

美國中等學校 數學與科學教育的問題

楊榮祥

國立臺灣師範大學生物系

本稿取材美國國家科學基金會（National Science Foundation）與美國教育部（the Department of Education）在1980年10月共同發表的「1980年代以及將來的科學與工程教育」中的一節「中等學校自然科學與數學教育」部份。本稿對於美國中學科學教育的問題做客觀的剖析與討論，正當本中心接受我教育部委託進行高中與國中數學與自然科學課程改進研究計畫之際，他山之石可以攻錯，特此介紹同仁們以及關心我國科學教育人士參考。

為閱讀方便，已做適度的改寫，但原稿中註釋部份則保留原註，並照列參考資料於後，以便讀者進一步研究。

本稿原件由教育部中教司朱科長武定提供，特此誌謝。

在美國人的心目中，中小學教育系統，就是達成一般教育傳統的兩項社會目標的主要工具，這兩項目標就是：

一、配合個人不同的能力，提供適當的知識與訓練，使每一個公民都有機會充分發展其潛能，使他們都能有效從事其不同行業的能力。

二、將傑佛遜（Thomas Jefferson，美國第三任總統1743～1826）著名的格言「文明的公民就是社會進步的安全保障」轉為事實。

在美國，教育屬於地方政府的管轄，一共有萬七千多個學區（school district）分佈各州，這些都是負責達成上述目標的「系統」。各學區都要自行負責本系統的控制標準、課程內容以及教職員薪津、儀器及設備預算等。

在1981會計年度內，各州以及各地方政府

為中小學的教育，必須負擔近一千億美元的經費，但聯邦政府預算局為中小學及職業學校所編的中央預算，却一共只有九十四億美元。自從1971年以來，中等學校就學率一直在下降，估計還要持續至少到1990年，對那些人口外流的地區來說，所構成壓力更大，因稅收減少，不得不緊縮其教育預算。

在公立學校系統，特別是中等學校為達成所賦上述二項社會目標，其數學與自然科學的教學，必須設法完成下列各項任務：

一、培養社會所需要的大批「具有數學及科學素養」的未來公民，包括(1)數學及科學資優將成為專業科學家或工程師的人才；(2)將成為律師、新聞記者或企業界的經理等非主修科學但需要

相當程度之科技知識的人才；(3)將成為工業化經濟社會所需大量中級及基層技術人員的人才。

二、為所有的學生提供充分而適當學習數學與自然科學的機會，使他們都能選擇並從事其適當的職業。

三、幫助學生理解科技的觀念與過程，了解科學、工學以及社會之間的相互關係，使他們成為民主社會中能充分發揮其潛能的公民。

但，有許多事實使大家不得不承認現今的中等學校教育系統，並沒有有效達成上述各項任務。世界其他工業化國家，諸如英國、法國、西德、日本，以及蘇俄，莫不格外重視數學及科學教育，努力提高全民科技素養。可是美國的現況：

一、在中等學校，將主修科學與工程的學生，與其他並不預備修科技的學生，所學數學與科學知識與所受之訓練就有很大的差異。而且各種跡象顯示，這些差異還在逐漸地擴大。那些對於數學或科學有很大的興趣，而且資賦優異立志將為科學家或工程師的少數學生，在中學階段所學的並不少，至少跟以前一樣多。但，其他大多數的學生，所學數學與自然科學却愈來愈少，他們的數學與自然科學的成績亦每況愈下。

二、這種差異，再由於教育當局降低「標準」與「期望」而顯然在加大。高級中學課程標準中，數學與自然科學的必修課程本來就很少。有些大專學校還過份降低入學標準以爭取學生入學，有些大學還要為學生補習高中的教材。「注重基本技能」這個口號反而限制了課程內容，在許多人的眼光裡，科學已不是「基本的」學科，數學只不過教學生練習「演算」技術的學科。

