

中華民國科學教育發展實況與展望

趙金祁 李田英 楊文金

國立臺灣師範大學科學教育研究所

壹、前言

自一九五七年蘇俄史潑尼克人造衛星的突然升空，刺激美國帶動自由世界群起推動科學教育改革運動以來，不容諱言，科學教育已成為世界性的共同事業，是促進與加速國家現代化的基本動力（註1）。

回顧這一段時間內科教的发展過程，不難發現，在演變的趨勢上，先後已歷經三個階段，反應了三個不同的重點，即：一九六〇年代，以富國強兵為目的與技術為本位的速成科學專門人才（註2）；一九七〇年代前期，以肯定價值準則為主旨及人性為依歸的擴大科學人文特徵（註3）；以及一九七〇年代後期，以求取人類生存條件為目標與生態平衡為基礎的強調維護自然環境（註4）；以及一九八〇年代，科教除在資訊蓬勃發展潮流中，藉助CAI、CBI、AI加強教學功能外，更以多元化生活圈相互回饋與融合，引領走向中庸生涯之全面落實（註5）。

由此可見，世界各國的科學教育，始終遵循力求改善國計民生，確立道德規範，以及保障人類億萬代基業的軌跡，不斷摸索，徘徊、與奮進。

世界各國為適應本身的條件與個別的需要，當然亦權衡輕重，自選實施重點而各行其是。譬如，已開發國家在科學教育上力圖囊括世界文明的資產，開發中國家的竭力爭取科技的經濟效益，以及未開發國家的專注自我衛護自然資源等，可見一斑（註6）。但是，萬端不離本，自由世界各國的科技步調在表現上容有時序的差異，而努力追求的目標却殊途同歸，莫不在各自的基礎上，以求取物質生活的富裕，人性的健全發展，以及生存條件的長遠維護。

由於科學教育发展過程中，強調的生存、人性、與物質等重點，恰巧為我國立國基

礎三民主義揭示的民族、民權、與民生所涵蓋；因此，科學教育的推行與踐履三民主義，原則上不僅相互契合，而且技術上亦可彼此支援，相得益彰。也就是說，我國的科學教育，自可在我國自己的基礎上，着手規劃，以發揚光大三民主義的建國原則。這樣，才能在適應國際趨勢下，經由解決我國的切身問題，而開創科教的坦途，進而達成邁向世界大同的理想。

我國三民主義對科學發展的要求，一般說來，在於發揚我國民族文化，恢復固有知能，俾便迎頭趕上時代，成為屹立不搖的現代國家（註7）。又因科學本身就是人類文化的一部分，其努力目標自不可能脫離人文企求的範疇。更由於科學教育發展過程中所顯示的陳跡，歷歷在目，因此，在「三民主義統一中國」國策領導下的科學教育，首先就當確定應以提高維繫民族命脈的人類價值，維護宏揚民權法治的人性尊嚴，與增進強調民生樂利的人生福祉為目標。

其次，在當前國家大力推動建設的前題下，就科學教育實施對象來分析，我國科學教育應著眼於全民科學金字塔的建立（註8）。顧及整個社會中每一層面的組成份子。

準此，對一般大眾之科學教育，應以培養思索觀念的科學化為鵠的，俾藉以養成全民日常生活科學化，人際活動科學化，以及物質享用科學化的觀念與態度，而達到科學精神普及一般大眾的目的。

有關技職人員之科教工作，則應在精益求精的前提下，冀其能嚴守敬業樂群的專業精神與維持國家科學發展的持續活力，以切實踐履支援尖端發展，服務一般大眾，造福全體人民。

至於處在尖端科學層面的科學教育，則應在專精的要求下，權衡輕重緩急，選擇當務之急，集中人力物力大力推動，俾在分工與團隊合作之共同努力下，一則提高文化發展主流中科學領域的品質，再則助長生產成品所需的技術發展與創新。

由於世界各國重視科學的探討精神，現代科學的定義早已脫胎換骨，另具嶄新的理念，成為一種急速成長中的世界企業，其內涵包羅科學概念、科學方法、科學態度等「三位一體」的實質（註9、10）。因此，我國的科學教育亦應在符合施教對象之需求外，有效掌握科學探討精神，而在每級科學教育課程與教學中，適當安排建立正確概念，熟練科學方法，培養積極態度等方面的科學教材與活動，方能事半功倍，有效達成科教的目標。

貳、我國中小學科學教育發展現況

自民國三十八年，中央政府播遷台灣以來，由於經濟迅速發展，人民生活逐年提高，政府對教育的投資也跟着逐年遞增，現教育經費之支出額，與國民生產毛額之比率，已超越百分之四以上（註11）。

我國中小學科學教育，自民國三十八年以來，已有很大進步。茲將我國中小學科學教育改進情形，依重大科學教育措施之先後次序，劃分為如下五個階段加以說明。

一、第一階段（民國三十八年至四十六年）

此一階段係着手研究改進我國中小學科學教育的初期階段。民國三十八年政府初遷台灣時，國小課程大致依據民國三十七年教育部訂頒之小學課程標準實施。該課程標準明定「自然」科為國小高年級即五、六年級的課程，內容分為自然現象、生活需要、和衛生常識三部分。至於其他年級之自然科知識，則合併於常識課程內教學。數學則列為中、高年級課程，低年級之算術則在不特定時間、內容、形式與進度下實施隨機教學。同時，自四年級起講授珠算課程（註12）。

民國四十六年，教育部邀請專家成立國民小學科學教育實驗輔導小組，編訂一至六年級國民學校科學教育實驗課程，實驗自低年級即試行教授科學課程，為課程之改進預作準備（註13）。

民國三十八年初級中學之科學課程，亦遵照民國三十七年教育部頒訂之中學課程標準實施。博物課程列為初中一年級課程，每週教學時數為三小時；數學列為一至三年級三個學年之課程，每週數學時數均為三小時；理化則列為二、三年兩個年級之課程，每週教學時數為四小時。自民國四十四年起，在減輕課業負擔的要求下，將科學課程中之理化一科，由二、三學年原訂之每週四小時上課時數，縮減為三小時（註14）。

高級中學部分在初期仍沿用民國三十七年教育部修正之中學課程標準，即數學三學年間之每週上課時數平均為四小時，物理及化學各一學年，每週上課時數為五小時。嗣於民國四十四年，將高中第二學年實施之化學一科，由原訂之每週教學時數五小時，改為四小時（註15）。

此一階段之科學教育教科書，由於時勢環境之限制，大都仍採舊有教科書。其間，或因出版書局之由大陸撤退來台，內部作業及版權等形成問題，或因應四十四年，部頒

之局部修訂條款之需要，曾經兩度改編。然在選材及教學方式上，可以說一仍舊貫，並無多大變動。一般來說，科學課程之實施，多半重視原理原則之介紹，事例之引證以及計算及問題的演練等（註16）。

關於提供科學教師參考之教師手冊，多半以學科問題之解答，並套用部頒標準中所列舉之教學方法及教學評量，作為手冊中之主要內容（註17）。至於中小學科學教育器材，則因陋就簡，並未嚴格要求統一設置，因而形成學校間甚大差距，學生之學習實驗經驗，亦因學校條件而有所差異（註18）。

中小學科學教師之師資訓練方面，分別由各師範學校及師範院校負責培養與訓練。師範學校之科學課程，在初期係根據民國三十三年六月部頒師範學校課程標準實施。旋於民國四十一年根據部頒修正之標準開授高中程度之數學、博物、化學與物理課程。三年每週總時數共計為十小時，其中數學為三學年課程，每週平均教學時數為三小時強；物理、化學及博物各一學年，每週教學時數為四小時。自然科教材教法合併在教材教法科目中實施，並未單獨設置科目教學（註19）。

有關中學科學師資之培養，初期由台灣省立師範學院負責，嗣於民國四十四年，由改制之台灣省立師範大學之數學、理化、博物系負責。而理化系與博物系，為因應事實需要，並分別劃分為物理組與化學組，以及動物組與植物組。

此一階段之師範學校科學課程，雖以高中程度為主，然一般開授情況皆略遜於高中之水準，且多數未能適當配置實驗課（註20）。至於師範大學培養中學科學教育師資之課程，則由民國四十五年部頒大學院校之必修科目表可知，與普通大學並無軒輊。大體上說，當時中小學合格師資對教學科學課程，在基本科學知識方面則綽綽有餘。惟由於新培養科學師資之人數，極其有限，就全部中小學來說，接受教育專業訓練之合格科學師資仍至為缺乏，尤以偏僻地區之情況較為嚴重（註21）。

