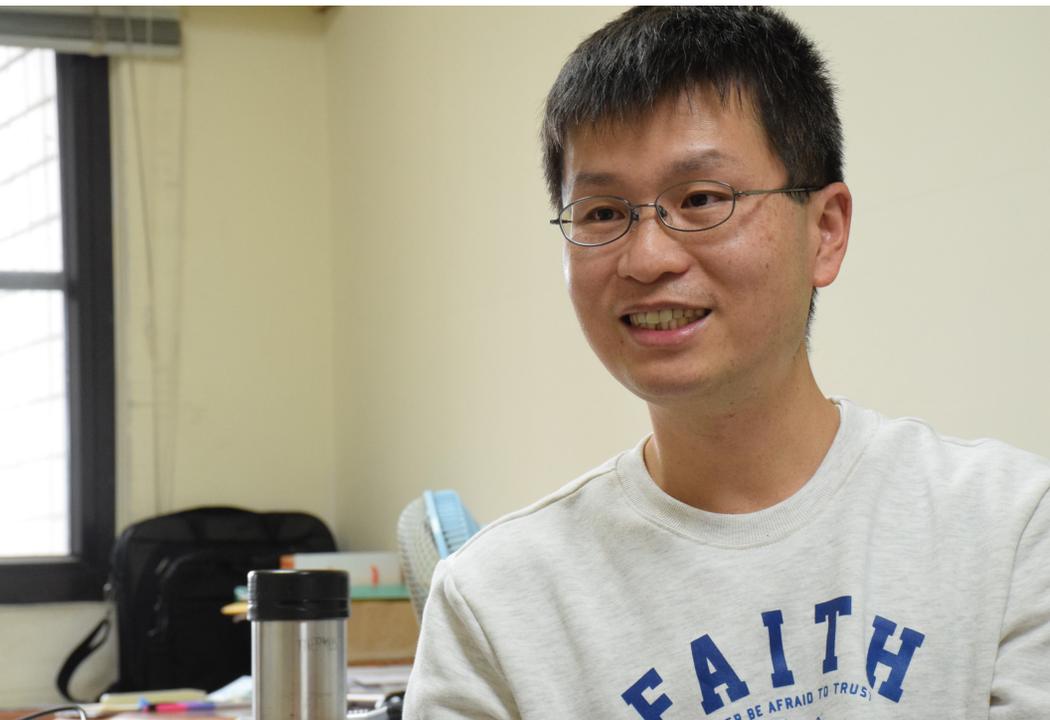
採訪團隊與教授合影



雷射

不要為自己的人生設下界限

放膽嘗試所好吧！



陳永富教授訪談

撰文：張祐禎、劉又齊

在**低溫**中

追尋**物理**的奧妙

教授簡歷

陳永富教授為現任中央大學物理系助理教授，1998年畢業於國立台灣大學物理系大學部，並於美國馬里蘭大學取得物理博士學位。畢業後先後在美國伊利諾大學和威斯康辛大學進行博士後研究，並於2011年到國立中央大學任教，更在103學年度獲得「校教學優良獎」。教授研究的領域是低溫物理、固態物理，主持的實驗室為「低溫物理實驗室」，主要進行低維度材料的物理性質、超導功能性元件和統計物理方面相關的研究。

教授會選擇進入學界繼續做研究跟教授的個性和過去學習的歷程有關。教授在念物理系大學部的時候就非常喜歡從物理課程學習到的知識，進入研究所做研究時，因為教授的個性比較沉穩、安靜、不怕無聊，所以每當做研究遇到比較枯燥乏味的時候都能夠安然地度過。另外就是教授很喜歡世界和宇宙和諧的感覺，而學物理可以觀察到很多這樣的現象；而且教授在學習的時候時常會有一些莫名的興奮感，這些興奮感也能帶給教授很大的滿足和自信心，所以教授喜歡學習和做研究。

低溫物理

什麼是「低溫物理」？

「低溫物理」原則上只要跟我們生活環境相比，溫度相對低很多的時候所會發生的物理現象都屬於「低溫物理」的範疇。透過人類好奇心的驅使，現在的低溫技術如果不是經由很困難的方法，大概可以降至0.01度左右，在溫度越來越低的過程中，可以發現物質有一些以前沒有觀察過的變化。

我們討論的溫度是屬於固體或液體的塊材，也就是物質的量是很大的時候；而一些物理系統是一群分子或一群氣態原子，它就不太屬於「低溫物理」的範疇，它比較屬於「原子與分子」的範疇，所以我們一般談「低溫物理」講的是巨觀材料溫度降到很低的环境做的研究。

「低溫物理」主要是在做什麼樣的研究？

「低溫物理」的研究包羅萬象，我們知道物質有三態，氣態、液態、固態，但實際上物質的狀態的分類遠遠多過這個，在溫度環境越來越低的時候，我們會發現越來越多的「有序態」，當物質從固態到液態再到氣態時，它會越來越「有序」，所以我們就會說它進入另一個「相」，但是在低溫的時候會有更多的「相」會出現，這個「相」不僅是原子的排列，它有可能是電子的排列，這些電子會有一些有趣的排列行為，所以當溫度越來越低時，一些有序的行為會變得越來越多、越來越重要，那這個是低溫物理喜歡研究的範疇。

另外有些物質非常特別，它在低溫的表現跟其他物質不太一樣，最有代表性的例子就是「氦」這個材料，因為所有的材料在溫度低的時候都是固態，但是氦這個是這個世界上唯一一個在低溫的時候是液態的材料，它跟它材料裡的量子效應有關係，也就是量子效應在氦這個物質表現特別重要，所以低溫物理有一個很重要的分支就是在研究氦這個材料的物理性質。除此之外一些功能性元件、感測器、物理常數標準與單位標準量測元件等等，可能需要在低溫的時候來工作，所以「低溫物理」也會做一些元件物理的研究。還有一個重要的分支是人造原子，因為原子能階特別小，它的工作範圍必需要在低溫的時候才能夠做，這也是低溫物理相當蓬勃發展的一支。

低溫物理實驗室

實驗室目前在進行什麼研究？

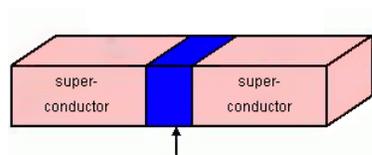
1. 低微度材料的物理性質

「低溫物理實驗室」主要的研究工作第一個是研究「低維度材料」的物理性質，在過去，我們所持有的材料是塊材，因為我們處的空間是三維空間，所以我們所經驗到的材料都是三維材料，但是大概在二十多年前，有一些比三維度還要更低維度的材料被合成出來，以往認為這些材料不會穩定存在，但事後發現是可以合成的。「低維度材料」的定義是：在材料中粒子傳輸行為與交互作用如果侷限在一個維度，它就是一維材料，例如奈米碳管；如果是侷限在二個維度，那它就是二維材料，例如石墨烯，本實驗室對低維度材料的物理特性是很有興趣的。

2. 超導功能性元件

另外一個研究工作是超導體做出來的「超導功能性元件」，超導體做出來的原件最重要的基本單位叫做“Josephson Junction”，中文叫做「約瑟芬結」，它是一個先有理論才有實驗的東西，我們把兩個超導體放在一起、靠的很近，中間如果是隔一個不是超導體的材料，那麼這樣子的一個元件會有一些特殊的表現，它可以乘載超導電流，這個超導電流是電荷在傳輸的過程中不會有任何的能量耗散。這

個「約瑟芬結」是大部分超導元件中最核心的元件，從這個元件出發可以做很多不同的堆疊和設計，搭配其他的元件可以做出一些感測器，最重要的就是磁場感測器和光感測器，最靈敏的磁場感測器就是用一個環形電感加兩個「約瑟芬結」做出來的，叫做“SQUID (superconducting quantum Interference device)”，那它也可以做光感測器，它能感測的頻段可能從微波一直到10的12次方赫茲都有機會應用，所以在做微波頻段的天文觀測的感測元件也是用「約瑟芬結」做出來的，本實驗室也對「約瑟芬結」這種功能性元件有所研究。



「約瑟芬結」示意圖

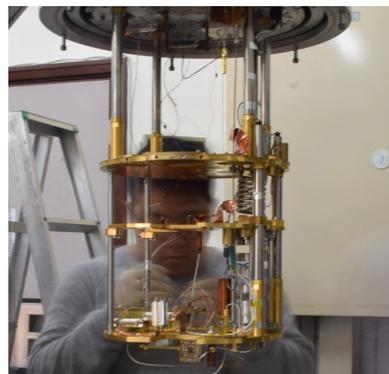
3. 單電子元件、統計物理

另外還有一個研究工作是在研究「單電子元件」，此類小尺度元件只能允許單一個電子的進出，更多的電子進出付出的能量代價太高不允許出現，我們觀察單一個電子在元件裡面的運動行為，探討小尺度系統處於非平衡態的熱擾動行為。

實驗室最主要的設備或技術？

1. 稀釋製冷機

本實驗室最主要的設備是一套低溫系統，這套低溫系統提供我們低溫物理學習的環境，這系統稱為“Dilution refrigerator”，中文叫做「稀釋製冷機」，這個系統使用的冷媒是氦-3及氦-4的混和氣體，這個物質在絕對溫度10度以下仍然是流體，其他物質都是固體，所以極低溫環境仍可以當作冷媒循環使用，這套製冷系統可以提供0.01度的環境，它的製冷功率大概是十的負四次方瓦左右，這是本實驗室最重要的設備。



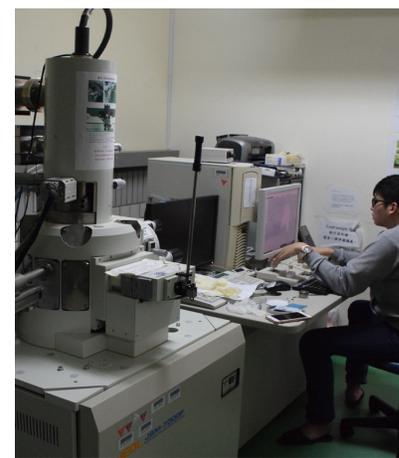
稀釋製冷機

2. 微影技術、薄膜成長、電子束顯微鏡

另外本實驗室會製作元件，需要用到微影技術跟薄膜成長，我們用來作微影技術的設備是電子束顯微鏡，如果電子束操控良好，就可以把它當畫筆來使用，如

果材料對電子束有反應，電子束打過去就可以曝光，如果沒打就不會曝光，有無曝光最主要是對某些溶液的溶解度差異很大，用適當的顯影液溶解就會有圖形，後端的製程可以對顯影的圖形作處理。我們有用微影技術搭配薄膜製程，尺度大概從100奈米到毫米等級，鍍膜設備我們實驗室主要有兩套系統，金屬雖然熔沸點非常高，但如果能夠局部加熱金屬，它會變成熔融態，如果它的蒸氣壓小於製成腔體氣壓就會揮發，就像加熱一鍋水，水會在鍋蓋凝結，所以我們可以加熱金屬，在需要鍍膜的材料上面鍍上金屬，這是實驗室比較重要的設備。

另外這些設備都需要真空系統，所以本實驗室有一些真空設備，我們做的測量需要很小尺度的電訊號，所以會用一些放大器，也有一些分析儀等等。



掃描式電子顯微鏡

教授訪談 Q & A

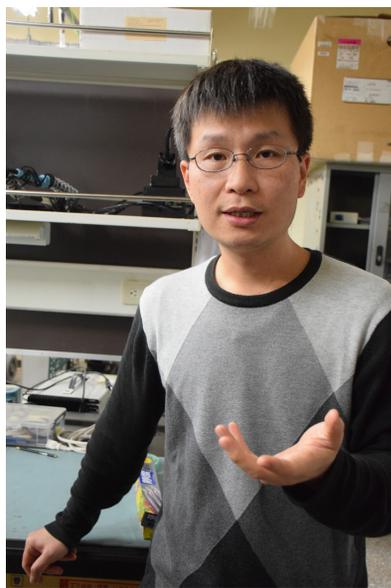
系刊：請問您為什麼會選擇「低溫物理」這個領域？

教授：我想應該是誤打誤撞吧！當我在念研究所才開始有機會比較仔細地接觸到做研究工作。在我博士班一年級的時候，那時在選擇研究領域，第一個我先決定我想要做理論或實驗或是計算模擬，而我主要的考量是我從來沒做過實驗，所以我應該給我自己一個機會做實驗看看。當時我的學校系上有安排每個禮拜一次的演講，由系上的老師來做他們研究的介紹，其中有一位老師的介紹內容相當吸引我，我在他報告完之後就直接詢問他我是不是有機會在暑假的時候參加他的研究團隊、認識他的研究工作，他的工作是研究小尺度低微度材料在低溫環境的電傳輸特性，當時正在研究開發「單電子記憶體」的元件，我覺得相當有趣，就這樣因緣際會選擇了這個實驗領域，從這個實驗室研究開始，我就大量接觸低溫物理這個領域的課題。

系刊：您的教學理念是？

教授：我到中央任教以前我沒有重要的教學經驗，老實說我之前沒有特別想過這一塊，我只是認真地把教學當作是一個重要的事情，學校是一個教育單位，所以教學當然是一個重要的工作，只要認真、一五一十、

忠實地把知道的知識與眼界介紹給學生，應該就是負責的教學，如果學生揣摩到正確的學習態度與有效率的方法整合知識並應用，就是成功的教學，我想我最簡單也是最基礎的理念就是這樣。此外我認為教學是雙向的，是需要互動的，所以如果有一些學生他對學習是熱衷的，他自己有做一些準備，通常這個學習的效果是好非常多的，我也可以從他身上得到很多收穫，所以我很珍惜學生有準備的找我討論問題。