三、目前，兩個關鍵性的教學資源——課程與教師，都不理想。現在的數學與自然科學課程內容，並不符合大多數學生的興趣與需要，在中學大部分學生並不準備當科學家或工程師。

四、數學與物理化學教師的短缺，以及教師支援系統的衰弱，都使教學系統無法充分發揮其應有的功能。

上面所列各項問題並非無根據，下面分為四個部分逐一討論之：

數學與自然科學的 選修情形與學生成績

本節首先要討論中學學生成就測驗的成績，以及學生們選讀數學與自然科學各科的情形。根據資料顯示，在中學生之間，其數學與自然科學成績，都有很大的差距。那些對於科學與工程有興趣，而將來立志為科學家或工程師的學生們，都受較多的科學訓練，其成就表現都很好，反之，那些佔大多數將不預備主修科技的學生，則顯然學得太少，這一種差異，近來似乎愈來愈大。

一般學生的數學與自然科學 成績每況愈下

關於美國中學生數學與自然科學成績的低落，常引出廣大人士的爭議。哈尼吉費格（A. Harnischfeger）與威利（D. Wiley）檢討過有關數據資料後，下結語說：自從1960年代中期，美國五年級到十二年級（高中三年級）學生的成就測驗顯然每況愈下，尤其最近幾年，較高年級的學生成績降低最多。從事這項調查的教育家們認為，這確實是全國性的問題。⁽¹⁾

瓊斯（L.V. Jones）也很謹慎地證實自1960年代到1970年代之間，數學與自然科學成績低落的事實⁽²⁾。他引用全國教育發展評鑑（National Assessment of Educational Progress）所做之取樣研究，說只有幾個「例外」，例如，九歲學童的數學成績一向很穩定；九歲與十三歲學童的生物成績，則在1973～1977年之間，有顯著

進步。如今，九歲、十三歲以及十七歲學生的物質科學，以及十七歲學生的生物成績則一直在下降。

以 1978 年與 1973 年的教育評鑑結果相比較，九歲與十三歲學童的數學成績只有微小的降低，但十七歲高中學生的數學成績則有相當大幅度的低落⁽³⁾。進一步探討結果又顯示，各年級的學生都會做整數的「加」「減」與「乘」等基本的計算，但了解或解釋問題的能力，則顯然在低落⁽⁴⁾。

評鑑結果又顯示，白人男生的數學與科學成績，通常比女生或少數民族（黑人、印第安人、波多黎各人等）的學生表現要好得多。女生的成績雖稍有進步，但仍比男生差一段。此外，社會背景與經濟情形，也顯示很大的影響。例如，九歲與十三歲黑人學童來說，住在都市較高級住宅區的黑人子女的成績，比其他地區的黑人子女要好得多⁽⁵⁾。

由於這些調查結果來看，最近美國一般中學生的數學與自然科學的成績，確實是「每況愈下」，尤其「非主修科學」，也就是說將來不預備當科學家或工程師的學生。事實上，那些被選拔出來參加「高級進階測驗（Advanced Placement Test）」科學成績優異學生的平均成績一向少有變化⁽⁶⁾，這些學生通常都要到大學主修數學或科學，成為科學家或工程師。此外，科學性向測驗的成績，也顯示相似的情形。即，凡此項測驗成績高的極少數學生都跟以往一樣學得好、學得多。但，其他絕大多數學生的成績則愈來愈差，所學的數學與自然科學也就愈來愈少。

總之，(1)過去十五年，美國一般青少年數學與自然科學成績都在明顯地降低。(2)只有資優學生表現穩定。(3)在自然科學各科中，物質科學成績低落情形較為嚴重，生物則降低較少。(4)在數學科，整數單純的演算能力並不差，但概念應用

與解決問題的能力則顯著低落。(5)白人男生通常比女生及少數民族子女表現要好。

究竟為什麼一般學生的數學與自然科學成績會如此低落？學術性向測驗（Scholastic Aptitude Test）的顧問小組所分析結果認為雖有一些統計取樣上的問題，但成績低落的原因，導自不夠嚴謹的學習目標與過程、太鬆太低的成就評量標準，而最大主因可能就是學生學習動機之低落⁽⁷⁾。哈尼吉費格與威利認為課程本身對學生影響最大⁽⁸⁾。

修習數學與自然科學的學生愈來愈少

韋爾契（Welch）曾分四期調查過學生選修自然科學的情形，結果發現 1976～77 年間，美國九～十二年級（相當於高一～高三）的學生中，只有 48 % 的學生選修一科以上的自然科學，遠比 1960～61 年間的 59 % 要低很多，但，接近 1972～73 年的數字⁽⁹⁾。

