

# 師大科學教育中心

## 正在做什麼，應該做什麼？

國立臺灣師範大學科學教育中心秘書 楊榮祥

科學與技術日新月異的進步，改變了人類的生活環境，也影響了人類的生活方式，以及經濟結構組織。科技固然改善了人類的生活，但也帶來許多新的環境以及其他嚴重問題。在這些不斷演變的潮流之中，各級學校科學教育的目標、內容、知識水準、概念發展系統，以及教學與學習型態都不可能保守不變，必須隨時檢討，隨時修正，否則無法趕上世界科技進步。

加強中小學科學教育，固然可以培養出更多優秀的科學家以造福人群，但，科學教育還有一個重要的目的，就是培養一般公民的科學素養（scientific literacy）。具有科學素養的人，具備豐富而正確的基本科學概念，能夠以科學態度面對問題，能運用科學方法以解決問題。

我國正處在發展民生、積極充實國力，在國際地位上力圖上游之時，中小學的科學教育，更應加強培養未來公民的獨立思考、判斷與分析問題，以及創造的能力。無論他們將來長大之後，成為科學家、企業家、政治家、外交家、文學家、藝術家、一般商人、工人或農人！

國立臺灣師範大學科學教育中心就是科學教育研究與推廣業務的機構，秉承政府的決策發展科學教育（註1）。

本中心的主要功能不外下列三項：

1 課程之研究發展。

2 資料編印。

3 推廣服務。

分別說明如下。

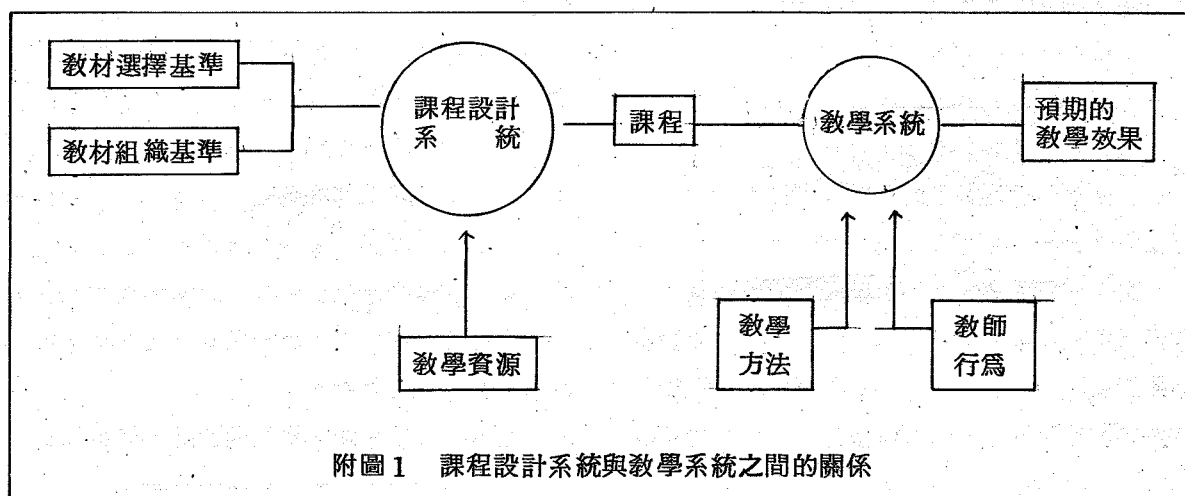
### 課程之研究發展

所謂課程（Curriculum），根據美國教育學家塞洛（J. Galen Saylor）與亞歷山大（William M. Alexander）的定義為“All learning opportunities provided by the school”（註2），即「學校所提供所有的學習機會」。美國BSCS（Biological Science Curriculum Study，生物課程研究學會）的主席梅耶（William V. Mayer）對於一般辭典的註釋：“a fixed series of studies”即「固定系列的學習」，表示「一系列的學習」的重要性，但不贊成定義成「固定的」，他認為課程應該不是“定死的”，應隨社會變遷而隨時演變（註3）。教育學家約翰生（Mauritz Johnson, JR.）說：課程是課程設計的「輸出（out put）」，同時也是教學系統的「輸入（in put）」，並圖示如附圖1（註4）：

