

學習行為目標與自然科學教學活動設計

國立台灣師範大學生物系 楊榮祥

學習行為目標是教學，包括教材選擇、教學活動設計、以及教學評量的具體依據。同時，行為目標也是研究或改進教學的工具。

在課程系統（Curriculum system）中，教師是課程（Curriculum）的執行者（註1），教師應能將課程「轉譯」成為具體的行為目標（註2），根據行為目標選擇適當的教材，安排學習環境，選用教學活動模式，以實施教學。在這個教學系統（Instructional system）中，教師還要根據行為目標，評量學生的學習成就，根據其回饋以檢討目標、教學與評量技術（圖1）。

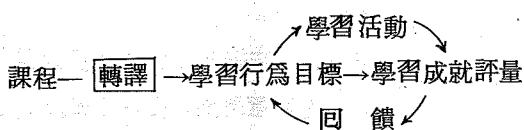


圖1 課程、行為目標與教學

一、教材分析

課程都有其特殊的哲學基礎與架構。教材之編製係根據這些基本設想，以選擇主題（Themes），訂定單元目標與基本的教學方針。所以教師應

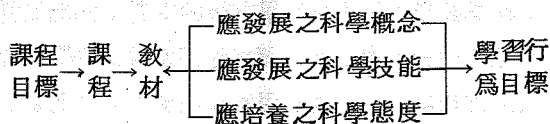


圖2 教材分析與行為目標

先研究教材，找出其應發展的科學概念、科學技能與應培養之科學精神或態度（圖2）。

1 科學概念：所謂科學概念（Scientific concepts）就是：「人類根據觀察與經驗所做對於一群觀念或事實重要特徵的摘要（註3）」。

概念可分為三種類型（註4）各舉例如下：

●分類型概念：

例1 物質佔有空間並且有質量。

例2 凡昆蟲體分頭胸腹三部，具有三對腿二對翅並具觸角與複眼。

●關係型概念：

例1 物質可藉加入或減去能量而改變。

例2 動物的肝臟可貯存醣類以維持血醣濃度之恒定。

●理論型概念：

例1 所有物質均由基本粒子的單位所組成。

例2 成對之基因在遺傳時各自獨立，但形成配子時則可互相自由配合。

各單元教材均含有（對學生來說是）新的概念。各科教材也都有其特定的概念發展體系。教師要設計適當的教學活動，以幫助學生發展這些概念。

2 科學技能：所謂科學技能（Scientific process skills）就是「科學家為解決科學問題的過程中，所需要各項技術與方法」。美國AAAS

(美國科學促進學會) 所發展的 SAPA 課程 (註 5) 特別著重科學技能的訓練。據 SAPA 課程所歸納, 科學的探討過程中所需要的技能有十三種:

● 基本技能:

(1) 觀察 (2) 測量 (3) 數值運用 (4) 分類 (5) 時空關係運用 (6) 表達溝通 (7) 推理 (8) 預測

● 統整技能:

(9) 解釋數據 (10) 控制變因 (11) 操作定義 (12) 建立模型 (13) 形成假說

自然科學各科教材單元 (包括實驗教材) 都應可藉以培養或發展這些科學技能。

3 科學態度: 所謂科學態度 (Scientific attitudes) 不只是探討科學過程中所需, 也是現代社會生活中人人所必備之素養。這種屬於「情意領域 (The affective domain, 註 6)」的教學目標也是科學教學的重點。美國生物課程研究會 BSCS 認為科學教學中應培養的科學態度可分為如下十二項 (註 7)。

科學的態度	可觀察的行為表現 (範例)
1. 好奇心	(1) 表示他希望獲得更多的知識或資料。 (2) 對於自然現象渴望解釋。
2. 虛心	(1) 對於「數據」或「別人的意見、批評」表示虛心接受。 (2) 表示他承認現有的知識多不完全。
3. 尊重現實	(1) 表示他了解「變化確實是毫無例外的法則」。 (2) 表示他已察覺「人類科學能夠影響環境」。 (3) 絕不更改實驗所得之數據。
4. 進取	(1) 接受任何可能的「批評」或「失敗」 (2) 無論有沒有權威人士在席, 他都敢表示他自己的意見、感覺或批評。
5. 客觀	(1) 表示他寧願要「有證據所支持的敘述」而不要「沒有證據所支持的意見」。
6. 精明	(1) 表現他喜歡連貫而有條理的敘述。 (2) 表現他了解「任何問題均需多方面的考驗」。
7. 信心	(1) 表現對於探討成功具有信心。 (2) 表現他願意接受直覺的判斷。
8. 耐心	(1) 對於問題的探討, 表現其「不得解決, 不罷休」的行為。
9. 知足	(1) 對於探討的過程表示滿意。 (2) 表示他確信現在的經驗, 對於他的研究前途有用。
10. 尊重學理結構	(1) 表現他確認「模型」、「學說」及「概念」對於「新知識之構成」的重要性。 (2) 表現他了解, 以「現已被接受的學說、概念」來做為「產生新知識的基礎」的重要性。
11. 責任感	(1) 表現他願意做 (指定工作以外) 更多的工作。 (2) 為改進研究過程, 積極提供意見。 (3) 表現他願意同別人分享「知識」。
12. 合作精神	(1) 同別人共同工作, 願意接受別人的意見。 (2) 為了解別人的意見或主張, 主動而積極尋找資料。