塔瑞克依（N. E. Terleckyj）也調查過七～十二年級（國中一年級～高中三年級）數學與自然科學的選修情形。根據其報告，1970～71 年間學生選修自然科學人數最多，超過 69 %，1972～73 年時降至 67 %⁽¹⁰⁾。塔氏的調查，只修正七～八年級的部分以外，和韋氏的調查完全相吻合。根據二氏的研究，近年來中學生中選修自然科學的學生無疑地愈來愈少。這種問題在高級中學比初級中學更為嚴重。

後來，韓斯（N. Harns）再進一步證實這項事實。據韓氏的研究⁽¹¹⁾，1977 年一共有二千七百萬個第七～十二年級的學生選修自然科學，其中第七～十年級的學生就佔了 80 % 以上，他們都是選修他們所喜愛的科目，其中大約有一半的學生選修生命科學（life science），約四分之一的學生選修物質科學（physical science），

也有四分之一的學生選修地球科學（earth science）。到第十年級（高中一年級）以後情形就完全不同，僅有 6.9 % 的學生選修化學，3.1 % 的學生選修物理⁽¹²⁾。

數學的情形也大致相同，嚴密觀察 1972 ~ 73 與 1976 ~ 77 年間中學生數學科選修情形之後，發現高級中學之間有些學生學很多高級數學，但另一方面，大多數的學生則在第十年級修完幾何之後，就不再修任何數學。

選修化學、物理及高級數學的學生，大多數都要升入大學就讀。雖然高中的這些科目的成績並非任何大學自然科學或工程學修學位所需，但那些在第十年級以後，就不再修讀科學或數學的學生，即使升入大學，很難進修科學或工程學，因為他們缺少重要的基礎知識與訓練。吉爾馬丁等（K.J.Gilmartin et. al.）的研究⁽¹³⁾可支持此說。吉氏等說：學生一旦離開了科學與數學的軌道，他（她）很難再回來。

1979 年，三百萬高中畢業生中，大約有三分之一參加大學入學考試委員會的學術性向測驗（SAT）。這些學生都聲明他們在中學就讀時，在班上都屬於「成績最好」的學生，有 70 % 的學生說他名列原班「前五分之二」。這些參加 SAT 的學生，在第九～十二年級之間，平均學過 3.44 年的數學與 3.16 年的自然科學（包括物質與生命科學）。這項數據說明 1973 年以後稍有進步⁽¹⁴⁾。從這些資料當可推理大約六分之一的高中畢業生曾修過初中與高中的數學與自然科學課程。由上面各項資料，還可以說：高中畢業生之中，有半數在高中二年級以後，就不修讀數學與自然科學；升入大學的學生中，只有一半在高中二年級以後，還修讀過所需之物質科學與數學課程。

**在中學 文科學生學太少的
數學與自然科學**

綜合上面所分別討論的學生成就與修讀情形，我們可以說，近年來在美國的中學裡，凡資優並立志以科學家或工程師為終生事業的學生，所學之數學與自然科學不單不少，還可能學得更多。但，其他（佔大多數）的學生却很早（第十年級以前）就要結束其自然科學與數學的學習，而所學之數學與自然科學的成績也愈來愈差每況愈下。顯然，在中學之中，將主修科學與工程的學生與非主修科技的學生來相比，他們所學之數學與科學的份量與所受之訓練，都有很大的差異，而且調查資料顯示，這種差異正在逐漸加大。

課程標準與必修科目

過去十年來，每年大約有四分之三（同年齡的人口）的年輕人獲得高中畢業文憑，比起 1930 年代可說大有進步。那時代只有三分之一的學生能完成十二年級的學業，至 1950 年代增為一半。近年來，那些少數民族（包括黑人與拉丁美洲人）學生中高中畢業生的比率也在增加，但比起白人子女，其比率仍偏低。隨著畢業率的提高，留級在學校的學生比例減低，雖然學業成績通常與其家庭收入，雙親的學歷及其民族性有關係，黑人與拉丁美洲人子女的進步比率，在整個族群中仍屬於較低的一群⁽¹⁵⁾。