艾斯納（Elliot Eisner，註5）認為課程決定「教什麼」和「怎樣安排這些教材」，又說：「課程的基本單元就是學生的學習活動」。

總之，課程應能明確決定預期的學習效果。

目前教育部科學教育指導委員會交付本中心



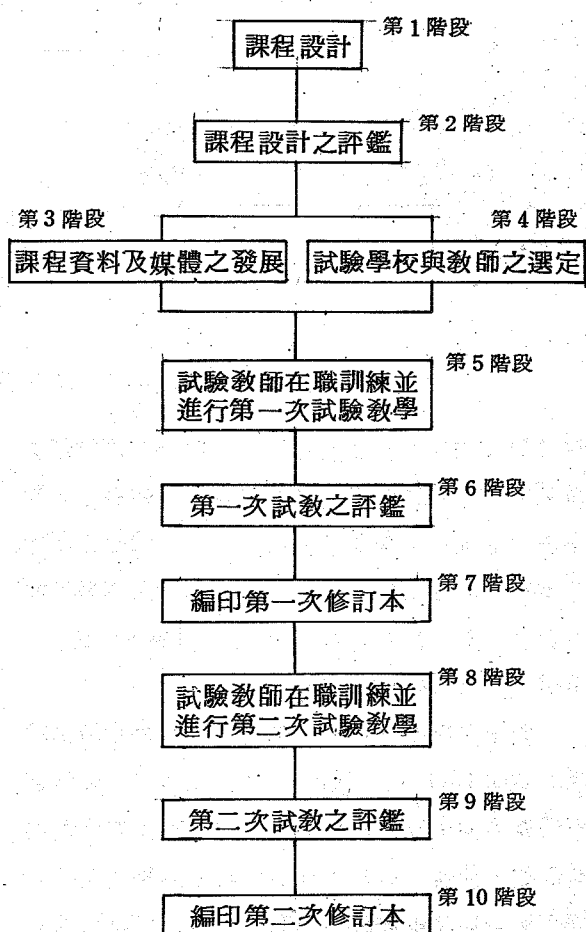
進行研究的課程研究計畫共有如下十三個計畫：

1. 高中數學課程研究計畫。
2. 高中基礎科學A課程研究計畫。
3. 高中基礎科學B課程研究計畫。
4. 國中數學課程研究計畫。
5. 國中自然科學I課程研究計畫。
6. 國中自然科學II課程研究計畫。
7. 國中理化課程研究計畫。
8. 國中生物課程研究計畫。
9. 國中地球科學課程研究計畫。
10. 各級技職學校數學及自然科學課程研究計畫。
11. 中等學校數學及自然科學教材教法研究計畫。
12. 高級中學科學電影研究計畫。
13. 科學教育月刊出版計畫。

這十三個研究計畫中有十個是課程設計發展的計畫，分別由師範大學、清華大學、台灣大學等的教授主持，其研究發展流程如附圖2。

#### 課程目標與架構

第一階段是課程設計，第二階段則是第一階段工作的評鑑，其主要的工作為課程目標與架構



的決定，其設計與評量的依據如下：

- 1 國家的近程與遠程需要，
- 2 文化的現代與傳統特性，
- 3 科學的本質與特性成分，
- 4 學生的生理與心理狀況；（註 1）

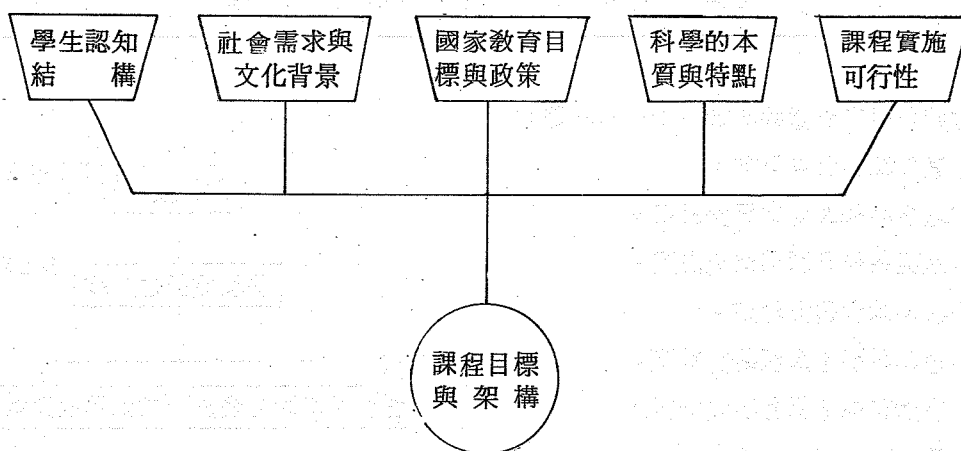
以及計畫實施一般所要求的可行性。

第 1 項實係國家教育目標及政策的部份，在前頭已略有所論，除此之外，例如國民義務教育年限之延長，普通高中與技術職業學校之發展比例等有關的問題，均為課程設計者應配合的重要

事項。

學生們將來學成之後，總要離開學校進入社會，成為社會中的一份子。社會是人類文化活動的綜合，隨著科技的進步，社會也在演進，無論其組織、價值體系都在改變。學校在了解未來社會的需要下，應設法使學生們具備相當程度的科學素養，體驗固有文化特徵，以適應社會、參與社會中種種交互作用，發揮民族文化的精神，建設進步而安定的社會。

近數十年來人類科學突飛猛進，使中小學的



附圖 3 課程設計與評量的基準

科學課程無法在原有的架構上，容納急速增加的科學新知。科學教育在教材的選擇與編輯上，要求有新的安排，但無論如何安排，必須能讓學生了解科學的本質與特性，絕不以知識之灌輸為唯一目的，必須注重思考（thinking）、感受（feeling）與實做（doing）。

數學與科學課程發展都必須配合學生認知結構（cognitive structure）的發展情形，設計適當的學習環境及學習活動，以幫助學生充份發展其潛能，使每一個學生都能積極參與學習活動，儘可能增加其親身經驗的機會，減少「假學習（機械性的記憶）」，發展其具體操作能力，幫助學生早日進入皮亞傑（J. piaget）認知結構發

展理論（註 6）中所謂「形式操作期（stage of formal operations）」，能「假設演繹（hypothetical thinking）」，能「命題思考（propositional thinking）」，能「反省思考（reflexive thinking）」，能分析綜合評鑑問題，富於創造性的學生。

課程目標當然要畫出我們的教育理想，但理想仍要建立在現實上面。由社會風氣、社會的價值觀念、學校的客觀環境、師資素質及進修環境的問題、學生的素質、設備、實驗儀器及其他各種媒體、或教學資源問題等，都可能影響課程的可行性。對於環境的阻力，包括經濟上以及社會價值觀念的阻力，課程似應設計各種替代辦法（

