

國中學生設計實驗技能學習層次分析研究

物理系 許 榮 富

摘 要

本研究係依據現行國中自然學科之課程目標，所進行一系列科學過程技能評鑑工具發展之一。

基於前研究所建立之設計實驗技能組織因子之定性結構化模式，於本研究中再延伸為定量結構，並設計以五個層次作為命題之行爲目標及評分準則，佐以現行國中自然科教學目標為內容及難度參考依據。另一方面，依C R T理論，發展並效化設計實驗技能學習層次分析測驗工具，進而實證且修訂前研究之科學過程技能組織因子半經驗模式。

研究結果發現國一與國二學生間及國一與國三學生間在設計實驗技能上，不論選擇題型或申論題型的學習層次，皆有顯著差異。但是國二、國三學生間沒有顯著差異，顯示學力調查時，不僅必須注意題型設計之意義且對不同題型應作妥切的數據解釋。另一方面，國三學生設計實驗的技能未見成長，頗值得注意。在此研究中，亦同時發現以「變因」及「定性」所形成的學習層次的量化結構，以作為雙向評量準則的設計，確實可行。

在性別的考驗中，於紙筆測驗上，選擇題型未有區別，作答題型則女生優於男生，此發現與英國A P U研究結果一致。但是，A P U另行再發展實作測驗，我國亦宜進行此項研究，以確定那種評量方式最能公平、確實地反應設計實驗技能的心智能力。

國中學生設計實驗技能學習層次分析研究

壹、前言

在早期的科學教材中（1969年前），科學實驗的主要角色係在驗證科學家發現的成果（facts），直到科學方法教育的重要性被肯定後，才經由驗證的角色轉形為科學過程（Science Process）技能的培育。此項科學過程技能教育的理念，已被廣泛引用於世界各地，作為發展基礎科學教材的核心內涵。我國目前的中、小學科學教材也配合了此趨勢。然而，值得一提的是，我國現行國中科學實驗教材仍以食譜式編寫方法詳列實驗步驟，全失科學探究及系統結構化實驗之教育（Lunneta, 1979），到底學生處在以科學過程為中心所號召的教材精神中，却仍使用食譜式的實驗手冊，其設計實驗的能力之程度如何呢？值得探討。筆者有鑑於此，認為不論由學術上或實務上的需要，均需作深入分析，遂進行設計並效化「設計實驗技能」之評量工具。

本文先由研究文獻上，分析設計實驗技能在科學過程技能教育上所占的角色，再延伸筆者前期研究成果中所擬定之定性化的組織因子模式，發展為定量結構化的組織因子模式，以作為評量工具之行爲目標及評分準則。並以前統整科學過程技能測驗結果（許榮富，1986年8月）為外在效標來效化評量工具。並將研究中，重要突破設計構想及心得記下，以為相關研究之參考。

貳、國內、外相關文獻分析及名詞、準則定義

欲了解設計實驗技能之心智能力運作的角色，必須先了解科學過程技能中，設計實驗所占的內涵。本文以此部份開始作縱向分析，並橫向地引入理論依據，進而對「設計實驗」下一可量化的操作型定義，以為本評量工具設計準則之依據。

甲、設計實驗在科學過程技能發展中的演變沿革

科學過程技能（Science Process Skills）係綜合探究、組織各類科學知識上的各種方法和技能。所謂探究，依據蓋聶（Gagne, 1969）說法，就是運用解決問題（problem solving）模式時，面對每樣新的現象所形成具有挑戰性的思考活動的集合。此類思考活動起自系統化的觀察，再進行量度的設計、驗證並加以敘釋，明確地區別現象觀察、推理目的及經由驗證後的解釋，以及合理具體的結論。因此，科學過程技能包括心智能力與技術技能，其評量方式更應該包括語文紙筆測驗及實驗操作（Walkosz etc. al., 1984）。

科學過程技能的發展沿革，可由文獻的探討，約略分為下列六個階段，而每個階段主要代表人物及核心論點如下列所述。至於在各階段中，提到設計實驗之

代表研究者可以綜合在表A上（附錄一）。

(1) 1930 年代，杜威曾在「經驗與教育」一書中，認為能夠聯結知識和經驗的心理歷程，即是有效的利用科學方法來解決問題（Bybee, 1977），因此，呼籲科學方法和科學知識在科學教學上，應該併重。唯到 1950 年代初期，傳授科學知識，仍是科學教育主要目標，設計實驗技能未曾列入科學教育目標。

(2) 1960 年代，赫德（Hurd, 1969）歸納出當時新課程目標，包括了：科學概念架構（conceptual schemes）及探究過程（inquiry processes）。這些新科學課程，諸如：PSSC、BSCS、CHEM、以及SAPA、TSM、ESCP、IPS、CBA、HPP、ESSP等等。其中，SAPA 不僅率先以科學過程作為科學核心教材，且以它作為教學目標的設計。此後設計實驗技能的重要性開始誕生了。

(3) 1970 年代中，Campbell 及 Okey（1977）的研究報告更指出，幾乎由美國聯邦資助的科學課程發展方案，都強調了科學過程之教學。此段時間，有兩大特色：

(A)科學過程的研究著作大量出現。

(B)科學過程成就的評量工具相繼發展出來。

在此期間，設計實驗技能之學習成就評量工具也開始發展，其發展重點係以配合教材為需要，並依NRT（Norm-Reference Test）理論進行設計。

(4) 1977 年，Torrence 鑑以科學過程技能項目分歧，遂引用歷史文獻分析方法，進行 1976 年以前有關科學過程技能的項目研究，訂定了各項技能之範圍，從此，科學過程技能研究者，開始關心各技能的研究範圍。

(5) 1977 年至 1983 年間，更開始各項技能內涵及其評量準則的研究，就設計實驗技能言，開始考慮甄別性（CRT）之評量工具的發展（Royce, 1979）。

(6) 1983 年，Finly 曾對蓋聶（Gagné）的科學過程技能論點提出評論，建議繼續引用科學哲學基礎、心理學基礎、以及實驗科學之方法論，作進一步內涵分析並作統整，以建立科學過程技能結構化的組織因子模式，並研究影響科學過程技能教育品質的種種影響因素，以提供改善科學過程技能教育之具體的水平指標。因此，1983 年後，陸續地出現以診斷性、甄別性作發展設計的各项技能的評量工具。迄至目前為止，不論在方法或技術上却仍未成熟，急待開發。此項說法的證據，可以由Ross 及Maynes（1983）、Yeany（1984, 1985, 1986）與Adey 及Harlen（1986）等從解決問題能力（Problem-Solving Ability）及認知推理能力（Cognitive Reasoning Ability）之方向，嘗試尋找科學過程技能的結構化組織因子，以為甄別性

評量工具發展基礎，而見一般。

由以上的文獻分析，可以了解「設計實驗技能」發展沿革之端倪，誠如 Campbell (1977) 所強調，SAPA 教材出現之前，科學實驗旨在模擬、重覆驗證科學家的成果，並未刻意教育科學方法。但是六〇年代，Bruner 在「教育的歷程」(The Process of Education) 中，確認由於人類生存方式的背景的改變，動態的科學方法之教育反而是重於科學知識之靜態累積。因此，設計實驗技能之教育，可說 1969 年開始落實，1969 年至 1977 年間發芽成長，真正於科學教材中實施教育，1978 年至 1983 年間則針對科學教材作學習成就之評鑑，及至 1983 年後，才開始有餘力思考各教育階段應有的程度、水準及如何來診斷。英國 A P U 在去年出版了較完整設計實驗研究報告(表 2, 附錄一)，除肯定其角色外，更使該研究邁入新的研究技術的開發領域。