減輕學生的課業負擔？

自從 1970 年前後開始，高中課程中的必修科目逐漸有減少的趨勢⁽¹⁶⁾。各州各學區所規定之必修科目中，社會學科似乎都比自然科學或數學都要多。各學區之中，就有四分之三規定要在九～十二年級之間，修足一年以上的社會學科；但堅持要修足一年以上的數學或自然科學才能畢業

的學區則只有三分之一⁽¹⁷⁾。

必修科目減少之後，大眾所關心的是：孩子們在通過教育系統後，是否都能學到他們所應學到的知識與技能？輿論顯示絕大多數人士認為：學校應舉行考試以決定學生是否可以升級。結果有三十六個州引進基本能力測驗（minimum competency test）做為升級考試，其中十七州還以能力測驗為畢業所需通過的考試。有趣的是，當大家關心學生的成就與進步之時，對於未能通過升級考試的學生，却否決「留級原班重讀」的功能，而主張（有81%意見）另行成立「補習班」，⁽¹⁸⁾結果沒有留級生，只有補習生。

培養基本技能 是課程的一部分，不是全部

關心學生成績低落、深信能力測驗的功效，使學校課程改以「基本技能（basic skills）」的訓練為重點。在初期，這項重點是在較低年級，但有充分的跡象顯示，很多教師以及教育委員會在選購教科書時，過份重視其「閱讀困難度（reading difficulties）」，結果連較高年級的數學、自然科學的教科書中，都用「簡化的字彙」「簡短的文句」。在數學方面亦復如此，許多學校只要求教科書的內容要注重練習（drill）與計算（computation），結果犧牲一般應用能力的培養，就在高年級也有這種情形。測驗結果顯示，孩子們確實熟練其基本的閱讀能力，但缺乏理解（comprehension）與解釋（interpretation）的能力。同樣地，孩子們會做整數單純的計算，卻不會解決普通問題。⁽¹⁹⁾很多教育有關機構曾表示過對此現象的關懷⁽²⁰⁾。例如，家長與教師的全國大會（National Congress of Parents and Teachers）中，曾提及：

雖然基本能力的培養，就是教育的重點，但

所謂「基本」並不能就成為全部「課程」，事實上基本能力的培養是課程中的一部分，而不是全部。同時，過份重視基本能力的培養，使孩子們只學到他們將要被測驗的，結果學生將都成為平庸

.....

「注重基本能力」這個口號，對科學教學的影響很大，尤其小學階段。因為，在一般公民與教師的眼光裡，自然科學根本就不是「基本」科，結果，小學的科學教育反而被忽略掉了⁽²¹⁾。所謂「基本能力本位」，隨着而來的「偏重」閱讀能力與計算能力的教學，都引起全國關心教育素質人士的注意。大家所關心的，不只是學生是否學到這些基本能力，大家所更關心的是這些能力是否能應用到教材內容的了解，是否更能發揮其潛能以解決更複雜而不同的問題？

導致選修數學與自然科學課程學生數的減少，以及這二科學生成績之低落，另外還有一個原因。近年來，有些大學或獨立學院，為爭取更多的學生來繳費註冊，不惜降低其入學或入學後的成績標準。卡內基基金會所提有關高等教育政策的研究報告中指出：這種降低標準以吸收學生的措施，事實上已大大影響高級中學的學術標準。這篇研究報告還建議各大學與獨立學院，應即將入學或入學後的成績標準「恢復」到1960年代的標準。⁽²²⁾另外數學科學研究委員會最近所發表的報告中也指出：在四年制大學與獨立學院修讀微積分以下的數學科目學生數在1970到1975年之間，增加約10%，但新生入學人數却只增2.7%。另外，1975年在二年制專制學校，「高中程度」的數學科選修人數，竟佔修習數學總人數的36%！1970年為29%，1966年則只有26%⁽²³⁾。

