

淡江講座叢書④

科學、技術 與人類文明

吳大猷博士主講



淡江學院編印

淡江講座叢書④

科學、技術與人類文明

吳大猷博士主講

淡江學院編印

淡江講座叢書④

主講者：吳大猷博士
出版者：淡江學院出版部
發行人：姜文銘
發行者：驚聲文物供應公司
(106)臺北市永康街十二號之一
郵政劃撥一四六七五號
印刷者：驚聲文物供應公司
定價：國內新台幣20元
國外美金0.6元（郵資另計）
出版日期：中華民國六十五年八月

版權所有 • 翻印必究

序言

歷史進入知而後行的時期，凡事從知識而構成意象，從意象而生出條理，本條理而籌備計畫，按計畫而用功夫即可成爲事實。社會成爲知識的社會，世界成爲知識的世界，而經濟制度，已漸由知識經濟，取代了貨物經濟。高等學府原是知識的總匯，現在更成了生產知識、傳播知識、應用知識的中樞，這一無煙囱工廠的地位，駕乎有煙囱工廠之上。國與國間，強與弱、富與貧，事實上只是知識總和的差距。總統 蔣公，將教育與經濟、軍事三者視爲國力之源，而將教育列於經濟與軍事之上，實在是一種卓見。發展教育，提高學術的水準，實屬致國家於富強的捷徑，後來居上的良策。

在科學的羣衆的時代，學術上的特色，是變化迅速，成長率高。高等學府站在時代的尖端，應當掌握這一關鍵，提高學術水準，生產知識，責無旁貸。我主持淡江學院，爲了順應這一趨勢，時時以此自惕，時時想法達成。

如何提高學術水準？我們首先想到的是——遵照 國父的昭示：「恢復我一切國粹之後，還要去學歐美之所長，然後可以和歐美並駕齊驅。」因而我們以「貫通中西」作目標，以「容納衆流」、「一以貫之」，作爲我們的做法。我在五十二年發表的「淡江校風」一書中，曾藉解釋校名，說明淡江二字的三項含義，是「標舉溝通中西融鑄新學的雙重任務」、「揭示本院日進無疆繼續不斷的治學精神」和「

揭示本院容納衆長淡泊寧靜的處世態度」。在是書中我曾說：「『淡水河』在鐵路公路未開通前，是主要的交通動脈，爲進出海的要道，堪作本院溝通中西文化的象徵。同時納臺灣北部溪流，自淡水入海與發揚淡江文化，加入文化洪流的情形相似。」又說：「民主世紀的處世態度，於誠實專一之外，要有容納他人的雅量，看他人的技能和自己的技能一樣……就要學水一樣，水能溶解一切物品，像海一樣能容納衆流。」學校的一切措施，均以此爲方針，先紮下根基，再徐圖發展。

到了民國五十八年，自審基礎漸漸鞏固，能站得住、挺得起，歐美知識爆發的程度，像幾何級數般增加，我若再躡方步，差距會愈拉愈遠。生產知識的工作，刻不容緩，於是在申請成立研究所未奉准之前，先後成立中國文學、西洋文學、數學、建築、物理、化學、區域及教育資料科學等研究室，從事於生產知識的工作，並在五十九年開始的第二期四年計畫中，把研究、教學、服務三者列爲並行的計畫，我在計畫的說明中說：「科學進步，交通發達，天下猶如一城，高等教育站在時代的尖端，所面臨的不是一市一省，須適合國情，順應世界潮流。也就是說：本院的發展不僅要與國內的大學比肩，還要與國際的大學看齊。現代的大學的任務，已不僅是傳授知識，而是『研究』、『教學』與『服務』三者並重。第一期四年計畫，雖已注意到研究，但重心仍放在教學上，爲了適應國家社會的未來的需要，對於原有計畫，已試作若干改變，期作第二期計畫的先導。」如何改變就是從研究、教學、服務三方面並重入手，在這期間會出版不少與時代思潮頗具影響的譯著。

在民主的世紀，知識是社會共同創造的結晶，也是大家分享的資源。學術的研究，已不能自封於象

牙塔裡。也就是說，應當揚棄「十年窗下無人問，一舉成名天下知」的舊方式。同行與同行間，固須切磋琢磨，不同行的人，也要相互參證，切長補短，才能取精用宏。於是又興建會文館，作招待校外學人，以利交換研究心得的需要。自六十年起，乃由國內推展到國際，由個人的交換心得邁向到國際，每年主辦一種國際性的學術會議，先後舉辦了「國際比較文學會議」、「開發中國家經濟穩定會議」、「美國研究會議」、「亞洲圖書館合作會議」、「泛太平洋區域科學會議」等，在學術風氣的倡導上，發生了很大的影響。