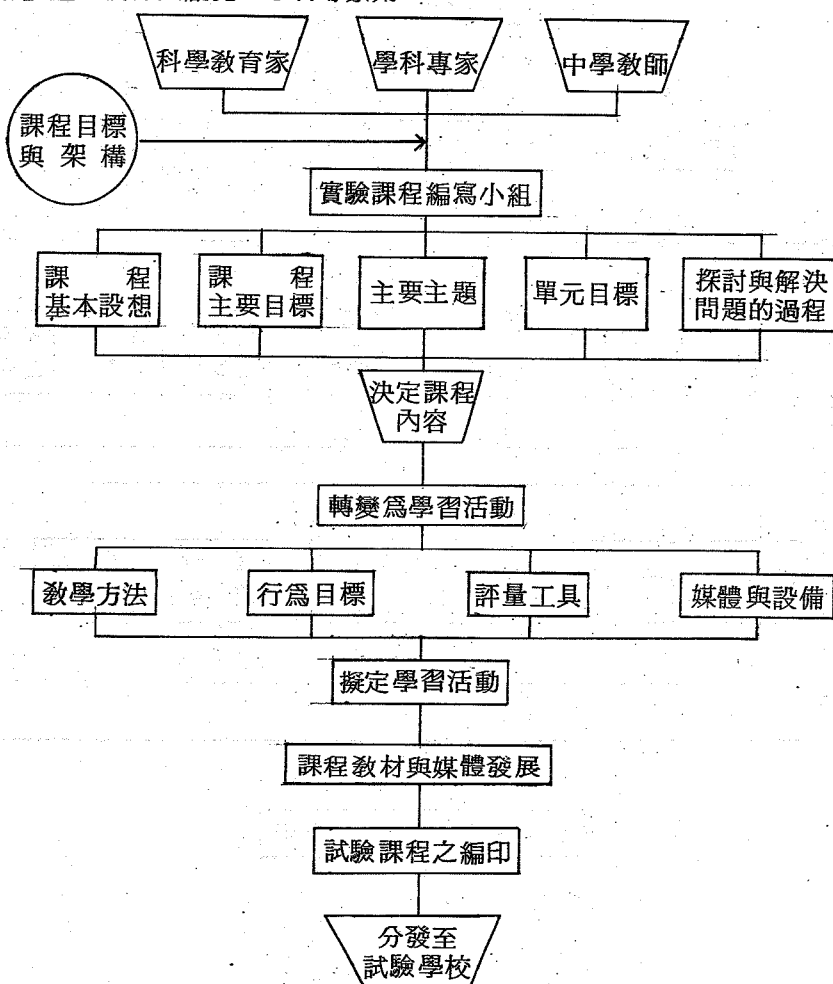
alternatives )，提供有彈性的課程 ( flexible curriculum )。

#### 課程編寫與媒體發展

本中心認為中學數學與自然科學課程之編寫，必須由科學教育家、學科專家、以及中學教師來共同參與。除了國家教育目標與政策一項及社會需求、文化背景方面，由大家共同配合以外，科學教育家在「學生認知結構」「學習活動的設計」「媒體設計」上多發揮其創見；學科專家則

在「科學的本質與特性」上，尤其學理上，或科學新知、鄉土的教學資料、科學概念發展體系方面，或實驗設計上多下功夫；中學教師則在「實施的可行性」方面多發揮其經驗與創見。

課程編寫與媒體發展過程如附圖 4。由科學教育家、學科專家及中學教師所組成的編寫小組，根據課程目標與架構將課程內容轉變為具體的學習活動，編輯成試驗本（課本）、教師指引、實驗手冊及必要各種媒體，分發至試驗學校。



