



台大物理系刊

時空

SPACETIME

目次

編者言	2
活動記錄——系友座談側寫	3
在他方。國外物理系	14
物理人如「核」面對社會議題？	26
時空徵稿——談攝影	46
關於物理系，大家想的其實是.....	48
物理史：概念與變革	58
梗二十	66

編者言

臺大物理系系刊《時空》自民國五十四年創刊至今，正好走過半個世紀。早期《時空》除了登載許多學術性文章，更以聯絡學生、系友感情為目標，也是系學會的主要任務。隨著網路時代來臨，學生刊物風華不再；活動漸趨多元，《時空》也不再是物理系同學投注精力的重點。然而在這樣大多數同學都只「聽過」系刊，存在感極其低落的氛圍中，《時空》歷經多次停刊，卻始終未走入歷史。

是什麼樣的精神讓《時空》總是能啟發後繼者？相關反思已在歷代編者言中反覆出現。《時空》反映了一代又一代「物理人」的風格與生活，翻閱舊《時空》，我們或許為古今物理人共有的思辨精神而感動，或許因看見物理系風氣的變化，而覺得新鮮有趣；然而除了在過往《時空》中，一窺歷史的趣味、傳承一份共同的回憶之外，在這個資訊爆炸的時代，每個人的故事、思想、心情都能找到更便捷的方式表現，新一代的《時空》又該作為什麼樣的存在？這正是每個期待能有下一本《時空》的人需要面對的問題，而或許《時空》三十四期的編輯過程，本身就是為這個問題尋找答案的嘗試。

我以為，《時空》可以是一個契機，讓我們有機會去回應一些存在於同學心中的好奇，並以專題呈現。在本期《時空》中，我們介紹了世界各國大學物理系的生態，並與臺大物理系做比較；秉持「記錄這一代物理人」的初衷，反思當代物理人在面對社會議題時的角色；為了讓系刊更貼近同學生活，我們統整了物理系學生在學習、生活、生涯規劃等方面遇到的問題，另外也為這個學年系學會所舉辦的幾場活動留下記錄。在編輯過程中，編輯群更將訪問行程、討論會等，辦理為小型活動，開放系上同學參與，期待《時空》能作為一個發表與討論的平台。

在忙碌的物理系生活中，每一期《時空》的出刊都不容易，甚至有幾次歷經規劃、收集了許多稿件，最後卻未能付梓出版。近三年來《時空》能夠穩定出刊，實屬不易，在此要特別感謝三十二、三十三期編輯群的努力與傳承，為《時空》三十四期打下穩固的基礎。《時空》可能難以再成為關注焦點，然而我想這正是個適合的時機，期許這份刊物能繼續作為物理系學生一個分享、交流的小舞台，在時空的洪流中穩健而謙遜地延續，煥發傳統與新生的價值。

活動紀錄

赤友座談會



文 / 徐啟峻 | 林琪蓁 | 林聖翔

• 前言

系學會學術部在一年內會舉辦許多活動，除了學術性質的活動，例如：實驗室參訪、教師座談以外，考慮到物理系同學有一大部分畢業以後不會繼續往學術界發展，為了讓同學們對未來要做甚麼更有一些頭緒，會定期邀請物理系的系友舉辦系友座談，而這個學年度，除了系友座談以外，還有額外的畢業五十年的系友，以及B94學長來與物理系同學們座談，因應這年豐富的系友座談，系刊特別闢了一個專欄來記錄。

• 五十年系友座談

- ◆ 時間：2014/11/15 15:45~17:15
- ◆ 地點：系館13樓交誼廳

2014年11月上旬，50年前物理系的學長姐回到台大相聚，經由楊信男老師以及與陳瑞良教授的討論，有了這一次五十年系友座談。以下文字中，斜體字的部分為系友們說過的話；且讓我們靜靜聆聽時空下的呢喃。

於是寫下一個個的字，關於歲月的、關於時空的、關於逐漸隱沒於黑暗處閃著靈光的小小碎片。

五十年後，我們身在何方？我在何處，你又在何處？

那一天，20多位系友們踏過散落一地的碎葉，風塵僕僕的走進凝態中心，搭上通往13樓的電梯。電梯緩緩的移動著，仿若時光隧道串起五十年的時距，時距五十年的我們與他們，以及之後。

坐定，掌聲響起，霎那間會場復歸於寂靜，寂靜中帶著焦躁。早已明白，人的衰老必然，無關乎身分一如死亡，終將全部帶走屬於我們的，一切粉飾於外的樣貌，樣貌經歷五十年的風霜留下的都是差不多的皺紋、灰黃膚色、略黃的眼睛、遲緩的步伐，沒有不同，該不同的是寄居於之中，飄盪了多了的五十個年頭，行走於世界各處，哭笑過、遺忘過、走過的個人記憶。

回首來時的路，你是否後悔了，當初的那個決定？夜深人靜時輾轉反側。

雖然我可以進醫學系，但我放棄了，但我覺得最好的系是物理系，當然放棄是一種虛榮，可是我本身對物理是非常有興趣的，一直到現在。

四年後我們究竟帶走了甚麼，是否一無所得，雙手空空的迎向未知的前程？

我還是念了物理系，我也出國了，我同意物理真的是一個基本的科學，我不敢說我甚麼都能做，但我相信我們都有很好的底子。

念了物理以後，你就學會了怎麼看問題，怎麼找問題，怎麼解決問題！

你很容易上手，而且你的思維、你的背景，就比XX系的有用的太多了！

該走向何方？如果從來就不知道自己喜歡什麼。

每個人都有他專長的地方，你應該瞭解你自己最行是怎麼樣，然後你去做，你會很快樂。

Do what you like, and like what you do 不要讓你自己變得很痛苦。

何時，我們能發光發亮？對於世界有所回饋。

人生能做的貢獻，做得最好的應該是博士念完的五年、十年。

如果我要出走？

應該多看看外面的世界，並不是我們這邊不好，應該多去看看不同的見解，出國，學習怎麼替自己思考。

當我們陷在複雜的表象世界，無以為繼。

做甚麼事情都要往大處看，不要只看你做的那一點，去看整個system。

最重要的就是讓我用物理的角度看世界，找到那個根本，每件事情都有那個根本。

時間是殘酷的，似乎不曾對任何人寬容，總有那麼一天，當我們白髮蒼蒼，當青春早已失落，當我們能互相對望，隔桌坐著，閒話家常這五十年的歲月。我會深深的希望，能說這樣的話，溫柔而且堅強的。

看到五十年前的你們很感動，也希望你們好自為之！



(左：陳瑞良教授)

• B94學長座談

◆ 時間：2014/12/19 19:30~21:30

◆ 地點：R304

◆ 講者簡歷：

1.藍鼎文

臺大物理B94→替代役→中研院天文所研究助理→博士生（天文物理）

Johns Hopkins University

tingwenlan@gmail.com

2.王新驥

臺大物理B94→臺大光電所→UC Berkeley 交換學生→國軍→博士生（材料）UCLA

hankylegk@gmail.com

3.吳謙

臺大物理系、臺大電機系B94→國軍→電子所→數位電路工程師→避險金定量分析師
(World Quant)

mpemial@gmail.com

4.劉晏成

臺大物理B94→臺大機械所→Michigan state University 交換學生→國軍→微機電技術專案
製程整合工程師

tragogo@gmail.com

5.馮聖原

臺大物理B94（系學會會長）→國家考試→光電所→專利審察官

6.曾俊超

臺大物理系B93→國軍→臺大海洋所→雷射研發工程師

tseng531@gmail.com

這次B94系友座談其實跟時空有很大的關係，一開始是在國外唸書的藍鼎文學長覺得他和他同學們的經歷對我們會有幫助，所以想趁放假回台灣的時候，找一群學長們回來和我們這群學弟妹聊聊，不知道怎麼聯絡現在的系學會，於是便傳訊息到時空的粉絲專頁，之後才由系學會和學長接洽，辦了這次座談。



（學長們拿出酒和飲料）



（藍鼎文學長）

一開始學長就拿出他們準備的飲料、酒，系學會也準備了大量的食物，呈現輕鬆的氣氛，學長們也說他們沒有特別準備甚麼，只是想來和學弟妹們分享一些經驗。

這次活動的發起人藍鼎文學長，大三下大四才決定想出國念書，大學畢業服兵役後，在中研院天文所當了一年研究助理後，申請到Johns Hopkins University天文物理博士班，現在在美國念書。

另外一個現在還在念研究所的王新驛學長說，他大學的時候成績也不是很好，所以畢業後念光電所，期間去UC Berkley交換，那時候他發現有些實驗其實不需要太高深的背景知識，只要有些想法就能做一些有用的實驗，後來他覺得自己以後想要做研究，他說大部分公司的學術部門都需要PhD的學歷，所以他就出國念PhD了，現在在UCLA念材料博士班二年級。

吳謙學長在大二的時候就轉到電機系，那時候2008年因為台灣經濟狀況還不錯，所以許多人也會去竹科，學長也選擇不出國留在台灣，在電子所跟陳良基教授(現在的副校長)做實驗，他們做的一些是3D的東西，像是2D轉3D影像等等，他們會用一些coding的邏輯設計做晶片，和物理做成的晶片不太一樣，學長現在是World Quant(計量金融公司)的定量分析師，學長說他們公司現在在招募研究員，歡迎各位學弟妹加入。



(王新驛學長)



(吳謙學長)

劉晏成學長覺得物理系的訓練對基礎很有sense，他大三開始思考要轉領域，那時候對能源工程有興趣，研究所在機械所做微流體（有點類似中研院林耿慧老師在做的），後來去交換，很幸運那邊的老師跟他做的東西很像，所以有滿多研究成果，畢業後還是想做能源工程，所以在一家做燃料電池的公司待了兩個月，但是他還是想做比較和新研發的工作，所以現在在台積電的微機電部門，現在他覺得還算有挑戰所以滿開心的。學長建議我們要多方嘗試，要試過才知道有沒有興趣，就算發現沒有興趣也很棒，找到自己的興趣是一件很棒的事。

馮聖原學長說他上大學的時候抱持這一種探索志向的心態，所以嘗試過很多事，像是去修法律、社會學的課，大三的時候當系會長，在多方涉略以後他發現自己的興趣是在社會科學方面，後來畢業以後念光電所，學長覺得現在的社會瞬息萬變，業界需要產業轉型，而且那時候金融海嘯已經有徵兆，後來他找到國家考試有智慧財產相關的考試，所以他現在在智慧財產局擔任專利審查官，學長說他回想起來覺得物理系還不錯，因為它不是職業導向，所以讓我們會思考更多的可能性，未來不會被侷限。



(劉晏成學長)



(馮聖原學長，與黑板上的簽名)

B93的曾俊超學長也是那時候的系學會長（他是30號，他說他上一屆跟下一屆的系學會長也剛好都是30號！），畢業以後當兵、念研究所後他想去業界多一點歷練，所以就去了內湖科學園區，是一個fiber laser的代理商，學長是產品顧問，會以自己的專業知識幫助客戶，回顧他大學的時候剛好朱士維老師剛來物理系教書，所以他就去找他做專題，因為朱士維老師的專長是雷射，所以那時候學了一些雷射的東西，後來剛好進去的公司做的就是fiber laser，但是業界業界要求高，要賺錢、維護產線，跟學界不一樣。另外學長覺得台灣其實人才都集中到台積電，其他產業都很缺人才，值得我們去開拓，他說B93那界很多人都不務正業，有人去科法所，有人去做財務工程，甚至有人去做工業設計，學長覺得物理系可以讓人思考，讓我們可以伸出觸角到別的產業，他鼓勵我們，我們有很大的可能性，例如我們可以試著創業，「現在創業失敗也沒有人會笑你，大家會覺得大學創業很厲害。」

另外學長們轉告另一位沒有來的趙書漢學長所說，趙書漢學長現在在UIUC，發現他們實驗室的印度人幾乎每個寒暑假都會去實習，例如說去德國、中研院等，像台灣的學生寒暑假就算要找實習也只會去中研院等，他說其實去國外做實習可以跟外國的實驗室建立關係，以後申請研究所會很有幫助。

這次B94學長座談的氣氛十分輕鬆，大家都吃了很多食物，喝了很多飲料，學長分享完個人經歷後還有小組Q&A時間。學長年紀沒有很我們差很多，也跟我們講了許多有趣的事，還有一些八卦，像是他們那時候系友座談邀請力晶晶圓的董事長的趣事、還有聊物理系最帥的教授是誰等等。其實學長們在我們這個年紀的時候大多也不知道自己五年十年以後會在哪裡，做甚麼事，相信這幾位學長們的經歷，可以讓同學們對未來多一點信心，更有勇氣去嘗試不同的選擇！



(曾俊超學長)



(座談會盛況)



(小組Q&A時間)

• 系友座談

- ◆ 時間：2015/3/28 13:00 ~ 17:20
- ◆ 地點：台大物理系系館R104楊金豹演講廳
- ◆ 講題：學長好！The Guiding Stars
- ◆ 講者：
 1. 李允立：PlayNitride創辦人
 2. 陶韻智：Line台灣區總經理
 3. 廉志遠：旺宏電子總經理與欣銓科技董事長
 4. 羅瑞瑜：美商波士頓管理顧問公司(BCG - The Boston Consulting Group) Associate

三月底，在這杜鵑花正綻放的季節，大學裡的學生活動依舊，然而下午卻有一股興奮的氣氛環繞在物理系系館的天上，今天，四位分別來自網路公司、科技業、半導體業、管理顧問業的學長，回到物理系演講。他們的演講內容，正好是我們最具想像又最不敢碰觸未來的選擇。



Line總經理 陶韻智

首先邀請到的是陶韻智學長，學長分享關於他的工作與“try”的經驗，學長任職過IBM、NHN、HTC，也創了三次業和換了三次工作，那為什麼創了三次業，他調侃自己就是因為一直都沒成功，所以才會一直創業下去；那為什麼工作呢？因為創業創到沒錢，自然就會去工作。

【失敗的經驗】

為什麼一直想要創業呢？其實只是他滿腔熱血一直很想要做這一途，應該說是網路業，後來當他真的進入這一個階段，才發現原來他在這裡遇到的挫折感比在學校甚至是物理系時還要大，想要做的事都做不到，後來失敗了，也好像證明他自己不太能在創業或是網路業這方面取得優勢。但這真的是一個非常好的經驗，因為他覺得自己的能力在這一年半比他在IBM工作六年多的時間還要提升許多。所以從那次經驗之後，他會刻意創造挫折，嘗試自己的極限，這往後會是一個人可能成功的泉源。

【Inside網路趨勢部落格&第三次創業】

他後來因為母公司的因素，中年失業，因此開啟他的第二次創業，創立了Inside網路趨勢部落格，建立了自己在網路上的名聲。後來，有金主提供資金去支持他創業，意外提供他第三次創業的契機。

【Fundamental】

學長在外面走了一圈15年，還是覺得學物理是有其的優勢，學物理的人會抓fundamental，並不是因為它是在學理上各個方面的基礎，而是他是他給我的人格的養成、知識的哲學觀，因為哲學是人做一切事情的基礎，是物理系給他的訓練，讓他覺得很有收穫。事情做不好的人有「野心」，但沒有好的哲學觀去帶給他好的判斷。

【承認自己的慾望】

最後，他也奉勸我們，年輕要做很多的事，都做到最好。他舉他為例，他就是想賺錢，這道理很多人都以為他們懂，但是看真正做到的人並不多。

PlayNitride創辦人 李允立

【Crazy的事、崎嶇的路】

人都差不了多少，差在思維，我們在想甚麼，決定了我們是怎樣的人。學長一開始的時候是在美國一家新創公司，其實蠻成功的，後來被公司派回台灣，在台灣的期間交了女朋友、結婚，就決定要在台灣工作，可是後來跟在台灣老闆的理念不太一樣因而離職，並在台大電機系擔任助理教授。之後，因為蔡力行學長的因緣，決定離開台大電機系，去LED公司(新世紀科技)工作，對當時的他來說，公司初期發展的時候成長蠻大的，但到了某一個時期卻只有平緩的成長，然而他有好多事情想做。一年後就跑去矽谷看看，那邊的人讓他覺得Crazy，例如它們想從木頭中榨出糖、Google儲存技術……，因為看到這些有趣的東西，他下定決心去開始新的旅程，因此開了這家公司。如果你提出一個plan十個人有九個都說會成功，那你多半不會成功，通常是crazy的事，你做了你成功。

【Jobs in industry or academics & investment】

回到大學時代，學長覺得國外還是過得蠻爽的，在Boston的歲月是他的黃金歲月，交到了一群很棒的朋友，後來回到台大教書後，覺得最大的意義是遇到了一群很棒的同事，加上很穩定的工作，然而跟學界比起來，在業界卻是相對現實、硬碰硬的世界，首先就有許多課題需要去解答，例如：你要怎麼說服別人掏錢出來買東西，不像學界一些問題比較沒有時間壓力，業界則是有問題必須在當天處理掉，不然很快就趕不上別人。所以創業，必須是something different，這樣才贏得了大公司，因為跟他們拼規模、產品的條件，絕對拼不贏他們，另外除了產品的特色之外，對於個人，dream & integrity是相當重要，有些投資人不一定懂你的產品、技術，但他會投資主要是因為你的integrity能力，他們願意做這樣的賭注。當然在創業的元素有很多，其中運氣、時機、金錢佔了不小的成分，影響最重要的因素--家人。

旺宏電子總經理：盧志遠

【時代背景變遷】

現在的時代背景與我們當時不太一樣，在學長畢業的那個年代，台灣的條件不允許他們留在台灣，工作不是很好找，就算是對於台大電機畢業的也是如此。不過兩個時代的差別，現在的人比較願意為自己的權益發聲，以前的人比較不太會對自己權益的侵損發聲，但為了生存，還是會拼死拼活的找出路，所以有能力的就去留學，但真正學成回台灣的卻相對很少。

【國外學習 & 回國接掌工研院】

因為一篇文章而認識了當時的行政院長李國鼎，他希望盧志遠學長可以接下大型的計畫，但學長認知自己功力不夠，沒有大型研究機構的經歷，就去美國AT&T Bell labs去磨練了六年，之後，受到當時的工研院院長張忠謀的邀請，回來台灣主持微米計劃，奠定台灣之後的半導體王國的地位。

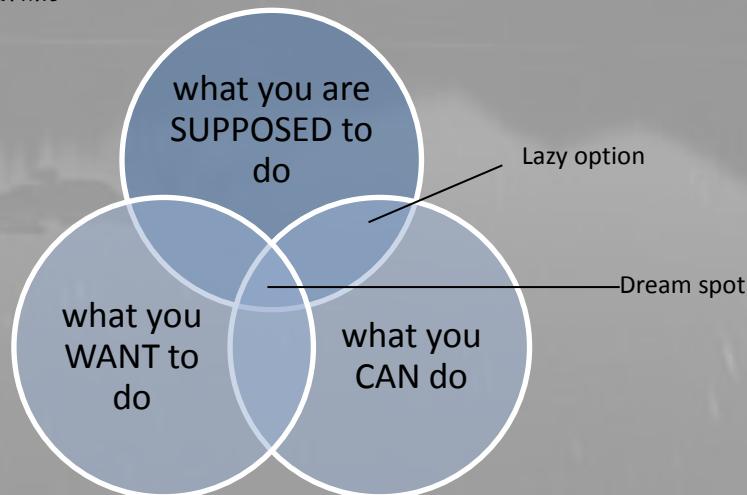
【中年創業】

後來50歲離開世界先進，創立了欣銓科技，因為這次創業影響學長許多，才知道創業所得到的挫折感是如此之大，才知道甚麼是晚上睡不著覺，因為你的失敗，不只是你的失敗，而是背負著別人的期待與資產，學長也引用了李允立學長所說的integrity，創業因為你的integrity，你就會全心全力去做這件事，而許多投資人看中的就是這個人的integrity，賭他因為會全力去做，所以有很大的機會會成功。但創業也不能只看到他好的一面，因為那往往只是百中存一的例外，真正99%的創業家都是失敗的，所以，想要創業之前，必須先對自己了解一番，自己是否有熱情、決心去航向這非常不確定的旅程。

美商波士頓管理顧問公司BCG Associate：羅瑞瑜

【工作三元素】

- SUPPOSED：別人期望你去做的
- CAN：你的能力所及能做到最好的
- WANT：你想要做的



學長可能在社會的歷練上不如前三位學長，但他在Trial & Error中找到自己的興趣，對於已經大三甚至是大四的學長來說，他選擇的依據非常值得參考。以學長自己的例子，他覺得考上台大物理系是他的LAZY OPTION，但不是他的DREAM SPOT；當年，學長的同學畢業後找的第一份工作很多都是屬於這種LAZY OPTION，他可能不知道他們想要甚麼，只是能力許可他就去做了，但在之後的時間才發現這條路其實並不是他想要的。在大二那一年，學長就決定以後不再走物理這條路，因此他決定去嘗試很多條路，包括理學院學生會會長...，後來發現他好像對商管比較有趣。

【商管 & future】

學長修的第一門課是「產業競爭分析」，雖然一開始不被老師看重，但憑著一股熱情與興趣，後來也順利拿到第一名的成績。除了課程外，學長也參加了國際經貿事務研習營等等，去拓展自己對於這個領域的理解，其中，學長認為獲得最多的是實習的過程，也是目前我們比較缺乏的部分，他鼓勵我們現在是非常好的嘗試機會，因為在大學時候，選錯的成本其實是最低。經過了一番的嘗試，學長發現自己是對管理中的管理顧問、再生能源比較有興趣，因此就跑去法國念了再生能源的碩士，之後任職於BCG。

小結

從這次的系友座談的分享，我受益良多，不僅他們談到了畢業之後的就業選擇、創業的艱辛，更為我們後來如何面對不確定的人生立下一個指標，對於充滿不確定性的未來，大部分的人會相當害怕失敗，所以急著想要找出一個最佳的解答；然而根據學長們的經驗，儘管他們都已不在學術界服務，但面對未知的未來，他們的人生哲學就是Do my best 跟 Trial & Error，多去試試找出自己想要的東西，不要怕失敗，因為就算失敗了，在大學甚至是年輕的時候其實代價算是相對低的。在追尋人生的價值時，我們總是忘了，在看似眾多成功的例子裏，實際上是有許多的失敗所堆疊的，一套標準化的成功秘訣其實是不存在，因此，我們的任務，就是尋找、等待自己所愛，經過時間歷練的東西總是甜美的。



Project

專題

在他方。國外物理系

「國外物理系在幹嘛？」

你也有過這樣的疑問嗎？可能出自對未知的好奇，出自比較的心態，或者出自各種「聽說」。「聽說國外學生課修得很少？」、「聽說國外物理系學生很早進實驗室？」、「聽說……」等一等，你說的「國外」指的是哪一國？美國、英國、還是芬蘭？

這篇專題訪問了八位在不同國家念過物理系的教授及學生，其中四位從希臘、芬蘭、印度、南韓來到台大，另外四位則是由台灣前往英國、中國、美國、法國留學。這些國家物理系學生們受的教育制度、日常校園生活、師生間的關係、對物理系的看法，和我們有什麼不一樣呢？

文 / 蘇冠禎 | 翁廷璋 |
李宛儒 | 林琪蓁

進入物理系之前	p. 15
大學生活——課堂篇	p. 16
大學生活——人際篇	p. 19
大學生活——師生篇	p. 20
生涯規劃	p. 22
Q & A	p. 24

進入物理系之前.....