科學教育的最終目標是為培養具有科學素養 (Scientific literacy) 的未來公民。凡具有科學素養者: (1) 了解科學知識的本質, (2) 能以科學態度面對問題, (3) 能確實應用適當的科學概念於所處環境中, (4) 能運用科學技能以解決問題 (註 8)。教材分析的目的, 就是要找出單元教材

中所應發展的這些科學素養。

二、概念發展與行為目標

科學概念的發展是連續的、有系統的發展，從小學、中學直到大學，學生根據已學過的概念，累積發展新的概念。教師要設法建立適當的學習環境（包括教材及各種教學資料與媒體），幫助學生「發現」並發展其新的科學概念。教師可根據教材分析結果，敘寫具體的教學目標。

1 建立概念發展順序：首先要確定起點行為（Pre-entry behavior），這是本單元之學習，學生所必具備之有關背景知識（Background information）與技能（Skills）。其次，再確定終點行為（Terminal behavior），即學習本單元之後，學生應表現之新行為，包括知識、科學概念、技能及態度。然後，根據學生素質與客觀教學環境，擬定概念發展的順序。

如以「生物族群」單元為例：

概念 1：生物個體群佔居特定空間而組成族群。

概念 2：族群密度（D）就是在特定時間內單位空間中的個體數。

即 $D = N (\text{個數}) / S (\text{空間})$

概念 3：族群密度之變化率（R）為單位時間內密度的變化率。

即 $R = \frac{\Delta D (\text{族群差數})}{\Delta T (\text{時間差數})}$

概念 4：影響族群變化的因素有：出生率、死亡率、遷入率與遷出率。

概念 5：出生率或遷入率之提高，使族群生長；死亡率與遷出率之提高，使族群衰退。

概念 6：環境影響這四因素，使族群保持適當的密度，維持「動態的穩定狀態」。

當然，族群平衡的概念不一定按此順序發展，也許可引進其他有關概念，或更動其順序，完全要由老師來酌辦。概念發展順序可表示如（圖 3）。

2 概念發展與行為目標：每一個概念之發展

(概念 1)

(概念 2)

(概念 3)

⋮

行為目標(1) … (概念 1)

行為目標(2) … (概念 2)

行為目標(3) … (概念 3)

⋮

行為目標(1) … (概念 1)

行為目標(2) … (概念 2)

行為目標(3) … (概念 3)

學習活動

學習活動

⋮

圖 3 建立概念發展順序

圖 4 行為目標與概念發展

圖 5 概念發展與學習活動

，都可設一行為目標以具體敘明其發展或了解的程度或範圍，如（圖 4）。這時必須注意，凡概念之發展均須經由學生具體的學習經驗。在科學教學中，這些經驗通常都可歸納入上述科學技能十三項之中。所以學生在概念發展的歷程中，都應能附帶發展某項科學技能。凡科學教學中的行為目標，都應同時敘明學生「獲得此項概念時所經之途徑或學習情境」。

例如，關於族群單元「概念 5」的行為目標：

(1)應能列舉使族群生長（或衰退）的兩項因素。

(2)應能舉例說明影響族群生長（或衰退）的兩項因素。

(3)應能討論所給有關族群變化的數據資料，說明影響族群變化諸因素。

上列三個行為目標分別敘述不同的學習途徑與成就。第一個行為目標，僅要求學生記憶這四個因素的名稱與作用；第二個行為目標，要求學生了解這四個因素的意義；第三個行為目標，則所敘述甚多：(1)教師或教材對應提供「有關族群變化的數據資料」，(2)學生要參與此項資料的分析討論活動，(3)此項概念要經由「數據解釋」的過程而獲得。顯然，上面第三個行為目標才是「概念 5」最恰當的行為目標。