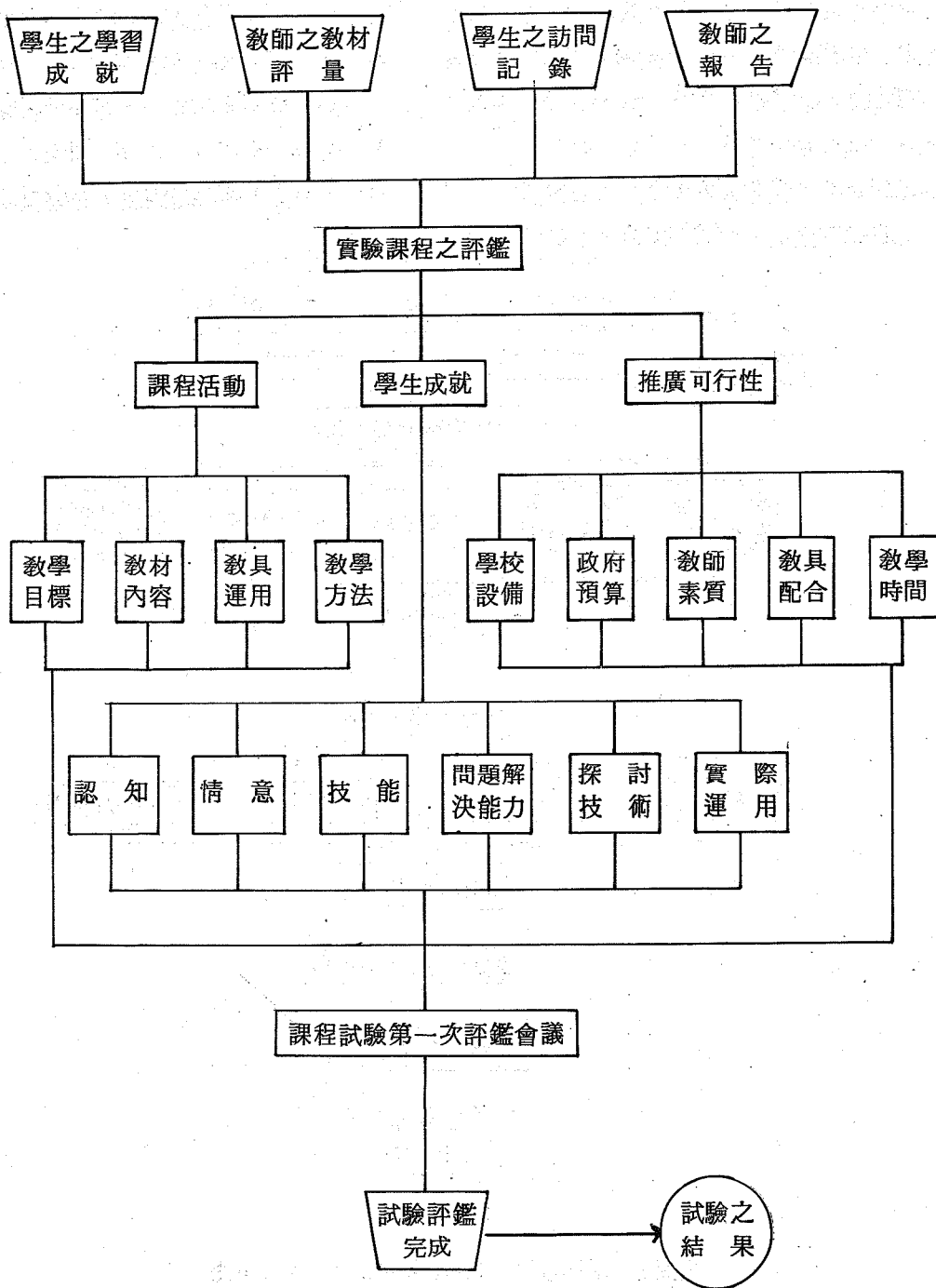
附圖 4 課程編寫與媒體發展過程 (第 3 階段)

