

成令方、傅大為、林宜平合編，2008，《醫療與社會共舞》。台北：群學。
 郭文華、陳恆安、林宜平合編，2009，《科技渴望參與》（台灣在地STS短打系列）。台北：群學。
 拉圖（B. Latour），《我們從未現代過》（*We Have Never Been Modern*）。林文源、余曉嵐等合譯
 與校定。台北：群學（預定出版）。

第一章 回答「科學是什麼？」的三個答案：哲學、歷史與社會

這個演講，我希望從最近這一兩個月來（二〇〇三年七月），剛剛在台灣社會上碰到的一個蠻嚴重的，同時是社會問題也是醫學問題談起（註一）。我想大家的印象特別深刻，我自己的印象也很深刻。我在台灣這麼多年還沒有碰到這麼嚴重的疫情。我只記得我在非常小的時候，台灣曾經有過霍亂，還蠻嚴重的，我們在吃飯之前都要用漂白水洗手，那個時候科技比較簡單，大家買一些漂白粉或沙拉脫，不像後來我們在SARS期間噴在手上的消毒水。

我這一兩年在高雄醫學大學的性別研究所教書。因為我原職在清華，但是我借調到高雄，在座有些同學可能從高雄來，可能也聽說高雄這幾年夏天有登革熱，也都蠻嚴重的，但是其實還好，因為高雄的登革熱，比較集中在某些特別的地區，所以那個感覺不像這次SARS那麼嚴重。特別是

到整個疫情的後期，本來以為南部SARS不會來，SARS只是北部的事情。因為我在清華還有一門課，所以我大概每個星期都要往返於高雄與新竹之間，後來南部人家都對我有一點警戒，因為我是常常往北部跑的人，他們覺得南部比較安全，而從北部來的人有點危險。可是到了最後，從高雄的長庚到高雄醫學大學附設中和紀念醫院也都爆發了院內感染，所以印象相當深刻。

1、從SARS與DNA談起

我今天來跟大家講的程序，大致是這樣的。我先從「醫學和社會的關係是什麼？」這樣一個問題談起，然後再慢慢的導入「科學是什麼？」這樣的一個大問題。大家記得在前幾年，比較注意「科學新知」的同學，應該會看到報紙說，人類的基因圖譜已經全部定序出來，例如陽明大學及相關的學校，也曾經參與一項基因圖譜中間一小段基因的定序。這是由台灣的科學家和投入大量資金

的電腦所定序出來的。報紙上的科技記者都非常高興且熱衷地說，人性的秘密、人類的秘密，終於馬上就可以解開了，為什麼呢？因為他們認為，DNA是一切人性最終的秘密，有點像是你寫一個電腦程式，而這個電腦程式可以做很多的事情，像是輸入(input)、輸出(output)，但是最終的秘密是程式的程式碼(coding)，而基因定序出來之後，就好像我們真的能夠看到，人性或人類所有的行為及所有的歷史，它的基因碼、它的程式到底是寫些什麼，我們在那邊可以看的出來。

一開始，有人一直在鼓吹這個基因科學有多好，能夠幫我們解決多大的問題。但另外也有一些科學家認為這是過度樂觀，人類像胺基酸這類東西的定序結果，事實上只是一個非常初步的東西，距離我們真正瞭解人類的DNA到底是什麼，還很遙遠，起碼要幾百年以後，才有可能知道這個DNA裡面究竟在寫些什麼。所以我聽陽明大學研究生生物醫學的周成功教授，做了一個比喻：假如DNA裡面所寫的可以當作是一本莎士比亞的劇本，那我們現在DNA的解碼所能達到的是什麼

呢？我們現在所能達到的是這本劇本是用什麼字母寫的。因為你們知道英文有二十六個字母，但人類DNA基本上字母沒有那麼多，就是那幾個字母，然後有各式各樣的方法次序在排列，我們現在所知道的就是字母是怎樣排出來的。但是知道字母是怎麼地排列之餘，我們還要再看說，因為真正有意義的單位是一個「字」，而不是字母，因為光是字母沒有用，經由不同的排列組合之後形成一個字，一個字才有意義。比如說WATER, W-A-T-E-R, 我們知道五個字母w、a、t、e、r，如果我們隨便組合，我們不知道那會是什麼，可是如果我們把它排成有次序：WATER，而你手邊剛好有一本字典，WATER，就是水這個東西，我們才知道這個字的意思。有這個單字的意義還不夠，我們知道單字要能形成一個句子，比如說“Water is transparent.”（水是透明的），才有更具體的意義。有了句子還不夠，還要有很多很多的句子形成故事，講了故事之後，才形成了周教授所謂的莎士比亞的劇本。

而我們現在人類對DNA的定序所得出來的結果是什麼呢？我們現在只知道這些字母是怎麼排列的，但是現在還沒有一本字典告訴我們WATER是水。有了單字之後，還要有文法，你才能知道一個句子的意思是什麼。然後有了很多句子之後，這個時候開始有了文學，句子怎麼樣排，它的感受、它的意義是什麼。有了文學之後，我們才知道整個段落的意義是什麼。所以他的結論是說，我們想真正瞭解人類DNA所包含的兩萬到三萬個基因，還遙遠得不得了。特別因為當時他們非常驚訝為什麼人類基因總數這麼少，人類被認為是最高等的生物，理論上基因應該很多才對，但事實上並不多，它跟一些基本生物的基因數目並沒有差太多，所以我們現在得到的定序只是達到這樣的階段而已，連一個字典都還沒有，更不要說其他的東西了。因此我們現在這樣的社會，一方面，有很多人覺得科學可以解決所有的問題、所有的事情，美麗的新世界就在明天、快要來了；可是另外一方面，如果再去仔細看一看、聽一聽其他人的討論，比較保留的說法指出，科學不是只作宣傳而

已，應該也要去瞭解實際上我們的科學到底做了什麼東西、到了什麼程度，若能瞭解這些，就會覺得這兩種說法中間的差異很大。

現在再回到我給大家的那個基本題目（請參見註一）。SARS剛從中國廣東到香港，剛剛傳開之後，很快地台灣也慢慢開始有了病例，但那時大家都並不覺得嚴重。在當時，好幾個地方包括新加坡、香港和一些其他的地方，透過「基因定序」的技術，馬上就把SARS的這個冠狀病毒的基因給定序出來了，因為那是一個很小的病毒，比起人類的基因圖譜，它的DNA要小多了，要定序的話可以很快。那個時候我們是怎麼感覺這件事情的呢？我們可能會感覺到，既然已經定序出來，冠狀病毒應該就不是問題了，因為它的程式碼都已經被我們看到。但是後來台灣的疫情逐漸加重，一定有人會問說，不是基因都已經定序出來了嗎？為什麼我們還沒有辦法來應付？譬如說有一個疫苗，我們每個人注射一針，那麼大家都不怕了。何必千方百計地到處找口罩、到處想辦法控制疫

情。後來人家才告訴我們說，基因定序出來所製造的疫苗，最快起碼要五年後才會有，這樣子的話，這五年之間，還要有多少人喪生？還會發生多少事？所以後來基因定序這個說法就慢慢比較沒有人提了，因為提了也是白提。即使是美國，也認為透過冠狀病毒的基因來製造出疫苗，大概也要花五年的時間，這中間還包括複雜的檢驗流程。

你要每個人都注射，這是很嚴重的事，因為假如疫苗有任何問題，而每個人都注射的話，這說不定比不注射的問題更大，所以這有一定的程序。你雖然製造出疫苗，但這個疫苗要先從老鼠或其他的哺乳動物開始檢測，檢測沒問題之後，再看怎麼樣進行人體測試；最後，完全沒有問題了，才能正式上市。所以這個時間非常長，SARS的嚴重性，我那時有個深刻的感覺：號稱最先進的基因科技，並不能解決多少問題。這令我想起周成功用莎士比亞劇本所做的那個比喻：人類的基因圖譜若是像一個莎士比亞的劇本的話，那我們科學現在所能夠達到的層次，是多麼地基本、初步。