民國四十三年，先總統 蔣公鑒於國際科學技術的驚人發展，與復國建國的迫切需要，明令推動發展科學教育，並定是年為「發展科學年」。教育部為全面積極遵行，乃成立科學教育委員會，負責科學教育之規劃推行與輔導研究等工作，使我國推展科學教育獲一有力支柱（註22）。

民國四十五年，復成立台灣省國民學校教師研習會，負責一般小學教師之在職訓練工作。小學科學師資之在職訓練，亦因而有一專責機構。同年，設立國立台灣科學館負責輔導中學以下學校與社會教育機構，進行科學教育事宜。

二、第二階段（民國四十七年至五十三年）

此一階段我國中小學科學教育進展頗巨，基礎大定。科學教育委員會成立後，得美援會，亞洲協會、及聯合國教科文組織的支助，乃於民國四十七年起，積極推展科學教育。教育部並於四十七年九月頒訂「發展中等學校科學教育計畫大綱」，作為中等學校科學教育實施之準則。

教育部於民國四十七年開始，配合國家長期發展科學教育計畫，為提高科學教師科學新知，及教學技能素質，在師範大學理化系選調中等學校物理教師三十四人，試辦為期三週之在職訓練。鑒於事實需要，嗣於四十九年，正式成立師範大學中等學校教師研習中心，使我國中學教師獲得一在職進修的常設機構，初期且以調訓數學科及自然科學教師為主（註 23）。

在瞭解台灣省中等學校科學教育實況方面，民國四十八年，教育部曾委託中國自然科學促進會，調查一〇二所高級中學，及師範學校之數學、物理、化學、生物等四科之教學及設備情形。結果發現，在數學科接受調查教師中，數學本科系之師範與非師範院校畢業者，僅佔百分之十三點五九；物理科僅及百分之四十九點二；化學科為百分之五十八點三；生物及博物科為百分之五十點七。在接受調查學校中，設置物理實驗室者僅百分之二十七點四；化學實驗室者為百分之三十二點五；理化合科實驗室者為百分之五十七點八（註 24）。

在增進教學效能措施上，自民國四十八年起，分別召開中等學校科學教育座談會及教學觀摩會。初期為數雖少，然對科學教育問題已逐漸蔚成研討風氣。這些會議大別有：科學科目分科教育座談會，實驗科學課程分科座談會、初級中學校長座談會、高級中學校長座談會及分科教學觀摩會等。此外，對選送中等學校科學教師出國進修，加強編製視聽器材，編印中等學校教育叢書，出版科學新知期刊，設置科學教育中心學校，充實高中及初中科學設備及增建科學館與實驗室等，亦均積極進行（註 25）。

此外，從民國四十九年開始，每年舉辦全國中小學科學展覽會；同時開辦中小學教育廣播，成立科學教育輔導團，設置國小活動科學教育示教車，編製中等學校智慧、科學、性向、人格及職業興趣測驗。同年十月間，組織實驗教材編輯委員會，撰寫初高中數學科及自然科學實驗教材，採用合科與分科編排方式進行測驗，實際了解學生對於各該教材之學習效果，以確定為學生開授各該科目時，應行採取的方式。在初級中學方面，數學教材包括算術、代數、幾何混合編輯之教材，與正常分化數學教材兩種進行測驗比較。在自然科部分合編初中博物、理化、生理衛生教材，以及初中理化教材，以便與分

化教材之教學相互比較。至於高級中學方面，數學科、化學科、物理科各分編自然科組與社會科組兩種教材，加以試驗與比較（註26）。

國小科學課程自民國五十一年起，將民國三十七年列為國校高年級的自然科，改列為中、高年級，亦即自三年級至六年級的課程。同時，力求教材一貫，以避免雙圓周教材編制，並與低年級之常識科密切銜接。至於低年級算術，又改回為定時教學科目，且將珠算改自五年級起教學（註27）。

民國五十一年，教育部根據實驗教材編輯委員會所編初、高中科學教材試驗結果修訂頒布中學課程標準，對初、高中科學教育之實施，側重新教材之增添，並注重各科目間之聯繫與配合。至於授課時數，則並無變動。惟為適應學生升學與就業之需要，對不能升學學生，放寬選修多種職業科目，以達到實用的目的，同時亦抑制升學主義之擴張。

惟高中數理科學課程標準，雖經公佈但並未正式實施。因當時教育部鑒於美國新科學教材次第完成，決定成立高級中學數學科及自然科教材研究編輯委員會，下設數學、物理、化學、生物四科小組。同時，與亞洲協會合作，選送科學教育人員出國，並搜集美國已出版之各科最新教材、教師手冊、實驗手冊等資料進行研究。嗣於民國五十三年，參照美國 SMSG 數學、PSSC 物理、CHEM 化學及 BSCS 黃版本生物，訂頒高級中學數學科及自然科教材大綱，正式大量引進國外數學與自然科新教材，在我國中學科學教育上實屬一次重大的改革（註28）。

在國小科教師資培養方面，五十二年修訂之師範學校課程標準，除數學增為三學年每週教學總時數為十六小時外，其餘均保持不變。又為適應實際需要，另開設算術科及自然科教材教法研究，以加強國小教師教學數學與科學課程之能力。同時，教師素質因師範學校之分別升格為師範專科學校，而有所改進。

中學科學師資之培養仍由台灣省立師範大學負責，惟於民國五十二年始，原理化系分為物理系與化學系，博物系改為生物系，且班級數亦大為擴充。五十學年度理化系、博物系，各增招一班新生，翌年，理化系復由兩班增為四班學生；又數學系亦自一班增為兩班，以充分供應科學師資。

同時，自民國四十八年起，師範大學理學院獲撥專款經費，添置實驗儀器及教學標本，對提高科學師資頗著功效（註29）。

民國四十八年至民國五十一年期間，台灣省各公立中學曾積極增添科教設備，如興建科學館四十座，自然科實驗室七十二間；購置自然學科實驗儀器設備二百套等（註30）。

民國五十一年度內，創設中華民國科學研究會，鼓勵學生進行有關物理、化學、生物、數學等各種研習活動，並由教師參與指導。初期研習會由中小學，以團體資格參加，嗣於民國五十七年改制由個人會員參加。研習會並發行「科學研習」乙種，按月出版，前後約計十年（註 31）。此外，台灣省教育廳亦成立科學教育工作小組，進行教學研究、教學觀摩、教學演示、教學討論，並發展研習會，推廣視聽教具，提倡新教材教法，解決疑難問題等工作。

民國五十一年國立台灣科學館改名為國立台灣科學教育館，其重點工作為推行台灣省區通俗性科學教育，以提高全民科學素養。

此一階段政府為適應世界潮流，一方面撥付較多經費，創導各種科教改革計畫與措施，另一方面又商得科學教育計畫項下美援單位、聯合國教科文組織，以及亞洲協會之支助，推行科學教育。顯然這一階段的工作，為我國中小學科學教育的改進建立了相當的規模，並奠定穩固的發展基礎。

三、第三階段（民國五十四年至五十七年）

民國五十四年開始，我國高級中學逐年推出數學科及自然科課程的新教材。教育部為籌備實施新課程，在兩年前，即邀集專家着手研閱美國數學 MSG、物理 PSSC、化學 CHEM-STUDY 及生物 BSCS 等新教材。對新教材之內容及編輯精神，設計原則等提出心得報告，詳加討論；並斟酌國情，去短取長，另編訂高級中學各科科學教材大綱，作為民國五十四年編寫數學科及自然學科新教科書之依據。

早期所編成的高級中學數學科與自然科新教材（註 32），大致都具有如下特徵：（一）多半參照美國由純粹科學家主持設計完成之課程，故內容着重在教材的現代化，強調學科理論結構與科學探究過程，而忽視實用技藝。（二）重視學科邏輯結構，廢棄以往舊教材中描述性的瑣碎知識，在基本上力圖避免學生以強記，背誦方式學習科學。（三）內容的組織與層次嚴密，側重現代化科學概念的 formation，且因呈現時，由系統化思考引伸至尖端論題，具有鼓舞學生自我發現與創新經驗的作用。（四）強調科學探討過程，故教材的呈現，大都循事實說明以至原理原則的推展，不再像舊教材，僅作平鋪直敘之處理。（五）重視實驗室的功能，並且主張實驗不應為教科書印證的步驟，而是提供機會磨練科學探究的能力，和解決問題的方法。（六）重視師資訓練，以二至十七週班級，全面調訓科學教師，溝通新教材的基本概念，研習新教材內容與熟練新教學方法，以增進科學教師革新教材教法的能力。

