

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 第一次全國科學教育會議—總計畫

計畫類別：☐ 個別型計畫      ☒ 整合型計畫

計畫編號：NSC -91-2511-S-002-006

執行期間： 91 年 6 月 1 日至 92 年 4 月 30 日

計畫主持人：吳英璋      國立台灣大學 心理學系

共同主持人：

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：☒ 精簡報告    ☐ 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

☐ 赴國外出差或研習心得報告一份

☐ 赴大陸地區出差或研習心得報告一份

☐ 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

☐ 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、  
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

☐ 涉及專利或其他智慧財產權，☐ 一年☐ 二年後可公開查詢

執行單位：國立台灣大學 心理學系

中 華 民 國 九十二年 八月 三十一日

敬啟者：

「第一次全國科學教育計畫—總計畫」於完成草案後，已於民國 91 年 12 月 20 至 21 日，在國家圖書館會議廳舉辦說明會完成。其後並分別於教育部部務會議與科學教育指導委員會行政會議提出「摘要本草案」，經與會者提出修正意見，依教育部指示，完成草案，送交國科會科學教育處轉交教育部。本計畫以為如上之工作，已完成整個計畫之要求，所以未再進行「專題計畫報告」之繳交。疏忽之處，敬請涵諒。

謹祝

教安

計畫主持人

台大心理系

吳英璋

## **「第一次全國科學教育會議—總計畫」報告書**

### **一、完成各議題草案，進行分區公聽會**

#### **1. 本計畫草案計分成七個議題**

##### **議題一： 科學教育目標、現況與前瞻**

由林煥祥教授擔任召集人

##### **議題二： 科學課程、教學與評量**

由陳泰然教授擔任召集人

##### **議題三： 科學教育師資環境**

由張惠博教授擔任召集人

##### **議題四： 大眾科學教育之推動**

由邱貴發教授擔任召集人

##### **議題五： 科學教育中之人文關懷**

由柳賢教授擔任召集人

##### **議題六： 科學教育之學術研究**

由鄭湧涇教授擔任召集人

##### **議題七： 科學教育政策與科學教育環境之建立**

由郭重吉教授擔任召集人

2. 於民國九十一年九月底完成各議題草案，於教育部、國科會聯合工作委員會會議中通過後，進行各分區公聽會。
3. 於民國九十一年十月十四日至十月十九日於台東師院、高師大、彰師大、台灣師大以及台灣大學，進行六場分區公聽會。
4. 根據公聽會的建議，完成「科學教育白皮書草案」(如附件一)，送交國科會科教處，並轉送教育部，籌劃進行「全國科學教育會議」。

## 二、第一屆全國科學教育會議

第一屆全國科學教育會議由教育部與國科會同推動，於民國九十一年十二月二十日與二十一日兩天，在國家圖書館國際會議廳舉行。亦分成七個議題進行討論。

## 三、修訂草案摘要本

根據全國科學教育會議的結論，修訂過之草案，於教育部部務會議中報告，部長指示進行摘要版之修訂。並於科學教育指導委員會中，提出報告。

李院長遠哲先生於科學教育指導委員會會中、會後均提出該委員會的建議。依據其建議，修訂成摘要本草案(如附件二)。並送交國科會，並轉交教育部。

# 科學教育白皮書草案

## 前言:教育願景與科學教育願景

面對「全球化」、「科技化」、「資訊化」、「後工作社會」等社會變遷的強烈衝擊，和其所帶來的社會快速轉型，以及來自許多關心教育的民間團體所帶動的社會期許，民國 85 年年底，行政院接受了「行政院教育改革審議委員會」歷經兩年審慎研議的「教育改革總諮議報告書」，並成立「行政院教育改革推動小組」，台灣的教育現代化方案正式啟動。教育部主導完成了教育基本法的立法，並協助增修憲法第十條條文，確立了「人民為教育權之主體。教育之目的以培養人民健全人格、民主素養、法治觀念、人文涵養、強健體魄，及思考、判斷與創造能力，並促進其對基本人權之尊重、生態環境之保護，及對不同國家、族群、性別、宗教、文化之瞭解與關懷，使其成為具有國家意識與國際視野之現代化國民。」（教育基本法，第二條），並強調「兩性平等，以及社會弱勢族群」於國家政策裡的地位（增修憲法第十條）。於民國 86 年到現在的五年中，重要的教育作為包括各級學校課程修訂（例如：修訂國民教育九年一貫課程），暢通升學管道（例如：多元入學方案之推廣），以及終身學習（例如：社區學院之推廣）等，教育部與各相關人員均全力以赴。本科學教育白皮書之研議，即遵隨前述教育理想。

### 一、科學教育的願景

科學教育是教育的一部分，相對於其他領域，它的特徵是「科學素養」的養成。因此，科學教育的理念即為：

- （一）科學教育是一項全民教育，涵概所有的國民；強調培養全民的科學素養，藉以改善全民的生活，並使每個人都能與所有其他個人一起好好生活，且活得好。
- （二）「科學教育」在培養與發展每個人的「創新、創造能力」與

「關心、關懷態度」。

科學教育是經由科學性的探究活動，使學生獲得相關的知識與技能，依照科學方法從事探討與論證，養成科學思考的習慣，運用科學知識與技能以解決問題，並建立對科學本質的認識與科學精神(科學態度)。

亦即『在「全民的科學教育」理念下，藉培育與發展「創新與創造能力」與「關心與關懷態度」，使每個人(每個社會、每個文化、每個國家)都能「與所有其他個人一起好好的生活，且活得好」』，是科學教育白皮書的基本理念。

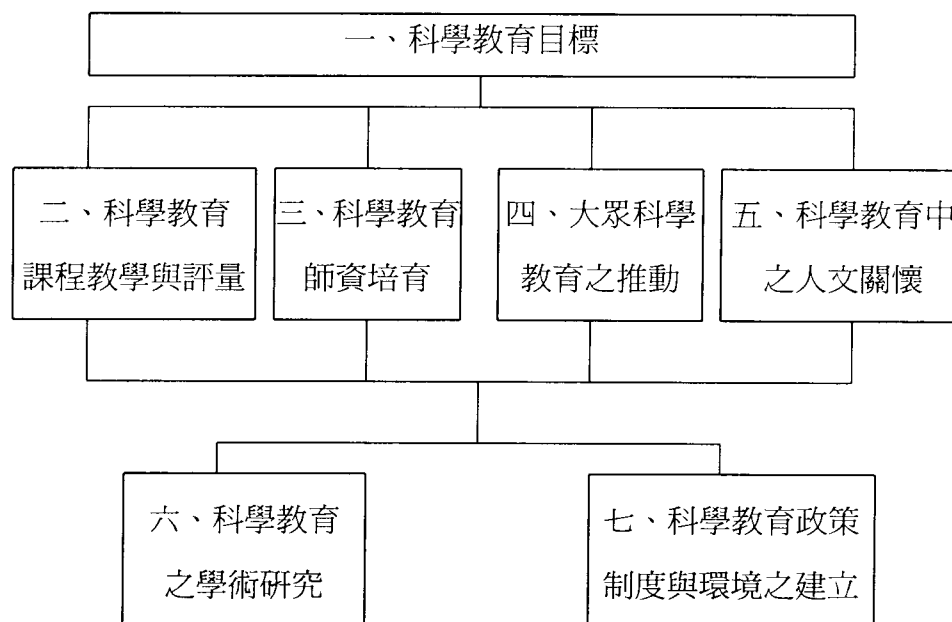
本科學教育白皮書包含以下七個議題：

- (一) 科學教育目標、現況與前瞻；
- (二) 科學課程、教學與評量；
- (三) 科學教育師資培育；
- (四) 大眾科學教育之推動；
- (五) 科學教育中之人文關懷；
- (六) 科學教育學術研究；
- (七) 科學教育政策與科學教育環境之建立。

本項政策的「對象」包含了「小學生、中學生」，「高等教育學生」與「社會大眾」，也包含了「各弱勢社會族群」，以及「科學教育師資」；政策的內涵則包括「教育目標」、「課程與教學」、「師資培育」、「大眾科學活動」、「人文關懷」、「學術研究」，以及「政策建言」。

## 二、策略性建議

- (一). 由對教育現況之討論發現，過去教育政策的設計大抵落在「工作原則」或「執行計畫」的範圍，而未能與「政策目標」、「策略」、「原則」有邏輯性的銜接（甚至缺少了政策目標、策略、原則的指認）。這些計畫形同各自獨立的「作業」，而無法與「教育願景」結合。有此前車之鑑，科學教育政策的架構研議為：



在「科學教育目標」的導引之下，討論四類議題：「科學課程、教學與評量」、「科學教育師資培育」、「大眾科學教育之推動」、「科學教育中之人文關懷」，而由這五方面的內涵，可以導出有關「科學教育學術研究」與「科學教育政策與科學教育環境之建立」的研議。

## 第一議題：科學教育目標、現況與前瞻

為了針對我國的中小學科學教育目標之現況加以檢討，首先必須了解世界各國科學教育的發展、改革與趨勢，進而比較國內的實施現況，才能找出問題的所在。因此，以下先說明問題之背景，再指出問題之核心癥結。

### 壹、問題檢討

科學教育最少應包括：1.科學態度。如好奇心、團隊合作、開放溝通、尊重智慧財產權、與科學倫理道德的培養，統稱為科學態度。2.科學探究能力的訓練。如各種實驗操作技巧、提出假設、設計實驗過程、收集數據、作圖、推論、以及反思批判思考等能力。統稱為科學過程技能。3.科學知識與概念的理解，包括科學社群所研究討論而產生的知識以及對自然界的了解，統稱為科學知識。

學生接受科學教育期間，教師應營造適切的學習環境，提供充分的器材與藥品，讓學生針對其本身既有的經驗與知識，發展批判思考及創造力，建構其科學知識及能力，進而應用於生活之中。尤其當面臨與科學相關的各項社會議題，更能運用所學做出明智的抉擇。於未來，這些決定將深深的影響了人類及生物生活的環境與品質。

有鑑於此，世界各國除了原本著重的科學精英人才培育之外，提升全民科學素養似乎逐漸成為科學教育的另一項重點。例如美國的科學發展學會(American Association for the Advancement of Science)所出版的書 Science for all Americans 就是集合科學家，史、哲學家，教育工作者共同製訂提升全民科學素養的策略及步驟。

在「全民科學教育」的理念之下，世界各先進國家紛紛制訂其國內的科學教育目標。綜觀其內容措詞雖各不同，但仍脫離不了前述三大內涵之敘述：

- 1、科學態度方面(Attitudes toward science)
- 2、探究能力及科學過程技能方面(Process of science)
- 3、科學知識及概念了解方面(Product of science)

在「全民的科學教育」理念下，除了讓學生能充分逐其所願，繼續進行下一階段（如大學、研究所）更高深、複雜的學習而準備之外，科學教育應培養學生「創新與創造」的能力和「關心與關懷」的態度，使每一個人都能「好好的生活，且活得好」。依據以上的理念與範疇，並經過『第一次全國科學教育會議』討論所形成，我國的科學教育目標為：

使每位國民能夠

- 1、樂於學習科學並了解科學之用，喜歡科學之奇，欣賞科學之美。
- 2、充分發揮好奇心及創造力，使科學紮根於生活與文化之中。
- 3、適當運用探究能力及科學知識解決日常生活問題，理性批判社會現象，並為各項與科學相關的公共事物做出明智的抉擇。
- 4、不斷提升科學素養，積極貢獻於經濟成長、國際競爭力及永續發展。

以上述之科學教育目標為準則，檢視我國之科學教育現況，可以發現如下之問題：

- 1、學生的自然科學習成就分佈曲線呈現雙峰化的情形。

這種雙峰曲線所代表的是，有愈來愈多的科學低成就學生已經放棄學習科學，根本談不上「樂於學習科學」或「欣賞科學之美」。這些學生不但無法具備先進國家國民所該有的科學素養，更甚者，由於放棄學習所形成的自我放縱，極可能形成學校與社會的負擔。