## 實驗課程之試教與修訂

實驗課程之評鑑，要根據實驗班學生的學習成就，試驗教師對教材的評量意見，實驗班學生

們的感受及意見，以及試驗教師的報告。內容之評鑑則要包括：課程活動、學生各項成就、及推廣可行性等，這一段評鑑過程表示如附圖 5。

課程試驗結果要由部份諮詢委員與編寫小組

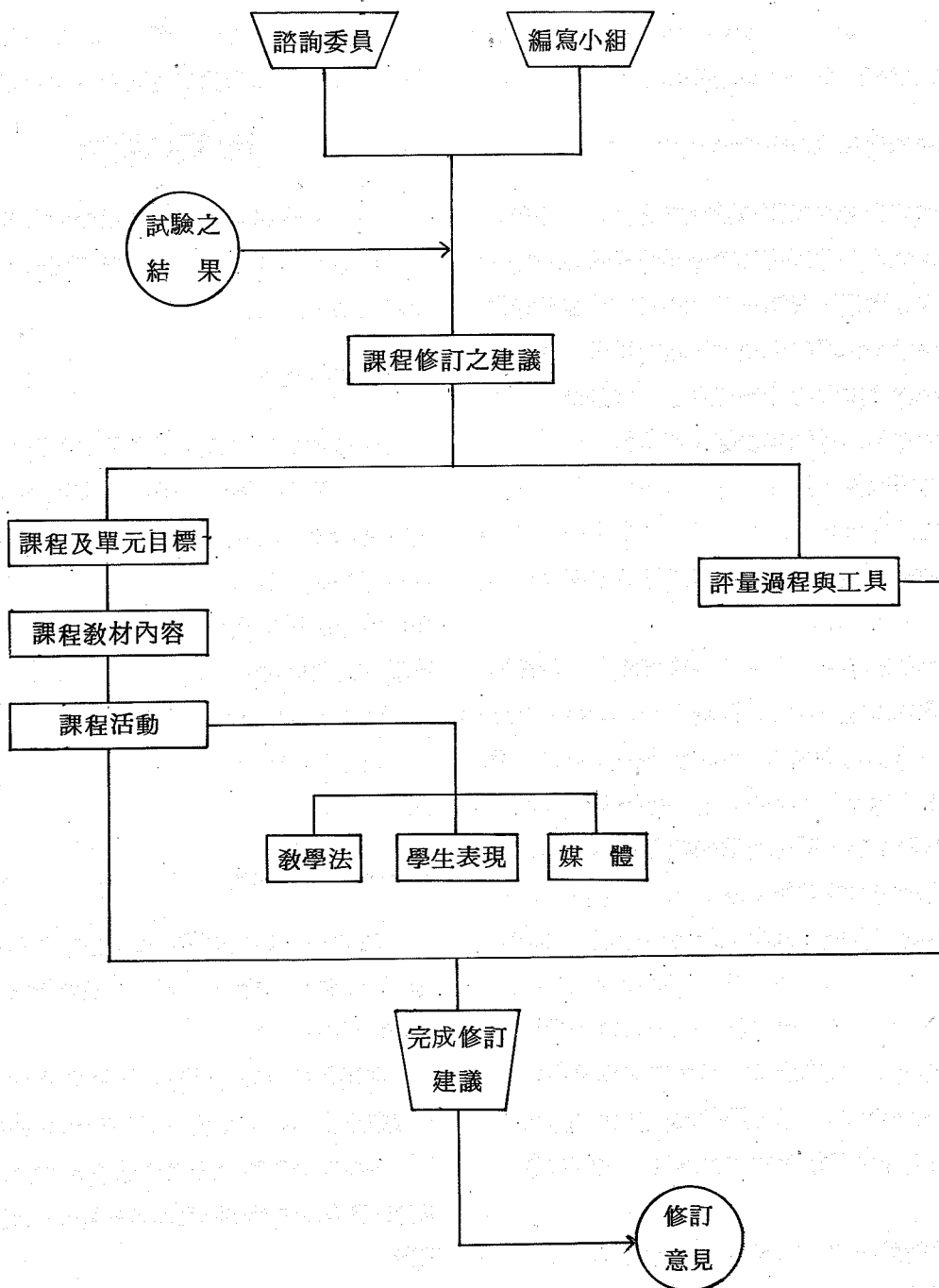


附圖 5 第 6 階段：第一次試驗之評鑑

聯合審查研究後，交給原編寫小組，就課程目標、單元目標、課程活動研討試教結果，並參考課程評量過程與評量工具，進行修訂。其過程如附圖 6。

目前國中數學及自然科學實驗教材，分別各由十所全國各地的國中進行試驗教學。高中各科的課程則預定由下學年度開始試驗教學。

各級學校數學及自然科學課程研究分年計畫



附圖 6 第 6 ~ 7 階段課程修訂過程

列表如附圖 7。我們希望能配合教育部預定，分別在七十三學年度及七十六學年度，開始全面實施國中及高中、技術職校新的課程。在此之前，我們希望能建立由國小、國中至高中及技術職校的科學教育新的體系，使各級學校數學與自然科學的課程，無論各年級與各級學校縱的銜接，或各學科之間橫的配合，都有嚴密的發展系統。

### 中等學校數學及自然科學教材教法研究

為密切配合課程研究發展計畫，本中心動員師大理學院及其他師範系統各科學學系教材教法及教學實習教師，擬定一項長期計畫，隨時研討中學科學教育目標與教學水準以及教學方法。

教師就是課程的「執行者」，好的課程設計仍需好的教師來發揮其效能。即使課程設計上稍有缺陷甚至偏差，只要有好教師，他（她）們的教室仍能「春風化雨」。反之，如果教師不了解課程的精神，就算有完整無瑕最完美的課程，也不能發生任何作用。

最近在世界各國中學科學教育圈內，最常討論的教學方法有：發現式教學（discovery learning）、探討式教學（inquiry learning）、問題解決法（problem-solving）等以學生活動為中心的學習型態，都是着重學生創造性（creativity）之發展的教學（註 7）。目的不外乎是為培養能獨立思考、具有價值判斷能力，能以科學態度面對問題，運用科學方法以解決問題的人。如果教師仍以知識的灌輸為唯一目的，用「老師講學生聽」的方式上課，甚至用評量資料（考試題目）當做教材，終日不渝地教學生如何填答案，這些教學法可以說實在太離譜，太沒有意思了！

本計畫第一期（本年度）作業重點將是：

1 探求有關教師，有關行業專業人員及專家學者，對國中與高中各年級科學教育之具體目標

與教學水準之意見，做為檢討改進科學課程與設計分科教材之重要參考。

2 了解有關教師對科學教育目標之認識程度，做為規畫在職訓練，推動教學法改進措施之依據。

3 促進課程設計，教材編訂者與教學人員之間意見溝通，逐步奠定實驗課程之推廣基礎。

## 推廣服務

為不斷研究並為中學教師提供科學教育新知、教學資源，本中心設立教學媒體研究中心，並舉辦各項科教活動。

### 教學媒體研究中心

目前本中心收集世界各國課程研究的資料之外，美、英、日等國各級中學自然科學各科教科書、教師指引以及有關教學資源共 1588 冊；科教有關雜誌，包括英文 46 類、日文 25 類、中文 41 類；國內所用各種教科書及教師指引；科學教學電影片，包括 16mm 片 55 部、超 8mm 片 254 部；ISCS、ISIS、ESCP、IPS 等科教器材或單元教學活動各種器材，提供科教研究各項具體資料。