乙、設計實驗技能之組織因子及其操作型定義

本研究中，設計實驗技能之組織因子及其操作型定義之理論依據及研究文獻分析，已在國科會專題研究報告中(許榮富，1986 年 8 月)作了細節敘述，其要義如下：

1. 組織因子分析之主要定性說法，可由列成下表來了解。顯然地，Funk 著重變因關係之分析，Jacobson 及 Bergman 著重解決問題模式之運作(表 B, 附錄一)，而 Simpson 及 Anderson 偏重於系統化結構實驗過程之教育設計。

Organizers Authors	Describing how the variables are operationally defined	Describing how to control variables	Identifying values of the variables to be manipulated	Forecasting the problems may run into	Describing how to deal with difficulties
1979 Funk et al	✓	✓	✓		
	Funk 等人認為設計實驗應該描繪操作變因及依變因之操作型定義，並決定那些變因是屬於控制變因及操作變因所選定的值。				
1980 Jacobson & Bergman				✓	✓
	Jacobson & Bergman 認為設計實驗應指明探究者想要做些什麼？如何做？想要獲得那些訊息？探究時將會遭遇那些問題？如何克服這些問題？				
1981 Simpson & Anderson		✓	✓		
	Simpson & Anderson 定義設計實驗技能為設計一系列收集數據的作業方式，以用於做為驗證假說與回答問題之基礎。				

2.設計實驗技能名詞定義

在形成假說之後，開始著手進行實驗數據收集之前，科學探究者往往需要對其將著手的實驗做事先設計。但是，這些設計實驗，通常要包括那些內容呢？由前小節（表中）的分析，Jacobson & Bergman（1980）認為包括探究者想要做些什麼？如何做？想要獲取那些訊息？將會遭遇那些問題？如何克服這些問題？Funk 等人（1979）則較為具體的指出設計實驗內容應描述出操縱變因和依變因之操作型定義，並決定那些變因是要控制的變因，以及真正著手實驗時，操作變因所要選擇的數值。

在了解上述此項技能之意義後，本研究假設學生是否具有「設計實驗技能」，可藉由學生行為的表現，是否能夠具有下列五項層次性結構的準則來評定，即：

- (1)在設計實驗中，能對變因下操作型定義。
- (2)在設計實驗中，能描述如何控制變因。
- (3)在設計實驗中，能指明操作變因所選擇之數值。
- (4)在設計實驗中，能預測可能會遭遇的困難。
- (5)在設計實驗中，能描述如何解決所遭遇的困難。

在本研究中，認定的設計實驗技能之重要性、定義及組織因子可簡扼歸納如下：

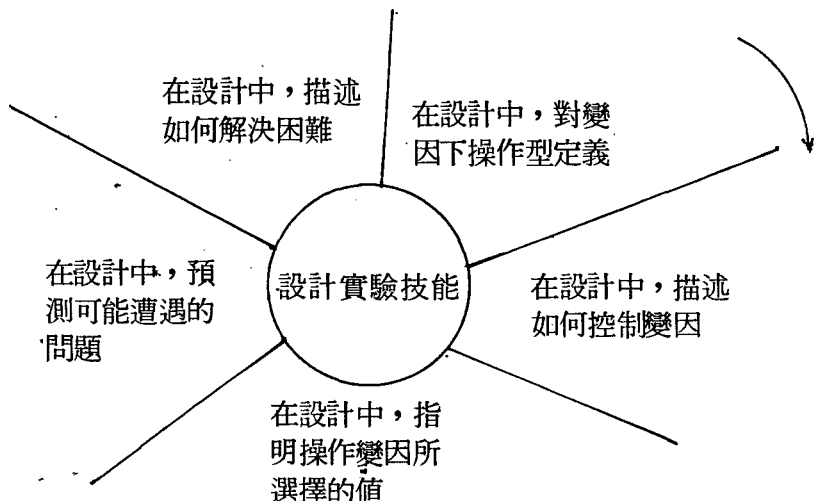
1.重要性：

- (1)為實驗驗證或收集實驗數據之操作以前，不可或缺的心智能力。
- (2)經此步驟，才能確認實驗是要做什麼？要獲得那些訊息？要怎麼作？實驗中可能遭遇那些問題？及如何克服這些問題。

2.定 義：

本研究定義學生具有設計實驗技能與否，係其在進行實驗操作之前，能否針對其所提出的實驗假說，對變因下操作型定義、描述如何處理變因、預測實驗可能遭遇到的困難，並且描述如何解決困難，其為心智能力的統合表現。

- 3.組織因子：可圖示如下，箭頭起點為本技能之起點，其組織因子之所以作圖形設計，表示本技能具有循環特性，於學習中，本次循環為下次循環的基礎。



丙、設計實驗技能的學習層次之架構

引用 Gagné 及 Briggs (1979) 之課題分析方法及學習條件 (learning condition) 要素，本研究選定以「變因」作為共通變量。又分析我國國中科學教材，就變因數目而言，係以三個為上限，因此，選擇三個變因關係作為本研究學習層次架構之結構化設計的依據。

綜上所述，本研究訂定我國國中學生在發展設計實驗的技能，以便收集、組織實驗資料時，對其設計實驗技能的學習階層，可分為五個層次來作為其成長的架構。內容如下：

層次 1：未涉及變因。

學生的構想，與探究的主題無關，只是隨意的對實驗器材說明或作描述而已。

層次 2：操縱一個變因。

學生的構想，雖然能考慮到改變與問題有關的一項變因，來觀察對應改變的情形，但是仍未能有系統的改變此項變因的值。

層次 3：操縱二個變因，但未控制其它變因。

學生的構想，雖然能考慮到有系統的改變與問題有關的一項變因數值，來觀察測量對應變因的改變情形，但是仍未能考慮到控制其他可能影響的變因。

層次 4：操縱二個變因，並控制其他變因為定值。

學生的構想，不僅能考慮到有系統的改變與問題有關的一項變因數值，來觀察測量對應變因的情形，而且，也能考慮到控制其他可能影響的變因，並將其值作一決定。

層次 5：操縱二個變因，並有系統的改變第三個變因。

學生的構想，不僅能考慮到有系統的改變與問題有關的一項變因，來觀察測量對應變因的改變情形，而且，也能考慮到改變所控制變因的數值，並重覆實驗觀察測量。

本研究即以上列五個層次作為評量工具之行爲目標、評量準則之依據。

丁、國內相關研究

科學過程技能在我國國小、國中新科學課程及高一基礎科學課程標準中，均明訂為極重要的科學教育目標。然而，現行國小、國中之科學過程技能教育，却仍以 1969 年發展的 SAPA 教材為準，不僅，資料確有更新之必要，評量技術更急待發展。國內科教雜誌或科學輔導活動中，雖偶有科教學者提起科學過程技能，但甚少促及設計實驗技能，更未深入作學術研究。

民國七十三年，陳瓊森於其「國民中學科學方法過程之研究」中，雖曾引用 Dillashaw 及 Okey (1980) 之統整科學過程技能測驗卷，配合其自編之科學過程能力測驗及林邦傑 (民國 70 年) 根據美國學者 Sheehan 之團體式 Piaget 的紙筆測驗，進行科學過程技能之成就探討，但仍止於學習成就之評量理論，未作診斷性或甄別性嘗試及評論。