- 2、課程及教學內容大多為食譜式，缺乏探究能力的培養。

中小學科學教育的重要目標之一是培養學生的探究能力。當他們面臨生活上與科學有關的問題時，能做出明智的決定或解決問題。這樣的能力在未來研究所階段更是迫切需要。可是環視當今之中小學自然科課本或教材中的實驗部分，往往是器材、藥品及實驗步驟一應俱全，讓學生只須如食譜般去遵照步驟「驗證」結果。「提出假設」及「設計實驗」等較需「批判思考」的能力，則缺乏訓練的機會。未來如何將這些能力的培養融入課程及教學之中，是極待

解決的問題。

### 3、教師過度依賴教科書，缺乏自行發展補充教材的能力。

由於以往中小學的教師只需要依照教科書進行教學，甚少需要自行發展補充教材。然而當前科學相關學科的教學，卻需要教師自行發展示範實驗、探究式活動等補充教材，配合適當的教學策略（如：類比教學、問題解決教學等），促進學生的學習成效。因此加強科學教師發展補充教材及多元教學策略的能力刻不容緩。

## 貳、未來展望

基於「全民科學教育」的理念，以及達到我國之科學教育目標，幼稚園及中小學科學教育的展望為：

- 一、提升每位學生的探究能力。
- 二、建立科學教育的各項標準，使得目標的設立、課程的規劃、教學與評量的實施、以及政策的制定具有一致性。
- 三、發展學生之創造力及批判思考能力並培養具好奇心與科學倫理道德等良好科學態度。
- 四、提升教師學科教學知識及發展補充教材之能力。

一個現代國家高等學府的科學教育發展，在長程上應「能夠教育出具有獨立思考能力、具有能主動學習、開創新學術領域及新技術方法能力的特殊人才」。因此高等學府的科學教育的展望為：

- 一、培養出具有獨立思考能力的高級科研人員。
- 二、培養出具有能主動學習、未來能開創新學術領域及新技術方法能力的特殊人才。
- 三、培養出未來能具有國際競爭力的尖端科技研發人員。

### 參、建議可行策略與方案

由於本議題之內涵是以下六個議題的導引，所以這六個議題的「可行策略與方案」亦皆為本議題的可行策略與方案。因此，本議題的可行策略與方案之建議，僅提出下列一項策略與三個方案。

建立本國之科學教育各項標準，注意與國際上之科學教育標準接軌，並據以建立維持「目標」、「課程」、「教學」、「評量」、「政策」一致性的可行方案。

1. 邀集相關科學家、科學教育學者、及中小學科學教師，成立各個工作小組，進行制訂我國之科學教學標準、教師專業能力標準、課程內容標準、及評量方式內容標準，以作為未來訂定政策、發展課程、發展教案與教學法、師資培育、以及建立評鑑系統時之參考依據。
2. 依據前項各類標準，訂定各級教育行政單位、各級學校、各類社會教育單位接受科學教育評鑑的實施辦法及機制。
3. 各項大型之考試評量方式及內容，應考慮其對科學教育目標之影響，並應力求其設計能反應科學教育之目標。

## 第二議題：科學課程、教學與評量

各教育階段的「課程」、「教學」與「評量」，是科學教育的關鍵環節。必需有足夠的「行政資源」與「教學資源」才能形成較恰當的各類課程設計，其中應同時包含「學制」的設計與「教材」的設計。此外，尚需要有一「自動調整機制」來處理隨時因教學對象或其他時空變化所形成的各項發展，以調整「課程」設計。「課程」、「教學」與「評量」三者之間恰當的結構與緊密連結，方能得到最好的教學效果。

### 壹、問題檢討

新一代課程之科學教育目標注重科學素養及探究能力之培養，故相應的教學與評量措施亦將有所不同。

因應新一代課程之特色，科學教學漸趨向多元化，各種教學法在中小學科學教學實務中漸漸被試用或被採用，教學多元化也已經漸露雛形，但是與這一方面有系統的相關實證研究仍然相當缺乏。其次，大規模「聯考」形式經過一、二十年的反覆施行已形成一種「教學文化」；此一形式的考試已反過來主導教學的目標和教學模式，也主導了學生對學習的價值觀。此項趨勢有礙前述之科學素養及探究能力之培養。

#### 1.科學課程標準缺乏適性化的考量及設計，無法適應學生的多元性。

科學教育的目的除了培養及提升每個學生的科學素養之外，為了個別差異也應該要有適性的設計，才能使每個學生的潛能得以開展。課程設計時應邀請各界相關人士參加，使各方面的意見適當的、有效的納入課程。

#### 2.課程原訂之目標無法落實在教師的教學及學生的學習上。

所規劃的課程、所實踐的課程、與學生所習得的課程，任二者之間都呈現落差。課程實施時，未包涵如何達成課程目標的實踐過程的完善規劃，以致課程原定之目標無法落實在教師的教學

及學生的學習上。如果平常的評量與升學的甄試，兩者皆注意到這些方面的學習成就，則它們自然會在教學中被講究。問題是態度、能力與精神這類的成就要如何評量，需考量其在技術上的發展，並應將之列入各級評量工作中。

### 3.科學課程的實施缺乏有效的評鑑系統。

由課程落實到學生學習的過程中，教學技能的探討、教材的研發、教育行政的配合，都需要不斷的提昇品質和評鑑。為了使課程的精神能確實納入教學，有效的教學評鑑系統應予建立目前學校裡的教學評鑑由各校的「學校課程發展委員會」去執行，但是，校際間（或整個學校）的教學評鑑，理應由教育部（或局）組織科學課程專家、教育評鑑學者、教師代表來執行，發展具有公信力的評鑑標準來當指標，如此對課程實施的敦促、教學法的改進均會有助益。

### 4.一般教師放棄應做的「教學評量」，而去做「升學的甄選評量」，以致無法利用評量來診斷教學及發覺學生的性向和才能。

有效的「教學評量」能克服「分流甄選評量」的操控，將「評量」用於診斷及協助學生克服學習障礙。此外，設計多樣管道的分流教育系統，使不同性向及才能的人得以在合適於他的環境下，接受不同的教育。為了科學教育方向不再迷失，這兩方面應有相應措施加以補救。

### 5.目前「升學的甄選評量」尚無法區辨學生的性向和才能，達成適性分流的任務，直接衝擊學校的「教學評量」，甚至扭曲教學型態。

在目前教育機會充沛的情況下，「分流」應是一種「幫助學生瞭解自己的性向和才能，尋找到合適於自己的學習環境」的工作。我國的大學及高中教育機會很充沛，問題是「機會雖多，可是好壞不同」。再加上分流甄試的內容不夠多元，致使分流的效果不彰。

教學評量是進行教學時，企望達成教學目標所要做的事，有它獨立的功能，不應受到分流甄試評量的影響才是。若是分流甄試評量技術能改進到能評量所有的教學目標，那麼「教學評量」就不會受到很大的影響。若是在技術上做不到，則可發展多項的「學力測驗」。局部的學力測驗應可以做到「成功的某項教學可帶來好的某項測驗結果」的地步，再運用這些不同學域的成績申請

學校，亦可達到適性分流的效果。其次，在分流甄試中，採計教學評量的結果（也可較明確地瞭解到學生性向和才能），也可減輕兩者相互制肘的情形。

6.教師缺乏促進專業發展之互動學習模式及管道，故不易提升教學知能。

民間教學團體組織應與師資培育機構的資源相整合，促進機構、團體之間的知識與資訊交流，以使科學教師的教學知能獲得更好的提昇。而教師間的交流，若能建立校內科學教師互相分享之機制，或借用網路科技及其他管道推動校際交流，將可大幅的改善教師間缺乏互動的情形，並可藉以充實科學教學實務經驗。

7.目前「教科書」是開放民間編撰出版的，在有限的研發時間、人力及成本下，很難生產出高水準的成品。

目前教師的教材大都得自「教科書」，而教科書是開放民間編撰出版的。教科書的設計是需要一段研發的工作，它需要很多的試驗教學。我們目前的開放方式，一切由書商自理，而且研發的時間只有一年，市場又小，書局在有限的研發時間、人力及成本之下，很難生產出高水準的成品。在生產教材之中，到底學術研究、出版商、教師三者要如何分工，是目前教育行政上一件很重要、應考量的事。

8.目前「學制」的設計缺乏適性教育的功能。

「學制」的設計主要依據學生身心發展及性向兩個因素來分流，若是考量更改目前的 6-3-3 制，則工程過於浩大。但是高中、高職階段的分流設計，或許可做出一些調整。最重要的是使學生在高中畢業前，找到自己的興趣，培養出自己的專長。因此，在高中之前，教育對於學生個人的摸索和奮鬥應提出有效的助力。

## 貳、未來展望

依據以上對科學課程、教學、評量相關問題的檢討，使我們對科學教育形成一個總體性的期望，即「讓每個國民的潛能得以獲至最良好、最充分的發展」的科學教育。營造並促成新的校園文化，使科學教學產生有機性的自動改進機制。

### 參、建議可行策略和方案

基於上述對科學課程、教學、評量之近程目標和長程展望，提出以下可行策略和方案：

- 一、 設置彈性的課程，以達到適性化分流教育的目的。
- 二、 成立科學課程研發改進專責單位，使科學課程得以適時調適及演進。
- 三、 設立教材研發中心，以長期的、持續的進行符合課程目標、內容及精神的教材研發工作。
- 四、 落實以學生為主體的科學教學。國科會與教育部應加強對相關研究的支持與研發成果之推廣應用。
- 五、 開闢更多科學教學資源和科學實務討論與推廣之管道。建立人性化且使用簡易之教學平台及管道，以供科學教師廣泛運用。
- 六、 訂定「優良執行科學教育的評鑑基準」，使能有效的評鑑各級單位推動科學教育的成效。
- 七、 為鼓勵教師充分結合教學與評量，以診斷學生學習情況，並協助學生克服學習障礙，應訂定相應的獎勵措施。
- 八、 國科會及教育部應積極推動相關研究，並鼓勵各種專業團體發展科學性向及能力的檢定工具。

### 第三議題：科學教育師資培育

科學教育品質的優劣，關係國家未來科技甚或全面的發展至鉅；然而，科學教育品質的優劣則繫乎科學教育教學教師素質之良窳，因此，應如何培育教師及協助其成長，即成為當前重要之課題。

科學師資培育應有其主體性。目前教育學程或師資培育學程的意涵，皆過於廣泛，應把握科學學科領域的特性，再配合合適的一般教育或相關課程，以確實作好科學師資之培育。

#### 壹、問題檢討：

##### 一、多元師資培育制度實施所衍生的問題

民國 84 年師資培育法的修正，啟動了師資培育制度的改革。在多元師資制度下，除傳統的師範院校外，目前約有 88 所大學院校設有教育學程。然而，由計畫培育改為自由市場競爭後也衍生許多問題，諸如：(1) 因一半以上的大學校院皆設有教育學程，導致「準教師」的程度參差不齊。(2) 教育學程缺乏著重於科學本質、探究、科學的情境與專業實務等能突顯科學教學特色的課程。(3) 對於科學教育教學教師教學知能的內涵尚未形成共識，也未訂定教學知能的基準，以致，無法系統、客觀的針對準科學教育教學教師的「教育實習」，以及在職科學教育教學教師的教學表現進行評鑑。

##### 二、科學教學教師師資缺乏足夠之科學專業知識或科學教學專業知能

我國當前科學教學存在著一些必須立即解決的問題，諸如：國小自然科教師常由非主修科學的教師擔任；九年一貫課程實施後，在國中從事科學教育教學之只具備某一學科領域專長的教師，常面臨教學之困難與挑戰，如統整。復因科學教學仍習於以講述為主，再輔以解題，導致學生的科學學習興趣及學習成效皆有待提昇。