至於新編科學教材之缺點約可歸納爲：(一)、過份講求學科知識體系，摒棄大部份與生活有關的實用知識，使教材內容與社會間缺乏緊密的關聯性。(二)、教材內容局限在學科本位上，探討愈深，與人文愈無關聯；且教材抽象度偏高，難爲一般學生所接受，尤以數學方面最爲顯著。(三)、科際配合與銜接上，由於每門教材的編著，皆獨自作業，編著者偏重本位觀念，缺乏科際間相互的配合與銜接。(四)、教材內容重視結構、層次、程序，顯然忽視學生個別差異。(五)、在學生學習評量方面，專注智育範圍，對學生的學習興趣，價值觀念和態度培養，殊少涉及，且無可用之評量工具。也因此使得大學聯考命題偏向學科概念，並使坊間升學指引大行其道。

至於後期出版的自然科教科書，由於編著浸淫的環境影響，多少偏離上述特徵（註33）。然而，基本上仍未脫離原有窠臼，亦即受美國原有版本思想路線左右，惟教學方法，則在採用新教材之初，因遷就大學聯招的緣故，跟美國新教材所要求者，即大相逕庭。

在高中物理、化學、生物等學科之實驗方面，原則上係根據美國所編製的實驗教材，改編成我國高中實驗手冊。然爲適應我國學生歷來習以爲常的實驗方式，規格上已偏離要求學生扮演科學家，從事實驗，以發現與探討科學原理的教學方式，而以印證教師講授內容爲主。至於實驗用儀器與設備，初期因籌辦不及，且受學校經費之限制，僅作小幅度的變動，自難普遍採用。

直到民國五十五年開始，在政府鼓勵下科學教師根據教材，設計仿製各科美製科學教學器材成功，因價格低廉而又實用，才由各校大量購置，或由地方教育單位統購，免費轉供各校使用。這些科學教學新器材包括PSSC 物理實驗儀器、生物切片、幻燈片、數學掛圖、數學模型等。至於化學設備，多屬玻璃器材，故供應困難較少，學校亦較易於購置。此外，因各科新教材係按生物、化學、物理之次序，編排爲一、二、三，三個學年的課程，故在正式推出新課程實驗科目時，已不至因器材的短缺，耽誤學生實驗過鉅。

在養護與裝備新教材實驗儀器方面，民國五十八年起，由國立台灣師範大學調訓實驗室管理員，並自全省高級中學中挑選設備較齊全之三所高中調訓有關人員，舉辦實驗儀器裝備及養護研習會，傳習必需之知能（註34）。

台灣省教育行政當局爲有效推動新科學教材，除繼續召集公私立學校校長，舉行座談，說明新教材內容與實施步驟外，且爲解決採用新教材造成教學上不易解決之疑難問題，或發生非一校或一教師所獨有之問題，乃商請國立台灣師範大學有關科系成立疑難

問題解答小組，協同解決科學教師在教學上遭遇之實際困難。初期，並出版疑難問題彙編一種，分發全省各中學供授課教師參考（註 35）。

由於各校之科學設備參差不齊，師資素質懸殊，為收示範觀摩以宏科學教育效果，教育廳亦責成前經指定作為地區科學教育實驗中心的六所高中，協助支援各該地區內高中及初中之數學及自然學科教學實驗，並搜集各地區之教學實況資料，共同研究改進。初期，中心學校輪流負責主編中學科學月刊一種，報導各區教學實況與心得，並介紹科學新知等供應各校參考。

由於高中新編科學教材中，部分翻譯名詞與舊教材不盡相同，教育廳乃選定四所科學教育實驗中心學校，分別整理數學、物理、生物、化學四科新教材內出現之中文譯名。凡一名詞而有數種翻譯名詞者，均一一列出，並轉請教育部，擇優公佈以資統一。

此外，如繼續保送教師出國進修或參觀考察，出版中學科學教育叢書，辦理閉路電視實驗教學，舉辦教學觀摩會，舉行教師分區座談會，推動野外科學教師研習活動，推廣科學教育研習會，續辦科學教育展覽，加強科學教育，工作小組輔導業務等實際措施，不但項目增多，內容亦較充實（註 36）。

民國五十六年六月二十七日，先總統 蔣公在國父紀念日會上鄭重昭示：「我們要繼續耕者有其田政策推行成功之後，加速推行九年義務教育計畫」。復於同年八月十七日正式頒佈命令：「茲為提高國民智能，充實戡亂建國之力量，特依照動員戡亂時期臨時條款第四項之規定，經交動員戡亂時期國家安全會議第二次會議決定：國民教育之年限，應延長為九年，自五十七學年度起先在台灣及金馬地區實施」。於是實施九年國民教育的政策乃告正式確定，而各項準備工作，乃在民國五十七年前一一展開。

當時訂定的國民中學教育目標在於「繼續國民小學之基本教育，發展青年身心，陶冶公民道德，灌輸民族文化，培育科學精神，實施職業陶冶，充實生活知能，以養成忠勇愛國，德智體群均衡發展之健全國民，並奠定其就業或升學之基礎」。由此可見，國民中學教育，一方面在繼續發揮國民小學教育功能，另一方面在奠定高中高職教育之基礎，遂行分化教育之準備工作，並以養成熱愛國家之健全國民為要旨（註 37）。

由於九年國民教育實施之需要，國民小學及國民中學的課程標準乃於民國五十七年由教育部重新修訂公佈，採取九年一貫之精神，原則上並遵照先總統 蔣公昭示，以加強民族精神教育，生活教育及職業陶冶為重心。

在國小數學方面。五十七年頒佈之課程標準強調發展兒童思考及組織之能力，酌採代數方法解決問題，並擴大認數的範圍。同時，增加各年級基本集合觀念之介紹，刪除

不必要之計算，並提前在三、四年級實施珠算數學（註38）。

至於國小自然科之修訂課程，由於引進甚多新穎觀念，較原課程有甚多突出之改進。

國民中學的數學科部分的授課時數為三學年，每週授課時數三至四小時。編輯內容則要求適應世界潮流，配合我國國情等原則，並明定以一九六〇年後美國所出版之權威著作如SMSG數學教材，作為重要參考資料（註39）。

國中理化與博物部分則將原有理化與博物合為自然科學，國中一年級講授生物，二年級及三年級講授物理與化學，取消生理及衛生課程，將其併入健康教育課程內實施。國中一年級生物課程，每週教學時數包括實驗共三小時；化學與物理教學時數包括實驗均為每週各兩小時。

事實上，此次公佈之國中課程標準中，雖然以自然科學之統整學科名稱涵蓋博物、物理與化學，然正式授課則仍以分化之學科名稱分年實施，並未見統整科學內容之正式開授。

民國五十六年政府為加速建設現代化國家，特成立國家安全會議科學發展指導委員會，以期從國家之長期目標及全盤觀點，釐定我國科學政策及計畫，奠定我國科學基礎。科學發展指導委員會的主要重點可分為三大方面：即科學教育、科學研究、及配合經濟建設之科技發展。同年秋，行政院將國家長期發展科學委員會改組為行政院國家科學委員會，並增加其任務，策劃推動中小學科教工作。

綜觀此一階段我國科教工作，因國民教育之延長及國家發展科學機構之新設置與改組，曾帶動甚多新措施。科學活動雖大致仍循第二階段列舉之項目推動，惟大多經充實或予改進。又民國五十六年台北市改制後，教育經費增加，使台北市學校之科教設備更為充實，對科教之推廣頗多助益（註40）。

四、第四階段（民國五十八年至六十九年）

自民國五十八年起，我國中小學科學教育之推行，在組織上已有專責機構負責。在計畫方面，長期計畫之擬訂及修正事項由科學發展指導委員會負責；年度工作進度及預算之擬訂則由教育部，台灣省教育廳及台北市教育局負責；工作計畫之推行及工作進度之考查事項則由國科會負責；期中及年終工作成果之考核及整理報告事項，則視其性質分由科導會及國科會負責辦理。