所以，大家會不會有一些疑惑、一些困惑？最先進的科技，需要最多錢、最多科學家的人力投入，卻不見得能解決社會上最急切且與科技有關的問題，比如病毒或是疫情。為什麼會這樣？科學的目的是什麼？現在我們花了很多的資金研究科學，這些錢是哪裡來的？當初台灣花不少錢買非常高級、快速的電腦，就是爲了要能夠參與世界人類基因圖譜中間的一個染色體中間的一部分；我們要能夠計算，我們要能夠定序，表示我們當時「也在那裡」、沒有缺席。這些都是台灣納稅人的錢，而不是科學家自己的薪水；是各位的父母親、甚至是自己賺的錢。那麼，大家會不會很困惑、為什麼這些錢不能解決台灣最急切的問題？那些定序出來的東西，最後到底是誰享受了那些利益？是誰享受了那些成果？這些問題可能會慢慢地讓各位再重新思考：「科學是什麼？」「科學知識是什麼？」這類的問題。

我今天來跟大家討論，是用什麼樣的身份呢？我不是站在科學家這個身份。我看到本系列第一場是由曾志朗教授跟大家演講，他是心理學家，著名的腦神經科學家，他是用科學家的立場。而我今天來跟大家講這個題目，不是用科學家的立場（雖然我過去也會學習科學），而是用一個科學的歷史、也就是歷史學家跟社會學家的一個角度，也可以說是科學的社會學家，用社會學與歷史的角度來分析科學。

二、科學知識的生產

因爲前面提的SARS的冠狀病毒，它叫做corolla-virus，有一種車子就叫做corolla，意思是「冠形的」。爲什麼後來冠狀病毒的基因定序，對於像這樣急切的醫療社會問題好像使不上力、想要解決好像也解決不來？難道科學知識只是爲了解決或滿足人類的好奇心而已，但卻無法用來解決社會問題？若是這樣子的話，科學知識也未免太奢侈了！因爲我們要花很多經費才能夠讓科學知識生產

出來。中央研究院有不少生物醫學之類的研究所，台灣這麼多大專學校裡面也有很多的碩士班、博士班，有這麼多的教授，一天到晚在實驗室裡做研究，他們做研究最直接的目的什麼？最直接的目的能夠做出結果寫成PAPER（研究論文），然後投稿、評審與發表，這是最直接、最立即的結果。發表之後，這份PAPER裡面所含有的科學知識，已被生產而且受到認可。科學家做研究的時侯，往往是在實驗室裡做實驗，結果出來之後就馬上寫一篇PAPER投稿，投到幾個最有名的科學期刊上，科學期刊會找人評審這些稿件。並非科學家的研究成果，寫出PAPER就可以馬上發表，那是因為科學界有個互相彼此檢驗與制衡的功能。甚至你們今天想寫一篇文章，投稿到報紙上去，也不會立刻刊登出來，要經過一定的評審程序，通過這樣的評審流程之後，才能發表出來。

台灣的科學成就據說在全世界排名第二十九。這是怎麼算出來的呢？全世界最有名的期刊制訂出一些標準，至於標準的內容我們暫時不討論。假設全世界最有名的期刊有一百種，台灣科學家

一年發表在那些科學期刊當中，假設是三千篇論文，這三千篇跟其他各國比較，比如美國是十五萬篇論文，台灣是三千篇，台灣比韓國少一點，比日本少更多，但台灣可能比泰國、比菲律賓多一點，這三千篇論文在全世界的排名就是第二十九名。這是一個很簡單的圖像，最簡單的比法就是如此。科學知識的生產就像台灣的電腦、筆記型電腦的產量，台灣的八吋晶圓、摩托車的產量。有一陣子我們說台灣現在是全世界生產八吋晶圓的大國，就是因為以晶圓廠的產量來講，台灣可以排在前十名或者前幾名。但我現在講的是科學知識本身。科學知識不見得一定能夠製造出科學產品，但是科學知識只要被發表在科學期刊上面，它有一篇文章，這一篇文章我們就把它當作科學知識的一個單位，這就像八吋晶圓有多少片，而在全世界最有名的這一百個科學期刊裡，台灣發表了幾篇論文也是同樣的道理。這就是「知識生產」，有如高科技產業的生產，或是如汽車、筆記型電腦的生產。

這是一個較為抽象、但是在概念上其實差不多的比喻。知識生產其實是今天台灣很多的科學家，譬如國家科學委員會所唯一重視的。國科會每年讓科學家申請很多的計畫，或是在大學裡、在實驗室裡，花了很多時間做研究、做實驗，做實驗到最後做出結果出來，就趕快寫成PAPER、趕快投稿，而且動作要快，如果你不快就會被別人先發表了，因為科學知識就只有一種，你對於什麼事情的看法是對是錯就只有一種，所以這有一種所謂的「優先性」，誰先發表出來就算誰的，如果晚一步，等你送去評審，評審人員會說這個論點已被某人在某期刊發表過了，請你重寫另一篇。這对一些科技產品倒是不成問題，像是八吋晶圓，他可以生產他的，我可以生產我的，我的定價只要比你的定價略低，而品質卻跟你的差不多，雖然我生產得比你慢，但卻可能收到許多訂單。現在回到一開始想討論的問題，也就是，科學知識的生產是否符合社會需要？

二、社會需求 VS. 基礎科學？

科學知識的生產，往往不見得是為了解決一些社會上急切的問題而生產，我們通常會覺得，科學知識的生產應該是要用來解決社會問題，但科學知識的生產需要很多的經費，而這些經費往往是社會納稅人的錢，社會納稅人的錢交出去以後，對納稅人來講，最希望你做什麼呢？我交出去之後讓國家拿到這些錢，來建設公共設施、解決民生問題、道路、醫院這類的問題，而不是拿去做知識生產——卻不能解決我們社會急切的問題。這是在談論科學知識的時候，往往會遇到困難的地方，也常造成許多的爭論。當科學家告訴我們一些較深入或者較先進的科學知識時，各位可能想問，科學知識不能讓我的薪水高一點呢？或者讓我買更好的汽車等等，科學家一定會說不行，做不到。既然如此，我們何必學這些東西？科學家常回答，科學知識是用來打基礎，然後從這些基礎進一步去學、去發展出比較應用的東西，然後才能用來解決社會上比較急切的問題。雖然科學知

識不能立即解決社會上急切的問題，但是如果沒有一些最基礎、最根本的知識，我們也沒辦法發展出進一步的技術，然後用以解決社會上急切的問題。所以，科學家常常會說，用科學來奠定基礎，也許經過五十年，或者更久，會慢慢變成實際上解決社會問題的工具。

但我們有時候還是感到疑惑。台灣現在應該來做這些打基礎的工作嗎？為什麼這些基礎科學不由歐美來做就好？他們這些學術期刊生產出來很多知識，這些知識都是公開的，那我們只要在圖書館裡面買很多他們的學術期刊，然後大家來學習他們學術期刊裡面的知識就夠了，這樣的話，我們不是能把一些基礎的工作，讓那些財力雄厚的國家去做，而我們如果財力不那麼雄厚，但社會問題卻比他們多，我們是不是應該先來處理這些問題？換句話說，如果這些科學知識並不能夠解決我們急切的問題，如果它只是為了打基礎，那是不是所有國家都要一起來打基礎呢？還是基礎只讓一些國家來打就好了？

組成一台電腦所需要的各種零件是以國際分工的方式製造，雖然台灣的主機板製造的很多，但並不是電腦裡面的所有東西都是台灣製造的。台灣如果要做所有東西的話，事實上台灣可能要虧本，而且很多東西都需要投資，這是沒有辦法做的，因為要花很多錢。既然這樣，科學知識的生產為什麼不能也用一個國際分工的方式來達成？也許同學會問，如果真的要分工，那要怎麼分工呢？是他們告訴我們要做什麼，還是我們自己能夠選擇？像這種衍生的問題，我們常會碰到。但我們還是回到那個根本問題：科學知識在生產的過程中，它選擇了一些問題來解決，而那些科學知識所需要解決的問題，往往不是我們社會上最急切需要解決的問題。這個問題我們要弄清楚，而且我們要从一個不是科學家的角度，也就是說我們從一個人文或社會的角度，我們才能夠對科學知識有比較客觀的角度。我們可以檢驗，也可以對科學家提問：「你們知不知道這些知識是否能夠解決台灣的科一些問題，而如果不能急切解決的話，那你們製造這些知識，它的目的是什麼？」我覺得台灣的科