三、大學科學學科教授鮮少能專注於師資培育中的科學教育  
大學科學學科教授常需傾全力投入於其學科領域的教學與研究，鮮少能專注於師資培育中的科學教育。

四、教師甄試制度所衍生的問題

教師甄試的內容與方法已直接影響職前教師的學習與晉用高素質的教師。目前之教師甄試，對於科學學科專業與教學能力之評量，似較偏廢。

五、在職進修的問題

因法令沒有明確規定定期進修，加以所提供的機會或少於教師的需求，或是教師認為進修內容並無直接有助於科學教學知能之提昇，導致教師進修意願低落或成效不彰。

貳、未來展望

面對快速的科技發展與社會變遷，師資培育應培養科學教育教學教師能應用當前科學研究文獻以及滿足社會與時代需求，能理解科學教學目標、課程、教學、學習及評量等所強調的主要內容，亦應能依據其關於科學本質的教學信念，把握科學探究與創造的精神，協助學生具備關懷、創造的基本知能與態度，樂於學習並欣賞科學之美，亦能將科學知識應用於生活之中，俾能培育對於生活具有熱情、負責任與生產力的國民。

參、建議可行策略與方案：

一、籌組全國性的科學教育學程評鑑委員會

宜籌組全國性的科學教育學程評鑑委員會，定期針對各教育學程「科學師資」學程的內涵進行系統的評鑑，並追蹤畢業生就業、離職率與服務表現，俾作為改進之參考。成效不彰者，應予以限期改善甚或停辦。

二、科學教育學程課程之檢討與修訂

1. 為了提昇教育學程的教學品質，應酌量統整教育基礎課程、教育方法學等專業課程，減少一般教育之選修科目，並建立以科學教室情境及豐富職前教師實際科學教學經

驗的課程，甚且，應培養具有反省與批判能力的科學教育教學教師，俾能加強科學教學與行動研究能力。

2. 科學教學師資培育課程的規劃，特別是數理教師所應具備的基本能力之專門科目必修的課程及學分數，皆需依據當前教改的目標以及符應科學本質的需求。師資培育課程內容應循序漸進加強與教學實務有關的科學教室觀察、教室教學分析及教育實習，並將教師的學科教學知識（Pedagogical Content Knowledge）列為教育學程首應達到的能力指標。
3. 當前以四年完成大學教育與教育學程的作法，使得職前教師缺乏足夠的時間充實學科基礎與教學知能的培養。現行一般大學生於四年內修完 128 學分，對於修習教育學程的職前教師，必須再加上 26 學分的學程，造成學生過重的課業負擔。因此，至少四年半的修課時間，以及半年的教育實習，共計五年制的職前師資培育實有其優點。

### 三、建立合理有效之教育實習評量制度

各師資培育機構應落實教育實習的評量制度，建立輔導教師的養成制度，加強實習指導教授與輔導教師的責任，並淘汰不合適的實習教師。須以實徵性研究為基礎，建立公正的科學教師資格檢定制，以檢核各師資培育機構所培育的職前科學教育教學教師所應具備的學科與教學知能。

### 四、建立專業證照制度

科學教學教師的專業成長宜仿照醫師等專業人員證照制度，並經由縝密的程序與評鑑，頒發教師證書，並應建立科學教育教學教師定期進修制度與定期換證制度。另應設置專責單位或經由委辦，提供有系統、有主題的研習，確實作好教師進修與研習，並規定五年內針對某些主題完成至少 9 學分或是 172 小時的進修時數，以符合換證的要求。

## **五、 規劃中小學科學教育教學教師分級制度**

儘速規劃中小學科學教育教學教師分級制度，以鼓勵擁有碩、博士較高學位的教師在中小學校內，可以進行科學課程發展、開發科學教學教案及協助同仁專業成長，並進行研究等工作。

## **六、 強化科學教學教師之專業素養**

鼓勵中小學科學教學教師成立以提昇專業素養為目的之教師團體，發行優良之科學教育期刊雜誌以建立系統的資源提供管道，並促使科學教學研究法制化，鼓勵中小學教師進行科學教育行動研究，使教師能建立切合本校科學教學情境的實務知識與教學信念。

## **七、 鼓勵大學科學領域教師參與科學教育**

訂定大學教師教學與服務的評鑑標準，俾提昇科學學科教授參與科學教育的意願與成效。鼓勵具科學背景的教授多進行與科學教育有關的研究與教學，以建立有利於培育未來中小學師資之學習環境。

## 第四議題:大眾科學教育之推動

科技已廣泛滲透到社會與生活各領域，不但形塑了當代的社會組織及其運作型態，也影響了個人日常的生活、工作與學習。然而，當今科學專業化及其知識的進展，經常超乎社會大眾能了解的範圍，使得科學發展現況與一般大眾認知間存在著不小的落差。這個問題在我國已益趨嚴重。要解決此一困局，恐非學校的科學教育足以單獨應付，社會大眾科學教育的加強益形重要。大眾科學教育之推動其原則為強化各相關資源的引入，轉化成科普知識，並暢通各類管道，傳送給社會大眾。

### 壹、問題檢討

#### 一、科學推廣活動方面

檢視在台灣地區各地方舉辦之文化活動，可發現其內容屬於科學教育之活動比率偏低。一般大眾文化活動的推動者，有部分並未將科學活動視為文化活動，以致於目前多數科學活動仍停留在科學博物館、學校、學術研究機構中，而一般普羅大眾則比較少接觸。

另一方面，目前一些大眾科學活動的設計，較少針對一般社會大眾而設計，活動內容偏重於科學之趣味性，較少培養長期的科學興趣及科學探究能力。

其次、檢視民間參與科學推廣活動，在歐美國家，民間工商企業、基金會、團體、學會、協會或個人在推動科學教育活動方面扮演相當重要的角色，國內目前已合法立案之文教基金會共計七百三十個，其中屬於科技教育類之基金會有八十六個，佔基金會總數之 11.7%，比率不低，如能善用這些民間資源，將有助於推動科學推廣活動。

#### 二、科學普及讀物方面

目前國內科學普及讀物面臨的主要問題是質與量的問題。中文出版界之科普讀物相較於世界主要語言英語科普讀物，在數量上差距非常大。國內市場太小，不足以支撐大出版量，需透過政府補助方式才

能創造出版誘因。品質方面，科普著作與翻譯均不盡理想，有待政府、學術界與民間出版業共思對策，以提高科普讀物品質。

科普作者之培育方面，固然科學素養對科普著作是最基本的，但還得要有人文素養。科學和人文素養並非兩種對立且無法並存的特質，歐美一流的科普著作多呈現作者深厚的文史哲或藝術之背景。科學教育之目的不只在於傳遞科學知識而已，而且要透過系統性科學知識之習得，去協助讀者建立具深度之世界觀。科學知識得安置在科學史、科學哲學與科學社會學之脈絡中來介紹，讀者才不會只習得零碎知識，才能建立統整性的科學觀。

另一方面，品質提昇問題很難靠學術界的個人力量處理，最好有一個公正的非政府組織來負責。但建立監督管理的機構並不是強調消極的負面做法，應正面地獎勵好的科普著作與翻譯。

目前科普翻譯的產量仍不足，原因之一是市場規模太小。市場規模受到國民讀書習慣影響很大，如果能提升國民閱讀興趣，必能相對擴大市場規模。現今我們的科普刊物主要針對的對象都是高中生以上，應該有適合國中小的科普讀物。

科學界應把科學教育當成嚴肅的工作。從目前科普的翻譯與著作出版情形來看，科學界的確把科普教育看成是業餘的工作，甚且還有人認為研究做的不好的人才會來翻譯科普書，這種態度阻礙了優秀科學家投入科普寫作。歐美許多一流的科普著作都是出自第一線傑出科學家之手。研究與科普可以是並行不悖的事。

最後，我們該有文化產業育成概念。例如政府可以協助民間出版業建立科普電子資料庫，成立科普網站供全民使用，這項工作可列入數位內容產業。

### 三、科學博物館方面

我國現有的廣義博物館（含教育館、紀念館、產業館、標本館、遊樂園區等等）大大小小約有 450 家，科學類博物館（含標本館、教育館、民俗文物、產業館等等）約有 210 家（46.67%）。科學博物館

又可分中央、地方與私人三大類，中央的科學博物館多屬教育部下之社教館所，及大學標本館或其他部會之館所（約 10%）；地方的科學博物館多為縣市立或學校設立之館所（約 45%），私人的科學博物館約 45% 左右。各館展示主題、展示設施參觀人數每年從 4 萬人至 300 餘萬人不等。科學博物館在一般印象中，它有一定的學術性，但比不上大學或研究院深入；它有教育性，但比不上大學以下之中小學教育來得正規。在台灣的行政體系下均屬於各級政府之二、三級單位或四級單位，通常遠離教育政策的制訂，主要為教育政策之執行單位。如何定位及發揮整合功能，是目前該思考的問題。

科學博物館是一個專業的業務單位，它的營運應維持獨立運作的條件，但也應建立它專業的監督機制。科學博物館若拿其所擁有的科學資產（遺產），來發揮其真義（學術性）及作用（教育性），是不容易在市場機能的競爭中生存的，所以國家必須對科學博物館承擔一定的責任。

#### 四、加強媒體與網路科學教育方面

學校的基礎科學教育是科學素養的基礎，但要真正提昇與維持國民的科學素養，則需要靠大眾傳播對科學資訊的報導。大眾傳播媒體較之於學校教育，具有更大的廣度、易得性與持續性，一般人自學校畢業之後，鮮有機會再接觸學校科學教育的教導，卻幾乎都有機會接觸各式各樣的大眾媒體，如電視、廣播、報紙和網際網路等，所以大眾媒體是傳遞科學知識、提升國民素養的利器。然而，來自大眾媒體的科學傳播，常未經專家的發佈或檢驗，正確性令人存疑。一般民眾若沒有具備相關的科學專業知識，或科學專家未能立即解惑，對於一些似是而非、披著科學外衣的知識，也只能將信就信甚或以訛傳訛。由大眾媒體所傳遞的科學性知識，因受到各種媒體的語法、產製方式或議題設定的影響，可能會產生斷章取義的情形，而某些媒體輕薄短小的呈現形式，對講究證據的科學訊息，也易產生扭曲與誤解。大眾媒體的呈現方式影響了科學訊息的傳送，正規電視台嚴謹製作的新

聞、科技性等節目，對於科學知識的推廣與普及有貢獻。然而大眾媒體的呈現方式，也可能使一些「偽科學」訊息被媒體不加質疑地大肆傳遞，得以快速地流通，其影響力不容忽視。

盱衡當今台灣的大眾傳播媒體，含括的科學知識內容相當貧乏，其原因在於人才的不足。例如科學新聞僅佔報紙篇幅的一角，不受編輯者的重視；媒體的科學記者亦不足，新聞實務界鮮有培訓科學記者的計畫。在目前的學校系統中，傳播新聞科系多以文科學生為主，而理工科系亦未將寫作及傳播溝通學分納入選修，國內普遍缺乏培育科學傳播人才的管道。

## 五、提昇科學素養的終身學習方面

目前的終身學習內容，除科學類的博物館外，其他的內容較偏重人文藝術或日常生活技能，科學方面的學習內容較少。觀察教育部和各縣市的終身學習網站及社區大學課程，可以發現人文藝術或日常生活技能的學習內容確實較多。另外，科學不是大眾生活或大眾文化中的一部分，而是一個被隔離的東西，看不出大眾科學內容在我們的社會活動或文化活動中的功能，亦即大眾科學素養的學習內容與大眾熟悉的生活環境等事物相關性仍不夠高。

大眾科學素養教育未和終身學習的主要機構或組織緊密結合。在組織層面上，如果大眾科學素養教育能和終身學習的主要機構或組織緊密結合，我們就有機會導引大眾了解科學，減少畏懼數理心理所衍生的效應。另一方面，在大眾科學素養學習的主題層面上，主題應儘可能符合大眾的需求，方能增加大眾的參與。

## 貳、未來展望

### 一.科學推廣活動方面

藉塑造支持科學創新的文化環境與生活態度，加強科學創造力培育，使科學活動成為社會文化活動的一環，帶動全面的大眾科學推廣活動，提供社會大眾參與科學教育活動的機會；並以回

歸教育本質的思考，導正科學競賽活動的方式。

## 二.科學普及讀物方面

一方面從鼓勵與培養優秀科普作家，創作優良作品；降低科普翻譯之錯誤率，提昇科普譯作品質；並且透過具公信力之書評選擇好的科普著作等方式，提高科學普及讀物的水準。另一方面則提升國民閱讀興趣與購買科普讀物意願，強化閱讀的收穫之外，亦擴大科普讀物的市場。第三方面的展望是推動文化產業育成，獎勵數位內容投資，擴大出版市場，並協助優良科普雜誌之行銷。