§ 升學制度

在台灣，大部分的學生透過考試進入物理系，國外大學也是如此嗎？

美國大學的入學考試包含 SAT 和 ACT 兩種，一年有六次考試機會，不過分數只是參考。焦家澔同學說，很多台灣學生以為美國大學有分數門檻限制，但事實上只要有自己的長處，對申請的學校有潛在的貢獻就有機會錄取。

法國在高中畢業之後的升學路線非常多，有大學、職業學校、預備班，制度很複雜。姚驛庭同學解釋，所謂的「預備班」是在高中畢業後先讀兩年類似台灣大一大二學生會修的基礎課程，兩年後再考試進入「高等學院」，通常念完高等學院三年就相當於碩士學位。

談及中國的升學制度，大多數人首先會聯想到「高考」，然而在謝睿程同學就讀的清華大學物理系中，透過競賽保送的同學反而是多數，即使近年來保送名額減少比例仍高達三分之二。至於台灣學生的入學方式，則可以直接用學測成績申請，「大部分來這裡的人都蠻想大學時期就出國，一般直接出國要準備很多英文考試，像是 SAT、托福，但來這裡對我們來說並不需要額外準備。」

§ 物理系熱門嗎？

台灣的物理系近年來一直維持在二類組的前幾志願，然而若要稱物理系為「熱門科系」又顯得有點突兀，畢竟被長輩勸阻不要來念物理系的傳言時有所聞，那麼物理系在國外的情形又是如何呢？

南智祐教授表示，韓國大部分人還是想念醫學、電機、資工這三個科系，物理近年來越來越不熱門，這和就業考量有相當大的關係。以教授畢業的成均館大學為例，學生在大二時需要填寫主修科目志願表，即使和其他理科（例如化學、生物）相比，物理系

的志願序還是相當低。Dharmesh 也表示在印度物理系受重視的程度不及醫科和電資學系，當初 Dharmesh 選擇念物理系時，家裡也並非完全支持，不過最終還是讓他自己做決定。

英國和美國的受訪者則認為物理系「很熱門」！陳恆榆教授說物理系在英國是熱門科系，「但不是大家畢業後都要當物理學家。」他說「物理系會訓練學生寫程式、分析數據的能力，所以我大學同學畢業後很多是去銀行上班。我覺得這是比較健康的情況。」焦家澔同學則認為，在美國社會中，念物理系的學生普遍受到尊重，通常家長不會反對學生念物理系，高中生看到物理系學生也會直覺性的認為「這個人很聰明」。姚驛庭同學提到，在法國讀物理的學生素質很

。高等學院制

French



法國的升學制度非常多元複雜，有時甚至法國人自己也搞不清楚。除了跟世界各地相似的「大學」外，選讀理工的學生也有可能在高中畢業後進入「高等學院」這個系統。

進入高等學院前，必須先就讀兩年預備班，準備高等學院入學考試。在理工科部分，預備班分為數學物理、物理化學等幾個組。預備班的學校生活大致與高中相同，課程內容相當於臺灣數學系、物理系大一大二的課程。

高等學院為期三至四年，畢業後取得工程師文憑，相當於碩士。高等學院裡沒有系所之分，第一二年主要為共同課程，之後可依各人興趣選擇不同領域。就讀高等學院期間每年都會安排實習，內容涵蓋社會服務、進實驗室、企業實習等等。

高，基本上是法國前 15% 的學生。然而同樣位於歐洲的芬蘭卻有截然不同的情況，Anton 表示物理系幾乎是全校最大系，但沒有很熱門，很容易就可以進去。

大學生活——課堂篇

§ 修課學分

「台大學生修太多課了！在國外修個三、四門已經會讓你累得喘不過氣來。」物理系的學生應該都曾從教授口中聽到這樣的話。國外物理系學生實際的修課狀況到底如何呢？

南智祐教授表示韓國最多可以修二十學分，大部分人修十五學分左右，課堂上經常小考，通常到了大四會修很少課，大多在為未來做準備，例如實習或考研究所。芬蘭學生通常修四到五門課，其中三到四門是物理課，另外大多選擇語言或一些較簡單的課，學期長度為十四週，每學分對應的時數約為二十七小時，是台灣的兩倍。裴思達教授則說，他念大學時每學期有五門必修課，大學五年就有五十門必修，其中一年還要修專題課。中國則是其中課業最重的，謝睿程同學表示他們畢業大概要一百七十學分，壓力比較大。

◦ DeCal Program

USA



誰說只有教授可以當學生？在加州大學柏克萊分校便有一門獨一無二，由學生上台「教授」，並且可以核發學分的課程：DeCal Program。既然這次是學生當教授，授課內容自然包羅萬象，也毫無拘束，從大家小時候的回憶，皮卡丘的歷史，到大學生最熱衷的電玩，LOL，共約有 150 多項主題被闡發，修課學生也達 4000 人，大學期間一定要修過其中一堂，這門課程已在學生中蔚為風氣。此外，它只有分為過 / 不過，可見完全是以激發學生主動研究、探索自己感興趣的領域為導向。以下我們邀請於柏克萊就讀的焦家澐同學為我們分享他的修課經歷：

「我曾經想修的 DeCal 有藏獨問題探究、爵士樂演奏、腳踏車修繕、iOS 遊戲設計等，不過我目前只修過一門二胡課。我一直對國樂有興趣，上大學時想要繼續學卻不想花高

昂的學費請家教，也不想花時間到舊金山中國城上團體班，於是在課程網站上偶然看到二胡課，就二話不說選下去。這些課最大的好處是由學生直接授課，且沒有分數壓力，每個學生都是因為興趣而來上課，學習效果反而出奇的好。有時甚至感覺像社團，有共同嗜好的人由授課學生組織起來一起切磋，相當有意思，到學期末則會有些簡易的評鑑，形式非常自由，一切讓學生自行發揮，像我們的二胡課就是在期末舉行一場小型發表會，部分有濃厚興趣的人更是組成了中國音樂社。

雖然只上過一門 DeCal，但我很有興趣在最後一學期開一門詢問度頗高的課。很多新進一兩年的學生都對於找實習感到相當惶恐，尤其是不瞭解怎麼去準備面試，以及要如何用正確的方法去面對類似的場面，而學校身為業界的重點尋才對象，卻完全沒有類似的課程，於是希望能找一些三五好友，以自己的面試經驗和用過的資料，來開課幫助未來的學生能更順利。」

在我們學校 DeCal 如果獲得巨大的迴響，不但能變成一個社團，有些甚至就慢慢擴張成一門正式的選修課，我認為這是非常好的現象。

○ 南智祐教授

南韓人，成均館大學畢業，曾在歐洲 CERN 實驗室、日本 Belle 實驗室、以及南極從事粒子天文物理的研究工作。現為台大物理系專任教授，主要教授電子學、粒子物理。

上課時教授總是熱情地用南韓人特有的超大音量嚇醒學生，大學時期曾經想拍電影，喜歡自己動手組裝東西，研究室裡正放著一台自組裝的真空管音響。



【為什麼會來到台灣呢？】

「因為這裡有最好的工作啊。我並沒有申請美國和韓國的教職，就只是我申請了台大，台大給我工作，如此而已。就我的領域（粒子天文物理）而言，台大有很棒的研究環境，有實驗室、有研究團隊，我可以很快的進行我要做的計畫，做我喜歡做的事情，我的未來就在這裡啊！不過在台灣做實驗一個比較困擾的地方是，買元件的費用太高了，幾乎是韓國或美國的兩倍，台灣市場太小，所以價格高。BUT，我們組有很多資金，因為這裡是台大。」



§ 選修 / 通識

很多大學都會要求學生修一些系外的課或通識課，例如印度的物理系大一就要修兩門人文方面的通識課；芬蘭有必修的語言課（英文、芬蘭文），並沒有強迫修其他課，但是有興趣的人可以修，很多人會去修數學、程式、化學等等。

比較特別的是，中國清華大學規定每個系都要修一個稱作「文化素質」的課，這是清華的特色，有中國傳統文化、西方傳統文化、社會學、心理學等。至於學生們對這些課的態度，謝睿程表示「見仁見智，像我還蠻喜歡選一些平常沒接觸的東西，像我對俄羅斯文化有興趣就選類似的課。我選過心理學、哲學、歷史類，就很亂，都可以選。但還蠻多人會選可以拿高分的課。」

相反的，英國劍橋大學就沒有通識課，而且比較沒有修外系的課的風氣，因為修外系的課要付錢，不像台灣學費高低與學分多寡無關。陳恆榆老師覺得教育不一定要在教室裡，「你在臉書上看到一篇文章可能學到的比你在通識課還多。我覺得大學教育重要的是要找出自己的強項，而不是要把自己的缺點補齊，你都已經二十歲了，Life is too short for that.」

§ 出席率

法國高等學院預備班的出席率將近 100%，但到了高等學院會下降。印度學生很少翹課，普遍很認真。芬蘭的赫爾辛基大學課程分成 lecture class 和 exercise class，lecture class 沒有很多學生出席，exercise class 讓學生在課堂上做演練，出席率就很高。中國的清華大學出席率視上課時間和老師而有所差異，課堂很早的話出席率就低一點，老師如果教得好出席率就高，上課從來不點名，因為老師覺得學生可以自己學會的話不要聽就不要聽，與台大物理系頗為相似。

陳恆榆教授說他大學時都會去上課，但是大部分時間在看自己的東西，老師上很快，學期又很短，很多時候學期中根本沒時間消化，細節要靠自己來。

「有時候是自己找書看，自己找內容學。以前沒有 google，沒有 wiki，都是要自己去圖書館找書。我鼓勵學生自己去找適合自己的內容來看。」

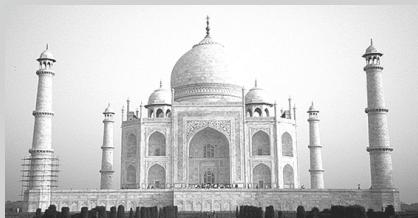
裴思達教授之前在英國教書的 Sheffield University 有點名系統，不過這是為了處理學生私人



○ Dharmesh Jain

Dharmesh 出生於印度，之後在尼泊爾長大，並在 Indian Institute of Technology (IIT) Kharagpur 取得物理學士與碩士學位。去年夏天取得 Stony Brook University, New York 的物理博士學位後，馬上加入了台大物理系進行博士後研究，利用從輪子以來人類最偉大的發明：Superspace，以及物理學家常用的工具：Localization，來研究 supersymmetric quantum field theories。

他醉心於攝影，使用他值得信任的好夥伴 Panasonic μ 4/3 camera。他也著迷於照片處理背後精巧的演算法，就連研究工具 MATLAB & Mathematica 也被他用來玩「全景照片產生器」，滿足他攝影的嗜好。想要更了解他嗎？可以到他的部落格看看：jkmsmkj.blogspot.com



問題（例如嗑藥），教授不會去看記錄，因為他認為大學不像高中，上大學是為了要學習，不去上課是學生的權利。

§ 程式能力

物理系學生必修的程式課不但有國家的不同，還有年代的演進。裴思達教授覺得現在的大學生害怕寫程式，然而當他還是學生時，電腦剛開始發展，很多人想學，大多數人時候用 Fortran，後來 90 年代變成 C、C++。另外一個語言是 Labview，因為 Labview 從儀器中取得資料很方便，在實驗課會學到。英國讓學生自由的學習，而老師只是從旁給建議、提供器材，使用的語言除了 Fortran、C++，也可以選擇 python、matlab、mathematica，這些是選擇性的。陳恆榆教授高中時 coding 風氣還沒那麼盛行，所以是大二才開始學，而且在當時他大學快畢業才有第一台自己的筆記型電腦。語言的選擇看領域，像粒子物理都是在 CERN，他們是用 Fortran77。教授覺得一開始學哪個語言並不太重要，重點是要學會自學。

韓國的情況跟台灣差不多，高中並不會教程式，芬蘭也是如此，大部分學生入學前並沒有學過程式，但是大二以後都會寫程式了，因為是必修課，Python 是基本，C、C++、Fortran、Matlab 則是進階，Labview 學校沒有教。Dharmesh 說印度的大學第一年會學 C++。謝睿程同學則說「我覺得在清華修得程式課還不算少，普遍來說有基礎水準。我們會修 C 和 linux 上的 C++，大部分人都有基礎知識。」

反觀美國的物理系並沒有必修程式課，但是我們訪問的焦家灝同學另外有資工主修，他們大多使用 Python、C、和 Java。

§ 服務學習

我們的受訪者都表示他們大學並沒有服務學習課，這跟台灣很不一樣，不過有一些學生會自發性地服務，像裴思達教授就表示國外的學生可能會做一些淨灘活動。中國也有鼓勵學生做服務，但大部分人不一定喜歡做。美國的高中就有服務性社團了，不過並不像台大的許多校友會有返鄉服務的風氣。陳恆榆教授則認為「如果我們的目標是要把校園打掃乾淨，為什麼不叫專業的來做，還可以增加就業機會。以前台灣學校要早上起來掃地這件事，it's a waste of time. 那些時間你可以拿來做更有意義的事情。」

大學生活——人際篇

§ 男女比例 / 外籍生比例

柏克萊物理系女生大約 25%，外籍生大約 40%，到了博士班大概就一半一半了。在芬蘭，物理系的女生會隨著年級上升越來越少，因為很多都轉去念醫學系。英國大學部整體來說約 80% 是本籍生，20% 是外籍生，外國學生必須付比較高的學費；而女學生的比例逐年增高。裴思達教授說，在南歐大部分都是本國學生，跟台灣一樣。Dharmesh 則說，印度的外國學生很少，本地生佔絕大多數，至於男女比……他們那屆系上連一個女生都沒有！

韓國物理系女生的比例跟台灣相近。另一方面，在對待外籍學生時，韓國本地生會將之分

為白人（美國、歐洲）、日本人、中國人（不包含台灣）、和「其他」。屬於「其他」這類國家的學生較受到歧視。南智祐教授說，韓國大學的語言友善度不高，例如在南韓的梨花女子大學，男廁位置這麼重要的資訊甚至只有韓文標示，而沒有英文標示。謝睿程同學表示，清華物理系女生也是十分稀少；交換學生有六到七成都是來自韓國，可以解讀為中國對韓國的外交政策，這些交換學生十分認真學習中文，推測是因為體認到中國這個鄰國的強大。



○ Anton Salessalo

芬蘭人，從芬蘭赫爾辛基大學來台大物理系交換一學期，主修實驗物理，做材料物理方面的專題。今年是他大學生涯的第五年，所以基本上在赫爾辛基大學的課都修完了。

據說芬蘭人的民族性比較內斂害羞，據我們訪問時候的觀察，他跟一些熱情的交換生比起來確實比較內斂，話不太多。芬蘭最著名的事情莫過於教育，令人驚訝的是芬蘭人從小學到大學、研究所，通通不用繳學費！

§ 系上活動

柏克萊大學物理系的系學會跟我們類似，也會辦演講、團康活動，特別的是他們學校會辦營隊給高中生，讓他們來學校宿舍住一晚，與大一的學長交流。與台灣不同的是他們系所並不會舉辦之夜，而兄弟會、姐妹會的活動倒是十分蓬勃發展。在韓國，大學社團並不風行，當地主要的交際模式是課後到餐廳聚餐喝酒。至於中國，謝睿程同學覺得由於當地黨團的觀念盛行，班級之間凝聚力濃厚，甚至還有班級間的榮譽競賽。法國高等學院也有類似「大物盃」的體育競賽，還有固定舉辦的舞會、晚會。

在芬蘭並沒有很明顯的「系」的概念，但課業學習內容相仿的學生仍會密切交流。赫爾

辛基大學還有類似「物理學生協會」的組織，每年會邀請各大學物理系學生參與為期一周的課程與派對。

至於不同科系之間的交流，值得一提的是在英國的劍橋大學校園內有大型酒吧，可以讓不同科系的學生在此交流，豐富彼此的內涵，建立人際關係，發展溝通的能力，陳恆榆教授認為是目前台大缺乏的。

大學生活——師生篇

§ 師生互動

英國教育系統下的導師制度相對完善，裴思達教授說這個制度分為負責學生心理輔導的 Mentor，以及提供課程上建議的 Advisor。Mentor 通常和學生關係密切，對學生的特質有較清楚的了解，甚至能幫忙寫推薦信，類似的情況在芬蘭則有學生邀請教授一起喝咖啡討論課程的傳統。Advisor 的協助則偏向技術層面，也存在於印度、美國的系統中。其中比較特別的是法國高等學院的預備班導師，因為必須在極短的時間之內幫助學生銜接大學課程，相對嚴格，權力也比較大，有權決定學生能修哪一門課。

在亞洲的大學系統中，南智祐教授表示，儘管韓國的導師制度並不顯著，但由於其社

會文化強調緊密的人際關係，教授對學生的生活十分關心。在縝密的團體制度之下，韓國的研究生一進實驗室便有學長姐準備好要帶你一步一步來，所以人員對於實驗室熟悉的養成十分快速。而中國清華物理的基礎科學班（類似台灣清大、交大的理學院學士班），大一大二會以座談的形式邀請教授與學生聊聊各個研究領域，大三大四再分流為一般的物理領域與跨領域，此時學生便須找一位指導教授。

§ 助教

美國的課堂本身就有計學分數、常態進行的助教課，而中國則是有需要時視情況



○ 陳恆榆教授

台灣人，十五歲前往英國留學，劍橋大學畢業，後在美國威斯康辛大學麥迪遜分校進行博士後研究，研究領域為弦論，現為台大物理系專任教授，主要教授應用數學三、應用數學四。導生宴會請學生喝啤酒，上課總是夾雜大量英文，臉書上有許多「正喵照」。

加入助教課。在英國有個特別的 Tutorial 模式，由一個研究生帶領兩個程度相仿的學生去解題，是陳恆榆教授認為劍橋做得最好的教育措施，然而這樣的教育是相當昂貴的。

§ 教授的教學與研究

在美國有些教授專門上課，不做研究，普遍來說教授上課都還蠻認真的，學校的評比很重，而且教授在期末之前不能查看評比結果。韓國教授大部分偏研究導向，比較不注重教學。裴思達教授則認為這個問題要看授課堂數的多寡，他在英國時研究和教學的比例大概 7:3，但是現在台大只有指派給他一門課，所以花在教學上的心力就比較少。陳恆榆教授則表示要看學校把重點放在哪裡，「