顯然地，國內設計實驗技能之評量發展，尤其甄別性、診斷性者，未曾有人做過。

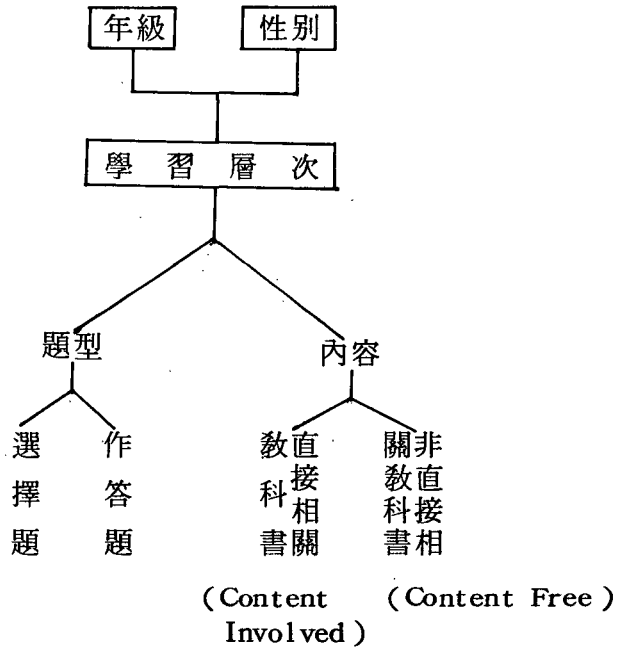
叁、研究目的、問題及方法

本研究旨在基於前所建立之科學過程技能組織因子層系模式中，針對設計實驗技能，以「變因」作為課題的共通量之分析工作，建立定量化層次結構，並作為該技能之設計行爲目標及評量參照準則，發展診斷性評量工具，以探討國中學生設計實驗技能之學習層次，進而作為長程研究計畫中，發展為國小、國中、高中各階段之「設計實驗技能水準」的具體參照指標。

本研究先探討國一、國二、國三在設計實驗技能上學習層次的表現，以「層次」指標代替「分數」多少，除能反應學習程度外，最重要者，莫過於學生學習該項技能的困難在那裏，非常清楚。因此，以「學習層次」的設計構想，在能力水準評鑑研究上，提供各年級在該技能上的學習指標，研究各年級在學習層次的表現變化，可以發現各年級在該技能上的水準表現。此外，在診斷學習困難時，教師要以那一個層次作為行爲目標，及學生迷失在那一層次上，均可作合理的設計及解釋。

為達成上述研究目的，本研究之研究問題簡扼言之，即依循診斷性評量理論 (Diagnostic Evaluation)，並以前述五個層次化之組織因子為評量基準，再針對現行國中教材內涵，發展、效化、評量工具，以探討下列研究問題。

- 一不同題型之設計，對國中各年級及男、女生在設計實驗技能學習層次表現上，是否有顯著差異？
 - 二與教科書內容直接相關與非直接相關之試題內容設計，對國中各年級及男、女生在設計實驗技能學習層次表現上，是否有顯著差異？
- 研究問題，可圖示如下：



研究者為達成研究問題最好的解答，本研究方法學包括下列主要過程：

1. 引用歷史（文獻）分析法、比較研究法來分析設計實驗技能的發展特性。
2. 配合前研究中所引用 Bloom 進行 Educational Objectives 分類的研究方法 及 Gagn'e 的 Learning Condition Theory 及 Task's Analyses 方法所得之組織因子的分析，作客觀式及主觀式的評量設計，先發展選擇題型，再引用平行格式設計理論，轉換為作答題型。
3. 引用推論性統計調查分析法，解答研究問題一及二之各項研究假說（略）。

依據上述研究方法所發展的結果，研究工具分為選擇題型及作答題型，俾考驗在設計實驗技能上，辨認能力（ identifying ）及產生能力（ generating ）是否有差異。研究工具之選擇題型之外在效標，即計算其與前研究之統整科學過程技能學習成就之相關係數作為指標，此相關係數達 0.73（ $P < 0.05$ ）。除此之外，並多次由學者專家、國小及國中教師，確認其內容效度，經多次試測、討論而定案，其前測、後測之重測相關係數為 0.83。

作答題型與選擇題型係平行試題，平行係指兩類測驗工具能有「相似」的表

現，設計時應滿足下面諸項要求：行為目標相同、變因及變因數目一樣、科學概念相同、實驗器材一樣。作答題型著重於其結構設計，由學者專家、教師及多次試測來強化內容效度（Content Validity）及信度（重測信度）。至於兩者題型間施測結果，其皮得森相關係數為 0.13，正顯示雖然兩者已遵循平行原理設計題目，但是，正如研究者預測：選擇題型的辨認能力及作答題型的產生能力，確有不等。

此外，本研究係以分層隨機法取樣，包括國一男生 86 人，女生 95 人；國二男生 104 人，女生 104 人；國三男生 99 人，女生 98 人。所得資料以 SPSS 套裝程式中變異數分析（ANOVA）、事後考驗來處理。

肆、研究發現

針對研究問題中，年級與性別兩項變因，探討國中學生設計實驗技能之學習層次的表現，研究發現主要資料如下：

甲、選擇題型：

(一)年級學習層次差異考驗資料如下：

1.年級及性別兩因子變異數分析摘要表（上）及事後考驗表（下）。

變異數來源	離均差平方和	自由度	均 方	F	P
性 別	4.949	1	4.949	0.906	0.342
年 級	59.350	2	29.675	5.433	0.005
性別×年級	7.258	2	3.629	0.664	0.515
誤 差	3173.569	581	5.462		

學習層次 平均數	4.06	4.01	4.25	4.30	4.21	4.39
分組名稱	一年級男生	一年級女生	二年級男生	二年級女生	三年級男生	三年級女生
一年級男生						
一年級女生						
二年級男生						
二年級女生		*				
三年級男生						
三年級女生	*	*				

