

探討式教學模式分析

—— 流程圖之運用 ——

楊榮祥

科學教育真正的目的，絕不只科學知識的傳授。尤其最近數十年來科學與技術的突飛猛進，帶來了所謂「知識爆炸 (knowledge explosion)」的時代。如果，中小學仍舊以知識的灌輸為科學教育唯一的內容的話，根本就無法趕上這項進步的狂浪。學校不可能將科學家所不斷增加的新知，整理成「文化遺產」悉數傳授給下一代。另一方面新的知識不斷地取代舊的思想，所謂新的知識，在不久之將來，遲早還是會變「舊」，今天學生們在學校裏，所學的「最新」知識，在將來仍將被修改，甚至完全被捨棄。在這種情形下，學校如仍舊要求教師致力灌輸科學知識，使學生強記科學知識，豈不白費時光，徒勞無功？

科學教育家認為應該努力訓練學生求知的技能，也就是說：培養其探討科學的技能與態度，發展其創造性，讓學生具備自行求知以及不斷修改其科學觀的能力，以適應這急劇變化的人類環境。最近科學工業技術以及企業化工商管理技術的飛躍進步與輝煌的成就，也應為科學教育界帶來新的、高效率的教學工具、教育媒體以及教學技術。這些新的教育工學 (educational technology)，應能將現代中小學科學教育帶進一個新境界。

近十數年來，我國已吸收了歐美最新、最進步的科學教材，但我們還有些問題需要深入討論。

1 如何參考外國教材，以改進我們自己的教材？

2 著重求知過程的科學教學較費時，應如何調節教材內容、份量及教學時數？

3 在這種教材教法中，教師在教學上的地位已改變，應如何幫助教師改進其教學技術與態度？

4 著重學生活動的教學，似必須減少教材，以使學生深入探討。但教材減少之後，可能相對

降低科學知識水準，應如何選擇並「精」「簡」教材？

5 為發揮新科學的教學效果，其基本的教學模式應如何？

發現與探討式教學法

所謂「發現 (discovery)」就是一種特別設計的學習活動，使學生能在適當的學習環境中，運用其心智 (mental power)，以發現新的概念 (concept) 或原理 (principle) (註一)。發現式學習 (discovery learning) 由美國認知心理學家布魯納 (J. S. Bruner) 所提倡 (註二)，最近似乎已經廣泛地為世界各國許多中小學科學課程編製者所接受。其實，這種學習思想淵源甚早。盧梭 (J. J. Rousseau, 1712-1778) 曾主張：「學生應自行向大自然學習，並不需要別人來告訴他大自然是什麼」，盧氏的「從做中學習 (learning by doing)」就是發現學習的基礎。二十世紀的實驗主義教育思想家杜威 (J. Dewey, 1859-1952) 也提倡學生為中心的教學，他說：「我們的教育正在起變化，正在移動重心。這個變動與這個革新和哥白尼把宇宙的重心從地球移到太陽那樣重要。在教育上，學童變成了太陽，讓一切教育設施環繞他而行。學童是中心，教育專為他們而設！」 (註三)。

美國加州大學物理學教授卡普拉斯 (Robert Kuplus) 所領導的 SCIS (Science Curriculum Improvement Study) 認為：科學概念之學習可藉三個步驟來完成。

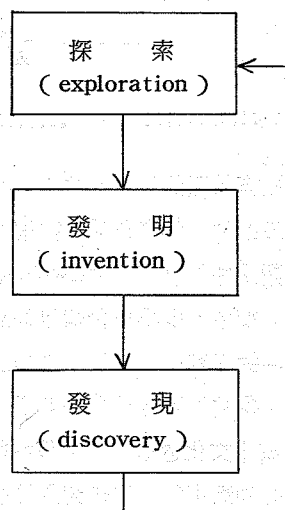
1 探索：教師佈置適當的學習環境，使教室成為布魯納所說之「便以發現“有價值的結構”的情境」。讓學童自由探討，教師幫助使學童獲得親身體驗。

2 發明：經過探索活動後，學童需要基本概念以了解所觀察的現象。教師提供這些概念，幫助學童領悟新的概念。

3 發現：學童能將所得概念運用到新的情境。這就是「概念一般化」的階段，學童發現了（對他們自己來說是）新的科學概念（註四）。

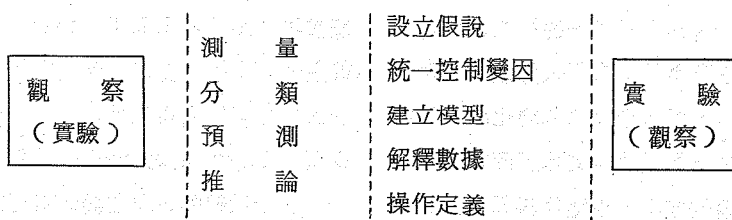
SCIS 的「學習環」（圖一）就是發現式教學的一例。

所謂「探討（inquiry）」教學，建立在「發現」之上，學生要像專業科學家一樣，用科學方法去探討問題。專業科學家在發現科學概念或原理時，都要用到基本的過程技能（process skills）。所謂探討式教學，就是要讓學生一方面練習其科學技能，同時要讓學生運用這些科學技能「像科學家探討科學問題一樣地」探討問題，以發現新的概念。



圖一 SCIS的學習環
(Learning Cycle)

〔資料收集的過程〕〔數據資料之處理及解釋的過程〕〔驗證及一般化的過程〕



圖二 探討過程模式（註五）

根據瑞士認知心理學家皮亞傑（J. Piaget）的理論，國中階段的學生，均應先後進入「形式操作期（stage of formal operation）」，應可操作抽象邏輯思考（註六）。