六十四年 蔣總統崩殂，我淡江文理學院建築中正紀念堂，以資紀念，闢了一個現代化會議廳，深切體會到 蔣總統所昭示的「大學要講授，更要研究，要與各企業和機關的研究室取得連繫，而構成各種研究的中心」「專題與常識兼顧」之重要，特創辦「淡江講座」。經常利用會議廳作學術性講演，從專題的介紹着眼，藉以增進學術探討的水準，而達到生產知識、服務社會的目的。是項講座，分爲專題講座與定期講演兩種。專題講座，每年舉辦十次。定期講演經常舉行，均聘學有專精、而負衆望的國內外知名之士爲之。爲鄭重起見，並組織講座委員會，負責講座人選及研議有關事宜，由我親任召集人。專題講座的講稿，均予以出版，藉流傳而擴大其影響。以吾人之所知者，分享於社會，共謀學術水準的提高，致力於國家的進步、人類的光明前途，達成我們這一代人的歷史任務。

張 建 邦

民國六十五年三月十日

科學、技術與人類文明

目 錄

序 言

科學、技術與人類文明 ····· 一

科學的要義 · 科學與技術 · 科學、技術與文明

科學發展的目標 ····· 一〇

科學的範圍 · 我們發展科學的目標 · 我國科學的實況 ·

發展科學的目前要著 · 附錄——美國政府的科學政策及措施

科學教育與教學 ····· 二二

教育與人才培植 · 科學教育與教學 ·

關於教育及科學教學的一些擬議

科學、技術與人類文明

六十五年六月三日講

淡江文理學院邀筆者作幾個關於我國科學教育及科學發展等問題的演講。廿年來筆者對我國的科學發展，不僅關心，且在研訂政策及計劃上，負過若干職責，對這些問題有若干的認識和理想，對年來經歷亦有若干感想，想了些時，決接受這個邀請，藉這個機會，和同仁談談。

人類的文明發展史中，物質文明的部份，可以說遠比精神文明方面進展的猛速顯著，尤其是近世紀來爲然。我們以衣、食、住、行、醫藥健康以至精神娛樂來說，有人以爲我國幾千年前即有絲，和植物的纖維，現在也不過如此。但我們不要忘了絲織品在古代時祇是君主帝皇極少數人有之，直到三數百年前，「衣」仍不是隨手可拈來的東西。在目前則衣不再受絲、棉、毛的限制，人類乃解決了衣的問題。食的方面，由於農的科技——新品種、肥料等——的進展，至目前爲止的世界龐大人口，仍未有饑餓的問題。住的方面，我們已遠越過避風雨的條件而求舒適。行的方面，則昔日之舟車，進而爲今日之輪船火車汽車飛機。至若醫藥健康，則人類平均壽命，約倍於數百年前，目前仍在增長中。至若藝術享受，則今古音樂，世界名演奏家，可由唱片傳至每一家庭中。這些和其他數不盡的、構成人類的文明的成就，皆是科學技術的成果。我們都知道電力是工業的原動力，發電廠是電氣工程技術，電視、電腦是電

子科學技術，甚或知道核能可以發電。但很少人知道所有這些和其他的工程技術的基礎和來源，是所謂「純粹科學」——和這些應用原來無關的探索研究。我們人類全部的物質文明的根源，是科學！

我們看看人類的歷史。早期的大文化，如埃及、美索撥塔米亞、波斯、中國、希臘等，在近代都是工業落後的國家。而早期無甚文化的野蠻國家民族，如英、北歐、德、美等，現在都是工業的前進國。其原因很簡單，後者有科學技術的發展，而前者則無之而已。

一、科學的要義

筆者在下一文「科學發展的目標」中，將略述「科學」的意義和範圍。科學的具體形式及實質部份，是各部門的知識，但科學包括獲得這些知識的全部程序，如現象的觀察和度量，由此形成或建立若干觀念（基本的，及由此界定的觀念），觀察又度量結果的歸納和伸引，建立觀念間的函數關係（成爲定律）；新觀念的創立，實驗的構想和計劃，數學方法的採用及創展；以想像力創立理論（假設物理觀念間的新函數關係），根據邏輯方法作演繹，推論新的函數關係，以實驗測證這些關係以及其所由出之理論。上述的是科學探索求知求瞭解的過程，是很複雜的。其重要的特性係（一）客觀的觀察、分析，（二）創作的想像力，（三）邏輯的方法。我們可以看見科學和文學、藝術的基本不同處。