學家需要回答這個問題。當然我們不能夠說，只要是研究科學、或是生產科學知識就是好的，這不見得。有些科學知識生產出來，其實對台灣沒什麼太大作用，甚至一兩百年之後都不見得有作用，反而是對美國很有作用。所以我們常常需要問，一旦科學知識生產出來，這些科學知識對哪個國家的社會問題是最有幫助的？不見得對台灣最有幫助，所以這中間其實蠻複雜的，有很多問題可以進一步來問。也許等一下我們可以進一步地來分析。總之，科學知識的生產，不見得是爲了用來解決它的生產地的社會問題，雖然科學知識的生產所需要的經費，是生產地納稅人的錢，這也就是爲什麼科學知識的生產與生產地的社會問題，兩者間存在著一種很奇特的關係。除此之外，科學知識還有哪些其他的特性呢？底下我再介紹一兩個特性。

四、個人的、歷史的與科學的

科學知識，既然說是「科學」知識，它就可以拿來跟其他知識做對比。並不是所有的知識都是科學知識，大家應該可以瞭解這一點。每位同學對於自己的家庭，從小到大的生活、你的週遭鄰居、你的社區、你過去就讀的學校，都有很多「個人的」知識，而這些個人的知識有時候對你還蠻管用的，而你之所以有這些知識，是因為你個人經歷過這些生命歷程，才擁有這些知識。並不是你在實驗室裡做過什麼科學實驗，或是你看過什麼科學的書，才擁有那些知識，而是因爲你自己是從那個生活中活過來的，所以才有許多個人的知識。你知道你家的電視有一些毛病，你可能要怎樣拍它或做些處理就好，可是你叫學校的理化老師來修理，可能還不見得能修好，雖然他的理化知識很好。你知道你的父親有一些特別的脾氣，碰到某些事情的時候他會很生氣，但是你知道有一些辦法讓這個問題不會擴大，像這種知識，外人都不會知道。所以這種由個人的經驗所累積出來的，都

叫知識，而且這些都是真實的、的確有用、在很多時候很有用。可是這些知識不是科學知識，不是透過一個科學的程序，不是透過一個科學知識的生產，在實驗室裡做完實驗，然後投稿，經過評審，發表在期刊上面，並不是這樣。所以個人的知識，就像以上所舉的例子，跟所謂的科學知識很不一樣。

推而廣之，我再舉一個例子：歷史知識。當然歷史知識有時跟個人有一點關係，比如過去在學校讀過中國的歷史，或者你們現在也開始在學校讀台灣過去的歷史。這些歷史，你怎麼知道那是真的？並沒有人在實驗室做過實驗，而是有人去找紀錄過去的歷史文獻，有人去發掘古資料，然後歸納、整理成爲歷史知識。這些歷史知識，有時詮釋或猜測的程度很大，不太能夠預測，不像是科學知識，但是它的時候也蠻管用，甚至給我們很深的意義感。你到一個地方去玩，若是看到一座古塔，這座塔發生過什麼事情，如果你有歷史知識的話，你可以講給人家聽。而這個塔跟旁邊的風

景可能有某種關係，或有某種程度的連接，一個地方的風俗習慣可能與過去的历史知識有關，可以從中瞭解很多。但這個東西不是科學知識，它不是透過一般科學研究的程序製造出來的，所以我要跟大家解釋說，科學知識之外其實還有很多其他的知識，而且，其實一個人要想在社會上存活下來，最重要的往往不是科學知識，而是其他的知識。在城市裡面求生存的知识是什麼？在鄉村裡面求生存的知识是什麼？這有的時候你必須去問一些很有經驗的人才會知道。

話說回來，大家來想想，個人的知識，或歷史的知識，跟我們這邊所講的科學知識究竟有什麼不一樣？這個不一樣的地方，也許可以反過來說明科學知識的特性。想想看，科學知識，或者你聽科學家或你們的科學老師跟你們上課的時候，科學知識特別的地方究竟在哪裡？我現在跟大家舉個例子，科學家常常講的一點就是說，科學知識是可以「預測」的。最簡單的說，我常聽到的例子，到一個高塔上面，丟一塊石頭下來，讓它以自由落體的方式落到地面上，如果我有簡單的科學

知識，也知道塔高，我就可以預測它需要幾秒鐘可以掉到地上。大致上我的預測會比那些沒有科學知識、而只有個人知識或歷史知識的人所做的預測來的精確。不同的塔高，我會有不同的數字可以算出來，大家知道，透過簡單的自由落體的定律，在空氣阻力不算，在這個理想化的狀態下，我們可以算出掉下來需要多少時間，這是一個非常簡單的預測。我再說一個更難的，但是科學家可以做出來的預測，一個非常有名的預測，也就是哈雷彗星將重新回到地球附近這樣的預測。在牛頓的時代，牛頓看到一顆彗星，而那個時候牛頓已經算出萬有引力定律應該是怎麼樣的一個東西。而牛頓他的一個朋友、他的學生叫哈雷，用牛頓的引力公式來計算，他只要算出那彗星在天上的幾個點，大致便能掌握彗星的軌道，之後他就可以計算，經過多少年之後，彗星會重新再回來。即使後來牛頓已經死了，大師已死，沒有人能告訴我們什麼時候會怎麼樣，但是我們看到哈雷彗星又回來了，而且跟哈雷所預測的時間差不多，這是非常令人驚訝的預測。

科學可以做這樣的事情，其他的知識可不可以做呢？每年年尾的時候，報紙上常常看到很多占星學家或什麼學家，告訴我們明年誰會死掉，誰會嫁給誰，誰會變成大富翁……。很多人都在作預測，但是科學家認為，那些預測都是假的，只有我們科學家做的預測才是真的。又例如說日蝕，現在大家比較不在乎這種事情，但是在古代，某一種科學預測會帶來相當的震驚，而且會涉及一個國家的權力是否穩定，國王的權力是否穩定等等的大問題。什麼問題呢？很簡單，例如說你可以預測什麼時候會有日蝕，假如能預測有日蝕的那個人，他就可以把這個日蝕的知識運用在一個國家王位的繼承、或是國家的穩定上面。要預測日蝕其實並不是一件簡單的事情，如果你沒有很好的天文學知識的話。今天在第一堂課結束的時候，我提一個問題，大家可以進一步再想想看。我想讓大家瞭解，其實我們在做科學史的研究，或是科學哲學的研究，會發現科學家過去所講的——科學知識之所以能夠比其他的知識高明一點，在於它的「預測性」的說法，但即使是這個說法，也常出

現問題。科學知識其實也常預測錯誤。哈雷彗星是一個比較好的例子，因為它的預測是對的，但是有的時候，預測不見得對。我也用天文學來跟大家做例子。

五、近代天文學上的預測

很早以前，人類就知道地球、太陽、月亮之外的五大行星了，但是五大行星之外的行星則不見得清楚。今天所謂太陽系的九大行星中外圍的幾顆行星：天王星、海王星、冥王星，都是後來才知道的。一開始大家只知道有天王星，而不知道有海、冥二星。而當初天文學家在瞭解天王星的時候，預測天王星的軌道，跟實際上用望遠鏡看到的不太一樣，也就是說，不是完全能夠「密合」的一種預測。當時大家覺得很奇怪，就是為什麼會預測不到？難道牛頓萬有引力定律在距離很遠的地方不成立嗎？當時少數的天文數學家就有一個很大膽的假想，不要修改萬有引力定律，反而猜測在

天王星之外還有一顆行星，這顆行星可能還蠻大的，但是我們目前還不知道，以致於我們預測天王星並不是很準。經過計算——這個計算是非常了不起的計算，他們當時要假設一顆行星，假設它的軌道、質量是什麼，之後推論，那顆行星的引力會影響到天王星的軌道，以致於天王星的軌道會產生一些不規則的狀態，而這些不規則的狀態證實了我們的確能用望遠鏡觀察到一些不規則的現象，接著再來預測那顆行星的軌道、還有那時在什麼地方。結果就如同這樣的預測，真的成功了！就這樣歐洲人發現了海王星（Neptune）。總之，外行星，就是說這些離太陽更遠的行星，像是土星、木星、天王星、海王星、冥王星，預測的都還不錯，都蠻成功的，可是有一顆行星它非常難預測，這顆行星是什麼呢？這顆行星是水星。也就是離太陽最近的一顆行星——水星。

水星的軌道非常難預測，從古至今，從古希臘天文學家開始，一直到十九世紀，甚至二十世紀，科學家就覺得水星的軌道非常奇怪，怎麼用牛頓的天文學、用牛頓的萬有引力，怎樣都算不