### 舉辦各種科教活動

●本中心協助各縣市舉辦各種科學教學研討會，介紹新科學課程，研討科學教學方法或學習成就評量方法等。

●舉辦科學教育演講會，邀請國內外科學教育專家來本中心，以促進科學教育之學術研究。

●舉辦分區科學教育座談會，溝通並收集各區教師對科學課程教材的具體意見，以及可行性建議。

●舉辦資賦優異學生的科學研習會，為各縣市科學成績優異，對科學研究有興趣的國中生，

附圖 7 各級學校數學及自然科學課程研究分年計畫一覽表

| 會年<br>計度    | 起年<br>迄月            | 國 民 中 學 |     |         |    | 高 級 中 學 | 技術及職校      |
|-------------|---------------------|---------|-----|---------|----|---------|------------|
|             |                     | 數 學     |     | 自 然 科 學 |    |         |            |
| 69<br>(第一年) | 68年7月<br>↙<br>69年6月 | 編審教材    | 試修  | 編       |    | 編       | 分析研究概念發展系統 |
| 70<br>(第二年) | 69年7月<br>↙<br>70年6月 | 教       |     | 審教      | 試修 | 審教      |            |
| 71<br>(第三年) | 70年7月<br>↙<br>71年6月 | 訂       | 試用本 | 材       | 試用 | 材教      | 編審教材大綱     |
| 72<br>(第四年) | 71年7月<br>↙<br>72年6月 |         | 編印  | 教       | 本編 | (一)教    | 編          |
| 73<br>(第五年) | 72年7月<br>↙<br>73年6月 | 試用      | 職訓  | 試用      | 訂印 | (一)教    | 審教         |
| 74<br>(第六年) | 73年7月<br>↙<br>74年6月 | 本試      | 正練  | 試用      | 正式 | 在職      | 材修         |
| 75<br>(第七年) | 74年7月<br>↙<br>75年6月 | 輔導      | 使用  | 本使用     | 輔導 | 訓練      | 教本         |
| 76<br>(第八年) | 75年7月<br>↙<br>76年6月 | 及修      | 新教  | 新教      | 及修 | 試用      | 試用         |
| 77<br>(第九年) | 76年7月<br>↙<br>77年6月 | 訂       | 材   | 材       | 訂  | 用本      | 正式使用新教材    |



利用暑假來參加科學研習，其內容包括：科學講演、分組討論、示範及分組實驗、個別專題研究活動及發表會、採集及參觀活動、科學影片欣賞、星象觀測等，以提高其學科學之興趣，並提供其個別專題研究的環境，以發展其獨立思考從事科學研究的興趣與能力。

## 資料編印

### 出版科學教育月刊

本中心承教育部、台灣省教育廳及台北、高雄市政府教育局的委託，編印「科學教育月刊」，現已編印32期，為中學科學教師提供研討科教的園地，本刊為非賣品，所有公立高中與國中都按教育廳局指定數量（按班級數多少比例分送）按期贈送。

### 各種科教資料之編印

出版本中心所作各項課程研究資料，包括研究資料、實驗教材、教師指引、實驗手冊及活動記錄本等。此外，上年度接受台灣省教育廳委託已拍攝「函數的概念」「圓錐曲線」「電的性質」「牛頓運動定律」「氣體化合體積定律」「催化劑的作用」「細胞有絲分裂」等七部16mm教學影片，並已分送給各高中，今年度將繼續再拍攝七部。

## 未來的發展

1957年10月4日，蘇俄放射人類第一個人造衛星，成功地進入太空軌道，掀起美國科學界對於中小學基本科學教育的再檢討與改革運動。這時所產生所謂「第一代」中小學科學課程有：PSSC（物理）、CHEMS（化學）、BSCS（生物）、MSG（數學）、ESCP（地球科學）、IPB（物理）、SSSP（中學科學）及

ECCP（工程概念課程計畫）等。

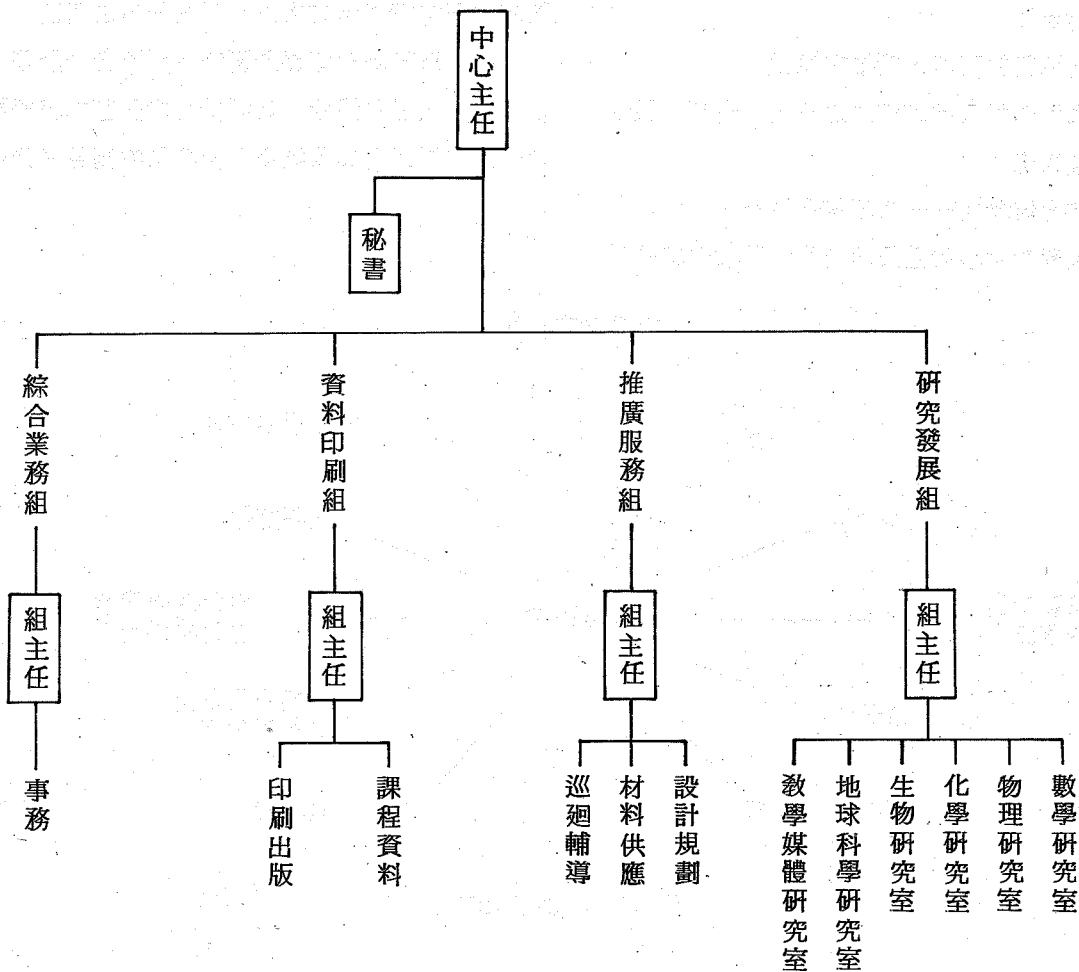
第一代新科學課程（1956～1965）的特點有：(1)重視科學概念、學理、基礎科學，(2)重視發現式學習（discovery learning）與開放式實驗（open-ended lab.），(3)嚴密的觀念發展結構，果然造就不少年輕有為的青年科學家，却因過份重視嚴格的科學訓練，而忽略那些非主修科學學生的科學教育，也疏忽了個別學生不同的需求與能力，使大多數學生們視數學與科學為畏途而放棄學習。