## 三.科學博物館方面

朝博物館仍受一定的規範，但能與行政體系保持一定距離的方向前進；各館展示教育的功能則應統整。

## 四.加強媒體與網路科學教育方面

新聞傳播科系應規劃科學記者的課程或學位，大眾媒體也應長期培養完整的科學節目製播人才；建置完整的基礎科學資料庫，讓一般民眾與大眾媒體製播單位使用；並長期評估媒體在大眾科學教育上的正負面效應，做有效的規劃。

## 五.提昇科學素養的終身學習方面

在終身學習法的法源基礎上，規劃提昇大眾科學素養之終身學習的藍圖；涵養出能以科學態度關懷生命與事務進而創造新文化的國民。

## 參、建議可行策略及方案

### 一、科學推廣活動方面

1. 科學教育推廣活動列為相關社教、文化機構辦理文化活動之重點工作，定期檢討成效。
2. 寬籌經費獎助地方政府、學校、民間社團、社區等舉辦大眾科學推廣活動。
3. 將大眾科學推廣活動之實施與政府推動社區發展、國民休閒旅

遊活動計畫相互結合。鼓勵公私立機關團體、企業機構、學校開放資源（設施、人力），協助社區或民間社團舉辦推廣大眾科學教育活動。

4. 擬定具體措施鼓勵大眾持續參與科學教育活動，如鼓勵各級學校、科學教育館所，經常舉辦社區親子科學活動，實施親子科學學習護照與獎勵等。
5. 科學競賽活動應優先考慮教育的本質，強化參與歷程的教育價值與參與者內在動機。避免以行政強制、高額獎金或升學機會為主要推動手段或誘因。
6. 鼓勵或委託學術單位或民間機構辦理科學競賽活動（如中小學科學展覽活動委外）。
7. 建立符合一般大眾、學生程度需要並易於接觸使用（如透過電腦網路）之自然科學知識庫，並結合國內科學各領域專家，以便捷方式協助一般大眾解答或解決科學問題，讓科學知識易於取得，營造有利科學創造之環境。
8. 鼓勵大學或研究機構提供資源或與鄰近社區的中小學合作，共同推動有特色之科學創造力培育計畫。
9. 政府訂定發展計畫，徵求民間合作伙伴，協同合作推展國民科學創造力培育。

## 二、科學普及讀物方面

1. 建立文化產業育成制度，對優良科普出版企業提供誘因，誘導他們願意投資科普讀物之出版。
2. 建立優良科普讀物獎勵制度，選出優良科普書籍與雜誌，獎勵科普作家及科普記者，提昇媒體之科普報導品質，並建立科普作家之養成通道。
3. 鼓勵教學型大學或社區大學接受科普著（譯）作為升等之參考著作。
4. 大學通識教育中，提供科學主修生優質人文與藝術課程。

### 三、科學博物館方面

1. 建立上、中、下游體系；學術研究單位及大學院校，應提供研究成果轉化為科普知識；由科學博物館將研究成果提供一般社會大眾。
2. 鼓勵科學博物館間橫向統整及發展館所特色，並應該建立台灣自然史的主題。
3. 建置具大眾科學教育功能的數位博物館。
4. 建置科學博物館入口網站，促進公立博物館的統整。

### 四、加強媒體與網路科學教育方面

1. 補助媒體與網路科學教育的研究。
2. 與科學知識專業頻道洽談版權使用事宜，以供老師課堂教學之用。
3. 政府單位主動與媒體合作，共同製作本土的科學教育節目。
4. 政府採重點輔導方式，訂定清楚完整的計畫，以鼓勵大眾媒體製作優質的科學性節目。
5. 整合大眾媒體及各方資源，設置「媒體與網路科學教育網」及「科普資料中心」，建立科普網站，並從事科普的發展與研究。

### 五、提昇科學素養的終身學習方面

1. 國科會和教育部均編列專款推動大眾科學教育。
2. 設立國家專屬的大眾科學電視頻道和網路頻道。
3. 於文化及社區營造活動中，加入大眾科學教育的活動。如社區營造中加入科學步道的構想，於古蹟保存中加入科學技術的東西。
4. 經濟部、交通部、衛生署、及環保署，在推動計畫時，將大眾科學教育活動包括在計畫中。
5. 建立大眾終身科學素養學習的品質指標。
6. 訂定鼓勵民間企業辦理大眾科學活動的辦法。

## 第五議題：科學教育中之人文關懷

科學教育是全民性的，最重要的是讓每一位學生的資賦都能獲得充分的實現與發展。由於教育的推展與實施，已從過去「選擇性的菁英式教育」轉為「普及性的全民式教育」，基於此一精神，對於在科學學習上呈現相對少數的「學習低成就」、「資優」、「身心障礙」、「原住民」、「弱勢族群」等學生，有必要投入相當的心力與資源，使其在科學學習方面亦能獲得與相對多數的一般學生均等的教育機會。同時，由於兩性平等觀念的建立，也使得在過去因家庭與社會對於個人性別差異所產生的不同期許發生改變，如何讓男女兩性獲得均等的發展機會，亦為科學教育推展工作上亟需思考努力的方向。因此，對於特殊族群科學教育上的關懷，期盼能達成以下目標：給予學習低成就、身心障礙、原住民、社會條件不利者、女性、及資優學生與一般學生均等且適合其個別差異的科學教育機會，以達成自我實現。

### 壹、問題檢討

目前學校科學教育忽視特殊學生的特殊需求。當前科學課程的設計與內涵、科學課堂中的教學，對於資優生、原住民學生、學習低成就學生、身心障礙學生，和社經不利學生，無法提供適合其潛能發揮的學習環境；另外，台灣社會文化約定成俗的看法，也影響女學生對於學習科學的興趣與追求科學相關生涯的意願。

一般科學教師缺乏對特殊學生的認識，導致其無法了解學生在科學學習上的困難；或是不擅於在教學內容的準備工作上賦予創意，導致無法協助學生以更活潑或多元的途徑來學習科學，因而造成學生的科學學習意願低落。

再加上社會大環境與家長的錯誤認知，致使升學主義掛帥；考試引導教學，致使教學趨於僵化；教師教學技能與態度的偏差減低學生的學習意願；教學資源提供不均，邊陲偏遠地區沒有足夠資源；教材選擇與課程安排不當，導致學習未能落實等問題，嚴重影響學生的科學學習意願。

在常態編班的現行科學教學活動中，經常忽視學習低成就學生或資優生的個別差異需求。

## 貳、未來展望

以科學教育之人文關懷為基礎，探討應如何妥善規劃及分配教育資源，使教育機會更均等；並提供更多樣化的教育型態以滿足不同能力及特質學生的學習需求，以協助其實現生涯理念。

## 參、建議可行策略及方案

- 一、 在科教政策的制訂上，亦能顧及每個學生的特質及教學，加以制訂、持續推動並監控成效，以使每一位學生都擁有接受均等科學教育的機會。
- 二、 在師資培育制度方面，規劃設置有關懷特殊族群的科學教育學程，培養兼具科學教學及科學學習輔導專業知能。
- 三、 結合科學教育及特殊教育學者共同研究科學學習低成就學生及身心障礙學生的學習特性，設計適合的科學教育內容，進行有系統之編制與統整，並針對教法與教學環境提出具體意見與協助且進行實驗教學，以形成適合學習低成就及身心障礙學生的科學課程與教學。
- 四、 積極宣導以改變教師、學校、教育行政人員及社會大眾對於學習低成就、身心障礙、社會條件不利等學生的刻板印象，以提供均等的學習機會。
- 五、 平衡社會文化對不同性別學生的期望，進而加強男女學生的自我信念，使其適於追求科學生涯中的男女學生都能發揮其長。編訂科學課程時，需注意男女學生在教科書中出現的比例與參與活動的內涵是否均等以平衡科學課程中的性別差異。
- 六、 縮短原住民部落地區與平地的數位落差，促成原住民科學教育科技化，並鼓勵原住民學校進行城鄉科學教育交流活動。肯定文化差異，多元文化的內涵與精神應普及到科學課程與教學，建立原住民學生學習科學的信心。
- 七、 關懷資優生之科學學習需求，並擴展校際科學學習機會以鼓勵其跨校合作學習。並建立科學資優教育成效追蹤系統，提供適

合資優生潛能發展的科學教育環境。

- 八、 為落實積極改善各種可能的社會弱勢者在教育的不利條件，各級教育單位應積極提升各種社會弱勢者的科學教育品質，並以學生本人、家庭、社區和學校等四方面為單位建立全面性積極協助社會弱勢的科學教育政策。
- 九、 學校宜協助資優、女性及原住民學生自我認識、生涯規劃和價值澄清，以輔導其建立正確的生涯理念，提高自我實現機會；同時學校應加強學習低成就、身心障礙、和社會條件不利等學生的心理輔導，建立自信心，提昇科學學習興趣，以增進學習成效；此外，應研訂科學補救教學措施，裨益提昇學生科學學習的效果。

## 第六議題：科學教育學術研究

科學教育學術研究涵蓋的範圍甚廣，由政策、課程教材、教學和學習、師資教育、學習評量乃至大眾科學教育等，皆屬科學教育學術研究之課題。因此，科學教育學術研究水準的提昇與研究成果的有效落實到科學教育實務，不但攸關整體科學教育品質的良窳，更攸關未來的國民是否能夠適應高度科技化的社會而好好生活。

如何將科學教育學術研究的成果落實到科學教育實務的改進，是當前迫切需要加以研議並落實到實際行動的重要議題。此外，由於科學教育研究成果的性質，歧異性甚大，因此，在討論這項議題時，無可避免的，也必須同時就如何適切認定科學教育學術研究的成果，以及如何有效提昇科學教育學術研究的水準進行研議。

### 壹、問題檢討

- 一、科學教育學術研究的成果在科學教育實務上的落實有待加強。
- 二、師資教育學程所培育的科學教師是否符合中小學及社會要求的素質，亟需建立一套系統化的評鑑制度來評估。
- 三、未來科學教師的人力需求以及科學教師的檢定、甄選、聘任、考核等，均需要有嚴謹的學術研究為基礎，才能確保科學教師的素質。
- 四、科學教育學術研究的成果缺乏合理的機制來評鑑，亟需儘速建立一套能兼顧學術研究與實務應用價值的研究成果認定機制，使科學教育研究成果的認定與評鑑不致於背離國家科學教育的總目標。
- 五、科學教育研究人力極為不足，學術審查制度需要再強化。
- 六、科學教育政策、制度、課程教材以及大學院校基礎科學課程和教學等方面的學術研究有待加強。
- 七、大眾科學教育的學術研究較為缺乏，定位也不太明確，尚未能真正與正規科學教育互補不足，研究方法也侷限在量的研究，亟待研究改進。

八、人文社會學科與自然科學和數學間的對話和互動不足，有待積極強化以發展具有人文關懷的適性科學教育。

九、重點研究團隊亟待建立，傑出的學術領導者有待培養，國際學術研究合作也待加強。

## 貳、未來展望

前面的敘述已就我國科學教育學術研究的現況及相關問題的檢討簡要說明，基於檢討現況是為前瞻未來的理念，有必要就未來提昇科學教育學術研究水準之展望加以陳述，以期做為擬訂可行策略及採取行動之準則。

科學教育學術研究不管是基礎研究或是應用性研究，最終都應具有影響或改進科學教育實務的潛力，因此，在討論提昇學術研究水準的可行方案時，便應該照顧到學術論著品質的提昇，以及因為學術研究成果的提昇所產生之科學教育實務品質的改進兩個層面。

## 參、建議可行策略與方案

### 一、加強科學教育研究

1. 鼓勵進行長期性之研究以累積基本研究資料。
2. 建置科學教育研究資料庫，鼓勵學者利用資料庫的資源發展台灣本土的科學教育理論及實務應用方案。
3. 加強推動「部會合作目標導向研究計畫」，針對教育部與國科會共同鑑識之重要科學教育實務相關議題進行研究。