教授正在介紹「低溫物理實驗室」

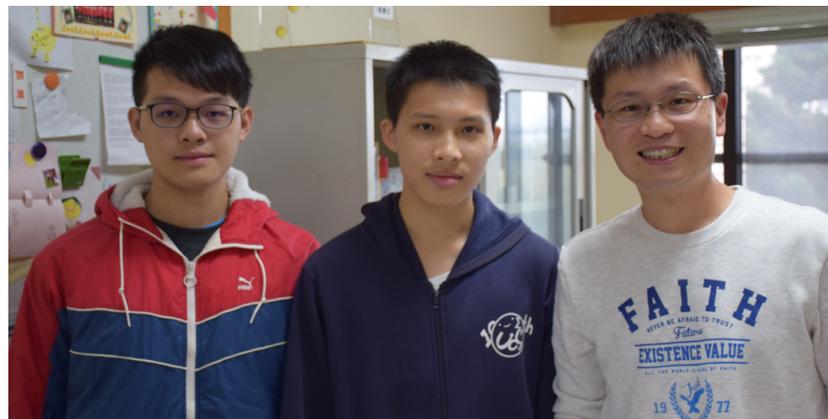
系刊：如果有學生想要進入低溫物理實驗室或想要投入這方面的研究，需要具備什麼條件或修習過什麼課程嗎？

教授：我們希望學生對於事物有一定的好奇心，用邏輯或數學方法來描述物理的現象，有一定程度的興趣，就個性方面，希望學生比較主動、堅持，因為做研究有比較多的不確定性，你不會知道你會學到什麼、看到什麼。至於說要修過什麼課程，沒有特別的要求，因為這可以同步進行，一邊學習一邊做研究，但反過來講就是多多益善，扎實地了解一些核心物理觀念對研究有幫助，數學工具也很重要，但知識很多時候是慢慢拼湊，所以沒有一定要學過什麼，我們系上提供的訓練已經相當扎實了。

系刊：請問您在求學或研究過程中，有什麼特別的經驗嗎？

教授：我在來中央之前，有待過三個實驗室，在其中在兩個實驗室犯了相當嚴重的錯誤，主要就是將儀器搞砸了。第一次是在一個真空的空間，因為處理不當導致液態氦流

入，實驗結束之後讓實驗架回到一般的環境裡，這時候這些液體吸收到外界的熱，就變成氣體而壓力快速累積，最後就爆開，「碰」的一聲，造成一次實驗室爆炸。另外一次也是相當類似，我把一個相當重要的東西放在桌上，但是這東西沒放好結果摔到地上，這東西就裂開了，但裂痕看不到，可是那東西是拿來處理液態氦，只要一點點裂痕那東西就會漏氣，它是用真空來做絕熱，如果漏氣就需要報廢。而這兩位老師重視的是人，他先問有沒有受傷，也都能原諒我犯的錯誤，與我一起收拾修復錯誤的錯誤的後果，給我一定的信心，讓我了解到做實驗是可以允許犯錯的，即使有損失，也是學習的一部分，未來在做研究還是可能會陸續碰到，不要因為損失讓你不敢再做類似的工作，所以兩位老師對於我犯下很愚蠢的錯誤，都很正面的鼓勵，對我影響非常大，我也希望以後如果遇到實驗室的同事同學出了不算小的錯誤，我能夠重視人的價值與關係過於物質上的損失。



訪問團隊與陳永富教授的合影



在亂度持續增加的宇宙，
理出人生的秩序——

李紀倫教授 訪談

撰文/謝宜軒、楊維弘

教授介紹

李紀倫教授為本系現任副教授，1997年畢業於臺灣大學物理學系，畢業後到美國石溪大學攻讀博士學位，之後又到麻薩諸塞州立大學安默斯特分校擔任博士後研究員。主要研究領域為軟物質與統計力學，本學期教導大一學生普通物理，也開了一門統計力學的課。

在勇氣中追求紀律

老師的教學理念是，首先他會希望引領學生去看到一個問題發展的路線，教導我們在思考問題的過程中，應該如何去探討、解決這個問題，並且希望我們去了解更多跟這個問題有關的知識。再者，老師上課時常常會強調紀律，在做物理時，我們通常要學著把一個現象，在不斷的重複描述之後，講得越來越沒有破洞，想辦法去攻防的這種紀律，讓我們的敘述慢慢的成為像法條一樣的事情；在演算上也是一樣，如果在計算的過程中大小寫沒有注意，或是向量符號沒有標註好，會很容易出差錯，以及造成模擬兩可



的認知。雖然紀律很重要，但老師也鼓勵學生從「亂講」開始，要求我們練習陳述一件事。如果因為要求紀律，而不肯說出第一句話，那永遠都不會有接下來的第二句話。

看清自己，每個人都是獨一無二

老師對物理的興趣是從研究所開始的，在大學時期老師個人對物理其實是比較沒有畫面的，當時在台灣，就是每個星期得到一大堆的作業、習題，能想辦法寫出一個或第二個版本，就已經很不容易了，但也因為這樣的自滿蒙蔽了自己對科學圖像的追求慾。出國以後遇到一些比較強調圖像的教授和同學，老師突然覺得物理的世界變成彩色的了！而在手做的計算方面，老師也遇到很多很厲害的同學，尤其在理論背景上，遇到很多的「學霸」，他們早就什麼都已經學過了，比較起來著實令人自卑，到最後老師捫心自問：「到底我需要什麼東西？自己又具備了甚麼樣的特質？」在清楚地了解自己後，老師發現自己對與統計力學相關的理論物理比較有興趣。在學習的過程中，老師也體認到，學習的重點不在於比較，因為人外有人，總會有人比自己厲害，重要的是你到底想不想做這研究，想不想知道它整個背後的內涵。

老師也鼓勵我們：「就學習物理來講，這個過程很長，有時候可能是十年起跳，而當中一定會遇到挫折。當我們遇到挫折的時候，可以問自己是不是真的對這個領域有興趣？以及自己覺得努力是否值得？過個幾年也不會對自己的決定後悔。」對老師而言，物理就有點像宗教信仰一般，我們似乎是虔誠地信奉和去彰顯這樣的科學真理，然而真理並不總是顯而易見，我們也得花上半輩子的時間去接觸，企圖去認識那背後的真理。非常可能地，我們還得常常藉由懷疑和辯證和反覆探討來確認它們。

外地求學，精益求精

到美國讀研究所時，老師看到許多的差異，他認為有交流的機會是好的，看到人家的不一樣時可以想：我到底適合做什麼改變？原本有什麼優點是可以保持的？舉例來說，老師在國外讀書時遇到了一些比較強調從現象出發分析問題的教授，他們的思考方式相較於老師以往使用的理論演譯、直線式思考是很不一樣的，這讓老師在想事情的時候，多了一種思路，一種切入的角度。當然老師自己原本擅長的部份，也是可以繼續維持其能力。

跨領域研究，嘗試新事物

老師所做的軟物質，它的應用體系很多都是在生物上面。老師在做博士論文的時候，做的是統計力學的相關函數理論，與一些蛋白質摺疊的理論，所以老師就學了一些蛋白質摺疊動力學的知識，老師會做這個題目的原因，是因為他一個合聘的老師帶來了這個題目。有趣的是，這個合聘的老師，他那時候的正職，其實是在銀行做財務工程，而這老師早期是在做宇宙論的，後來轉行做生物物理。老師自己的論文指導教授其實也是數學家出身，最後落腳在化學系，所以那種研究組合是看似很混亂的，但這也告訴我們，這輩子會發生甚麼事情，走甚麼樣的路，我們可能會很難預測。

另一方面來說，如果有興趣的話，要去踏入另一個領域沒有想像中那麼難，並不是要什麼事情都懂才能踏入另一個領域，有時候真的是邊做邊學。老師想提醒我們的是，對於有些科目，如果你撇開應付修課或考試的因素的話，說不定還會覺得它們滿有趣的。就如同現在要同學修普通生物學，大家不會覺得特別有趣，但是如果自己開始去做生物方面的研究，那些事情真的有那麼無聊嗎？有些東西就是開始做了之後，才會知道你到底喜不喜歡；有些事物，你把那些原來最憎恨的因素拿掉後，真的還有那麼不喜歡它們嗎？

研究領域

軟物質

比較不嚴謹的定義就是，軟物質在平常的條件、自然環境下，同樣系統似乎可以用很豐富的形態存在。較好的定義是，

該系統的微觀(或介觀，指尺度不大不小)作用能量和我們平常的熱擾動差不多，也因此其形態與結構容易因為相關尺度的能量影響下改變(如力學上的作用，或溫度在室溫附近的調控)，即稱為軟物質。

熱擾動是指在某個固定溫度下，系統隨其平均狀態的能量隨機偏差，例如：單原子分子理想氣體的平均動能為 $3/2 k_b T$ ，但實際上每個分子都隨機的以不同速率在運動。對於有交互作用的(非理想氣體)系統而言，這樣的差異若能使原本黏在一起的東西，可以很容易分開來，或者再結合起來，然後這所謂的「東西」又是比原子尺度大一號的介觀物件的話，這系統就有軟物質的特徵；而相反的像是固體，其微觀鍵結能量遠比平均動能的擾動高得很多，所以它不太可能因為 $3/2 k_b T$ 尺度的能量而打開鍵結或改變結構。

根據以上我們能得知軟物質特色會比較有多樣性，比如說我們吃的果凍，或是刮鬍膏，都算是軟物質。又比如說一朵雲，小水滴它是液體，但它整個形成雲飄在空中，到底是液體還是氣體呢？整朵雲在半個小時至一個小時之內，看起來形狀好像不變，那跟我們所認識的液體好像不太一樣，又有點像固體，這種讓我們依照小學學的固、液、氣三

態分類感到模糊沒有很好答案的東西，就是軟物質。現在我們會對它感興趣的原因是因為生物體系裡面大部分都是軟物質，例如我們的皮膚、肌肉，甚至於我們身上的骨頭細胞。

統計熱力學

所謂統計熱力學的意思就是指多體系統，比如說一莫耳分子的集體行為，它的指標性的特徵(如溫度、壓力、自由能、磁化率等)，它們彼此之間的關係描述(熱力學)，與它們如何與微觀尺度的力學作用相連結(統計力學)，像這樣子的學問，大約一百多年前，物理學家就已經在做了(熱力學的歷史當然更久遠)。近年來，物理學家開始嘗試研究其他非傳統力學系統的統計力學，像是一群魚或細菌，它們的作用是怎麼樣描述？它的特性跟我們本來學習的東西很不一樣，我們常常沒有辦法使用能量守恆、動量守恆，這些牛頓力學留下的觀念來描述。更具體的例子是，像細菌在肚子餓之前，它們的力學行為雖可以用方程式描述，但短時間內卻又無法用能量守恆的方式來探討其特徵。即使如此，它們仍會有一些行為，看起來跟我們以前認識的熱力學行為很像，或者不太一樣的一面，這就是老師和系上許多從事統計力學/生物物理相關研究的老師所感興趣的題材，而這些到後面就常會使用到關於統計和機率的概念。

教授訪談 Q & A

系刊:老師對自己的人生或是未來的研究有什麼規劃或是期許嗎?

教授:

對我來講,好像我這輩子花了很多時間在搞清楚自己是誰,很多事情到最後搞清楚自己的特性以後,反而比較好處理,比如我適合做什麼事情,或者為什麼我遇到挫折時,我會覺得問題很困難,可能都跟自己的個性特質有關。

物理對我而言十分美好,我並不是牛頓,但是能了解一些自然界的原理,會覺得好像有一點成就感,但那成就感並非因為自己是第一個做出來的,有太多的事情你不是第一個做出來的,但不表示你就不應該去了解他,而總是要選擇去做那些比較容易完

成的題目。我認為(純屬個人喜好,請勿隨意跟從)不見得要去最新的東西,然後第一個做出來就比較有成就感,但是我可以了解那些我有興趣的東西,像統計力學、複雜系統這些領域我是真的充滿興致,然後可以去跟其他我認識的理論、物理原理去做比較,我覺得這令人愉悅並有啟示。

在研究方面我不排斥嘗試新事物,所以也許哪一天我有同事突然詢問我是否願意與他共事,我會考慮一下,接著就一起做了,重點在於志同道合。做研究常會是這樣,自己做的時候,會感到疲憊或無聊,若有志同道合的人一起探索一些問題,感覺還不錯,或許彼此在不同機構任職,但是大家一起去學習比較有驅動力。

系刊:老師對未來想往統計力學這個領域發展的學生有什麼建議?您認為他們必須具備什麼樣的能力?

教授:

我只能說:「想清楚。」至於需要具備的能力,恐怕得邊做邊學,我想我自己當初在當學生的時候,也沒有一個老師告訴我必須要具備什麼樣的能力(或者是我根本就沒在聽然後忘了),但是我覺得人的多樣性很重要,所以絕對不可能像一個罐頭工廠,希望塑造出來的每一個學生都有某樣的特徵,若如此以後找機器人來做研究就好了(照現在的趨勢滿有可能的)。

大概就是希望學生可以有檢視自我的能力。我想沒有什麼既定的規則可以去描繪一個物理學家,若有的話,很容易就可以找到其中一個物理學家是違反這個規則的,對吧?這跟物理定律很不一樣。

系刊:請問老師研究的領域,除了擔任教授和研究員外,還有什麼其他的出路?

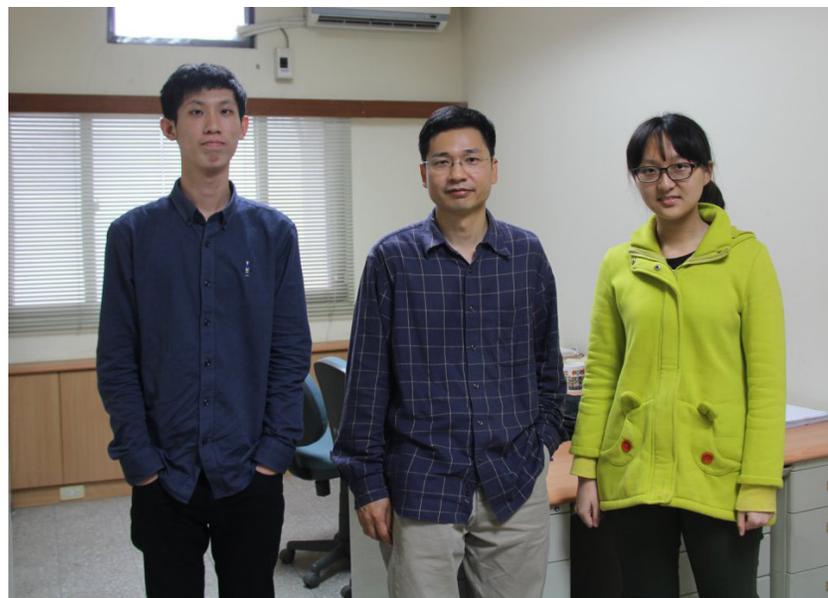
教授:

這要看你在台灣還是在國外了!美國(對不起我不那麼清楚其它國家的例子)企業的種類可以多樣性很高,在台灣相對上多樣性會少很多,所以像我們做這種理論物理研究的,其實在美國,就會去公司裡面做程式設計,或者是去做資料分析,做模型建置,在美國這樣類型的工作包羅萬象;在台灣的話,得觀望未來,當然目前當下的話,稍微少了一點。

系刊:老師有什麼想對大學生說的話嗎?

