



科學教育之新趨勢

趙金祁

科學教育是人類文化中一個由來已久的活動，不過，在整個世界上，各個國家對科學教育的重視却是二十世紀中葉才開始的事。

首先讓我們來看看近十年來世界上主要國家的科學教育實施情況：現代科學教育，可說是起始於人類對太空的探索。這一個活動形成

了一股沖擊力量，對人類科學發生了重大的影響；其一，使人類科學的研究領域，從費米擴展至無數光年的太空；其二，使每個國家重視科學教育的影響力，因而對中小學的科學教育，寄以莫大的重視與關切。歷史事實說明，緊跟着人造衛星的昇空，一九五八年，美國頒佈國防教育法案，菲律賓也通過了科學方案(R. A. No. 2057)；一九五九年，泰國在已有科學教育基礎上從事再一次的改革；一九六〇年，巴基斯坦在國家教育委員會建議下提出的第二個五年計劃中大力推動科學教育；一九六二年英國的納氏計劃(Nuffield Project)及韓國的科學教育法案問世；一九六四年，我國在新頒課程標準以外公佈高級中學自然科與數學科新教材的編輯大綱；一九六六年十一月三十日聯合國教科文組織通過了六一五〇萬美元由一七國分享科學教育發展計劃；一九六八年，伊朗通過教育改革方案。事實上很多國家在一九五七年以前已有科改改革活動，如一九五三年日本理科振興法案的頒佈等等。美國自積極推動科學教育以來，已產生二十六種新教材，其中數學有六種，數學與科學綜合部門者有一種，物理有三種，化學有二種，生物有一種，社會科學有四種，普通科學有九種；適用的對象，則廣包電腦、工程、生物、地質等學生在內，從幼稚園以迄高三，甚至也有家庭用的參考書籍。此外

並建立全國性的輔導制度，各州設有科學教育輔導員，負推動之責。全國與各州也出版教學方面的雜誌與專業書籍，滙為教育上的一大主流。

我以為推動科學教育改革的基本概念有二：

(一)知識即權力為起點的科學教育，當年推動科教，即有所謂以任務為目的之科學研究與科學教育(Mission-related Science Research & Science Education)。準此，科教發展主要目的在增強國力以爭取國際地位，如美國主張科學教育的目的，在於達成國防建設即是顯明之例。一九七〇年九月二十八日至十月二日教科文組織在東南亞所舉行的多邊科學會議(Multidisciplinary Science Development Seminar)即強調開發中國家應將灌輸科學知識與技術及經濟生產連在一起。但是在這會議中較為進步的日本、澳洲對此似乎比較冷淡，因為他們將重點放在知識的創造上，並不以現有知識灌輸為滿足。英國科學人事處長馬克吐溫說：英國科技的發展，是基於理性主義的雙軌發展；美國是拜金主義加上趨之若鶩的一窩蜂作風；蘇俄則是奴隸制度加上集體創造，或以建設經濟為目的，凡此無不重視生產的科技發展，在科教上也自然形成成果論的科學教育。我們應該認清「知識即權力」絕對正確，但所謂「知識」，在今天應是指求得新知識的方法與能力。惟有這種知識才能在下一代之後，誘發更多新知識。科教上僅祇培養大批背誦教材的人才，實無法適應現代的需要。

(二)科教應以培養自我教育的能力，這是知識形成的根源，而培根所謂「知識即權力」原義應指有能力的人，才能透過知識的吸收，創造新知識。這不是人人皆可達到的境界，也不是只求書本上的死知識就可完

成的。我國國立編譯館曾編印自然學科教學指引，其中談到教學的原則有所謂五化原則——教材生活化、方法科學化、學習活動化、試驗統整化、教室機動化。其中方法科學化中指出教學不要過於重視知識的獲得。已故中央研究院院士孫從吾先生也說：學騎馬要到馬背上，學游泳要到游泳池。這說明學習必須經由體驗的過程才能有效，空口說白話，難以持久。這就形成今日抬頭的方法論的科學教育，即是體驗過程與培養自學能力兼顧的科學教育。

爲什麼當前的科學教育都提倡方法論來代替成果呢？這應從下面的分析來討論。

1. 目前各國爲了科技的發展，競相延長義務教育。結果，學生數量激增，「配給知識」便無法收到教學預期的目的。因爲各個人秉賦各異，知識的傳授與沖輸，即不能滿足天才學生的要求，也不能照顧智能較差學生。