美國科羅拉多大學所領導的BSCS（Biological Science Curriculum Study）極力主張探討訓練。BSCS認為探討的科學教育應能讓學生體會下列各項概念：

1 科學的知識，都由數據資料之解釋而來，並非憑空臆測所得。

2 科學的概念與假說，都可能改變，數據資料之解釋也都可能隨時改變。

3 學說、觀念都會變化，知識體系也可能變化。

4 科學知識之變化，亦根據具體的資料或證據而變化，並非任意改變。

BSCS又認為，探討的教學應具有下列各項功能。

1 探討的學習活動為「學生中心（student centered）」的活動，使所有的學生都能積極參與探討活動，使他們都成為「有功能的人」。在探討活動中，學生不單發展其科學技能，發現新概念，還學到「自我領導」，「責任觀念」，「思想溝通」等。

2 探討的學習活動，能幫助學生建立其「自我概念 (self concept)」。凡具有自我概念的人，一定是心理穩定的人。他能處在新環境新經驗之中；他敢參與，也敢探險；他能愛惜自己，也能愛護別人；他能忍受挫折，也有創造能力。

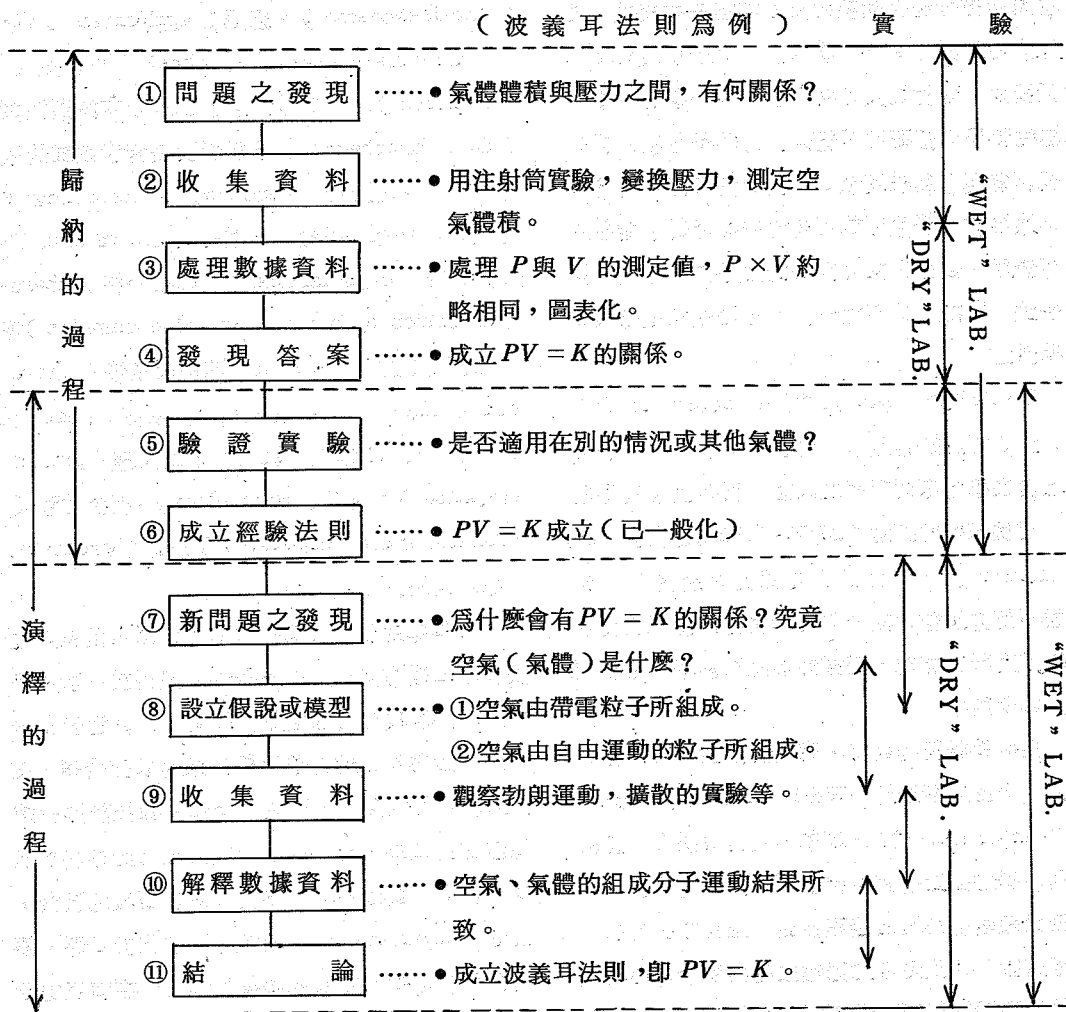
3 探討的學習活動，能提高學生的「抱負水準 (expectancy level)」，發展其獨立思想，獨立解決問題的信心。(註七)

科學過程技能與教學活動

無可否認地，現代的中小學科學新課程，均以

發現或探討式教學為基礎。但應如何編製或籌劃教學活動？無論發現式或探討式教學，都要求學生親自參與，都要學生親自探討，親自經驗，以發現其新的概念。這種幾乎是「嚐試—錯誤 (trial-and-error)」學習法的效率又如何？

探討式教學法，要求學生要「像科學家一樣地」探討科學問題。那麼，科學家怎樣探討問題？如圖三，發掘到問題之後，先要收集有關觀察資料、處理這些數據資料，發現「可能答案，possible solution」(或做試驗性解釋，tentative explanation)之後，還設計實驗以驗證，如答案



圖三 探討科學的過程中，歸納與演繹，WET與DRY LAB.