教授:

我只有一句話,就是20歲的人不需要總是用50歲的人的方法來想事情。成長中每個人都會遇到問題,你們當然會常常聽到我們老師們在囉嗦指教一些事情,或許我們都已變成好為人師的人師了,但是最後做決定還是在你們-20歲的人。



訪問團隊與李紀倫教授的合影

教授簡歷

羅健榮老師現任中央大學物理系副教授，1998年畢業於中央大學物理系大學部，2000年在中央大學物理系完成碩士學位。服完役後在中研院擔任一年的研究助理，之後即赴英國牛津大學攻讀博士學位。畢業後在牛津大學繼續博士後研究員工作，從事有關生物物理的研究。在中央大學任教期間，參與細菌鞭毛馬達轉動機制、細菌鞭毛馬達動力學等等的研究。

研究領域

分子馬達：生物身上有許多分子(蛋白質)可以做力或力矩的輸出，這些馬達被稱為分子馬達。旋轉的馬達現在大概已知有兩種，一種是細菌鞭毛馬達，一種是F1Fo ATP Synthase(三磷酸腺苷合酶或ATP合酶)。

細菌鞭毛：鞭毛可以達到細菌身體長度的五倍，有些菌種甚至可以更長。鞭毛很細，大概只有20奈米寬，在細胞的膜上面有個蛋白質組，大小約50奈米，這個蛋

白會轉動，帶動外面這條繩子，像引擎加上一個螺旋槳的結構。

我們人類目前沒辦法在微觀尺度下做動力機械，毫米大小的馬達就已經非常厲害了，但是細菌上的馬達是奈米等級的。細菌上的馬達其實就是一個電動馬達，靠離子穿膜所得的能量來驅動。生物會維持膜電位，細胞膜就像一個電容一樣，當有一個帶電粒子穿過他，就會得到能量。

分子馬達的研究在物理上課題有幾個，其一是細菌鞭毛如何運動，我們知道他是一堆蛋白質構成且離子流會讓它轉，但背後的原理仍不清楚；另外一個問題則是接近熱物理與統計力學上的問題，在實驗中它得到的能量與周圍的粒子所擁有的熱動能差不多時，它還是可以穩定運作。以效率及熱力學來看這並不是一件簡單的事情，所以我們才會想要知道他是如何達到這件事情的。

有意願的學習是最重要的

羅健榮教授 訪談

撰文：曾昭凱、陳孔祥、莊承鈞



羅健榮教授正在講解分子馬達



實驗室中的玻片

量測前的樣本培養

系上共用的生物物理與軟物質核心設施實驗室提供了教授對養菌與樣本備製方面的需求。裡面有許多設備，例如抽風櫥、無菌操作台、滅菌箱等等設備。此外還有負八十度冰箱達到儲存生物樣本標準的溫度。圖中所示為實驗室中的流變儀，用以測量液體的黏滯係數，還可以量磁流體、電流體。另一個研究設備為各式培養箱，它可以控制溫度用以培養不同的生物樣本。常用的恆溫震盪培養箱可以穩定搖晃試管使培養條件均勻，營造適合細菌生長的環境。樣品的培養通常都在此實驗室完成，再將樣品帶回自己的研究室進行實驗量測。

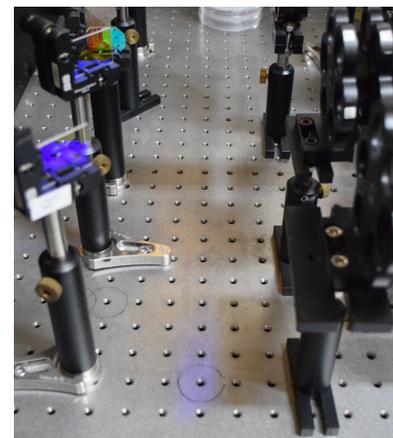


共用實驗室中的流變儀

實驗上的量測難題

觀察細菌的解析限制

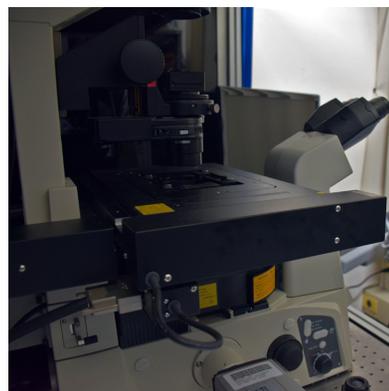
我們常聽見有散光症狀的人說，沒矯正時會把一個人看成兩個人，用專業一點的話來說，就是將一個實物看成了兩個像，這就是我們對「不清楚」的定義。如果你有深度近視，將站在面前的兩個人的像重疊的話，你甚至就分不清楚眼前是一個人還是兩個人了。如果對於相機來說，將兩個點辨識為一個點，那我們就會說這台相機的解析度不足。運用光學顯微鏡觀察微小的細菌也是有限制的，我們知道光是波的一種，而波具有繞射現象，因此當光通過一個微小的洞後會產生繞射，造成光在屏幕上不是一個單點，而是一個有繞射條紋的圖形，當兩個點的繞射圖型重疊過多的時候，我們就無法分辨是一個點還是兩個點。而光學解析度正比於光的波長，可見光波長大約介於400~700奈米之間，一般光學顯微鏡無法突破約200奈米的解析極限。



雷射分光鏡

時間換空間的量測 - 螢光顯微鏡

細菌的蛋白質大小都在遠在200奈米以下，早已超出可見光的解析極限，但是羅健榮教授的實驗又需要觀察活體細菌，所以也無法使用解析度更高的電子顯微鏡，因此教授改用以時間換空間的超高解析螢光顯微鏡。螢光顯微鏡顧名思義就是運用螢光來產生圖像，將具有螢光分子的樣品以特定波長的光照射，螢光分子便會放出更長波長的光。藉由每次激發不同的螢光分子，達到在不同時間發光的效果。只要在不同時間下發光，就不會有兩個光點重疊而解析度下降的問題，達到時間換空間的目的，使得螢光顯微鏡的解析度可以達到奈米的尺度。



羅健榮教授實驗室中的顯微鏡

教授訪談 Q & A

系刊：請問您為什麼會想要教實驗物理？以及想要在實驗物理中帶給學生什麼？

教授：教實驗物理可以跟學生互動頻繁，雖然工時比較長，但是是一堂值回票價的課。實驗物理是物理系非常重要的一門課，如果你只是把課本上的東西吃下去，那就只是把前人的智慧結晶拿起來而已，可是沒有再往下走任何一步了。所以實驗物理教的就是學會如何自己完成一件事情，並朝外開疆拓土。這門課也不單單只是給做實驗的人學的，如果一個做理論的人，他的物理不是活在現實世界中，那他很難成為一個好的物理學家。

實驗課本質上要教給你們的內容可以分為兩種，一種是技術層次的問題，比如說學習怎麼取數據、寫程式；另外一個就是怎麼

執行工作或是研究，這兩件事是混著教的。很多研究實際上要做的時候，會連目標在哪都不知道；有一些結果之後，重新選定新議題又花了不少時間，通常會再碰上更多問題。這件事情要自己走過才知道要怎麼解決問題，若我們給你們一個非常明確的答案，就不會有探索的過程，有了這些經驗與實作過程下次才會更加得心應手。比較物理系的實驗物理課與其他系的普物實驗課，普物實驗比較像實作，但真正的實驗是要去驗證一個不知道的東西，是一個反思回饋的過程。對我來說實驗是要從設計跟驗證下手，若實驗結果與理論不合，要去反思這件事情要如何去解決，問自己看到的是對的還是錯的，還是理論是錯的，如果說做不到這個，那他們只完成實驗卻沒學到實驗是什麼。

系刊：請問老師所講求的快樂學習法，是什麼學習法呢？

教授：老實說，學習過程大多是不快樂的，學習完成時是一件快樂的事情。但要把一件事情學好，勢必一定要花力氣，那過程中會是痛苦的。學的過程當中，是需要時間醞釀的，如果你是心不甘情不願的學，那一天沒有老師了，不就從此不再學習、原地踏步了嗎？如果當一個人剛從大學畢業，後半的人生，都不想再學了，那不是遺憾的事嗎？我覺得身為老師，扮演起頭的角色，提點你，然後讓你自己快樂的去學習，而不是在後面逼你去學。雖然學的過程還是會痛苦，但有意願的學習是最重要的，沒有意願的學習是無法持久的，這是我的教學理念。

系刊：請問老師，你覺得如果有機會，出國留學是必要的嗎？

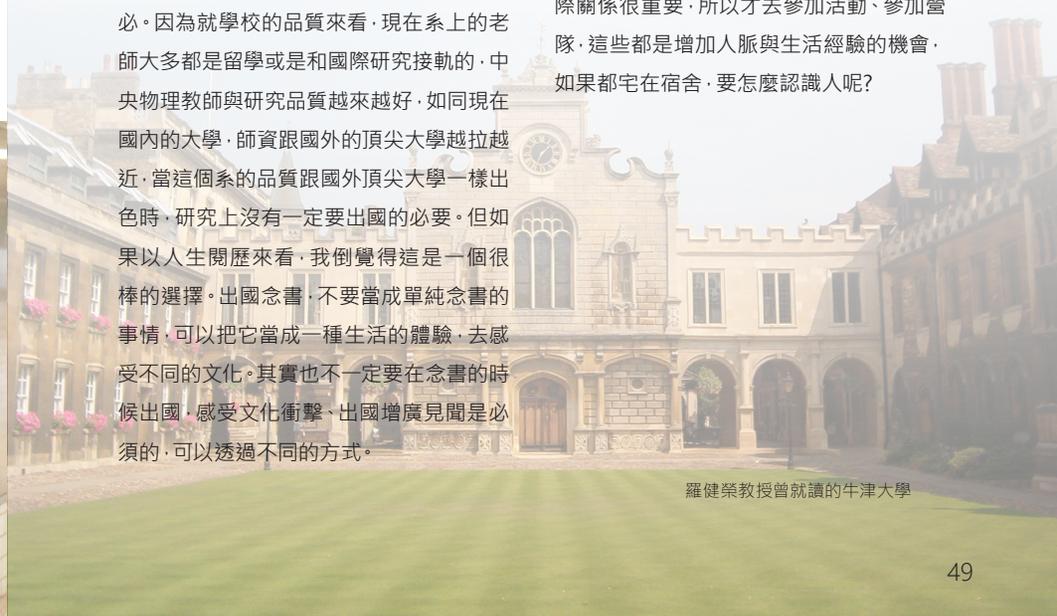
教授：如果單純從學術的角度出發，其實未必。因為就學校的品質來看，現在系上的老師大多都是留學或是和國際研究接軌的，中央物理教師與研究品質越來越好，如同現在國內的大學，師資跟國外的頂尖大學越拉越近，當這個系的品質跟國外頂尖大學一樣出色時，研究上沒有一定要出國的必要。但如果以人生閱歷來看，我倒覺得這是一個很棒的選擇。出國念書，不要當成單純念書的事情，可以把它當成一種生活的體驗，去感受不同的文化。其實也不一定在念書的時候出國，感受文化衝擊、出國增廣見聞是必須的，可以透過不同的方式。

系刊：請問教授覺得就讀大學，應該要跑些活動豐富生活嗎？

教授：你應該要先問，大學是什麼？如果大學只是技職教育，只教未來的工作能力，那就太小看大學了。大學的起始是在以前，高知識分子會跟皇室貴族拿一筆錢做贊助研究，這些研究大多是虛無飄渺的問題，跟生產沒有直接的關係，研究成果也是短時間看不出來的，後來發展成一個教育系統，成為了現在的大學。然而現在，我們將大學擴大，變成人人都可以上大學。原本的大學是希望你資源，而如何利用這資源與要怎麼發展就取決於你自己，所以我覺得大學應該是要發展你自己思考力的地方，如果只是單純學習課本內的事情，那大可以不必讀大學。大學有很多事要做，不只男女朋友，還有一般的朋友。大學時有許多機會認識其他人。如果現在不認識，要等到何時認識？人際關係很重要，所以才去參加活動、參加營隊，這些都是增加人脈與生活經驗的機會，如果都宅在宿舍，要怎麼認識人呢？



訪問團隊與羅健榮教授的合影



羅健榮教授曾就讀的牛津大學

系刊：實驗上最會遇到的困難是？

教授：真正比較麻煩的事情是生物上的問題比較多，比如說你想要看到某些蛋白，你要標記螢光，但是又要用一個方法是不影響他原本的狀態，有很多生物上或是生化上的考量，這些大概是比較麻煩的。另外，拍螢光的時候會給他們很強的光，發光效益比較好的通常是短波長的光，可是他又不喜歡短波長的光，比如說照射紫外光，會破壞蛋白，所以會有很多生物能夠承受的化學劑量或是光的考量。然後螢光其實是很弱的光，所以易受到雜訊干擾，要想怎樣在有背景光的狀況下也能讓訊號明確，不過雜訊問題大概是所有物理學家會遇到的問題，而我們大概都是光方面的問題。