在科學教育方面，科學發展指導委員會擬訂之十二年科學發展計畫，第三章明定其實施要點，自五十八年度起實施以迄六十九年止，共分三期進行。該計畫重點在加強中

小學科學課程、師資、設備、教學、評量、及推行社會科學教育。此一計畫內容較教育部四十七年所訂之「發展中等學校科學教育計畫」更為週詳。至於各項工作之推行，曾作頗為明確之分工，有關各級學校科學課程教材之擬訂、研究，中小學科學教師之選派出國進修考察，以及教學實驗設備標準之擬訂等，均由教育部負責。各級學校科學教師之培育及在職教師進修，中小學科學教師之研究獎助，教學及實驗設備之充實，以及中小學理科教學之輔導改進，學生科學活動之指導，科學教育刊物及學生讀物之編印，科學展覽之舉辦，社會科學教育之推行等事項，則分由教育部及省市教育廳、局負責推動。行政院國家科學委員會着重在工作計畫之策動、執行、考查，師資培育機構科學教師之出國進修，國外學人與專家之羅致延攬，科學教育新方法之倡導，精密教學儀器之研究與委製，以及科學研究資料之提供等事項（註 41）。民國六十一年國科會將推動科學教育經費移轉教育部後，國科會科教工作範圍亦隨之縮小。

在此一階段的國小科學課程方面，教育部自民國五十九年開始，委託台灣省國校教師研習會辦理國小自然科及數學科課程實驗研究，並經指定全省各地區實驗學校四十八所自一年級開始逐年從事實驗研究，以冀貫徹五十七年修訂公佈課程標準中，列舉之革新項目（註 42）。同時，亦舉辦教師研習會，製作實驗教具，實施評量輔導，俾更能突出注重科學思考，啟發科學興趣，培養科學態度，強調觀察、實驗、探究等特點。該項實驗工作自開始迄今已完成編印參考資料，實驗課本及教師手冊等數十種，製作實驗教具數百種，並舉辦師資訓練及座談會約千餘人次，其間曾對實驗研究結果詳加分析，教育部並根據需要於民國六十四年再行修訂公佈國民小學課程標準，並自六十七學年度起全面推行此一科學課程新教材。此種課程編訂方式對中小學科學教育之革新，影響至鉅（註 43）。

教育部為配合國中新課程標準之實施，於民國五十八年指定全省各區實驗國中廿四所，辦理自然科及數學科新教材之實驗研究。根據實驗結果，於民國六十一年修訂國中課程標準（註 44）。自六十二年起為配合國小新科學課程之實驗，教育部復委由師範大學理學院從事國中科學課程研究，先搜集各國初中課程教材資料加以比較，並編訂課程綱要，以合科方式編輯實驗教材。嗣於六十三年在師大增設科學教育中心，該項工作便由科教中心接辦，並於六十四年在永和國中進行試教。近來更進一步指定實驗國中十所進行實驗教學工作。該中心先後編印完成參考資料及實驗教材，教師手冊等供編著國中新課程教材之參考（註 45）。

在高中課程方面，民國六十年教育部修訂公佈高級中學課程標準，除將地球科學增

列為自然組必修科目外，並改訂數學課程以消除窒碍之處（註46）。民國六十一年委由師大理學院各系從事各國高中科學課程之比較研究；同時，並委由高級中學對國內各版本科學教科書作比較分析。教育部為了解課程實施狀況，於民國六十五年亦舉辦高中校長分區座談會，針對高中課程、教材、教法提出改進意見，作為修訂課程之參考，且為使高中科學課程與大專學校及國中課程能上下銜接，科技間更具聯繫起見，由教育部委任師大科學教育中心組織高中科學課程諮詢委員會及研究小組，對高中數、理、化、生、地球科學各科課程教材，作全面研究改進，商討課程結構模式，提出課程教材大綱。此項工作已於六十七年二月完成，並自三月開始進一步編輯實驗教材，從事試教及修訂作為今後改進之藍圖（註47）。

教育部於民國六十一年修訂師專科目表，除一般科目外，增設第四學年及第五學年共同選修科目與分組選修科目。數學、物理、化學、生物等課程，除列為前三年之必修科目外，同時列為四、五年級之分組選修科目，顯然科學知識科目獲致加強與加深，甚至有提升到大學一、二年級課程程度之趨勢。民國六十七年，教育部頒佈師範專科學校五年制普通、音樂、美勞、體育等四科課程標準。數學科與自然科學學科之講授時數減少，另增數學史、科學史、數學教具製作、自然科教具製作、數學課程編製、及自然課程編製等科目各二學分，使分組教學漸具統整科學課程之端倪。此外，音樂科、美勞科，及體育科皆增開自然科學概論之學分。

教育部於民國六十一年頒訂大學必修科目表，減少畢業應修學分總數為一二八學分，惟師範院校科目另加列必修教育學科二十六學分。民國六十六年復訂頒更新之大學必修科目表，師範系統之數學、物理、化學、生物、地球科學等系組科學科目，亦開始配合中學課程，而具有統整趨勢。

在科學課程設備方面，教育部先後於民國六十一年公佈國民小學自然、數學科設備標準；民國五十九年公佈國民中學暫行設備標準；民國六十二年公佈高級中學設備標準，以資劃一各學校之科學設施。

在科學師資之培育，進修及獎勵方面，教育部及國科會為提高科學教師素質，改進教學方法，在此一階段內，曾選送中小學科學教師及科學教育行政人員赴美、日、韓等國考察進修，前後共約一七〇人以上。此外，亦曾舉辦中小學科學教師在職進修。國民小學科學教師之在職進修，由台灣省國校教師研習會辦理，前後參加數學科及自然科研習會之國小科學教師二、二〇〇人以上，另外尚有一千多名國小教師參加科學課程教材實驗工作，並從中吸收科學新教材中的概念與方法。中學科學教師之在職進修則由國立

台灣師範大學、高雄師範學院、彰化教育學院及有關大學負責辦理數學、物理、化學、生物、地球科學等研習班，以進修二十學分之專門科目，每年參加進修人數約為五百人至八百人，本階段初期因適逢實施九年國民教育，國中科學教師需求孔殷，全國國中每年約需增聘科學教師總數約為二千人。因此，除在暑期辦理教師職前訓練主修二十學分之教育科目外，對於非相關科系之科學教師，另施予二十學分之專門科目訓練。此外，為加強高級中學地球科學師資，教育部曾委託國立台灣師範大學，舉辦地球科學教師專業科目訓練四期，每期約八十人參加。同時，亦委由省立嘉義高中辦理地球科學教學改進之研究。自民國六十三年起，省、市教育廳、局委託國立清華大學，國立台灣師範大學等校舉辦數學、物理、化學、生物等科教師暑期碩士學分進修班，每年參加人數約在二〇〇至四〇〇人，經修滿規定學分後，其教師資格及待遇得比照碩士學位人員辦理（註 48）。

為提高師資素質，瞭解教師實況，教育部亦曾委託學術機構從事各項調查研究，先後舉辦中小學教師態度及能力之調查研究（註 49）。並進一步由優良教師品質及態度之分析，推斷師範生應具備之基本能力，此外，對師範教育制度曾作比較研究，以為今後改進科學師資培育之參考。民國六十六年後委託國立台灣師範大學教育系，及教育研究所全面推估，六十六年至七十一學年度國中數理學科教師需求量，以為釐訂師資培育計畫之參考（註 50）。

教育部為鼓勵中小學科學教師從事研究，創作及發明，並獎勵對科學之優異貢獻，自民國六十五年度起，設置中小學科學教師研究獎金，該項獎勵共分特優、優等、中等、乙等四類名額，逐年獎勵績優科學教師。第一年度獲得獎勵教師便多達四十八名。

國科會為改善師範院校科學師資，在此一階段內繼續選送師範院校教師二十餘名出國進修，或考察科學教育。同時，自民國六十五年度起，先後曾延攬國外有關科學教育專家多人前往有關院校任教（註 51）。

改進中小學科學教學方法，旨在啟發兒童科學興趣，培養科學態度與習慣，以及奠定青年學生進修分科學習之基礎。近幾年來，我國國小自然科及數學科教學，係依據新教材之精神，特別注重學生活動與實驗，將過去以教師，課本為中心之注入式教學法，改為以學生的觀察為中心之注重思考、探究、創造等活動，故在編序教學，作業改進，評量研究，以及兒童科學書刊等方面有所加強。國中自然科教學，則推廣現代啟發式科學教學法，如指導冬令及平時之野外研習活動，編印科學教學資料方面，特別予以加強。國立教育資料館曾編印國民教育科學教學資料叢書一百餘冊供科學教師參考，除外也

