

從學習理論 談我國科學教育的得失

台南縣立下營國中 張振成

心理學家們對個體在整個學習歷程中，究竟如何學習的問題，見解迄未完全一致，因此產生許多不同的學習理論。然概略言之，可分為兩大派別，即聯結論與認知論。

在當代心理學家中，屬聯結論者有斯肯納和蓋聶；屬認知論者有布魯納和皮亞傑、奧斯貝等人。本文所要討論的是：從學習心理學家的理論來談論我國目前科學教育的得失。做為教育部今後改進科學教育參考。

在學習心理學之領域，不同學派或不同觀點間之爭論從未休止，各種說法均有其長處和短處。就學習目的而言，學生所應學的到底該是「成果」(Product)還是過程(Process)?就學習方法而言，學生到底該是「接受學習」(Reception)還是「發現學習」(Discovery)?各心理學家所重視或強調的頗不一致。如布魯納的主張是在實際教學情境中，教師應設法安排有利於學生發現各種「結構」(Structure)之情況，讓他們自己去發現有價值的結構，他鼓勵學生自己去操作、摸索對照比較，尋找矛盾，並強調讓學生去獨立發現(Independent discovery)。顯然的其學習理論是一種重視過程的發現學習。而蓋聶雖和布魯納一樣主張使學生學得科學過程，但在學習方法却與奧斯貝一樣強調學生所獲得的，主要係靠教師引導和學生

接受。因此教師應依照事先詳細計畫的教學過程，由易而難，一步一步地引導學生達到預期的教學目標。顯而易見是屬於一種接受學習。但就學習目的而言，奧斯貝與蓋聶及布魯納不同，他是主張學生所學習的應是成果而非過程。

以上所談及僅是當代三位學習心理學家——布魯納、蓋聶與奧斯貝等在教學目的與方法上之主張。接著作者擬就目前我國國中自然課程標準、教材以及實際教授情形等三方面與學習理論做個對照，並提供教育部今後改進科學教育之參考。

壹、國中自然科課程標準與學習理論

根據國民中學自然科課程草案其課程目標共有四項：

- 國民中學科學教育目標，在於繼續國民小學之科學教育，發展科學知能，培養科學情趣，以養成能應用，富創造具科學素養之國民，並奠定科學研究之基礎。為達成此目的，必須使學生：
- (1)瞭解科學的本質，乃事實概念與過程的綜合。
 - (2)明瞭學習科學的目的，在於認識自然環境與改善人類生活。
 - (3)理解科學的知識，熟練科學的方法與技術並培養科學的態度，以應用於日常生活和繼續學習。

(4)發展研究的興趣，創造的才能及獨立判斷的精神，以達成全民科學教育之目的。

這項課程目標的精神可以總括如下二點：

一、強調科學方法，科學精神與學習興趣的培養，遠比學習自然科學的知識獲得來得重要。

二、重視個別差異，並不要求每一個人都成為科學家，而是希望透過自然科的學習，使得大多數國民的科學素養提高，使他們處理事務的方法、態度更合理更科學。而使每個受過科學教育之學生，人人能適應這科技發展及知識爆發的時代，而成為一個具有科學素養之國民。