系刊：教授是做生物物理的，遇到生物方面的問題會去請教生科系的教授嗎？

教授：我們需要的是細菌鞭毛方面的專家，事實上在台灣研究細菌鞭毛的生物學家非常非常少，所以合作的對象大部份都是國外的專家，現在通訊軟體很方便，沒有時間跟空間上的限制，可以直接跟他們做交流。我們也很努力拓展研究領域，常跟國內的專家做交流。但是細菌鞭毛研究因為做的人太少，這聽起來很孤單，但是換句話說，就是你很特別。也不是說一定要做一模一樣的事情才能夠合作，很多時候都是站在自己的立場上會有盲點，跟不同領域的人交流時，會有不一樣的觀點跟見解，通常這樣是好事。

系刊：請問教授最近有什麼突破可以跟我們分享一下嗎？

教授：我們最近在研究鞭毛怎麼長，他的設計其實蠻精巧的，其實鞭毛是一條中空管子，是用某一種蛋白去做的，如同塑膠一樣，是用同一個東西一直疊起來構成的。現在大概知道的是，管子中間是一個洞，管子的材料可以從中間塞進去，跑到管尾再成為管子的一部份。我們對鞭毛的生長速度很好奇，可是在活的細胞上一邊讓他長又要一邊量測就是一件非常困難的事情了。經過我們量出來的結果是，鞭毛比較短的時候，生長的速度是等速的，但等到變長時速度就下降了。我們大概是第一個可以量到鞭毛即時生長的實驗室，以前大家都不在乎鞭毛怎麼長，想量也很難量，所以在我們知道一般野生株的細菌是怎麼長後，就故意去製造變種細菌，變種細菌的鞭毛長度可能是原本的兩倍，或是之前的一半，用這些變種細菌去驗證並校正我們的模型。我們現在量到的最快的突變種，一分鐘可以長出一微米的鞭毛，整條鞭毛在十分鐘內就長完，比預期的還要快上非常多，這種速度意思是這個細菌每秒鐘要送兩三百個蛋白出去，是很驚人的速度了。



迷霧中探索自我

光亮中發現生機

陳俞融教授 訪談

撰文/林柏翰·邵詳崑·姜武誠

教授簡歷

陳俞融教授為本系現任助理教授，2000年畢業於國立中央大學物理學系，畢業後也持續在中央大學進修博士學位，畢業後進了先進入業界工作兩年左右，再回到中央大學做博士後研究，也曾在美國的南加州大學擔任研究員。主要研究領域為分子光譜學、天文光子物理與天文光子化學，本學期教導大一學生實驗物理。



陳俞融教授實驗器材

霧裡 - 開關未來的實驗室

教授對於“為何讀物理系”這個問題的回答，與很多人其實並無相異。因為當時考完試，照著學校分數與科系分數依序填志願。放榜當天收到消息，錄取了中央大學物理系。但是進到大學之後，發現自己的物理其實不如自己想像中那麼強。不論是老師的教法不適合自己，或是同儕之間的競爭，都讓教授再次審問自己到底適不適合讀物理系。直到大二的下學期，因為同學的推薦，先接觸到了實驗室。由於整個暑假都投入在實驗室，教授越做越起勁。進到了大三，上必修課時發現，課程內容在實驗室都早已看過。讀書考試都越來越容易拿到高分，成績進步了，自然的就愛上了物理。慢慢的就

發現自己讀物理系的意義，在於可以把一個非常新穎的觀念，經過與同儕和教授討論之後，完美解釋或理解後產生非常巨大的成就感。不會再侷限於一定要成績很好或是很會計算才能讀物理系。雖然不能說成績不重要，但學習態度、眼光，與原因才是選擇讀一個系最重要的動機。因此教授覺得如果你並不知道你讀物理系的原因，那就進實驗室看看吧。等到接觸實驗室後，你就能很容易地確定自己到底喜不喜歡物理這個科系。因為教授自己也是因為進入了實驗室才被啟發。不過想要加入實驗室也必須有一定的決心，可能課餘活動的時間，交際聯誼的時間都會明顯的減少。作息也會跟著實驗室的步調。

物理 - 產業界？學術界？

博士班畢業後，覺得在學術界這個環境待太久了，又因為朋友們碩班畢業後都進入了產業界先工作。看到了朋友們的發展好像很不錯，再加上想要改變的心態，教授選擇了先進入產業界。比起嘗試進入新環境，做研究的熱情早就被磨得差不多了，說不定進入職場會有新發現。然而，在進產業界的第二個星期，教授就後悔了。每天的上下班時間固定，作息被限制住，讓教授覺得被束縛住了。相較於在實驗室每天時間可以自己分配，上班時間固定，卻不一定能準時下班的生活，讓教授覺得非常痛苦。每到周末心情就非常不好，可是周末一結束，又會回到低潮煩悶。就像是為了生活而被逼迫，不得已才做的事情。可是在學術界，“今天星期幾”這個問題變得不再重要。對於教授來說，可以做自己喜歡的事，又可以賺錢養家，何樂而不為。教授強調，就是因為比較過，才知道自己喜歡什麼，發現舊愛還是最美。因此最後選擇了回到比較自由的學術界。

悟理 - 自主學習的重要性

相較於其他兩個實驗班，教授覺得他的實驗班是學到最少東西的班。教授表示，我們已經不是高中生了，教授在這兩年的實驗班中，想教給我們的是最基本的實驗能力。只要會了基本的方法，其他較難的東西自己也

比較容易研究出來了。教到學生如何把一個報告弄得非常漂亮，他覺得是沒有必要了。既然已經不是高中生了，教授覺得“自主學習”是身為一個大學生必須持有的學習態度。「你想要我可以給你很多，但你不想要我也不會塞給你。」教授覺得如果硬把東西灌輸給同學，不但沒效率而且會使他們壓力很大。不但學生不喜歡，連老師自己也會覺得失望、生氣。如果有興趣想要學到進階的東西，你可以往這個方面自己鑽研或上課，因為不是任何人都喜歡這門科目。如果都沒有人在課堂上發問或是要求進階的東西，那就是你們不需要或不想要，老師當然沒有必要硬教。當然班上總有幾組常常來問問題的，教授也很樂意帶著他們越走越深。所以教授承認，在他班上學習並不公平，他教的多少取決於你自己要求多少。老師要訓練學生的是，不管未來是到別的實驗室做實驗，讀研究所，或是出社會工作，都要抱持著“我想學”的態度，主動找老師或前輩學習問問題，這才是最根本重要的。如果不在一大二建立起這種學習態度，你就會變成老師說一步你走一步，老闆交代一件事你做一件事，甚至不知道自己做這件事的原因是什麼。這樣的人是非常容易被取代的，因為說一步走一步是每個人都會的事。因此教授希望他的學生能自己找他討論，自己查資料，老師只是負責陪著你，給你引導，在臨門一腳的地方推你一把。總而言之，學習是自己的，自己態度要很積極。

研究領域 - 「光子物理」

精確來說，教授研究的應該是原分子光譜學。原分子光譜學是一門已經做了約上百年的學問，所以實驗上遇到的瓶頸往往都是儀器精密度造成的困難，經費就成為了一個問題。而且這個東西要做很久，才可能會有一個好的實驗結果並發表成國際期刊的論文。然而，甚少單位願意付出大量經費在如此的實驗上。所以後來教授就想，原分子光譜學還可以運用在哪些新的領域上？於是教授就想到可以跟天文結合。因為有超高真空的技術，有光譜的技術，就可以把這樣的技術運用在有關天文物理跟天文化學。可是實際上，還是從光譜上面去分析這個分子它的物理及化學特性，並研究不同的分子之間的交互作用。同樣跨領域的例子還有天文生物學。天文生物學就是在講地球上生命的起源是從何而來？胺基酸在早期地球是如何形成的？而天文生物學的研究最後所用到仍是光譜學來分析。

用光子探討一個分子或原子裡面的一

些物理特性是光子物理的一大重點，像電子能階的躍遷、能量是如何傳遞給鄰近的分子。一個光子被一個分子吸收之後，這個光子能量是否夠高足以把這個分子斷鍵。舉一氧化碳為例，斷鍵以後會變成碳跟氧。如果光子能量不足，它還是會被分子吸收，電子能階會從基態變成激發態。可是如果分子是固態，在躍遷過程中，它沒有釋放光子，那麼能量會傳給鄰近的分子使得鄰近的分子有機會以氣體的形式逃離表面。教授研究的這個主題對天文學家來說很重要，當他們在研究冷星雲時，溫度極低，而上面又有一些塵埃，所以這些氣體分子應當附著在塵埃上面，形成星際冰晶。照理而言，應該觀察不到一氧化碳、二氧化碳或是以氣態存在。但天文學家觀測發現雖然冷星雲已存在超過三、四百萬年，但仍存在著許多氣體。而教授利用原分子光譜分析的技術就是希望可以解決天文學中觀測的疑惑，說明即使是極低溫的固態分子也有可能因為光的照射而導致表面分子產生脫附現象。



陳俞融教授講述實驗架構

教授訪談 Q & A

系刊：請問教授對於大學的課業方面有什麼建議？

教授：學業方面，我認為實驗物理非常重要，基本上你們都要抱著：「教授會什麼你們就要會什麼」的求知心態。原因在於，即便有些人以後沒有打算要進實驗室，他們可能想到外系發展，但是不要忘了，一個會設計電路，會焊電路，會自動控制，甚至會寫程式的學生，去哪個科系念不下去的！？如果你們在這兩年四個學期的時間裡很認真去學，當你們到了大二快結束，其實你們做研究的能力已經比其它大學物理系的學生強很多了！

系刊：請問教授對於進入實驗室的看法是？

教授：我非常鼓勵你們進實驗室參與專題，即使只參加一個學期就結束了也沒關係。因為我們大學的專題生很自由，藉由進入完全不同領域的實驗室，體驗完全不同領域的物理研究，可能是理論研究，可能是精密量測，當每個領域都了解以後，你們才會知道自己最喜歡什麼領域。所以我覺得如果你不是很清楚知道你要做什麼的同學，你應該要去選一個實驗室，待一個學期，你就會很清楚地明白，你為什麼要留在物理系，你想要做什麼。所以我都跟我的專題生說，你心中起碼要有三個順序，要是待了兩個禮拜，結

果可能不是很喜歡這個領域，那麼你也不必再另外花時間找老師或拜訪老師，而是直接去第二或第三人選的實驗室，到處看看。要是換過三個都不喜歡，那你可能就不適合待在物理系，你的興趣應該不是在這個地方。

系刊：學業之外，教授對大學生活有什麼建議？

教授：在大學除了學業之外，參加社團，談場戀愛也是非常重要的。為什麼要談戀愛？不同於你們對家人的包容力，你們對朋友常常是比較「客氣」的。當你們交了男女朋友後，起初大家都是客客氣氣的，因為害怕還沒將他抓緊，他可能會跑掉，但交往了一段時間後，跟他的生活將會是你們在家生活的翻版。在這互相磨合的過程當中，你們才有機會可以了解到，如何為另一半設想，站在他的立場思考。交男女朋友，其實也是在訓練自己的溝通能力，並非單純只是「交爽的」，而是要試著去了解，當你們要跟一個從前毫不相干的陌生人開始變成男女朋友，該如何包容他的生活習慣，如何調適自己與他溝通，是很重要的！我覺得參加社團，你可以認識更多人，認識更多人的同時可以找到自己的興趣。研究是工作上面的興趣，除此之外你還是要有一個工作之外的嗜好。



陳渝融教授與系刊團隊的合影

系刊：教授會建議同學去交換學生嗎？

教授：我很強烈建議你們大二上的時候就去國際處看看我們學校跟哪些學校有交換學生的計畫。並不是說國外的月亮比較圓，我不認為國外大學的研究能力，會比我們中央物理的強。為什麼會鼓勵你們出國，是因為要讓你們去看看不同的文化看待同一件事情的態度跟眼觀，其實是截然不同的。比如說在台灣，你問老師問題，他可能說：「A是對的，B是錯的，他不會告訴你為什麼。」但國外的大學不完全是。這是從小教育的問題。在國外，他們在討論某件事情的時候，那個氛圍是完全不同的，不會是只有老師聲音，然後學生只能點頭。學生常常會跟老師一同討論，甚至反駁老師所說的話，他們會有一來一往，這種關係是朋友之間很和平的討論。我之前有一個學生，他喜歡把設備用的漂漂亮亮的，然後才開始做實驗，花了一年架設的實驗系統結果卻無法進行實驗。但在國外，他們可能會緊急的先將設備搭起來，先測試看看有沒有實驗數據，有了在讓設備變得更加完善。所以你多去不同的地方看，體驗不同的學習文化，不同的文化看待事物的眼光和角度，不同的生活處事的文化。

系刊：教授的期許與勉勵？

教授：各位在大二結束之前一定要想清楚，自己到底是不是真的想要念物理系。物理系對你來說是不是有那麼必要讀的。不要到大三，人家問你為何念物理系，你卻說不出個所以然來。為自己的大學生活負責，就算是到了大三才發現不適合唸物理再換領域也都來的及，就算在旁人的眼光中你很浪費時間，至少你親身走過了，確定自己適合什麼，花的時間都是值得的。這樣即使之後失敗了，也不會後悔，因為是自己確定過後的決定。

系刊：想對現在的中央物理說？

教授：跟以前相比，中央物理進步很多，尤其是在對於學生的課程設計上。如果我那個時候就有甲乙制之分的話，或許又會更不一樣，說不定就能更早進入實驗室了。而且，現在的獎學金，補助制度也都很完善，如果有機會出國你們應該要好好利用，爭取機會，系上一定會支持。只要大家繼續加油，總有一天我們一定可以超越台大。我們的工作是把學生教好，提升學校排名，而學生則要負責去外校讀研究所時，讓那邊的人驚訝，建立起「從中央物理出來的學生都超強」的金字招牌。



顛覆記憶 翻轉未來

唐毓慧老師專訪

撰文/林柏翰·邵詳威

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\mathbf{r})$$

$$\Psi_{m,n} = e^{ik_x x} e^{ik_y y} \psi(z)$$

$$E \psi_n = -\frac{\hbar^2}{2m} \left[\cos(k_x a - \frac{\partial}{\partial z}) \right] \psi_n + V(z) \psi_n$$