2. 現代知識變遷太大，昨日公認的定理、原則，今日可能已屬明日黃花。

3. 學校責任慢慢加大，學習科目也逐漸增多，家庭已無法肩負教育重責，遂紛紛遣送子弟進入學校，學校若不能傳習一套自學能力，不知學生將如何適應？

4. 社會大眾重視科學教育，並形成風氣，沒有新作法，又如何交待？

欲了解方法論與成果論的異同，可從他們在教學上的特徵來說明。

(一) 成果論的特徵——介紹原理原則、計數問題、背誦已知自然界現象、翻版已有實驗、觀察示範等以記憶爲主的灌輸知識。此種教學方法，易得劃一的水準，能力高的固可有相當之進步，能力差的也可由背誦而獲得表面之成效。但因爲我們知道吾人的智力和能力均有其常態分配，如此專事模倣，偏重記憶，強求一致，以維持表面水準的結果，往往抹

煞個別差異的事實，犧牲高智慧學生發揮創造能力的可能性。

(二) 方法論的特徵——

1. 方法不揚棄成果。這不過是成果內容之外，再加過程及方法；

2. 方法是製造成果的根源；

3. 方法有舉一反三的功能，可擴及其他學問以及待人處世。

4. 方法有整體的概念。

方法論科學教育的目的在於採用批評、創造、實驗的方法；養成1. 觀察2. 敘述3. 比較4. 歸類5. 關係分析6. 關係條序7. 定義與推理原理8. 假設9. 證明10. 實驗11. 統計上認清或然率等能力，進一步再拿這些能力處理知識，以創造新知識。換言之，我們必須根據對事實之客觀觀察加以分析，來「發掘問題」，有了問題，然後才問「大膽假設」，再去「小心求證」；而不是如胡適之先生所說：大膽的假設，小心求證而已；科學研究重要關鍵之一，在於發掘問題。

根據方法論的觀點，教科書之編輯，應注意下列原則：

1. 各級知識學習上不應有重複現象。

2. 減少知識的單元數，因知識不是傳習的主要對象；

3. 增加每一單元的方法與過程方面的內容；

4. 不應有篇幅的限制。

方法論教育的自主實驗，則應一反以往舊的實驗，張儀尊先生會說那是一種盲目的實驗，我則認爲這是一種「食譜式的實驗」；今後所採用的實驗，是以體驗實驗過程爲主，實驗不要太多，注重的是一個研究的工作態度。

方法論教育的教室活動——民國廿年多，「國際聯盟教育考察團」考察我國教育的結論：「許多中學之教學方法，應當加以澈底改革，以講演爲唯一的或最好的教學方法；吾等在論小學時，已注意及此。此種觀念在中學裏流毒尤甚。據吾人所會屢次參觀之課堂，即在初級中學亦常見教師在堂上講演，而默然無聲貌似馴良之學生則從事筆記，有時教師

僅依教本直讀，學生雖各有教本，但仍照樣筆記。此種方法及所演成之獨脚戲，不但消耗時間，亦且使學生與教員同感苦惱。」詳細說明了傳統教育弊害之甚。今後的科學教育教室活動中在教師方面，直接的要能介紹學習方法，批評現有的原理原則，提供結論、講演與示範；間接的要肯接受學生意見，表揚學生創見，提供進一步討論的問題。這顯示將教材從第一字背到最後一字的老師並不一定是好老師。在學生方面則促其養成敏捷的聯想與反應，並有抒述意見的能力；最好的當然是以師生彼此能「相互討論」為佳。另外，方法論教學中的學生應先具備如下的四種能力。

(1) 討論時的發表力——討論時學生有與教師相同的責任，並認清討論不是複習，不是解題、不是爭辯、也不是交談。

(2) 資料蒐集力——通過圖書館的書目、書單找出可以解決自己問題的參考資料。

(3) 速讀與聽講能力——閱讀參考書不是閱讀小說，而是為了解個人的問題，故應培養學生分辨歸類、聯想、保留、想像、納入觀念等能力。

(4) 實驗——在培養堅忍、研究、虛心、認真、誠實、客觀、克難、合作創造等能力。

方法論教學中的命題也有一套完整的辦法。如下列兩題：(一)試說明質量與重量的差別。(二)試區別質量與重量的差別。方法論就比較重視兩種方式的問題。

方法論的教學中，是講究能力培養的，因此對不同能力的學生，有不同的教學目的進而達成人才選擇、量智施教。前清華大學校長陳可忠先生主張保送出國制度，就是本著量智施教，人才選擇的觀點而發的。