一些美國學校是以教學為主，你在這裡上課得到的教學品質可能比你在 MIT、Harvard 那些名校還好。有時候我覺得教授專注在研究上，和那些真正對研究感興趣的學生分享你對研究的熱情，這才是學生想要的東西。」

關於物理系裡教授做實驗和做理論的比例，Anton 說赫爾辛基大學做理論的教授比較少（和實驗大概一比二），還有其他領域（地質物理、材料物理等）比較難以劃分理論和實驗。裴思達教授說大部分學校是一半一半，但是有些學校會希望多一點做實驗的教授，因為他們可以申請比較多經費，而這些經費會給學校的部門。另外，有一些比較實際的技巧只有實驗學家才能教，而且現在多數西方學生喜歡做

實驗，這些都是學校比較想聘任做實驗的教授的原因。

關於研究領域分布，韓國的物理系因為就業需求緣故，和台灣一樣做凝態的最多。中國清華大學的強項也是凝態物理，佔系裡的人數和經費大概七成，所以學生選方向的時候凝態也做得特別多，再過來有高溫超導，做天文的人也很多。陳恆榆教授覺得老師研究領域不平均很正常，因為資源要集中在最有可能建立起來的領域上，他認為，如果台灣的學生在選擇學校時不是只看學校的名字，而是看這個學校的強項是什麼，是不是有想學的東西，這才是好的，而且這樣才會有競爭。

• 學院制度——英國篇

UK



「學院」這個詞可以指各種研究領域相近科系的集合，例如理學院、管理學院、醫學院等等，然而此處要介紹的「學院」，根據畢業於劍橋大學的吳俊輝教授以及陳恆榆教授描述，是一個在下課之後，集合來自各種科系學生共同「生活」以及「社交」的場合。

「晚上回宿舍、吃飯、睡覺都是在學院裡，」吳俊輝教授說，「我在劍橋念書時有兩個導師，一個是學術方面的，也就是論文指導教授，另一個是學院的導師，關心我生活上各式各樣的事情。學院裡的人來自不同科系，有點像半強迫性的社團，模擬一個微型社會，因為你到社會上就是跟各行各業的人在一起。」陳恆榆教授也提到相同的看法，「每天晚上你都跟不同科系的學生喝酒、social，學院是個可以讓大家互相交流的場合，我覺得如果要全人教育，這樣才是，而不是像台大就是物理系學生跟物理系學生相處。」

註：吳俊輝教授此段話為本期系刊「關於物理系，大家想的其實是……」此篇文章訪問吳教授的紀錄。

○ 姚驛庭

2012 年畢業於建國中學後，於法國巴黎路易大帝中學 (Lycée Louis Le Grand) 就讀高等學院預備班數學物理組，2014 年考取法國高等綜合理工學院 (Ecole Polytechnique)。



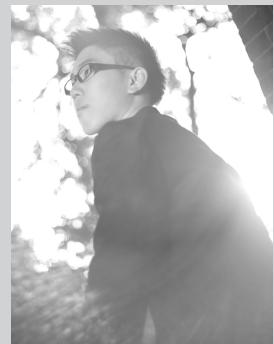
○ 焦家澑

土生土長台南人，正在 University of California, Berkeley 攻讀學士學位，主修資訊科學與理論數學，輔修物理。

2014 年暑假曾於日本住友電工進階解析部門參與半導體相關研究，並於 2014 年秋季在 CERN 的 ALPHA (Antihydrogen Laser Physics Apparatus) 與來自七個國家，超過十個大學的教授對反氫原子的神秘世界一探究竟，目前在 Berkeley Institute of Data Science，希望能透過大數據來協助解決天文學上的難題。

在學校時喜歡用課餘時間在山林間中慢跑，等待與野生動物的邂逅。學期之外的時間，他喜歡用各種實習機會在世界不同的角落隨機旅行，從各國的遊客與居民中尋找驚喜。

想多了解他在旅行中的所見所聞，可以到他的部落格看看：<http://howard1217.tumblr.com/>



○ 謝睿程

台灣“中壢人”（本人很強調），高中畢業後即離鄉背景，前往北京清華大學主修物理，目前研究光學相關的領域，來到中國最大的原因是希望自己在大學時代，就能出國多多歷練。他喜歡結交好朋友，非常適應中國的生活，常利用暑假前往中國各個省份，進行支教（中國大學生的暑期援助偏鄉小學計畫），趁機遊覽了各地風土名情，據他的好朋友表示，因為他開朗大方的個性，交了不少中國的“女朋友”。



○ 裴思達教授 (Stathes Paganis)

裴思達教授是去年剛來物理系的新教授，為發現 Higgs Boson 團隊的主要成員。他在希臘出生、長大，求學研究的過程中，曾經去過美國、英國、德國、法國、瑞士等國家，待最久的大學是英國的 Sheffield University。

【為什麼會來到台灣呢？】

「我太太是台灣人，1999 年之後我幾乎每年都來台灣，我會講一些中文，很喜歡台灣，也對亞洲很好奇，所以就對台大提出申請。台灣是個適合居住的地方，歐美物價貴、油價貴，生活比較辛苦。」

另一個原因是粒子物理在中國或日本發展得很快，我有很多朋友都到亞洲了。美國的確有很好的 PhD Program，但是社會治安不好，文化也和亞洲不相同，歐洲可能跟台灣比較接近。」

生涯規劃

§ 進實驗室 / 實習

在這次受訪者的學校中，芬蘭、美國、韓國並沒有強制要求學生做專題研究，不過 Anton 表示，在芬蘭超過一半的學生仍會在大學時期進行專題研究；焦家澔同學則說：「（在美國）大學生如果真心要走物理，我還沒有遇到一個是沒有進實驗室的。」做專題的比例非常高，如果想要拿到 Honors Degree，更一定要有專題報告，且通常系上比較頂尖的學生都會發 paper。反之，南智祐教授則表示在韓國大概只有 10% 的大學生會進行專題研究。

中國清華大學物理系中，專題研究是三個學期的必修課程，學生可以從世界各地找指導老師，而不只限於本系，不過考量到時間及聯絡問題，通常還是以本校老師為主。裴思達老師也說他待過的學校幾乎都把專題列為必修。在印度，大學讀五年後取得 BSc 或 MS 學位，其中碩士學位需要完成計畫並由導師認可方能畢業。大一時物理系的學生也可能進入不同領域的實驗室學習（如生物、化學），大二之後再回到本科系。

實習方面，在法國的高等學院中，每年都有不同的實習，可能是社會服務、企業實習或進實驗室，大部分的企業和機構都很願意與學校合作。此外，到了高等學院第四年，學校會鼓勵學生到其他學校，甚至其他國家去唸書，也是一種合作關係。在芬蘭，大學與其他研究機構之間合作緊密，而與企業的合作更多，Anton 表示每年大約十個學生會有 summer job。

§ 念 PhD / Master 或找工作？

法國的高等學院分成「師範學校」和「理工學院」兩種，師範學校的學生畢業後以做研究為主，理工學院則是當工程師（從理工學院畢業才能被稱為工程師），相當於碩士。大部分法國人在取得工程師資格後不會繼續念博士。在芬蘭，大約會有四分之一的學生繼續做研究，而選擇這條路的學生在讀博士班前都會先取得碩士學位。不過在美國，大學生如果是只有主修物理且打算繼續深造，畢業後絕大多數會申請博士班，念碩士的很少，若有雙主修則因人而異。在物理的學業完全結束後，大部分的人還是會轉行從事數據分析、財經、科技業等等。裴思達教授也說，大概只有 20~30% 的學生會念博士，大部分的人畢業後會去業界，因為待在學術界很辛苦而且薪水低，業界有很多好工作而且薪水很高，許多學生會去銀行工作。

在韓國，頂尖大學的理工生畢業後，約 30% 念研究所，剩下 70% 中只有 10~20%

可以找到好工作（「好工作」在此指進入大企業，例如三星），也有部分人進入公職，剩下人是做兼職工作。南智祐教授認為韓國現在很大的問題是許多碩士生念完不會留在學術界，而是進入企業，培養一個科學人才需要 5~10 年，一個計劃執行也需要很長的時間，當學生念完碩士 2 年，學會一些基本技能可以開始做研究時，卻選擇進入企業，這對教授來說是很大的困擾。這點在韓國跟台灣是一樣的。

反觀中國讀物理的學生幾乎沒有人直接就業。出國留學的比例很高，以去年清大物理應屆畢業生為例，約有二十幾個人出國、四十幾個人留在國內研究所。其中留在物理領域的約一半，轉換方向的人多是選擇金管，或程式設計、電腦電機方面。在印度，則是因為資源不足，絕大部分的學生在畢業後會前往美國留學。

。畢業之後呢？

Korea



「每次我問我的研究生，畢業之後你要做什麼？大部分人的回答是『先去當兵，之後再慢慢想』，這種情況在韓國幾乎沒有！」南智祐教授說。以教授接觸到的理工科學生來看，有別於台灣學生大都在畢業後才開始找工作，韓國學生畢業時「已經」進到公司工作了，換句話說，求學階段跟工作階段是無縫接軌的。

這種情況其來有自，過去韓國家庭較貧困，年輕人必須很快進入就業市場。男生通常先讀兩年大學，然後去當兵兩年，而後再回來完成學位；女生也會在大二後離開學校一段時間，可能會出國、學語言，之後再回到學校。韓國學費很貴，一個家庭同時供應兩個孩子上大學不容易，這樣的安排可以錯開兄弟姊妹之間的就學時間以減輕家庭負擔。

學生畢業後會直接就業，因為許多大企業只把機會給在校生，一個畢業生若在畢業那年沒有找到工作，之後就會困難許多。

韓國除了社會競爭壓力大之外，來自家庭的壓力也很大，逢年過節親戚總是特別關心那些即將畢業的孩子，『找到工作了嗎？在哪一家企業工作？』諸如此類的問題。「如果你在大學畢業之後沒有馬上找到工作，在韓國真的會被認為是 loser。」南智祐教授說，「現在人人想進三星工作（註：訪問時，教授直接以三星作為南韓大企業的代名詞），過去你問韓國小孩長大後想做什麼，回答可能是當總統、當科學家等等，現在的回答則是『想變成有錢人』。韓國近年家庭比較富裕了，反而大家更想賺錢。」

。獎學金制度

姚驛庭同學說，法國只要有收入證明就基本上就可以有獎學金，焦家瀠同學則說，在柏克萊學士班國際生要拿到獎學金幾乎是不可能的，公立學校是原因之一，另外就是保護本地學生的機會。博班與碩班的話，幾乎都可以用助教的方式拿到薪水來抵掉學費，但盈餘通常不多。

中國清華大學的獎學金有分很多不同種，像是體育可以拿體育獎學金，做很多志願也可以拿獎學金，但那種錢比較少。如果科學研

究或課業上表現比較傑出，錢就比較多，人數大概一個年級十幾二十個。

裴思達教授說，他以前待過的學校要拿獎學金不容易，但約前 10% 的學生都拿得到不錯的獎學金，歐洲國家的獎學金大概是每個月八萬台幣，這樣的獎學金不但讓學生的生活無虞，還可以存錢。

芬蘭因為完全免學費，所以不太需要獎學金，PhD 學生還有薪水，不過最近幾年有人在討論是否要改變這個制度。

Q: 在你們國家的物理系，學生有怎麼樣的「氣質」呢？



France

姚驛庭：理工學院和師範學校的學生氣質不太一樣，理工學院的人比較 high，不過基本上法國每個學生都會跳舞，即使平時看起來很正經的人，在舞會上也可以很瘋。



USA

焦家瀠：美國物理系學生的社交活動雖然少於商學院的學生，但還算頻繁，而且蠻健談的，經常飯吃到一半就開始討論起物理。



Finland

Anton：在芬蘭物理系學生在社交上比較不活躍。



China

謝睿程：物理系是蠻樸素吃苦的一群人，物欲沒有那麼高，看事情的態度和觀點也會不太一樣。有時候我和其他系的人討論事情，他們可能講一些猜測、很誇張的話，但物理系的人如果老師問一個抽象的問題，我們會先問定義是什麼。比如說今天空氣好不好，我們會先問空氣好的定義是什麼，這是我們系很喜歡講的事情，比較客觀一點，追求真理吧！

Q: 台灣學生和你們國家的學生相比，有哪些差異？



Greece

裴思達教授：從國民基礎科學程度的角度切入來看，台灣人比較注重科學知識，在歐美就不是這樣，我指的歐美不包含南歐，例如去買東西，在台灣或南歐的店員都不用拿出紙筆計算，美國店員可能就不是這樣。在國外可能只有前 10% 左右的學生是好的，其他參差不齊，有些物理系學生甚至不會很基本的東西，像是微積分，等你出國念書當了助教可能就會發現這件事。



France

姚驛庭：法國學生和台灣學生的思考方式不太一樣，台灣學生注重結果，法國學生注重過程，這可能和出考題的方式有關。以我曾做過一份磁浮列車原理的試卷為例，試卷會帶學生一步一步建立模型，並且拆成很多小部分去了解，每一題都跟前面那題有關，但如果你第一題算錯了第二題的過程對還是可以拿到分數。這種考試每題都是問答題或證明題，非常注重過程。我以前不會去注重解題過程，所以一份考卷我可能只能拿到 2/3 的成績，因為老師認為我解釋不夠清楚或寫得不夠好。這樣訓練出來的想法就不一樣。



USA

焦家瀠：美國和台灣學生的生活重心不太一樣。美國學生比較把精神著重在未來規劃，相較之下，台灣學生則是把時間花在社交方面，例如系之間的活動等等。至於個性上，台灣學生通常有很高的忍耐度，會願意埋頭把事情做完，而美國學生比較會質疑自己為何要做這個。我認識的美國學生一般來說比較有超出一般人思維的想法，敢做一些冒險的事情。



Finland

Anton：和芬蘭學生相比，台灣的學生很用功，在芬蘭可能因為不用交學費，所以沒那麼認真。



China

謝睿程：中國人的 personal space 比較小，很多機會跟你擦肩而過，這就是一種文化。他們比較直接，有時會讓人覺得被冒犯了，像我打籃球找人報隊別人就會直接叫你『哥們』，他們覺得這是一種友善的方式，你會覺得比較怪。中國社會對物理的觀感也跟台灣很不一樣，中國人認為物理和國家強弱是很有關係的，當一個國家的物理基礎發展起來，無論是對軍事、航太工業都會很有幫助，中國在這方面很有危機感，台灣則因為受到很多外交限制所以不夠重視這塊。中國清華物理系幾個創系元老都是在中國軍工航太科技上有貢獻的人，國家政府對這一點特別重視，我們系對研究的熱忱很強，反觀在台灣讀物理可能只是為了以後找工作，所以沒有這麼強的使命感吧。至於中國學生是不是都特別用功，不是所有中國學生都很認真，但整體而言壓力比較大，一個因素是中國的高中填鴨式教育很強，他們只能讀書不能做其他的事，反觀台灣的高中比較自主。第二個因素是這裡的課業真的比較重，學分比較多，而且我們系的退學率有點高，我這屆就有三個，基礎課壓力太重了你不可能太混，混的人不是很有自信就是放棄了。



Korea

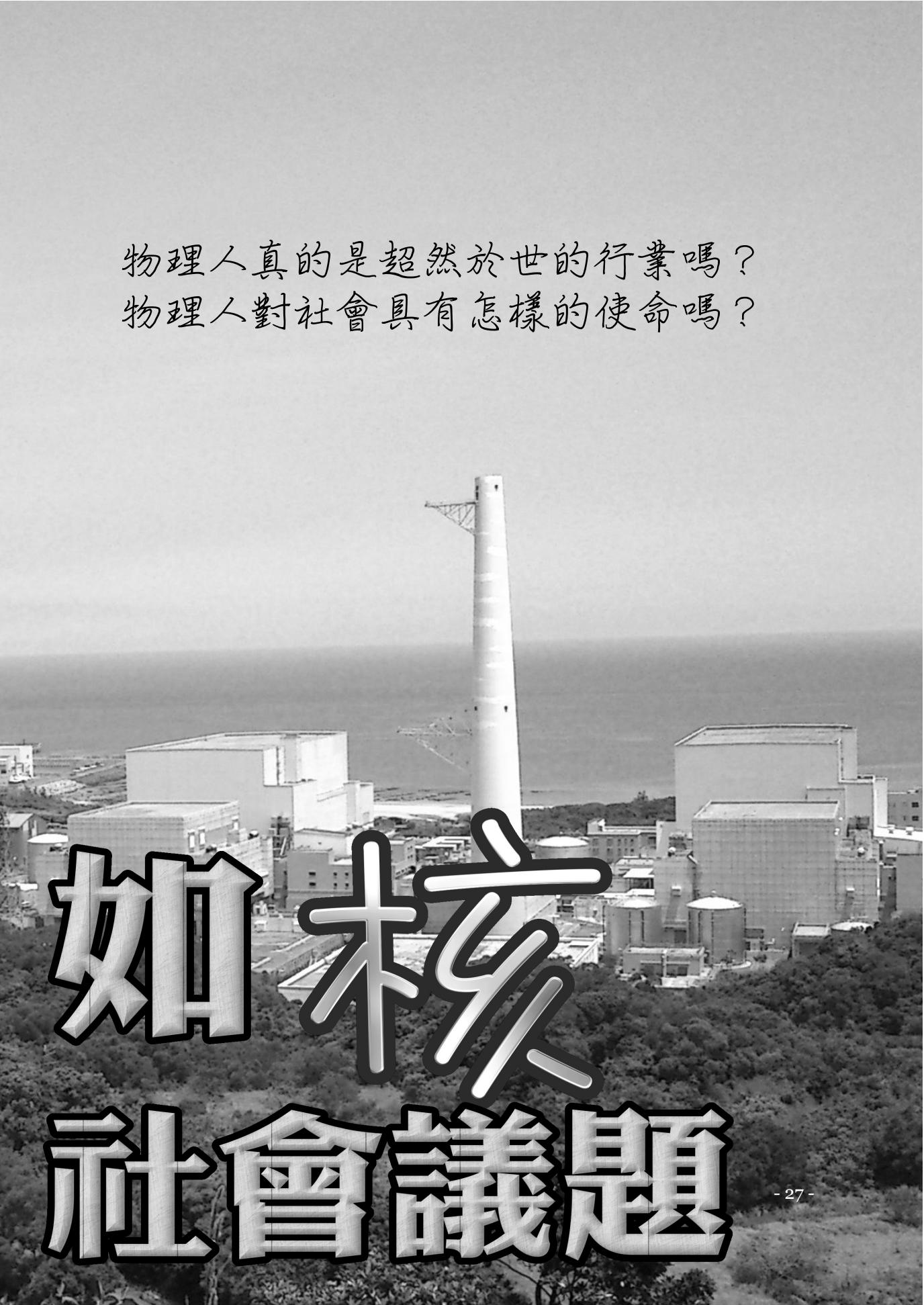
南智祐教授：韓國人的競爭感非常強，再加上為團體而戰的榮譽心很強，短期來看韓國學生會贏，但就長期來看台灣學生會贏。舉例來說，今天給學生一個短期研究計畫，時間非常緊湊，韓國學生會三天不睡覺把拚命完成它，而且實驗室會有很多學長盯著你做，不斷提醒你這是整個團隊的事。如果是台灣學生，他會直接告訴你這不可行、做不到，然後還是 12 點就上床睡覺。然而長期來看，韓國學生不可能以這種方式持久。這是兩個國家文化的不同吧。我的觀察是，台灣學生雖然做得慢，但是會持續長期的做。

本期編輯群以「核物理」相關的社會議題出發，討論物理人與社會之間諸多鋒利的話題。本專題訪問臺大物理系退休教授林清涼，聽聽核物理專家如何看待核能發電的議題；也聽教授從1981年驚天動地的「物理系中子源事件」，談起近在身邊的實驗室輻射管理議題。編輯群更前往臺電大樓，訪問臺灣電力公司的核能溝通小組，來一趟理工人與社會大眾溝通的經驗談。