為著達成上述目標與精神，在自然科實施方法中，即著重強調一些教學上應注意事項。作者特將其中有關教學方面之要求摘錄如下：

一、教學原則：

1. 自然課程標準之實施，應以培養學生之科學精神、科學態度與科學方法為要旨，俾人人皆能在思想觀念與生活習慣兩方面適合現代科學及社會進步之要求。

2. 自然科教材大綱所列舉之項目，僅為奠定學生發展自學活動之基礎而設，並非教學之全部內容，教師仍應重視學生之個別差異，發揮其特長。

二、教學過程與方法：

1. 自然科教學應經常提供機會，鼓勵每一個學生都能積極參與學習活動，輔導學生練習發掘問題，創立假設與實驗求證等有價值學習活動之必需過程。不宜過份依賴講演教學法。

2. 自然科教學中，應鼓勵學生為解決問題而習用科學方法，以養成運用科學方法解決問題之習慣。

3. 自然科教學時，應著眼於學生對問題之積極反應態度，如求解之熱忱、深度、廣度及過程等，以端正學生研究問題之態度。

4. 自然科教學時，應注重個別輔導，以鼓勵學生藉自學而發揮潛能，施展特長，以獲致各別之最大成就。

5. 自然科教學尤應時時注意誘導學生循再發問再假設與再驗證之途徑而加深對問題之體驗以培養邏輯思維與手腦並用之能力。

三、教學要點：

1. 自然科教學應以大多數學生所具備之能力、興趣與願望為實施之依據。

2. 自然科教學應以觀察、量度、想像、推理、預測、區分、假設、定義、實驗、蒐集資料、研判數據、發掘問題運用或然率原理等科學方法或能力之培養為重點。

3. 自然科教學不應以零碎知識之灌輸為主要內容，而應以傳習明確之生物、物理、化學觀念為目的。

4. 自然科教學中，為配合學生發展自學活動之需要，應闡明生物、物理、化學之整體觀念以及各科在基本科學中所居之統整地位。

四、教學設備及其應用：

1. 自然科教學中，應鼓勵學生蒐集圖書、報章、雜誌等有關資料，建立班級內之圖書收藏櫃並充分加以利用，俾養成學生利用參考資料之技能與習慣，教學時更應不時提供問題，指定學生自找資料，求取答案，提供報告。

2. 自然科教學應重視儀器，實驗室等設備之應用，以輔導學生培養獨立自主之實驗態度。固然，對於初次參加實驗工作之學生，應由淺入深，循序漸進，然一旦安全條件許可，就應鼓勵其自行參考資料，設計實驗步驟，裝置儀器，尋求實驗結果，以符獨立自主之要求。尤不應提倡統一之報告格式，免致於實驗之初即有範圍學生思維之傾向。應實施「結果開放」(Open-ended)的科學實驗，

使學生充分發揮求知的潛能，讓學生了解什麼是真正的科學。

3. 自然科學之實施，應重視教具、實物、圖表、模型、地方資源、視聽器材等之應用進行生動有效之教學活動。
4. 為有效達成自然科學課程目標，學校行政當局應供應教學上所必需之圖書刊物等參考資料。又實驗所必需之消耗品與急需儀器應優先購置與調配。

五、特殊學生之處理：

1. 教師進行自然科學教學時，因面對者係自然組合之學生，故不應抱持使每位學生皆臻優異成績之樂觀想法。換言之，應重視個別差異之事實，而不助長強求一致水準之作法。教學中採取因材施教之原則，亦係教師所以能扭轉當前升學主義惡風之最佳途徑。
2. 自然科學中應注意發掘天賦優異之學生，全力加以培養，輔導其發展特長，以達人盡其才之目的。

由以上各點觀之，教育當局對國中自然科學教學，特別重視培養學生的科學精神、科學態度與科學方法。科學方法與能力的培養在以訓練學生觀察、量度、想像、推理、預測、區分、假設、定義、實驗、蒐集資料、研判數據、發掘問題等方面為其重點。科學態度與精神之培養，著重在學生對問題的積極反應態度，求解之熱忱、深度、廣度及過程等。因此，就教學目標而言，與布魯納及蓋聶等之主張使學生學得科學過程，頗為一致。就學習方法而言是反對直接灌輸科學知識或事實，讓學生被動接受，而希望經常提供機會，輔導學生練習發掘問題，此頗能符合奧斯貝之「指導發現」（Guided discovery）之精神。

還值得一提的是，在課程目標中，特別指出要重視「個別差異」。如「注重個別輔導」、「

不強求一致水準」、「鼓勵學生藉自學而發揮潛能、施展特長、獲得個別之最大成就」幾乎同蓋聶之主張「教師儘量適應學生個別差異，進行個別化教學」相類似。基於上述之分析，我們可看出，就現今之國中自然科學課程之教學目標而言，是頗合乎學習心理理論的。