* 表示具 0.05 之統計顯著差異。

2. 各年級學習層次數據示意圖。

圖 1：各年級學習層次（原始數據）

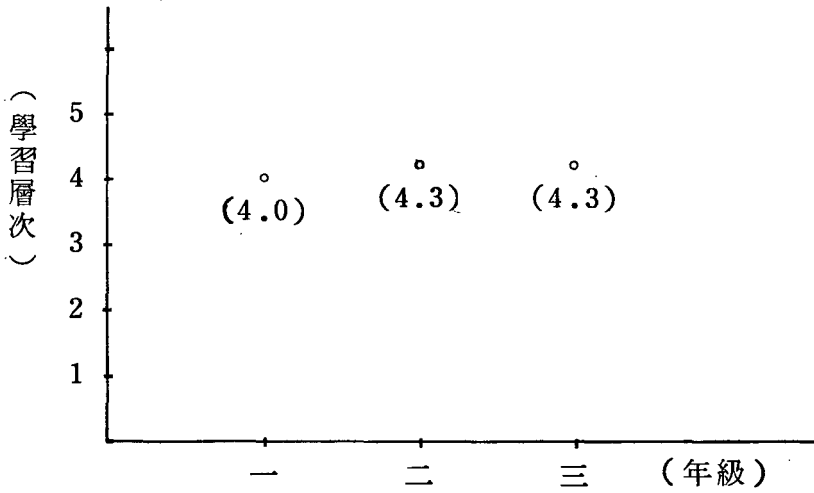
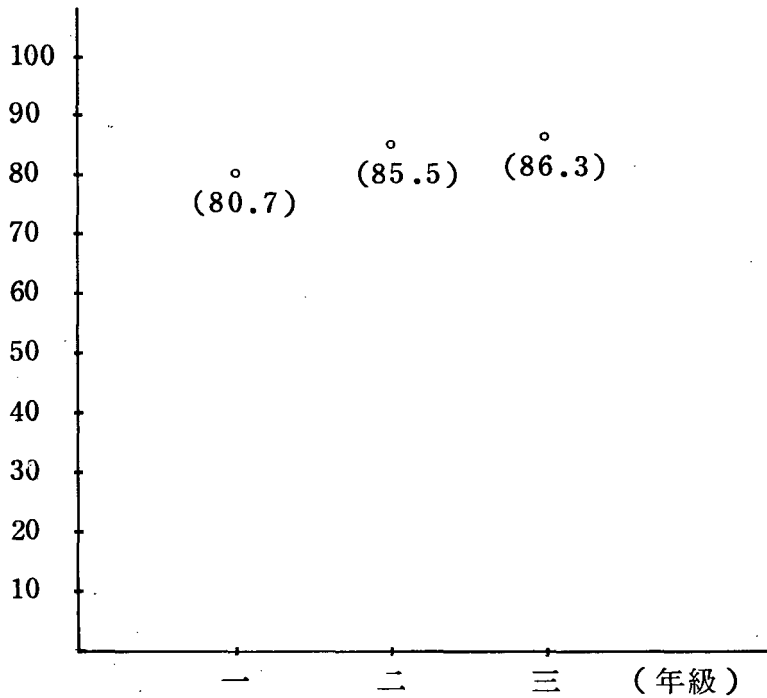


圖 2：各年級學習層次（法化數據）



3. Scheffe 事後考驗，顯示國一、國二間及國一、國三間達顯著差異，但是國二、國三間未達顯著差異 ($\alpha = 0.05$)。

(二)男、女生學習層次差異考驗資料如下：

1.就全體男女生言，可以下面兩圖示意：

圖 3：國中男女生學習層次（原始數據）

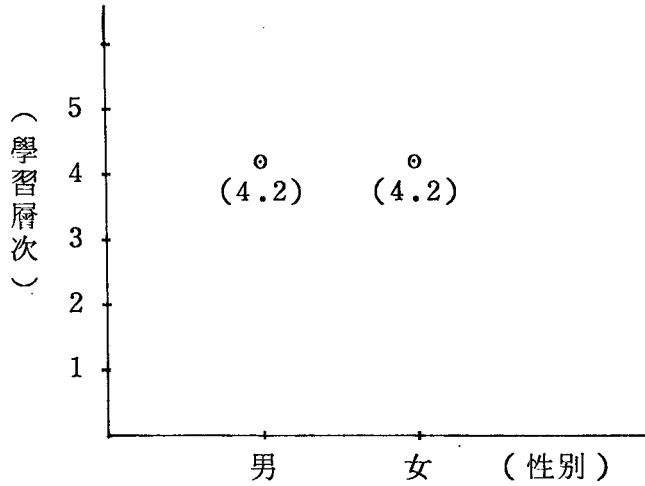
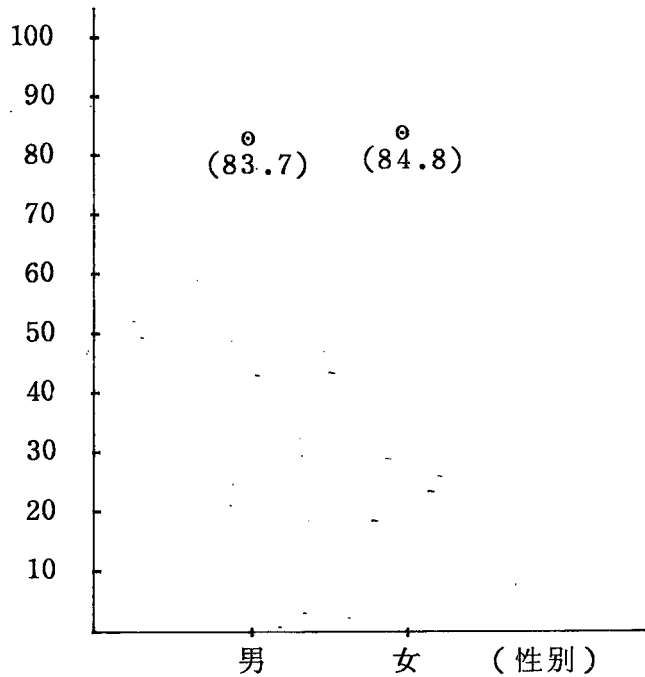


圖 4：國中男女生學習層次（法化數據）



2.就每年級男女生言，以下面三圖示意：

圖5：國一男女生學習層次

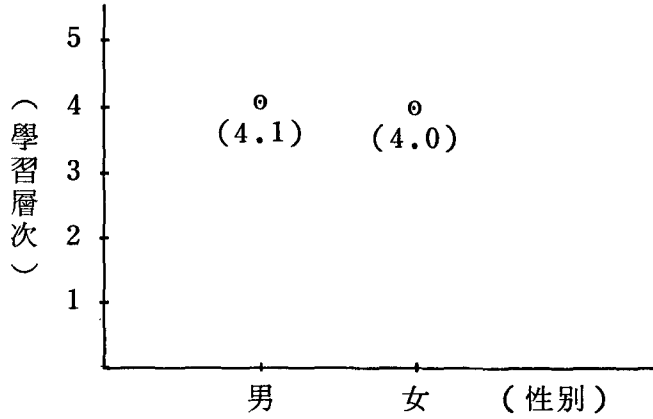


圖6：國二男女生學習層次

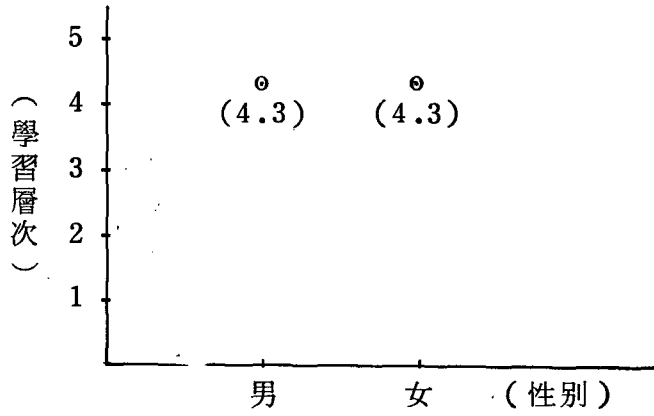
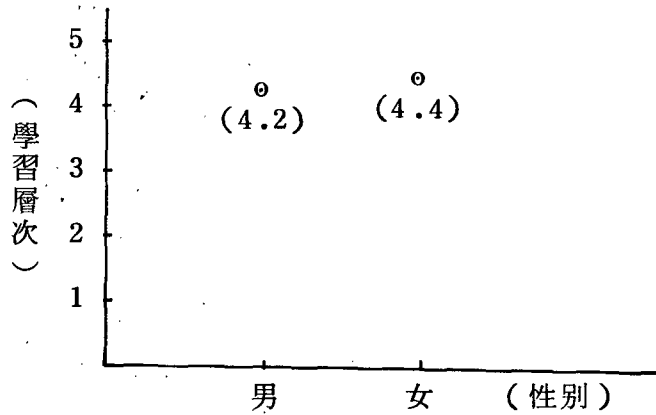