看完幾位專家的意見後，讀者不妨與身旁的朋友們開啟一場精采的論辯！

物理人 面對

物理人真的是超然於世的行業嗎？
物理人對社會具有怎樣的使命嗎？



如何 看待 社會議題

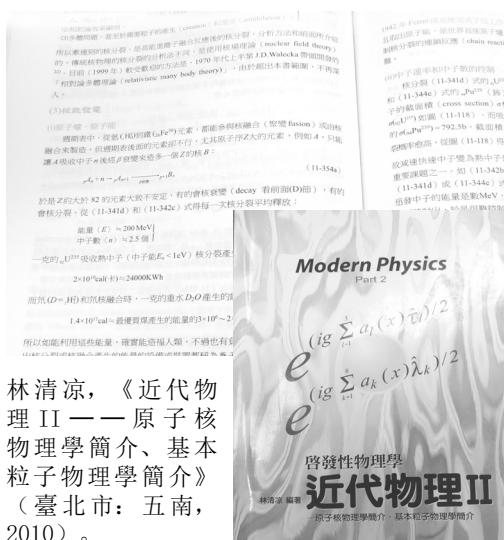
核物理學家眼中的 核能發電議題

文 / 歐柏昇

正當我們苦惱著核能議題的訪問對象時，忽然靈光一閃，想到近在咫尺之處，系館四樓的會客室旁，就有一位核物理專家。那就是經常深夜還在系館工作的退休教授林清涼。

教授聽到我要訪問關於核能的問題時，即大呼我問對人了。環視教授的辦公室，整齊堆放的書籍、手寫的字帖之間，牆上則張貼著一幅原子衰變圖，保存著二十世紀物理光輝的風範。

身為核物理學家，林清涼教授對於核能的社會議題感觸相當深刻，說得慷慨激昂。當外界眾人議論紛紛的時候，教授很清楚地告訴我們：「物理系學生應該了解什麼是核能！」教授不斷強調，我們學物理的，具有一些關於原子核、 $E=mc^2$ 的基本知識，並懂得理性判斷，講話不要盲目跟著別人。



林清涼，《近代物理 II——原子核物理學簡介、基本粒子物理學簡介》（臺北市：五南，2010）。

核物理與核能技術的發展背景

林清涼教授向我們介紹，量子力學在1928年就差不多定案了，開始應用到各個領域。以原子核物理來說，在1935-38年完成核分裂的理論。從1938年到現在，技術已經發展得很成熟，而且可以控制得很好。關於詳細的發展史，可參考林清涼教授著作的《近代物理 II》。

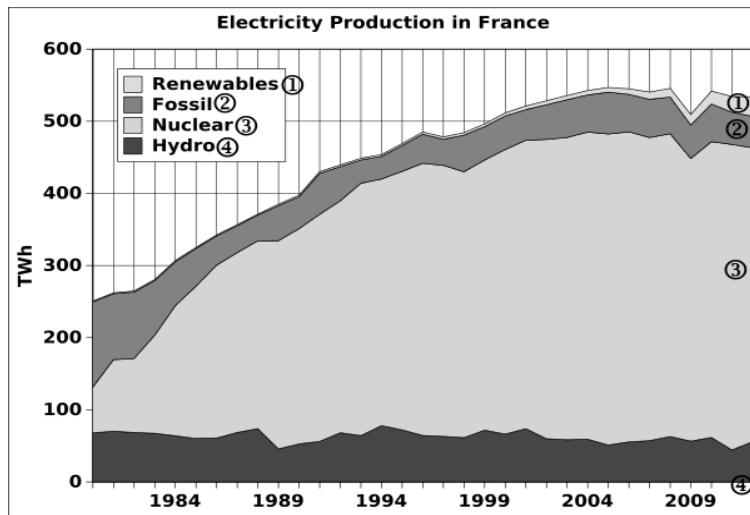
所謂的「核分裂」，是原子核(nucleus)的分裂。新聞中經常寫錯為核子(nucleon)的分裂，但事實上核子是不會分裂的。核分裂最令人擔心的是放射(emission)，尤其是屬於強子、不帶電的中子(neutron)，碰到東西就會把它的「質」改變。（教授補充說明，放射帶有靜止質量，不同於「輻射」。）

【核能發電】

根據林清涼教授的著作，原子能的利用要符合兩項條件：「能連續地產生能量」、「能依所需而有效地取出能量」。要達到以上條件，必須能有效控制核分裂的連鎖反應。由於入射中子能 E_n 與捕獲中子的截面積 σ 有此關係式：

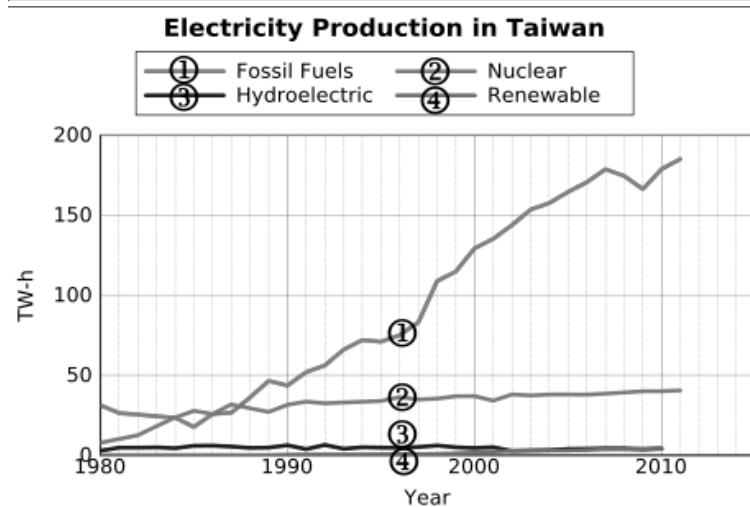
$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{E_n}}$$

且截面積愈大則核分裂概率愈高，所以把快速中子減速為熱中子是重要的課題。一般原子爐的冷卻系統使用水，一面減速中子，一面吸收熱能拿去發電。此外，為維持穩定的連鎖反應，利用棒狀的鎔吸收多餘的中子。因此原子爐有兩大機能：「有控制中子數能力」、「能迅速運走核反應時產生的龐大能量」。核能發電裝置的冷卻系統將熱能運到爐外來旋轉發電機渦輪。（資料來源：林清涼，《近代物理 II——原子核物理學簡介、基本粒子物理學簡介》（臺北市：五南，2010），頁222-224。）



←法國電力供應分布

(取自維基百科 https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_power_in_France#/media/File:Electricity_in_France.svg, 檢索日期 2015 年 7 月 28 日)



←臺灣電力供應分布

(取自維基百科 https://en.wikipedia.org/wiki/Electricity_sector_in_Taiwan#/media/File:Electricity_Production_in_Taiwan.svg, 檢索日期 2015 年 7 月 28 日)

核能的非和平與和平用途

林清涼教授要我們釐清核能的用途。目前使用的核分裂，如果用在非和平用途，拿來打仗，就是製作原子彈。二次大戰之後，愛因斯坦為首的一些物理學家，呼籲將核能轉為和平用途。

針對核能的和平與否，教授批判美國的立場：「你不准別人製造原子炸彈，怎麼會指使日本人這麼做？」她質疑日本三一大地震核災的實情：「你大概沒有注意到日本大地震之後，美國軍艦馬上送來重水，我是研究原子核的，看到這個馬上就疑問——這是在製造原子炸彈嗎？」她說，果然有一本書提到這件事。

核能的和平用途則造福了人類的生活，那就是核能發電。因為能量是守恆的，可將核分裂的能量轉為電能。它很便宜，現在也可以控制得很好，所以很多國家都在使用。核能發電最厲害的是法國，法國有

75% 的電力都來自核能，「那他們國家為什麼老百姓不會吵？也沒有發生核能發電廠引起的害？」

核能發電完善運作的三個要點

林清涼教授認為，一個國家核能發電的完善運作，必須有三件事情配合：

第一，按照專業方法來蓋核電廠。核能發電廠的技術相當成熟，而關鍵在於人們是否按照這些規範去做。

第二，選擇安全的地點。選的地點是不是好的地帶、地震地帶？就算在地震帶附近，有沒有比較好的地方？沒有斷層經過的地方？

第三，給予專業人才充分的待遇。必須給他們足夠高的薪水，讓他們沒有後顧之憂，保障他們生活沒有顧慮，他們才能專心守護我們的核電廠。

別跟著喊口號，要問何走這條路

林清涼教授語重心長地說：「我們是學物理的，或者說我們受過高等教育的，做事要理性，不能民粹，跟著別人喊口號。我們要問為什麼走這條路。」

當初要蓋核電廠，是蔣經國時代為了工業化。臺灣有水但沒有電，於是建設了核電廠。教授說，以她所知，清華大學在台灣復校的時候，第一個系就是核工系（編按：根據國立清華大學網站的校史記載，1955年簽訂中美合作研究原子能和平用途協定，「考慮到建立原子爐所需的沉重經費，遂讓有清華基金為後盾的清華大學在台建校，成為台灣原子科學研究的先驅」。1956年招考原子科學研究所第一屆新生。）教授告訴我們臺灣核能發電的歷史背景，那是國家迫切所需。教授是本省人，甚至可說是遭受過白色恐怖，「那時候我們很討厭國民黨，罵國民黨罵得要死」，但她絕不會意氣用事來罵這些事！

教授也回顧反核運動的發展。在蔣經國過世不久，李登輝時代就有人在反對。最激烈的是在2000年總統大選時，環島示威來反對核四，「有一點政治味道。」教授又質疑，這批人在2003年陳水扁要復建核四時並不反對，讓它一直蓋到去年才又出來反對，「這對我們老百姓負責嗎？」況且，反對的人又沒有提出替代能源。臺

灣有風力、海浪等資源，那我們做了嗎？

「沒有，只一天到晚喊口號！」教授痛心斥責，這些攸關國家未來的政策，總是牽扯上政治問題。尤其一碰到選舉這個問題就來，選舉完就復原。

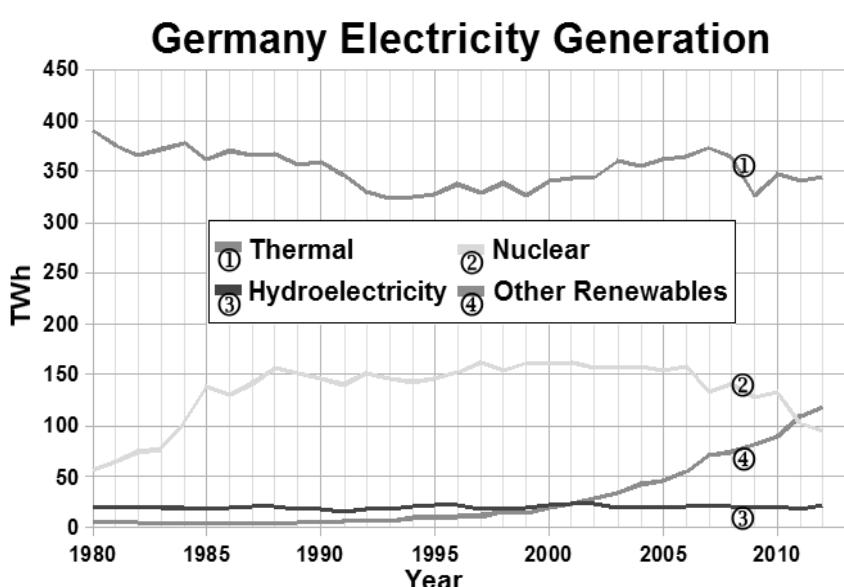
德國廢核的前提，是老早做好準備

現在德國訂出2025年關掉核電，臺灣有人呼籲要跟進。但林清涼教授提出這樣的觀點：「為什麼A走的路B不一定能走？你要看你的體質，你的需求，我們要走自己的路。」教授解釋，西歐國家老早就在做替代能源，並且訓練國民要節省水、節省電，那我們做了嗎？

西歐國家互相講好，有輸電管，不夠了馬上輸給你，那我們呢？沒電了誰要輸給我們啊？不是喊口號就可以了。

教授認為，臺灣沒有核能當然最好，因為鈾塊也必須進口；但相對於石油，鈾塊非常便宜，而且我們已經蓋好了核電廠，這些因素都必須考慮。

「我們只有跟著人家喊口號，這是非常不負責任的。」教授強調，如果要廢除核能發電，必定要做替代能源，必須教育老百姓節省能源，也必須教育人才。興建核電廠花費數千億元，不是說蓋就蓋、說停就停的玩笑。



↑德國電力供應分布

（取自維基百科 https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_power_in_Germany#/media/File:Electricity_production_in_Germany.PNG, 檢索日期2015年7月28日）



2013年4月27日臺大物理系參訪核二廠反應爐頂

核融合也中斷了

話鋒一轉，林教授開始談到核融合的問題。教授說明，目前使用的核能發電是核分裂，但全世界老早走向核融合。核融合是將兩個輕的原子合成比較重的原子，學了物理會知道，兩個獨立的粒子若要結合在一起，必須互相犧牲一點質量，根據 $E=mc^2$ 變成能量。

1981年她擔任系主任時，知道臺灣很積極地在做核融合。核融合雖然也可以成為毀滅性武器，也就是氫彈，但也可以走向和平用途。若以核融合發電，則比核分裂乾淨。所謂的乾淨，意思是不會放出中子。核融合雖然仍會產生伽馬射線，但並不會放出最可怕的中子。

臺灣之前有在做核融合，然而後來把它關掉了。現在我們並沒有訓練人才，將來世界上核融合發電技術若成功發展，那臺灣就沒有人可以勝任了。教授強調，未來核融合是必然的趨勢。那我們為何自廢武功呢？

未來可能連代工都無法做！

林清涼教授指出現在的困境——科學教育並沒有深耕，我們只能做代工。代工則需要大量的能源，需要水、需要電。如果十年內可以把替代能源完成，那沒有問題；但如果沒有完成，而我們又還在做代工，那我們怎麼辦呢？

教授認為，我們總是被政治問題拖累，很多議題吵吵鬧鬧，而錯失國家進步的好時機。教授做了一個類比，日本在1868年明治維新後，短短的27年打敗清國；臺灣從蔣經國到現在也差不多27年，條件不知比十九世紀好多少倍，原本前也有、交通也好、教育也好，到現在怎麼還跟不上來？

更根本的解決方法，則是訓練一批年輕人，他們可以不必代工，而是用腦筋。教授說，「我們賣的是你們的智慧。不是買人家專利，而是賣人家專利。」教授呼籲年輕人好好思考，別只知道喊口號。

自由民主社會下的分析能力

「你要理性的分析，我們受過教育的人要負責任，講話要負責任。」教授說，核能發電並不是說危險就不做了，而是要想有沒有方法把危險降到最低。如果真的不要核電，那替代能源和核融合不得不做。

林清涼教授告訴我們，物理系的學生思考事情，正面、負面都要去想。我們的訓練當中，面對同樣一件事要考慮各種方式，而且有「果」就要找「因」。

教授舉等速率圓周運動的例子：「你看的是投影在直徑上的，所以說他來回震動，我看的是石頭繞著一圈一圈，我們兩個吵架吵得要死。另外一個人更厲害的人整個都看，他說你們都不要吵了，你們都是對的，但是沒有看到整個！」

教授強調，訓練一個學生，是要讓他可以看得起這個國家，把我們的社會變得更舒服。「我們要教育他分析、負責任，都要看，不能只看單方向、只看一面，要看整體。」

核能發電的議題，在自由民主的社會下吵得沸沸揚揚。身為核物理專家的林清涼教授，提醒我們「自由民主是講話要負責的」。能源問題影響著國家的未來，知識分子必須理性、多方面地分析。教授認為這些是物理系的訓練下，學生應秉持的精神。

物理人的使命

訪談的最後，向林清涼教授問到物理人的使命。教授不假思索地說：「當然有很大的使命啊！」媒體平常並沒有教育人民很多嘗試，例如我們應該去追蹤為什麼會淹水、為什麼會缺水。物理人面對結果要去找原因，理性地分析，並且盡量各種可能性都想到——這些就是身為物理人的重大使命。

特別感謝：林清涼教授



本期《時空》訪問林清涼教授：
林清涼教授（右）、本期編輯歐柏昇（左）

實驗室的重大議題——

1981年物理系中子源事件

文 / 歐柏昇

揭密

你或許覺得核能發電的議題離自己還有些遙遠。不過，學術環境中的議題，你就絕對不能不知道了。為了介紹輻射管理的重要，林清涼教授講述親身的遭遇，告訴我們三十多年前的臺大物理系，曾經發生一件驚天動地的事。

1981 年物理系中子源事件

教授感嘆，臺灣人喜歡做「頭子」，但頭子是要負責任的。她在 1981 年接下系主任的時候，物理系混亂不堪，她決定開始整頓。這次大整頓，竟然讓物理系存在已久的安全問題浮出檯面，而教授本人也遭到橫禍。

教授想起 1970 年代的時候，有學生告訴她：「物理系有中子源喔！」那時她回應是：「黑白講！」教授根本不相信物理系會有這麼危險的中子源。事實上，學生是拿輻射偵測器在玩，而測到中子源的存在。

直到 1981 年大整頓的時候，在陳義裕老師他們班的幫忙之下開始系館的大掃除（當時的系館是二號館），而低一年級的那班幫忙整理細節。他們清理出很多廢棄物，放在二號館和三號館之間，要用卡車運走。當時整理物理系五十九天，非常忙碌，在上課以前一定要上軌道。

其中有一大塊蠟，長寬超過一公尺。有個技術人員林松雲看到蠟，很緊張地去找林清涼教授。林松雲說：「這個蠟是保護中子源的！」教授嚇了一大跳，才發覺大事不妙了。林松雲問教授，是否看到一個小罐子，教授說：「沒有啊！」後來想想，才發覺：「糟糕，我看過！」

學原子核物理的林清涼教授，知道若有汙染的話，牆壁也會受到汙染。因此，她立刻採取補救措施，將汙染物的搬運路徑，也就是二樓到三樓之間、靠近女生宿舍方向的樓梯封起來，任何人都不能靠近。

事情愈發嚴重

後來有一天，林清涼教授在上二年級理論力學課的時候，眼睛突然看不見。學生想說，老師一定是太累了，才會看得模模糊糊。老師也繼續上課，然而上課到一半，嚴重的事情發生了。林松雲很緊張地過來說，那是 20 毫居里的中子源（1 居里是 $3.7 \times 10^{10} n/g \cdot s$ ）。每一秒鐘射出這麼多的中子！

林清涼教授知道，自己的眼睛已經被中子源掃到，一輩子都不會好了。林松雲把小罐子拿出來的時候，教授嘆了一口氣：「啊！就是這個罐子。」她當時在十公分的距離下，把中子源的小罐子放進櫃子裡。



↑二號館與三號館之間的迴廊

中子源是 1960 年代鄭伯昆從許雲基那裡拿走的，拿了兩顆，罐子大概跟小瓶牛奶罐一樣大。當時林清涼教授把還能用的物品，集中放在三樓的小房間裡。教授認為那些是系上的財產，不是私人的財產，所以把小房間鎖起來，其他人不能隨便拿。教授說：「我要徹底地整理物理系，讓它上軌道！我不怕什麼，我只有學生好就好！」誰知道這些財產當中，竟然藏著一個釀成永久傷害的危險物品。

原子能委員會的人知道事情的嚴重，帶著偵測器進入二號館測量，偵測器很快就開始響，情況非常嚴重。最後發現，輻射源就在這個小房間裡。那時許雲基得知事件後，立刻坐飛機趕回來，可見事態的嚴重。

輻射危害的真相

後來教授才知道，圓罐裡面有個小洞，那是鉛管，一顆如豌豆大的中子源就放在裡面。整個構造原先位於二號館地下室的深井，是許雲基做的，牆壁厚達一公尺。裝置的外殼是鉛做的，裡面是蠟，蠟裡面有個洞，放置這個小罐子，罐子裡面有個小洞，盛裝中子源。

許雲基設計這樣的保護裝置，是負責的行為，因為鉛可以讓它衰變；而蠟可以吸收中子，就像是核電廠的水泥。教授說，這就好比核能廠的技術是很成熟的，關鍵是我們有沒有照著那些規則去做。許雲基一開始設計的裝置，就是按照規則做的。

林清涼教授說，那原來是許雲基的財產，後來鄭伯昆把它拿去。之後弄得亂七八糟，沒有按照規則放置。除了已經造成危害的這顆中子源之外，事實上還有第二顆。林教授不斷努力要找出第二顆，然而始終找不到——到今天都還沒找到！

當時拿著伽馬射線偵測器，三樓在響，二樓廁所附近響得更厲害。林清涼教授豁出去了，決定徹查鄭伯昆教授的實驗室。她一進去，測到很多 beta decay、gamma decay，一大堆有輻射性的樣品。她把這些樣品全部拿走，讓原子能委員會的人帶走。她說：「這個實驗不必做了，害死學生！」



林松雲（1920-）

臺北松山人，二戰末期擔任中廣技師，學得電子、電路知識，為臺灣第一代電子技師。負責組裝加速器高壓電設備、電路規劃與真空管技術。曾為計算加速器產生的粒子，製作臺灣第一台二進位計數器。

↑ 林松雲技師簡介

(翻攝自臺大物理文物廳展板)

↓ 許雲基教授簡介

(翻攝自臺大物理文物廳展板)