貳、國中自然科學教材之學習理論

目前國民中學自然科學課程標準之編輯，為配合實施方法所規定要點，達成課程標準之目標，教材之內容取材對科學概念、科學方法與科學態度之學習，兼顧並重。在概念方面，除了顧及科學邏輯之要求外，特別注重科學上較大概念之引入與發展，並採用「螺旋探討方式」，循序漸進，逐步擴大，在方法上，特別強調觀察、測量、發現問題、控制變因、實驗求證、解釋資料、討論歸納等教學過程。在態度上是注意激發學生之興趣，養成自動研讀，主動擷取要點形成觀念，並提供「開放性」之問題供師生研討，鼓勵學生為解決問題而習用科學方法，養成用科學方法解決問題之習慣。教材中也有因顧及學生個別差異之選擇教材，以方便教師視學生之能力與素質，斟酌教學時數，自行審度調配。

由上面看來，可發現國中自然科學的編輯頗能把握住該科課程的目標與精神。在學習理論上，就學習目的而言，是「成果」與「過程」兼顧並重。就學習方法而言，也頗接近奧斯貝之「指導發現」。

叁、我國目前自然科學教學的實際情況

吳大猷博士於「科學教育與教學」一文中，對今之科學教育有一針見血的描述。吳博士說：現今之科學教學「只知將知識以灌注法教授學生，學生只將知識、定律、理論等納入記憶庫，而不作深入了解，不知旁類引通之思考」。國科會

科學教育組黃主任季仁，在六十八年度全省科學研習營訓詞中，也痛心的指出「現在教育辦成功的是考試，科學教育是失敗的，現在的科學教師只知傳播知識，希望學生在考場獲得勝利，而不知教導學生學習科學的方法；須知老師給學生一條魚，學生一餐有魚吃，老師若告訴學生捕魚的方法，學生便每天有魚吃」。由以上兩位專家的報告知科學教師在目前的环境——升學主義、分數主義和應付主義的壓力下，不能把握住正當的教學方法。

「尤其是近十餘年來之競爭升學的壓力，使此情形在中學階段更加嚴重，教師著重的與學生致力的，是若干個別『知識』的強記，模擬、猜測試題，『瞭解』與『思考』都是不重要的」。「為準備升學考試，學生不求了解科學，而只求能應付試題為要旨，學校則以聯考之升學率高為榮，學生家長只求子女考取學校而不問其學習情形，在此情形下，學生只求強記，對求學有了完全錯誤的態度及習慣。」甚至於「學生經目前制度訓練後，對道德的觀念的嚴重問題」。如「公開的引導青年取巧、欺騙、作弊的情形」。

由上觀之，現今之科學教學，已完全著重於片斷知識的記憶，其目的也不過是在應付考試。甚至於為了爭取較佳分數，竟不擇手段如取巧、欺騙、作弊等。學校師生以及家長所致力的只是「分數」、「升學率」與「文憑」。就知識概念而言，所追求者，也不過是片段，零星的死知識。談不到科學邏輯概念結構之發展形成。至於科學精神、科學態度及科學方法之培養，不但沒有做到，甚至於背道而馳，引導學生步入歧途。

因此，現今之國中自然科學教學，就學習目的而言，所重視者，既不是「過程」也不是「成果」，而是應付「考試」與「升學」。就學習方法而言，既不是「發現學習」，也不是「接受學習」。蓋聶與奧斯貝等學習心理學家所謂的「接受學

習」，雖是靠教師引導和學生接受，但是其之引導或接受是依照事先詳細計畫的教學過程，由易而難，由下而上，一步一步引導學生達到預期的教學目標，與現今國中學生之沒有層次，沒有組織，只要暫時的，零碎的記憶課本內片斷之知識、定理或公式以應付考試，是顯然不同的。而此種強記、硬背、為考試、為升學、為文憑（或資格）的學習方式，在當代學習心理學家之學習理論中，還沒有此種主張或表示贊同，是毫無疑問的。