或解釋無誤，則可成立經驗法則，這就是所謂的「歸納」過程（圖三，①～⑥）。當成立此項法則之後，可能還會發現新問題，對於這些新問題，常要設立假說或模型來說明。這時，也要進一步收集資料、經過資料解釋的過程之後，方能得到結論。這是「演繹」的過程（圖三⑤～⑪）。

圖三所示只不過是科學家探討科學問題的一般模式範例而已，並非所有的科學問題，都要遵照這個模式來進行探討，但這個模式仍可做為高初中科學教學具體的參考。

在探討的學習中，學生要扮演科學家，要模倣科學家，學科學家的方法解決科學問題，自然，教材要能充分配合此項需要（如圖三的模式，波義耳法則的例）。但，事實上，由於學校環境，包括設備、器材以及時間所限，中小學的科學課程無法使學生都要用「整套」的科學方法來學習（或謂發現）科學概念。即使學校可提供充分的設備與器材，學生可能要耗費很多時間才能學到一個概念。如是，在這科學知識爆炸的時代，這種學法，實在太「不經濟」，也可以說是低效率的學習法。

BSCS發展一套叫做“Invitations to Inquiry（探討的邀請）”的教材（註八），有系統地發展學生探討科學的技能，同時發現科學概念。這些都是所謂的“DRY-LAB（乾實驗，dry-laboratory）”意為「乾燥的實驗室」，學生並不親自操作實驗，但仍然根據所提示或提供的數據資料或情況，照樣從事探討科學，照樣演練其科學技能。

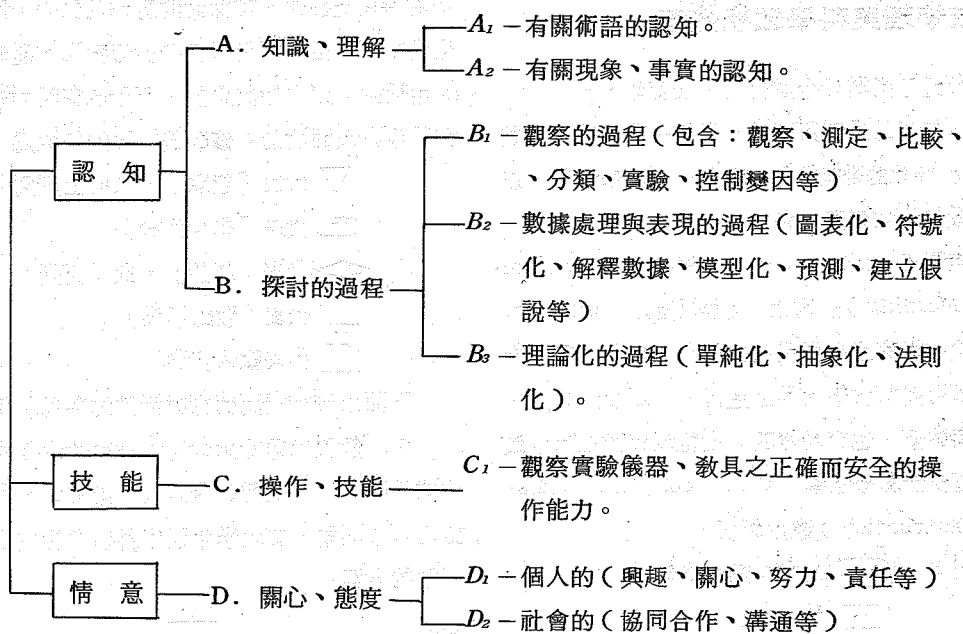
在中學階段的教材，固然需要儘量編列分組實驗，也就是所謂的“WET LAB.（濕實驗，wet-laboratory）”，讓學生們親自操作，體驗探討科學的整套過程，但也可以用“乾實驗”來積極訓練學生個別的過程技能。這種方法可能比“濕實驗”學到更多的過程技能與概念。這兩種所謂的DRY-LAB. 與WET-LAB. 的教學活動型態與過程固然迥然不同，但，其目標却都一樣