至於學生的個別差異，據性向分析得到的結論，可分為如下四組：

甲組：①高度文字與數字能力

②有摘要與歸納思索的能力

③高度興趣

乙組：①高度文字及數字能力

②有摘要與歸納思索能力

③低度的興趣

丙組：①對文字與數字能力較低

②摘要及思索歸納能力較低

③高度興趣

丁組：①對文字與數字能力較低

②摘要及思索歸納力較低

③低度興趣

甲組特性：高度興趣——質較量重

創造力——往往做得比作業的要求還多

說做就做且很少錯誤

對班級工作熱心

可予信賴

歡迎糾正建議與指導不怕錯誤

了解指定作業的意義

有帶頭作用（想法、預估與計劃）

常常在工作與想法上有反應而創造自己的看法

對自己、家庭及他人負責時，常處在成熟的狀態下

提示討論時能知道因果與後效

能活用知識

乙組特性：有創造力不過不太願意發表

了解作業的意義，從不願多做一些

招呼時能參加班級活動

在錯失時有斷傷的感覺

說做就做不過有時弄錯並時常忙碌

有時被動地發生一點帶頭作用

丙組特性：在教室頗能用功

在具體觀念中也會參加班級活動

對建議與糾正能予反應

在教學基礎上有能力比指定作業多做一點

有熟記事實的能力

願接受人家的領導

今日事今日畢但對於目的事物沒有自發的能力

認為知識是人生所必須

有模倣及比較的能力

推理方面無特殊表現但有改進可能

丁組特性：不用心

不努力

很少參加班級活動

不願從事新的嘗試

做到最低限度的要求

遺忘及誤解作業

縱有糾正仍時犯過錯

對建議不熱心

常對挫折斷傷與失去信心

間歇性地發生興趣

面對這樣的群衆，我們沒有義務在未經選擇的學生群中維持一致的水準，也不能希望自己的學生都是科學家。我們應該認清甲組學生應使其成爲科學家的可能性，丙組學生可成爲科學技術人員。至於其他兩組學生，若能在科學領域以外獲得成就，亦不失爲國家有用之才。

選擇優秀傑出的天才學生當然不是輕而易舉的事，很可能造成錯誤，尤其在大家一窩蜂中，我們科學教育人員應該特別清醒去選擇人才。

至於選擇人才，應注意避免的因素如下：

(1) 社會因素——出身中下級家庭的人才，往往被忽視。

(2) 教師因素——教師對整潔、漂亮服從及友愛的學生，往往予以過度的評價。

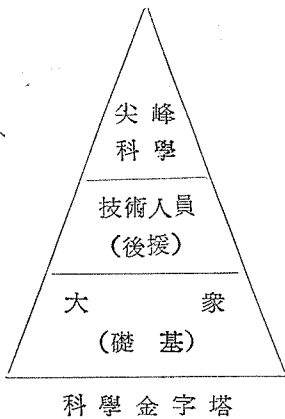
(3) 經濟因素——一般清寒家庭往往不能負擔教育費用而忽略天才。

總之方法論科學教育的目的在於：

(1) 全民的科學基礎——培養一般群衆的自我學習科學的能力，冀依各人的天賦將這種能力在其他的領域內廣泛應用。

(2) 選拔人才，量智施教——我們不要求表面一致的水準，應根據性向，分開科研究與技術訓練，以建立起科學的金字塔。

因此，今天我們要改革科學教育就應把握世界公認的、方法的、能力的、過程的原則保留成果論的優點，對各級教育釐訂政策，切實推行。這決不是一朝一夕或由少數人士翻譯抄襲所能竟其功的。我們應從教科書編撰、教學法改進、學生性向分析、命題或評價研究、教材選擇、師資訓練、科學文字、資料分析、輔導推廣、行政配合、教具創作等方



面邀集專家與實際教學人士，共同商討，切磋研究出一整套方法。這樣才有希望在群策群力、一心一德之努力下達成提倡科學教育的目的。