準，都預測得很差。所以當時有科學家就採用過去同樣的策略，大膽假設在水星與太陽的中間，也就是離太陽更近的地方，有另外一顆行星，而這顆行星因為離太陽太近，所以我們平常看不到，就是因為這顆行星的引力，才使得水星的軌道一直難以預測。就是用同樣的策略去思考，不是我們的萬有引力定律錯了，而是有另外一顆行星存在，然後科學家也開始計算，那顆行星有多大、它應該在哪裡、它的軌道等等。然後，我可以告訴這些用望遠鏡觀察的天文學家，從什麼地方可以發現水星裡面還有一顆行星存在，結果呢？結果找不到。以今日的知識，大家都曉得在水星裡面，離太陽更近的地方沒有行星，也就是說，水星的軌道一直無法成功預測，但也沒有其他離太陽更近的行星存在，這個問題實在很頭痛。所以，這個例子就告訴大家，從天王星到水星，科學的預測也常有問題、不總是那麼順利的。

我們回到一開始的那個問題，科學知識的特性或者是科學是什麼？比如說牛頓力學，用牛頓的萬有引力定律來算行星的軌道，有時預測很準，那麼科學家常會說，你看牛頓力學多好，因為它預測得很準。自古以來人類都不知道有海王星，但是，牛頓力學告訴我們，它預測有一顆行星在什麼地方可以被發現，然後真的發現了，這個行星就是海王星，而冥王星也是以同樣的程序發現，所以這是偉大的預測，哈雷彗星重新來到地球，是偉大的預測，所以科學偉大，過去科學家也常用這樣的方式來描述科學。但是，我們做歷史的可以發現，科學其實還有其他的特色。雖然科學常常預測成功，但也常常有不成功的預測。例如說，預測天王星就常常預測失敗，可是科學家相信牛頓力學絕對是對的，所以他們就說，牛頓力學沒有錯，而是有另外一顆行星在天王星的外面，才會發生這種天王星的軌道預測失敗的事情，然後繼續假設那顆行星在什麼地方、它的軌道是什麼，到最後他們真的對了，所以這被認為非常了不起。我剛才也曾經提過占星學家，據我所知，在占星學的歷史裡大概從來就沒有這麼戲劇性的預測成功。

可是一方面科學雖然常有戲劇性的成功，但另外一方面科學也常預測失敗。比如早期的時候，天王星、甚至土星、木星、月球等都常常預測不對，所以說「預測不對」並不代表說這個科學是錯的，它常常反而是轉機：因為預測不對，反而讓你有機會推導出一些新東西來。而占星學家常常預測錯，可是預測錯之後有沒有讓占星學推導出一些新東西來，好像沒有，就我所知是不知道有。因為一旦預測錯了就是這個占星學家不對，或者甚至說是敵對方的占星學家施法干擾所致，就這樣子而已，到此為止。沒辦法因為占星學預測的錯誤而推導出新的東西來，可是科學可以，像是天王星的軌道一開始預測失敗，後來竟然能夠推導發現海王星，而海王星一發現，天王星原來預測失敗的部分，後來也變成對的了。因為海王星的引力也會影響天王星的軌道，不是只有天王星裡面的土星或木星引力會影響天王星。所以雖然預測不對，但是對科學來說沒關係，我們並不會馬上放棄這一套科學，即使預測失敗了，我們仍可以透過預測失敗，再做一個更大膽的新預測，一旦成功，那麼當初那個不對的預測也變成對的了。

但是有時候運氣沒有那麼好。就像我剛才會拋出的那個問題，預測水星的軌道。一個是距離太陽最近的水星，一個是距離太陽最遠的像海王星、天王星。距離太陽最近的也出問題，也預測不對，水星的軌道很奇怪，非常飄忽不定。在這種情況下，用同樣的策略，大膽假設在水星跟太陽中間還有其他的行星，再來企圖發現，據說那個時候連行星的名字都已經幫它取好了，好像叫做 Vulcan，但是到後來呢，卻怎麼也找不到，所以像這樣子也是一個例子。為什麼會這個樣子？沒有同學知道？為什麼水星一直無法順利預測？

（現場的同學回答）「大家好，我從書上看到的解釋是說，由於太陽的引力很大，根據愛因斯坦的相對論導致它附近的空間有扭曲的現象，而導致附近的水星存在於這個被扭曲的空間中，所以它的軌道就比較不能夠預測。」

這位同學的解釋蠻對的，就是我們後來知道，在差不多二十世紀一九三〇年代的時候，科學家就慢慢知道為什麼水星的軌道是沒有辦法按照牛頓力學的方式來預測，而且為什麼水星和太陽中間，怎麼找都找不到其他行星。這個中間，剛剛這位同學提到了一個人的名字，也就是愛因斯坦，它中間有一個意義，而需要進一步地清楚講出來。這個是什麼意思？為什麼這個時候我們要提到愛因斯坦？大家有沒有注意到我從一開始到剛剛這位同學講之前，一直沒有提到愛因斯坦，我一直在說牛頓、牛頓、牛頓。牛頓的萬有引力定律，這個定律其實很簡單，同學們說不定在國中的時候就碰過，因為它是一個很簡單的數學公式：兩個物體間的引力，正比於兩物體質量的乘積，而反比於兩物間距離的平方，就是這樣而已。然後用這個引力，可以換算出其他像是加速度之類的量。可是，我完全沒有提到愛因斯坦，一直到這位同學開始提到為止，我們從歷史來講，從牛頓到愛因斯坦，這中間到底發生了什麼事情？

六、科學的累積與革命

大家知道簡單的牛頓定律比如說 $F = m \cdot a$ ，其中加速度的現象，我會跟大家提到自由落體，一個石頭從高塔上掉下來需要多少時間，我在講這些時，都沒有提到重力會影響到空間的結構，並且假設，空間都是一致的、都是 uniform，而不會在一個很大質量的物體（如太陽）所造成的重力場旁邊，會有空間的彎曲現象，像剛才那位同學提到的現象。那這代表什麼意思呢？為什麼愛因斯坦會這麼有名？因為大家知道，從古至今有多少的科學家在作研究，愛因斯坦之前與之後有多少的科學家在作研究？他之所以有名的一個重要原因是，他推翻了很多牛頓力學關於物理世界的一些基本看法，關於時間和空間的看法。所以從牛頓力學到愛因斯坦力學，我們在科學史上會這樣講，這中間經歷了一個科學革命。也就是說，過去很多的科學觀點，因為愛因斯坦提出一套新系統出來，幾乎全部被推翻掉。所以這也是科學很有趣的一個特性，科學不見得是一點一滴慢慢的累積，如牛頓

他當年講過一句謙虛的話：「我之所以能看得更遠，是因為我站在巨人的肩膀上。」那麼，愛因斯坦是不是也是站在牛頓的肩膀上，像疊羅漢一樣？而科學就像是疊羅漢的工作，這樣一點一滴的累積上去呢？不是，科學不是這樣的一個東西。在歷史上，科學是這樣子的，就是它平時是累積的工作，一點一滴的累積，但每隔一陣子，科學會有一個很大的變動，就有點像政治革命，把過去很多的東西都推翻掉，然後建立起一個新的科學體系。

所以科學的歷史，長期而言，會有點像是一個體系被另一個體系所取代，然後過一陣子之後，又被另外一個體系所取代，而不是永遠的一點一滴的累積。只有在同一個體系裡面，它是有累積的。例如說牛頓的十七世紀，他的《數學原理》就已經寫出來了，他的萬有引力定律在一六七七年就已經提出來了，後來的科學家不斷的利用他這個定律，不斷的研究出新的東西；在十八世紀的時候，預測到哈雷彗星的重新回到地球，也解釋了木星與土星互相吸引的複雜軌跡；到十九世紀的

時候，開始發現海王星、冥王星等。也就是說，牛頓的這個體系可以說是從十七世紀延續、累積到二十世紀初期，大概有兩百多年的時間，都是牛頓力學的天下，累積出許多很好的成果來。科學家都以牛頓力學為最終的原則，不會去懷疑它，如果你預測錯誤了，不是牛頓力學錯誤，而是可能有另外一顆行星，或者另外一個條件，才使得你預測錯誤，我們絕對不會去修改牛頓力學的公式本身。但是到了二十世紀，比如說像水星的軌道一直預測不成功、一直預測錯誤，到後來大家慢慢才開始懷疑，這會不會不只是一個小問題，像是我們還沒發現一顆行星這類的問題而已，而是一個更大的問題，也就是說會不會牛頓力學本身都有問題。所以當這種懷疑開始產生的時候，愛因斯坦在一九三〇年代提出了廣義相對論。