圖7：國三男女生學習層次



3. Scheffe 事後考驗，不論就全體（國中）男女生，或各年級男女生言，皆未達顯著水準（ $\alpha = 0.05$ ）。

乙、作答題型：

(一)年級學習層次差異考驗資料如下：

1.年級及性別兩因子變異數分析摘要表（上）及事後考驗表。

變異數來源	離均差平方和	自由度	均 方	F	P
性 別	379.213	1	379.213	27.350	0.000
年 級	1295.735	2	647.868	46.727	0.000
性別×年級	25.715	2	12.857	0.927	0.396
誤 差	8041.677	580	13.865		

學習層次 平 均 數	1.36	1.72	2.15	2.85	2.43	2.96
分組名稱	一年級男生	一年級女生	二年級男生	二年級女生	三年級男生	三年級女生
一年級男生						
一年級女生						
二年級男生	*					
二年級女生	*	*	*			
三年級男生	*	*				
三年級女生	*	*	*			

* 表示具 0.05 之統計顯著差異

2.各年級學習層次數據示意圖。

圖 8：各年級學習層次（原始數據）

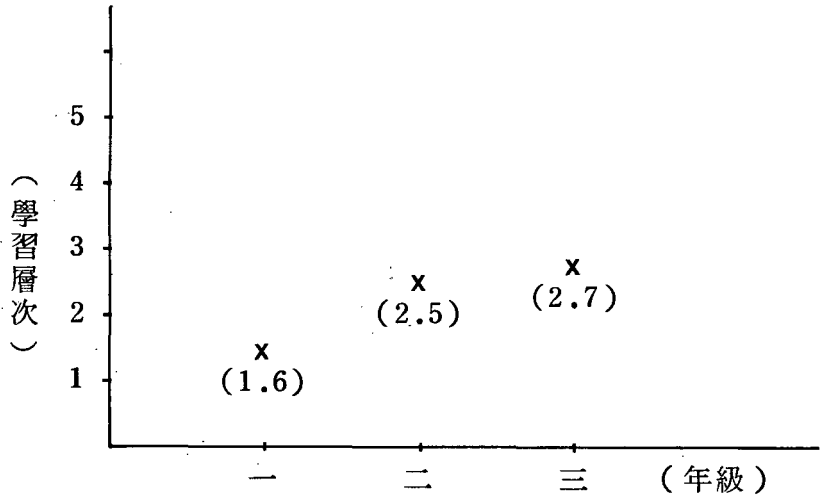
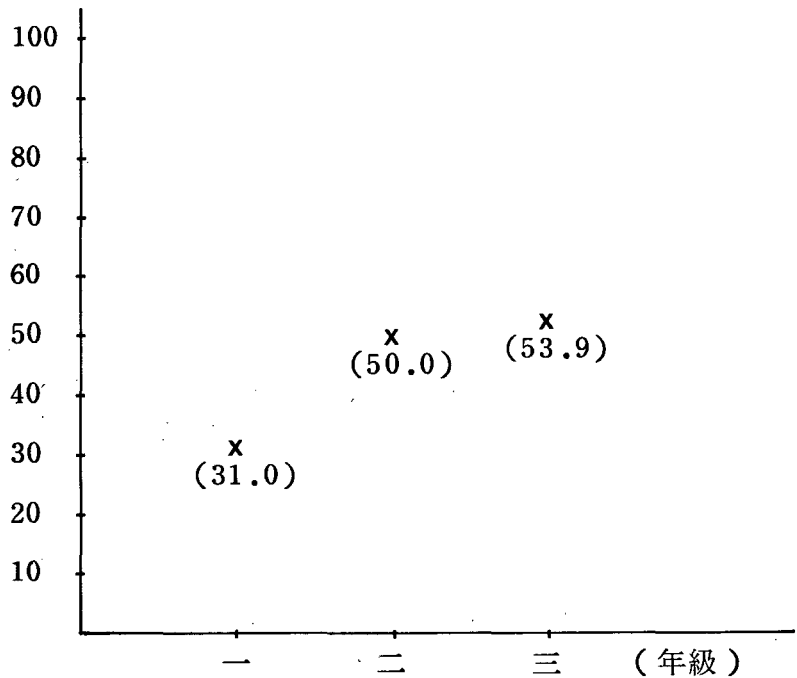


圖 9：各年級學習層次（法化數據）



3. Scheffe 事後考驗，顯示國一、國二間及國一、國三間皆達顯著差異 ($\alpha = 0.01$)，但是國二、國三間未有顯著差異 ($\alpha = 0.05$)。

(二)男、女生學習層次差異考驗資料如下：

1.就全體男女生言，可以下面兩圖示意。

圖 10：國中男女生學習層次（原始數據）

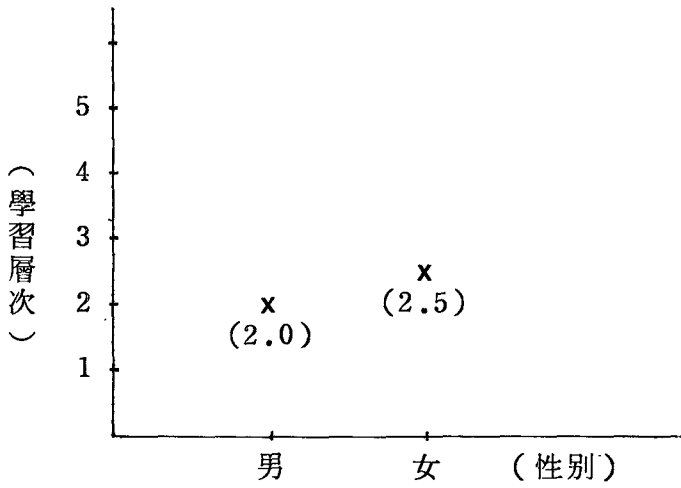
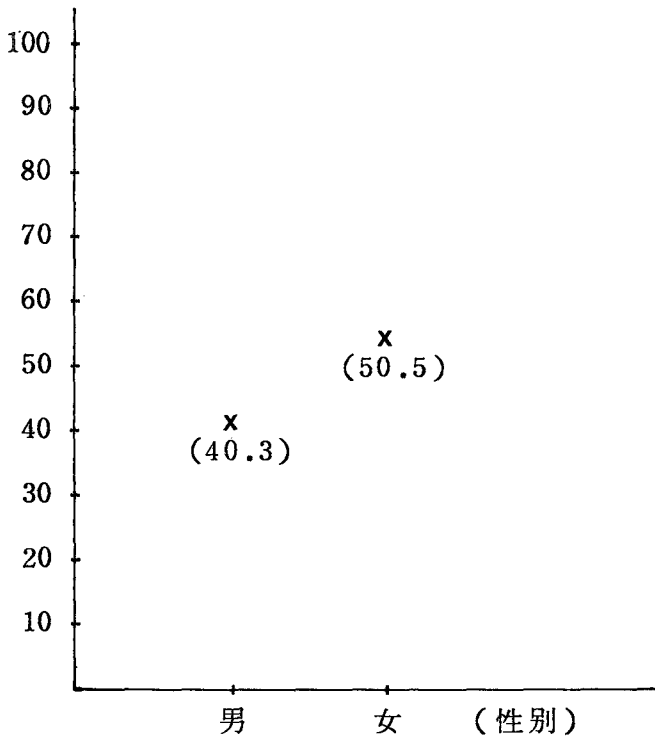


