

張寶棣老師

緣起：相信一大二的同學們對寶棣老師都不陌生吧！老師的普物課向來受到大家的一致好評，內容紮實且有深度，尤其講到相對論更是精采。本次訪談，主要提到了老師求學和做高能物理研究的歷程，也提到了一些對於修課、學習和工作的解惑。對於同學們來說，可以當成一份過來人的經驗和建議吧！

（訪談過程中偶有打岔之處，以《時空》的「時」代稱）

文 / 陳乙山

訪問 / 陳乙山、李宛儒、楊博亞
2013/1/15

求學和研究的經驗

老師在台大物理的求學過程？

系上老師比較少 在大學裡面比較少跟老師做研究，大家主要是在修課。課沒有那麼多，因為老師不夠，主要就是必修課，除此之外就比較少，不然就是研究所的課，簡介固態物理、簡介高能物理之類的。你去看現在的課表，選修課多了很多，廣義相對論當時根本沒有這門課。現在環境好很多、老師很多、研究做得非常好，所以在大學的時候就有機會跟著老師學。我們現在做的很多研究幾乎是物理前沿，非常尖端，某些重要的問題都正在探討當中。

老師在台大物理有什麼印象深刻的同學、活動？

那時我們班人很少，本地生一年只收 30 個，加上一些僑生、轉系生，準時畢業的話大概就一二十個吧。那時候感情很好啦，生活也算是單純，很多同學那時就玩些橋牌啊、運動啊。系隊倒不是很興盛因為我們人很少，所以都是輸。比方說那時候我們有棒球隊，系上有幾個人會打棒球，但是因為人太少，常常很快就被淘汰了。

（時：那時候系上有什麼課外活動嗎？）

那時候沒有物理營。當時系學會主要的工作就是出《時空》。除此之外，就是送舊和迎新，我們要送畢業的那一屆，辦一個晚會。那時候沒有物二之夜，只有理學院之夜，由理學院各系合辦。那時候動物植物系都是理學院，快十個系，感覺上人很多。我們那時演了個默劇，沒有人看得懂（笑）。數學系也很有趣，他們個節目沒排練好，就安排了一個民歌手，叫周華健（笑）就把他拱上去，他們的表演就是獨唱，然後就沒了。那時也不規範要表演什麼，各系各自出一個節目，不覺得很辛苦，不像你們物二之夜那麼累。

老師是怎麼學習物理的？

當時我學的時候是覺得有點混亂，物理不像數學那麼簡明，可以直接把它寫出來。物理我就比較難抓到他的精髓，所以可能解一些習題才會，可是總覺得心裡有點虛，不踏實，好像沒有抓到他真正的精髓。到研究所再學，原來的東西更深了，再花時間慢慢體會。等到四大力學學完的時候，基本知識大概知道，可以用白話講出來沒問題。物理知識的累積需要時間消化。但有的同學他天賦很好，可以在比較年輕的時候就弄懂。

（時：有沒有遇到過很難理解的概念？）

有啊，叫作 uncertainty principle。這是慢慢弄清楚的，我第一次讀是大三的時候，我那時搞不清楚那是自然界的本質還是人類的能力有限，想了很久，那是一個很難的問題。後來就讀了一些文章，不是什麼數學，那是人的概念，人的想法。像是海森堡的書，很難懂，太抽象了，他不是寫一些數學的形式，他把那用文字的理念表達，我才知道這是自然的本質，不是因為人類的儀器受限了，想了好幾年，那是一個根本問題。

當然你想不懂不會妨礙你做研究啦，我只是想把它弄清楚，第一次學的時候學得不是很好。學物理需要時間啊，物理不是這麼簡單的東西，尤其以後上

高年級的課，數學開始複雜了，現象也不是能夠簡化的，都不簡單，需要時間。還好那時候有同學一起想，有一群人腦力激盪。年輕的時候多想想，想錯了都沒關係，到最後弄懂就好。

老師當時為什麼會選擇走物理研究？讀研究所時為什麼會出國，不待在台灣？

我們當年跟你們不一樣，資訊比較少，也沒有什麼 computer 這種東西，所以大學就很單純的，覺得物理蠻有趣的，尤其讀到量子力學，我就想至少念個研究所吧，看看自己適不適合。