許雲基教授

許雲基教授，原就讀京都帝國大學電機科，曾修習荒勝文策教授講授的力學等課程，戰後轉入臺灣大學電機系就讀，畢業後任職於物理系，擅長於抽真空技術。戴運軌教授接任中央大學校長後，許雲基教授帶領臺大團隊，數十年來，堅持追求科學真理的純粹性。身為領導人的許雲基教授，與技師們情同手足，克服種種困難；並負責收集學術期刊資訊，擘劃各項實驗儀器改革。為了拓展研究領域，他利用團隊抽真空、電路與玻璃技術的專長，轉型發展碳十四年代測定與氯氛雷射技術。



學生受到輻射傷害

林清涼教授又徹查近代物理實驗室，發現學生竟然暴露在 X-ray 超標 800 倍的環境當中，「當然會出問題」。她想到從前學生向她抱怨實驗累得要死，她說鄭老師要求學生一個禮拜做二十小時，當然會累。後來就曉得，這跟輻射有關。

學生受害是確有其事的。林清涼教授回想，後來物理系走上軌道，她也卸下系主任的職務之後，到了美國住在學生家中。學生已經當完兵出國，卻還是經常很累。教授提醒學生，暫時不要生小孩，等到不累了再生。

無獨有偶，林松雲告訴林清涼教授，有一次學生在三樓做實驗，實驗桌上竟有中子源的管子。林松雲告訴學生「那是中子源」，一個女學生聽到後就趴在桌上大哭。還有更嚴重的，曾有一個僑生，查不出任何疾病，無緣無故地就在不到一個月過世。

教授並沒有去查，死了多少人、傷害了多少人，因為她自己也受害，而且還有很多事要做，去查了死的人也不會活過來、她的眼睛也不會好。

【Ra-Be(鐳鋁) 中子源對人體的傷害】

林清涼教授書中的例題，引用 1981 年臺大物理系中子源事件的實例，說明中子源對人體的嚴重傷害。當時物理系使用兩顆 10 毫克的 Ra-Be 中子源，而根據書中的計算，由於 Ra-Be 中子源一克每秒釋出的中子數 N_n 為

$$N_n = 1.2 \times 10^7 \frac{n}{g \cdot s} \doteq 3.3 \times 10^{-4} Ci \quad (\text{其中 } n \text{ 為中子數})$$

因此 20 毫克 Ra-Be 中子源的中子強度 I 是

$$I(Ra - Be) = 20 \times 10^{-3} \times 1.2 \times 10^7 \frac{n}{s} = 2.4 \times 10^5 \frac{n}{s}$$

假設 Ra-Be 中子源放射的中子是各向同性，則中子通量 F 為

$$F = \frac{I}{4\pi r^2} = \frac{2.4 \times 10^5}{4\pi}$$

Ra-Be 中子源的中子平均動能 = 5MeV，此時傷害人體的標準為

$$F = 16 \frac{n}{cm^2 \cdot s}$$

假定受傷害距離為 r_x ，則

$$\frac{2.4 \times 10^5}{4\pi} \frac{1}{r_x^2} \frac{n}{s} = 16 \frac{n}{cm^2 \cdot s}$$

$$\therefore r_x = \sqrt{\frac{2.4 \times 10^5}{4\pi \times 16}} cm \doteq 34.5cm \doteq 35cm$$

林清涼教授的書中指出：「即距中子源 35cm 以內的人，在一秒鐘內全受傷害。台灣大學物理系從 1960 年左右，一直到 1981 年 10 月上旬，曾使用過兩顆 10 毫克的 Ra-Be 中子源，它們對人體的傷害情形如本例題所示的量級。」關於更詳細的計算內容，請參見林教授的著作。

(資料來源：林清涼，《近代物理 II—原子核物理學簡介·基本粒子物理學簡介》(臺北市：五南，2010)，頁 96-99。)

313

中子源事件發生地點：
二號館三樓的小房間

輻射管理的大整頓

林清涼教授強調，他們必須對學生負責。1981年整頓系館的中子源事件後，她把幫忙做事的七個學生名單列出來，向校長呈報，要看他們二十年沒有出問題。如果出了問題，要國賠。教授說：「我是非常理性·公事公辦！」「還好沒有害到學生，是我倒楣。」

物理系始終找不到第二顆中子源，不過其他危險的物品，林清涼教授都已經叫原子能委員會拿走了。教授說：「我們不要做這個實驗，因為我們沒有這個設備！」而三樓的實驗室，林教授請學校用鉛封住，防止輻射外洩。此外，學生每個學期進到實驗室，都要配戴偵測器，追蹤輻射劑量，確保沒有超標。

林清涼教授更將此次整頓提高到全校的層級。她發覺當時臺灣大學並沒有輻射管理的規定，於是呈請虞兆中校長，建立起全校的輻射管理制度。林教授相當感念虞兆中校長在臺灣大學的重要改革。去年（2014）虞兆中校長逝世，林清涼教授為其寫了一篇追思文。

林教授給我們〈追思虞兆中校長〉這篇文章，文中這樣描述：「他是位生活簡單樸實，極為負責任，嚴格地執行他的理念的偉大學者。」文中所述虞校長在臺大的「五大工程」當中，第二項即為「成立危害物品的管理體系和制定規則」。林教授如此敘述：「在民國70年8月，物理系發生了最危險的中子輻射問題，才發現臺大竟然沒對危害物品的管理機構以及該遵守的規則，於是虞校長約費一年時光建立全校的管理體系，並制定務必嚴守的規則。」

遇到結果，就去追究原因

教授從虞兆中校長的政績向我們說明：「一個領導者太重要了，一個頭子太重要了。他可以做很多事，他也可以毀掉一個國家。他也可以很短時間把一個國家變得很富強。」

面對核物理衍生的重大議題，不論是核能發電的討論，或者物理系發生的中子源事件，林清涼教授都向我們強調理性分

析的重要。教授說：「我們是學物理的，我們是科學家。有結果要有原因，要去追究原因。」

林清涼教授凡事以學生為中心，以學生的實驗安全為首要考量，也從未停下教育的事業，今日仍在著作給學生自學的書籍。1981年的中子源事件，林清涼教授是嚴重的受害者，但她當時身為系主任，仍堅持理性分析來處理這個重大議題，徹底找出事件的原因，並藉此時機建立完善的制度，給日後的物理系學生一個安全的實驗環境。

特別感謝：林清涼教授

追思虞兆中校長

家屬、校長、各位教授和朋友們好，

在天上的虞校長好！

讓我們一起來回憶敬愛的虞校長：

他是位生活簡單樸實，

極為負責任，

嚴格地執行他的理念的偉大學者。

虞校長完成了影響深遠的五大工程：

第一是開啟通識教育。

校長在民國71年初和沈君山教授、我已故丈夫馮讚華在台大長興街60號之1、2樓籌備當時極為困難的，對非理工科系學生開授自然科學方面的通識課程。在虞校長之堅持和沈君山的妙計：

邀請當時的國科會主委吳大猷先生，

聞名的生命科學專家譚天錫先生，

資訊和自動化專家謝清俊先生，

一起開課，才能在71學年（1982年9月～1983年6月）成功地排除一切反對與阻擋，向非理工科系學生開“自然科學大意”之課。這就是今日大專院校執行的通識教育之起源。

第二是成立危害物品的管理體系和制定規則。

在民國70年8月，物理系發生了最危險的中子輻射問題，才發現台大竟然沒對危害物品的管理機構以及該遵守的規則，於是虞校長約費一年時光建立全校的管理體系，並制定務必嚴守的規則。

↑林清涼教授〈追思虞兆中校長〉（節錄）

後記：重返事發現場

林清涼教授所說的事件場景，今日仍埋藏在校園的一隅。訪談之後，我們前往二號館，探查當年的事發地點。此時，二號館正好在另一次大規模整理的期間，走廊上堆滿了蒙上灰塵的古老物品。行走在其中，彷彿把我們帶回歷史的現場。

我們到二號館的一樓，尋找存放中子源的地方。記得教授說，二號館教學區對面有個「凹下去」的區域，在裡面的角落有個一公尺的深井，當時中子源的裝置就放在那裡，那是許雲基教授設計的。那間實驗室的牆壁高達一公尺厚，目的是用來阻擋輻射。

在謝佳利助教的協助之下，我們在現今生物多樣性中心的辦公室裡，找到了林清涼教授所說一公尺厚的牆壁。掀開懸掛在牆上的月曆，看見一個圓形的洞，穿到牆的另一端，洞口由玻璃封住。

當時我們仍然疑惑，這麼大一間辦公室，真的是存放中子源的地方嗎？是否可能在地下室的倉庫？正好在走廊上遇到一位技師，問他關於「一公尺厚的牆」的事。技師表示，只有生物多樣性中心那裡有一公尺的牆。他告訴我們，林清涼教授所謂的「地下室」，指的就是這間辦公室內，後端凹陷下去的那塊區域。他又說，以前

擺放中子源的地方，留下了一些水泥、石塊，後來散落在二號館的窗外。我們立刻打開窗戶，這些的遺跡果真還在！

再回到生物多樣性中心的辦公室內，前往觀察後端「凹下去」的區域，那裡現在作為小型階梯式教室。現在想想，一間位於一樓的辦公室，後端竟然凹陷約一公尺深。它並非凹陷到地下一樓，也不是刻意設計成大型演講廳，顯然事有蹊蹺。事實上，它的最初功能就是儲存了輻射源的實驗室。

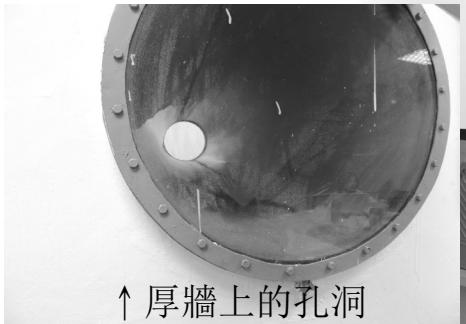
1981 年的事件，則發生在二號館三樓東側，樓梯旁的小房間內。這間房間目前由材料系使用，我們經過時有一些學生正在裡面報告。這裡的空間運作看來回到了常軌，很難想像曾是用鉛板封死的隔離區域。但歷史的傷痕仍常存在此，小房間附近的地上，留下斜切過走廊的水泥痕跡。這幾道痕跡拼湊起來，正好圍住小房間，讓它與世隔絕。

隔離區的封板早已拆除，只留下一點端倪，讓知道故事的人深刻省思。歷史的傷痕漸漸為人遺忘，我們卻在這本《時空》刊物裡翻開這些傷痕，目的是讓物理系的人們，莫忘慘痛的教訓，重視實驗室的安全議題，共同維繫我們的學術環境。





↑ 存放中子源的地窖



↑ 厚牆上的孔洞



一公尺厚的牆



↑ 一樓窗外的水泥、石塊

↑ 三樓小房間外的水泥痕跡

科學人的溝通藝術

臺電核能溝通小組專訪

文 / 歐柏昇

核能發電原來是科學的專業，但現今變為一個公共議題，那科學或工程的專家如何面對這樣的議題呢？我們特別前往臺電大樓，來到「核能溝通小組」的辦公室，拜訪一群以「溝通」為行業的理工人。他們可說是站在戰場第一線的人，甚至一走出門就會被媒體問到當天早上的新聞，與大眾溝通的經驗相當豐富。

每個人的出發點都是「科學」？

畢業於清華大學核工系的李忠正主任，向我們分析一般討論公共議題時背後的複雜性。主任說，每個人在參與討論時，各有不同的目的。有些人真的是要講「是非黑白」，談專業上的檢驗；有些人卻可能是想從中獲得利益，包括名聲或金錢。例如說，有些人經常上媒體大放厥詞，他們在意的可能是「每次六千八千、一萬兩萬」的金錢收入，也說不定是為了打響自己的名聲。因此，我們要了解到，並不是每個人的出發點都是「科學」。

主任又舉了一個例子，說明媒體報導經常不談是非黑白。最近藝人違紀進入阿帕契直升機的新聞，媒體每天在報，「打了兩個禮拜還在一直打這個事，今天說他多可惡、明天說他多任性，這跟違反軍紀有什麼關係！」主任說，現在社會上不只是針對核能議題有這樣的傾向。

科學人的角色

那科學人能扮演什麼樣的角色呢？李主任先告訴我們發揮力量的侷限——如果只從專業角度，只能告訴別人「這句話合不合科學的道理，合不合事實」，要影響別人的好惡相當困難。不過固然困難，也不

是無法達成的，重點在於要清楚自己的定位。

主任提到，科學人裡面還是有不同的人，「地位」、「權威」會造成很大的差別。「一個團體裡面有意見領袖，還有一種叫跟隨者。」如果是具有影響力的人，有比較多的作法。例如說，日本曾經有些資深的媒體人，成立了一個「辯證會」。他們是有研究議題的人，並在媒體胡亂報導的時候，寫文章指出報導的錯誤，匡正知識。「寫久了之後，這些人有權威性，就有嚇阻或影響的作用。」

有權威的人，可以積極去發聲；至於「追隨者」，



↑臺電大樓

還是有些部分能夠表達意見、舉證、引述。兩者的作法具有差別，所以「你要談一個人的定位，你到底是什麼角色，你也要了解你具有影響力有多少，你才有辦法去談說你能貢獻什麼力量。」此外，貢獻力量有可能是從科學的角度出發，也可能是從利害關係的角度出發，我們也要清楚自己的目標。

如何形成力量？

釐清自身定位之後，要如何形成力量呢？主任說：「要造反也要長期努力！」而且，一個人的力量經常不夠，需要朋比結黨。「你要產生一個聲音才可以，這個力量可以大可以小，小的話甚至在學校社團。」主任說，社團其實也可以產生影響力，好比成大的「零二社」（「零二」諧音臺語「抗議」），原來不起眼，但經過太陽花運動後，形成了一股力量。暫不論是非，主任藉此來談形成力量的方式，而他們的關鍵就是「堅持」。主任強調：「對的事要能堅持，這個力量才能延伸。」

李忠正主任認為，現在學生要發揮影響力，最可能的方法就是透過網路積極投入。而這種影響力，需要非常持續的投入。以學生來說，還有讀書的重要任務，所以必須有所選擇。不過另一方面來說，參與這樣的討論，也可以刺激對學問

研究的方向和深度。總之，必須選擇哪些事情對自己較有意義。

李主任說，學生很少有機會直接在媒體上跟那些「假的專家」面談——除非是社團的領導人、社運的領導人，那就會有機會。事實上，現在有很多學生，其實不必讀什麼書，只要搞了社運就出名了。主任要強調的是：「你要發揮影響力，就要看看影響力的基礎是什麼。現在你講的是『專業的影響力』，還是『地位的影響力』。還有一個方法，就是鍥而不捨，一直去做，他也會產生影響力，看你願不願意。」

主任建議，我們一開始不一定影響多少人，可以只影響旁邊的人就好。如果同儕都出現跟你同樣的理念，就會形成力量，而且慢慢擴散。我們不知道擴散的速度多快多慢，但至少會有個基礎，最起碼有五百個人。更進一步，「假如說你真的神經病跳出來登高一呼，組織什麼社團來，說不定你可以變成一個滿有影響力的人也不一定！」

長遠來說，還有一個方法，就是把書讀好，立志做出核融合的技術，將來做正面的貢獻。假若能開發出核融合的技術，根本解決核廢料的問題，以擺脫這個爭執的議題，也是一個辦法。主任說：「你怎麼曉得以後不是你！」

從身邊的人做起

陳東凱工程師則分享了一些自己的經驗。他說，經常在 Facebook 上面「看到人家傳一些五四三的」，他就會去回覆，寫一些東西來指正錯誤的訊息。陳東凱瀟灑地說：「三不五時就筆戰，少一些朋友也沒關係，反正 Facebook 上面朋友多的是！」他說，理工人的基本責任，就是「你看到這些就你專業上認為本來就是錯的東西，我們應該指正。」

陳東凱說，其實不一定要到媒體上第一線去澄清，可以先從周遭朋友開始，改正錯誤的資訊。如果能做到這點，一定會有效應的。陳東凱從反面來說明：「就像網路上有很多錯誤訊息一開始也是一兩個人發出來，然後把它病毒式地散布；這一樣的道理，你正確訊息其實也可以慢慢、慢慢散布出去，只是需要多少時間沒人知道。但總之可以讓大家知道。」他也提到自己創造出的效應，例如有些朋友發文被他「打臉」多了，日後要丟出訊息之前，就會知道有人在看著他們。有時也說不定，錯誤訊息到我們這裡就停下了。

積極投入，培養實力

李忠正主任又提醒我們，不論是了解議題、或者做學問，若要有影響力，通常要符合其中一個條件：一個是學得很深，另一個是懂得很廣。「但是你絕對不能在這中間，在中間你就永遠不會有影響力，因為你會被人家戳死。」所謂的「深」，可能是對於輻射特別有研究，就在這個領域發揮影響力。所謂的「廣」，則是知道很多議題當中正反各方的論點，「我馬上就可以搬別的東西來打你」。

主任說，不論是深、或者是廣，都有一個共通點，就是必須「投入」。「你真的不要以為學生不能做什麼事情，如果願意一直大量去寫、大量去影響別人的話，有一天你在同輩之間、在學校裡面、在社團裡面，慢慢就變成一個 leader。」成為領導人物，就會有更多的影響力。

除此之外，李主任也說明「人文素養」的重要。他說，從前的清華大學全部都是理工科系，多年後回去學校演講時，覺得從前最大的錯誤就是學生都沒有人文素養。事實上，學生可以做很多事情，例如可以學習講故事，可以學習傳播一些科普的東西。主任說，專業的人對自己專業的了解下，要能把它變成簡單的知識，也是很重要的。

「不是只是在抬槓而已，因為這些基礎的東西，讓更多人去接觸、去了解，其實對整個社會會有很大的幫助。」主任認為，傳播這些基礎知識後，可以讓大家比較理性地討論事情。否則，對方「打不贏不代表他信服了」，謠言今天遏止後，明天可能又在別的地方跑出來。因此，李主任認為這方面很值得努力去試，把專業的東西講到別人聽得懂。

如何掌握複雜的議題？

我們向李忠正主任問到，要了解一個複雜的議題，是否有有效的方法？主任回答，其實可以做一件簡單的事情——就是當一個新的事件出現，新聞第一天出來，就開始下載、剪報，整理在一起。每天把資料放進去，「然後你去看那個脈絡，你就會知道怎麼去看議題了。」大事紀是第一個，把每天發生的事抓在一起；第二個則是把每個媒體的報導抓在一起。過了兩個禮拜回頭去看，大概就了解大家在吵什麼了。

主任說：「你大概就可以畫出一個 tree 來，事件的關聯性、事件的議題、他是怎麼處理的，哪個是真、哪個是假，然後你就可以對人事的判斷跟議題的發展，

它會怎麼發展，台灣的社會是怎麼樣，誰先打、誰會跟進，這個人一定會講什麼話，大概就知道了。」主任建議我們試試看這樣的訓練，可以提升了解議題的能力。

至於核能議題則比較大，這就比較麻煩。不過，主任說，如果有以上的習慣，就會比較知道如何去看這個議題。主任說明，重點是我們要懂得去看議題的「架構」。一個簡單的方法，就是上台電核能資訊的網站，觀察它首頁的分類架構。「你今天像我們台電做的網站，要跟人家講，我會怎麼去設計這個架構呢？一定是假想你需要知道什麼事情，他要讀者你去看這個樹，就知道這是我們議題的核心架構。」

李主任強調，做事情一定要先其綱目、後其節目。以核能議題來說，只有兩方面，一個是「安全」，另一個是「廢料」。進一步再去了解，什麼叫做「安全」，有哪幾項問題；那廢料方面大家什麼問題？知道了架構，了解議題的內容就比較簡單了。

陳東凱補充說明，對於議題長期 follow 下去，正反雙方的意見都需要看。他說，單獨看一篇論述，看不出來誰對誰錯，但是把大家的論述都擺出來看，就會知道誰說的話有問題了。因此，他們



現在到公司，也會隨時注意正、反雙方分別有什麼新的論點。

談溝通與談事實是兩回事

此外，我們也問到一些關於溝通方式的問題。我們問主任，某個人對議題發表了言論，人們是不是經常仍然會「以人廢言」，針對先前對這個人的印象，而認定他言論的優劣？主任說，在溝通的過程中，人們經常會「過濾」。假如你平時不喜歡一個人的說話方式，那很可能他穿透過來的資訊，有70%都會被你過濾掉。

主任舉個例子：「我們講個最現實的，今天一個人穿得破破爛爛、髒兮兮到餐廳吃飯，你想那個waiter 會對他什麼態度？你說他會不會有這個成見？一定有啊！」因此主任強調，談溝通與談事實，其實是兩回事。溝通的重點是要讓對方「聽得進去」，要考慮訊息、管道、接受程度，要知道對方能接受多少。