圖 11：國中男女生學習層次（法化數據）



2. 就每年級男女生言，可以下面三圖示意：

圖 12：國一男女生學習層次

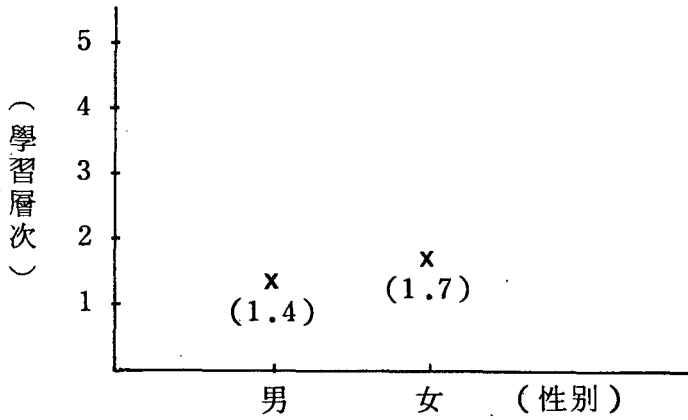


圖 13：國二男女生學習層次

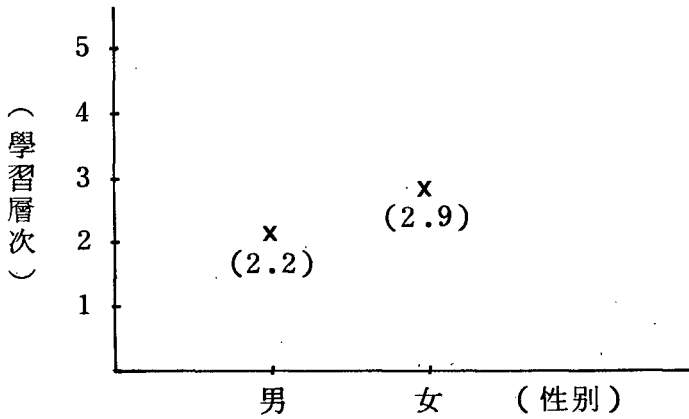
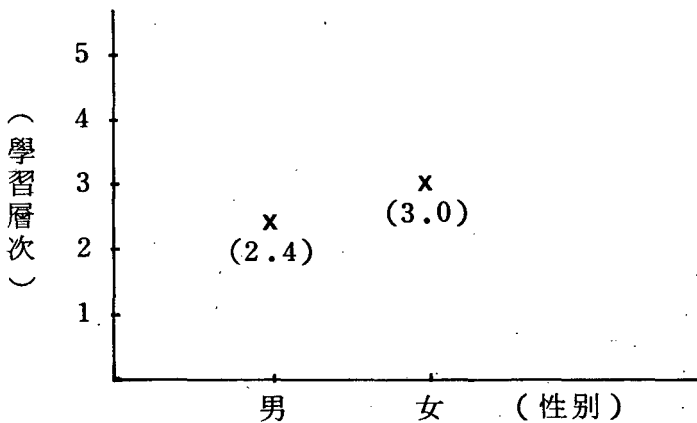


圖 14：國三男女生學習層次



3. Scheffe 事後考驗顯示，不論全體（國中）男女生間，或各年級之男女生間，皆達顯著差異（ $\alpha = 0.01$ ）。

丙、國一、國二、國三各年級學生在設計實驗技能學習層次上的表現，選擇題型與作答題型達顯著差異（ $\alpha = 0.01$ ），作答題型表現甚差。

丁、不論全體男、女生或各年級男、女生，其在設計實驗技能學習層次上的表現，選擇題型與作答題型達顯著差異（ $\alpha = 0.01$ ），作答題型表現甚差。

戊、國中學生在設計實驗技能上，選擇題型與作答題型間之相關係數為 0.095。

伍、結論與建議

針對以上研究發現，歸納出下列六項有關設計實驗之重要研究結論與建議：

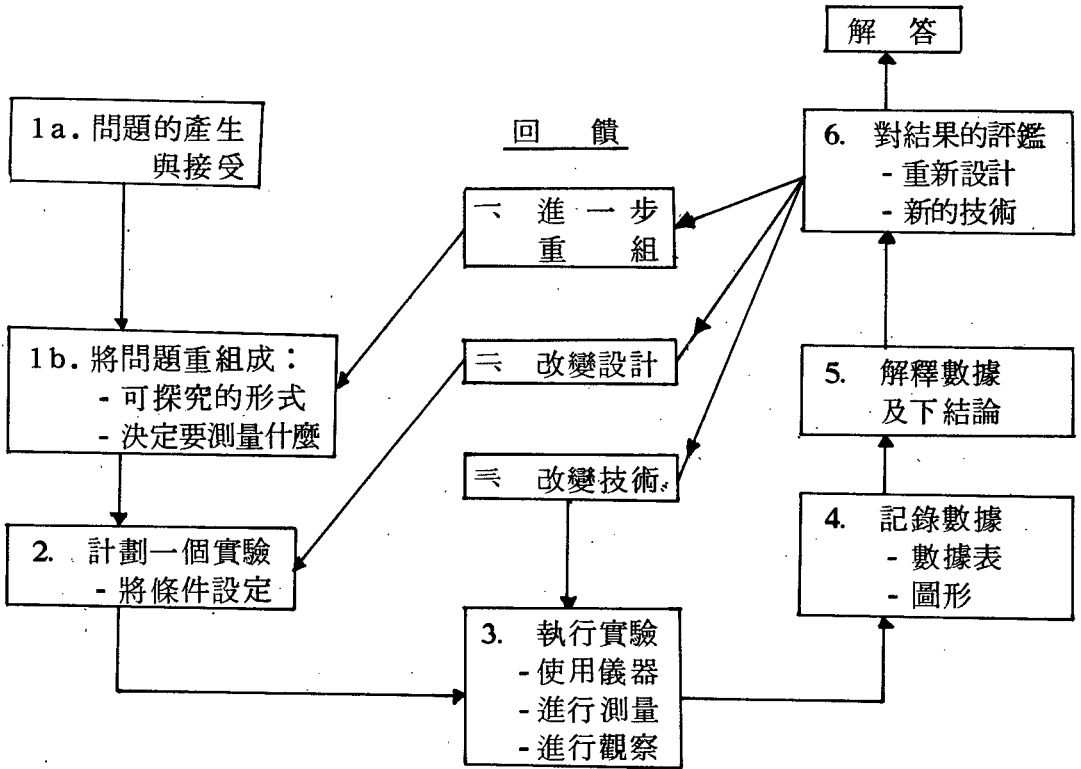
1. 選擇題型與作答題型分別顯示設計實驗之辨認與產生的能力，研究呈現具高度顯著差異。平日科學教學評量或可不加區別，但在甄別性測驗，尤其在能力水準設計時，必須注意不容忽略。本項研究發現迄未在其他文獻中提及，筆者曾與澳洲科教專家 Dr. Rosier 討論此發現證據，彼甚感興趣與重視，已來函邀請交換研究成果，目前之研究文獻中只發現紙筆測驗與實作測驗結果不一致而已。
2. 國三與國二學生，在設計實驗技能之學習層次上的表現，未呈現成長。依據 Bruner 的看法，此項技能屬於心智能力，為培育創造力必須之高層次的技能。果若如此，研究發現指出國三階段之設計實驗技能的教育問題，就值得探討了。到底是教材所然，或因升學壓力下的教學偏失所造成的呢？應該再深入探討。另一方面，國小五、六年級及高一學生之表現又是如何呢？此縱向成長（growth）研究，亦該列為將來的研究重點。
3. 選擇題型中，不論全體男女生間或各年級男女生間皆未有顯著差異。作答題型則不然，女生優於男生，此結果與英國 A P U（Achievement Performance Unit）的研究發現，具異曲同工之妙。A P U 的研究發現，國中階段女生在紙筆測驗中的表達能力優於男生，因此，另行設計實作測驗之研究，其結果却有不一樣的發現。此項延伸研究資料，足於鼓舞國內也該從事實作測驗之評量設計，以進行研究。若發現與 A P U 相同的研究結果，學生在實作測驗的能力與紙筆測驗的能力不同，則國內科學過程技能在完全以筆試方式評量，甚至升學考試之自然科也完全依據筆試取才，是否篩選過濾掉了一些真正從事科學實驗的優異人才呢？實是挑戰性問題，值得科教界繼續研究。
4. 學生對於確認該項技能與產生該項技能在統計上有顯著差異，顯示學力調查時，縱然是同為紙筆測驗，但是，必須注意題型設計，及針對不同題型作適當的數據解釋。