科學的要義是追求真理，開拓思想知識的領域的精神，從已有之經驗，尋求問題的解答的方法；他的特質是永在向前瞻望求進展，尊重理智的價值。科學需要自由探索、討論，不受禁忌干擾的環境，否

則便枯萎的。

科學的內容，如上文所述，不僅是「知識」，而是「知識與智慧」不可分的一體。片斷個別的知識，如缺乏了各種知識的融會關聯，則不構成科學。「智慧」可使「知識」成爲有機、有秩序。智慧不是固定不變而是與時增進的。

二、科學與技術

一般人士，往往將科學和技術籠統併而爲一。本文首段已指出科學與科學的成果——技術在人類物質文明的貢獻——的分別。茲再略申述一下。

科學家研究的動機，是尋求真理，是和實用無關的。茲以電磁學爲例說明之。電和磁學的研究，如早在第十八世紀末葉之庫倫定律（兩電荷或兩磁極間相互作用力與距離的函數關係），第十九世紀的 Oersted 的發現（電流對磁極的作用），Biot, Savart, 安培 (Ampere) 等定律（電流產生磁場），法拉第 (Faraday) 定律（變易之磁場產生電動力）以至十九世紀中葉之馬克斯威爾 (Maxwell) 電磁場理論，赫爾茲 (Hertz) 電磁波的實驗，皆係上段所述的研索，其動機皆與應用無關的。全部電磁學——至 Maxwell 理論爲止的階段——係所謂「純粹物理」的最好例子。

另有人研究，則是有應用的動機的。他們的工作，與純粹科學不同處，是從已知的基本科學原理知識爲出發點，求解有具體目標的問題。這樣的研究，稱爲應用科學研究。研究者的方法和過程，與純

粹科學無基本的不同，祇是動機不同，因而他的觀點、視野、態度亦不同。由於應用科學的研究，可引致所謂「技術」的發展，終乃達到應用上，規模大的便成爲工業，直接地影響人類的生活。

茲仍以電磁學爲例，應用法拉第的電磁誘導原理的發現，旋即發現發電機；應用安培定律原理，馬達即隨之發明。這些發現發明，引致電工業，改變了人類生活及社會形態。由馬克斯威爾之電磁理論及赫爾茲的電磁波發現，旋即有無線電的發明。由於電子及熱生電子的純粹物理研究，旋即有愛迪生早期碳絲電燈泡及後來朗格穆爾 (Langmuir) 的盛有氣體的電燈泡的應用研究，成爲目前的鎢絲電燈泡。

第二次世界大戰後，由於某些固體——所謂半導體——的純粹物理研究發現，進而作應用性的研究與發展，乃有目前革命性的電子工業，所謂積體電路，其應用由通訊、電視，而電腦、袖珍型計算機，在科學、技術、工程以至社會科學各方面的研究，開拓了新的領域。

物體（所謂黑體）輻射能在光譜的分佈的研究，是純粹物理的研究，但由此引致了一九〇〇年德國 Planck 氏的「量子論」的創立，爲其稍後之量子力學的基礎，成爲物理學的兩個基石之一（另一基石係相對論）。

原子是構成物質的單位，他的大小（「直徑」）約爲億分之一公分。原子的觀念，可以早溯到希臘，但原子構造及原子光譜的研究的大進展，是本世紀初期的事。物理學家研究這樣小的原子的動機，完全是求知、求瞭解，是純粹物理學中的「純粹」者。但由這些研究，引致了第廿年代的量子力學的創立。有了這所謂「突破」，在短短的十年間，我們對原子、分子及物質的構造，可以說有了完全的瞭解。

由此，化學的若干部門（如分子的結構、化學反應等）、天文物理（恒星的大氣、星雲的狀態、太空間的有機分子的存在等）皆藉之而得瞭解及進展。

如以為原子的研究，還不够「純粹科學」，則看看原子核物理的研究。原子核的觀念和證實，可以說始自本世紀第十年代初期的 Rutherford 的實驗和 Bohr 的氫原子光譜理論。原子核的大小（直徑）約為原子的十萬分之一。為了研究這樣小的粒子，英國和美國的物理學家，于第卅年代初期，發明及建造高能的加速器，這些純粹物理的研究，於一九三九年發現鈾原子核由中子引致的分裂，放出能量。這發現經連鎖反應的研究後，應用於核子彈的構造，結束了對日本的大戰。第二次世界大戰後，核能的研究，轉向技術、工程之發展，應用核能于和平用途。在世界能源問題愈趨嚴重情形下，核能（發電）的重要性，是無疑日增的。