輸了辯論，就贏了觀眾？

我們又問到，在溝通的過程中，有時候有理的一方可能因為「講話太酸」，導致另一群人討厭他們，而不願聽這些道理，此時應該怎麼做？

蔡曼誠工程師回答，仍然要回到發言人的立場來看。不肯聽道理的人，

有些可能是因為真的搞錯了，但是另一些人可能是別有用心。「那如果是這種別有用心的話，可能既然知道他存的心不是這麼正確的時候，那你的語言不會這麼地平和、那麼客氣。」

李忠正主任則說，這個問題相當困難。在他的職業生涯裡面，就有一個最經典的例子。他們的團隊裡有個擅長辯論的人，在電視辯論，並且毫不留情地批判反核的人。當時，總經理把他叫過去說：「你不要這樣子嘛，你不要老是贏了辯論、輸了觀眾。」那位辯士立刻反問：「那請問一下，我輸了辯論，就贏了觀眾是不是？」

主任分析，今天問題的現狀是「有些人或許是因為對方酸你，他真的產生反感。」假如這些人是理性的人，他們雖然不喜歡這樣「很酸」的講話方式，但是透過資訊本身的檢驗，這些人還是會把事情的是非聽懂。「那你的過程就是很不舒服，可是事情的真相畢竟還是有被呈現。」

然而，假如遇到的並非理性的人，故意一直來扭曲事實，這時候要用什麼方法對付他才有效？主任說：「我真的很不幸地跟你講，就是要這麼酸的方法。」

主任指出，溝通困難的點就在於，如果一天遇到一百個人「來亂的」，那遇到第一百零一個人的時候，也不容易區分他就是那個理性的人。主任說，從他的經驗來看，「如果今天換成我們來處理的話，那就盡量保持比較平和、比較中性的方法，但是我相信你如果真的投入，有一天還是會用這麼酸的方法去反駁他。」

那如果遇到的只是少數個案，情況又完全不同。這個人可能今天才開始亂，也



台電「核能看透透」網站
<http://wapp4.taipower.com.tw/nsis/>

可能已經亂了好幾年了。主任打了比方說，這就像交朋友一樣，「如果一個亂七八糟的朋友，你從頭到尾都知道他亂七八糟，你還知道怎麼相處。可是這個人一下是好的、一下是壞的，大概永遠不敢跟他接觸。」

主任強調，最重要的還是「溝通」，最好先了解全貌，再來判斷該如何討論事情。「你贏了辯論，輸了觀眾，還是輸了辯論、會贏了觀眾？Never knows！因為你不是那個觀眾。」

機會就是留給有傻勁的人

對於我們的提問，李忠正主任不斷強調，做事一定要堅持。而要堅持下去，最重要的就是自己的「信念」。主任說，還是要花時間去讀書，先對自己所堅持的知識，有正確、完整的理解，才能產生信念。並不是上過一次課就足夠，各種東西都要去涉獵，而後信念堅定，才會持續去做。「所以這個還是要有一點點傻勁跟狂熱。」主任說，學物理的人其實可以做很多事情，而「機會就是留給有傻勁的人。」

特別感謝：

李忠正（臺電核能溝通小組主任）
袁梅玲（臺電研究員）
陳東凱（臺電核能工程師）
蔡旻誠（臺電核能工程師）





本期《時空》訪問臺電核能溝通小組：蔡旻誠
工程師（左一）、李忠正主任（左二）、本期編
輯陳乙山（左三）、本期編輯歐柏昇（右三）、
袁梅玲研究員（右二）、陳東凱工程師（右一）。

時空徵稿

談攝影

「攝影是偉大的發明，是眼 加上記憶，是日常生活加上一點不尋常，是讓每一次，都加上第一次的魔力。」

——陳綺貞《不在他方》



文 / 張文軒

來到這個數位普及的時代，「攝影（在這裡多指「靜態攝影」、即「拍照」）」已不再像以往難以親近，在高門檻的專業領域之外，幾乎人手一隻的手機都具備攝影的功能。那什麼是攝影呢？基於這些文字即將出現在物理系刊上，也許回答「把光子攜帶的資訊透過電子儲存起來」，會比較符合題意吧！

說到這，有些人腦袋可能已經浮現了「光電效應」四個字，是的，這都得感謝那位聰明絕頂的愛因斯坦（Albert Einstein）先生，以及他那獲得諾貝爾物理獎肯定的發想。（順道一提，愛因斯坦獲得諾貝爾物理獎的原因，並非他在眾人心目中最著名的「相對論」。）但是，真正有接觸傳統攝影的同好們說話了，在使用底片來拍攝的年代，哪裡扯得上「光電效應」呢？那麼「把光子攜帶的資訊透過電子儲存起來」這句話，又怎足夠用來闡述「攝影」？其實，底片感光的原理是使鹵化銀（通常是溴化銀）受光後發生氧化還原反應，這種「光化學反應」正是將光子所攜帶的資訊轉移給電子的過程。

依照這句定義，人的目視行為其實也可以稱為「攝影」，因為當光線經過水晶體而成像在視網膜上時，視神經細胞以電流來傳遞訊息給大腦並產生視覺。其實人的肉眼可說是最好的攝影機，擁有目前科技所無法達到的色深、色域以及動態範圍，要說美中不足的就是沒辦法將影像外部存取，也無法進行積分曝光了 …

如果對以上提到的解釋與名詞毫無概念，其實也沒什麼關係，這本來就不是一篇攝影教學文，攝影背後牽涉的科學也遠遠多過於所能從這裡提的，我希望以業餘愛好者的角度來談談攝影，特別是學習物理的我們也許會因為較為瞭解背後的原理而獲得成就感，也因此我們更不能遺忘喜歡上攝影的初衷。

去（2014）年12月我拜訪京都的清水寺，正值紅葉盛開的時期，晚上特別開放夜間觀拜時段讓民眾能夠進入賞楓，人山人海之中我聽見身旁有位從台灣來的孩子跟他的父母說，旅遊到這裡的目的就是為了拍下這張照片。這句話真是驚醒夢中人。原來在這個科技發達的年代，將景緻映入眼簾或是映入快門簾成了矛盾的抉擇，傳統的「不朽」正搖搖欲墜。已故的美國攝影師艾森士塔特（Alfred Eisenstaedt）曾說：「It's more important to click with people than to click the shutter.」，就說明了攝影最大的目的並不只是按下快門。

另一個故事同樣發生在去年12月，在我準備回國的當天意外來到東京皇居，恰好遇上難得的內苑開放日，想當然爾是個人山人海的場面。皇居對日本人來說是多麼神聖的地方，然而拿起相機就忘紀約束自己行為的人所在多有，儘管維持秩序的警察拿著大聲公一直喊，還是有人非要踩到草皮上拍照不可。站在一旁觀察一撮紅葉，十個人經過會有九個擠上去拍照，其中八個還擋在別人的鏡頭前，這樣不知為何而拍的照片，真的能帶給人快樂嗎？

人類是視覺的動物，正所謂「眼見為憑」；而透過攝影來探索、紀錄著這個世界，是希望能夠延伸親眼所見的感動，希望未來在分享這些故事的時候，還能夠透過影像來還原部分當下的心情與思維。這是不容遺忘的初衷。所以攝影「探索的對象是現在，是這裡；不屬於過去或未來，也不在他方。」

關於物理系， 大家想的其實是.....

文 / 陳乙山

「當你感慨於世界的詭譎，難道你不好奇他人是否也這麼想嗎？」

——胡裏，《胡言亂語》

當我們說「讀物理系可以做什麼？」、「到了大三，大家都開始在做專題？」的時候，事實是不是真的如此？大家真的都這麼想嗎？或者這只是我們經常掛在嘴上的刻板印象，但其實不然？此外，不只是學生之間，學生和老師之間亦有一些模糊不清的輿論，舉例來說，學生偶爾會批評導生制流於形式，但老師的感受又是如何？學生選課時會希望必修課可以再少一點，老師這邊又怎麼想？有哪些看法是一致的、又有哪些有所分歧？這篇專題的動機，便在於調查這些輿論是否為真？如果不是真的，大家的想法又有多少差異？透過這篇專題我們希望能點出一些事實，不只是「我感覺」，而能告訴我們「喔，原來物理系是這樣的……」，揭露出事實，不再陷入人云亦云的模糊之中。

首先，為了收集大家會有的想法，我們找了一些系上同學、老師，訪談對於系上事務（做專題的風氣、導生制、系上環境、對於未來的看法）的觀察，從中挖掘出共有和相異的見解。從這些訪談的結果，我們再製作一份問卷，調查這些想法究竟是不是物理系師生共有的想法，或者存在不為人知的差異，以下正是問卷調查的結果。

那麼，就讓我們從這裡開始吧——

未來

「課一門一門修，但是你還是不知道之後要幹嘛啊 QAQQQ」

——某位 B01 的同學

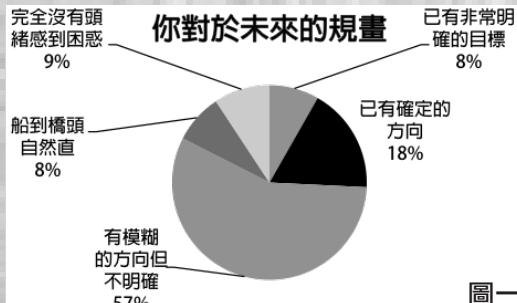
「目前就跟著老師做專題啊，然後認真修課。將來出國讀書、做做研究應該蠻開心的。」

——另一位 B00 的同學

一直以來「(讀物理系)之後要幹嘛」是同學之間歷久不衰的話題，尤其大三以上的同學更有感覺吧！到底大家對未來抱持著什麼樣的想法和感受呢？我們問了大家一些問題：

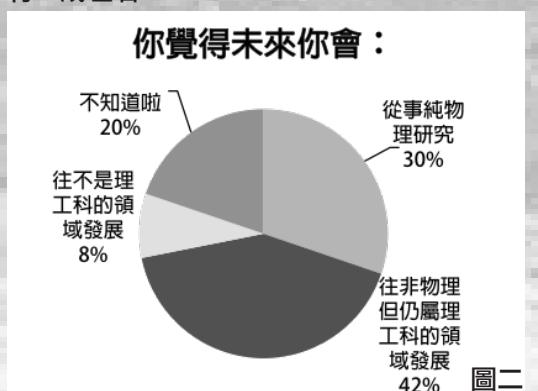
未來規畫

首先，在問題「你對於未來的規畫」(如圖一)中，我們發現有高達一半的同學對於未來「有模糊的方向，但不明確。」，僅有四分之一的同學「已有確定的方向／目標」，顯示大部分的人對於未來方向並沒有明確的答案。



圖一

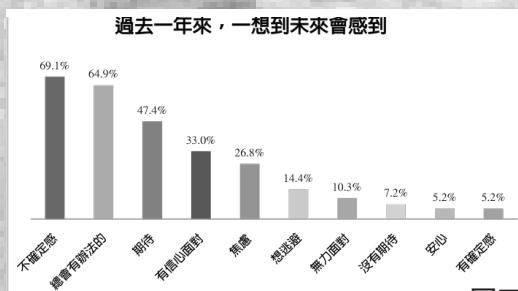
再來，大家又想要往什麼樣的方向走呢？在問題「你覺得未來你會(往什麼方向走)？」(如圖二)中，選擇「從事純物理研究」的人約佔了受訪者的三成，顯示有意願往物理研究走的同學比例佔的比例並不低，而選擇往「非物理，但仍屬理工科的領域」發展的人則佔最多，看來即使大家並不明確自己的方向，但多半仍不脫理工科的範疇，選填「往非理工科的領域發展」者則只有一成左右。



圖二

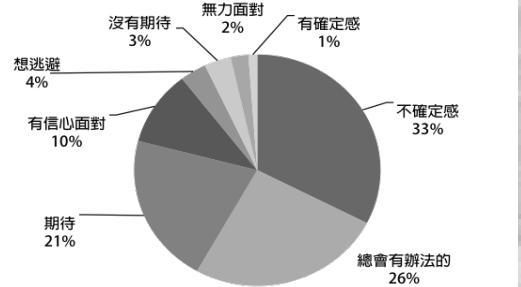
對未來的感受

那麼，大家對於未來又有什麼樣的感受呢？在問題「過去一年來，一想到未來會感到？」(如圖三)中，最多人感受到的是「不確定感」，有將近七成的同學有這樣的感覺。可見當我們對未來感到不確定的時候，大部分的同學其實都有類似的感覺。然而，接著第二、三名的感受分別是「總會有辦法的」、「期待」。或許大部分的同學都是一邊抱著不確定的感覺，一邊樂觀的面對未來吧！此外，即使我們限制大家只能選一個最主要的感覺(如圖四)，前三名依然不動(不確定感、總會有辦法的、期待)。



圖三

過去一年來，一想到未來會感到(單選)



圖四

做專題

「你就直接去敲老師辦公室的門。」——某神手大大
「每次學生來找我看起來都緊張兮兮的。我又不會把你吃掉，對不對？(笑)」——教授 K

做專題可以說是對於未來的問路石——到底自己和做物理合不合得來？系上老師多少也鼓勵學生們在大學時期做研究，而同學之間也常問到做專題的情形。這裡，我們想知道的是：到底系上同學們做專題的風氣如何呢？大家怎麼找到自己的專題？又為什麼有些同學，想要做專題，卻會躊躇不前呢？

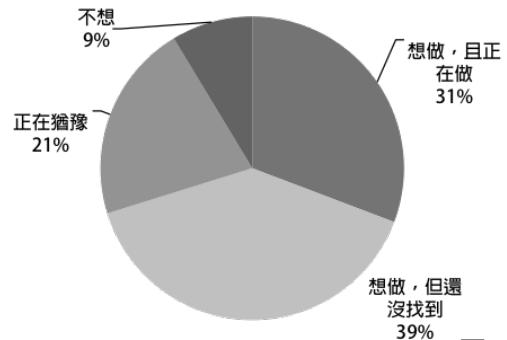
首先，在問題「你想要做專題嗎？」（見圖五）中，回答可看出大部分的人（近七成）仍然是想嘗試做專題的。然而卻有不少人還沒有找到。值得一提的是，正在做專題的同學很明顯地以三年級為分界有大幅度的增加（見圖六）。此外我們還問了一個問題

「在你這個年級後，做專題的風氣（是否興盛？」（如圖七），將選項由「非常興盛」到「咦？有人在做專題嗎？」分成五個等第。

結果發現其分佈更為懸殊——大一、大二的同學們沒有一個人回答「還算興盛」或者

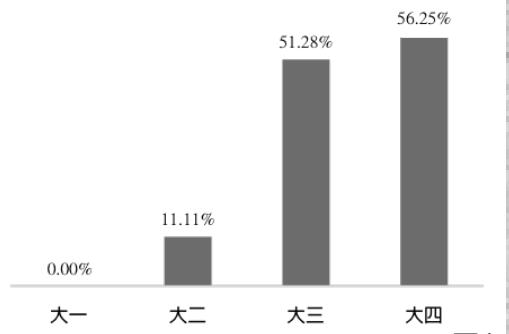
「非常興盛」，而到了大三忽然一百八十度大轉變，完全沒有半個人回答「冷冷淡淡」和「咦？有人在做專題嗎？」，反而回答「還算興盛」的人非常之多，大四則還是有少數人回答「冷冷淡淡」，但大多數人仍認為做專題的風氣算是興盛。這樣兩極化的現象非常有趣，不知道是因為到了大三大家都忽然開始認真做起專題來，或者是每一屆的風氣本身就有極大的不同。

你想要做專題嗎？



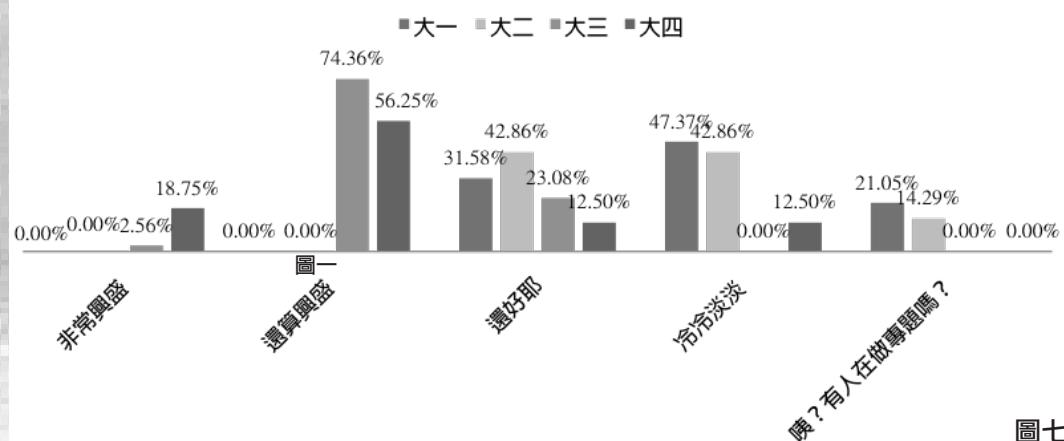
圖五

各年級做專題人數比例



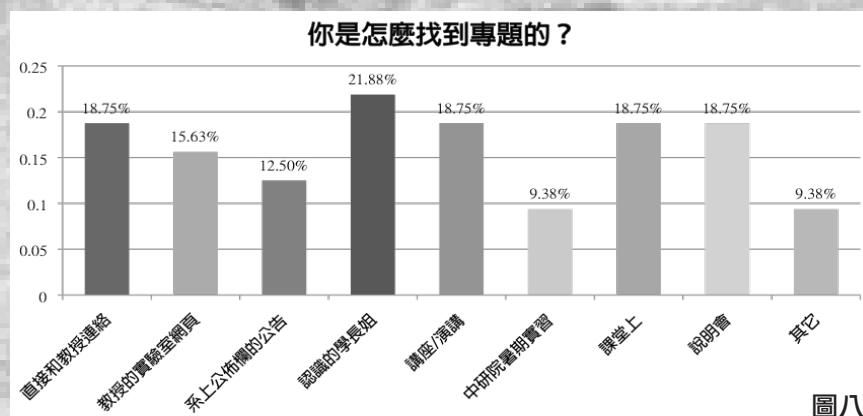
圖六

在你這個年級中，做專題的風氣



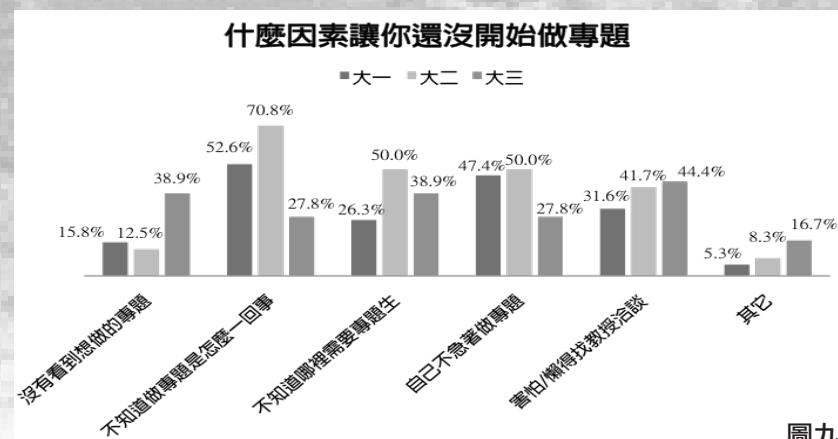
圖七

那麼，正在做專題的人（和做過專題的人）是怎麼找到他們的專題的呢？在多選題「你是怎麼找到專題的？」中（見圖八），最多的是「認識的學長姐」，其次則是「課堂上」、「說明會」、「講座／演講」、「在完全沒有資訊的狀況下和教授連絡」。總體看來找專題並沒有一個主流的管道，而是憑各人的關係、際遇和主動程度。



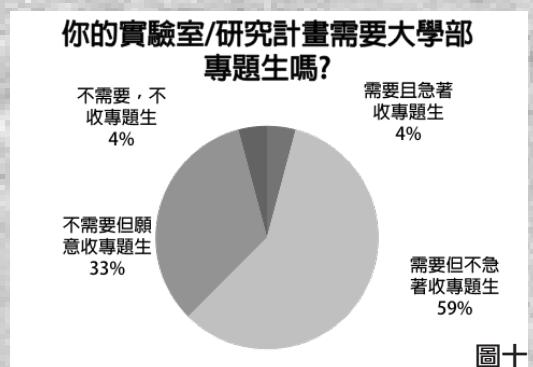
圖八

另一方面，想要做專題卻還沒找到、或者猶豫是否要做專題的人，又是什麼因素造成他們找到專題的困難呢？在多選題「是什麼因素讓你還沒開始做專題？」中（圖九），大一、大二還沒做專題的同學多半都選了「不知道做專題是怎麼一回事」這一項，可見大一大二的同學對於做專題到底在做什麼，還不是很清楚。接著較多人的回答則是「自己不急著做專題」，大三則是在「沒有找到想做的專題」這一項和大一、大二比起來有較顯著的差異。