，都要讓學生經由探討過程，發展其過程技能，並發現科學概念。

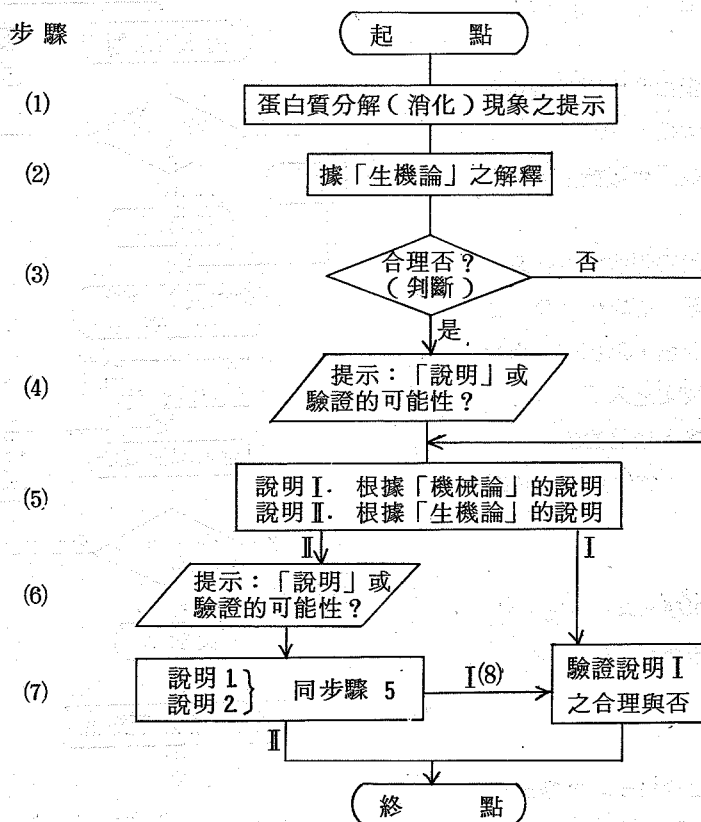
科學教育目標分類

美國芝加哥大學的教育家布倫（B. Bloom）等在1956年發表「教育目標分類第一手冊（The Taxonomy of Educational Objectives Handbook 1）」，將教育的目標分為認知（cognitive）、情意（affective）及技能（psychomotor）等三個領域（註九），很快地為世界各國教育家所接受與運用。根據這本第一手冊，布倫將認知領域又分為知識（knowledge）、理解（comprehension）、應用（application）、分析（analysis）、綜合（synthesis）及評鑑（evaluation）等六個層次；至1964年克拉斯霍爾（D. R. Krathwohl）等繼而發表情意領域的系統分類，分為接受（receiving or attending）、反應（responding）、價值判斷（valuing）、價值組織（organization）及形成品格（characterization by a value or value complex）等五個層次（註十）；後來辛浦森與塞洛（Simpson & Saylor）將技能領域分為察覺（perception）、反應趨向（set）、倣效反應（guided response）、機巧（mechanism）、複合反應（complex overt response）及創造（creation）等六大層次（註十一）。

布倫等的分類大綱固然有相當深入的教育理論根基，也有其廣大的適應性，但用於一般中學教師在科學教育目標之分析作業上，似過於複雜。如圖四為簡化的科學教學目標的系統分類。在探討科學的活動中，發現概念與探討技能的訓練均應屬於B群，包括 B_1 、 B_2 與 B_3 ；此外科學教學活動中，教師不能忽略其他兩個領域的教育。技能（psychomotor）領域的目標屬於C群，要發展學生各種實驗儀器的操作能力。在情意方面，則屬D群，要培養其科學態度，包括其對於個人及社會的關心。



圖四 科學教學目標的簡易分類系統表



圖五 循序學習的流程圖（以「生機論、機械論生命觀之建立」為例）

系統管理與科學教學過程

最近工商業界企業化的系統管理，無可否認地提高其產品品質與產量。這種一貫作業、品質管制、標準化的系統管理，應可用於科學教學，以提高教學的效率與效果。

如圖五，以流程圖表示循序學習 (programmed learning) 的過程。流程圖能以簡單的符號與箭頭，以表示整個過程的進行，如用於科學教學，當可說明教學活動之進行，不單易以設計、表現與瞭解，也容易修改。這種流程圖在循序教材或電子計算機教學 (CAI, computer assisted instruction) 應用頗廣。

圖中 ○ 代表起點與終點
□ 代表處理
◇ 代表判斷或評量
▭ 代表輸入 (input)

圖五以機械論生命觀之建立為例，說明流程圖的功能。

步驟 1：提示問題。以蛋白酵素對於蛋白質的分解作用為提示，做為這個循序教材的導入部。

步驟 2：讓學生閱讀一段「生機論」者對於生命的看法。

步驟 3：要求學生判斷此項看法是否合理。

步驟 4：對於回答「合理」的學生，要「輸入」一個提示，即「你認為合理，那麼生命力的觀念是否具可驗性？」，隨後便進入下一步驟。

步驟 5：讓學生閱讀根據機械論的說明 (I)，與根據生機論的說明 (II)，要求學生再做判斷。

步驟 6：同 4

步驟 7：同 5

步驟 8：驗證說明 I，讓學生了解「蛋白質分解過程中，並沒有任何「生命力」的干與」。

探討的教學模式

上面的流程圖 (圖五) 適合循序教材等個別化學習過程的表達。但對於集體或分組教學，則

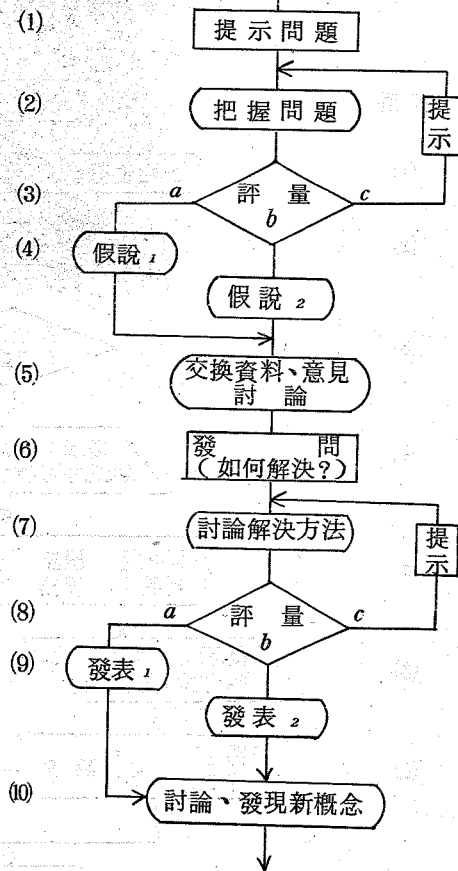
尚有待研究修改。在探討的教學活動中，固然學生是主體，但教師仍需隨時從旁輔導、隨時評量學生活動，以啟發其思想。所以流程圖中應能區別學生與教師活動。修改後主要的符號為：