二、教育部與國科會應合作研擬有效的機制，將科學教育學術研究的成果(包括：課程教材、學習、評量、師資教育、大眾科學教育、弱勢族群學生的科學教育和大學基礎科學教育等)有效的落實到科學教育實務的改進與教育成效之提昇上。

1. 建立完善之科學教育研究成果技術移轉和推廣應用機制，俾將研究成果經適當轉化後移轉到中小學應用。
2. 成立專責機構負責優良研究成果的認定並協助研究者進行技術移轉(如出版專書、建立網站資源、辦理研習會等)，將研究

成果推廣到科學教育實務應用上。

3. 建立適當機制以加強推動研究者和學校教師建立合作研究的伙伴關係，俾有利於跨越學術研究與實務應用之鴻溝，強化學術研究與實務的結合。
4. 推動辦理結合學術研究與實務之研討會、研習會。
5. 在各縣市教育局建置科學教育督學，以幫助學校將研究成果落實到教育實務的改進。

三、加強科學師資教育制度、教師素質及教師評測和檢定等的研究，並以研究成果為基礎來建立科學師資教育學程之評鑑制度及方案。

1. 鼓勵學者針對科學師資教育學程之職前及在職教育的制度、課程、成效等，以個別或跨校整合的方式進行研究，以提出卓越的科學師資教育方案。
2. 積極進行科學教師人力供需、檢定、聘任制度等的研究，以健全教師的聘任制度，提昇教師的素質。
3. 教育部和國科會應以科學師資教育研究的成果為基礎，訂定「科學師資教育準則」(Standards for Science Teacher Education)，做為檢定師資素質之依據。
4. 教育部應儘速建立適切合理之科學師資教育學程評鑑制度與方案，以確保科學教師的素質。

四、建立具公信力且能兼顧質的提昇與量的增加並兼顧學術性與實務應用性研究之科學教育學術研究評鑑系統及研究獎勵制度。

1. 開拓並強化發表學術性及實務應用性研究成果的管道，使從事科學教育實務工作的老師也有發表研究成果的園地，並提供研究表現傑出者適當之獎勵。
2. 國科會與教育部應與科學教育學術社團合作建立「科學教育學術研究之評鑑系統」，做為認定研究成果、評鑑研究品質及獎勵卓越研究之參考指標。
3. 國科會應訂定適當機制或鼓勵民間學術社團，定期評選傑出期

刊論文、傑出研究、終身研究成就等獎項，以獎勵研究傑出學者。

4. 教育部和國科會應訂定適當機制或鼓勵民間學術社團，定期評選最佳實務應用性論文及教育實務貢獻優異等獎項，以鼓勵在科學教育實務研究和落實應用方面具有卓越貢獻者。

五、加強科學教育研究人才之培育，使活躍研究人口達到臨界量，建立研究人才資料庫，健全學術審查制度。

1. 提昇我國科學教育相關研究所的教育品質及容量，鼓勵碩博士生及博士後研究出國進修，培養具國際觀之優秀學術研究人才。
2. 教育部、國科會或相關單位應補助經費，建立國內科學教育研究人才資料庫，以隨時掌握科學教育研究人力之現況，促進教學與研究人員之交流。
3. 研議並建構公平、健全之學術審查(包括同儕評審)制度。

六、加強開拓發表科學教育學術研究成果的園地，提昇學術研究的成果。

1. 鼓勵學者將對本土科學教育實務具有立即衝擊之研究成果，發表於國內高水準之期刊，使學術研究的成果能對科學教育實務產生正面的影響。
2. 訂定有效機制提昇國內科學教育學術性及實務應用性期刊之水準。
3. 鼓勵學者在國內外舉辦國際學術研討會，並踴躍參與高水準之國際學術研討會，以增廣國際視野，並增加我國科學教育研究之國際能見度。

七、強化科學教育學術研究的基礎環境，建立學術研究支援系統，以加強學術研究的效能。

1. 減輕教授尤其是新進之年輕教授的授課時數，使具有學術研究潛力之教授，不致於被埋沒在繁重的教學負擔之中。

2. 打破平頭式的研究經費支援策略，提供學術研究傑出之學者充裕的經費和資源，並鼓勵支持其栽培年輕研究人才，形成具國際競爭力之研究團隊。
3. 教育部和國科會應補助經費鼓勵大學或研究機構整合科學教育研究相關資源，設置「科學教育資訊中心」，以彙整國家資源投入建置之「科學教育資訊系統」、各項國際科學教育成就比較資料庫(如 TIMSS-R, TIMSS-Trends, SITES 等)以及全國性調查資料庫和研究成果、學術研討會和研習會錄影帶資料等，以期能有效管理，達到廣為研究者使用及將研究成果落實到實務應用的目標。
4. 國科會應補助經費建置系統化且長期性的國內科學教育引文索引 (Science Education Citation Index, SECI)資料庫。

八、重點培養學術研究傑出的學術領導人才，鼓勵形成具有國際競爭力之研究團隊，加強國際學術研究合作。

1. 鼓勵學者組成研究群進行研究，重點培養學術研究傑出的學者，提供較為優裕之經費和資源，以儘速培養其成為各學門領域之學術領導人才。
2. 研議適當的機制以獎勵學術研究傑出之學者，增強其內外在動機及研究競爭力，並責成其帶領年輕學者組成研究群，以培養後進並領導具前瞻性、創新性之研究計畫。
3. 選定雙方均有興趣之特定研究議題，以研究團隊方式加強與先進各國之國際學術合作。

九、依據國家科學教育學術發展之需要，訂定近程重點發展主題，鼓勵學者和相關研究人力組成跨領域的研究團隊進行整合性的研究。

## 第七議題：科學教育政策與科學教育環境之建立

科學教育的推動是在整個社會文化脈絡與教育體系下進行。科學教育的實施涉及確立目標、制定政策、實際執行和評估改進等重要流程，而其成效更與整個科學教育的環境有密切關聯。

### 壹、問題檢討：

國家科學教育政策的制訂，可以促成相關法令的擬定、計畫方案的推動、經費與資源的分配以及其他行政上的配合措施，因而引導科學教育朝向預期的方向發展。而科學政策的建立與有效實施，又跟政治、社會、文化、經濟、教育、科技等整體科學教育環境有相生相成的關係，檢討我國科學教育政策與環境現況並參酌近年國際間科學教育政策發展趨勢，底下對我國未來科學教育政策的制定與科學教育環境的建立提出建議。

### 一、政策完整性問題

從歷史演進觀點，我國過去科學教育政策一直依附在國家安全、科技與經濟發展整體計畫體系下的一個小環節，科學教育相對於其他學科領域的教育而言擁有比較多的關注與資源，但也相對的因為此一依附關係而可能喪失了發展完整一貫的科學教育政策機會。

### 二、政策之統整與一貫問題

在國內涉及科學教育政策制訂與運作層次的單位包括：國科會科學教育處（科學教育之研究）、教育部科技顧問室（大學校院基礎科學教育改進計畫）、中等教育司、國民教育司（中小學科學教育中程計畫）、教育研究委員會（科學教育指導委員會業務）、社會教育司（大眾科技教育推廣與考核）、國家教育研究院籌備處，與地方政府（地區科學教育之規劃與推動），目前這些單位間各本諸業務執掌分別擬定計畫執行，然目前尚無一個國家整體科學教育政策來規劃、統合這

些不同單位間科學教育政策之制訂推動執行，這對資源的有效運用與政策的執行與成效等都有不利的影響。

### 三、經費與資源配置問題

經費是支持政策實施之重要因素，由於科學教育經費的支出（包括硬體與軟體）分散在不同的單位中，對於到底有多少經費投資在科學教育上面，缺乏精確的數字足以估算。以近年，中央政府在基礎科學教育教育所編列專案計畫來加以檢視，可以看到經費相當有限，且因為政府近年財政收入短缺，經費配置在一些社會較為關心的優先政策上去，相對的科學教育落實等長期性工作推動經費預算就受到排擠。

### 四、科學教育行政與設備問題

在目前政府體制中科學教育行政，被列為普通教育行政的一環，教育行政機關承辦此項業務之人力相當有限，各級政府幾無專人承辦此項業務，加上人員流動性大，專業化難以建立，要推動前瞻性、持續性之改革力所未殆。另外，各級政府政府教育行政視導制度並未分科按照專長實施，有效視導難以落實。

### 五、政策決策與諮詢

我國科學教育政策之制訂決策模式，基本上是由上而下政府主導的模式，基本上由上級行政機構（如行政院）制訂有關國家整體發展方案（如科技發展方案等），再分工由各部會機構制訂具體之計畫或行動方案，再交由地方教育行政主管機關、學校負責執行。透過教育視導、執行報告等方式評鑑政策執行的效果。

從參與決策者而言，除由專家學者與行政人員和議共同研訂外，有部分是由學術研究機構接受行政機構之委託，而其他學者專家則居於專業立場提供個人諮詢意見。至於地方教育主管機關、學校與一般中小學教師、社區家長或工商業界，在此一決策過程中影響力是相當

有限。此一決策模式可能影響到政策本身之周延性與執行過程之可行性。

教育部固然從民國六十八年即設立「科學教育指導委員會」，其下設各學科領域的「諮詢委員會」聘請國內科學領域之專家學者為委員，以提供教育部有關科學教育政策之指導與諮詢功能，然因此一組織之任務與定位一直相當模糊，缺乏足夠的資源與管道來發揮預期政策形成與審議之功用。民國八十九年，教育部考慮到籌設中之「國立教育研究院」以及增設「科學教育審議委員會」的可能性，對於「科學教育指導委員會」的任務與定位，有比較明確的決定。

## 六、評鑑與回饋機制

針對科學政策教育政策（或計畫）建立定期的評鑑與回饋機制是確保政策確實執行並提供進一步修正與發展方向的必要措施。檢視我國各級政府所訂定之發展計畫與方案相當多，但是相當普遍的是評鑑的程序與指標不明確，使得各執行單位經常是以例行工作拼湊方式應付評鑑。檢視目前一些科學教育計畫之執行評鑑，也有類似現象，部分專案計畫的評鑑，包括書面報告、專家評鑑、實地訪查等，由於缺乏明確的計畫初始資料，而且計畫目標經常比較抽象、缺乏確切的計畫評估指標，使得評鑑與回饋的機制經常難以落實。此外，這些評鑑經常是內部、短期與總結性評鑑，比較缺乏由客觀的小組進行較為長期而專業的評估。

## 貳、未來展望：

為促成各項科學教育改進措施，有效達成符合社會需求及未來發展科學教育目標，我們需要經由合適的機制與相關人士的參與，來建立適切的科學教育政策與科學教育環境，這個理想包括以下要素：

- （一） 前瞻：參考世界主要國家發展趨勢與我國整體社會環境需求。
- （二） 統整：整合現有科學教育改革議題及各級政府相關計畫。
- （三） 關聯：關注科學教育推動與相關社會、公平與人文議題之關連。

- (四) 焦點：選擇重點執行(如提升全民科學素養與創新能力、養成關懷態度等)。

### 一、短程目標

加強教育部與國科會的聯繫，邀集專家學者及其他相關人士，根據本次科學教育會議結論，訂定國家科學教育政策與執行方案，包括訂定相關法令、建立相關單位間的協調與統合機制、經費與資源運用的統籌規劃等。要點如下：

- (一) 整合相關單位，在推動目標、經費使用上作合適的配合
- (二) 從教育、社會需求與全球發展趨勢等，檢視科學教育目標的適切性
- (三) 加強各項科學教育實務之間的關聯及與科學教育目標的呼應
- (四) 對科學教育的施行進行整體的評估，供作檢討及修訂政策之參考

### 二、長程目標

藉由合適的法令規章、制度、組織與機制，良好的學理、研究與實務基礎，建立一個前瞻、創新、統整的科學教育政策，據以研訂適切有效的行動方案，建立良好的科學教育環境及評鑑與回饋機制。要點如下：

- (一) 完成相關法令的訂定，對政策制定之組織、人員、程序及經費等有明確的規定
- (二) 經由相關學術研究與評鑑資料作為修訂政策與擬定執行方案的基礎
- (三) 加強在科學教育政策研究及科學教育行政方面的人才培育