曾編製國中自然科學掛圖及教學幻燈片，錄製國外科學教育影片國語聲帶五十餘部，以加強國中自然科學教學。中華電視台亦接受委託製作國中生物、化學、物理、數學電視教學影片各乙套，配合教學定期播放，以加強教學效果。高中科學教師并辦理個別化科學教學實驗，舉辦數學、生物、化學、物理、地球科學教學觀摩會。同時由省立嘉義高中，舉辦高中地球科學教學研討會，新竹高中製作地球科學，生物等科學用彩色幻燈片，供各校教學之用。師大科學教育中心也出版「科學教育」月刊，并成立科學教育輔導小組，協助解決教材教法上之疑難問題（註52）。民國六十五年起，師大物理系連續三年試辦高中學生物理研習會，以推廣新式教學方式，并提供各級學校進行科學教育教學法之改進建議（註53）。

在適應學生個別差異及特殊資賦優異學生方面，除實驗資優班教學措施外，更於民國六十八年起根據科技方案辦理國民中學特殊科學才能學生寒暑期研習班，委由各大學及獨立學院辦理。

發展科學教育有賴科學教學設備之充實以提高效果，而充實中小學教學設備乃地方主管教育行政機關之主要職責。這一階段台灣省教育廳及台北市教育局每年均編有較充裕的科學教育經費，補助各校興建科學館或實驗室，并充實實驗教學所需設備。國民小學方面，并由各縣市政府編列配合預算，以對等方式補助各校充實科學教學設備。此項設備經費每年約五千萬至八千萬之譜。自民國六十七年度起省市教育廳局另編額外設備經費每年約四千萬元作為製作小學新教材所需設備及教具。教育部為充實各校設備，經於六十四年訂頒「充實中等學校及國民小學科學教學設備實施要點」一種，規定由學校擬訂充實科學教學設備計畫，依各校實際需要以採購、自製、集中製作、統籌自製或建教合作等方式，分年充實各科設備，以期達到課程標準所規定之基本要求。國科會之精密儀器中心，并接受省市教育廳局之委託，為中小學科學儀器從事修護服務。該中心自六十六年起每年承製六百倍教學用顯微鏡，及顯微投影機共二百五十架供各校使用。今後亦將繼續研製反射投影機等視聽教育設備，以改進科學教學（註54）。

在科學教育評鑑及學習成就評量方面，六十四年度起由教育部辦理師範院校之數學、物理、化學、生物等系之全面評鑑工作。惟因採用評鑑標準與一般大學大致相同，故未能顯出師範院校之特徵。專科學校方面已完成師範分科學校之評鑑工作（註55）。台灣省教育廳於六十五年度已辦完全省高級中學之科學教育評鑑（註56）。教育部自六十七年度起，開始進一步陸續辦理國民中學之評鑑。各該項評鑑之主要目的，除了解各校科學教育實況外，并根據評鑑結果作為修訂課程，改進教學與充實師資設備，以及

審核師範院校增班設系，核定招生名額之依據。

學生學習成就之評量乃考查學習結果，與診斷教學效能之重要方法。為改進評量工具，國科會曾於六十一年委託省立教育學院進行研究，嗣經師範大學科教中心接辦，從事國中數學、物理、化學、生物四科學習成就評量方法之改進工作。現經編竣國中自然科，偏重智性方面之學習成就評量手冊共十六冊，并已分發國中科學教師參考（註 57）。至於高級中學之評量工作，則注重成就評量與青年輔導之配合，故由教育部正式成立高中學生輔導及評量工作小組，編製智力、性向、興趣等心理測驗，及國、英、數等成就測驗各三種，冀以測驗結果，作為輔導學生性向發展及升學就業之依據。同時建立高中試題題庫，以研究改進高中各科命題技術。此外，為發展中學評量工具，鑑別中學生科學才能已委託師大教育研究所研製五種測驗，作為衡量與鑑別科學創造才能工具，以發掘科學人才，便利達成適才適所之教育目標（註 58）。

在推行社會科學教育方面，曾推動科學電視節目，傳播大眾化科學新知，俾消除民間「科學文盲」，提高民衆的科學素養。中華電視台也曾接受委託，在星期日教學節目中播放以現代科學知識為內容之民衆教材，同時亦曾製作以兒童科學研究為主的小小科學家節目，每週定期播映。

省立台中圖書館科學教育中心，曾不斷邀請科學專家講演科學新知，並放映科學影片，舉辦科學問題討論會，出版科學季刊，以引發民衆的科學興趣。

國立台灣科學教育館每年續辦全國中小學科學展覽會一次，得獎作品於每年三月二十九日起在該館公開展出一週後，並分送各縣市社會教育館，作巡迴展覽。該館對歷年展出優秀得獎人，並曾試作追蹤輔導，以達成科學教育的目標。國立教育資料館亦利用視聽教育專車巡迴至各地放映科學教育影片，推廣科學教育資料（註 59）。民國六十六年，教育部創設青年研究發明獎助計畫。次年國立清華大學創辦地區大專院校科技社團創作成果展。

科學教育專案計畫及加強行政設施工作，係由國科會、教育部、教育廳、局，及有關單位共同推動。自六十一年起，國科會逐年將科學教育專案補助經費移列教育部，以增強教育部推動，輔導及補助各單位推行科學教育之功能。國科會則負責加強聯繫，協調與追蹤考成之工作。六十三年度後，科學專案補助經費增列為一千三百八十四萬元，並移列國立編譯館編譯大學用書及世界名著經費一百七十二萬元。教育部為此特成立科學教育專案審查小組，以統一申請集中審查方式，擬訂審查原則，並根據年度重點需要，核定專案補助計畫。自六十三至六十七年度五年內，經補助之專案經費共達六千九百

二十萬元（註60）。其中包括國小教師職前訓練中之科學實驗研究，資賦優異學生研究，師資能力調查，特殊兒童數學能力研究，社會各界要求國中課程內容與範式調查，中學生創造才能研究，以及涉及課程各方面之研究計畫等。

科學教育之推行必須注意連貫，整體、機動等特性，且應有適當之行政措施予以配合。以往各級單位實施科學教育，係依據科學發展指導委員會於五十八年所訂十二年科學發展計畫第三章明文規定。嗣以民國六十五年，教育部經邀請專家及有關單位，研討科學教育整體計畫一種，六十六年至六十九年，分年詳列實施目標，要項及各單位工作項目與經費需要等，作為各級政府實施科學教育之依據。教育部又每年舉辦協調會議，協調部、廳、局科學教育政策，年度施政及年度預算。同時，並加強科學教育行政組織及分工職能，劃分各級政府及學校辦理科學教育分工原則，規定教育部、省市教育廳、局、縣市教育局，及中小學校辦理科學教育之重點工作，以謀彼此聯繫配合，發揮統整功效（註61）。惟整體計畫甫經推出，教育部精簡組織，正式裁撤了科學教育委員會，對科學教育措施之集思廣益與機動運用，不無影響。

中學科學師資之培育方面，曾先後在省立高雄師範學院增設數學系、物理系，及化學系，每學年招收一班學生；在彰化省立教育學院增設科學教育系，分數學師資組、物理師資組，及生物師資組，每學年各招收一班學生。高雄師範學院上述三系之課程，一般而言，仍循師大各對等系科方式發展，而彰化教育學院科學教育系，則配合科學教育之潮流，以統整相關課程方式，培養國中之科學師資。

國立台灣師範大學，除增設科學教育中心外，並先後增設數學、物理、化學、生物研究所，以加強高中師資為目標。其中，數學研究所又分數學組及數學教育組。其他三研究所，則仍循一般大學之研究所發展方式，專注學科本位之教學，在師資培養上並無特色。又六十五年，為增強高級中學地球科學之教學，在師大物理系增設地球科學組（註62）。嗣於六十七年因預算關係停止招生一年，六十八年度起恢復招收一年級新生，以達成完全科組，而收長期培養中等學校地球科學師資之效。

綜觀此一階段我國中小學科學教育改進工作，在制度上已漸趨完整。教育部科學教育委員會在六十六年，基於精簡要求而裁撤，但不旋踵間於六十八年恢復成立科學教育指導委員會，六十五年起，科學教育決策單位開始運用經設會發表之各級教育量的發展推計資料，為此一階段一大特色。