▽ 代表「起點」，頂向上則為「終點」
○ 代表「學生活動」
◇ 代表「評量」，或「判斷」
□ 代表「教師活動」
▭ 代表輸入資料

下面以流程圖說明探討活動的各種教學模式：

1. 解決問題 (problem-solving) 式教學模式 (圖六)：這種教學方式，簡言之，由教師提出科學問題，要求學生運用科學方法找出解決問題的方案。

步驟



圖六 解決問題式教學模式一例

其主要的學習行為目標應如下：

- ①學生應能把握「問題」的重心或真義。
- ②為解決所面對的問題，建立假說。
- ③根據假說而推論，以找出解決問題的方案。

步驟 1：由教師提出問題。

步驟 2：學生為把握問題所做之活動，例如收集資料。

步驟 3：教師根據行為目標①評量學生是否把握問題的重心或真義。評量結果可能有多種不同的「成績」，例如 a 、 b 與 c 等三群。 a 與 b 群可把握問題， c 群則不能，必須再由教師或其他學生幫助，經「提示」後，再試。

步驟 4：學生根據問題建立假說（可能有不同的假說）。

步驟 5：讓學生交換資料或意見，儘可能「統一」假說。

步驟 6：教師根據行為目標②發問：根據假說推論「如何解決問題？」要求學生提出解決問題具體的方案。

步驟 7：讓學生分組或個別討論。

步驟 8：教師根據行為目標③評量。

步驟 9：讓學生發表或交換資料。

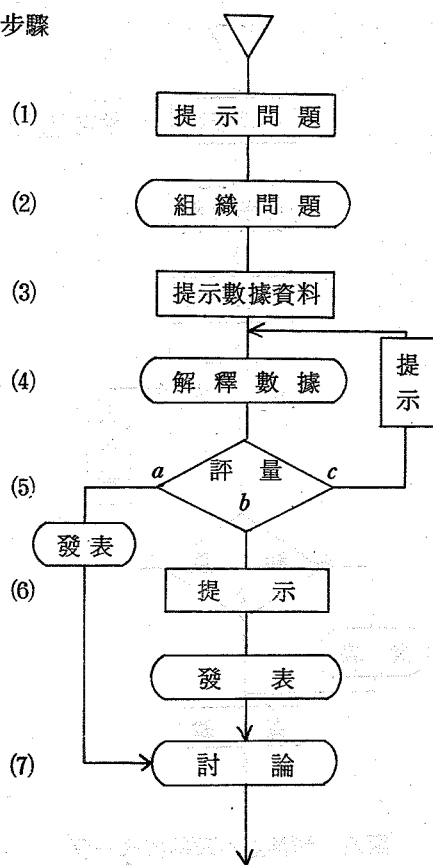
步驟 10：讓學生討論、歸納出新概念，這就是「發現」的過程。

2. 解釋數據過程教學模式（圖七）：科學知識都是有根據的知識，換言之，均由數據資料之解釋而來，學生應多做解釋數據的訓練。這種探討活動都可以用 DRY-LAB. 的方法。即，由教師或根據書上所提供的數據資料，讓學生解釋，其主要的學習行為目標應為：

- ①學生應能組織問題。
- ②學生應能處理數據。
- ③學生應能適當解釋數據。

如圖七，步驟(2)要根據行為目標①組織。步驟(5)要根據行為目標②與③評量。國中階段新的科學教材，大概都含有大量此類教學活動。教師指導的重點應在步驟(5)。評量結果學生可能有

步驟



圖七 解釋數據過程教學模式一例

多種不同的「成績」，例如 a 群的學生能提出「可接受」的解釋； b 群的學生提出「尚可接受」的解釋，教師當「稍加提示」就可讓他們參加討論； c 群的學生則是「不會解釋」或「解釋離譜」，應再提示讓學生「看懂」數據並提供參考資料，啟發思考，以重新「解釋」。