那時候環境還沒有那麼好，有那麼多人出國是有道理的，國外環境比較優越，不像現在台灣進步真的非常非常大。當時系上教授論文發到一些很好的 journal 的很少。做實驗的沒有錢，怎麼做？能有一點成績就不錯了。做理論的則要有環境，能夠與最好的物理學家腦力激盪，掌握現在最看好的研究，台灣當時沒有這些條件。現在好很多，因為已經是全球化的時代，能夠和各地的物理學家交流。現在的物理系研究經費不少，跟以前比起來是一個 quantum jump 的，無論是師資或經費都有很大的進展。所以現在你可以考慮留在台灣，多跟世界上的物理學家多交流，

不一定要到國外拿學位。出國不一定要在求學的時候，也可以在研究的時候出去，有很多機會啊。如果你有機會參與某些領域的研究，那就趕快抓住機會跳進去。

老師初次踏入高能研究的過程？

到國外念書的時候，一開始也不知道要學什麼，對物理學的新進展也不是很清楚，出國了才有機會接觸到一些實驗資訊。後來看到我們學校有高能實驗，相對來說經費比較多，電腦設備非常的好，所以我後來就加入高能實驗的團隊。集體合作是高能實驗的一個特色，沒有辦法自己在一個房間裏單獨做，它是一個團隊合作，不是一個學校、甚至有時不是一個國家單獨能做的。大的研究計畫可能需要全世界的科學家集體合作。現在天文領域的研究也有這樣的趨勢。

我參加的第一個實驗主要是由幾所美國大學，約十多位教授提出合作計畫，而由研究生和博士後負責建造維護。該實驗位於美國費米實驗室，是屬於固定靶實驗。學生從偵測器的建造與維護、軟體事例重建程式的撰寫、到實際的數據分析開始學，學得多而且紮實。那時候大家相處的不錯，大概三十幾人，彼此都很熟。雖然實驗的物理目標不是那麼耀眼，但好處是各個儀器都可以摸一摸了解它在幹什麼。不像現在高能物理實驗更龐大，有些人可能只會其中一小部分，其它部分的實驗就不知道了。

那時候沒有人帶，研究生都自己來，沒有人教你，只有一些高幾屆的學長和博士後可以問，一邊研究一邊學。早期的研究生不只是我，做理論的也是這樣子，都得自己問自己學。尤其到美國這種現象更常見，你

的 advisor 如果很細心地把你教會，那你運氣很好，很多時候他就把題目丟給你，你自己想辦法。臺灣的話，一般實驗室都有比較年長的學生，可以跟他學習。臺灣的教授比較貼近學生，去國外那些大教授、老闆太忙往往看不到人。像我有個日本同事，比我年輕一點，他的 advisor 為他只做了兩件事：一個是讀他的碩士論文，一個是讀他的博士論文，然後簽上名字。這是正常現象，很多人都是靠自己摸索這樣走過來，好處是很紮實，可是有時候畢業會拖很久。

高能物理研究的現況和生活

臺灣的高能物理在這段時間內有進步嗎？目前有什麼困難 / 競爭？

進步很多，一開始台灣沒人做高能實驗。因為跟其他物理領域相比，高能實驗花費較高，沒有錢做不了。台灣一直到 90 年代以後因經濟發展慢慢富裕了，研究經費多起來，研究也慢慢興盛。不只是高能物理，其它領域如固態物理經費也成長不少。有錢了才能買材料做事情，所以後來做高能理論研究的維恕教授，想在台大成立高能實驗團隊，提計畫參與日本 B 介子工廠實驗。

台大高能團隊在 1994 年成立時，只有四個人，沒有做高能實驗的專任實驗家。現在我們團隊很大，已經超過 40 人了，這成長是不得了的。我們現在主要做日內瓦的大強子對撞機實驗、日本的 B 介子工廠實驗，以及中國的大亞灣微中子振盪實驗。去年高能物理除了找到像希格斯玻色子外，另一個 highlight 就是在微中子有一些發現。我大部分時間花在日本的那個實驗上面，現在也作大強子對撞機的物理研究。