教授簡歷

唐毓慧教授為本系現任副教授，2001年畢業於國立中山大學物理學系，畢業後也在中山大學完成了博士學位，之後不但在CSU, Northridge做了兩年的博士後研究，也進入中央研究院完成了博士後研究。主要研究領域為奈米尺度下之電子自旋傳輸理論。目前是基礎物理課的老師之一，本學期也有開設外系普物課。

教·學

開始教學之後，老師發現教學相長這件事情很有趣，尤其是在老師接觸基礎物理這門課之後。以前那些傳統的基本的課程，你只要想辦法整理好教材，學生就可以理解課程的內容。但是，在教了基礎物理這門課之後，老師發現這是一個很大的挑戰。啟發式的教法，更多的時候是根據老師用甚麼樣的背景去翻轉學生，必須要概觀地去看一件事情，帶領著學生去思考不一樣的問題。相較於傳統的課程，先讀完後跳出課本，再來想一些整體性的問題，這是基礎物理課比較希望的。而這時老師就必須想辦法跟學生解釋或是引導他們來討論課本上沒有的問題，要跳脫出課本，表示說背景知識要更多，所以老師要如何引領學生去思考到那個重要的點，還有當學生想不到的時候，要如何誘導。其實基礎物理除了對學生是很大的挑戰，對授課老師其實也是非常大的挑戰。因為每個學生的回饋都不一樣，會刺激老師去想一些相關的問題，除了學著如何解釋給學生聽之外，對於自己的研究工作其實也有很大的幫助。

時·間

老師表示，常常有人認為做理論工作不需要長時間在實驗室，可是其實我們待在電腦前面的時間是非常長的。並不光只是在電腦前處理數據，還要花時間架構理論模型，另外，後續的分析數據跟推導公式的時間其實也是相當長。唯一的好處是不用被關在一個房間裡頭，可以在自己覺得舒服的環境中工作；只要有電腦，不管是坐在辦公室，還是坐在咖啡店，其實工作效率是一樣的。

老師強調，做研究時間分配是很重要的，並不是說你的人生就只能充滿著做研究，你可以熱愛做研究，可是生活中還是有很多很重要的事情。例如人際交流、跟朋友吃飯、做運動、打電動，等等。這些事情只要有一個妥善的時間分配，它跟做研究其實不衝突。所以老師呼籲大家不要把研究想得那麼的嚴肅，主要是自己真的喜歡討論物理問題，享受研究的過程比較重要。

逐·夢

在老師畢業的年代，找工作並非一件難事。只要碩士畢業就有很多家公司供你選擇，尤其是對於學理科的人。但是，老師卻沒有選擇進入業界，因為受到其指導教授影響。「我的指導教授一直堅持投入一些別人看似不賺錢但卻是他覺得有價值的事情，但是他每天都非常投入、享受那個過程，所以我非常欣賞他的這種信念，而我也希望自己能在年輕的時候多花一點時間在我覺得有價值的事情上。」老師表示，做理論研究所需要的工作時間相當長，甚至常常會因為無法解決問題而感到挫折，但是換個角度想，過程越挫折就表示處理的問題越難，也就表示越少人能夠處理。換句話說，如果能解決這個問題，自然就能在其中得到很大的成就感。雖然過程很辛苦，但只要熬過那一段，就會覺得成就感很強。老師決定走研究這條路，其實是在研究所畢業之後，一旦決定之後，後面賺不賺錢就不再成為困擾，因為博士班畢業後會做博士後研究，薪水也不會太差，只要找的到博士後研究，其實一個月的基本開銷都沒有問題，所以老師就待在學術界做研究到現在了。

轉·變

老師本人的學業基本上都是在台灣完成的，不管是出於對自己英文的沒信心，抑或是對自己老闆的佩服，都是讓老師留在台灣的原因。在那個年代英文不好，出國當然會比較擔心、害怕，擔心去國外也選到不好的實驗室，或是也不知道要念甚麼之類的。因此，老師決定在國內先把博士班念完，跟著自己欣賞的教授學習，儘快增強自己的研究能力。不過，在讀博士班時，老師每年都會爭取出國開會的機會，去到美國物理年會做交流。每一次都會爭取口頭報告的機會，被外國人挑戰一下。當然，第一次上台報告當然會比較緊張，但隨著每一年出國的練習，不但越來越上手，也越來越沒有那麼害怕。由於老師還想繼續往研究發展，因此決定到美國做博士後研究，開啟一個新的研究領域。現在很多同學，可能已經認識很多學長有出國的經驗，所以也就不會像以前的學生，因為不瞭解而害怕。所以老師覺得出國這件事情，有機會多去看看，絕對是件好事，尤其是學校目前有提供非常多國外交換的管道，學生應該主動申請。至於是不是一定要出國讀書，老師也沒有一定的答案，目前國內的研究環境已經相當成熟，但是當你覺得你身心上準備好的時候，到國外去接受更多的挑戰和洗禮，確實會讓人成長得非常快。

研究領域 - 磁性記憶體

教授正在研究的領域是磁性記憶體。相較於動態存取記憶體(DRAM)是利用充放電(以電流或電荷)獲得0跟1的訊號，磁性記憶體則是以電子自旋控制的機制來做成記憶體。如果要做存取，最重要的是要製造出0跟1的差別，因此需要外加磁場去操控，使它能在0跟1中進行切換，即記憶體中的讀取跟寫入。如果在系統中能有效地透過磁場去切換電子的自旋狀態，就可以達到這件事。但是，翻轉單個小尺度的自旋在技術層面上是非常困難的，因此，Albert Fert以及Peter Grünber提出磁阻效應(Magnetoresistance, 2007諾貝爾物理獎)可以透過磁場來造成高電阻及低電阻，進而達到磁性記憶體中出0跟1的狀態。另一方面，J. C. Slonczewski也提出新的理論模型，可以用外加電流來創造自旋磁矩效應(Spin torque effect)，進而調控高電阻及低電阻的狀態，同樣也可以達到磁性記憶體中0跟1的狀態。

磁阻效應

#機制

鐵磁性材料像是鐵、鈷、鎳，會有自發性的磁矩。在一個三層結構中，左邊放一層鐵鈷鎳，右邊也放一層鐵鈷鎳，透過中間放置一層沒有磁性的材料將左右磁矩阻隔開來。當左右兩邊的磁矩平行時，電子穿越的機率會比較大，表示電阻較低。但若是將一邊磁矩固定住，而把另一邊的磁矩翻轉形成反平行的狀態，這時電子穿越的機率會大幅降低，進而形成高電阻的狀態。此種磁矩翻轉可以透過磁阻效應(Magnetoresistance)，或是經由自旋磁矩效應(Spin torque effect)來達成。

#研究目標

如何用外加磁場(磁阻效應)或是外加電流(自旋磁矩效應)來調控高低電阻的組態，跟中間層的材料非常有關係，如果它是分子或是特殊的結晶性材料，就將能有效地增加自旋篩選率。目前老師專注在尋找可替代材料以有效地增加其自旋篩選機制，進而使得自旋磁矩效應增加2~3個數量級，這些研究可以提供新型態磁性記憶體更多的可能性，同時，也能使其讀取跟寫入的程序更加精準。

理論計算

#第一原理計算 - 電子結構

第一原理計算(First means of calculation)的方法，主要是從量子力學的角度出發，透過自洽解法可以得到三層結構的哈密頓量(Hamiltonian)，進而得到準確的電子結構。

#理論模型: 自旋傳輸理論

自旋電子的傳輸理論模型主要是透過非平衡格林函數來計算，主要是透過能量參數的輸入來模擬三層結構的自旋傳輸特性。

#開發新型態計算方法 - “JunPy” 程序開發

目前老師的實驗室希望能把上述兩種方法結合起來，開發一套新的計算方法，先以第一原理透過自洽解法得到三層結構的哈密頓量(Hamiltonian)，再透過自旋電子的傳輸理論模型來得到三層結構的自旋傳輸特性。這可以解決目前大部分研究在自旋元件中傳輸特性計算上的困境。



SPINTRONICS

Detect electrically a magnetic configuration

Giant Magnetoresistance (GMR)

Current Perpendicular to Plane (CPP)

Current In Plane (CIP)

Read Head of HDD / Magnetic Sensor

Tunnel Magnetoresistance (TMR)

Ferromagnetic electrodes

Tunnel barriers

Low resistance state

High resistance state

"Bit" lines

"Word" lines

Nonvolatile MRAM

Control magnetic configuration via an electric current

Nonvolatile Spin Transfer Torque (STT) MRAM

- Non-volatile
- Highly scalable
- Low power consumption
- SRAM read/write speed
- Unlimited endurance
- DRAM & Flash density (6 F²)
- Multi-level cell capability

GIANT SPIN TORQUE EFFECT IN NOVEL MTJs

- Single-molecule magnetic junction
- Spin-filter based magnetic tunnel junction

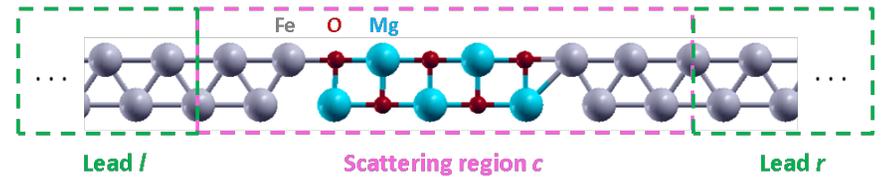
Single-molecule magnetic junction

Spin-filter based magnetic tunnel junction

唐毓慧老師研究領域介紹

NEWLY DEVELOPED "JunPy" package (DFT + TB for spin transport calculation)

(1) First principles calculation



$$H_{l,\infty} = \begin{bmatrix} \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ \dots & H_{l,l-1} & H_{l,l} & H_{l,l+1} \\ 0 & 0 & H_{l,l-1} & H_{l,l} \end{bmatrix}$$

$$H = \begin{bmatrix} H_{l,\infty} & H_{l,l+1} & 0 & 0 & 0 \\ H_{l,l-1} & H_{l,l} & H_{l,c} & 0 & 0 \\ 0 & H_{c,l} & H_{c,c} & H_{c,r} & 0 \\ 0 & 0 & H_{r,c} & H_{r,r} & H_{r,r+1} \\ 0 & 0 & 0 & H_{r,r-1} & H_{r,\infty} \end{bmatrix}$$

$$H_{r,\infty} = \begin{bmatrix} H_{r,r} & H_{r,r+1} & 0 & 0 \\ H_{r,r-1} & H_{r,r} & H_{r,r+1} & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & \ddots \end{bmatrix}$$

(2) Non-equilibrium Green's function method

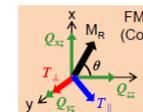
- Spin-polarized current density

$$Q_{Iz} = -\frac{1}{4\pi} \sum_{i \geq z} \sum_{j \leq z-1} \int Tr [(E\hat{S}_{i,j} - \hat{H}_{i,j})\hat{G}_{j,i}^< - \hat{G}_{i,j}^<(E\hat{S}_{j,i} - \hat{H}_{j,i})] \delta_{i,d} dE$$

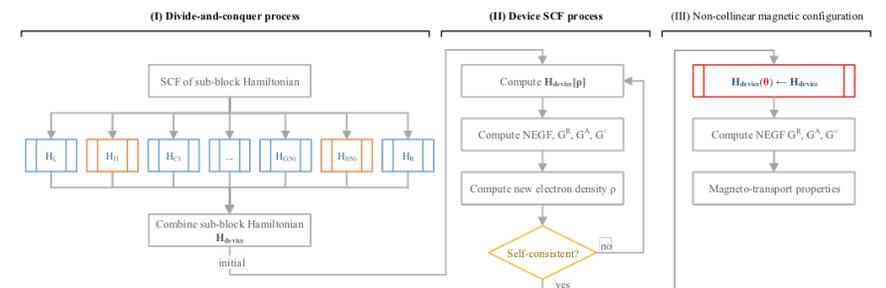
- Spin-transfer (STT) and field-like (FLST) spin torques

$$STT = -Q_{xz} \cos\theta + Q_{zz} \sin\theta$$

$$FLST = Q_{yz}$$



(3) Large scale calculation (DC-NEGF+DFT)



唐毓慧老師研究領域介紹

教授訪談 Q & A

系刊: 老師當初為甚麼想進物理系就讀?

教授: 沒有太了不起的理想, 只是因為我當初物理跟數學比較好, 又剛好考到這個分數。反而我在數學跟物理中間是比較掙扎的, 那個時候其實很年輕, 只是有個單純的想法: 物理可以看到東西, 而數學感覺是去研究一些看不太到的事情, 就覺得物理好像比較有趣, 所以我就選擇物理系了。

系刊: 老師為何選擇往理論物理方向發展?

教授: 往理論物理發展的原因, 其實是綜合兩件事。一個是我覺得在大學的時候, 我對於數學比較擅長, 所以在修課的時候, 自己在解習題或是推公式, 做起來就比較得心應手。另外一個原因是在我大四的時候, 有進過實驗室做超導體的實驗。可是在實驗的過程中, 比較感受不到做實驗的樂趣, 我覺得自己比較像是在做一些重複性的工作。雖然做理論也是一直在取資料, 其實是類似的事情, 但是動手做實驗這件事一直無法引起我的興趣或共鳴。反而是用電腦跑出來的數值

或是設計理論模型的部分, 我比較有興趣。

大學的時候是覺得好像能看到東西比較有趣, 可是後來到了研究所的時候, 我發現自己比較喜歡嘗試用一些理論模型或是一些計算方法去預測一些還沒看到的現象, 我希望能夠提出一些新穎的理論預測, 來提供做實驗的團隊可以嘗試的方向。

系刊: 請問教授在研究過程中, 有甚麼比較特別的經驗嗎?