愛因斯坦相對論分為兩個部分，一個是狹義，一個是廣義，廣義相對論可以解釋更多的事。它可以解釋為什麼水星會有這樣奇怪的軌道，這相對論如果成立，那我們就必須說，牛頓力學

有一些非常基本的東西都錯了。所以，當愛因斯坦力學開始出現的時候，就逐漸形成我上面講的，一個科學體系開始取代一個舊的科學體系，而形成一個科學革命。所以科學知識有這樣的一個特性，就是說，平常的時候，科學家都對一個科學體系非常的信任，即使它預測不成功，他們還是努力不懈的去解釋為什麼不成功，而且有的時候還解釋得非常好、非常漂亮，它突然發現一些新的事物來告訴你為什麼解釋不成功。可是有的時候科學知識會產生很大的變革，也就是說過去的科學知識幾乎全都是錯的，我們重新會有一個新的體系建立起來，像愛因斯坦力學就是這樣的一個狀況。那麼，牛頓力學呢？並不是從古至今都是牛頓力學、牛頓的星空，對不對？它也是十七世紀才建立起來的，那十七世紀之前，牛頓事實上也推翻了過去一些不錯的理論。所以，如果我們對天文學史比較熟悉一點的話，知道牛頓所尊崇的哥白尼，他提出了日心說，太陽在那個時候可說是宇宙的中心。現在我們當然知道不是，但是起碼在那個時候說太陽是宇宙的中心，當然太陽也是所有行星系

統的中心，在當時是哥白尼提出來的。可是大家也知道，哥白尼之前有托勒密的地心說，也就是，地球才是宇宙的中心。

現在我們當然認為地心說是錯的，可是這個理論，其實非常符合我們日常生活的常識。我們活在地球上，每天看到天上的星星繞著我們轉，四季在我們四周更替，又有先知告訴我們說，上帝爲了創造人類，製造出宇宙環繞著我們，有很多這類子的故事。而且如果地球是中心，地球是穩定的，你看我們的大地多麼穩，你看我們坐在地表上面多麼地穩定。可是哥白尼認為，地球會自轉，而且除了自轉之外還有公轉，還繞著太陽轉，這麼複雜的大地運動，跟我們的常識完全不符合。因爲你想想，假如你坐在一個陀螺上面，陀螺自己會轉，然後這個陀螺還會繞一個更大的東西轉，你不是一天到晚昏頭轉向了，對不對？所以哥白尼的理論非常不符合日常生活的常識，而地心說才是穩定的。的確，我們的大地就是穩定的，你看，我們端午節甚至可以把一個雞蛋豎立起來，假如地

球做這麼複雜的運動，怎麼可能立得起來呢？而且，大家知道托勒密的地心說預測天上行星的軌道，預測得非常好，非常精準，地心說可以非常精準的預測日月蝕，什麼時候會有日蝕，什麼時候會有月蝕。在整個歐洲，托勒密統治星空有一千多年的歷史，差不多從西元第二世紀開始。托勒密是西元二世紀的人，經過一千多年，一直到哥白尼大概是西元十五世紀、十六世紀的人，所以地心說在西方、在歐洲，廣為接受。當時最聰明的天文學家，都接受地心說，而且這個時間大概有一千五百年之久。

一直要到牛頓力學，從哥白尼到牛頓力學，這個一兩百年的時間，西方才產生了一個很大的科學革命，整個推翻了過去的地心說，然後開始有日心說新權威的建立。所以，科學知識的另一個特性是：如果我們長遠來看，它每過一陣子就有非常大的革命產生。因此，科學知識雖然有時候很精準，但就長時期而言，它其實也是不穩定的。悠久的科學知識，經過一千多年仍可能會被徹底的

改變，例如說托勒密的天文學。比較近代的科學經過兩百多年，被認為是非常好的知識，像牛頓力學，可是等到愛因斯坦的時代，牛頓力學基本上也被推翻掉了。所以科學知識如果具有可推翻性的話，我們就可以進一步瞭解，科學知識不是真理。根據定義，真理是永恆不變的，可是科學知識，反而像人類的許多其他知識、甚至文化一樣，是人類的產品，人類製造出來的一種象徵符號的東西，它有一個體系。這個體系在歷史當中會逐漸改變，有的時候改變得很慢，像是一點一滴的累積，有的時候卻可以改變得非常快、非常劇烈，像科學革命這樣的東西，在歷史上其實相當常見。

演講一直到現在為止，我舉的例子，都傾向物理學，現在我舉個生物學的例子。針對物種的多樣性，達爾文提出一個叫做物競天擇、自然淘汰、自然選擇的說法。它在十九世紀的歐洲也是一個科學革命，一個非常大的改變。我們對於人類，對於自己，人對動物的關係，動物在自然界的關係，人跟宗教的關係，整個的這種各式各樣的思想，都必須面臨是否延續的改變。而且這種改

變，引起非常大的社會爭議，因為直到十九世紀初年，許多的歐洲人仍認為物種是上帝創造的，而且地球的年齡只有幾千年，頂多是上萬年。那個時候，恐龍的這種化石，才開始在世界各地逐漸的被挖出來，而且開始相信物種在地球上會滅絕（extinction）。否則，大家都認為，自從上帝創造了世界，所有的物種都是從上帝創造的那一刻一直延續到現在。那麼，人不可能跟猴子有相同的祖先，人是上帝特別選出來、創造出來的，其他動物創造出來都是為了跟人有關，讓人活在一個被動物環繞的世界上面。而達爾文的生物學系統一旦成立，就突然使得人在動物世界徹底改變：人並不是中心，雖然過去一直以人為中心，就像地心說提出地球是宇宙中心的說法，但是等到日心說出現，地球也不是宇宙的中心了，地球只是繞著一個橢圓的焦點在轉。以後的天文望遠鏡看到像太陽系這種東西越來越多，銀河系只是許多其他銀河系中間的一個。

所以，科學在十九、二十世紀的發展，不斷的使人開始脫離一個過去人是在宇宙中心這樣的

一種安全、一種了不起的感覺，其實人只是宇宙的邊緣，只是宇宙中的一分子，只是動物世界的一分子，只是植物世界、生物世界的一分子，人只是因緣際會地在這個時候，在這一萬多年的時候，曾經變成是世界的主人，如此而已。我們甚至不敢說不是一萬多年，也許只有幾千年而已，因為在一萬年以前的話，碰到大型食肉類的哺乳動物，人和普通動物都還逃不了呢。我們又知道，透過地質學與生物學，恐龍，你們知道恐龍是地球的主人有多少年嗎？青年朋友好像對恐龍這些東西，比我們這一代人知道得還多。我想大家知道，恐龍做地球的主人，大概有幾百萬年，甚至更久。所以人作為地球的主人的時間，比起恐龍而言是微不足道的。

七、善忘的科學與啟蒙哲學家

話說回來，我想今天用很短的時間讓大家瞭解，科學知識有它的生產性，很多人在生產科學

知識。那科學知識跟其他知識有什麼不一樣？這個科學知識，一方面它有預測性，可是另一方面，在歷史上常常也會做非常大的轉變，把過去的東西完全拋掉，換一套新的東西出來。我們在讀科學的時候，會發現一件事，就跟讀人文或讀社會科學、特別是讀人文的不一樣。如果我們是讀人文的話，在今天還是會花不少時間，在中國文化的範圍裡面去閱讀孔孟思想。孔孟的知識，或者是莊子、老子的知識，他或他的哲學在講些什麼東西？在西方，很多學生會花時間閱讀蘇格拉底、柏拉圖。但是在物理學、生物學等科學領域裡，大概很少人會去閱讀距今五十年前的東西。這個問題的標準解釋是，因為科學日新月異，科學進步得很快。可是我認為這個說法不太對、也不太喜歡這個答案，因為這個答案蘊含著人文從沒進步，其實，人文思維進展很多；而這個解釋其實也隱含了一個科學知識發展的背景，也就是，在科學知識發展的過程中，往往有很大的科學革命，科學家到某一個地步的時候，他突然對於當下所作的所有科學覺得很不滿意，所以乾脆整個拋棄掉，再去生產