四分之三的學生認為科學課程 雖重要但太難太煩

學生們對自然科學的修習價值，似乎有了懷疑。1977 年全國教育發展評鑑 (NAEP)，曾經調查過 9, 13 與 17 歲的學童對科學課程的看法，結果發現這群學生中有四分之三表示科學課程對他們「很有用」。但，其中半數稍多的學生認為他們在自然科學課程裡所學的東西，在將來比較有用，而不是他們日常生活所有用；十三歲的學生中有三分之二不是表示不預備再修讀自然科學，就是表示不知是否再修習自然科學。有一半以上的學生聲稱現在他們所得的科學教材都太難；十三歲級中有 21%，17 歲級的則有 31% 的學生表示他們對自然科學感覺厭煩。可是，這項調查却顯示十三歲與十七歲級的學生中，有四分之三認為科學課程對他們「的確」很重要，雖然它實在太難，又令人厭惡。有三分之二的學生承認科學是很重要的課程，却並不準備再進一步修習。這些調查資料顯示：那些「將來不主修科學或工程」與「不預備升大學」的學生，如能給予適當的輔導，似乎還有希望激發其進一步修習自然科學的動機⁽²⁴⁾。

為什麼中等學校絕大多數學生，都不願意學習較高程度的數學與自然科學？學生、教師、輔導人員以及家長，都缺乏有關現實職業的資料，這可能是個主因。由於缺乏充分而具體的資料，以判斷那些工作或活動與數學與自然科學課程活動有關，以及那些課程活動對於他們將來的事業以及其發展的關係，結果他們所做的重要決定（指選課），僅根據其「聽說」與「本能直覺」。雖然我們還不能列舉具體的文獻以證實這些事實，但關於學校的輔導（school counseling）工作曾一再地、廣泛地討論過。

關於學生成績之低落、成績標準之降低，以

及學生學習動機轉弱等現象，有一研究小組所做之調查正可支持上述的解釋。他們調查全國六十所「一定升大學」的高中學生，發現他們 1963～70 年之間 SAT 的分數都很穩定，自 1973 年到 76 年間，則有逐漸上升的趨向。這六十所學校都比較注重傳統的學術中心課程（traditional academic programs）⁽²⁵⁾。

數學與自然科學 師資現況

根據最近的研究，在教育中教師確實是個關鍵性的角色⁽²⁶⁾。教師有充分的權責與機會，以決定教什麼，怎樣教，尤其數學與自然科學的教學，教師能激發學生的學習動機，也能為學生們決定是否再進一步學習更高一層的數學或自然科學⁽²⁷⁾。關於教師的重要性，有二個因素可供討論：

第一，目前在中等學校，普遍欠缺數學與物質科學的教師，近來志願入學師範院校或其他大學所設師資養成班的學生年年有減少的趨勢。據全國性調查，在 1977～78 年度末，全美國中等學校之中數學教師的缺高達 10%⁽²⁸⁾。有二百位數學科視導人員承認確實有此事，並且預測說至少五年內這個情況還不會改善。除此之外，還有調查報告亦證實印第安納⁽²⁹⁾與密蘇里⁽³⁰⁾二州數學教師確有很多短缺。同樣地，物質科學的教師也有不足的情形，雖然情形並沒有數學教師那麼嚴重⁽³¹⁾。另外還有些觀察家相信，新的數學與自然科學教師的素質也在低落⁽³²⁾。

數學與自然科學教師之短缺，主因不外乎是大眾對於教育事業欠缺興趣，以及待遇之差異。根據全國教育學會（National Education Association）的報告，主修數學的理學士，就任中學教師第一年的薪津，在 1978～79 年間，

僅有受聘私人公司或工廠任職數學統計師初任薪的 73.1%。1975~76 年時則有 79.7 %⁶³。誰都了解，一旦學校裡短缺正式教師時，必定要請來「資格差一點」的教師來填補，這些教師通常都缺少當數學或物質科學教師應具備的能力，影響教學效果是無可避免的事情。全國性的調查又顯示：「數目可觀」的中學數學與物質科學教師「感覺」他並「不太適合」或「不太能勝任」他們所教的科目⁶⁴。

第二個因素就是教師支援系統的衰退。由於財政上的理由，很多視導人員都調到行政部門，學科督學變成行政督學，對於學校教學減少有效的輔導與支援⁶⁵。另一方面，在學校，教師們表示他們需要實質支援，一共有 67 % 的數學與自然科學教師表示他們希望能得到更多教學資料⁶⁶，一半以上的教師表示他們需要實驗室助理⁶⁷。