教授: 大多數人對於念博士或者是做研究的認知是要百分之百的時間都在做研究, 然後要非常非常認真。但我跟別人比較不一樣的地方是我基本上是個喜歡偷懶的人, 我本質上不是那麼努力工作的人。很多人覺得做研究就是每天都在讀書, 尤其你要讀PhD, 每天都得做花非常多的時間在研究上。但是我喜歡生活的舒服一點。我喜歡打電動、看漫畫、看小說, 還喜歡看連續劇, 不務正業的事我都喜歡, 但是我也非常喜歡做研究,

所以就會有優先次序的問題。所以在我去美國做博士後之前, 基本上一個禮拜我一定會空一天下來, 那一天甚麼研究都不做, 我就一直打電動, 或者是一直看漫畫。一整天我都在做不務正業的事情。隔天, 當我在開電腦時, 我就會很心甘情願地會回去做研究。換個想法, 做理論有時候會有盲點, 當你想要思考一個問題, 往往會一直卡住。比如說我要解一個問題, 一開始, 我可能覺得邏輯應該要這樣寫, 就會花時間一直想, 可是問題就是想不出來。這時就會感到非常地煩躁, 或是無法接受自己解決不了這個問題。後來我發現, 每個禮拜我空一個時間下來, 那一段時間就完全不去想那個問題。等我下次再回來想時, 會突然發現我忘記原本是怎麼想的了, 換句話說就是已經跳過那個執著了。然後, 我就可以找到另外一條路徑切過去, 兩三次之後, 我就可以解決那個問題。很多時候是你太執著在那個盲點裡, 需要讓自己抽離一點再做這件事, 等到我工作日再回去的時候, 反而可以幫助我有效的解決問題。

系刊: 進老師的實驗室有什麼必要條件?

教授: 第一, 我們需要喜歡寫程式的人。如果你會寫程式, 我非常地歡迎。因為我們目前在做程序開發, 但是後端有非常多的程序需要優化, 我覺得大學生都可以做這些事情。所以我非常希望會寫程序的人可以加入, 幫我們把這套程序架起來。第二, 我們的第一原理計算也需要人力, 我們需要一些有想像力、願意討論問題、想新結構、學習新知識的學生。第三, 做理論的部分, 大部分的學生可能會覺得比較辛苦, 不過這個部分可以慢慢學。如果你真的非常喜歡推公式, 喜歡解決純理論的問題, 我也非常歡迎。

由於我個人比較喜歡做預測型態的研究, 也就是找一些新型態的自旋選擇機制, 所以題目通常跟大學的基本課程會稍微跳脫一點, 因此, 我不太在意學生的成績, 相反的, 我比較在意的是學生有沒有想法。如果對於研究新問題, 你願意去思考, 願意來跟我討論。只要具備這些條件, 我都非常歡迎來我實驗室。當然在這過程裡, 如果沒有興趣, 我也會趕快把你勸退。不是把你趕走,

而是去勸學生說：不要再浪費時間。因為很顯然的，我的研究不讓你感興趣。不是你做不了，而是你跟我沒有共鳴，這或許是我的問題，而不是你的問題，那你應該去找跟你有共鳴的實驗室。所以我從來不趕學生，而是勸學生去找自己有興趣的事情。留下來的學生，我當然希望我們的價值觀是一致的。我希望學生在這個過程中，不管研究做得好不好，他都要對他自己越來越了解。所以原則上願意思考問題，然後願意學習新東西的學生，不管他成績怎麼樣，我都很希望可以來我實驗室看看。

系刊：老師有沒有想對學生說的話？

教授：其實我實驗室的學生我不敢說他們工作的很開心，因為在做研究的時候，我是很嚴肅的、很挑剔的，要能夠面對我，他們也蠻辛苦的。但是我唯一對學生的要求就是去做他擅長和有興趣的事情。大部分的大學生來找我們，我會發現最大的一個問題是他講不出他的優缺點以及自己喜歡不喜歡甚麼。我在上課的時候常常會問學生一些問題：你覺得你擅長甚麼？你優點是甚麼？缺點是甚麼？有時候很多學生說：我好像每一

科都修得不怎麼樣，都60分、70分，我是不是不適合念物理。有的很喜歡實驗物理，有的說實驗物理真的修得好痛苦，老師為甚麼要這麼嚴格？所以他們就會懷疑自己是否適合念物理。我無法去回答他到底適不適合去念物理，因為不是我在念，是他在念。可是，念物理系或是念研究所都取決於你對自己的個性理不理解。很多人物理念的很好，但其實他不知道他的優點在哪裡，但當你問他喜不喜歡物理，他可能講不出來。但是相對來說，有一些看似成績不是很好的，有時會不小心被當個一兩科的學生，他反而講得出來他對物理的想法，或是在實驗中有哪些點他覺得有趣。所以我一直認為成績不能夠代表所有事情，當然成績好表示你很努力而且基礎功是好的，之後要念研究所確實會比較容易的。但是我覺得做研究，很多時候跟背景沒有那麼直接的關係，但是我希望你去認同我的理念，當我們理念一致的時候，研究的工作就能夠順利進行。在大學的時候，有機會在幾個實驗室學習，你會發現每一個實驗室其實做的都不錯，也都蠻好玩的。可是

有些老師跟你的理念是比較吻合的，或是你的優勢、個性是比較適合在某些實驗室。有認同感的時候，在做事情的過程中你會投入，最後成功的機率自然就提高了。所以來我實驗室的學生，我比較在意的是在過程中，我能不能讓他對自己有多一點的了解，找到自己有興趣並能努力的部分，透過研究成果來建立自信心以及肯定自我的價值。所以我們系上一直希望大家早一點加入研究室，出發點是在於早點讓學生在過程中，對自己有多一點理解。但如果在過程中意識到自己的缺點，其實也是件好事。因為知道自己的缺點後，可以早點修正。這樣的話，對於你未來，無論是要升學、研究還是要做其他的工作，其實都有正面幫助。

唐毓慧老師與訪問團隊的合影





見微知著

以小見大

羅夢凡教授 訪談

撰文/郭弈翔、張家維、章詣欣

教授介紹

羅夢凡教授現為本系教授。畢業於台灣大學物理學系，隨後前往英國劍橋大學攻取博士。教授專精於研究奈米科學以及表面物理，除了在奈米物理實驗室帶領著許多研究生之外，本學期也教授實驗物理之課程。

偶然成就畢生職志

教授會踏入物理這個領域，是因為小時候看到愛因斯坦跟牛頓的生平故事，覺得他們做的事情很了不起，因此在國中時就立志要當物理學家。

興趣決定方向

教授當完兵後，看到一個在講表面物理的海報，研究材料的表面，覺得有點興趣，所以就去找找看有沒有任何一個老師或研究人員找研究助理。後來教授剛好找到一個在同步輻射中心的副研究員，他是一個德國人，使用同步輻射光進行表面科學的研究，教授就去當他的助理。教授後來用這項研究去申請學校，進入表面物理這一塊研究領域。而奈米科學其實和表面科學是相關的。比

方說，研究表面的奈米結構以及其物理特性，便橫跨兩個領域。

艱苦淬煉一個人

教授曾到國外求學，他認為出國念書是一件很辛苦的事情，除了要適應環境、適應語言外，還要完成學業。但這個磨練是很值得的，練習去了解不同國家的文化、他們的想法，然後交一些外國的朋友，可以培養國際觀。

在教授求學時，並沒有無線網路，E-mail也才剛開始被使用，所以離開家就等於與家人、親人分離很久。在那樣艱苦的環境下生活，教授認為已經得到一定的磨練，使以後遭遇困難的事情都能無所畏懼，認真克服。有了適應跟生存的能力，是他出國最大的收穫。

土地情感 讓教授根留台灣

教授在英國待4年、美國待2年，他發現要把國外當成自己的國家，在情感上是有困難的。由於個人強烈的土地情感，他覺得外國不是自己的國家，也並非是自己想貢獻的地方。如果要教書，他寧可教自己國家的人，因為對他而言最重要的是情感。

產業為毛利奮鬥 學術尋找真理

產業界的方向很明確，就是獲利導向，但學界要的不是利潤，而是知識本身。教授想走學界，是因為生產、挖掘、發現知識，對他而言比較有趣。教授建議學生：「想要做什麼，捫心自問就好，覺得自己對哪個部分比較有興趣，就去選擇它，因為有興趣才容易把事情做好。」也許有人覺得學術界天天無所事事，是不事生產的米蟲，但總要有人去做這些無聊的事情，偶爾才會做出重要的事。在學界做研究，學者常常不管這到底有沒有用，反正就是好玩，想辦法把它弄清楚，也許三、四十年後，這些研究會變得很重要。

學生活力引領步入教育界

起初教授只想要當個物理學家，但是要當一個物理學家做研究，通常可以去的地方只有兩種。第一個是中研院，它是研究中心，第二個就是大學。教授認為中研院是一個比較無聊的地方，看著一樣和同事，一看就是30年；大學不一樣，會有很多新生代，每年會有一批進來，一批出去。教授可以看到不一樣的人，跟他們一起生活，這樣很有樂趣。大部分的教授剛進入校園時，因為

所受訓練並不是教育，其實不太懂如何把學生教好，需要慢慢地磨練。有些體驗，並透過資深老師的經驗傳承後，教授才慢慢知道要用什麼方法，讓學生比較容易進入學習狀態。進到大學後，教授的選擇是學生，跟學生生活、分享並生產知識，教授認為這樣的生活比較豐富、有趣。

學生理解就是理念

教授唯一的教學理念就是學生要把該學的東西學會。教授認為每個老師的理念都一樣，只是方式不同，目的就是希望學生能夠吸收他們所教的東西，並提升能力。只是教導的方式不同，有人喜歡用方法A的方式去拐，有些喜歡用方法B的方式去拐，雖然其實都是用拐的，但是引導的方式不同。哪一種方法最有效引導你，那就是他們要用的方法。

研究領域

教授現在主要做的是觸媒模型系統，這種研究分成應用面和基礎面。化工或化學的研究方向主要是應用，例如催化的產品、效率。這個題目看似偏向化學，但裡面有許多的基礎是要用物理去處理，只是僅少數物理人會投入這方面的研究；它處於物理跟化學的交界，事實上是需要物理的知識去發展。

“極小”改變物理性質

模型系統跟真實系統是有差別的，真實系統是一個氧化物上有些奈米的金屬顆粒。在150年前，我們完全不知道催化的原理，只知道某些氣體加熱到高溫時，就有新的東西出來，要怎麼配其實跟做菜差不多。只要知道配方，就可以用較高的效率達到目標。隨著技術的進步，我們慢慢有能力，利用顯微術等技術找出這個配方運用的原理。現在我們知道它是一個單體，上面有奈米級的金屬粒子或合金粒子。它的概念就是將一塊完整金屬切成許多小塊的金屬塊，它的表面積將比完整的金屬大，催化是在表面上進行，所以生產率因此提高，這被稱做表面積效應。所以在節省材料的條件下，做成奈米級的金屬粒子最好。

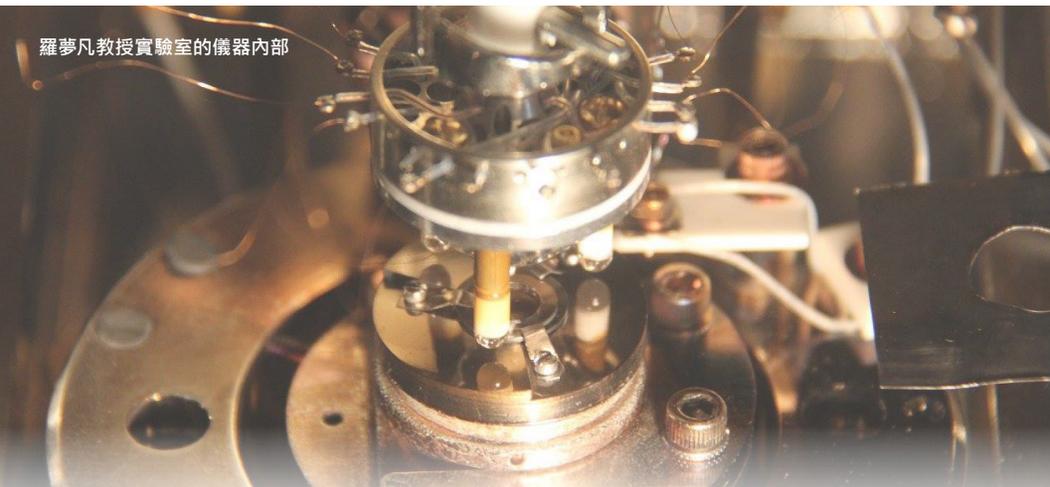
後來發現原理其實並不簡單，整個催化反應也是一個量子效應。基本上，需要有特定的電子結構，而且反應的分子跑進這個特定的電子結構後，過程可能會涉及到電子的轉移，所以分子容易解離或是跟另外一個原子或分子結合。從物理的角度來講，整個現象其實都是電子參與的行為。所以奈米金屬提供什麼樣的軌域、什麼樣的電子，可以讓分子發生什麼變化，是我們關注的議題。

在真實世界中，催化的條件非常複雜，所以這基礎的現象，是無法被觀察

到的，也就是說成因是難以被了解的。例如：大家以前認為金是沒有催化作用的，但1980年代末期時，有方法可以把金做得很小(小於5奈米)，才發現奈米金粒子是有催化能力的。它並不是表面積效應，以此效應來說，奈米金粒子應該沒有催化能力，但事實上不是；金切到極小時，它的特性已然改變，變得有催化能力。原理和現象則是近代的催化研究要了解的，要做這麼精細的研究很困難，因此我們才需要模型系統。

在應用方面有時不需太介意原理，成果與效率最重要。表面物理做的是基礎研究，需要知道成因。在使用模型系統時，氧化單體的原子結構必須清楚，同時也要了解奈米粒子的結構。以金為例，想知道原理就要把金放在另外一個氧化物上面，而該氧化物的原子排列是要有一定規律性、能夠控制的，這樣才能知道在原子的排列中，奈米金粒子是如何跟氧化物產生交互作用的。此交互作用是否會改變金的電子性質，以及如何影響奈米金粒子和原子的排列。這些都要控制得很好，才有辦法找出奈米金為什麼會有催化特性的原因，是什麼樣的電子結構才會造成此現象，這些在真實系統基本上是無法往下探討的。