第二代新科學課程（1965～1977）則：(1)仍然維持發現式與探討式的學習型態，(2)趨向個別化學習，(3)在初中階段趨向統整科學（integrated science），(4)趨向module（完整獨立的學習單元）的運用，尊重個別不同的需求與能力，(5)注重價值觀的教育，(6)更注重學生認知結構不同的發展等（註8）。

師大科教中心正在研究發展適合本國教育宗旨，適應社會需要的中學新的科學課程，當應參考先進國家的經驗，以配合我們的需求。在美國第一代課程中，除少數課程以外，大都已逐漸為第二代新課程所取代。最近人類科技進步愈來愈快，一套新科學課程之發展又需十數年之久，我國亟需一批專人與常設研究機構，經常研究課程。目前本中心的主任、秘書以及所有的課程研究人員，全由師大、清大、台大及其他各大學的教授兼任，沒有一位是專任的。雖然大家都有相當可貴的貢獻，但莫不表示課程研究與發展並非兼職的工作所能完成。本中心希望能擴充組織編制至少如附圖8，使各大學熱心科學教育的科學家、科學教育家、教育心理學家有專心研究，為科學教育共同奉獻的地方。

將來的科教中心希望設如下四組，每一組都有專任的研究教授、研究員、研究助理與行政業務人員。各組重要設施與功能簡列如下：

附圖 8 國立台灣師範大學科學教育中心未來的發展



### 1 研究發展組：

(1)重要設施：各科研究室、實驗室、教學媒體研究室、講演室、放映室等。

#### (2)功能：

①中學課程教材教法評量方法之研究、設計、試驗。

②各種教學媒體之設計與製作。

③提供中學數學及科學教師在職進修或研究之場所與器材。

④舉辦並提供中學數學及科學教師自製教具之場所與器材。

⑤舉辦有關科教講演、示範或討論會。

### 2 推廣服務組：

(1)重要設施：推廣研究室、實驗材料供應室、巡回輔導車等。

#### (2)功能：

①科教有關問題之調查與研究。

②新教材教法教具之介紹與推廣。

③解決中學教師教學上疑難問題。

④舉辦各種科教推廣活動（研習會、講演、採集等）。

⑤供應中學科學實驗材料。

⑥巡回輔導各地區科教活動。

### 3 資料印刷組：

(1)重要設施：資料編印室、媒體資料展覽室等。

(2)功能：

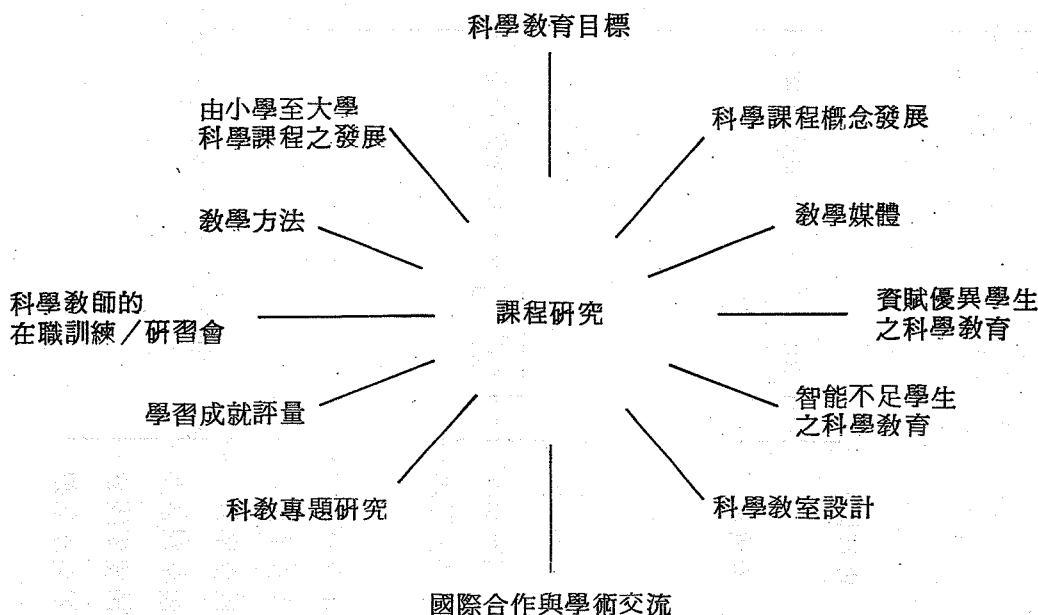
①有關科教資料、刊物之編印。

②國內外科教教學資源之收集、整理、展示、研究或供應。

4.綜合業務組——掌管綜合業務。

師大科教中心的主要功能為中學數學與科學

課程之研究發展。其未來發展的內容如附圖9，亦勢必推廣科學教育專題研究及國際合作計畫，種類繁多，任務艱鉅。尚祈關心我國基本科學教育的教育界以及其他社會人士多貢獻高見多鼓勵與支持。



附圖 9 師大科教中心未來發展重點

## 參考資料

註1：吳大猷：「教育部科學教育指導委員會簡介」，科學教育雙月刊第31期，師大科教中心，pp. 6～7（民國68年10月）。

註2 J. Galen Saylor and William M. Alexander, Curriculum Planning, New York, Holt, Reinhart and Winston, Inc. (1966).

註3 William V. Mayer, "The BSCS Process of Curriculum Development", BSCS Newsletter #64:pp. 4～5 (Sep. 1976).

註4：Mauritz Johnson, JR, "Definitions and Models in Curriculum Theory",

Educational Theory, Vol 17, No. 2 (April 1967).