### 參、建議可行策略與方案：

根據本次科學教育會議結論，訂定國家科學教育白皮書。作為各級政府與民間機構共同努力的參考。

## 一、建立科學教育政策執行之統合機制

- (一) 檢討教育部科學教育指導委員會之定位與功能，或於教育部增設「科學教育審議委員會」擘劃、統合整體科學教育政策，發揮對科學教育政策之指導、諮詢、評鑑功能。
- (二) 建立不同機構、層級政府部門間在制訂、執行科學教育計畫間相互協調的機制。執行部門應協商檢核所有政策皆有落實推動的具體計畫。
- (三) 科學教育計畫之擬定應建立基礎初始資料，與明確的執行進展具體目標。
- (四) 定期評鑑計畫執行成效。兼顧內部評鑑與外部評鑑之實施。並回饋追蹤評鑑結果之執行改善狀況。

## 二、改善整體科學教育環境

- (一) 調查現有科學教育環境之現況（如設備、師資、經費、學生學習成就與機會等），建立資料庫作為計畫改善的基礎。
- (二) 科學教育行政人員專業化，引入具備科學教育專業素養的人員擔任科學教育行政與視導工作。
- (三) 建立科學教育學術研究與政策推動之互動機制，於籌設中之「國立教育研究院」強化科學教育學術研究之功能，並與政策之推動建立長期性的合作關係。
- (四) 加強大學校院對於基礎科學教育的重視，持續推動「基礎科學教育改進計畫」。
- (五) 中小學科學師資強化與設備的充實應有具體之計畫。
- (六) 校外考試與升學制度影響科學教育實施很大，需要作持續的檢討改善。
- (七) 政策鼓勵民間機構、全民共同參與改善科學教育環境。

# 科學教育白皮書摘要本草案

## 前言:科學教育願景

面對「全球化」、「科技化」、「資訊化」、「後工作社會」等社會變遷的強烈衝擊，和其所帶來的社會快速轉型，以及來自許多關心教育的民間團體所帶動的社會期許，民國 85 年年底，行政院接受了「行政院教育改革審議委員會」歷經兩年審慎研議的「教育改革總諮議報告書」，並成立「行政院教育改革推動小組」，台灣的教育現代化方案正式啟動。教育部主導完成了教育基本法的立法，並協助增修憲法第十條條文，確立了「人民為教育權之主體。教育之目的以培養人民健全人格、民主素養、法治觀念、人文涵養、強健體魄，及思考、判斷與創造能力，並促進其對基本人權之尊重、生態環境之保護，及對不同國家、族群、性別、宗教、文化之瞭解與關懷，使其成為具有國家意識與國際視野之現代化國民。」（教育基本法，第二條），並強調「兩性平等，以及社會弱勢族群」於國家政策裡的地位（增修憲法第十條）。本科學教育白皮書之研議，即遵隨前述教育理想。

## 科學教育的願景

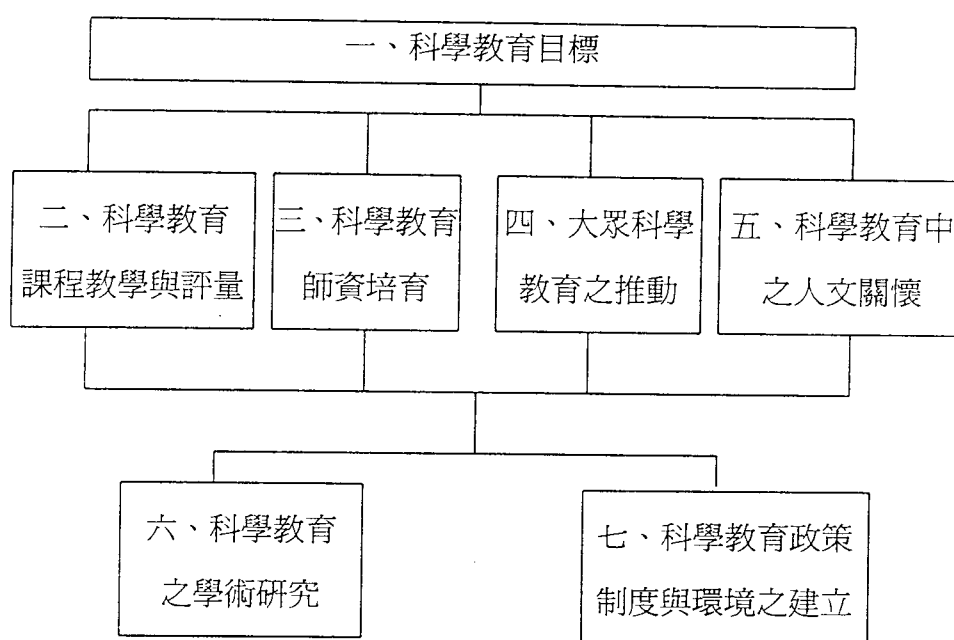
科學教育是教育的一部分，相對於其他領域，它的特徵是「科學素養」的養成。因此，科學教育的理念即為：

科學教育是一項全民教育，涵概所有的國民；強調培養全民的科學素養，發展每個人的「創新、創造能力」與「關心、關懷態度」。

科學教育是經由科學性的探究活動，使學生獲得相關的知識與技能，養成科學思考的習慣，依照科學方法從事探討與論證，運用科學知識與技能以解決問題，進而形成對科學本質的認識，並建立科學精神(科學態度)。於此歷程中發展「創新與創造能力」與「關心與關懷態度」，使每個人都能「與所有其他個人一起好好的生活，且活得好」，是科學教育白皮書的基本理念。

本項政策的「對象」包含了「小學生、中學生」，「高等教育學生」與「社會大眾」，也包含了「社會各弱勢族群」，以及「科學教育師資」；政策的內涵則包括「教育目標」、「課程與教學」、「師資培育」、「大眾科學活動」、「人文關懷」、「學術研究」，以及「政策建言」。

由對教育現況之討論發現，過去教育政策的設計大抵落在「工作原則」或「執行計畫」的範圍，而未能與「政策目標」、「策略」、「原則」有邏輯性的銜接（甚至缺少了政策目標、策略、原則的指認）。這些計畫形同各自獨立的「作業」，而無法與「教育願景」結合。有此前車之鑑，科學教育政策的架構研議為：



在「科學教育目標」的導引之下，討論四類政策內涵：「科學課程、教學與評量」、「科學教育師資培育」、「大眾科學教育之推動」、「科學教育中之人文關懷」，而由這四方面的內涵，可以導出有關「科學教育學術研究」與「科學教育政策與科學教育環境之建立」的研議。

建立適切的科學教育政策與科學教育環境，包括以下四要素：

1. 前瞻：參考世界主要國家發展趨勢與我國整體社會環境需求。
2. 統整：整合現有科學教育改革議題及各級政府相關計畫。
3. 關聯：關注科學教育推動與相關社會、公平與人文議題之關連。
4. 焦點：選擇重點執行（如提升全民科學素養與創新能力、養成關懷態度等）。

## 第一節 科學教育目標

了解世界各國科學教育的發展、改革與趨勢，進而比較國內的實施現況，發現科學教育最少應包括：1. 科學探究能力與科學過程技能的訓練。如各種實驗操作技巧、提出假設、設計實驗過程、收集數據、作圖、推論、反思批判思考、以及尋求並累積新科學知識等能力。統稱為科學過程方法與技能。2. 科學知識與概念的理解。包括科學社群在人類歷史發展過程中，所研究討論而產生的知識以及對自然界的了解，統稱為科學知識。3. 科學態度。「態度」指稱的是培養或建立某種生活的原則，及與此原則相輔相成的行為方式、喜好傾向、言論主張等。「科學態度」的生活原則即為應用由「自然界或整個世界的運轉、運作、發展、變化」所獲得的「規律」，試圖瞭解生活中的種種現象。亦即應用前述之科學過程方法與技能，以及科學知識與概念，試圖瞭解生活中之各種現象。包含了如好奇心、想象力、團隊合作、開放、溝通、尊重智慧財產權、尊重科學倫理道德等，統稱為科學態度。

世界各國除了原本著重的科學精英人才培育之外，提升全民科學素養逐漸成為科學教育的另一項重點。在「全民科學教育」的理念之下，世界各先進國家紛紛制訂其國內的科學教育目標。綜觀其內容措詞雖各不同，但仍脫離不了前述三大內涵。

依據以上的理念與範疇，並經過『第一次全國科學教育會議』之討論與研議，形成我國的科學教育目標為：

使每位國民能夠樂於學習科學並了解科學之用，喜歡科學之奇，欣賞科學之美。

這項目標至少表現在三個方面：

- 1、使科學紮根於生活與文化之中。
- 2、應用科學方法與科學知識解決日常生活問題，理性批判社會現象，並為各項與科學相關的公共事物做出明智的抉擇。
- 3、藉不斷提升科學素養，貢獻於人類世界的經濟成長及永續發展。

(一)基於上述之目標，於幼稚園及中小學科學教育的展望為：

提升每位學生的探究能力、創造力及批判思考能力，並培養具好奇心與科學倫理道德之良好科學態度。

欲達此目標，有兩項基礎工作需配合進行：

1. 建立科學教育的各項標準，使得科學教育目標的設立、課程的規劃、教學與評量的實施、以及政策的制定具有一致性。
2. 提升科學教師學科教學知識及技能。

(二)於高等學府的科學教育的展望為：

具有探究與掌握自然界（客觀世界）的運轉、變化、發展之規律的能力。

欲達此目標，有三項基礎工作需配合進行：

1. 具有獨立思考能力。
2. 具有能主動學習、能開創新學術領域及新技術方法的能力。
3. 具有國際競爭力的尖端科技研發能力。

(三)於大眾科學教育的展望為：

在終身學習法的法源基礎上，規劃提昇大眾科學素養之終身學習的藍圖，使科學活動成為社會文化活動的一環。

(四)於特殊族群科學教育的展望為：

科教政策的制訂上能顧及每個特殊學生的特質及學習特性，並能持續推動且監控成效，以使每一位特殊學生都擁有接受均等科學教育的機會。

為達到此四項科學教育目標，基礎性的策略是建立本國之科學教育各項標準，並注意與國際上之科學教育標準接軌。邀集相關科學家、科學教育學者、及中小學科學教師，成立各個工作小組，進行制訂如：科學教學標準、科學教師專業能力標準、課程內容標準、及評量方式內容標準，以作為未來訂定政策、發展課程、發展教案與教學法、師資培育、以及建立評鑑系統時之參考依據。

## 第二節：科學教育的推展

### 一、學校中的科學教育之課程、教學與評量

各階段的「課程」、「教學」與「評量」，是科學教育的關鍵環節，除了根據前節之目標訂定各項標準外，尚需有足夠的「行政資源」配合「教學資源」，才能形成較恰當的各類課程設計。於此設計中需要有一「自動調整機制」來處理隨時因教學對象或其他時空變化所形成的各項發展，以調整「課程」等之設計。「課程」、「教學」與「評量」三者之間恰當的結構與緊密連結，方能得到最好的教學效果。

具體的策略與方案分成下述三大類：

#### 1.科學課程方面：

科學教育的目的除了培養及提升每個學生的科學素養之外，為了個別差異也應該要有適性的設計，才能使每個學生的潛能得以開展。課程設計時應邀請各界相關人士參加，使各方面的意見適當的、有效的納入課程。課程實施時，需包涵如何達成課程目標的實踐過程的完善規劃。

##### 1-1 訂定各級學校科學教育課程標準

1-2 成立科學課程研發改進專責單位，使科學課程得以適時調適及演進。

1-3 設置彈性的課程，以達到學生學習適性化分流教育的目的，以及適合不同學校、不同各觀環境的課程操作與執行。

#### 2.科學教學與評量方面

教學評量是進行教學時，企望達成教學目標所要做的事。

有效的「教學評量」能克服「分流甄選評量」的操控，將「評量」用於診斷及協助學生克服學習障礙。此外，設計多樣管道的分流教育系統，使不同性向及才能的人得以在合適於他的環境下，接受不同的教育。在目前教育機會充沛的情況下，「分流」應是幫助學生瞭解自己的性向和才能，找到合適於自己的學習環境。應將分流甄選評量技術能改進到評量所有的教學目標。