5. 進行科學過程技能研究時，其所需之外在效標，經本研究者多項技能之分析研究，肯定可使用「國中學生科學過程技能群測」之測驗卷。
6. 以「變因」及「定性」組織因子所形成的學習層次結構，可作為發展「設計實驗技能」診斷性評量工具之行爲目標及評分準則。

表A 科學過程技能項目分析綜合摘要表

Process Skills	Klinckman (1963)	NAEP (1969)	AAAS (1970)	Klopfer (1971)	Shrigley et. al. (1979)	Gallagher (1979)	Funk et. al. (1979)	Jacobson& Bergman (1980)	Simpson& Anderson (1981)	Cain& Evans (1984)
Observing			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Classifying			✓		✓		✓	✓	✓	✓
Communicating			✓		✓		✓		✓	✓
Manipulating										
Variables			✓		✓		✓		✓	✓
Measuring			✓	✓			✓	✓	✓	✓
Using Space- Time										
Relationships			✓						✓	✓
Inferring			✓		✓		✓	✓	✓	✓
Predicting			✓		✓		✓		✓	✓
Defining										
Operationally			✓		✓		✓		✓	✓
Formulating										
Hypotheses	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓
Designing										
Experimental										
Investigations	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Processing Data	✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓

表B 解決問題過程圖 (The Problem-Solving Chain)



在上圖中，學生在解決一個問題時，首先應能有獨立變因（操作改變的變因）及依變因（欲觀察或解答的變因）等概念。而以這種方式來接受問題，則是進行實作或心智活動計劃之必要的先決條件，這種對變因之認識的過程先於任何的其他科學活動。因此在一個科學活動開始之際，學生應能對問題之參數（變因）作一般性的了解，否則，任何的科學活動對學生而言，將會因迷失自己在作什麼，無任何意義甚或是不存在的。

參 考 文 獻：

1. 陳瓊森，國民中學學生科學方法過程之研究，高雄師範學院教育研究所碩士論文，民73年6月。
2. 許榮富等人，科學過程技能層系組織因子模式及其影響因素研究，行政院國科會專題研究計畫（編號NSC - 74 - 0111 - S003 - 11），民73年10月。
3. 許榮富，科學過程技能評量設計之研究，中華民國物理教育學會年會發表論文，民國73年12月。
4. 許榮富，科學過程技能簡介，中等教育，第36卷第一期，民國74年2月。
5. 許榮富，科學過程技能層系模式與其在物理教學上運作之研究，中華民國物理學會年會發表論文，物理季刊，六卷三期，民國74年2月。
6. 許榮富，科學探究模式，國立台灣師範大學學術講演專輯，第一輯，民國74年6月，頁123～151，（June, 1985）。
7. 許榮富，我國國中學生科學過程技能學習成就之調查研究，國科會專題研究報告（NSC 75 - 0111 - S003 - 13），民國75年8月。
8. AAAS Commission on Science Education, Science Process Instrument, Experimental Education, Washington, D.C.: AAAS, 1970.
9. Assessment of Performance Unit, Science in Schools (Age:11, 13, 15), The Association for Science Education, Herthordshire, England, 1985.
10. Adey & Harlen, A piagetian Analysis of Process Skill Test Items, Journal of Research in Science Teaching, 23(8), 1986.
11. Berger & Pintrich, Attainment of Skill in Using Science Processes II. Grade and Task Effects, Journal of Research in Science Teaching, 23(8), 1986.
12. Berger C. F., Attainment of Skill in Science Processes. I. Instrumentation, Methodology and Analysis, Journal of Research in Science Teaching, 19(3), 1982.
13. Bredderman, T., Elementary School Science Experience and The Ability to Combine and Control Variables. Science Education, 1974, 58(4), 457-469.
14. Bruner, J.S., The Process of Education. New York: Vintage Books, 1960.

15. Burns J.C. et al., Development of an Integrated Science Process Skills Test: TIPS II, Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching Annual Meeting, 1983.
16. Bybee R. W., The New Transformation of Science Education, *Science Education*, 61(1), 1977.
17. Cain S. E., J.M. Evans, *Sciencing: An Involvement Approach to Elementary Science Methods*, Bell & Howell Co., 1984.
18. Campbell R. L., J. R., Okey, Influencing the Planning of Teachers with Instruction in Science Process Skills, *Journal of Research in Science Teaching*, 14(3), 1977.
19. Crocker, R. K. et al., A Comparison of Structured and Unstructured Modes of Teaching Science Process Activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 1976, 13(3), 267-274.
20. Daume, R. J., Effects of Type of Junior High School Science Program on Science Content Achievement and Science Process Achievement. Paper Presented at the Meeting of The Mid-South Educational Association, 1980.
21. Daume, R. J., The Use of Selected Variable to Compare Science Content Achievement and Science Process Skill Achievement in Two Junior High School Science Programs: ISCS and Traditional, Ed. D. Dissertation. University of Southern Mississippi. 1981.
22. Dillashow F. g., J. R. Okey, Test of the Integrated Science Process Skills for Secondary Sciences Students, *Science Education*, 64(5), 1980.
23. Education Development Center, USMES Student Study, Newton, Massachusetts, 1978
24. Finley F. N., Science Processes, *Journal of Research in Science Teaching*, 20(1), 1983.
25. Funk H. J., J.R. Okey, R.L. Fiel, H.H. Jaus and C. S. Sprague, *Learning Science Process Skills*, Kendall/Hunt Publishing Co., 1979.