與接受一個新的理論。正因為科學革命的這個特性，使得科學家不會回頭閱讀革命以前的東西，因為整個被取代了，而是要吸取當前這套科學體系裡面的知識。可是，人文學卻往往沒有那麼大的革命，以至於非常遠古以前的思想，或者遠古以前的知識，直到今天還是對我們有意義、值得參考，頂多，我們會用非常不同的角度去重新詮釋古代經典。所以東西有時候都還是會去讀一些古早以前的想法、智慧、哲學，而且那些東西仍與今日社會有關連，所以這點也可以顯示科學知識跟其他知識不同的地方。

我並沒有去強調科學知識就一定「比較好」。我也不是站在科學家的立場去說明這個事情，我是站在一個科學史，作為一個歷史學家，比較科學知識跟其他許多知識究竟有什麼不一樣。希望大家能夠瞭解這樣的觀念。科學知識不見得比較好，而且如果我們要說科學知識比較好的話，這裡就會有很多問題，例如你說「比較好」的意思是什麼？你是站在什麼樣的標準下說科學知識比較好？

我接著要討論社會性的議題：科技與社會的關係，囿於篇幅，我只針對「科學的社會性」，它跟上述提到的幾個問題有關連。

在十八世紀啟蒙時代，許多歐洲的哲學家、特別是法國的哲學家，會認為在啟蒙時代前的過去，歐洲是受到迷信、宗教，或者一些非理性的貪婪所影響，所以當時是一個王權或神權的時代。那時候，很多啟蒙的哲學家希望我們能更理性與科學，因為牛頓力學十七世紀已經出來了。牛頓力學帶給十八世紀的啟蒙哲學家很光明的遠景，他們認為，連天上的星星都能算得那麼準，那麼人間的事情、地球上的事情、人的身體、醫學及各方面的東西，都可以按照牛頓力學的模式加以研究。我們的社會將非常有秩序，甚至可以如科學般地預測社會的很多事情，同樣地，也可以把人的身體當作是一個機器，因此我們也能解決人體的許多問題。十八世紀的問題是，科學家覺得社會上還存在著很多愚昧的人，這些人不相信科學，迷信宗教，所以科學家強調啟蒙，希望把人類從迷夢

中喚醒，所謂啟蒙（*Enlightenment*）有一種光照、喚醒的意思；而中文的「啟蒙」意涵著從小孩子的矇昧狀態到一個啟蒙的狀態，由小孩子轉變為成人的意思。過去的時代、特別是啟蒙時代，曾經希望理性與科學作為解決人類所有社會各式各樣問題的真正救星。這個想法，從十八世紀開始，一直到十九、二十世紀，也許到二次大戰之前，都是如此。社會問題主要被認為是源自科學知識不足，一旦科學知識夠了，社會的問題自然迎刃而解。可是，我最後想提出一個問題供各位思考：我們今天的時節是一個怎麼樣的時節？我們前一陣子不是說今天台灣社會是個「後SARS」的時代，那我想用同樣的話，來說一下我的感覺。我覺得我們今天的二十一世紀，其實從第二次世界大戰以後就差不多已經逐漸步入這個時代，其實已經是一個「後啟蒙」（*Post-Enlightenment*）的時代，我們現在的社會問題，往往不是科學知識太少，反而是科學知識太多。科學產品太多了，科技的宣傳太多了，這是其一；其二，我們社會的問題往往不見得是過去那種「愚昧、愚蠢」、或因為科學知

識不夠，所以沒有辦法解決的問題。我們現在的社會問題往往是科學知識或科技產品所造成的。今日，科學知識不是太少、而是太多了。

八、從太少到太多，科技如何成為社會問題的來源

太多的科技產品、太多的醫療產品，而且，大部分的人搞不清楚，這個人說這家廠牌好，那個人說那家廠牌好；這個人說核能電廠沒問題，那個人說某某能源沒問題；這個人說這種藥沒問題，那個人說那種藥沒問題，可以解決我們的問題。但是直到現在我們才發現，原來好多能源都是有問題的，有些藥品至今才發覺有問題，而我們已經服用二、三十年了。在討論「科學的社會面」的時候，我希望從前面談「科學知識是什麼」的觀點開始慢慢轉變。首先，我想解釋科學知識跟其他知識的不同，最後再提出我的觀點：科學知識不見得就是好的、甚至問題越來越多。只有在啟蒙

時代，科學知識才被認為一定沒問題，為了啟蒙，科學是救星，進而透過理性來解決問題。但現在是後啟蒙時代，啟蒙時代已經過去。在我們的社會，科學知識過去一直被認為是最好的，被社會的主流認為是最好的知識，我們有非常多的科學家，非常多的科學經費，不但是國內有，國外也有一大堆，然後我們不斷把國外的各式各樣的科學知識引進台灣，而且不同的人介紹來自不同國家、不同時代的科學知識。我來自清華大學，清華大學在一九七〇年代初期成立核子工程系，在一九七〇年代，清華大學的第一志願是核子工程系，那時候核子工程被認為是台灣能源真正的希望，而且一切只要跟「核子」兩個字產生關係的話，那就被認為是最光鮮亮麗的科學知識，而未來的遠景都在那邊。

但是到了二〇〇三年，清華大學已經沒有核子工程系了，它改名為工程與系統科學系，系所的發展重點也改變了。因為台灣再怎麼爭議核能，基本上，可以確定台灣最多就是四座核電廠，若

是還要有第五座核電廠，恐怕要天下大亂，蓋第四座核電廠都已經造成了不少紛爭。一九七〇年代的清華核子工程系是第一志願，而且系上的畢業生如果未來打算到核電廠工作，也是很有前景的工作。可是到現在卻發現，核能、核電會製造這麼大的麻煩，核廢料帶來很嚴重的環境污染。許多國家已不再繼續發展核能了，很多清華核子系的畢業生一到國外留學，紛紛轉往其他領域發展。一九七〇年代，美國的三哩島事件及蘇聯的車諾比事件還沒有發生，當時核能還被認為是未來人類的遠景，而爲了要避免核子戰爭，核能的合理與和平用途就是應該用於發電上，可是現在核能被很多人認為是「製造問題」的來源。我對於核電廠的設立並沒有預設立場，只是針對台灣核能發展的歷史，進而觀察到這樣的變化。

我再舉一個藥品的例子。可能你們的父母親會碰到類似的問題，特別是母親。女性在更年期的時候，過去二、三十年來，西方認為更年期是一種病，會產生種種生理上、精神上的問題，所以

過去有一個標準的治療法，叫做荷爾蒙替代療法。用注射荷爾蒙的方式，來補充女性在進入更年期的時候，被認為缺乏荷爾蒙的情況。這種荷爾蒙療法在西方行之多年，它不但是一種療法，而且健康的女性進入更年期的時候，醫生有時也建議服用，就像服用維他命那樣，就當作補充一下荷爾蒙吧！長久以來，即使是健康無礙的更年期婦女，醫生也會建議荷爾蒙的補充。台灣也努力跟進，從一九九〇年代以後，台灣有許多中年女性都在進行這種荷爾蒙的補充。可是，到二〇〇二年爲止，幾年之內，美國作了一個大規模的實驗與調查，前後約有兩萬名分布在不同地區、不同階級與種族的美國婦女參與這項實驗：我們給她定期的服用荷爾蒙，看看更年期的女性會不會有什麼後果。結果長期進行雙盲比對實驗的結果，發現這種荷爾蒙療法有負面影響，有些原來健康的女性，到後來反而檢查出癌症，產生一些身體不適、心臟病等狀況。所以去年美國有個正式的結論，荷爾蒙替代療法，起碼是其中一種最流行、最廣爲傳播的藥物（Premarin），它事實上對女性有負面影響，特