大家都不否認自然科學的

大家都不否認自然科學的教學中實驗的重要性，但誰來起手做？

有 25 % 以上的中學教師與行政人員，認為「不適當」的實驗器材是科學教學上一個嚴重問題。可是，又有充分的事實證明教師們並不一定常用現有的器材⁶⁸。這可能是「誰來起手做」的問題，例如，設備完善的實驗室，如果沒有技術人員幫助，或沒有充分的材料，可能就沒人用它，尤其學校裡的安全問題慢慢引起大眾特別關心之時！無論如何，校外很多設施，例如，自然中心 (natural center)，博物館，星象館等，學校教師都很少去充分應用。為什麼？原因並不清楚，但交通與領隊的責任問題一定是重要因素。

教師支援系統的衰退另一個面，是教師進修問題⁶⁹。自從 1960 年代末期，聯邦政府所資助

的暑期以及在職進修機會年年都在顯著減少，却沒有任何地方機構來接替它。據專家對暑期進修所做之評鑑報告，參加此項進修的教師們確曾成功地改善其教學。但，那些「資格較差」的教師，却很少有機會參加這類在職訓練⁴⁰。

暑期進修或在職訓練，除了為教師提供其繼續學習的機會之外，還可以讓教師們同他們的中學或大學的同學，交換其有關教學以及課程的經驗⁴¹。讓中學教師有機會回到大學進修，不單能夠維持中學教師與大學的教學與自然科學教授之間的關係之外，根據參加過全國研究會議 (National Research Council) 討論會的教師說，還可建立或改善中學數學與自然科學教學系統與其他科技教育系統之間的合作關係。這種合作與溝通，必定能改善教育的素質，這是大眾所一致公認的事實。此外，教師的繼續進修還可以為教師們擴大其學習範圍，包括工業科學、課程發展，也能使大學教授們更加關心並了解中學教育。這一位參加過全國研究會議討論會的教師又建議說：在大學，自然科學或工程的教授中，已退休或將要退休的，也許會有很多熱衷中學數學及科學教育的教授⁴²。

中學數學與自然科學課程與教材

1957 年，蘇俄發射人類科技史上第一個人造衛星史潑尼克一號，震驚了美國朝野，除決心重整科技之外，還徹底檢討基層的科學教育。當時美國聯邦政府所資助發展的新數學與科學課程，確實都會為科學教育帶來新氣象，其功勞確不可磨滅。二十年之後，1977 年一項有關中學的數學與自然科學教科書使用情形的調查報告指出，雖然除了生物學之外，各校都很少採用那些由國家資助所編輯的教科書⁴³，但，韋爾契堅信，

這一批教材對那些非政府所資助教科書的品質，都有深遠的影響。同年代的這些中等學校數學與自然科學的教材，都有一個共同的特性：都是適合那些準備上大學主修自然科學或工程的學生所修的教材⁴⁴。

忽略了大多數學生的需要與興趣

很不幸地，我們的確忽略了那些並不準備主修科學或工程的大部分學生。根據關於讀大學以前的數學及自然科學教材內容，最近所發表的研究報告，在美國，無論高級或初級中學，這些教材內容幾乎都為將來學科學的學生所編輯。這種概念組織嚴密，所謂「科學內容本位（discipline centered）」的課程只適合做為培養未來的科學家，在整個中學生的族群中，這是極少數的一群。對佔多數的一群，即非主修科學或工程的學生來說，現在的教材極少提供人類個別的、社會的、（有關）科學問題；也很少提及現在的科技與工程對於社會或個人的關係；更少提到職業選擇上有關問題⁴⁵。

有九個機構⁴⁶對於這種情況表示關切，其中美國全國科學教師聯盟（National Science Teachers Association）表示：

……很多中等學校的現行科學課程，都忽略了數量上佔絕大多數，將來並不準備學科學與工程之學生的興趣與需要⁴⁷。

不過，現在除了這些普通通用「學科內容本位」的教材之外，還是有些值得注意的教材。例如，環境科學（Environmental Science），以社會與個人所關心的環境問題為主題的科學教材；聯邦政府所資助發展的一種物理教材，讓學生以社會與歷史的發展為主題學物理⁴⁸；聯邦政府所資助另一種教材，則著重工學與科學（technology and science）⁴⁹。這些教材都注重概念