26. Fraser B.J., Development and Validation of a Test of Enquiry Skills, Journal of Research in Science teaching, 17(1),1980.
27. Gabel, D. & Rubbà, P., Science process skills: where should they be taught? School Science and Mathematics, 1980, 80(2), 121-126.
28. Gabel, D.J., Rubba, P.A., & Franz, J.R. The effects of early teaching and training experience on physics achievement, attitude toward science and science teaching, and process skill proficiency, Science Education, 1977, 61, 503-511
29. Gagn'e, The Conditions of Learning and Theory of Instruction (4th Ed.) Holt, Reinehart and Winston, Inc., 1985.
30. Gagn'e R. M., L.J. Briggs, Principles of Instuctional Design, Holt, Reinehart and Winston, Inc., 1979.
31. Gallagher J. J., Basic Skills Common to Science and Mathematics, School Science and Mathematics, V79, 1979.
32. Hsu, R.F., An Empirical Study of Hierarchical Structure in Organizors of Science Process Skills. A Paper Presented at the Sino-Japanese Symposium on Science Education; Proceedings of National Science Council. January, 1986, R.O.C.
33. Hsu, R. F, Analyses of the Relationships Among Science Process Skills, Scientific Attitude, and Creative Thinking
34. Hurd P.D., New Directions in Teaching Secondary School Science, Chicago: Rand mcnally Co., 1969.
35. Jacobson W. J., A.B. Bergman, Science for Children. A Book for Teachers, Prentice-Hall Inc., 1980.
36. Jeffrey J., Identification of Objectives of the Chemistry Laboratory
37. Klinckmann E., The BSCS Grid for Test Analysis, BSCS Newsletter, V19, 1963.
38. Klopfer L. E., "Evaluation of Learning in Science," in Handbook of Formative and Summatice Evaluation of Student Learning. Bloom, Hastings, and madaus, Eds., New York: McGraw-Hill, 1971.

39. Lang H. G., An Investigation of the Reliability of a Criterion-Referenced Test in Science : Implications for Individualized Educational Planning for Handicaped Students, Dissertation Abstracts, 40(3): 1245-A, Sep. 1979.
40. Lowell W.E., An Emperical Study of a Model of Abstract Learning, Science Education, 61(2), 1977.
41. Ludeman, R.R., Devlopment of The Science Processes Test. Unpublished Dissertation, Michigan State University, 1974.
42. Ludeman, R.R., Devlopment of The Science Processes Test, in ERIC Document Reproduction Service, 1975, ED 108893.
43. Lunneta V. N., P. Tamir, matching Lab Activities with Teaching Goals, The Science Teacher, 46(5), 1979.
44. McLeod, R.J. et al., The Development of Criterion-Validated Test Items for Four Integrated Science Processes, Journal of Research in Science Teaching, 1975,12(4), 415-421
45. Moliter L. L., k.D. George, Development of a Test of Science Process Skills, Journal of Research in Science Teaching, 13(5), 1976.
46. National Assessment of Educational Progress-Science Objectives, Ann Arbor, Mich.: Commitee on Assessing the Progress of Education, 1969.
47. Nelson M.S., E.C. Abraham, Inquiry Skill Measures, Journal of Research in Science Teaching, 10(4), 1973.
48. Norris S.T., Defining Observational Competence, Science Education, 68(2), 1984.
49. Okey, J.R., & Dillashaw, F.G., Integrated Process Skills Test Department of Science Education, University of Georgia, Athens, Georgia 30602, June 1979.
50. Okey, J.R., Wise, K.C. & Burns, J.C. Integrated Process Skills Test II. Department of Science Education, University of Georgia, Athens, Georgia 30602, May 1982.
51. Padilla, M.J., Okey, J.R., & Dillashaw, F.D. The Relationship Between Science Process Skill and Formal Thinking Abilities. Journal of Research in Science Teaching, 1983, 20(3), 239-246.

52. Perez C.V., The Development and Evaluation of a Test of Science Processes for use in the Philippines, (University of Maryland, 1978) Dissertation Abstracts International, 39(6) : 3496-A, Dec., 1978.
53. Pohlmann, M.M., & Pappelis, A. J., Improving Process Skills Among College Nonscience Majors with Science-A Process Approach materials. Journal of College Science Teaching, 1977, 6, 167-169.
54. Riley, J.P., The Influence of Hands-On Science Process Training on Preservice Teachers' Acquisition of Process Skills and Attitude Toward Science and Science Teaching. Journal of Research in Science Teaching, 1977, 16(5), 373-384.
55. Ross J.A., F.J. maynes, Development of A Test of Experimental Problem-Solving Skills, Journal of Research in Science Teaching, 20(1), 1983.
56. Royce, G.K., The Development and Validation of Diagnostic Criterion-Referenced Test of Science Processes. University Microfilms International, 1979.
57. Shrigley R.L., D. Alfke, M. Szabo and P.W. Welliver, SFTS-ITV: A Model for Implementing Statewide Curriculum Change, Science Education, V59, 1979.
58. Simpson R.D., N.D. Anderson, "Science, Students, and Schools: A Guide for the Middle and Secondary School Teacher" , New York: John Wiley & Sone, 1981.
59. Tobin K.G., W. Capie, Development and Validation of a Group Test of Integrated Science Processes, Journal of Reserch in Science Teaching, 19(2). 1982.
60. Tobin, K.G. & Capie, W., the Effects of Formal Reasoning Ability, Focus of Control and Student Engagement on Science Process Achievement. A Paper Presented at The University of South Carolina, 1979, Conference in Educational Research.
61. Tobin, K.G., Capie, W., Teaching Process Skills in The Middle School. School Science and Mathematics, 1980, 80(7), 590-600.

62. Tolman, R.P., Comment on "The Development of Criterion-Validated Test Item for Four Integrated Science Processes". Journal of Research in Science teaching, 1976, 13(6), 575-576.

63. Torrence D., Measurement of Science Processes in Intermediate Grades through Instructional Television, Mar. 1977, Paper presented at the national convention of the National Science Teachers Association.

64. Walkosz, M. & Yeany, R.H., Effects of Lab. Instruction Emphasizing Process Skills on Achievement of College Students Having Different Cognitive Development Levels. Paper Presented at The Annual Meeting of The National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, April, 1984.

65. Wilson J.T., Processes of Scientific Inquiry: A Model for Teaching and Learning Science, Science Education, 58(1), 1974.

66. Yeany R. H., W.Capie, Analysis System for Describing and Measuring strategies of Teaching Data Manipulation and Interpretation, 63(3), 1979.

67. Yeany, R. H., Yap, k.C. & Padilla, M.J., Analyzing Hierarchical Relationships Among Modes of Cognitives Reasoning and Integrated Science Process Skills. Paper Presented at The Annual meeting of The National Association of Research in Science Teaching, New Orleans, 1984.

68. Yeany, Yap & Padilla, Analyzing Hierarchical Relationships Among Modes of Cognitive Reasoning and Integrated Science Process Skills, 3(4), 1986

AN ANALYSIS OF LEARNING HIERARCHY IN DEVELOPING EVALUATION
OF EXPERIMENTAL INVESTIGATION SKILLS FOR JUNIOR HIGH
SCHOOL STUDENTS

by

Rong-Fu Hsu

Abstract

The instrument was developed in order to evaluate junior high school students' technical skills during the process of their taking courses in science.

According to the five levels of hierarchy organizers in designing an evaluation as established in the former study, the objectives and scoring criteria of the instrument were constructed. Also, the contents of the current science textbook were used as a basis for content validity and difficulty reference.

The findings showed that there was significant difference in students' performance in the identifying and generating types of evaluation between grade 7 and grades 8,9. One should notice the different degrees of assessment for different types of item designing. Furthermore, the findings supported that the assessing criteria could be constructed by considering the cross interaction designing between the roles of the parameters of variables and qualitative criteria.