別是健康女性不宜服用此藥，即使在更年期也不能服用。

這讓大家非常驚訝，包括台灣很多更年期的婦女。台灣醫生勸我們服用這種藥已經有十幾年了，它在歐美地區流傳的時間更久，而近年來美國才做了一個非常大的實驗來告訴我們這個藥有問題、有危險。這個例子是想讓大家瞭解，現代科技發展到一個地步之後，科技產品本身，成了製造問題的來源。像這種問題其實蠻多的，例如現在大家用手機，台灣幾乎人手一機，我不知道現在平均一個人有幾支手機，但是手機的這種電磁波對於人腦的影響究竟是什麼，這個辯論已經持續很久，大家多少聽過一些，但是一直沒有很確定的結果。也就是說，我們在日常生活裡面那麼多跟電磁波有關的科技產品，從微波爐到電磁爐，我們無法確定這類產品對人體的影響到底是什麼。有些科學家認為它們是危險的，有些則認為毫無危險。也就是說，一方面科技往往是製造問題的來源，而不是企圖來解決問題；另一方面，我們現在活在一個科技社會裡面，這個科技社會為我們帶來很多風險 (risks)。因為我們過去是活在一個比較沒有科技的時代，我們不會有這種風險，而現在我們因為使用了這種科技，新的風險開始出現。

我們騎摩托車、我們開車、我們坐巴士、我們坐火車、我們坐飛機。這些東西在台灣製造人身傷害、甚至是意外的死亡率有多少？台灣的科技大量發展，車輛大量上市，所排洩的廢氣對人體到底有多少影響？在這科技大量發展的情況之下，我們已經到了一個沒有辦法、來不及處理的地步。我們有非常多的科技知識，非常多的科技產品，非常多的科技爭議，同時有趣的是，我們也消費很多跟科技災難相關的電影。這部電影是這種災難、那部電影是另一種災難，這個壞科學家、那個壞科學家，這個壞科技公司，它一天到晚只想到利潤，所以造成什麼什麼一大堆的事情，我們知道太多這種的東西。這個當然不只是電影而已，的確，為什麼要來拍這樣的電影呢？為什麼大家覺

九、科技社會中的社會公民

最後我簡單作個結論。研發出太多的科技產品不見得一定好。我覺得社會其實已進入一個後啓蒙時代，是一個科技在製造問題、而不只是在解決問題的時代。科技帶來很多風險，但是我們有時候也是不由自主的去接受這個風險。大部分人其實沒有足夠的判斷力，而常因為社會上流行、大家都開始使用某種科技產品，我們就跟著使用。除非社會上有很多的人開始真正覺得某一樣科技產品問題大了，例如說核能，才有極大科技爭議產生，很多其他的科技都只有小爭議，這些小爭議說不定以後可能會變成大爭議，例如說我剛剛舉的例子，像手機的電磁波，我不知道電磁波以後究竟會不會變成很大的爭議，但起碼關於它的小爭議總是不斷。多數人喜歡科技產品帶來生活上的便利，至於會不會有危害的部分，就留給科學家去處理。我們會想，等哪天科學家異口同聲說，手機對身體不好，到時候我們再停止使用，但我想說的是，科學家從來不會異口同聲。各位不要以為科學是非常確定的知識，其實不然。科學充滿爭議，當爭議大到一個地步的時候，會把一個體系全部拋棄掉，那就是科學革命。對科技產品，科學家也從來不會異口同聲，所以不能覺得，反正現在先用，等到有一天科學家一起證實這個東西有問題，我們再摒棄。不會有這種時候的，科學家從來不會異口同聲，而且，恐怕許多科學家還會不斷告訴你新產品的訊息、告訴你新的產品都是最好的。

所以，談到「科技與社會」問題的時候，就變成下面這個問題。有一位國外作科學哲學的女性主義者珊卓·哈定（Sandra Harding）曾經說——因為我們今天這個營隊是一個叫做人文與社會營隊，那她說過一句話很有意思——科技在今天是如此的重要，以致於我們不能夠把科技留給科學家處理！因為，如果大部分的社會公民都不去管科技的事情，以為科學家就能夠好好的幫我們處理，或者醫生能幫我們處理，不會的！而且科技是這麼的重要，它在這個科技的時代影響是如此大，所以我們更不能放手任由專家處置。作為一個社會公民，我們要主動照顧自己的利益，主動照

願我們周遭人的福利，要去關切科技與醫療究竟會產生些什麼東西，也就是說我們需要培養出「自我承擔」的態度。最後想跟各位分享的是，在一個科技社會中，從人文與社會科學的角度出發，我們需要非常注意今日的「科學」在搞些什麼東西，注意科學把當今的社會變成什麼狀態，而今日的醫學又把人看成什麼樣狀態。而且這種種的提問，其實根本上也是人文與社會的重要議題。假如說我們生長在遠古時代，那時候沒有太多科學，我們大可談談哲學與宗教就好了。可是我們今天是一個科技社會，科技產品到了幾乎飽和、氾濫的地步。在這樣的時代，我們從人文與社會的角度進行討論或思考的時候，科技與醫療問題都會是一個非常核心的問題。

綜合討論

一、您好，我是第六組的同學，教授剛剛有提到現在世界的問題往往不是科學知識不

足，而是科學知識太多，以致於今日有太多（有風險）的科技產品。我的問題是，科學知識是不是應該太發達，還是我們應該繼續發展科學知識來解決世界上的問題？

你的意思是，我們應不應該繼續發展科學知識來解決現在科學知識所帶來的問題？如果科學知識會帶來問題的話，我也懷疑我們是否能使用更多的科學知識來解決科學知識帶來的問題（新科技知識所結晶的科技產品，它進入社會後所增加科技社會的複雜度、所帶來的風險，往往會大於這些新科技知識帶給我們的好處）。在某種程度上，我覺得台灣社會應該多發展人文與社會的角度來處理科技的問題，但我也不是完全贊成台灣應該發展很多跟科技無關的人文與社會的東西，而是應該多從人文與社會科學角度去發展一些跟科技相關的東西。比如說我們這幾年在討論「科技與社會」（STS: science, technology, and society），應該多針對這個題材進行討論。

有一個相關題材我還沒有機會講到，就是「科學教育」。各位可以連結到「科技與社會」網站 (<http://sts.nthu.edu.tw>)，那個網站裡面有個「科學」的意見討論欄，那個討論欄有不少關於科學教育的討論。例如各位是高中生，高中生剛好是我們當時討論的其中一個問題。高中階段所接觸的科學教育，主要是在學些什麼東西？諸如此類的問題。甚至我們可以把這個問題放在大學教育的脈絡，大學階段的科學教育主要安排學生學習什麼東西比較好？比如大學的物理系，大部分物理系畢業的同學，以後都不會當物理學家，因為必須真的對物理學非常有興趣，而且非常有耐性才能夠持續在物理學領域發展。那麼，再回到高中生的部分，你們以後要學物理、化學、生物，高中階段究竟學什麼東西比較好？是要學一些物理、化學、生物的基本定律？一些怎麼樣計算化學反應的平衡式？或者是怎麼計算一個石頭從高塔上掉下來，假如有空氣阻力的話，它會在什麼時間落地？是該學這些呢？還是應該學點另外的東西？就化學來說，是不是能多學一些我們日常生活中可能碰到的

科技產品，這些科技產品與人體有何化學關係。我們使用很多的科技產品，這些科技產品跟這社會環境間有何影響？會產生什麼化學反應？會產生什麼化學關係？我們究竟該學什麼？也就是說，在高中的科學教育裡，我們是否應該學一些基礎的科學知識，準備以後成為科學家？還是也應該多學一些另類的科學知識，這些另類的知識將使得我們往後碰到許多科學爭議時，作為一位社會公民，可以做出更好的判斷。應該是哪一種？

我們當時有許多討論，有許多人認為，今日學科學的大部分的人，以後不會成為科學家，可是我們今天的科學教育，最後的目的是希望你成為科學家，但是我們社會上不可能需要這麼多科學家，而且現在科學家已經非常多了，我們需要的是更多的社會公民，以後從事各行各業的人，這些人知道科學的複雜性、知道科學對社會有很深厚的影響，而且特別知道科學將在社會上產生很大的爭議。碰到爭議的時候，我們作為社會公民，如何能做出不錯的判斷，這其實比較重要。我可以保

證台灣的科學爭議會不斷地延續下去，而且會非常多。作為社會公民，我們必須來處理這個問題，這個問題有時候不比投票選擇支持哪個黨派簡單。而且投哪個政黨，不見得對你的日常生活有太大的影響，可是你贊成這種科技產品或反對那種科技產品，這個爭議對日常生活的影響，要比投哪個政黨來得大。所以，培養學生、高中生去學習做判斷、學習瞭解科技的複雜性與它的社會風險性，如此一來，未來的社會公民才會漸漸對自己的生活有較正確的判斷。