總之，行為目標不僅表達具體的學習效果，還可述及學習活動模式（如圖 5）。

三、學習活動模式

學習過程就是「行為組織的歷程（Process of behavioral organization）」。教師以學生起點行為為基礎，幫助學生經歷適當的學習經驗，以組織終點行為。換言之，教師要設法安排各種適當的學習環境，選擇適當的學習活動模式，使學生達成行為目標所敘明之學習效果（圖 6）。

1. 講解式的教學模式：有些教材，或在某種

教育環境中，教師也許要用「講解」的方式（圖 7）。儘管教師運用各種視聽器材，以幫助其講解，如果學生只在「靜聽」的地位，那完全是「教師中心」的教學，學生很難參與積極的學習活動，經由直接經驗來學習。這種教學模式下學生很難學到科學技能，更不易培養理想的科學態度。

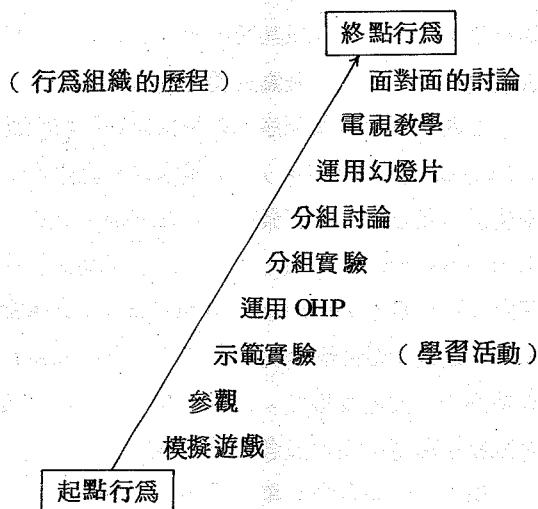


圖 6 根據行為目標選用適當的學習活動與媒體

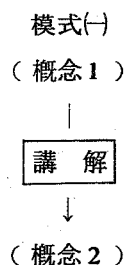


圖 7 講解型模式

2 概念先行與問題解決的教學模式：在自然科學的教學，沒有人否認實驗的重要性。如圖 8（圖中 表示教師活動， 表示學生活動）可有模式(-)與(=)兩種不同的實驗活動學習模式。在模式(-)，教師以「概念 1」為基礎，

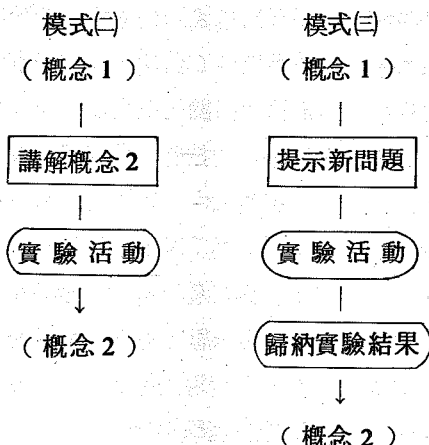


圖 8 「概念先行」型與「問題解決」模式

繼續講解「概念 2」，隨後讓學生分組實驗，以驗證「概念 2」，以加深其認識或記憶。這是所謂「概念先行型」的教學模式，學生雖有操作，但其心智活動 (mental activity) 還是不多。

另一個模式，模式(三)，教師根據學生已學過之「概念 1」，提示新的問題，同時提示其解決問題的線索或方法，以及所需各項操作的器材等，讓學生分組操作實驗，分析並歸納實驗結果，藉以導出新的概念 2。這就是所謂「問題解決 (Problem solving)」的學習模式。學生在教師所做提示的「挑戰 (Challenge)」與「線索 (Hint)」下，自行尋找解決問題的途徑，以解決問題發現新的概念。這種學習活動中，學生的心智活動較多，除由直接經驗獲得新知之外，還具體參與中學習探討科學問題的方法。這就是所謂的「發現式學習 (Discovery learning)」。

3. 探討式教學模式：最近中學階段的科學教育，都在提倡「探討式學習 (Inquiry learning)」。「發現」與「探討」有所區別。發現式學習是「一種特殊設計的學習活動，使學生在適當的學習情境中，運用其心智 (mental power)，以發現新的概念或原理」。而探討式學習，則建立在發現式學習之上，要求學生「像科學家一樣