（concept）、過程（process），以及科學與其他領域的關係，而不是一意要教學生成為專業科學家。有些資料顯示，這種教材尚能激發對科學不具太大興趣的學生對於科學的學習動機⁵⁰，但是，採用這類科學教材的學校，目前還是太少⁵¹。

課程的重建需要通盤的計畫與密切的聯繫

好幾位對本項研究有貢獻的人士⁵²，以及參與全國研究會議討論會的同仁⁵³，都認為中學數學與自然科學課程應有相當的彈性，以適應學生不同的興趣與需要。支持這個看法的為數不少⁵⁴。

有一位學者認為今天中學課程的「重建」可能需要藉重電子計算機⁵⁵。他強調課程之重建，必須做到：新的教材組織、新的學習動機、新的應用方式、新的各種教學方法、不同領域之間或同一領域內各部分之間的密切關係、數學與科學與現實世界之間較佳連繫等。他又指出，最近幾年來，曾有人分別做過不同年級、不同學科教材的研究工作，但也強調我們需要中小學各年級各科之間，通盤而澈底的分析與綜合研究。

戈爾登（Margaret S. Gordon）也強調課程重建的重要性，她建議說中學教育系統，需要從基本結構上着手其重建工作，以適應科技發展的影響與需要⁵⁶。她在1979年所提出論文中指出，現在學校環境（total school environment）已不適合高級中學的學生，建議要改進，包括採用「工作—學習（work-study）」與「實習課程（internship program）」的方式。

另外戈爾登也強調資賦優異學生教育的重要性，她建議應建立專收資優學生的學校，或在學校裡建立特別的課程，讓這些學生能充分發揮其潛能。關於數學與自然科學具有特別的興趣與天

資的學生，雷普（Lapp）⁶⁷以及數位評論家⁶⁸都呼籲要重視特殊教育，早期發掘可塑性高的學生，施以適當的基礎教育，設法充分發揮其潛能，發展其個別的創造性，幫助他們能繼續升學進修，為國家社會儲才。 □

參考資料

1. A. Harnischfeger and D. Wiley *The Decline of Achievement Test Scores: Evidence, Causes and Consequences*. Princeton, N. J. : ERIC Clearinghouse, 1977. p. 1.
2. L. V. Jones. *Changes in Achievement Test Scores of Pre-College Students in Mathematics and Science: A Review of the Evidence*. University of North Carolina at Chapel Hill, 1980. p. 32.
3. National Assessment of Educational Progress. *Mathematical Knowledge and Skills*, 1979.
4. T. P. Carpenter, M. K. Corbett, Henry Kepner, and M. M. Lindquist. *National Assessment: A Perspective of Students Mastery of Basic Mathematics Skills* (to be published). National Assessment of Educational Progress. *Science Achievement in the Schools*, 1977. p. 32.
6. *op. cit.*, Note 2, p. 32.
7. College Entrance Examination Board. *On Further Examination (Report of the Advisory Panel on the Scholastic Aptitude Test)*. New York : 1977, pp. 44-48.
8. A. Harnischfeger and D. Wiley. *Achievement Test Scores Drop. So What ?* Educational Research, v. 7, (1977), pp. 5-12, p. 8.
9. W. W. Welch. " Twenty Years of Science Curriculum Development : A Look Back " in D. Berliner (ed), *Review of Research on Education*, v. 2. Washington, D. C. : American Educational Research Association, 1979.
10. N. E. Terleckyj. *The State of Science and Research : Some New Indicators*. p. 189. Boulder : Westview Press. 1977.
11. N. Harms. *Exposure to Science Coursework*, 1977 (to be published)
12. I. R. Weiss *Report of the 1977 Survey of Science, Mathematics and Social Studies Education*. Washington, D. C. : U. S. Government Printing Office, 1978, p. 60 (sec Appendix A-4).
13. K. J. Gilmartin, D. H. McLaughlin, L. L. Wise, and R. J. Rossi *Development of Scientific Careers: The High School Years*. Palo Alto American Institutes for Research. 1976.
14. College Entrance Examination Board. *The ATP National Report*, 1979, pp. 7 and 14.
15. National Center for Education Statistics. *The Condition of Education: 1979 Edition*, p. 46.
16. *op. cit.*, Note 2, p. 3, Note 7, p. 26; Note 8, p. 8.
17. *op. cit.*, Note 12, p. 24.