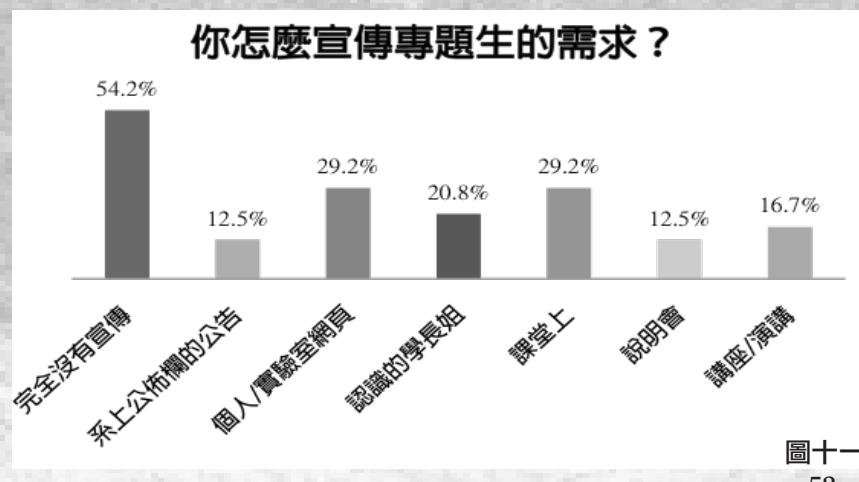


圖九

另外，我們也問了老師們一些問題，以了解專題生的實際需求和宣傳狀況。首先，我們問到「你的實驗室 / 研究計畫需要大學部專題生嗎？」(圖十)。結果回答「需要，但不急著收專題生」的老師最多，其次則是「不需要、但願意收專題生」，僅有一位老師回答不收專題生。從結果看來，極大部分的老師都是願意收專題生的。然而，老師們又是透過什麼樣的管道宣傳的呢？在問題「你怎麼宣傳專題生的需求？」中(圖十一)，我們發現回答「完全沒有宣傳」的老師竟然超過半數，即使是那些上一題回答需要專題生的老師(共十五位)，亦有六位如此回答。而有宣傳的老師，多半是透過「個人 / 實驗室網頁」、「課堂上」、「認識的學長姐」的管道來宣傳。這結果，反映一些老師期待同學們更主動和老師聯絡、了解實驗室的需求，而非仰賴老師的宣傳。但從學生的角度來說，也有相關資訊獲取困難、希望老師們可以更積極地宣傳的想法。



圖十



圖十一
- 53 -

物理？霧裡？

「那個時候 讀書的感動

考過以後 就不要誇口
看清自己 不必再作夢 準備重修

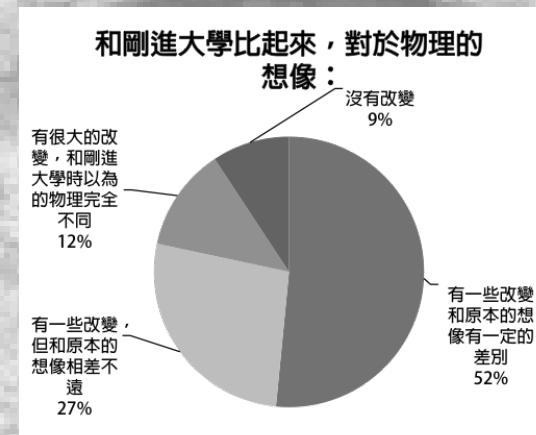
曾經光速加上運動很讓我
被相對論感動
如今電場加上磁場變光波
再沒有什麼看得懂」

——《放生》電磁學版

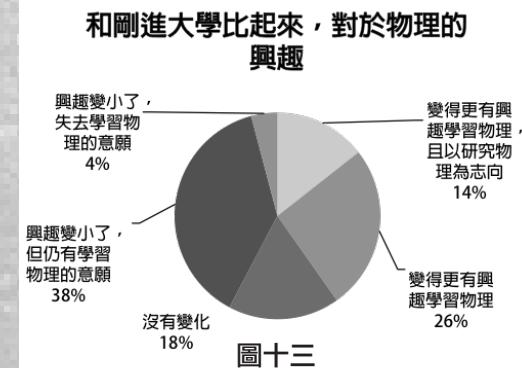
除了未來，大家很常提到的另一個話題，便是看不懂物理的痛苦了。大家之所以進來物理系，或多或少都是因為被物理的某些方面所感動，然而進來之後，「啊，原來物理學是這樣的 ...」的感慨，應該也不在少數吧！在問題「和剛進大學比起來，對於物理的想像（有什麼變化？」（圖十二）中，共有超過一半的同學回答「有一些改變，和原本的想像有一定的差別」，而一些同學更是直接回答「有很大的改變，和剛進大學時以為的物理完全不同」，總計有超過六成的同學，他們在進物理系前後對物理學的想像產生了不小的變化。

然而，大家對於物理的興趣是否因此而消退了呢？在問題「和剛進大學比起來，對於物理的興趣」中（圖十三），我們發現進了物理系後，對物理變得更有興趣的人的比例，和興趣減小的人約莫是一半一半。選擇「變得更有興趣學習物理」的人約有四成，且有 14.43% 的人表明以研究物理為志向；後者，選擇「興趣變小了」的人也佔四成，但因此而完全失去學習物理意願的人則很少。至於這樣的現象對於物理系來說究竟算是可喜抑或可憂，就留給大家去判斷吧！

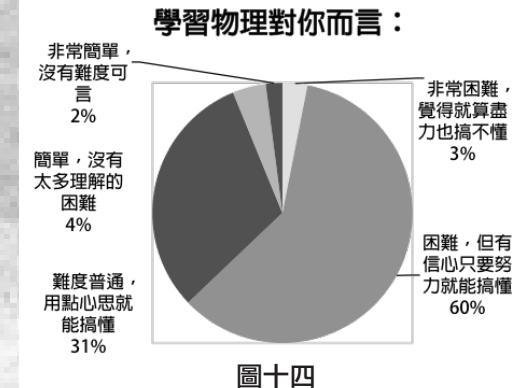
最後，大家是否覺得學習物理是一件困難的事呢？在問題「學習物理對你而言（難易度如何？」中（圖十四），有超過一半的同學回答「困難，但有信心只要努力就能搞懂」，其次則回答「難度普通，用點心思就能搞懂」。兩者合起來比例超過九成，看來即使同學們在期中期末時總是哀鴻遍野，各種「我要被當了～」「xx 大神快罩我～」的聲音不絕於耳，但其實大家心底，還是相信自己有能力讀懂物理。



圖十二



圖十三



圖十四

師與生

「來我們來投餐廳 ~」

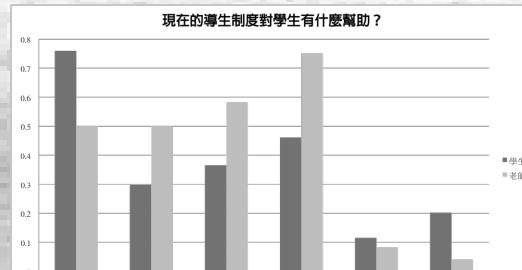
—— 101 台大物理聊天版

我們時常可聽到同學們對導生制的詬病，一學期一場飯局——然後沒了。然而雖然這麼說，大家心裡是否真的這麼想呢？而老師們又覺得導生制給了學生哪些幫助呢？

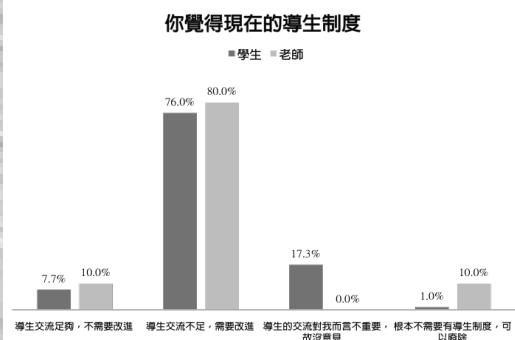
在多選題「導生制對你有什麼幫助？」中（圖十五），毫不意外的，最多人回答的是「導生宴」，而且只選導生宴，沒有選其它項的同學有兩成左右。值得注意的是，有不少人亦回答「指點人生態度」和「給予學習的建議和指導」，而回答「完全沒有」的人很少。然而，在問題「你覺得現在的導生制度（交流是否充足）？」中（圖十六），仍有四分之三的同學認為是不夠的。可見從學生的角度來說，一些人覺得導生制度真的只剩下吃飯；但亦有一些同學真的從中獲得一些學業和人生的建言。但是交流太少，故幫助依然不大。

而另一方面，老師們又怎麼想呢？用同樣的問題去問老師，在「導生制對學生有什麼幫助？」當中，最多的是「給予學習的建議和指導」，其餘各項之間沒有顯著差異，且只有選「導生宴」的老師也非常少。與學生的結果相比，可以看出絕大部分的老師都認為導生制給的不只是導生宴，但一些學生感受到的並非如此。除此之外，「你覺得現在的導生制度（交流是否充足）？」則顯示有七成的老師認為交流不足，這點和學生的看法一致。

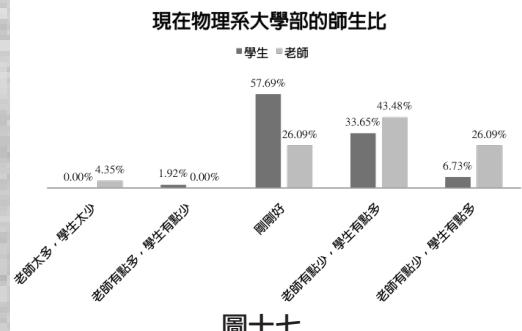
另外我們也問了大家對師生比的看法（圖十七），發現六成的同學覺得「剛剛好」，但是覺得老師有點多（或太多）的人則幾乎沒有；而老師這邊則有六成的同學覺得老師有點少（或太少）。兩者相較之下，老師比起學生更感覺到師生比的失衡。從學生的角度來說，老師太少並不會有什麼感覺，而在老師看來，系上的行政事務在學生變多的狀況下，需負責行政的老師以及系辦就會感覺比較辛苦。此外，以研究的角度來看，系上可能也缺少某些特定研究領域的老師。



圖十五



圖十六



圖十七

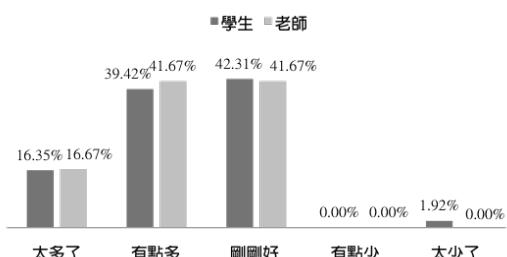
課程

「這學期你選了什麼？」

必修與選修

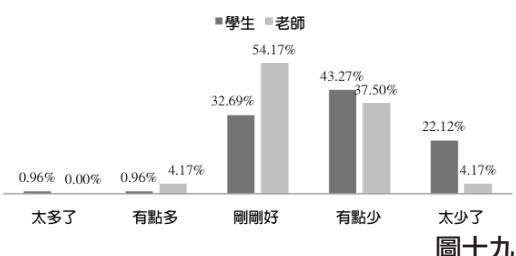
「必修太多，選修太少」在物理系偶爾會聽到這樣的輿論，為此我們分別對學生和老師問了「你覺得系上必(選)修課(是否太多/少?)」(圖十八、圖十九)。結果發現，必修課的部分老師和學生的意見分佈極為相近，認為剛好和認為過多的人大約是4:6，老師和學生的看法沒有顯著差異，認為剛好或認為過多的人都有一定比例；至於選修，我們發現到有更多學生認為選修課「有點少」，顯示學生更有選修課不足的感覺。

你覺得系上必修課：



圖十八

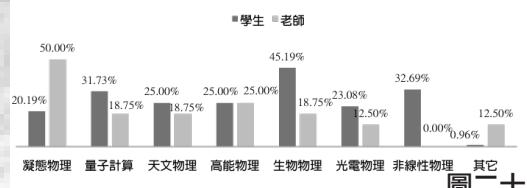
你覺得系上選修課



圖十九

至於「系上哪一些研究領域的導論課不夠深入 / 缺少該課程」(圖二十)，有一半老師選了「凝態物理」，但這可能是因為填答的老師多為凝態領域；至於學生，則以「生物物理」、「非線性物理」、「量子計算」較為突出，推測是因為系上少有這些領域的課，也不常聽到這些領域的資訊。

系上哪一些研究領域的導論課不夠深入/缺少該課程



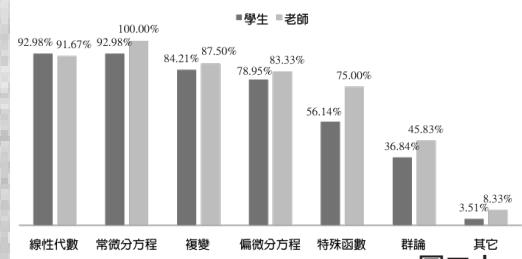
圖二十

——同學 A，同學 B，同學 CDEFG.....

應數

目前應數在B02這屆之後必修課已經減少為三門，也反映了老師和學生普遍認為應數開四門必修過多的看法。究竟大家認為應數課應該包含哪些東西呢？在問題「應用數學課程應該包含哪些內容」中(圖二十一)，可以發現師生在前四項「線性代數」、「常微分方程」、「複變」、「偏微分方程」都一致認為應該放進應數課當中，然而原先是應數四的「特殊函數」和「群論」，在「特殊函數」一項，學生比起老師明顯較少人填答；至於「群論」，無論老師或學生填答的人數都未過半，顯示應數改成三門較符合學生的看法。

應用數學課程應該包含哪些內容

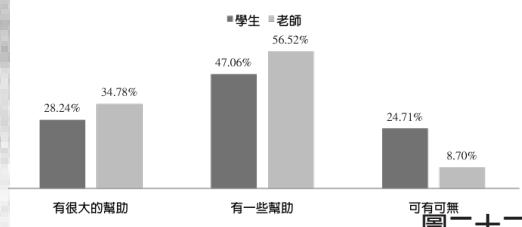


圖二十一

普物

筆者曾經聽到過不少次「普物不少東西高中都教過了」、「感覺大一沒學到什麼物理」的抱怨，大家真的都覺得現行的普物課深度不夠嗎？在問題「你覺得普物課對於物理系學生學習較深的物理課程(有多少幫助？)」中(圖二十二)，我們發現學生比起老師，其選項分佈更接近幫助較小的一端，且在「可有可無」一項上有明顯的差異；若單看學生的分佈，則認為有幫助的同學還是佔多數，但認為普物課需要更深入、銜接之後四大力學的聲音仍然不可忽視。

普物課對於物理系學生學習較深的物理課程



圖二十二

系館環境

「嗡嗡嗡嗡嗡嗡」—— R111 的蚊子們 討論空間

缺少空間一直是同學們辦活動或討論課業的苦惱。在問題「系上可以讓學生討論事情或課業的空間(是否充足)」(圖二十三)中，學生和老師都有一定比例的人認為空間不足，學生比起老師覺得空間不夠的人要多一些。進一步來說，大家又希望討論空間應該有哪些設備呢？(圖二十四)結果發現師生對於我們提供的四個選項其填答分佈十分相近，「小白板」和「空桌椅」皆高達七成，而「咖啡廳」亦有三成多的支持率，「酒吧」支持率則很小，或許大家對討論空間的想像仍然是傳統的桌椅、黑(白)板吧！

垃圾間

「丟個垃圾還要走到一樓去丟很麻煩」我們常聽見同學們如此抱怨。在問題「你是否贊同在物理系館各樓層多設垃圾間？」(圖二十五)中，學生和老師的態度有不小差別，學生贊同多設垃圾間的人數過半；而老師們則多半不贊同多設垃圾間。從學生的角度來說，若能在各樓層多設垃圾間當然會很方便；但從另一個角度想，有些同學有在垃圾間亂丟垃圾、不分類的習慣，管理上會有些麻煩；且老師們多半已習慣沒有垃圾間，垃圾多半都由實驗室集中處理。推測因此才呈現出和學生截然不同的意見。

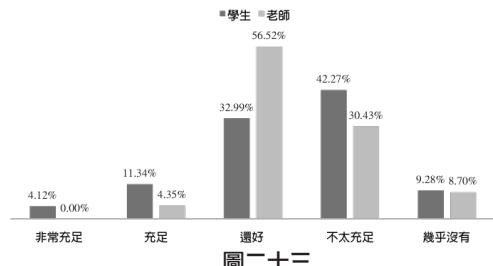
教室環境

首先我們問到「對於系館教室的空間，你覺得(滿意 / 不滿?)」(圖二十六)，學生和老師對於教室環境的滿意度大多都在「感覺還好」之上，感到不滿的學生(約佔兩成)比老師多一些。

再往下探問「請你說說系館教室空間可以保持 / 改進的優點 / 缺點」，常見如下抱怨：「教室蚊子太多」、「環境髒亂」、「102 和垃圾間附近好臭」、「椅子太硬」、「(希望有)更多的學生討論空間，且是完全屬於學生而不會臨時被教授借去的教室」

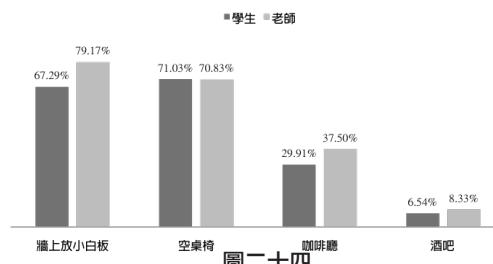
系館的環境仍有許多需改進處，一方面整潔應是我們可自行維持的；而在教室的使用權上則需要努力和系上爭取。

系上可以讓學生討論事情或課業的空間：



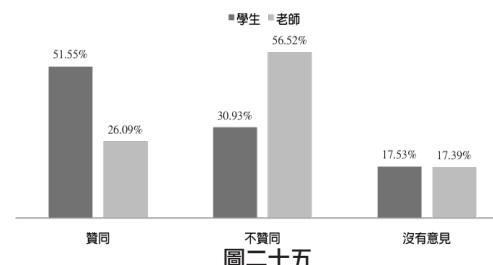
圖二十三

系上討論空間需要有哪些設備



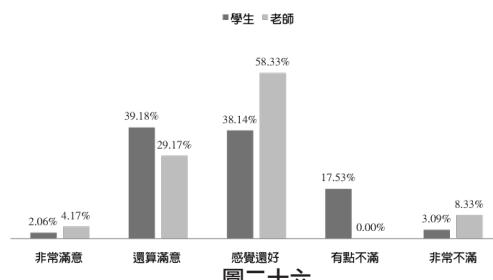
圖二十四

你是否贊同在系館各樓層多設垃圾間？



圖二十五

對於系館教室的空間，你覺得



圖二十六

結語

希望以上結果能帶來一些不同以往的感受，發現所謂「輿論」並不全是真的、同學和老師的想法未必對立。希望這篇專題能讓大家了解彼此的異同、去思考這些差異的存在，進一步讓系上變得更好。感謝接受訪談、填答調查問卷的同學、老師，除了問卷結果，筆者也得到不少回饋。也謝謝一同製作系刊的伙伴們。

前言

對於學習科學的我們，課本上的歷史部分似是陳舊過時的資訊，時常也就以「某某人在某某年發現了某某東西」或者「某某人犯了什麼錯而與諾貝爾獎擦身而過」等等帶過，沒有仔細思考的是我們現在認為的當代也會成為將來人的歷史，而我們的所作所為若是有什麼值得紀錄的部分必定會見諸後世的教材與史料，如此一來，當然希望他人對於我們在科學上的掙扎、欣喜、挫折、狂熱種種心情更躍然與紙上，始能稍稍拯救無數個日夜徘徊於實驗室走廊的孤獨靈魂。

更甚者，甘願屈居於日夜掙扎與挫折下，半受迫式廢寢忘食地操弄儀器或者揮灑算式，大多數人必然是希望自己努力的方向終將通往未知的重要發現，不去談論獲獎或為國爭光等等，僅僅是說服自己經年累月過著說不定不如囚犯的生活沒有白活。有系上教授說過，一個領域有其發展的各個階段，最初的研究者往往是在開創新的道路，豐碩成果琳琅滿目；而後來的人相比就需要花費較大的力氣去熟悉已經被建立的知識體系，試圖在上一輩留下來的未解難題中找到自己的居所。話不能說死，世事總有未料，然而相互打聽、處處比較哪個領域較有展望在科學界亦所見不鮮。

十九世紀正是古典物理發展的一個高峰，包含馬克士威電磁學的出現、數學分析的完善、Lagrangian 與 Hamiltonian 力學體系的建構等等。有了基本的磚塊與足夠好的數學，我們看似可以逐步了解整個世界了——「未來物理學家的工作就是再多量幾位小數點」。當然，我們知道原子理論與熱輻射未能被解決為物理學家帶來全新的課題，使得我們現在有量子物理以及一切拜其所賜的科技生活。