模型系統就是理想系統，我們實驗室在超高真空下做的就是盡量達到理想狀態。超高真空的樣品在超高真空下準備，奈米粒子在超高真空下成長，所以



沒有受到外界物質汙染；表面是乾淨的且可以維持幾個小時，我們就在這幾個小時內做研究。而在真實的條件下，它其實是在一大氣壓的氣體通過催化劑，製造出產物。我們能夠做的是把這些分子在超高真空下去吸附在奈米粒子上，在我們能了解和控制奈米粒子的結構之後，才去觀察反應過程，此時才會了解這個機制，這就是模型系統的概念。模型系統研究的議題，看似偏向化學，但它要用的技術和探討的方式是很基礎的，比較像物理，因為許多的反應都可以用電子結構去解釋。

表面物理其實就是從乾淨表面的原子結構、電子結構開始研究。當固態物體被切開的時候，它的表面會跟內層不一樣，表面會有很多的現象發生。比方說：原子間距會改變，可能會發生重構，為了降低總能量；所以表面的電子結構不會一樣，會有一些特定的電子只會存在於表面。以金屬材料來講，電子

在裡面是可以亂跑的；但在表面產生的時候，因為結構的改變，可能會有特殊的電子態，讓表面電子只在表面的幾個Å的範圍內活動。

研究完乾淨的表面後，開始研究比較複雜的表面，基本上有兩個方向：第一個是薄膜成長，第二個就是催化機制。薄膜當初研究的動機，就是了解各種半導體元件的製作。薄膜的形貌與結構影響元件性質很大，所以其成長的機制與物理特性必須被研究的非常仔細，尤其至元件愈做愈小的時候。而催化則是研究分子怎麼吸附、怎麼在表面分解，與其他原分子進行反應，甚至脫附。分子束實驗其實就是去模擬氣體分子打在表面，它的行為是什麼，是反彈還是吸附，或是跑一跑然後進行反應。

催化除了跟工業有關，跟環保也有一定的關聯性，催化可幫助的範圍很廣大。比方說：環境保護；汽車裡面的濾心如何把一氧化碳變成飽和的二氧化

碳、把一氧化氮變成二氧化氮，其實裡面都是奈米粒子在進行催化。與環境保護有關的還有另一個的產業「防鏽」。生鏽是水造成的氧化，而這個產業其實是非常大，這也是催化和表面的課題。甚至還有些潤滑的研究、工業中各種分子的生產，也都是催化，其實都是表面現象，也就是分子跟表面的交互作用。

給學生的話

探索可能，找尋自身所愛

大學跟國高中差別很大，國高中時可能因為升學，所以專注在課業，但大學不一樣，除了學識方面要拼命地獲取新知，也要逐漸嚴肅地看待人生，很多事情不能再是被動地去做，而是要自己主動想得到。

台灣的國、高中學生面臨升學、家人的期待，就被逼得去念書。別的國家的小孩則沒有這麼大的壓力，在更年輕時就開始思考人生問題。台灣的教育體系可能到大學，甚至是研究所時，學生才會開始思索：再來想要來做什麼，所以我希望物理系學生進到大學要開始思考：自己要什麼。

想清楚目標，再勇敢執行

想要的東西會使你成為什麼樣的人，這點比學識上的增長更重要，這是心智能力的成長。大學要開始建立人生的價值觀，確定以後要怎麼做。有了這些基礎的思考，才能開始慢慢往上發展，知道自己需不需要用功念書？需不需要去學其他的東西？需不需要去尋找

伴侶？需不需要有好朋友？這些全都奠基於三個問題：一、你覺得你是什麼樣的人？二、什麼東西對你最重要？三、你想變成什麼樣的人？這就是你作為一個人的價值。

在大學這四年內，學生得必須深思清楚，念物理不是為了別人，而是為了讓自己變成什麼樣的人。也許不喜歡念物理，那自己喜歡做什麼呢？現在是思考的時間，不要等到讀完研究所後才發現：自己根本不想做物理。很不幸的是，在台灣的教育狀況最早探索自己的時間就是大學，「了解自己」是學生大學四年最值得做，也是必須要搞清楚的事，這樣才會知道接下來要怎麼做，否則只會處在懷疑自己的狀態。

培養好的習慣 仰賴於「紀律」

興趣分布很強烈跟很不強烈人其實是少數，但的確有一部分的人做什麼都差不多，他的喜愛程度是百分之七十而不是九十，至少能確定哪些是他喜愛的與不喜愛的。如果差別不大時，我會培養一個好的習慣。因為人生總是有慾望，有慾望就會想要成功，達成想要做的事情，常常最需要的就是－紀律。



羅夢風教授分享親身經歷

許多事情也許我們沒有強烈地喜好，但還是要把它做好，做完，這就是紀律。要做好事情其實是要培養良好的習慣，紀律是裡面最重要的一個部分。在日常生活中，我會去找各種類型的書來看，人生遭遇瓶頸，從哲學的書開始找；有些人會去找不同的朋友，當一個對的朋友出現，其實會受到他很大的影響，找出你跟他的差異並找出你喜愛的東西。還有另外一種，機會來了就是去嘗試，秉持一個原則就是掌握時間跟機會。一個是行入，一個是理入：行就是去做，理就是去思考。

**「為時已晚」總比
「永遠不知不覺」好**

如果學生很清楚自己不喜歡物理，且知道自己要的另外一個東西是什麼，那應該趕快轉系。我認為「為時已晚」總比「永遠不知不覺」好，並非一定要念物理。如果學生還不知道要什麼，練習把事情做好是很好的訓練。如果已經找到方向就趕快去做想要做的事情！

天無絕人之路

如果學生在物理這方面無法表現得很突出，而且又轉不出去，那就認命好好把物理系念完，等到研究所的時候再轉。當然也有人毅然決然休學重考，物理系的課都比較難，因此重考可能比轉系更容易。換個角度想，具備兩個技能也不錯，讀物理的同時也進行自己想做的事情，真正想要做的等到研究所或是畢業之後再去發展。

教授訪談 Q & A

學生：奈米科學的未來發展以及對科技的影響？

教授：做科學常常不知道未來會有什麼發展，在過程中才會發現用處。比方說：石墨烯是2009年的諾貝爾物理獎，2004年的時候在Science發表，但在那之前石墨烯並未被重視。那時候關於石墨烯這種二維材料，雖然有人知道，但並沒有特別地看好。2004年時才突然被覺得有發展的潛能，可能成為新的材料並有特殊的傳導功能，也可能有許多新的物理在裡面。所以有突破以後才会有未來，沒有人能告訴你未來的影響。

學生：量子力學是被許多人認為不會有人真正理解它，為什麼會變成那樣子？

教授：從1930年代到現在，量子力學是解釋微觀最好的理論，這個理論架構並沒有被改變，就好像牛頓力學在幾百年後才被修改。量子力學是目前最好的理論，而這個理論就像一個工具，像牛頓力學或電磁學，理解哪些理論是對的，這個部分才會被使用。不會有人真正了解應該是指：量子力學的幾個公設，背後的原因到現在我們還是不了解，我們無法找到比這幾個公設更基礎的原因。

舉例來說，量子力學最重要的概念是當東西小到一定的程度的時候，要了解

這個東西的訊息，像物體的速度或位置，我們一定要透過測量，這個測量對它的干擾無法無限縮小，這件事至今仍無法被推翻。干擾最小的極限大概就是 h （普朗克常數）的尺度，對它最小的干擾極限就到那裡，這件事情就是量子力學的來源。所謂測量，基本上就是要用四大力學裡面的力，一定要有交互作用，但是交互作用的干擾有一個最小的極限，無法被理解的大概就是這些公設。我們只知道事情是這樣，但不知道原因，就好像你知道高斯定律，但是你找不到比高斯定律更基礎的電磁學定律。

學生：請問教授對於出國留學這件事的看法？以及如何準備？

教授：當然國外就是有一些優勢！在國際化的條件下，容易跟比較多專家有交流的機會。在國外比較好的大學就讀，當然平均來講老師的水平也比台灣高，但也要看你去的地方在專業的領域上是否有贏過台灣。其實，台灣的科學發展得不錯，有些領域已經做的蠻好的，在國際上具有競爭力。但整體來講還是比不上美國或歐洲一些最頂尖的大學，所以就是看你去哪所學校，因為不是每個歐洲或美國的大學都比台灣現在的大學好。

能力比成績重要

在我那個年代，大部分都是念完大學就出國。在國外不需要有碩士學位後才能讀博士，它是兩個不同的學位。此外，當時台灣的科學技術發展得沒有很好，留下來讀兩年碩士對於日後申請學校的幫助並不大，所以在物理這方面都是直接讀博士。現在台灣的情況不同，頂尖大學的研究做得很好，當學生畢業後，文憑並不單單只是一張文憑，而是象徵念完這個學位後所獲得的研究經驗。學生可以寫論文，文章會被發表。在申請學校時，就會比別人更有優勢。國外的學校最在乎的就是研究能力，成績是次要的。如果學生在大學時就有很好的東西做出來發表，表示已經受過很好的訓練，那大學畢業後就可以出國念；但如果沒有或是還達不到那個水平，念個碩士會有一個比較完整的訓練，才会有比較好的競爭優勢，可以進到比較好的學校，更可以拿到獎學金。

能力勝於雄辯

準備是永遠不會完成的，所以必須提供足夠的證據告訴自己做得很好。因此，學生需要一個好的推薦信。當然，最好是文章已經發表，因為刊登到國際期刊是一個比較客觀的標準。不管推薦信中老師把你寫得多好，都是他說的。但如果沒有文章發表，差別就很大，因為

它是一個客觀的東西。別人看了你的東西，將會知道你具備什麼能力，這時你就可以去申請學校。

學生：產業界的資源是否多於學界？

教授：

創業跳脫窠臼

產業嘗試可能

台灣的產業，我覺得他們投資在研發上面大部分都不夠多，他們會花很多錢去買人家現成的技術，因為他們原則上不太相信自己的人做的研究，這是台灣老闆的問題。所以我鼓勵年輕一輩要自己創業，因為他們的思維是不會改的。他們資源的確多，但是要短期回收，做出來，獲利幾年就沒了。他們會投資很多錢，希望很快地做出來或解決那個問題，這就是產業模式，但那些問題可能沒有什麼了不起，只是要多花人力或時間去把它弄出來。

現在看台積電他們的製程，比方說從15奈米到7奈米到5奈米，其實他們就是嘗試各種辦法在調參數，找出最好的參數，並把東西做出來。那不是一般科學界會做的事情，因為那東西很無聊。而微影的技術不是業界發展的，而是荷蘭飛利浦發展的，那才是比較科學的技術。台積電所謂的研發就是用機器把參數找出來，當然那要投資非常多的物力，因為它需要一直嘗試。

學生：有沒有原本是學術界的研究後來突然發現它有產業界的價值？

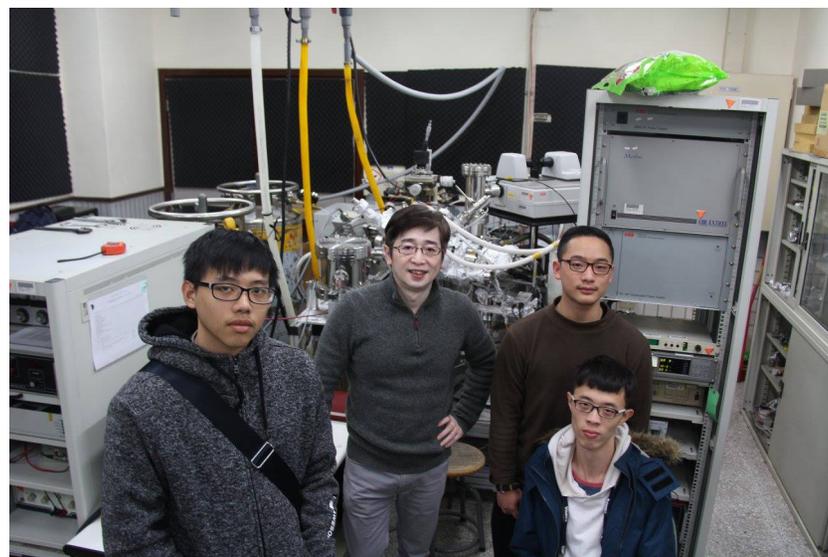
學術、產業相輔相成

教授：有阿，只是在台灣發生的比較少，但是在美國是很多的。美國是一個鼓勵創業的國家，我也很鼓勵你們創業，不要再跟那些公司在做。在美國，他們的教授做出一些東西後，覺得或許可以拿出來做什麼，就會去申請專利，甚至是成立公司。他們會找專門的投資公司、專業的經理人員，讓這家公司成功營運。做研究的人通常就是賣這個專利，變成一個股東。至於把東西做出來的生產線、營運或市場行銷，則會有另外的一批人負責。台灣當然也有一些學

界的人會直接轉入業界，把他的專利賣出去。只是在台灣，這個模式還沒有那麼成熟，後門的育成中心就是要做這些事情，要讓我們的研究跟外面的業界有接觸的機會，因為有一些業界會來看有什麼東西是有商機的，讓研究變成產業的一部份。

學生：要進入表面物理或奈米科學需要什麼特別的能力或什麼課程？

教授：不需要什麼特別的能力，只要有興趣就可以。有一些課程倒是需要的，原則上不管表面或奈米物理的領域，最好要有量子物理、熱物理的背景。除此之外，最好可以選修固態物理，因為表面物理基本上是固態物理的一個範疇，這就是大概需要的基礎課程。



羅夢凡教授與系刊團隊的合影

系友採訪



學習人生 邁向成功的道路

系友 方頌仁 學長訪談

撰文:黃勢棠、李律昕

帶著些許的緊張，一面做著訪談的最後確認，另一面前往跟學長所約定的地點，因為豔陽所流下的汗水似乎沒有撲滅心中的緊張，突然，一輛黑色的轎車停在我們面前，透過車窗，學長向我們搭話，學長沉穩的談吐、親切的態度，緩解了我們心中的不安，對話一開始，我們就如同朋友般閒聊，以前的種種，就如撥雲見日般透過學長的話語進入我們的想像之中，自此刻，便開始了一場衝擊腦細胞的激盪之旅。