- 2-1 訂定各級學校科學教學與評量標準。
- 2-2 落實以學生為主體的科學教學與評量。國科會與教育部應加強對科學教學方法與評量等相關研究的支持與研發成果之推廣應用。
- 2-3 設立教材研發中心，以長期的、持續的努力進行符合課程目標、內容及精神的教材研發工作。
- 2-4 開闢更多科學教學資源和科學實務討論與推廣之管道。建立人性化且使用簡易之教學平台及管道，以供科學教師廣泛運用。

### 3.科學課程的評鑑系統方面：

由課程落實到學生學習的過程中，教學技能的探討、教材的研發、教育行政的配合，都需要不斷的提昇品質和評鑑。為了使課程的精神能確實納入教學，有效的教學評鑑系統應予建立。

- 3-1 訂定「優良執行科學教育的評鑑基準」，使能有效的評鑑各級單位推動科學教育的成效。
- 3-2 為鼓勵教師充分結合教學與評量，以診斷學生學習情況，並協助學生克服學習障礙，應訂定相應的獎勵措施。
- 3-3 國科會及教育部應積極推動相關研究，並鼓勵各種專業團體發展科學性向及能力的檢定工具。

## 二、學校中的科學教育師資培育

科學教育品質的優劣繫乎科學教育教學教師素質之良窳，因此，科學師資培育應有其主體性。面對快速的科技發展與社會變遷，科學教師能應用當前科學研究文獻，能理解科學教學目標、課程、教學、學習及評量等所強調的主要內容，亦應能依據其關於科學本質的教學信念，把握科學探究與創造的精神，協助學生具備創造、關懷的基本知能與態度，樂於學習並欣賞科學之美，亦能將科學知識應用於生活之中，俾能培育對於生活具有熱情、負責任與生產力的國民。

科學教學教育學程應著重於科學本質、科學探究過程、科學的學習情境以及科學教學專業實務等能突顯科學教學特色的課程。科學教師教學知能的內涵應形成共識，並訂定教學知能的基準，而能轉化成針對準科學教師的「教育實習」，科學教師甄試的內容方法，以及在職科學教師之在職進修。

此外，大學科學學科教授應能注意科學師資培育中的科學教育。

具體策略與方案如下：

### 1. 訂定科學教師教學知能基準，並進行科學教師教育學程課程之檢討與修訂

應酌量統整教育基礎課程、教育方法學等專業課程，減少一般教育之選修科目，建立以科學教室情境及豐富職前教師實際科學教學經驗的課程，循序漸進加強與教學實務有關的科學教室觀察、教室教學分析及教育實習，並將教師的學科教學知識（Pedagogical Content Knowledge）列為教育學程首應達到的能力指標。培養出具有反省與批判能力的科學教師，俾能加強科學教學與行動研究能力。

### 2. 建立準科學教師之教育實習基準

各師資培育機構應落實教育實習的評量制度，建立輔導教師的養成制度，加強實習指導教授與輔導教師的責任，並淘汰不合適的實習教師。以實徵性研究為基礎，建立公正的科學實習教師資格檢定制度，以檢核各師資培育機構所培育的職前科學教師所應具備的學科與教學知能。

### 3. 籌組全國性的科學教育學程評鑑委員會

宜籌組全國性的科學教育學程評鑑委員會，定期針對各教育學程「科學師資」學程的內涵進行系統的評鑑，並追蹤畢業生就業、離職率與服務表現，俾作為改進之參考。

### 4. 規劃中小學科學教師分級制度，建立專業證照制度與強化科學教師之專業素養

規劃中小學科學教師分級制度，以鼓勵擁有碩、博士較高學位的教師在中小學校內，可以進行科學課程發展、開發科學教學教案及協助同仁專業成長，並進行研究等工作。

科學教師的專業成長宜仿照醫師等專業人員證照制度，並經由縝密的程序與評鑑，頒發教師證書，並應建立科學教師定期進修制度與定期換証制度。另應設置專責單位或經由委辦，提供有系統、有主題的研習，確實作好教師進修與研習，並規定五年內針對某些主題完成進修時數，以符合換証的要求。

鼓勵中小學科學教師成立以提昇專業素養為目的之教師團體，發行優良之科學教育期刊雜誌以建立系統的資源提供管道，並促使科學教學研究法制化，鼓勵中小學教師進行科學教育行動研究，使教師能建立切合本校科學教學情境的實務知識與教學信念。

### 5. 鼓勵大學科學領域教師參與科學教育

大學科學領域教師教學與服務的評鑑標準中，納入「鼓勵參與各級學校與各類科學教育」的標準，俾提昇科學學科教授參與科學教育的意願與成效。鼓勵具科學背景的教授多進行與科學教育有關的研究與教學，以建立有利於培育未來中小學師資之學習環境。

### 三、大眾科學教育之推動

科技已廣泛滲透到社會與生活各領域，不但形塑了當代的社會組織及其運作型態，也影響了個人日常的生活、工作與學習，社會大眾科學教育的加強益形重要。大眾科學教育之推動應強化各相關資源的引入，轉化成科普知識，並暢通各類管道，傳送給社會大眾。除需依前節之科學教育目標訂定大眾科學教育之各項標準外，還必需有以下四方面的基本策略：

1. 在終身學習法的法源基礎上，規劃提昇大眾科學素養之終身學習的藍圖，使科學活動成為社會文化活動的一環。
2. 提高科普讀物的水準，並提升國民閱讀興趣；推動文化產業育成，並擴大出版市場。
3. 強化博物館的教育功能。博物館受一定的規範，但與行政體系保持一定距離。各館功能則應統整。
4. 提昇各類媒體之大眾科學教育功能。

具體的策略與方案如下：

1. 國科會和教育部均編列專款推動大眾科學教育。
2. 各部會在推動各項科技計畫時，將大眾科學教育活動包括在計畫中。各級政府將科學教育活動列為文化活動之重點工作，並訂定鼓勵民間企業辦理大眾科學活動的辦法。
3. 大學與社區、民間社團及中小學合作，推動科學活動。建立文化產業育成制度及科普讀物獎勵制度。
4. 鼓勵科學博物館館間橫向統整及發展館所特色，並應該建立台灣自然史的主題。
5. 規劃科學記者的課程或學位，培養科學節目製播人才。建置基礎科學資料庫。並製作本土化的科學教育節目，規劃科學教育的課程或學位、培養科定節目制播人材、建置媒體方便使用之基礎科學資料庫。

#### 四、科學教育中之人文關懷

科學教育的人文關懷是於科學的學習歷程中，同時養成「關心與關懷生命(與大自然)」的態度。這項學習應同時包含在「課程、教學、評量」、「師資培育」、以及「大眾科學教育」中，本節將這項人文關懷，聚焦於關懷特殊族群的科學教育上，期盼能：給予學習低成就、身心障礙、原住民、社會條件不利者、女性、及資優學生等與一般學生均等且適合其個別差異的科學教育機會。

其基本策略有四：

- 一、 科教政策的制訂上能顧及每個特殊學生的特質及學習特性，並能持續推動且監控成效，以使每一位特殊學生都擁有接受均等科學教育的機會。
- 二、 對於資優生、原住民學生、學習低成就學生、身心障礙學生，和社經不利學生，應能藉課程、教學評量之設計，提供適合其潛能發揮的學習環境。
- 三、 提昇女學生對於學習科學的興趣與追求科學相關生涯的意願。
- 四、 一般科學教師應對特殊學生的特性有所認識，用以了解學生在科學學習上的困難，協助學生以更活潑或多元的途徑來學習科學。

具體的方案如下：

1. 規劃設置有關懷特殊族群的科學師資培育制度，培養兼具科學教學及學習輔導專業知能的老師。
2. 結合科學教育及特殊教育學者共同研究科學學習低成就學生及身心障礙學生的學習特性，形成適合的科學教育課程與教學。
3. 改變教師、學校、教育行政人員及社會大眾對於學習低成就、身心障礙、社會條件不利等學生的刻板印象，以提供均等的學習機會。
4. 學校宜協助特殊族群學生提昇自我認識與生涯規劃，並建立自信心，以提昇科學學習興趣與學習成效。
5. 平衡社會文化對不同性別學生的科學學習期望；縮短原住民部落地區與平地的數位落差；關懷資優生之科學學習需求。

### 第三節：科學教育學術研究

科學教育學術研究涵蓋的範圍甚廣，由政策、課程、教材、教學和學習、學習評量、師資教育乃至大眾科學教育等，皆屬科學教育學術研究之課題。科學教育學術研究不管是基礎研究或是應用性研究，都應具有影響或改進科學教育實務的潛力，因此，在討論提昇學術研究水準的可行方案時，便應該照顧到學術論著品質的提昇，以及因為學術研究成果的提昇所產生之科學教育實務品質的改進兩個層面。為達此目的，亟需儘速建立一套能兼顧學術研究與實務應用價值的研究成果認定機制，使科學教育研究成果的認定與評鑑不致於背離國家科學教育的總目標。

具體策略與方案如下：

#### 1. 加強科學教育研究方面

- 1-1. 依據國家科學教育學術發展之需要，訂定近程重點發展主題。
- 1-2. 加強推動「部會合作目標導向研究計畫」，針對教育部與國科會共同鑑識之重要科學教育實務相關議題進行研究。
- 1-3. 建立科學教育學術研究評鑑系統及研究獎勵制度
- 1-4. 鼓勵進行長期性之研究以累積基本研究資料；建置科學教育研究資料庫，鼓勵學者利用資料庫的資源發展台灣本土的科學教育理論及實務應用方案。
- 1-5. 開拓發表科學教育學術研究成果的園地，提昇學術研究的交流。

#### 2. 有效落實到科學教育實務改進與教育成效方面：

- 2-1. 建立完善之科學教育研究成果技術移轉和推廣應用機制，俾將研究成果經適當轉化後移轉到中小學應用。如：成立專責機構負責優良研究成果的認定並協助研究者進行技術移轉(如出版專書、建立網站資源、辦理研習會等)，將研究成果推廣到科學教育實務應用上。
- 2-2. 建立適當機制以加強推動研究者和學校教師建立合作研究的伙伴關係，俾有利於跨越學術研究與實務應用之鴻溝，強化學術研究與實務的結合。

- 2-3. 加強科學師資培育制度、教師素質及教師評測和檢定等的研究，並以研究成果為基礎來建立科學師資教育學程之評鑑制度及方案。
- 3. 加強科學教育研究人才之培育
  - 3-1. 加強科學教育研究人才之培育，使活躍研究人口達到臨界量，建立研究人才資料庫，健全學術審查制度。
  - 3-2. 重點培養學術研究傑出的學術領導人才，鼓勵形成具有國際競爭力之研究團隊，加強國際學術研究合作。
- 4. 成立若干科學教育研究中心，負責推動並確保前三項策略與方案的績優成效。

## 5. 第四節：科學教育政策與科學教育環境之建立

前三節說明了科學教育願景與目標、科學教育之推展、以及科學教育學術研究的提昇與其結果應用，這三方面的內涵均需藉恰當的科學教育政策與科學教育環境之建立。本節即就其基本策略、短程目標、長程目標分別設計如下：

### 一、短程目標

加強教育部與國科會的聯繫，邀集專家學者及其他相關人士，根據本次科學教育會議結論，訂定國家科學教育政策與執行方案，包括訂定相關法令、建立相關單位間的協調與統合機制、經費與資源運用的統籌規劃等。要點如下：

1. 整合相關單位，在推動目標、經費使用上作合適的配合
2. 從教育、社會需求與全球發展趨勢等，檢視科學教育目標的適切性
3. 加強各項科學教育實務之間的關聯及與科學教育目標的呼應
4. 對科學教育的施行進行整體的評估，供作檢討及修訂政策之參考

### 二、長程目標

藉由合適的法令規章、制度、組織與機制，良好的學理、研究與實務基礎，建立一個前瞻、創新、統整的科學教育政策，據以研訂適切有效的行動方案，建立良好的科學教育環境及評鑑與回饋機制。要點如下：