民國五十七年開始實施延長義務教育，國民中學數量驟然擴增，科學師資之需求量一時失去平衡；師資之素質亦呈降低，根據行政院研究發展考核委員會，民國六十七年

五月所發表之國民中學教育實施成效之檢討與改進的結論，國中各科師資中，以國文科最優，社會科次之，自然科及數學科較差。在非師範院校畢業科學師資中，僅具專科學校畢業以下學歷或資格之教師，竟然高過三分之一，不僅有碍科學教育之專業化，且嚴重影響國中科學教育之成效。

在地方教育措施中，台灣省教育廳曾公佈方案，規定科學與人文必須相輔相成，并行不悖；科學教育的推動應植基於社會問題的解決與生態圈的維護，其實施目標則應以維護人性尊嚴，提高人類價值，與增進人生福祉為主旨（註63）。惟實際推行之科教項目，未能盡如理想。因此，此階段教育廳局科教工作，多半仍沿用第二階段教育部所頒訂的科教工作模式進行，只在技術上有若干創新與改進。其中較突出之科學教育措施是設置示範國校，建立輔導體系，進行教學實驗，如推廣閉路電視實驗教學，試驗啟發式教學，個別化教學，協同教學等實驗研究。雖然研究成果未見普遍推廣實施，但確可反映已有心利用科學學科教學法之改進，以提高學生學習科學之興趣與能力。

此外，台灣省教育廳首次完成公立高級中學科學教育評鑑工作，從而獲致充份真實資料，得以評定我國近年來科教之實效。

五、第五階段（民國七十年迄今）

一九八〇年代以後，中華民國的經濟發展與工業的升級，已使台灣的社會由完全的農業社會進入工業社會。隨著資訊的蓬勃發展，使台灣加速其國際化的腳步。為了配合經濟的持續發展、精密工業的升級，科學教育的主要目的在於加速基礎科學的落實、本土化之科學教育的學術研究、以及國際科學教育之學術的交流。此一時期之科學教育活動的特點可分為四大類：即科學教育學術的發展、中小學科學課程的研究、科學師資的培育、及科技與社會之科學教育等。茲分述如下。

就科學教育學術的發展而言，首先於民國七十二年將國家科學委員會的科學教育組擴大編制為科學教育發展處，成為我國最高的科學教育學術行政的單位。此舉不但進一步植基科學教育研究的基礎，也說明了政府部門與大眾對科學教育的重視。隨後於民國七十六年分別在國立臺灣師範大學設立科學教育研究所博士班及彰化教育學院成立科學教育研究所碩士班，又於民國七十七年於高雄師範學院成立數學教育研究所，培育科學教育的人才，藉以落實科學教育的本土化的學術研究。

科學教育發展處成立之後，提供科學教育之學術研究的財政支援，提高國人之科學教育的研究風氣。除續繼提供獎助，鼓勵科學教育學者赴歐、美進修與研究（至民國七

十七年爲止，已有多人接受此項獎勵（註64）。亦對我國的基礎科學教育的環境進行基礎性的調查（註65、66），並策劃推動大型的研究計劃。這些大型研究計劃包括：(1)「數學教育合作研究計劃」（註67）；(2)「各行業對數學及科學需求之調查研究」（註68）；(3)「環境保護教育研究」（註69）；(4)「我國學生科學過程技能學習成就水準之研究」（註70）；(5)「認知與學習之基礎研究」（註71）；(6)「大專普通物理、化學課程及實驗改進研究計劃」（註72、73）等等。雖然這些大型研究尚未有理想的學術研究成果，實有助於提昇全國科學教育的研究風氣。

參與國際的科學教育學術的交流，可以提昇科學教育學術研究與科學教學的品質，並可加速科學教育國際化的步調。因之，從民國七〇年代起我國即積極從事國際性的學術交流活動。例如：亞太地區科學教育學術研討會（註74）、第一及第二屆中、日科學教育學術研討會（註75、76）、中美數學教育研討會（註77）等，加深與加廣我國科學教育學術的視界。而於民國七十六年起，積極準備加入國際教育評量組織（IEA）更爲科學教育學術研究之國際化的里程碑（註78）。此外，邀請國外知名科教人士（例如 Lunetta, Penick, Shymansky, Osborne, ……）的訪問，對我國科學教育之學術研究具有正向的意義。

科學教育的學術研究，在這個時期有蓬勃發展的趨勢，而一序列的學術研討會更提供了國內科教學者交換研究心得的管道，例如從七十四年開始的第一、二、三屆科學教育學術研討會（註79、80、81）、認知與學習研討會（註82、83）等。

科學課程的研究與發展，於本階段中，除了對自民國六十七年開始實施的國小自然科教材進行評鑑與修訂的工作外，並積極規劃國中及高中的自然科課程。新的中學自然科課程於七十三年起實施，其特點爲強調科學方法、科學態度、基本知識（註84）及統整學科：將國中物理、化學合爲理化，在高中一年級增設基礎理化、在國中增設地球科學。並於高中入學考試中，加考地球科學〔比重爲20 / 700（佔自然科學的20 / 140）〕。新的中學科學教材的評鑑，從七十六年起開始，由國科會及教育部分別進行。另外，爲了發掘科學的資賦優異人才，教育部委託師範大學科學教育中心進行國、高中科學及數學資賦優異學生的評鑑與選拔工作；國科會則委請中研院、台大、清大等大學進行科學及數學資優學生的特性研究及培育，以期滿足學生之個別差異（註85）。

在高等教育方面，爲能加強基礎科學的教育，提昇普通物理、普通化學及其實驗課程的教學品質，除專款補助其實驗儀器設備外，並規劃基礎科學的研究（註86、87），鼓勵大學教授從事基礎學科教育的研究。

就科學師資的培育而言，除配合新教材的實施，分梯於各師範院校舉行新教材的研討會，並且鼓勵在職教師的進修，惟未對各類的進修課程進行評鑑，實為可惜。

於七十六年將全國九所五年制的師範專科學校改制為師範學院，並設置數理教育系，而招生的對象也從國中畢業生改為高中畢業學生，藉以提昇小學科學教師的專業素養。此項改革雖具有絕對的教育意義，卻也帶來許多爭議。例如，是否應分設科學教育系與數學教育系；科學教師的文雅教育課程、及專門科學學科之間的比重等（註 88）。如何解決有關科學教師之培育的爭議，有賴對科學教學、教師特性、學習環境、學習過程的進一步研究。

新科技的進步與社會對科學的需求，是此一階段之科學教育的特色之一。為了強化資訊教育，於台灣師範大學成立資訊教育系，以培育資訊教育的師資，並於各級中學與技職專業學校設置電腦等硬體設備，鼓勵 CAI、人工智慧（AI）的研究，以增強教學與學習的環境。

又社會大眾對於科學新知的需求日益殷切，除陸續開放台中科學博物館、科學館等，並透過電視媒體，製作科學性的公共電視節目，廣泛傳播科學新知。

綜合言之，此一階段是我國繼十二年中、小學科學教育計劃結束後，執行六年中程計劃的時期，除延續舊貫，在師資訓練、教學方法、儀器設備、科學活動與課程實驗之外，科學教育學術的研究與發展為其特色。總之，本階段的科學教育活動有如下幾項重點：

（一）技術教育漸漸受到重視，並為社會大眾接受，如科學展覽中，應用科技研究的專題為數大量增加，資訊科學活動頗為風行即為明顯的例子。

（二）科學教育的追蹤活動已普受注意，例如科學資優學生的追蹤輔導、國立台灣科學教育館的科學展覽得獎學生的追蹤輔導、而台灣省教育廳也提倡學校科教工作的追蹤輔導與追蹤評鑑。

（三）科學教師進修的意願大增。

（四）科學教育基礎研究風氣的形成，如皮亞傑（Piaget）的認知發展理論（註 89）、科學教師能力本位（註 90）、科學過程（註 91）、科學實驗教學（註 92、93）、電腦輔助教學（註 94）、教學策略（註 95），……等，已為科學教師及科學教育學者所重視，而成為努力以赴的研究重點。

參、中華民國明日的科學教育

從民國三十八年迄今，台灣歷經農業時代、工業時代、及今日的資訊時代，其發展被國際譽為奇蹟。相對的，我國的科學教育在各個時期亦有其特色：從求富國強兵、技術本位的科學教育，幾經人性化與強調生態平衡的科學教育觀，以至今日國際化與本土化的科學教育，其間可以清楚的看出中華民國在尋求社會福祉、人性尊嚴、與人類價值的努力過程。而科學教育是一永不休止的事業，不可能有沒有缺點的科學教育，也不會有不變的科學教育。正因為世界是動態的，科學教育更需有其理念與信心。如何掌握明日的科學教育的先機，則為今日的課題。