方頌仁學長簡歷：

- 1988年畢業於國立中央大學物理系
- 1996年於美國史丹佛大學材料系獲得碩士與博士學位
- 1996年畢業後於美國德州儀器公司研發部工作
- 1999年返台進入聯華電子公司工作
- 2008年與合夥人共同創立達盈科技管理顧問公司
- 於達盈科技管理顧問公司擔任董事長至今



時異世移：

才剛剛從炎熱的街道進入舒爽的咖啡店，學長娓娓道來的不是物理系、不是工作，而是時代的改變。學長出身於戒嚴的時代，和現在不同的是，社會是相當封閉的，直到大學台灣才解嚴，各個社會運動隨之燃起，不同的思想在一夕間擦出不同的火花，社會突然變得非常多變。

學長也不諱言的說到「不是說我們

過得特別辛苦，每個時代有每個時代辛苦的地方。」在學長的時代，社會是封閉的，所以他們通常是別無選擇，努力地朝一個方向前進，但是我們不一樣，現在社會是很開放的，畢業之後想做甚麼就做什麼，沒有什麼限制，恐怖的事情是，現在的選項太多了，導致我們無從選擇。另一個問題是現在社會的變化速度加快了，可能現在學的東西在10年後就可能變得一點用都沒有。

學長說「我在中央那幾年，理學院的學制是非常不一樣的。」學長並開始道出他那個時期的中央大學。在學長就讀中央大學的那幾年，整個理學院就像現在的理學院學士班，大家大一進入中央的理學院並不分系，而是一起上課。等到大三才開始分系，學習自己想學的專業，所以很多理學院的同學都互相認識，但後來也都各奔東西。學長回憶道「我現在看到天空上的雲就能猜想高空氣流不穩定、是不是要下雨了，不是其他原因，是因為我大一有上一門大氣物理的課，這都是那個學制的功勞。」這種學制讓大家有機會接觸到各種不同的東西，不只是讓不同的科系間的互相激盪，也讓學生想清楚自己的興趣之後再一頭鑽入。學長又說「當年的校長余傳韜也開了非常多的通識課讓學生選擇，所以我現在最印象深刻的不是物理，而是大四那一年上的紅樓夢。」物理系的東西不是他大學的唯一，他在大學時因為這些通識課的緣故，找出自己不一樣的興趣。

另闢蹊徑，離開家鄉：

一被問到為什麼要出國念書，學長給出了一個我們異想不到的回答。學長說「當時台灣相當封閉，中央更是如此，同學間滿腦子都是大學畢業後要逃出這個鬼地方。」大二時，學長就已經決定畢業後一定要出國念書，也因為弟弟高中就已經出國念書的緣故，也令他更嚮往出國唸書這件事。因為資訊相當封閉，在那時他就會和幾個同學跑去美國文化中心翻台灣留學生的一些申請資料，想看看之前的留學生都去哪裡留學，他們也發現要出國念物理是一件相當不容易的事，而且也不容易申請到好學校，所以因緣際會申請了材料，也意外地申請上 MIT 還有 Stanford。

當時在 Stanford 唸書時，真的是見到了世界，學長回憶說「我到了美國才第一次使用電子郵件，都不知道原來世界上有這麼猛的東西，我唸博士的時候瀏覽器才剛剛開發出來，我就跟我的學長偷偷跑去系上的機房查一些奇怪的東西，那時我們嘴裡剩的只有各種驚嘆。」這時學長又提到當時在美國的另一個經歷，當時學長弟弟也在美國 Berkley 唸經濟學，所以他就跟弟弟一起在家裡搞外匯。有一次美國股市大跌，賠了很多錢，每天晚上睡不著，上課也不認真，所以那一學期就有一科被當。Stanford 的教授就問學長出了什麼事，學長就說「我搞外匯賠了很多錢，所以沒辦法好好念書，可能沒辦法繼續念博士。」教授反而說「你應該留下來唸博士，成績不是問題，我沒看過哪

個唸材料博士生會搞外匯的，好好努力念一下書吧。」這件事讓學長覺得外國的教育非常不一樣。」

學長認為，如果家中的狀況許可，建議要出國看看。在中央大學你有可能唸得很順手，成績也不錯，但一到了國外之後就不好說了。就像可能在台灣中華職棒打得有聲有色，但是到了美國打大聯盟一切都變得不一樣了，去大聯盟看一看也不糟。現在每個人都很有機會，去國外試一下自己，讓自己的視野更開闊。

從 Stanford 回頭看台灣：

在美國，大學教育也算是基礎教育的一環，大學教的還是基本的邏輯思考、推論能力及獨立思考的能力。學長這時舉了一個例子，在考博士班的時候，聽到電機系的同學說他們的考題，題目是請推算美國有多少名理髮師。學長說「那時我同學都傻了，口試的題目竟然是考這種東西，可是後來想

想其實出這種題目也對，教授考的是你的邏輯推論及思考能力，你到底要用什麼樣的數學分布去解釋，又為什麼這樣推測，反正一進去口試就要你一直講一直講。」但是話鋒一轉又說到「這也是我們台灣教育缺乏的地方，我們只懂的記誦東西，而不去真正的了解一個定理或數學式，我們用很變態的填鴨要你去背一堆以後用不太到的東西，什麼Bessel Function，我大學讀完應用數學之後根本沒用過。」一切的數學以及物理定律，都是人類發現了之後，為了給它一個最適合的解釋方法所以發展出來的，而我們的教育卻把一切都反過來了。

學長認為填鴨式教育也不是只有缺點，當他在Stanford時，有一次要算Fourier transform，他就發現他竟然會算，可是其他同學都在翻書找算法甚至根本不會算，這就是我們的優勢，但同時我們需要利用我們的優勢去看到我們的缺點並改進。

現在在社會上工作的學長也對現

在台灣的大學教育做出了一番評論，學長說「台灣的大學教育近幾年也走火入魔了。」學長把情緒沉澱下來後又提出一個新的問題。現在台灣把大學教育職業化，希望我們在唸了這個系之後就要在這個方面的工作上發揮，要讓我們在一出社會工作後就變得很有工作能力，學長說「事實上現在社會變化速度太快，你根本不知道你出社會之後會作什麼事情，所以很多東西都是在一路走來的路上才一個一個學的，出身於哪個科系也慢慢的變得不重要了。」就像現在正在創投公司發揮所長的學長，又如大學讀物理的德國總理梅克爾一樣，誰知道我們未來的發展到底會如何呢？

Stanford的實驗室跟台灣的有很大的不同。在美國，教授被鼓勵在外開公司的，所以教授常常投資自己的學生創業，當然學生也會請教授幫忙做一些研究，因此在國外實驗室與業界的連結是相當緊密的，他們甚至可以在實驗室使用最新的技術研究最新的東西，有更多的經費可以找更多學生做更大的企劃。而政府只是擔任嚮導的角色，訂定一些研究方向，並沒有多加管理。但是在台灣，教授是不容易做教授之外的事情的，所以台灣學術界就變得封閉，好的研究出不去業界，學長說「這是台灣很嚴重的問題，政府應該要鬆綁這些限制，才能讓台灣的整個產業更佳的活絡和進步。」



自己的未來自己闖：

就跟現在的大部分大學生一樣，學長在高中填大學志願時也不清楚到底自己的興趣是什麼，當時也就是跟著好朋友一起填一樣的志願就進入中央物理了，學長說「我那時候真的一點規劃都沒有，也不知道到底要唸什麼，但是隨著著大三四大的到來，我才開始思考我的下一步要怎麼走。」其實大部分的人都一樣，走到人生的每一個岔點時就會被逼著要思考要如何走出下一步，其實有長遠人生規畫並能照著規畫走的還是很少數的人，有些人小時候就立志要當科學家並目標一致，而這種人真的不多，學長說「我們能做的就是努力地走我們每個當下決定是對的那一條路，在路上思考下一條路怎麼走。最致命的事情是你沒有在思考或你

"我們能做的就是努力地走我們每個當下決定是對的那一條路，在路上思考下一條路怎麼走。最致命的事情是你沒有在思考或你不去思考你的下一步"



不去思考你的下一步，不過也不要一味地模仿別人走過的路。」

學長曾經在中央校慶時被學校邀請回來出席職涯座談會，當時台下幾百個人，卻沒幾個看起來像大學生，於是學長就在台上問觀眾們「是學生的舉手。」只有幾十個人舉手，接著又問「是家長的舉手。」大部分的人都舉手了，這時學長心裡很感慨，原來台灣的學生已經快失去獨立思考以及對自己的未來負責的能力了。這是很可怕的，學長說「大人們總以為他們可以用他們的智慧去安排小孩子的未來，讓他們過的順順利利，殊不知現在社會變化實在太快，總有一天會快到連家長們都不知道該怎麼安排小孩的未來」這時候靠的就是自己的思考能力了，學長也建議「我們應該自己思考自己選擇，而不是看哪個雜誌上說、聽哪個網站上講就去做或者一切照著父母的安排走。」

從博士畢業之後，學長也不知道自己將來會經營創投公司。畢業後就進入美國taxes instrument的學長，覺得繼續在美國做半導體產業的機會不會比台灣好，所以就回了台灣參加聯華電子。在聯華電子公司工作期間，學長曾被分配到一個部門做投資，所以學長也是在工作時才接觸到投資相關的專業。創業時覺得這是一個很好的機會，導致日後自己成立創投公司，學長

說「這一路上我都是邊做邊學，哪有甚麼規劃，覺得時候到了就下什麼決定，讓我剛好趕上台灣產業改革的列車，這也是我剛剛好挑對了時機回台灣，所以我現在才有一些成就。」

什麼叫做 " 成功 " :

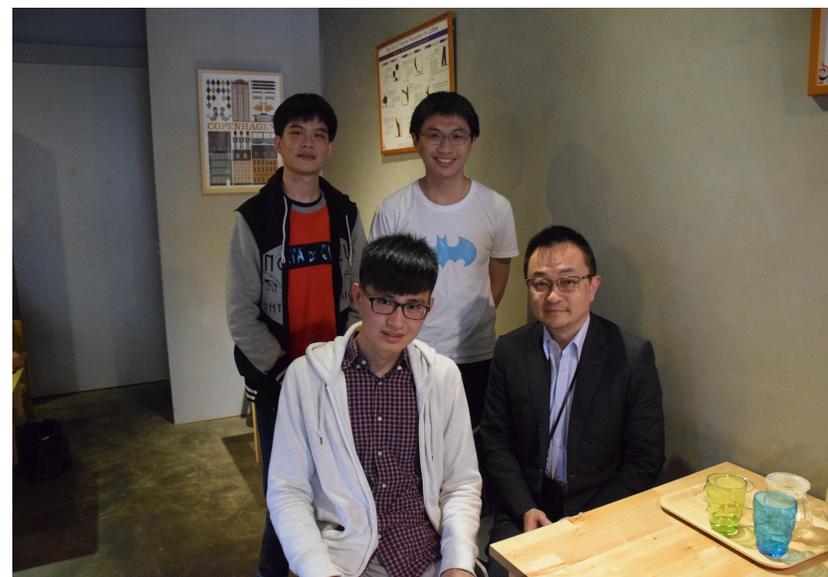
每個人有每個人不同的人生規劃，當然就會有不同的目標出現，當一個人追求人生安穩，那當他達到安穩的生活時他就成功了。很多世界上著名的人說他們的成功都是多努力多勤奮，其實背後都有一些隱情，像是比爾蓋茲的媽媽是IBM的董事，巴菲特的媽媽是證交所的董事。這些東西都是他們不會告訴你的，別人有別人先天的優勢，這是我們學不來的。

大家都曾經想著要跟愛因斯坦一樣發表偉大的相對論，要跟賈伯斯一樣發明改變世界的產品，希望能成為向他們一樣“成功”的人。大家可能曾經被親朋好友建議要出國讀書、要去某地工作，只希望你的生活更的更加順遂。這些真的是我們想要的人生嗎？愛因斯坦是因為朋友的壓力而進入物理圈進而發表偉大理論的嗎？賈伯斯是因為家人的規畫才成立蘋果並發明影響世界

" 應該要走出自己的路，而不是去參考一些成功人士走的路，當然也不需要去跟別人比較，因為這是屬於你們自己的人生，找出屬於自己的成功方程式才是最重要的 "

的產品的嗎？而我們也要因為追求所謂的 " 成功 " 而去模仿別人曾經所做的事情嗎？答案明顯地是否定的。每個人下來有每個人專屬的人生，當我們模仿了別人，那人生還有趣嗎？就如熱門的日本廣告「人生不是一

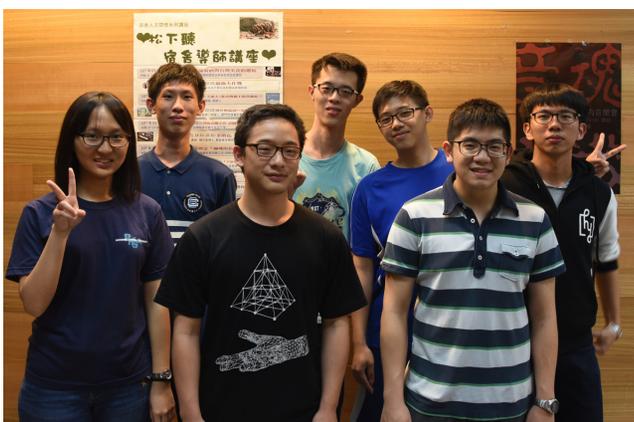
場馬拉松，我們不需要與別人比較，每個人有專屬的終點，也有不一樣的路線，失敗沒關係，繞遠路也沒關係，人生各自精采。」就如學長所說「走出自己的路，找出屬於自己的成功方程式。」



系刊編輯團隊



踏上尋夢的路途
朝著朦朧的光點邁步
縱使前方荊棘滿布
毅力將使你通行無阻
或許未來布滿迷霧
實力將照亮前方的道路



*I noticed that
even those who claim that everything is doomed
and we are unable to change in
to look around before you cross the road*

by Stephen Hawking