1. 完成相關法令的訂定，對政策制定之組織、人員、程序及經費等有明確的規定
2. 經由相關學術研究與評鑑資料作為修訂政策與擬定執行方案的基礎
3. 加強在科學教育政策研究及科學教育行政方面的人才培育

### 結語

國家科學教育政策的制訂，可以促成相關法令的擬定、計畫方案的推動、經費與資源的分配以及其他行政上的配合措施，因而引導科學教育朝向預期的方向發展。而科學政策的建立與有效實施，又跟政

治、社會、文化、經濟、教育、科技等整體科學教育環境有相生相成的關係。

過去教育政策的設計大抵落在「工作原則」或「執行計畫」的範圍，而未能與「政策目標」、「策略」、「原則」銜接。這些計畫形同各自獨立的「作業」，而無法與「教育願景」結合。在國內涉及科學教育政策制訂與運作層次的單位包括：國科會科學教育處、教育部科技顧問室、中等教育司、國民教育司、教育研究委員會、社會教育司與地方政府，目前這些單位間各本諸業務執掌分別擬定計畫執行，然缺乏一個國家整體科學教育政策來規劃、統合這些不同單位間科學教育政策之制訂推動執行，這對資源的有效運用與政策的執行與成效等都有不利的影響。有鑑於此，教育部與國科會經過了約兩年的研議，並於全國進行了六場公聽會，以及「第一次全國科學教育會議」(在 2002 年 12 月 20・21 日兩天)，最後據此制定「科學教育白皮書」。形成「目標」→「策略」→「方案(計畫)」的教育政策結構。

二十一世紀是科技的世紀，科學教育更需要在教育領域裡扮演重要的角色。期盼在過往的教育基礎上，根據本「科學教育白皮書」制定我國未來科學教育之計畫方案並考核之。

### 優先項目

本「科學教育白皮書」訂定科學教育之「目標」「策略」。相關部會宜據此訂定行動方案並執行之。

唯考慮國家預算及人力物力以及實施時之先後程序，茲建議以下項目可考慮列為優先：

1. 訂定「優良執行科學教育的評鑑基準」，使能有效的評鑑各級單位推動科學教育的成效。
2. 設立教材研發中心，以長期的、持續的努力進行符合課程目標、內容及精神的教材研發工作。
3. 結合科學教育及特殊教育學者共同研究科學學習低成就學生及身心障礙學生的學習特性，形成適合的科學教育課程與教學。
4. 國科會和教育部均編列專款推動大眾科學教育。
5. 加強推動「部會合作目標導向研究計畫」，針對教育部與國科會共同鑑識之重要科學教育實務相關議題進行研究。
6. 成立若干科學教育研究中心，負責推動並確保科學教育研究的績優成效。
7. 籌組全國性的科學教育學程評鑑委員會。

科學教育白皮書(草案)彙整與分析表

| 科學教育願景：                                                                                                                                                                                                                                               | 於幼稚園及中小學科學教育的展望：                                                                                                                                                                                                                                        | 於高等學府的科學教育的展望：                                                                                                               | 於大眾科學教育的展望：                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>❖ 科學教育是一項全民教育，涵概所有的國民。</li><li>❖ 強調培養全民的科學素養，發展每個人的「創新、創造能力」與「關心、關懷態度」。</li></ul>                                                                                                                               | 提升每位學生的探究能力、創造力及批判思考能力，並培養具好奇心與科學倫理道德之良好科學態度。                                                                                                                                                                                                           | 具有探究與掌握自然界（客觀世界）的運轉、變化、發展之規律的能力。                                                                                             | 在終身學習法的法源基礎上，規劃提昇大眾科學素養之終身學習的藍圖，使科學活動成為社會文化活動的一環。 |
| <b>科學教育目標</b><br>使每位國民能夠 <ul style="list-style-type: none"><li>1、樂於學習科學並了解科學之用，喜歡科學之奇，欣賞科學之美。</li><li>2、充分發揮好奇心及創造力，使科學紮根於生活與文化之中。</li><li>3、適當運用探究能力及科學知識解決日常生活問題，理性批判社會現象，並為各項與科學相關的公共事物做出明智的抉擇。</li><li>4、不斷提升科學素養，積極貢獻於經濟成長、國際競爭力及永續發展。</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>1、建立科學教育的各項標準，使得科學教育目標的設立、課程的規劃、教學與評量的實施、以及政策的制定具有一致性。</li><li>2、提升科學教師學科教學知識及技能。</li><li>3、具有國際競爭力的尖端科技研發能力。</li></ul><br><b>於特殊族群科學教育的展望：</b><br>科教政策的制訂上能顧及每個特殊學生的特質及學習特性，並能持續推動且監控成效，以使每一位特殊學生都擁有接受均等科學教育的機會。 | <ul style="list-style-type: none"><li>1、具有獨立思考能力。</li><li>2、具有能主動學習、能開創新學術領域及新技術方法的能力。</li><li>3、具有國際競爭力的尖端科技研發能力。</li></ul> |                                                   |

| 科學教育政策與科學教育環境之建立：                                                                                                                                                                                                                                                                   | <div> <div>短程目標</div> <div> <p>加強教育部與國科會的聯繫，邀集專家學者及其他相關人士，訂定國家科學教育政策與執行方案。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 整合相關單位，在推動目標與經費使用上，作合適的配合</li> <li>2. 從教育需求、社會需求與全球發展趨勢等，檢視科學教育目標的適切性</li> <li>3. 加強各項科學教育實務之間的關聯及與科學教育目標的呼應</li> <li>4. 對科學教育的施行進行整體的評估，供作檢討及修訂政策之參考</li> </ol> </div> </div>          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div> <p>基本策略為經由合適的機制與相關人士的參與，建立適切的科學教育政策與科學教育環境，包括以下四要素：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 前瞻：參考世界主要國家發展趨勢與我國整體社會環境需求。</li> <li>2. 統整：整合現有科學教育改革議題及各級政府相關計畫。</li> <li>3. 關聯：關注科學教育推動與相關社會、公平與人文議題之關連。</li> <li>4. 焦點：選擇重點執行（如提升全民科學素養與創新能力、養成關懷態度等）。</li> </ol> </div> | <div> <div>長程目標</div> <div> <p>藉由合適的法令規章、制度、組織與機制，良好的學理、研究與實務基礎，建立一個前瞻、創新、統整的科學教育政策，據以研訂適切有效的行動方案，建立良好的科學教育環境及評鑑與回饋機制。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成相關法令的訂定，對政策制定之組織、人員、程序及經費等有明確的規定</li> <li>2. 經由相關學術研究與評鑑資料作為修訂政策與擬定執行方案的基礎</li> <li>3. 加強在科學教育政策研究及科學教育行政方面的人才培育</li> </ol> </div> </div> |

| 項目                 | 基本策略                                                                                                             | 具體策略與方案                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一、學校中科學教育之課程、教學與評量 | <p>1. 根據科學教育目標訂定各項標準</p> <p>2. 有足夠的「行政資源」配合「教學資源」來訂定課程、教學、與評量</p> <p>3. 有一「自動調整機制」來處理隨時因教學對象或其他時空變化所形成的各項發展。</p> | <p>1. 科學課程方面：</p> <p>1-1 訂定各級學校科學教育課程標準</p> <p>1-2 成立科學課程研發改進專責單位，使科學課程得以適時調整及演進。</p> <p>1-3 設置彈性的課程，以達到學生學習適性化分流教育的目的，以及適合不同學校、不同各觀環境的課程操作與執行。</p> <p>2. 科學教學與評量方面</p> <p>2-1 訂定各級學校科學教學與評量標準。</p> <p>2-2 落實以學生為主體的科學教學與評量。國科會與教育部應加強對科學教學方法與評量等相關研究的支持與研發成果之推廣應用。</p> <p>2-3 設立教材研發中心，以長期的、持續的努力進行符合課程目標、內容及精神的教材研發工作。</p> <p>2-4 開闢更多科學教學資源和科學實務討論與推廣之管道。建立人性化且使用簡易之教學平台及管道，以供科學教師廣泛運用。</p> <p>3. 科學課程的評鑑系統方面：</p> <p>3-1 訂定「優良執行科學教育的評鑑基準」，使能有有效的評鑑各級單位推動科學教育的成效。</p> <p>3-2 為鼓勵教師充分結合教學與評量，以診斷學生學習情況，並協助學生克服學習障礙，應訂定相應的獎勵措施。</p> <p>3-3 國科會及教育部應積極推動相關研究，並鼓勵各種專業團體發展科學性向及能力的檢定工具。</p> |

| 項目             | 基本策略                                                                                                                                                                                                                                          | 具體策略與方案                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 二、學校中的科學教育師資培育 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 科學教師教學知能的內涵應形成共識，並訂定教學知能的基準</li> <li>2. 形成針對準科學教師的「教育實習」基準</li> </ol>                                                                                                                               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依循教學知能基準，進行科學教師教育學程課程之檢討與修訂。並藉由此項結果與教育實習基準，建立合理有效之教育實習評量制度</li> <li>2. 依循教育實習基準，建立實習科學教師資格</li> <li>3. 籌組全國性的科學教育學程評鑑委員會</li> <li>4. 藉規劃中小學科學教育教學教師分級制度，與建立專業証照制度，強化科學教學教師之專業素養。</li> <li>5. 鼓勵大學科學領域教師參與科學教學師資之培育。</li> </ol>                                                                         |
| 三、大眾科學教育之推動    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在終身學習法的法源基礎上，規劃提升大眾科學素養之終身學習的藍圖，使科學活動成為社會文化活動的一環。</li> <li>2. 提高科普讀物的水準，並提升國民閱讀興趣；推動文化產業育成，並擴大出版市場。</li> <li>3. 強化博物館的教育功能。博物館受一定的規範，但與行政體系保持一定距離。各館功能則應統整。</li> <li>4. 提升各類媒體之大眾科學教育功能。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 國科會和教育部均編列專款推動大眾科學教育。</li> <li>2. 各部會在推動各項科技計畫時，將大眾科學教育活動包括在計畫中。各級政府將科學教育活動列為文化活動之重點工作，並訂定鼓勵民間企業辦理大眾科學活動的辦法。</li> <li>3. 大學與社區、民間社團及中小學合作，推動科學活動。建立文化產業育成制度及科普讀物獎勵制度。</li> <li>4. 鼓勵科學博物館間橫向統整及發展館所特色，並應該建立台灣自然史的主題博物館。</li> <li>5. 規劃科學記者的課程或學位，培養科學節目製播人才。建置媒體方便使用之基礎科學資料庫，並製作本土化的科學教育節目。</li> </ol> |

| 項目           | 基本策略                                                                                                                                                                                                                                           | 具體策略與方案                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 四、科學教育中之人文關懷 | <p>1. 科教政策的制訂上能顧及每個特殊學生的特質及學習特性，並能持續推動且監控成效，以使每一位特殊學生都擁有接受均等科學教育的機會。</p> <p>2. 對於資優生、原住民學生、學習低成就學生、身心障礙學生，和社經不利學生，應能藉課程、教學評量之設計，提供適合其潛能發揮的學習環境。</p> <p>3. 提昇女學生對於學習科學的興趣與追求科學相關生涯的意願。</p> <p>4. 一般科學教師應對特殊學生的特性有所認識，用以了解學生學習上的困難，協助學生學習科學。</p> | <p>1. 規劃設置有關懷特殊族群的科學教育師資培育制度，培養兼具科學教學及學習輔導專業知能的老師。</p> <p>2. 結合科學教育及特殊教育學者共同研究科學學習低成就學生及身心障礙學生的學習特性，形成適合的科學教育課程與教學。</p> <p>3. 改變教師、學校、教育行政人員及社會大眾對於學習低成就、身心障礙、社會條件不利等學生的刻板印象，以提供均等的學習機會。</p> <p>4. 學校應協助特殊族群學生提昇自我認識與生涯規劃，並建立自信心，以提昇科學學習興趣與學習成效。</p> <p>5. 平衡社會文化對不同性別學生的科學學習期望；縮短原住民部落地區與平地的數位落差；關懷資優生之科學學習需求。</p> |