一、明日的科學課程

(一) 國小科學課程應以建立科學的人生理想與規範為主，而以學習科學知能副之。因此，國小科學課程之訂定需由週遭環境之認識着手，而逐漸擴及人類價值、尊嚴、福祉等相關的課題，並以衣、食、住、行、育、樂等為重心，貫穿科學教材內容，俾培養兒童認識自然，理解科學原理，并能應用科學知能，以適應日新月異的生活。

(二) 國民中學之科學課程，應貫徹九年一貫之精神，以培養科學精神、科學態度、科學方法為要務，並應透過科學過程之學習，培養學生對自然科學之研究興趣，運用思考方法，自學理解各種原理與觀念。

國民中學科學課程之實施，宜採取統整科學教材與獨立活動方式進行學習，並重點選擇科學史上實例，由觀察入手，介紹有關科學理論建立過程中之歸納與演繹步驟。同時應培養與考核學生明察問題，獨立自主研究，客觀理性判斷，與篤行踐履等能力，俾確立其實事求是之科學態度，與因應變遷之自持能力，進而引發其潛能，自行有效解決其面對的問題。

我國於六十六年起編撰與實驗之國中數學、自然科學Ⅰ及自然科學Ⅱ等課程教材，以及繼起之國中理化、生物、與地球科學實驗課程，勢須不斷檢討與改進，期能符合我國國中科學教育目標，而使國中學生獲得更佳解決問題與因應變遷等自持能力，進而不論在國中畢業後的就業，升學高中與就讀職業學校等各方面都能奠定良好基礎，獲致適應個別環境的知能。

(三) 科學教育係高級中學主要教育目標之一。高中科學課程應在國中科學課程基礎上，除設置建立科學基本概念之基礎科目，與加深科學水準之分化科目外，宜適度開放

選修科學課程，以培養多方適應能力，奠定紮實基礎。至於高三開授之地球科學課程，則應納入自然科組學生之必修科目，以謀求學生所習數、理、化、生物等理論內容能與實際生活相關聯，並領悟科學之精髓與文化特性。至於社會科組學生，則宜開授基礎科學課程內容與分化科學史，俾提高高中學生之一般科學素養。此外，分化科目應相機延長修習年限，並平行開授以收實效。

一般說來，高中所開課程屬大學之預科學程，因此，必須考慮為未來大學專精科目預作準備。目前我國大學課程分化為文、理、法、商、農、醫、工、藝術等學門，高中在承上啓下要求下，不僅應延續國中學制，對具有文、理、法、商、工、等任一興趣學生施予核心課程，統盤了解各種科學學門梗概，更應為學生接受分化科目訓練預作準備，適度加多與加深符合其志趣學科的內容，以適應進一步精深研究之需要。

(四) 技職學校科學課程應在技術本位的基礎上，考慮科學本質與其文化特性，以利學生所學習之技術能力，不僅在理論上有所張本，且可藉以發揮其舉一反三之效能，進而精益求精、創新技術。

在全民科學教育金字塔的結構裏，由於當前國家建設需求，技職人才的科學訓練，自屬不容忽視的重要環節。然而，歷年來的技職學校科學課程并未獲致適當重視，一般均選用普通中學或大學現成教材書，略加增刪作為技職學校之課程教材。這樣不僅往往因課程配合不切當而無所憑藉，且易於招致科學與技術二分的偏頗印象，造成學生從業工作時，無從就科學觀點謀求技術之改進與突破。

尤其今日之技職教育類別衆多，可以說五花八門，技術訓練所依據的科學知識領域至為龐雜，甚或必須運用科際科學知識始能解釋其特性。技職學校之科學教育自不易為數、理、化、生物與地球科學等科目的習用教材所能加以涵蓋。因此，技職教育的研究與落實，亦不可偏頗。

(五) 大學教育目標依據大學法規定，以研究高深學術，養成專門人才為宗旨，故除仰賴中等教育所奠定之基礎外，大學院校科學課程應着眼於專業上的專精訓練。尤其對理學院學生應加深科學課程之陶冶，並加速傳習專業科目，以有效達成大學教育的目的。理學院研究所課程，則應視學校師資、設備條件、重點開授科目，並允許研究所學生跨校選習學科，以減輕每一學校現有師資、設備，必須一面肩負基本科目之教學，一面擔任專精研究課程，難免分散人力，甚至耽擱研究發展。

至於理學院以外醫、工、農等學院科學課程，則宜另起爐灶，編排切合專業需要之科學課程，以為專習醫、工、農等學科學生，廣植科學基本知能，而充沛其發展潛力。

目前，國內電機工程系課程欠缺量子物理，土木工程學系忽略地球科學，而醫學院學生普遍缺少近代物理等課程訓練，難免對醫學或工程尖峯技術發展發生不少障礙。

對大學中、文、法等人文與社會科學學院學生，則宜普遍增設自然科學統整課程以避免將來以人文與社會科學為專業之學術人士，由於自始即對自然科學產生隔閡而對科學中的人文部份望而生畏，不敢輕易涉獵或嘗試。

(六) 現行教育系統中之師範院校所屬理科系所，因負有傳道、授業、解惑之神聖任務，應徹底調整其課程，以培養兼顧科學本位與科學文化特質兩方面之科學教育師資與科學教育研究人才。因此，各該系所開授之課程應加重有關科學教育與民族文化課程之百分比，而酌減科學本位知識課程，以有別於一般大學院校之理科系所致力之方向，而更能圓滿達成師資教育使命。假如必須考慮各該系所歷年發展，以及師範院校現有人力與物力之負擔或浪費，則至少應仿效國立師大數學研究所劃分為純粹科學與科學教育兩組，以培養科學教育與純粹科學兩方面之專門人才。

台灣地區自設置師範教育系統以來，由於理科學系皆由專門研習理科之學者主持，故師範院校的初期科學教育未能切實把握其特有的本質，確立其特性。此種現象一直延續至民國六十年左右，由於大學課程之逐步修訂，才開始呈現轉機。尤其六十年創設之彰化教育學院設置的科學教育系，在課程安排上頗能顧及上述特色，為師範教育系統之科學教育創一新例。至為可惜的是，在此同一時間成立之師範院校各理研究所，却因前述相同理由，猶在專門科學之專精研究着眼，力圖與一般大專院校之相關研究所相抗衡。如此不僅失去本身的立場及特色，且有碍師範院校本身使命之達成。

師資的培育實為科學教育的成敗之所繫，而我國向來未對科學教師教育者 (teacher educator) 進行適當的研究，以確實了解科學教師教育的實務，自不免在師範教育的現有體系中出現不完整之處。尤其，對於科學教育者與科學教師教育者的界定未明，以至有對現行之師資培育制度有所爭議。故應就科學教師的素養、教學能力、教師特性及教師檢定 (certification) 等主題宜有深入的研究與對應的措施。

二、科學教育的學術研究

近十年來，國內科學教育人才與研究機構的相繼成立，帶動了科學教育一股新的氣象。然而我國具有悠久的歷史，有著深厚的文化財產，如何於此科技日新月異的時代中，將固有文化與科學文明互相融合，是今日科學教育的方向。因之，我國的科學教育應積極與國際進行交流，以達國際化的目標；而另一方面，對於中國之文化與科學精神的

調和，非國內科學教育者的努力不能竟其功。所以，科學教育的學術研究，其方向必須兼顧國際化的趨勢與本土化的研究。

科學教育的領域包括科學、科技、與社會三者的互動（註 96），科學教育的落實，植基於科學教育從事者對於科學本質的素養、科學精神的陶冶，科技的發展，以及對我國社會特性的了解。但是我國科學教育的學術研究，仍在起步階段，對於以上三者的研究，或為研究的品質未臻理想，或為付諸闕如。例如，聯考的制度與大眾對於科學教育的陌生，造成學生家長影響學校的教學；社會的科學教育成效的評估問題等等都亟待有進一步的研究。

肆、結 語

以上就發展科學教育應注意的原則，經歷實況，及未來的展望提出概括性分析與建議。由於科學教育涵蓋的範圍，直接關係人類生存、人際關係、與物質運用等方面，其志趣遠較純粹科學之僅涉及自然奧秘為淵博。又因科學教育牽涉的是全體民衆，也較純粹科學之專注高智能才俊之專門領域為廣泛與普遍，故而科學教育是推展教育之一大課題，且每不易獲致共認的具體結論，尚有賴週密的策劃，並結合各方人士的齊心合作，努力推展方能有所成。

參考資料

1. Walter Orr Roberts, " Science, A Wellspring of Our Discontent ", The American Scholar, 36 (2) : 246 ~ 60 , Spring 1967.
2. Paul DeHart Hurd, New Directions in Teaching Secondary School Science, Rand McNally Company, Chicago, 1969.
3. David H. Oct., " Humanism, Science and Education ", 1975 AETS Yearbook, Edited by Fred W. Fox, The Ohio State University ERIC Center, October 1974.
4. Abraham Blum, " A Survey of Environmental Issues Treated in Science Education Curricula, Before and After 1974 ", Journal of Research in Science Teaching, 18 (1) : 221 ~ 228 , 1981.