肆、改革科學教育的方法=改進學校自然科學習成就評量的方式及聯考的制度

一、改進學校自然科學習成就評量的內容：

我們在教學之前，研討學習行為目標，也根據行為目標設計教學過程。但應如何評量學生的成就？

如果以認知行為做為評量的唯一依據，那麼原先所做的任何的探討活動，將都成為毫無意義的活動。當然誰都知道學習行為目標就是評量的依據，因為行為目標敘述了具體可觀察、可評量的學習行為表現或謂學習效果，但如何設計評量的「工具」，却是個需要磨練或研究的「技術」問題。

無論學期成績或學年畢業成績，目前各級學校學生成就評量依據，似乎都以「筆試」為主。就算筆試為唯一合理、合法的評量方式，也應考究其內容，除了評量其記憶知識方面的成就以外，應設法評量其是否能理解、應用、分析、綜合及評鑑所學的知識，也應設法評量其觀察、分類、數值運用、時間空間關係運用、推理、設立假說、解釋數據，設計規劃實驗等過程技能方面的成就。

筆試固然方便可靠，但其他方式的評量，包括客觀與主觀的評量，也都應該考慮合用。譬如在學過「細胞分裂」的單元之後；拿別的材料給

學生，測驗是否能正確操作顯微鏡，找到有絲分裂各期的細胞，或在探討活動時，要求學生都將其所設立的「假說」以書面提示；或在討論活動中，就所討論的數據，要求學生寫出其「解釋」或要求學生就所給觀察資料，設立假說，並規劃驗證活動等等，均不失為具體、而合理可靠的評量方式。

關於科學態度的評量，通常要靠教師主觀的觀察，但只要能敘明具體的學習行為目標，教師應能據以設計其體客觀的評量方法。

二、改進聯考制度：

聯考的科學部門，以七、八十分鐘考試的時間，是否就可以測定同學繼續攻讀科學的能力？這是個頗值得研究的課題。

(一)宜以多次的小考代替一次的聯考——過去經驗證實，爲了準備應付聯考，同學們不知花費了多少寶貴的精力和時間，但是一俟考試完畢，多少天『開夜車』強記在腦中的定理、公式等即刻忘却九霄雲外，所以若能在科學課程內，舉辦多次的測驗，同學對於所學必多瞭解，因此老師也能比較可靠的評定同學的真正程度。

(二)宜增加實驗的測驗——科學上重要的發明及發現，均以實驗爲根據。居禮發明鐳，馬可尼發明無線電，對人類均有莫大的貢獻，豈不都是由實驗所得？

若是僅以『筆試』評定學生了解科學的程度，怎能斷定同學做實驗的潛力？是不是會予人以過分重視筆試而忽視實驗之感？所以，以平時做實驗的成績爲準繩，評定同學在這方面的成就，實不失爲一種可靠的測驗方法。

(三)宜增加成績展覽——學習科學是訓練學生以實驗的方法解決問題，並有效地表達出來，才能合乎科學教育宗旨。若此種方法值得鼓勵，爲何不將此種訓練應用於聯考以測驗同學的科學成績呢？

四、宜增加口述測驗——學習科學目的之一，是將實驗所得傳達給別人。凡研究科學發明史的人應該知道達爾文的『物競天擇』學說是他多年研究的成果，如果沒有英國生物學家赫胥黎替他將學理闡明，一般人也許還不瞭解其學說的重要性。所以傳播科學知識，也是今日提倡科學教育人士不可忽視的責任，故在科學考試應增加口述一項，以測驗學生傳達科學知識的能力。