二、教授好，能否請您解釋，科學和社會科學兩者之間的性質和它們的基本精神有何異同？

你指的應該是，自然科學與社會科學在基本精神上有什麼不同。這個問題主要的爭議在於，社會科學是什麼？研究社會科學的領域本身就有很多的爭議，有一部分的人希望把社會科學變成自然科學，所以這就回到我今天所提到的，在啟蒙時代，牛頓力學已經能把這個自然世界的運作方式

解釋得非常好，所以有一部分的自然科學者與社會科學者開始覺得，應該把經濟學、社會學化約成物理學，化約成物理學之後，就能套用物理學的定律，得到很精確的結果，所以他們比較傾向認為，真正的社會學應該像科學一樣，有數學公式可供運算。所以，在社會科學領域裡，較接近自然科學的次領域是經濟學，因為它使用微積分，使用數學、模型、電腦作計算。但是，比如說在社會學方面就有很多爭議，不見得如此。我沒有辦法給一個很確定的答案，社會科學的本質是什麼，我有的時候會覺得是這樣子來講，就是說，其實我覺得社會科學及自然科學的區別不見得在於自然科學大量使用數學，或自然科學非常精確，而社會科學不精確。我比較不是從這個角度出發，我傾向於認為，社會科學與自然科學的研究對象不太一樣，社會科學研究的對象通常是社會與人，自然科學的研究對象比較是人與社會之外的東西。除了對象之外，社會科學與自然科學在很多其他方面都很相似。譬如預測氣象，預測氣象通常很不準確，因為氣象太複雜了，就像歷史一樣，我們也沒辦法知

道年代太久之前的動植物狀態，同時我們也不太能夠預測它們的未來，不太能夠知道其他東西演化之後會變成什麼東西。所以演化論也是非常歷史性的科學。換句話說，社會科學與自然科學的類似性很大，就只是主題不大相同而已。當然，這個問題所涉及的範圍相當廣，有機會還能做更深入的討論。

三、教授您好，就如同您剛剛在演講中提到的，目前是一個科學知識氾濫的時代，在這個情況之下，從事科學的人應該在社會上扮演怎樣的角色？（註二）

這個問題很像我們剛剛對科技與社會的關係所作的討論。簡單講，社會科學研究有兩種，一種是跟科技醫療無關的研究，它是用社會科學方法來作的研究，而另一種是從社會科學的角度來研究科技發展的研究。因為在這個社會中，科技和醫療會愈來愈多，深入我們意識的每一個角落，就

像我剛才所講的，它太重要了。所以我覺得是說，現代的科學家，在這樣的年代，必須擔負起社會公民教育的責任，要常注意科學的發展及新科技產品的產生，會對社會造成什麼樣的影響，以及，我們的科技教育應該朝什麼方向發展。在這樣的社會裡，我覺得我們需要更多從不同的觀點來檢討社會問題的人。

四、教授剛剛提到，科學知識可以預測，但是我們發現用生物景觀等現象作的預測往往比氣象預報更準，像是蚯蚓爬出地表代表可能有地震發生等等，請問教授對於這樣的說法有什麼看法？

科學知識不見得對所有的事情都能作準確的預測，心理學是一門科學，但是你能夠預測我的心理嗎？能夠預測到怎麼樣的地步呢？你可以說你知道我現在想什麼，可是你怎麼知道我會不會任

意改變我的想法？所以科學並不是對所有的事情都能作精確預測的。在我們日常生活中，我們的父母親或長輩，對居住的環境有很深的瞭解，這是一種日常生活或是個人知識，有的像是所謂的民俗知識。民俗知識是一種一個社區集體累積流傳下來的知識，往往很準，如果不準的話，在流傳的過程中往往就會被淘汰，而不會流傳下來。科學知識往往不見得能夠預測得很準，科學知識在實驗室裡預測得比較準，然而，出了實驗室之後，科學知識往往就不見得能準確。實驗室有個重要的意思是，它把很多其他的條件，把很多不確定的條件都隔離掉，所以實驗室的一個重要功能就是簡化條件，也就是說，一旦離開實驗室的預測就不準了。所以在這個狀況之下，人文環境的複雜度可能使得實驗室裡的科學知識不見得適用。

五、從營隊一開始的課程到今天教授所講的東西，都有一種很沉重的感覺，請問教授，為什麼會這個樣子？

你說為什麼會這麼沉重呀，我聽說E世代的年輕人比較不喜歡聽太多道德責任之類的東西，我今天講這些不是希望各位以後不要成為科學工作者。而是作為一個社會公民、一個科學家、一個普通的非科學家，我們都需要瞭解科學帶來什麼便利，又帶來什麼風險。科學家也很重要，以前的科學家，啟蒙心態的科學家，他們學的科學真的是好東西，但是他們很不能夠瞭解，社會上其實有更多的人對科學充滿質疑。我的大學同學、高中同學很多都是這樣，我們應該訓練一些後啟蒙時代的科學家，不要把科學當作萬靈丹，並且，要使其他的社會公民具有知識，也具備科學爭議判斷的能力，其實當代很需要這樣的科學家。我並不是說人文社會科學才是唯一的解決方案，要知道不是只有科學知識才算知識，在這種民主社會，可以互相溝通、互相規畫的科學家，才是我們這個社會所欠缺的。

六、請問教授，你覺得占星學是不是一種科學，占星真的能對人的命運做某種預測嗎？

其實你們知道占星學也是經過計算的，它算天上行星的軌道算得非常精確，為什麼要算行星的軌道算得這麼精密？因為你出生在哪一天，天上星體的運行也都有它特殊的位置與軌道，每一個時刻都不一樣，所以當然必須作最精密的計算，也因此，古代很好的天文學家也都是很好的算命學家。但是，只是計算並不足以成爲一門很好的科學，因爲我也做過中國古代在這方面的研究，過去對於這個問題有許多的討論，我覺得要評斷占星學的客觀性是一件非常難的事情，因爲占星學的對象是人和人世間的事物，它所涉及到的因素是遠遠超過科學所能控制的範圍，所以當你談到人的命運，有許多的因素摻雜其中，使占星學家或算命學家不容易在這之間作出正確的預測。其實占星學與天文學是同一種來源，天文學是研究天空星體的變化，占星學是研究天上與地上的關係，但後者

有其難度，當然也就使得占星學的預測無法那麼精確。

七、教授剛剛有提到，相較於人文學科，我們通常比較不學科學革命以前的所謂「舊」的知識，但是就以物理來說，愛因斯坦力學已經推翻了牛頓力學，但我們還要學牛頓力學，這是爲什麼？

雖然牛頓絕對時空的觀念今天是被拋棄了，但是在物體速度相較於光速非常非常小的時候，它的結果與愛因斯坦力學其實非常類似，而且牛頓力學的計算過程比較簡單，也因此我們把牛頓力學當作是入門的科學。今天我們討論科學哲學的議題，有所謂哪一個理論比較接近真理？但是今天我們接受科學教育的目的是什麼？是要知道什麼是真理，或什麼最接近真理的問題答案嗎？其實科學教育很大一部分都是希望讓大家學個好的工具，以後可以在很多工程問題當中發揮作用。至於這

個工具本身，就要看你的目的何在。今天我們學很多東西的同時，我們還學牛頓力學，就是因為，科學教育的目的最重要的一點就是實用性的價值，所以，雖然理論是錯的，但是在我們一般人會接觸到的領域，特別是在日常生活領域會用到的原理原則，它還是可以為人所使用、還是蠻管用的。這就是為什麼我們到今天還要學牛頓力學的原因。今天只能討論到這裡，希望各位多思考科學的本質，以及在這個科技社會中我們扮演什麼角色。

註釋

註一：這也是我在演講前預先給大家的一組問題：SARS 疫情剛才出現不久，我們馬上就在報上看到說，科學家已經把 SARS 冠狀病毒的基因「定序」出來了，那麼為什麼 SARS 疫情仍然這麼嚴重？為什麼仍然引起醫護界的恐慌與責難？從這裡，我們引出幾個相關的問題：

- 一、科學知識有多精確，它是所有知識中最重要嗎？
- 二、從歷史來看，科學與醫學的知識，好像一棵樹，它會發芽、變化、分叉、衰亡，這與一般科學教科書的說法有何不同？
- 三、高深科學知識的形成，是否只是象牙塔裡的知識，與社會文化的關係很小？

註二：綜合討論三至七並非逐字稿，而是謄寫逐字稿的助理針對同學的提問作簡要性的摘錄。