5. 中庸。
6. Bybee, R. W. (1987) Science Education and the S.T.S (S-T-S) Theme Science Education 7 (15) , 667 ~ 683 .
7. Francisco R. Sagasti , “ Guidelines for Technology Policies ” , Science and Public Policy, 4 (1) : 2 ~ 15 , February 1977 .
8. 趙金祁, “ 三民主義的科學教育 ” , 科學教育, 38 : 2 ~ 7 , 民 69 年 12 月。
9. 趙金祁, “ 科學教育之新趨勢 ” , 國教月刊, 18 (4) : 1 ~ 4 , 民 60 年 4 月。
10. John S. Richardson and Others, The Education of Science Teachers, Charles E. Merrill Publishing Company, Ohio : Columbus, 1968 .
11. Schibeci R.A., “ Do Teachers Rate Science Attitude Objectives as Highly as Cognitive Objectives ? ” , Journal of Research in Science Teaching , 18 (1) : 69 ~ 72, 1981 .
12. 中華民國教育統計, 教育部, 民七十年。
13. 司琦, 課程教材及教學法通論, 復興書局, 台北市, 民 54 年 10 月。
14. 第四次中華民國教育年鑑, 第 11 編, 第 3 章, 民 63 年 6 月。
15. 教育部, 中學課程標準, 台灣書店, 民 45 年 1 月。
16. 同前註。
17. 王成椿, 高中物理學, 商務印書館, 台北市, 民 40 年。
18. 王成椿, 高中物理學教師參考書, 商務印書館, 台北市, 民 41 年。
19. 台灣省立高級中學及師範學校數理科學教學及設備情形調查報告, 中國自然科學促進會, 民 48 年。
20. 師範學校課程標準, 教育部, 民 41 年 4 月。
21. 水心, 我國小學自然科學教學之改進, 台灣省國民學校教師研習會, 民 62 年 3 月。
22. 同註 18 。
23. 中華民國中等學校科學教育概況, 教育部中等教育司, 民 50 年 11 月。
24. 資料彙編, 台灣省立師範大學中等學校教師研習中心, 民 52 年。
25. 同註 18 。
26. 台灣省中學科學教育發展概況, 台灣省教育廳第二科, 民 63 年 4 月。
27. 同註 13 。
28. 國民學校課程標準, 教育部, 民 51 年 7 月。

29. 中學課程標準，教育部，民 61 年 10 月。
30. 同註 22。
31. 同註 25。
32. 國立台灣科學教育館業務概況報告，國立台灣科學教育館，民 68 年 3 月。
33. 盧世燮，新標準高中化學（自然組），世界書局，台北市，民 54 年。
34. 王成椿，高中新物理，復興書局，台北市，民 56 年。
35. 同註 25。
36. 高中新教材疑難問題彙編第一至第三期，台灣省立師範大學中等學校教師研習中心，民 54 年。
37. 同註 25。
38. 國民中學教育實施的成效檢討與改進，行政院研究發展考核委員會，民 67 年 5 月。
39. 國民小學暫行課程標準，教育部，民 57 年 1 月。
40. 國民中學暫行課程標準，教育部，民 57 年 1 月。
41. 同註 13。
42. 科學發展計畫十年來工作成果報告，國家安全會議科學發展指導委員會，民 67 年 1 月。
43. 水心等，中、美、日三國小學自然課本之比較研究，國立教育資料館，民 64 年 6 月。
44. 同註 41。
45. 科學發展計畫第一期四年（58～61 年度）實施情形，行政院國家科學委員會，民 61 年 8 月。
46. 科學發展計畫六十二年度推行情形檢討報告，行政院國家科學委員會，民 62 年 9 月。
47. 高級中學課程標準，教育部，民 60 年 2 月。
48. 同註 41。
49. 同註 41。
50. 科學發展計畫六十五年度推行情況檢討報告，行政院國家科學委員會，民 65 年 10 月。
51. 國中數理科教師需求量推估研究，國立台灣師範大學教育系及教育研究所，民 66 年 12 月。
52. 同註 41。
53. 同註 41。
54. 國立台灣師範大學六十五年度高級中學學生物理專題研習會報告，國立台灣師範大

學物理系，民65年。

55. 同註41。

56. 同註49。

57. 台灣省公立高中科學教育評鑑報告，台灣省教育廳，民67年。

58. 國民中學自然科評量手冊，國立台灣師範大學科學教育中心，民66年。

59. 同註41。

60. 科學發展計畫六十四年度推行情形檢討報告，行政院國家科學委員會，民64年9月。

61. 同註41。

62. 科學教育整體計畫草案，教育部科學教育委員會會議資料，民65年。

63. 修訂大學必修科目表報告書，教育部，民66年6月。

64. 台灣省加強發展科學教育實施方案，台灣省教育廳，民64年5月。

65. 楊芳玲，“國科會十年來補助科學教育研究人員進修之檢討與展望”，科學發展月刊，16（1）：31～38，民77年。

66. 王亢沛等人，“我國基礎科學教育現況研究”，行政院科技顧問室，民74年。

67. 公立專科學校物理及化學實驗教學及設備改進專案小組各校巡迴訪問報告，行政院國科會科教處，民73年。

68. 我國科學教育之研究發展，行政院國家科學委員會科學教育發展處，民76年。

69. 同註67。

70. 同註67。

71. 同註67。

72. 同註67。

73. 行政院國家科學委員會規劃報告：普通物理，行政院國科會，民77年。

74. 行政院國家科學委員會規劃報告：普通化學，行政院國科會，民77年。

75. The first Asian-Pacific Conference on Science Education. Culture and Social Centre for the Asian-Pacific Region, Seoul, Korea & National Taiwan Normal University Taiwan, R.O.C.

76. Proceedings of the First Sino-Japanese Symposium on Science Education (1986), National Science Council, R.O.C. & Interchange Association, Japan.

77. 第二屆中日科學教育研討會手冊（民 77），行政院國家科學委員會，日本交流協會主辦。
78. National Kaohsiung Teachers' College (1987), Proceedings of Sino - American Secondary Math. Education Seminar / Workshop, Kaohsiung , Taiwan, R.O.C.
79. 魏明通，許榮富（民 76）國際科學學習成就調查研究計畫第一期報告，國立台灣師範大學科學教育中心。
80. 國立台灣師範大學 National Taiwan Normal University（民 74），中華民國 74 年度科學教育學術研討會論文集編，行政院國家科學委員會。
81. 國立台灣師範大學（民 76）中華民國第二屆科學教育學術研討會手冊，行政院國家科學委員會。
82. 國立台灣師範大學（民 77）中華民國第三屆科學教育學術研討會手冊，行政院國家科學委員會。
83. 認知與學習研討會專集（第一次）（民 75）行政院國家科學委員會。
84. 認知與學習研討會專集（第二次）（民 76）行政院國家科學委員會。
85. 教育部（民 74）國民中學課程標準，正中書局。
86. 同註 67。
87. 行政院國家科學委員會規劃報告——普通物理（民 77），行政院國家科學委員會。
88. 行政院國家科學委員會規劃報告——普通化學（民 77），行政院國家科學委員會。
89. 許榮富，民 75，師專改制之道，科學月刊，17 卷第 2 期。
90. 同註 82。
91. 鄭湧涇，“國中女生生物科學學習成就與認知發展的關係”，科學發展月刊，9（4）：365～376，民 70 年。
92. 同註 67。
93. 許榮富、趙金祁（民 76），科學實驗在科學教育中的本質之分析研究：（1），科學實驗教學目標之確認及其客觀性評量分析研究。
94. 同註 81。
95. 同註 80。
96. Yager, R.E. “Defining the Discipline of Science Education”，Science Education Vol. 68, No. 1, PP. 35～37，1984.