無論 DRY 或 WET-LAB. 都少不了此項解釋數據的活動。

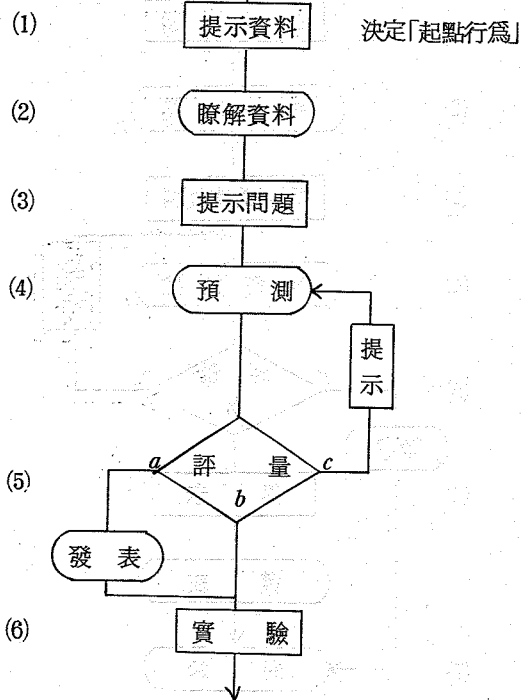
3. 預測過程教學模式（圖八）：

步驟 1：由教師（或根據課本）提示供學生預測的問題資料，並決定起點行為。

步驟 2：學生為瞭解資料所做之活動，包括發問、收集或整理資料。

步驟 3：教師（或根據課本）提示供學生預測之問題。

步驟



圖八 預測過程教學模式一例

步驟 4：學生預測活動，可用書面個別作業，或分組討論。

步驟 5：根據行為目標評量， a 為可接受之預測， b 與 c 均需輔導或另行提示以啟發思想。

步驟 6：實驗活動，原則上以 WET-LAB. 為主，但亦可用 DRY-LAB.，目的為驗證（或利用科學家的研究成果印證）學生所做之預測。

4. 觀察過程基本模式（圖九）：探討科學的活動，均由觀察開始，任何探討活動均少不了觀察的活動。圖九為觀察過程的基本模式。

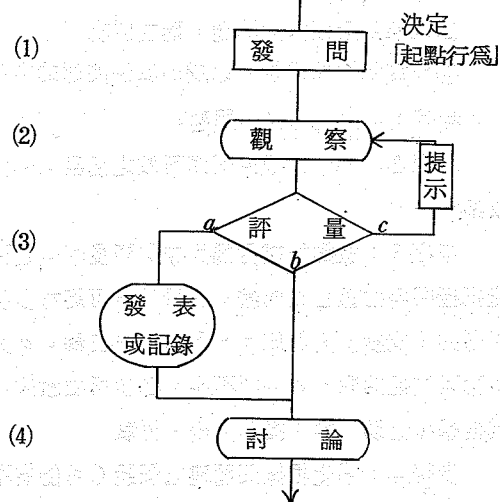
步驟 1：教師發問要有啟發性，同時決定起點行為。

步驟 2：根據教師發問（或所提供之問題）觀察。

步驟 3：根據行為目標評量，分別處理。

步驟 4：討論觀察結果，以行為目標為評量依據。

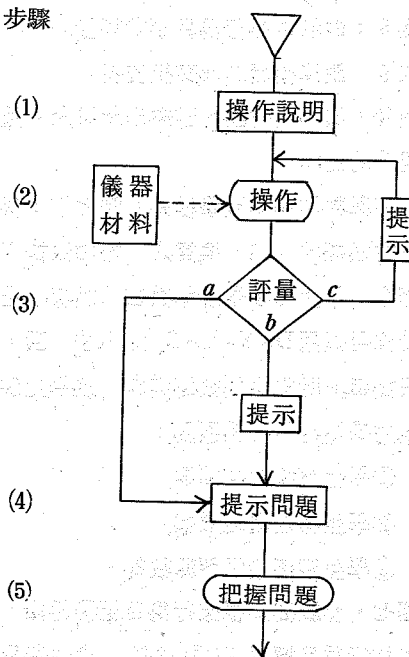
步驟



圖九 觀察過程基本模式

這不過是基本模式，事實上觀察過程是一系列連續的過程，除了「觀察」以外，還應有其他各項過程技能（如：預測、設立假說，數據解釋等）。

步驟



圖十 儀器操作過程教學模式

5. 儀器操作過程教學模式（圖十）：根據科學教育目標簡易分類系統表（圖四）這是屬於C類的目標。學生學科學，應同時學到正確而安全的儀器操作能力。圖十只是個模式。

步驟 1：操作說明，宜強調基本理論與安全操作規範，但必須力求簡單扼要，不可佔太多時間。

步驟 2：操作，學生應有充分的儀器材料數量與足夠的時間。

步驟 3：評量，根據行為目標評量，分別輔導。

步驟 4 與 5：為啟發學生運用其所操作以把握問題（有待解決之問題）而提示。

探討的教學過程編製要點

上節所提示各項模式為探討的教學過程編製（十一）。

的基本模式，科學教師當可靈活運用，發揮教師個人的想像力與創造性，以設計其獨特的、適合自己的探討教學模式。為編製符合科學教育目標的教學過程，尚有幾個重點：

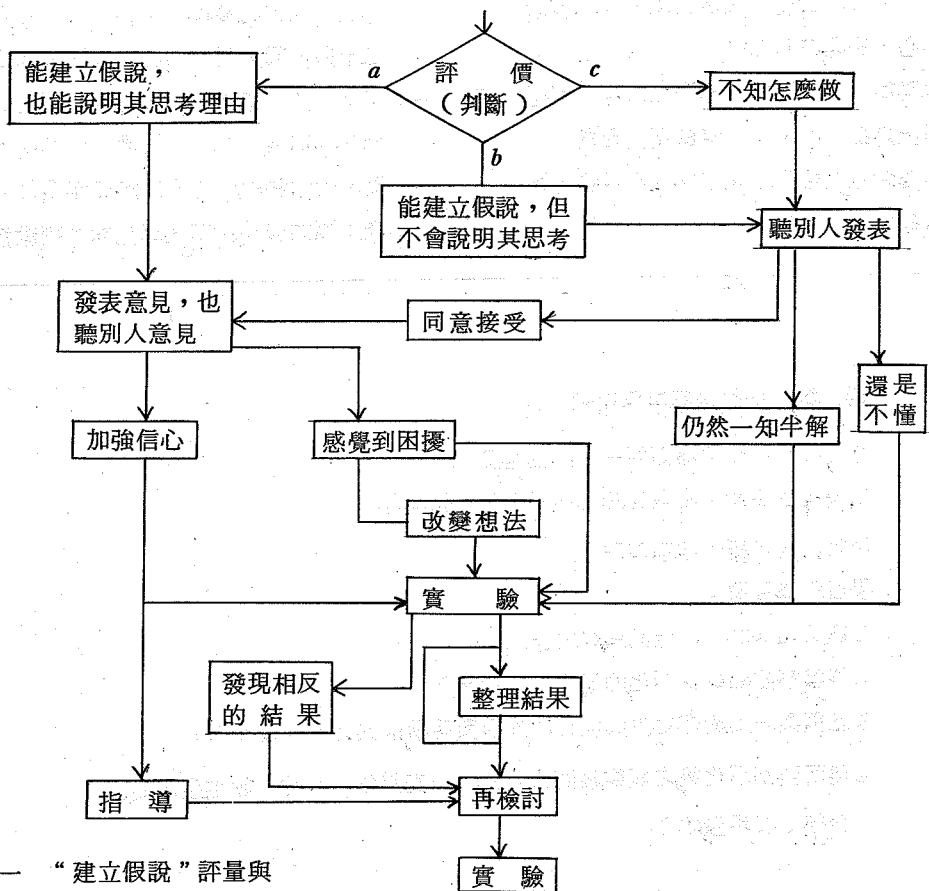
1 熱烈而頻繁的師生間交互作用：教師要隨時發問富於啟發性的問題，以刺激並鼓勵學生積極探討。