18. *op. cit.*, Note 15, p. 47.
19. R. W. Tyler. "Educational Improvements Best Served by Curriculum Development" in Schaffarzick and Sykes (eds), *Value Conflicts and Curriculum Issues*. Berkeley : McCutcheon Publishing Corporation, 1979.
20. *What are the Needs in Precollege Science, Mathematics, and Social Science Education? Views from the Field*. Washington, D. C. : National Science Foundation, 1980. pp. 252-54 (see Appendix A-4).
21. *ibid.*
22. Carnegie Council on Policy Studies in Higher Education. *Three Thousand Futures : The Next Twenty Years of Higher Education*. San Francisco : Jossey-Bass, 1980.
23. Conference Board of the Mathematical Sciences. *Undergraduate Mathematical Sciences in Universities. Four-year Colleges. and Two-year Colleges*, 1975-76, p. 29 and 70.
24. National Assessment of Educational Progress. *Attitudes Toward Science*, 1979.
25. Margaret S. Gordon. "Lost Talent : The Problem of Secondary Schools." (NRC Paper, Appendix D-1).
26. *op. cit.*, Note 20.
27. Douglas M. Lapp. "The Motivation of Students and Teachers of Secondary Science and Mathematics." (NRC Paper, Appendix D-1).
28. National Council of Teachers of Mathematics. Press Release, October 19, 1978, Reston, Virginia.
29. W. R. Schooley. "Reader Reflections." *The Mathematics Teacher*, v. 72 (1979), p. 404.
30. C. A. Paul. "Bald Eagles, Sperm Whales, and Mathematics Teachers." *The Mathematics Teacher*, v. 72, (1979), pp. 424-427.
31. B. G. Aldridge. "Announcement of the results of National Science Teachers Association survey (1980)." Washington, D. C.
32. W. T. Weaver. "In Search of Quality: The Need for Talent in Teaching." *Phi Delta Kappan*, v. 61, (1979), pp. 29-32. See also Gordon, Note 25 ; Lapp, Note 27, and Paper submitted by the Executive Officer of the American Association for the Advancement of Science (Appendix D-2).
33. W. S. Graybeal. "Reader Reflections." *The Mathematics Teacher*, v. 72 (1979) p. 643.
34. *op. cit.*, Note 12, p. 144.
35. *op. cit.*, Note 20.
36. *op. cit.*, Note 12, p. 147.
37. *op. cit.*, Note 12, p. 135.
38. *op. cit.*, Note 12, p. 159.
39. Robert Stake and Jack Easley. *Case Studies in Science Education*, 1978, p. 19 (see Appendix A-4).
40. Stanley Helgeson. *Impact of the National Science Foundation Summer*

- Institute Program*. The Ohio State University : 1974, p. 43 (see Appendix A-4).
41. Harvey Brooks. " The Sputnik Syndrome Revisited. " (NRC Paper, Appendix D-1). 42.
42. NRC Seminar I (Appendix E).
43. *op. cit.*, Note 12, p. 83.
44. *op. cit.*, Note 9.
45. N. Harms, et al. *Report of project Synthesis* (to be published)
46. *op. cit.*, Note 20.
47. *ibid.*
48. *The Project Physics Course*. New York Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1970.
49. *The Man Made World*. Engineering Concepts Curriculum Project. New York : McGraw-Hill Book Company, 1964.
50. Gerald Holton. " On the Educational Philosophy of the Project Physics Course, *Physics Education*, 11, #5 (1976), pp. 330-335.
51. *op. cit.*, Note 12.
52. *op. cit.*, Note 25; Note 27. Also Paper submitted by the National Council of Mathematics Teachers (Appendix D-2).
53. NRC Seminar III-A (Appendix E).
54. *op. cit.*, Note 20.
55. Henry Pollak, Bell Laboratories. (Note contributed with evaluation of an early draft of this review).
56. *op. cit.*, Note 25.
57. *op. cit.*, Note 27.
58. Paul Hurd, Stanford University, and Harrison Shull. Rensselaer Polytechnic Institute. (Notes contributed with evaluation of an early draft of this review).