所以爲了解除父母的憂慮和減輕同學惡補的壓力，更爲了培育國家優秀的科學人才，我們對於聯考科學部門的考試實有徹底改善的必要。

三、推行全國學生智力與性向的調查：

『十年樹木，百年樹人』是明示我國培育人才的基本政策，政府期望；長期推展國民教育的結果，會使一般人民都能根據個人的能力與志趣，獻身社會，參加國家建設的偉業。但是，在今日的社會，同學時常忽視自己的志趣所在，反而僅以社會的需要，做爲升學進修的準繩。因此學做醫生與工程師的同學，成爲天之驕子。每年大專聯考讀醫學與工程被列爲一般考生的第一志願。至於個人志趣是否適宜讀醫或工程，則毫不考慮。追根究底，一般同學不知自己的志趣，確是形成此種畸形心理的主要原因。學生可以選擇並攻讀與自己志趣相近的學科。採用這種科學調查方法，學生勿須再枉費心機，鑽牛角，選讀與自己性向背馳的學科，國家也會因此達成充分利用人源的宗旨。

伍、結論

由上述之分析可發現當前我國之自然科學教學：

一、就課程標準與教材內容而言，都能考慮參酌當代學習心理學家的理論，注重配合學生之認知

(下接第66頁)

$$\therefore 2 \times 10^{-11} = \frac{(x)(x)}{(0.1-x)}$$

簡化後得 $x^2 = 2 \times 10^{-12}$ $\therefore x = 1.4 \times 10^{-6}$

$$\therefore [\text{OH}^-] = x = 1.4 \times 10^{-6}$$

$$= 10^{0.1} \times 10^{-6} = 10^{-5.9}$$

$$\therefore \text{pOH} = 5.9$$

$$\text{而 } \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 5.9 = 8.1$$

四、結論

在許多化學實驗中，如電鍍鍍之操作過程中，需要對電鍍液作 pH 的測量與控制，因 pH 值的高低，對於某些化學反應的進行有密切的關係，除此之外，在許多化學工業上更需要小心控制 pH 值與 pH 值之測定。當我們了解上述之 pH 概念及實例之演算後，定會有助於我們對酸、鹼、鹽溶液之酸鹼度之認識與判斷，至於與 pH 有關之指示劑、緩衝溶液及 pH 如何測定，則容待以後再介紹。

五、參考資料

1 魏明通著：酸鹼與鹽 國民教育科學教學資料叢書 幼獅文化事業公司印行

2 Alyea, H. N., "Acid-Base Equilibria, pH", J. Chem. Edu., 41, A61 (1964).

3 Kolb, D.: The pH Concept. J. Chem. Educ. 56, 49 (1979).

4 Shaw, J. N.: College Chemistry 美亞出版社。

(上接第88頁)

發展及個別差異。「過程」與「成果」兼顧，接受與發現並重，強調學習興趣與良好的科學態度之培養。

(二)就實際教學情形而言，教學實況與教學目標及編輯要旨皆背道而馳。教育部所頒定之教育目標，也形同具文，失去意義了，且教學的目的與實況已大大的違背了學習理論。

由於升學主義之衝擊下，目前我國科學教育已無法正常，只爲了考試而考試的填鴨子，除了爲考試爲升學，無所謂的「教學目標」與「教學方法」而言，甚至於在競爭之激烈程度下，不但沒有培養出學生之正確學習態度與學習方法，反而訓練了學生投機取巧、欺騙造假、應付、不踏實等壞習慣，並且也摧殘了學童之正常身心發展。加以評量試題的不當，與電腦測驗題的過份使用，已使得學生之思考、組織、創造、表達等能力的大大喪失。

總之，就學習理論而言，現今之國中及高中科學教育已經患了「目標迷失」、「學習混亂」、「因果不分」等病症，若不再加以整頓改革，前途堪憂，這是值得我們大家警惕的。

本文參考資料

- 1 林清山、「國民中學科學教育之心理基礎」。
- 2 張春興、教育心理學。
- 3 毛松霖、「自然科教學評量與命題設計」。
- 4 吳大猷、「科學教育與教學」。
- 5 教育部、「國民中學課程標準」。
- 6 沈聿溫、「改進聯考中科學部門考試芻議」。