2 學生的參與機會要多：因為這是「學生活動中心」的教學活動，學生要有充分的器材與時間來參與。

3 教師要隨時輔導，但必須尊重學生的自由探討；宜多鼓勵、多提示、多啟發；少做規定、少限制、少干涉。

4 過程之發展必須符合科學邏輯。

5 隨時評量，預測不同的可能反應（參考圖



圖十一 “建立假說”評量與學生可能反應之預測

6. 預設不同的處理與輔導方法。

7. 事先確認起點行為，事後根據學習行為目標評量其終點行為。

世界上從未有過任何「萬靈丹」。科學的教學法亦復如此，並沒有十全十美的教學法，也沒有完整無缺可適合任何情境的教學模式。本稿所論者只是一種嚐試，或一些原則，尚有賴第一線的教師們根據其環境條件，發揮各位教師的智慧、靈感以及創造性，以編製有效的科學教學過程模式。

參考資料

註 一：卓播禮 (L. W. Trowbridge)，「探討教學及創造能力的發展（在師大科教中心講題之三）」，科學教育月刊第十六期，師大科教中心，民國67年2月。

註 二：林清山，「科學教育的心理學基礎（下）」，科學教育月刊第二期，師大科教中心，民國65年10月。

註 三：陳建勳，「發現式教學法之原理及其應用上之探討」，師友第63期，台灣省中小學教職員福利金籌集管理委員會，民國61年。

註 四：楊冠政，「美國SCIS課程研究」，科學教育月刊第十二期，師大科教中心，民國66年12月。

註 五：寺田幸宏，「實驗觀察の技能の評價」，理科的教育，Vol. 26，No. 1，東洋館出版社，1977年1月。

註 六：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，民國65年9月。

註 七：楊榮祥，「十月份高中生物教室」，科學教育月刊第十二期，師大科教中心，民國66年12月。

註 八：同上，(P. 43-44)

註 九：楊榮祥，「運用教學目標系統分類以改進教學」，科學教育月刊第三期，師大科教中心，民國65年11月。

註 十：楊榮祥，「學習行為目標之系統分類—情意或德育的領域」，科學教育月刊第二十期，師大科教中心，民國67年6月。

註十一：寅賓，「科學教育中技能領域行為目標的分類與敘寫」，科學教育月刊第十七期，師大科教中心，民國67年3月。

〔作者現職：國立臺灣師範大學生物系副教授〕

附 錄 探討過程教學模式一例

單元名稱：生物與環境—昆蟲的生活史(1)

主要科學概念：有些昆蟲的生長需要經過變態。

探討技能目標：觀察與記錄

學習行為目標：

1. 觀察蝴蝶的蛹，能記錄蛹的變化（評量①）

2. 能觀察記錄蝴蝶羽化的過程（評量②）

3. 能觀察記錄蝴蝶幼蟲與成蟲的外形與活動的異同（評量③）

4. 將所觀察羽化後之蝴蝶放回大自然，以表其愛護動物，尊重生命的美德（評量④）。

- 分配材料“將羽化的

蛹”每組一個

- 發問：

這個蛹與剛形成的蛹相比較，有什麼不同？

- 根據行為目標 1 評量

- 提出問題（板書）：

這些蛹將會怎麼變化？

- 發問：

蝴蝶怎樣生出來？

- 指示：

培養皿裏有溫水，將蛹放上去看看。

- 根據行為目標 2 評量

- 鼓勵或獎勵筆記

發問

觀察

評量①

發表

討論、再觀察

提問題

自由反應

發問

建立假說

或「預測」

指示

觀察

評量②

筆記

各組交換資料

- 觀察眼前的蛹，翻閱以前所做的記錄。做記錄

- 評量①

- a. 看到“翅脈”狀的花紋，形狀大小沒有變，但顏色不同了。
- b. 顏色較淡。
- c. 沒有什麼變化。

評量①（用卡片）

- a. 能注意蛹的顏色，花紋的變化，正確記錄。
 - b. 只注意到顏色的變化。
 - c. 因為形狀並沒有變，幾乎看不出變化。
- 提示①拿前次的蛹（剛形成）照片給學生看……仔細再看。