，用科學方法以探討問題」(註 9)。

根據皮亞傑 (J. Piaget) 的理論，中學生的認知發展都應進入「形式操作期」，他們應具有「假說演繹」「反省思考」「控制變因」「命題操作」「抽象思考」「組合邏輯」等形式操作的能力(註 10)，也都具備操作 SAPA 課程所分類全部十三項科學技能的認知結構。圖 9 表示三種探討式學習模式的例子。除教師所做「提示」以外，其他都是學生活動中心的學習模式，教師隨時從旁輔導，以發問的方式提示學生思索的方向。

4. “乾”實驗：無論發現或探討式學習，都著重學生求知能力的訓練，如圖 10 模式(七)，教師提示問題之後，學生要收集資料，分組實驗，整理實驗結果，解釋數據以獲得新的概念。這種完整的探討活動所用時間甚長，如果每一個單元都用這種模式「模仿科學家探討科學的方法學習科學」，在有限的就學期間內，實在學不到多少重

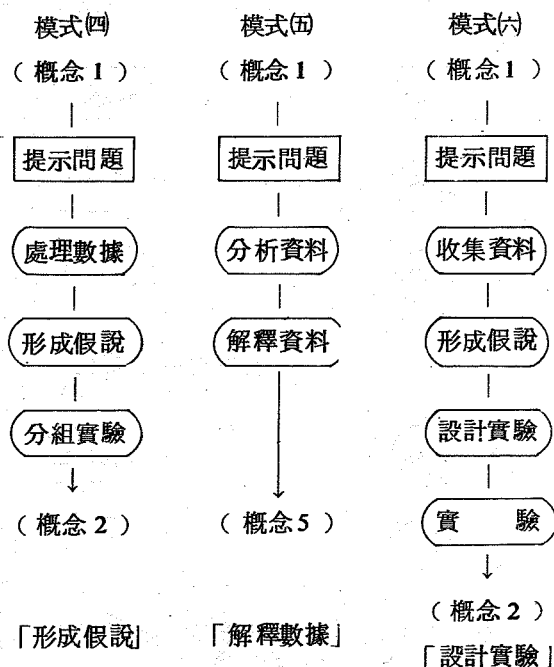


圖 9 探討式學習模式三例

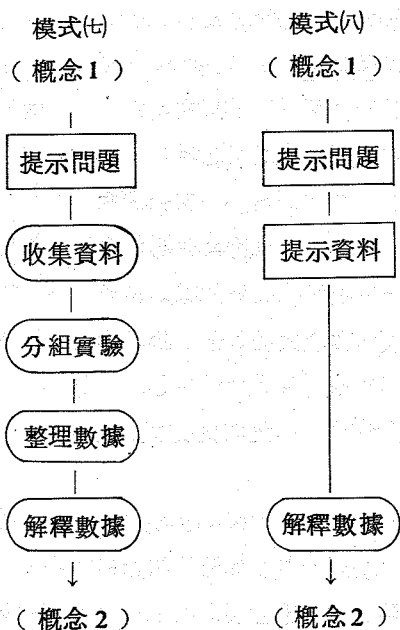


圖 10 「解釋數據」的教學模式，模式(A)為「乾」實驗

要的科學概念。如果用模式(A)的方式，由教師（或由課本教材）提供資料（例如某位科學家所做之實驗資料），讓學生討論這項實驗資料，不單可發展其「解釋數據」的技能，照樣可由此發展新的概念。在此學習模式中，學生並不作實驗，只討論數據，所以稱之為「乾」實驗（Dry laboratory）。如果教師在乾實驗中，運用小步推進的方式連續發問以提示思考方向，引導至新的概念，就成為所謂的「引導式探討（Guided inquiry）」，更能縮短學習時間。