上述的幾項——電的各方面的應用，電視、電腦、核能發電——都是我們日常享受或熟聞的，但他們的來源，是科學家的純粹為求知的研究，則是一般人所不知的。我們可以再舉幾個例，說明許多重要的應用，都起源於毫無實用的動機的研究的。

物理學中的熱力學，是古典物理學中一極重要部門。雖是他初期（第十九世紀的卅年代初）有引擎問題的影響，但熱力學第二定律，尤其是熵的觀念，是極「抽象」、理論性的。由于熱力學的發展，大大的影響了蒸汽機效率的改進，在「工業革命」上有極大的貢獻。又如在肥料及火藥的重要原料為硝酸鹽，在世界大戰前，其主要來源為智利的硝酸鉀。為求硝酸鹽的自給，理想的方法係從空氣中取氮氣，

使之與氮化合而成爲銨。這個所謂「氮的固定化」問題，初時甚爲困難，後來還是靠熱力學原理的研究和深入瞭解，使氮與氮化合反應，在極高壓力下進行而成功解決之。

一九一七年愛因斯坦爲前述的黑體幅射能的光譜分佈問題，創立誘導躍遷機率的觀念，這是純粹物理學。到了五十年代中葉，Townes 基于此觀念，產生所謂「雷射」作用，隨之是所謂「雷射」的建立。這些在實驗室的研究，經技術上的發展，目前已應用於工業（銲接汽車車架等）及武器上，其範圍仍在擴展中。

以數學言，矩陣代數，在第十九世紀末葉英國數學家 Cayley 氏發展他時，可以說是純粹數學中之純粹的。但在現代的許多工程、應用及純粹科學，如電機、機械、訊息科學、物理、量子力學等，矩陣代數已是日常應用的工具了。

上述的和其他學之不盡的例子，指出許多對人類文明有極大貢獻的技術發展，都是源自純爲求知，毫無實用性的探索。

爲了避免給予大家一個極端偏見，我們亦應指出若干的純粹科學研究，是由實際問題刺激引起的。最顯著的例子，是微積分的發明。又如微分方程式、偏微分方程式、變分法等理論的發展，是源自物理學的問題；傅立葉分析理論，是源自熱傳導的問題；機率數學理論的源始，多少與賭博有關。此外由實用的動機而引致純粹科學的發展者，如煉金術之於化學，曆算之於天文學，土地丈量之於幾何學等。在西歐的科學發展史中，我們可以看見每項問題的研索，一經開始，即不再囿于實用問題，而循第一節

首段所述的過程發展，成爲純粹科學，此點極爲重要。筆者以爲西歐的科學雖祇有三數百年的歷史而發展如此，我國二千餘年來有甚多的技術發明，遠早于西歐，而科學未得發展，乃我國偏重實用過甚，雖有發現發明，但未能脫離實用的視野，作純抽象的研索之故。

茲綜結上文：人類的物質文明，直接的是由於應用科學技術的發展，而科技的來源及基礎，乃係純粹科學的研究。我們所以這樣說，是因爲回顧一下，便知科學發展史中各種基本性的原理發現發明，沒有一項是出自有實用目標的研究的。筆者絕不是提倡我們都從事於無實用目標的研究，而是着重我們務須明瞭自由的不受束縛的探索的不可廢。實用性的科學研究，不僅是對國民社會建設所需，且亦可給予純粹科學以刺激與支持。而新的發現發明，新領域的開拓，則往往是不受限制之求知研索者所優爲之。應用科學與純粹科學二者是相輔相成的。

三、科學、技術與文明

筆者於下一文「發展科學的目標」中，將指出四項目標：(一)高深科學的研究及人才的培育；(二)應用科技的研究與發展，人才之培育；(三)社會對科學認識的提高；(四)政府對我國科學實況的認識及健全政策的擬定。文中對年來及目前我國對(一)、(二)兩項的着力比重，略有申述，而未詳論該兩項的比重優先問題。茲本文既對應用科學及純粹科學的關係舉了些例子作說明，故對此時論所注意的問題，擬再申述之。