但那個實驗太大了，有趣的題目很多，參與實驗的合作者超過 3000 人，光從世界各地來的博士研究生就超過 900。

目前的研究沒有什麼太大的困難，我們只是人手稍嫌薄弱而已。剛開始我們有經驗的人很少，現在已形成一個獨立研究的團隊，有自己的研究課題。小團隊因為人力有限，研究課題得好好規劃，以免競爭不過，失去自己的在整個大團隊中的定位。大的研究組人力、財力充裕，不但容易拿到有趣的物理課題，而且總是可以吸引更好的人加入，好像永遠立於不敗之地。這種現象在美國也是一樣的，譬如說，Berkeley 和 MIT 的團隊都是大組。高能物理實驗是高度競爭的，應該講既合作也競爭。比方說你要搶哪一種偵測器的建造，這跟每個組過去的經驗和能提供的經費有關，合作多於競爭。比較有競爭的是物理的研究成果。我做完了這些實驗，有了數據，要出物理分析結果啊。那物理分析題目這麼多怎麼分配？總會有一些物理課題，大家都搶著要做，這就產生競爭了。怎麼辦？

一個大實驗一定有他的主要目標，這主要目標是很多人想做的，那你就要審慎時勢。當你是個大團隊才可以大聲說話。臺灣只是個小國家，像美國的 MIT，有錢、有經驗又有能力，你一個小團隊怎麼能跟他競爭呢。方法之一就是跟它合作，除了主要目標，絕對要在幾年之內做出來，比如說 Higgs Boson。那會有很多細節要處理，我們可以與大組合作，負責一部分的研究。另外一個方法是你知道還有不錯的題目，雖然不一定那麼耀眼，但有潛力。你需要有物理概念，看得出來後面的 Physics 是什麼，知道哪些題目真的有價值，就提早卡位，訂定計畫與時程，進

行研究。高能實驗因規模和經費的龐大，我們出的 paper 質量非常高，份量很重。

研究員的生活？

一般時候，就是跑跑電腦、看看數據啊，然後按照既定行程完成計畫。有的時候會熬夜，特別是要出結果的時候，沒有辦法，只好犧牲睡眠。一般上班族，他下班就沒事了，我們回家後還要想研究上的事情。但差別在一般上班族背後有一個大老闆，許多人是為了老闆工作；我們研究是因自己有興趣，所以願意加班或熬夜，這一點是有差別的。當然啦，有的時候實驗要趕東西，希望要有成果啊，那種壓力也是會有啦，人生還是要有壓力。

高能物理最主要的國際會議是在每年夏天的時候，許多重要結果都會在夏天大會中公布，我們必須趕在會議前做完。還有冬天的幾項會議也是很重要的。一般來說就是夏天跟冬天兩段時間，是我們發表新結果的時候。

國際合作實驗因為實驗地點通常不是各研究團隊的所在地，所以我們常常往外跑，出國從事實驗，或是開會。博士後和研究生，乾脆就住在實驗室附近。像我在中央研究院擔任博士後時，每年超過 11 個月是待在位於芝加哥的 Fermi lab，因為在實驗室你才可以很快得到第一手的消息。即使現在這幾年 video conference 很方便，但是我們還是要派人在那邊。除了維護自己負責的偵測器之外，也要按時在團隊會議上報告研究進度和結果、和團隊成員討論。

給學生的建議和解惑

大學生該怎麼踏入研究領域？還有老師

上課常提到程式和英文能力很重要，那老師是什麼時候知道的？

只要有起步就不錯了，你怎麼可能說在大學時代就要有什麼創見，那很難。可是至少可以是個開始。像有志於理論的同學，他要做研究還差得遠哪，但還是有機會的。就像我上課講的，除了一些數學、物理，你還要會一些電腦技能，可以幫老師做點事。對一個大學部的學生來說，他所學的還不夠深，能夠幫老師做一點事情就不錯了。幫忙跑一些程式，做一些計算，或者跟老師學一些物理方面的知識，這樣就可以了。現在大學生的環境比我們那時候好太多了。多趁年輕的時候去試，反正開始物理研究時，不需要完全先瞭解物理，等你完全搞懂再開始就太晚了。你可以到處碰一碰啊，幫老師打打雜啊，看那些研究東西你喜不喜歡。