時間又過了一百年——不巧的是初學物理的人對這一百年內物理的進展可能並不熟悉——你坐在台大物理系的教室裡，老師口中、課本印著的話語和方程式似乎已成定局，你的工作也只是在交上去的作業裡寫對那幾個該死的符號與小數點後的數字。你翻閱手上的系刊，思考著要不要跳過這篇充滿中文字又毫無重點的文章。或許你已對先前的段落有所共

物理史

概念與變革

文 / 黃子禎

鳴，也可能有所批評：「誰徘徊於實驗室走廊了？這傢伙一定是出於整天做實驗做計算的苦悶，百無聊賴下自願投稿了一篇胡言亂語，結果還真的印出來。」「我整天算量物習題還要練球還要去社團忙得半死，哪有空關心什麼物理史？」

那麼，你為什麼念物理，你知道嗎？

或許你不做物理，那我也十分樂意與你聊聊有關文學，有關音樂，有關運動，有關創業，有關系上八卦，然而這樣一來這篇文章就會被系刊的編輯們給神隱掉了。

或許你還沒決定，反正也才大一大二，只是剛好分數到了或者一瞬興起或者看了有關霍金的電影才來

或許

或許你自覺對物理擁有成為物理學家門檻的熱愛（天知道是高還是低），卻又猶豫在每一次敲教授的門前，困惑於每一堂應付過的課上，心想：物理系就是這樣嗎？更糟糕地：物理就是這樣嗎？



序曲

讀者或許會認為，自數千年前兩河文明萌芽時蘇美人以泥板記載曆法與氾濫開始，科學之路就穩定地、累積性地、持續進步地發展至今，其中種種諸如印刷術發明、地心說的推翻、鍊金術的興衰等等都是恰好被我們拿來作為科學史教材的一個小環節，並無特殊之處。實則科學進展如同人類其他任何一方面的歷史，有空間上的延展與各種交互作用，有大躍進也有大衰退，有社會制度與政經情勢的影響參雜，更充滿著人性的左右。譬如，讀者或許知道中世紀的歐洲宗教同時身負著傳遞知識與控制思想的角色，而在面臨異物（如：地動說）的衝擊時便可能打壓相關的科學進展。



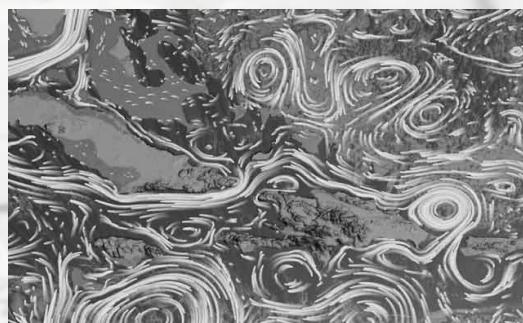
Bruno 受火刑



Galilei 的審判

事實上，世界各地的古老文明都有發展出相當高度的知識與技術可供應用在人類的實際需求，然而由於近代乃至現今的物理學發展主要從西方體系，這就興起了一個可能的疑問：為什麼是西方？這樣的問題在歷史上被稱之為李約瑟（Joseph Needham）問題：中國的科技進步為何在近代落後了？然而，本文不會去討論這個問題，有興趣的讀者可參考 [13]，其中提及科學作為一種思想與科技有根本性差異的論點，進而否定了問題的存在。

西方對物理的探求實起源於古老希臘的自然哲學：亦即，世界是什麼？我們是什麼？為什麼有自然現象？在這之前，當然也有許多實用技術包含的物理概念存在，然而這是第一次人類問出現代科學範疇內的問題。希臘文化的多元與好辯論的個性並不滿足於單一的答案，不同學者各自對於基本物質與交互作用有著不同的想法，如水之於 Thales，火之於 Heraclitus，沃土之於 Xenophanes 等等。隨後，哲學家們進而把各家學說融匯成四元素說，用以解釋地上的一切現象。另一方面，Democritus 將其師 Leucippus 的原子說發揚光大，緩除了 Parmenides 對元素說與變化的責難：「一切變化不過是一種幻覺。」^[3]



世界是瞬息萬變抑或永恆不變？

近代科學襁褓之時



九到十三世紀千餘年前，歐洲曾活在晦暗中：光榮的古羅馬與古希臘已經化為廢墟，世人所等待的只是末日的審判，好人得以上天堂。與此同時，希臘的經典東傳，阿拉伯除了在讀者們或許熟悉的光學與數學知識上有重大進展以外，另一個很重要的貢獻便是「智慧宮」（Bayt al-Hikma）的建設。在這個機構裡，大批的學者與專家被集合起來，專事收集、整理與翻譯古希臘典籍的工作。

直到烏雲逐漸綻出了曙光，經典又再度從阿拉伯文譯成拉丁文，許多重要典籍才再一次為歐洲人所發現，其中大宗莫過於亞里斯多德。這個階段的科學並非我們如今認知的充滿量化的學問，而是更適合被稱作「自然哲學」的一門探求：

如果一種研究的對象具有本原、原因或元素，只有認識了這些本原、原因和元素，才是知道了或者說瞭解了這門科學，因為我們只有在認識了他的本因、本原直至元素時，我們才認為是了解了這一事物了。那麼，顯然，在對自然的研究中首要的課題也必須是試確定其本原。

很像繞口令或者邪教嗎？對於學科學的人來說，要鄙視這樣的言論似乎太過簡單：這樣的說法等於什麼都沒說，也不能預測、解釋任何現象。然而在天地洪荒曠昧未明的年代，人們不能依賴許多的器物文明，只有透過理性的思考，才能夠超越生命的平凡性。這大抵也是為什麼古代思想家們大多認為智慧越抽象就越偉大，越能帶人們遠離世俗的污濁，並且朝向永恆的神性。上面引的文字是節錄自 Aristotle 的物理學，我們現今的 Physics 這個字也是從那個年代來的：Φυσική。這門學問並不完全等同於現在的物理學，卻是其濫觴：人類將大自然視為大自然，並系統性地去研究。看看目錄就會發現裡面包含了許多至今仍然十分重要的核心概念：運動、無限、空間、虛空、時間等等。

了解了古代的科學之後，十多世紀的人們是如何從剛吸收的亞氏哲學迅速演變到較接近現代的文藝復興後、或許冒其名稱之為科學革命（實為一段不存在的歷史^[17]）的時期？這就牽涉到了伽利略物理學方法的革命以及其後分析學的發展。有興趣的讀者可以參考^[10]。

另一段歷史

誕生自啟蒙後的歐洲對神秘學的愛好，秘術（Occult）的崛起使得十七世紀的許多論文出現了許多關於自然魔法（Natural Magic）的討論；這些討論包括物質、型態、原理、真空、場所、世界、元素論、諸因、主動與被動、時間、運動、色彩、冷熱、靈魂、潮汐、情感等等（如果你覺得許多項目似曾相識，是的，這又是亞氏的文化遺產），看起來紛雜而無所不包。就其字面意義來說，秘術代表著被隱藏起來的知識，在現代語言則多指超常現象（與科學原理及常識抵觸且無法被一再確認的事件）。時至今日，有些秘術被人們發展並抽離出許多物理原理，然而更多的是那些容易被有心人士加工成科學包裝的偽科學或邪教的成分。

秘術流傳給後世最為人所知的便是鍊金術以及其與各種巫術、法術的融合。在這些鍊金術研究者中，牛頓與萊布尼茲這兩大數學巨擘也榜上有名，而牛頓最重要的重力理論構想則反而因超距力的本質被當作是將秘術引進了自然科學中。拿到當代來說，或許就像是把量子糾纏說成是心電感應之類的吧。秘術研究者認為自己在研究的是「事物的內在本質」（the inner nature of things），而 Schopenhauer 則將這樣的內在本質稱做是意志（Will），並且藉此宣告了以數學與科學手段去探究事物本質的不可行性。

當然，活在現代的我們會認為這些探究是不科學的，卻鮮少注意到這樣的學說在當代可能是主流的、極其重要的，而非只是一個時代的人同時糊塗了腦袋而已。科學原理，追根究底，並非是研究事物的一種必要條件，反而是眾多可能性中的一種。這種研究進路要求我們以實驗佐證理論，並且不憑空引入超自然的作用，而是以基本原理與數學推演來描述世界。這樣的想法在當時即使存在也為必被世人所公認。事實上各式各樣的人們都在從事著正當的研究行為，儘管只有少數人以我們現在的眼光來說能被稱做是科學研究者。在現代，也有著許多不能被稱之為科學的聲音，這些思想在科學界通常不會被討論，但如果是非科學的場合，有何不可呢？或許，我們去壓抑這些聲音的原因是因為當代已經普遍性地承認了科學的正統地位了吧。

值得思考的問題是：為什麼我們就這麼附著於科學原理呢？科學有其有效性，然而一代代的科學哲學家諸如 Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend 都無法為科學的進展找到一個最終的理論，我們常識裡的醫學、生物學、化學、物理學如何不是一齣巨大的現代神話？這樣的神話是否會破滅？我們並不站在能夠回答這個問題的時空點上，只能夠忠於我們的選擇，時而回顧歷史也成為歷史。



超距作用是超自然嗎？

思想形於無形

白特菲 (H. Butterfield, 1900 - 1970) 曾指出，我們最困難的心靈工作是把習見習聞而且已作安排的基本材料重新加以編排，從不同的層面或角度加以觀察；而且，從事這類工作時，不受流行和有勢力的觀念之滲透和支配。換句話說，發現鐵絲網易，發現思想網難；衝破鐵絲網易，衝破思想網難。[4]

學習一個理論，事實上是在腦中形成一份自己的心智地圖。跟隨方程式的推導與背誦理論的結果並不能帶來知識的內化，只有將自己的思想（抽象地）形塑到一個吻合該理論的樣貌才能夠驚覺自己已全盤了解。為了具體一些，我們試著回顧物理系的課程：

對大一與大二的同學而言，截至目前為止大家所學多為我們所謂古典物理，雖然亦有其困難繁瑣或者精妙之處，其概念上的理解與接受並不會與高中之前所學相左太多：力學中我們一樣處理空間中的運動粒子，只是多加入了位相空間的概念，並且操弄變分法的數學以得到和牛頓力學相符的答案；電磁學中我們詳細介紹了電磁波滿足的方程，並且在每一個邊界條件下解出時空中每一點的電磁場大小。那麼，既然運動學、電磁學、引力論我們都精確地了解了，是否就能夠計算出宇宙的演化來？

答案是，即使是古典系統，我們也幾乎不可能做得到——許多粒子的交互作用超乎我們想像的複雜，我們終究只能做一些理想化的近似：單一質點、剛體、真空等等。為了處理現實世界真的會遇到的大量粒子系統，我們創造了熱力學。這是一門十分倚賴經驗歸納的學問，並且從一開始就具有複雜的天性，畢竟你無法拿一個質點或者點電荷去研究他的熱力學性質（例如：溫度），不是嗎？

也因此，我們時常在學習熱力學的過程中面臨第一個概念上的轉變危機：突然冒出的許多各不相同的能量，還沒來得及搞清楚前就又被迫要去推導（或更糟糕，硬背）他們之間的轉換關係，寫了滿紙連自己都不知道來龍去脈的答案卷，湊出了及格的分數。事實上，這些物理量大多是在十七~十八世紀研究引擎與其他器械時被發展出來，紛紛雜雜地多不可數，直到熱力學被逐漸完成後才有了彼此間的轉換關係。

對於正在學習量子論的同學呢？首先，一個粒子由波函數給出，而可觀測量則改由算符代替。這樣的幾條公設便埋下數不清的困惑：粒子不是在一個點嗎？波函數卻又為何遍佈整個時空？我們又為什麼要把算符作用在波函數上？為什麼定義特徵值為物理量？自由粒子竟然是發散的平面波，這理論還有救嗎？除此之外，更重要的：為什麼我們有量子力學？

當然，最後一個問題的答案在每本教科書（甚至可以是普通物理的！）裡都找得到：黑體輻射啦，原子模型啦等等。喔，可是，這跟算符和波函數又有什麼關係呢？我們怎麼不試著去改善電磁學呢？原先實數跟函數建立的物理學好好的不繼續用，怎麼冒出來複數跟算符了呢？這一切的衝突與困惑事實上都可以視作是一個人的成見在另一個知識體系中的不匹配（incompatibility）：你的概念在人家的理論中沒有，人家的理論也不能用你已有的概念去了解。

許多人學習不同程式語言面臨的一個難以突破的障礙也在於此：學習變量、表示的語法很簡單，再之後語言本身似乎也沒什麼好學了，卻仍難以寫出實用上需要的程式，因為你並沒有以那個語言的本質去思考事物。與其說是一種媒介，語言本身更像是思想與溝通的材料。

也就是說，這樣的學習困難是必然的囉？其實應該也不盡然，如果我們能好好地去檢視這樣的理論與思想所走過的歷史痕跡的話。比方說我們知道量子理論的重要性在於只從一個人能觀測到的實驗數據去形成一個理論，而非假設我們並不知道、甚至可能不存在的事物。由這樣的觀點來看，粒子的位置、速度、軌跡等等許多的物理量在不同的情境下可能就不再重要。我們失去了古典力學以來一貫思考問題的方式，卻也獲得了量子力學帶給我們的自由。而這些概念的轉變與突破從何而來呢？從人們對原子光譜線的研究上可見一斑。

當時，因為各種觀測技術的進步，新的原子光譜不斷被發現，為了能夠解釋這些光譜，原子理論因應而生。這時候還未有成熟的量子論，但是解決問題的方法很實際：有光譜代表系統有能階，那麼我們就把能階當作最基本的量去建構理論，這樣就能得到最初的量子論了。

量子小劇場

Heisenberg: 我被他嚇壞了。當我第一次在研究所工作，我被他們全部嚇壞了——他們全都是如此優秀，如此傑出。但當然只有 Kramer 是你的繼承人了，我們其他人都只能在大學習室做研究，而他卻在你辦公室旁擁有自己的辦公室，像一顆內層電子圍著核繞。他卻並不贊同我的理論——他甚至要人用古典力學講一遍！

Bohr: 嗯，他錯了。

Heisenberg: 所以很快地那間辦公室就空了。

Bohr: 所以很快地就又有另一顆電子跑進來了。

Heisenberg: 是啊，我們就這樣在核心待了三年。

Bohr: 然後其他的外層電子在整個歐洲繞圈。

Heisenberg: 主要是德國

Bohr: 但 Schroedinger 在 Zurich，Fermi 在 Rome

Heisenberg: Chadwick 和 Dirac 則在英國。

Bohr: Joliot 和 de Broglie 在巴黎。

Heisenberg: Gamow 和 Landers 在俄國。

Bohr: 每個人都進進出出彼此的系所。

Heisenberg: 論文和草稿進進出出每一輛郵車。

Bohr: 你記得 Goudsmit 和 Uhlenbeck 的自旋嗎？

Heisenberg: 原子裡的最後一片拼圖，卻沒人能懂

Bohr: 這兩個瘋狂的荷蘭人竟然設法讓電子有不同的轉動。

Heisenberg: 當然，大家最想知道的是，Copenhagen 站哪邊？

Bohr: 事情發生的時候我正要去 Leiden

Heisenberg: 就變成教皇巡禮了，火車停在了 Hamburg

Bohr: Pauli 和 Stern 就在月台等著問我對自旋的想法。

Heisenberg: 你告訴他們那是錯的 ... ?

Bohr: 我說那是非常 ——

Heisenberg: 有趣的？

Bohr: 正是如此。

Heisenberg: 後來你就到了 Leiden。

Bohr: 我遇到了 Einstein 和 Ehrenfest。然後我就改變想法了——若說我是教宗那 Einstein 就是上帝了——他的相對論分析甚至解決了我所有的疑惑。

Heisenberg: 那時我在 Göttingen 等著 Born，所以你就繞了條路回家。

Bohr: 然後你和 Jordan 就在車站遇見了我。

Heisenberg: 同樣的問題：你覺得自旋如何？

Bohr: 當車停在 Berlin 時，Pauli 又出現在月台。

Heisenberg: Wolfgang Pauli，可以的話絕不早起的人 ...

Bohr: 也是我在 Hamburg 旅遊時遇到的同一個人。

Heisenberg: 所以他從 Hamburg 到 Berlin 來只為了見你第二次！？

Bohr: 這就是我如何發展出我的自旋理論。

Heisenberg: 噢，那些年！那美好的日子！那短暫的時光！

Bohr: 從 1924 到 1927。

卻顧所來徑：參考文獻

1. 楊信男，物理奇才奇事

2. Andrew Ede, Lesley B. Cormack. A History of Science in Society

3. Andrew G. van Melsen. From Atomos to Atom: the History of the Concept Atom

4. 殷海光，《思想與方法》

5. 99.9% 都是假設

6. 理論與真理：基礎科學中的哲學批判

7. Colodny, From Quarks to Quasars

8. Hempel, Philosophy of Natural Science

9. Einstein, The Evolution of Physics

10. 科學史十五講

11. Heisenberg, Physics and Philosophy

12. Lynn Thorndike, History of Magic and Experimental Science

13. 繼承與叛逆：現代科學為何出現於西方

14. 西方文化中的數學

15. Jenkins, Rethinking History

16. Jenkins, Refiguring History

17. 科學革命：一段不存在的歷史

18. Gatti, Giordano Bruno and Renaissance Science

19. Popkin, The History of Scepticism

20. Grant, The Foundations of Modern Science in the Middle Ages

21. Michael Frayn, Copenhagen

梗二十

文 / 茲珊瑚

——古有孔子選詩三百，今有茲珊瑚挑梗二十。

其一

野人獻曝裡面的野人一定是個壞人。
為什麼呢，
因為如果他是好人的話，他就是好野人，
就不會窮到去獻曝啦。

其二

據說看守所的燒臘主菜都是叉燒或燒肉。
那裡有很多人被判雞鴨禁見。

其三

在微方課本中，PDE(Partial Differential Equation) 的下一章是
.....PDF。

其四

物理之夜，有噓聲也有歡呼聲，
請大家跟著唸：「嗚 ~~~~ 耶！」

其五

妙蛙種子往西邊看。簡稱，
希望的種子。

其六

成為聖人的第一步，就是先成為很煩人的人。
當你慢慢從有點煩，達到超煩的境界時，
就會超煩，
入聖。

其七

上廁所時習慣帶本書來讀
... 不獨廁的話，難道要兩個人一起上廁所嗎 (喂

其八

1234567890，蟑螂最喜歡數字零了。
蟑愛零。

其九

嫌犯在看守所裡洗熱水澡。
變成了，
一碗鹹粥。

其十

在餐廳點完飯換下一個人，
就叫作，
點飯轉移。
所以買飯的英文是 Paradigm 。

其十一

(卡通或連續劇裡的) 警察最不會拉贊了，
他們常常追著壞人，說：
「你給我贊助！」 「贊助～不要跑～」
然後每次都被甩掉。

其十三

放了很久很久一千年那麼久放到爛掉的辛拉麵，
就叫作，
辜拉麵。

其十五

沒有家庭是沒有家暴的。
暴力經常發生在你我的日常。

有誰家裡從來不打嫂的嗎？

其十二

(電子學一散步後有感)
找鳥巢，其實不用這麼辛苦地
一直抬頭看樹頂，
沿海岸線走就行了。

海水會長巢。

其十四

CP9，不只是世界政府的諜報人員。
他們對環保也很重視。
你問怎麼知道的？
他們出去外面吃飯的時候，都不會用免洗筷。

他們都會用鐵筷。

其十七

寫一篇訃聞很簡單。
只要把正文寫好，

加個負號就行了。

其十八

偶爾讀到書上寫到「散兵游勇」這四個字
的時候都會想
傘兵為什麼要會游泳呢

其十六

為什麼程式寫不出來的時候，人們會抓頭
髮，然後就想出來了呢？
因為他們正在摳頂啊。

其二十

太監，俗稱，
公公。

年紀很大的太監，俗稱，
老公公。

很幸運地沒有被完全閹掉 年紀又很大的太
監，俗稱，
聖誕老公公。

其十九

當碰到傷心的事、很想很想哭的時候
，就吃飯吧！
開飯的時候我們會
Don't(四聲) cry(四聲)，
不再流淚。

台大物理系刊

時空

SPACETIME

國立臺灣大學物理學系
系學生會

《時空》第三十四期
民國一〇四年七月

總編 Bo1 歐柏昇
李宛儒

編輯 Boo 徐啟峻
Bo1 陳乙山
黃子禎
蘇冠禎
翁廷璋
林琪蓁
Bo2 王淳儀

封面設計 Bo3 沈郁軒

2015 台大物理系學生會 All rights reserved.
本刊物不作為任何形式之營利。
本刊物中所有引用圖片之版權均為原作者所有。
部份取自網路之圖片可能未經原作者授權，
如有侵犯權益，請來信告知，謹此致歉。