

從東吳、清華到劍橋

游秩群 / 東吳物理 101 級

英國劍橋大學物理學系博士研究生



時光荏苒，轉眼已從母校畢業 8 年了；然而我對母校的情感卻依然是如此地強烈，彷彿昨日。東吳物理系對我而言如同是自己的家，更是我對物理啟蒙的地方。在學期間，尤其受到劉源俊及任慶運兩位老師的影響最為深刻，並因而點燃了我的物理魂。

我們這一屆的情況非常特殊。2008 年進入東吳讀書的那年，剛好是劉源俊老師卸任臺北市立教育大學校長，回歸系上任教的第一年。因此，我非常幸運地成為劉老師回歸教學的第一屆學生。

第一次接觸劉老師，即是在大一的普通物理課，也是奠定我物理基礎最為重要的一門課。對我而言，高中以前的物理並非是真正的物理。學習往往只重視如何對付各種五花八門的題型拿高分，而忽略了這門學問裏最核心、最至關重要的物理概念，從而失去了物理的本意。自從上了劉老師的普物課後，我才真正地見識到了物理之美，體悟到「原天地之美，達萬物之理」的奧妙。課堂中令我印象最深的是教室裏各式各樣有趣的演示道具。每次在進入新的章節前，劉老師都會舉一個有意思的現象為開端，並賣關子地說：「當你學完此章節後，就能了解其中緣由啦！」由此產生的強烈好奇心，引發了我主動、積極學習的動力。再搭配上教學時生動的演示實驗、舉凡各種生活實例的連結與應用，使我在初步踏入物理領域時即產生極為濃厚的興趣，越讀越是覺得有趣，甚至是感到樂在其中無法自拔。朱子說：「讀書須讀到不忍舍處，方是見得真味。」我想應該就是這個寫照吧！

大二遇到了古典物理中最為重要的學科之一——電磁學。相較於大一時接觸的各項學科，電磁學在數學難度上的提升可真不是一點半點；光是開頭的向量分析——梯度、散度及旋度三兄弟，就足夠讓剛升上二年級的我感受到極度的震撼。光是靠上課聽講，顯然已不足以對這些深邃的概念能有足夠的掌握。為此，我一連讀了五種不同版本的電磁學書籍，翻過數不清的工程數學課本，並問遍了系上的各位老師們，只為了更加充分理解它們各自的義涵。物理是一門很奇妙的學問，各學科之間有著非常緊密的聯繫，學好一門學科往往會對於其他科目的學習有著莫大的幫助。當時一股腦的求知慾，不僅使我很順利地銜接上了大二初期這段數學程度的差距，並成為日後各項科目學習中，最為重要的推手之一。時至今日，仍時常受惠於當時的努力。

大三開始學習量子物理，也是我跟劉源俊老師學習的第二門物理課。劉老師的量子物理教學是系上口碑第一等一的。每次上課的內容非常之大，而且必需在學習過程中迅速反應出之前古典物理裡的各項所學，變化多端。為了能夠在課堂上專心聽講，在每次上課前我都先預習好下一次要上的所有內容，並把讀不懂的地方先用筆標註起來。此舉一是便於在上課時，更特別用心地聆聽老師對這部分的講解；二是以便老師在講解到這個部分時，可以即時發問。為了不錯過課堂中的種種細節，在上課時，我總是坐在前排中間的位置，開著錄音筆，錄下老師對各種概念的精闢解釋，以便在日後有疑問時，能夠反覆聆聽。如此紮穩打的學習方式，讓我能以高效率且有系統性地加強對許多重要物理概念的理解。

量子物理課程談及的現象包羅萬象，從微觀世界的原子到天文裡宏觀的白矮星無不包含其中。還記得在上到光電效應時，其奇特的現象及光量元（photon）的絕妙概念使我深深地著迷，並好奇著如此顛覆古典物理的概念到底是如何產生的？為了能更深入了解，我進一步與劉老師做了長達兩年的〈光量元的故事〉之專題研究。在研究過程中，閱讀了大量量子物理創建初期，一流物理學家的論文著作。不僅使我更加了解近代物理學的發展歷程，更激起我對量子物理的濃厚興趣。在量子物理課及專題研究雙管齊下打下的紮實基礎，成為我日後決定走上原子物理研究領域的最重要關鍵。

在東吳讀書的最後一年，我很幸運地修到了任慶運老師開的量子力學課。這是一門量子物理的進階課程，其更加強調量子理論抽象的數學定義及模型化的建立。當時修這門課的人非常地少，算上我自己總共也只有四位學生。隨著課程後期難度的加深，到了下學期，班上就只剩下兩個人了，可以算是我在東吳上過最「精緻」的小班教學啦！得利於如此相對較少的授課人數，上課時老師能更加針對許多較難理解的地方加強說明及討論，從而使我釐清了許多過去尚未完全理解的概念。此外，由於我的工程數學就是由任老師所教的，課堂內容經常可以直接地呼應到之前所學的數學概念。因此，除了在物理方面的進步外，同時也讓我對許多已學過數學概念有更深一層的體會。到了課程的後期，上課內容開始變得更加靈活，並不再僅限於課本裏的教材，改以類似專題研究的方式，擇一前沿的物理研究做更深入的探討。這也因此促成了我在大學做的第二個專題研究——〈量子力學 Aharonov-Bohm effect 之理論研究〉。

大四時終於可以比較自由地安排自己的時間。趁著這個機會，我再次旁聽了一遍劉老師的普物、量子物理以及其他如電磁學等的基礎課程。在有了前三年積累下來的基礎下，我能以更進一步的新角度切入、理解。所以每當我再度重溫這些已學過的概念時，還是獲得很多不一樣的收穫。