註5 Eliot Eisner, "Levels of Curriculum and Curriculum Research", Elementary school Journal, 66, (Dec. 1965).

註6 林清山「科學教育的心理學基礎（上）」，科學教育月刊創刊號，師大科教中心，pp. 27～32（民國65年9月）。

註7 卓播禮（L. Trowbridge）「探討教學及創造能力的發展」，科學教育月刊第16期，師大科教中心，pp. 16～21（民國67年2月）。

（下接27頁）

我們現在所用的變壓器吧！在11月，他就宣佈了他的「感應電流理論」，而解釋了1820～1831年的所有有關電磁感應的困擾問題。當他一看到感應電流的產生及停止，他就馬不停蹄的繼續向前邁進，不數日之間，他就有辦法用一打以上的實驗來證實他的「感應電流理論」，他可用變動的電流、變動的磁場來產生感應電流。不久他就完成了利用磁鐵來產生連續電流的裝置（即今日發電機的雛形），這不就是他在1821年所做的帶電流導線在磁極周圍做連續運動的回響嗎？

事實在未揭發前，大家各走各路的在研究，一旦揭發了，就發生了誰最先發明的爭議。阿拉哥比較沒事，他承認他只認定他所看到的現象（阿拉哥效應）是對的，甚至於有關「感應磁」的解釋都歸功於他的年輕同事杜漢漠（Duhamel）。但是安培就不同了，他一聽到法拉第的結果，立刻就將他與瑞伏在日內瓦所得的結果加以修訂後，在1831年末發表出來。此時他對「感應電流」的產生更確定了些，只是所用資料仍是六年前的老資料，沒有更進一層的東西。他與法拉第之間當然有些爭議，但在情緒冷靜以後，安培仍向法拉第承認，他整個電磁研究的目標只在解決一個問題，即金屬內是否含有「磁分子」，以便瞭解物質磁化的過程。故安培的實驗是在尋找一個「是」與「否」的答案。而法拉第則是就整個問題來探究的，故實驗對他來說是一種可供依賴的研究指標。

從以上歷史過程，我們發現，在研究的過程裡，心裡的偏向往往會使人忽略掉一個重要的自然內涵。這事不止發生在安培身上，事實上，與安培同期的許多科學家們都未曾看出電磁感應的步驟與時間的相依關係，即使有的人想到了時間因素，却與自然應有的內涵連不起來。故阿拉哥效應所顯示的時間因素並未受到應有的認識！

不管如何，不可否認的，由於大家在1820

～1831年間的努力，電動力學已邁開了腳步。在這十年間分別有安培定律及法拉第定律的完成，還有無單磁極存在的認定，再加上在這以前的庫倫（或高斯）定律，而使得1836年，馬克斯威爾（Maxwell）在修訂了安培定律以後（即除了電流能產生磁場外，電場隨時間的變化亦可產生磁場），完成了馬克斯威爾公式，使得電磁學（或電動力學）有一完滿的成果。

註：

本文主要參考資料為：Samuel Devons, The Physics Teacher V. 16 No.9, 625 (1978)

（上接14頁）

註8 卓播禮（L. Thowbridge）「科學師資培育之趨勢與可行辦法」，科學教育月刊第15期，師大科教中心，pp. 11～13（民國67年1月）。

（上接17頁） 材及教法的調查工作。

(3)研究聯考技術的改進問題。

(4)配合教材的改進工作，全面推展正常的教學法。

(5)下次會議討論重點為：如何進行中等學校數學及自然科學教材及教法的調查。

今天的會議到此結束，謝謝各位。

（上接21頁）

在這個時時刻刻在無窮轉變的宇宙現象中，表面上似乎無相關的事物與事物之間，實際上隱藏在理性與理法之間，具有同質同型的密切關係，不變的法則，萬古不化的性質，使宇宙萬物裡面，潛涵著驚奇的神秘的關聯，播放出美妙的形相、真美的本質、真藝術的馥香，更使內心深處，感到喜悅而神往。