我大學時系上沒有程式這門課，那時候看許多修資工系的程式語言的同學，常常去上機啊，排隊打卡。因為我們那時候沒有個人電腦，所以學的慢。英文的話，因為生活單純，修課、上課，只有念原文書的時候才會碰到一點英文，出國以後才知道要加強，這些都是我後來的經驗。英文和寫程式這些東西愈年輕學得愈快，不像物理和文學，需要長時間的讀書與訓練才能學得好。人年紀一大，英文單字就背不太起來了；程式是進步太快，像我們實驗的分析軟體版本更新非常快，所以要常常注意有哪些變動。重點是學了要能實際使用，不用很快會忘。

修課對研究的幫助？

它就給我了一個基本知識，這是學物理必要的條件，所以你不學這些是不可能的。基礎的不學，怎

麼能成物理學家呢？

譬如說我想要知道 proton 裡面的夸克和膠子的動量分佈。實驗上我能量測的是碰撞後出來粒子的動量。那麼怎樣從測得的粒子動量，來估算夸克和膠子所佔整個質子動量的幾分之幾？光這就是一個很難的問題，需要很多實驗提供數據才能找出來。你看這個研究，基礎的你要會。你要知道動量是什麼，你要知道相對論，因為我們是高能量的碰撞。動量在相對論下是什麼樣的形式，你必須瞭解。你要懂一些碰撞截面的計算，知道強作用力是怎麼一回事。你要知道關於這方面的東西，不然你不知道你在幹嘛。實驗物理會用到這些，但是不會像做理論這樣，算到那麼精確。我不會算理論那些東西，它有它的難度。我大概知道理論學家在考慮什麼，他們只要告訴他們的理論模型，然後將他算出的結果解釋給我聽，大概這樣就可以了。我能夠藉著我量到的物理量或分佈圖，來驗證理論模型，甚至解釋我們研究的物理。

像大一的普物實驗或是大三的基礎物理實驗課，這些實驗都已經知道結果了，請問這樣實驗的意義是什麼？

我們現在也在想這些事情，在我念大學的時候不知道實驗技術的重要。所以回來之後，我的同事們



不少就有這樣的看法，我想也許你們這一屆就會做些改革。就是我們要怎麼樣設計一個實驗，讓同學們每做一次實驗就能學會一點技能，你需要藉著實驗把它弄清楚。倒不是說我們要做一個完整的實驗去量測什麼重要物理量，那等於你所有的東西都架好了，甚至都自動化了，就按按鈕啊，機器就告訴你結果是多少。器材和實驗步驟都幫你準備好了，做起來是很快，實質意義並不大。

比方說，我是學高能物理實驗，我教你怎麼繪圖，因為繪圖是一個很重要的分析方法：我教你怎麼模擬，用程式去模擬一個現象出來。就這樣每次學一點，不用貪多，但這些東西會很實用，你將來會用得上。又如固態物理或其它方面的實驗，我們也可以用這樣的方法。這樣你一個學期應該收穫會比較大。也許到期末時，你可以將一學期所學集合起來設計一個實驗。或者我們給你一個題目，你自己買些材料，去把它做出來。實驗目標不需要非常的偉大，但經過這些過程能培養學生動手的能力。

就老師的同學而言，他們從物理系畢業後從事什麼工作？到現在還在做物理的有多少人？

將近十個，還不錯。現在班級人數比較多，相對來講做物理的人比例比較少。我們現在沒有一個統計表，可能很多人選研究所得時候就轉行了。我們系的畢業生念光電的很多，走電子電機業的也很多。有的人就到商業界去了，他想要做經濟啊投資之類的，進華爾街也是可以的。很多高能物理學家後來也都進了華爾街。他不一定做操盤手，主要是做分析師。（時：那老師有沒有認識物理系畢業，但工作和物理

無關的人？）

太多了，像我的直屬學姐，她原本在美國讀了物理博士，後來就到德國念哲學了。或者像我有一個同班同學是念物理的，進了哈佛的 Applied Science 應用科學系，結果在應用物理的學程上發現實在不是自己的興趣，就改走該系偏商學方面的學程。他拿到博士畢業後，在 marketing 上面跑了一陣子，後來到佛羅里達一個小學校去教書了。你們學長姐也有很多人走不同的路啊，有的人對藝術有興趣，有的人對資管有興趣，各自走各自的路。我們系上大學部的畢業生，大部分的人不是走物理研究。將來做什麼工作，跟讀物理系沒有直接的關係。可是物理系提供你一個很好的訓練，知道要怎樣找出問題後面的答案，所以我們的畢業生大都有一份不錯的工作。