(一)我國文明中的科學傳統

我國有些人士以爲科學「我國自古有之」，看了英人李約瑟大著「中國之科學與文明」而大喜，蓋其列舉許多技術發明，有早于西歐數世紀的，足證超於西歐也。然細讀該書，則甚易見我國的發明，多係技術性、觀察性、記錄性、個別性，而弱於第一節首段所述的過程，弱於抽象的、邏輯的、分析的、演繹的科學系統。舉例言之，我們有機械的發明，而從未能建立抽象的動力學原則；我們的光學有凹凸鏡影之觀察而未有物理光學（光波之觀念）；我們的數學有應用性的代數而無邏輯演繹的幾何學；我們有磁石的應用而從未達到定量性的磁作用定律；我們的哲學的中心是倫理，是人與人，人與社會的關係，而無如西歐的哲學。一般言之，我們民族的傳統，是偏重實用的。我們有發明、有技術，而沒有科學。這也是清季我們和西方接觸敗績後，很易接受西方物質文明的表面（機械、武備），而不知這些物質文明表面之下，還有科學的基礎的原因。

時至今日，我們社會人士，仍多不知物質文明的表面和他的科學基礎之別，如談到發展科學，便是祇指科學的應用。這在未受過科學訓練的人，是很難期望他瞭解的。好些年前筆者聽到一個實在的故事，加拿大的中西部一片千里大平原，昔日沒有樹木，教師要對未見過樹的小學生講解一棵樹，發現有想不到的困難。在民主制度下，欲求國家有健全的不偏的科學發展政策，則社會務必具有相當的科學水準。這是下一文中所說的第三項目標。

（二）科學、人文學與教育

我們不能分別科學與技術，但對人文學和科學則分野鮮明。我們文化的傳統，對人類本身及人類歷

史、文學、哲學、藝術等都有深入的觀察，但常慣于掩飾真理，對科學祇雜有幼稚的敬畏或罔視的態度。傳統是保守過去的知識和成就，科學則是向前進的拓展（近一世紀中，西歐的繪畫、雕塑、音樂開始脫離傳統的形式而解放，可謂漸趨理智的方向）。無疑的，人類已到了一個時期，務須有一個人文與科學合一的文明。國際間和一個國家內的問題，複雜萬端。負政府的行政、立法責者，不能再如傳統的，由沒有科學觀念知識者任之。社會須對科學及真正負責的科學家有較佳的瞭解，科學家亦須對社會傳播科學的知識。科學界與非學界間，務須溝通思想的交流，達到這交流之重要方式是教育。

教育的目的，不祇限於知識的傳授，尤其是高等教育，其主要任務是教導學生思考。在科學的教育中，不祇是為學生的研究，作狹窄題目的學位論文，或為其教書作準備，而是使學生獲得從事任何工作的基礎，為我們社會舊傳統加入新活力。在人文學的教育中，亦應使學生獲得科學的知識，瞭解科學的方法、科學的哲學、科學的傳統。習科學的，應在科學的真精神下，顧及人類思想、歷史、哲學等。我們中學教育的問題，是（一）教師的訓練，及其過重的負荷，（二）中等教育為傳統所束縛，改進甚不易。高等教育的重要責任是將人文學與科學間的鴻溝蓋接起來，我們的問題是教育行政當局及社會人士，須先在觀念上，繼在措施上，作若干大改變。我們不宜祇在表面上點綴，如在文學院加一、二科學課程，在理學院加一、二人文學課程，我們務先研討及認識我們的目的何在。

科學發展的目標

六十五年六月四日講

一、科學的範圍

談發展我國的科學，不妨簡單的先談「科學」的意義和範圍。

科學一詞，意是知識，這知識的形成的過程，是對事物的觀察、分析、歸納、思索、創想、求瞭解、求原理、創理論，更按演繹而推進、實驗、觀察、分析等等。這個過程是複雜的，綿續的，幾無止境的，是包涵客觀的、審辨的態度、邏輯的方法的。

我們目前學校科系課程中的物理、化學、生物等等，都是科學知識中的幾部門，科學並不止於這些部門的知識，科學的更重要一成份，係上段所說的求真理的精神和方法。這所謂科學精神和方法，不祇是指在研究科學時所應有的精神和方法，而係應適用於一般事物的精神和方法。

科學通常分為所謂基本的或純粹的科學，和應用的科學。從事於純粹科學者，其研究探求的目標，係事物的原理，與實用無關的。從事於應用科學者，其目標係解答現實的具體的應用問題，其方法則係運用已有之基本原理於這些問題。應用科學有時亦稱爲「技術」，故有「科學與技術」（或簡稱爲「科