- 會變成“蝴蝶”。
- 大概要花很多時間。

- 提示：要求學生都要仔細觀察，不要看漏任何現象。

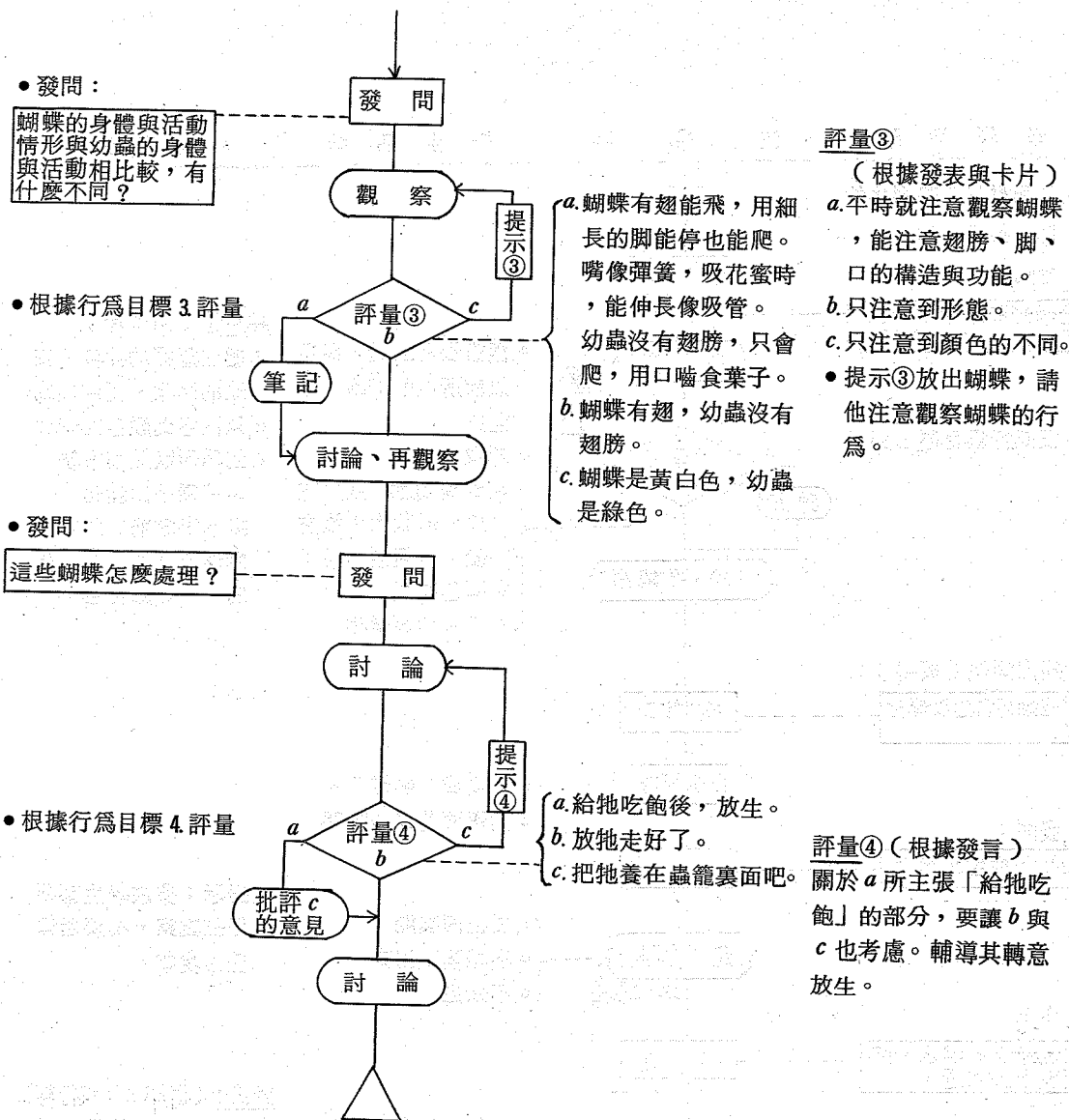
- 從上面裂開
- 從蛹裏跳出來
- 不知道

評量②（根據卡片與行為）

- a. 喜極，有人鼓掌。蝴蝶羽化過程，觀察甚仔細。
 - b. 記錄：由頭裂開羽化，翅膀展伸。
 - c. 只表現：蝴蝶從蛹中爬出來。
- 提示②蝴蝶怎樣爬出來？變化？讓他看別組的記錄，注意羽化過程之觀察。

- 各組仔細觀察蛹羽化的瞬間

- a. 從頭部裂開，在一陣顫動中，慢慢爬出來，翅膀褶疊在一起，但很快伸展。
- b. 從頭部爬出來，翅膀都黏在一起，但後來都伸展了。
- c. 從蛹裏爬出一隻蝶來。



(上接29頁，一個期末測驗的新地方—博物館)

可以輕易獲取知識的解答。以華盛頓太空科學博物館為例：由萊特兄弟的雙翼機到阿波羅登月小艇。將航空史發展的歷程透過實物、標本、模型；利用電視、電影、電腦；由原理到應用，井然有序，完整無缺地呈現在我們眼前。令人難忘的一次經驗—在「登月發射模擬室」，身臨其中；不論空間、時間的變化；生理、心理的感受，都讓我們如同太空人一般遨遊寰宇，摘星取月。兩次的日本之旅更難抹滅那些白衣黑裙，天真可愛

的小女孩手持筆記本在博物館內川流不息、樂此不疲的情景。

本文作者不但善用博物館作為輔助教學媒體，更將它作為期末測驗場所。結果顯示：學生興緻勃勃，獲益良多。諸如此類，動物園、植物園頗宜借鏡，推廣實施。

最近從報紙獲悉：政府將籌建科學博物館、星象館，擴建動物園。但願積極動工，早日完成，則「全民科學教育」必可向前邁進一大步。

〔譯者現任台北市明德國民中學教師〕