大學四年的求學生涯很快地就這樣告一個段落。東吳畢業後，我順利申請上了清華大學物理系研究所。清華的課程教學非常豐富紮實，上課的節奏也非常之快。每門課除了必將整本課本教完外，有時還會外加上一些補充教材。再加上每

門課都有厚厚的每周作業要做，上課的壓力確實增大了不少。為了能更加快學習的效率，我進一步調整了自己的學習策略，並與幾位同期生一起組了一個大約八到十人的讀書會。每周我們會至少安排四次的作業討論，以對應如此龐大的課業內容量與作業量。在討論的過程中，由於每個人的背景不同，激發出了很多不一樣的觀點。這也進一步讓我有機會重新審視自己在東吳已學過的知識，並將其與新的觀點重新融會。

此外，我也發現，雖然東吳物理在教學內容的量比起清華少一些，但也正因如此，老師能花更多的時間專注於解釋每個概念，並讓我們有足夠的時間理解、消化。因此，每個教過的地方都可以學得很透徹、精實。所以每當和同學討論的內容涉及到過去共同學過的概念時，我經常能比同儕們有著更深入的認識。而這些都歸功於大學時代在東吳的磨練與努力，當真是受用不盡；而讀書會的成效也非常顯著，使我在各學科的學習都頗有斬獲；也因此對日後的留學申請有很大的幫助。

在清大物理所除修課外，我加入了超低溫冷原子物理實驗室的研究。在研究上受到的訓練與先前純粹修課的學習方式截然不同。非常注重磨練分析問題、解決問題以及批判的能力，而這些能力的訓練是我在東吳讀書時較少遇到的。我的指導教授要求我們無論在做出任何決定前，都必須要有明確的理由及動機。就連操作儀器時，每轉動一個旋鈕、每按一個按鍵前，我們都必須能明確說出自己這麼做的原因。因此，在做實驗時並不會出現任何無謂或多餘的操作，效率非常地高。

此外，雖然我在實驗室裏是擔任理論研究的工作，但我也和其他做實驗的同學一樣，做了銣原子的基礎光譜實驗，並獨力製作了一台鎖相放大器。由於有了這些初步的實作基礎，使我在做理論模擬時可以很快地將抽象的概念對應到實際的實驗上。因此，我的研究進展超乎預期的順利，提前半年就完成了原本預計的研究內容。也因此我的碩士論文包含了兩個題目，且榮獲了 2016 年中華民國物理學會「研究生優良論文獎」的殊榮，應邀在當年的物理年會上報告。

清華碩士畢業並當完兵後，我決定去英國留學，並很幸運地一連申請上了包含劍橋、牛津、帝國理工……等學校的物理系博士班。在劉源俊老師的建議下，我也毅然決然地選擇到劍橋大學 Cavendish 實驗室繼續我的原子物理研究之路。

在劍橋的訓練非常地多元、紮實。尤其要求學生必須要有自主研究、創新與創造的能力。實驗室的主要成員大多是由幾位博士生、博士後研究員以及一位團隊的指導老師組成，並沒有碩士生及大學生。因此，每位團隊的成員更像是與老師平等的個體。與以前在東吳和清華做研究最大的不同之處是，研究的題目與方向不再只是單方面由指導老師給定，也不再會有人跟你說明每一天要做的實驗內容。所有下一步要做的事情都必須自己安排。而整個團隊的研究方向，也是由團隊每位成員與老師共同討論後決定的。

在這裡，同學們各個都是來自世界各地的物理好手，對物理上的理解非常深入、透徹。每當實驗遇到瓶頸時，常只需互相討論幾句，很快就能想出好的解決辦法。和他們朝夕相處，使我獲益匪淺。在如此高強度的研究環境下，不僅自己的物理更加精進了，同時也培養了許多物理以外，像是寫程式、3D 製圖及機械加工……等的新能力。

在劍橋做研究最讓我感到驚訝的是，有別於以往大家對實驗室凌亂的印象，劍橋的實驗室非常地乾淨、整齊。光學桌上的每一個元件都是經過縝密規劃後才一一放置上去，整體光路設計得極為簡潔且精妙。雖然實驗整體架構非常複雜，但所有纜線、儀器都規劃得井井有條。就連所有閒置的元件、儀器及工具都依其類別存放於相應的位置。此外，在這裡做實驗也很講究效率，只需短短 20 秒的時間就能完成一整套的原子捕捉及冷卻過程。形成鉀原子的 Bose Einstein condensate (BEC)、quasicrystal 光學晶格以及所有的數據作圖及自動擬合都一氣呵成。



劍橋實驗室照片。實驗室裡的電纜線、光纖都集結成束，安排得井井有條。

總言之，在求學各階段受到的種種不同面向的訓練，皆是我一步步成長的關鍵。像是在大學時訓練的「自主學習」能力；研究所訓練的「解決問題」能力；以及現在博士階段訓練的「自主研究、創新、創造」能力。這些紮實且嚴格的訓練皆環環相扣，對我影響深遠。很幸運地在東吳物理系遇到良師的啟蒙與鼓勵，非常感謝他們一路伴我成長與無私的提攜。縱然劍橋高手雲集讓我大開眼界，但國內的學習與訓練也使我實力相當，毫不遜色，甚至也令他們刮目相看。分享是一件快樂的事，希望我的學習經驗能夠對學弟妹有所幫助；飲水思源，也期待學成後能歸國貢獻所學。