四、行為目標與分段評量

無論採用何種數學模式，最後都要根據行為目標來評量學生的學習成就。但在單元學習過程中，教師却要隨時注意學生行為組織，或概念發

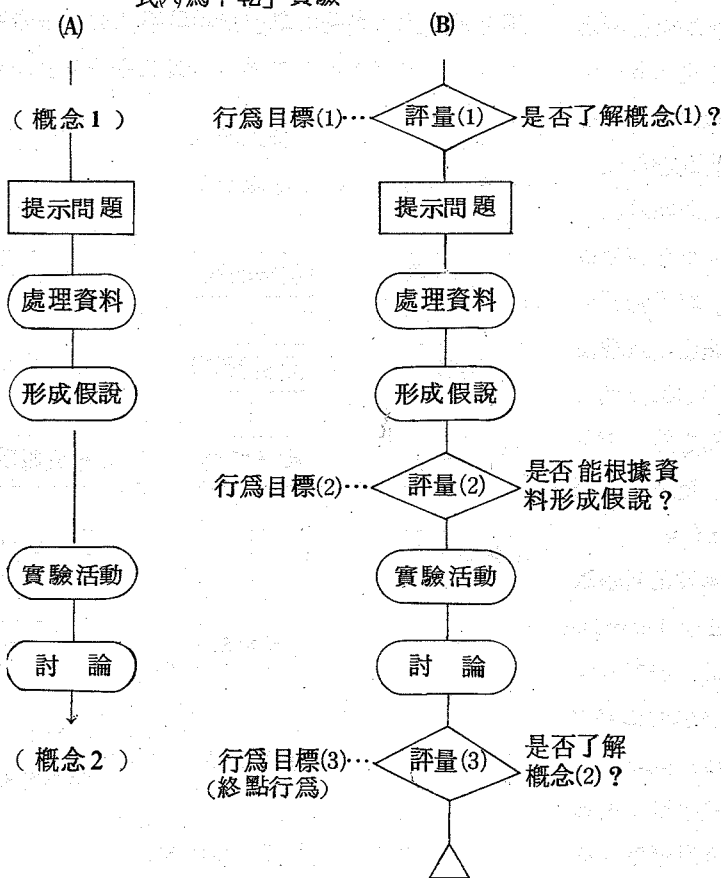


圖 11 行為目標與分段評量

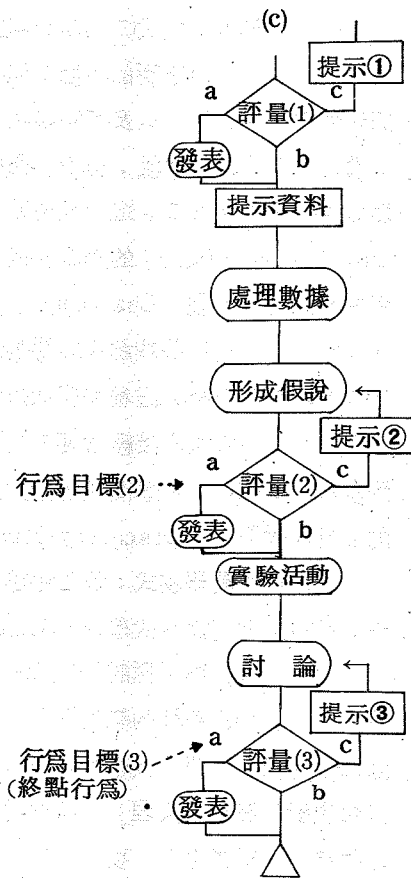


圖 12 分段評量與輔導

展的情形。因此在學習過程中，仍需分段評量，其依據仍然是行為目標。

如圖 11 (A) 培養「形成假說」能力的探討式學習模式，教師要根據「概念 1」提示問題之後，讓學生處理並分析資料，根據其結果形成假說，再以實驗驗證所形成之假說，最後由此獲得新的概念 2。在此過程，教師首先要知道學生是否已了解「概念 1」，所以需要有個行為目標(1)來做評量(1)的依據，如圖 11 (B)。因為當學生了解「概念 1」之後，也就是達成行為目標(1)之後，才能了解教師所提示的新問題，以進入下面的學習活動。其次，還需要另一行為目標(2)，以為評量(2)的依據，即評量「學生是否都能根據資料建立假說」。當學生都能形成假說之後，才可進入下一步「實驗與討論」的活動。此後，又需要行為目標(3)以為評量(3)的依據，即評量「學生是否都能根據實驗結果，討論原先所做假說，而得到新的概念 2」。

五、分段評量與輔導

學習過程中的分段評量，是為了解學習情形，診斷學習困難，據以適當輔導。在班級教學，無論是否「能力分班」，在同一學習環境中，仍會有個別差異。教師應能預測班內學生可能的不同反應。

分段評量時，可將學生反應歸納為三群：反應完全符合行為目標者歸入「a」群；反應大致可以者歸入「b」群，反應較差需要進一步輔導者歸入「c」群。對此三群不同反應學生，教師要根據行為目標，分別預做安排，使 a 群學生充分發揮；為 b 群學生提供自我修正或補充的資料或機會；預測 c 群學生可能的學習困難，提供適當而有效的補救或協助的資料。

如圖 12 的模式中「評量(2)」的部份，「能形成假說，也能說明其思考理由者」歸入 a 群；

「能形成假說，但不會說明其思考依據者」歸入 b 群；「不知如何形成假說者」歸入 c 群。對於 c 群學生應預設適當的「提示」，使重新閱讀或檢查資料，設法使他們能夠再度試行形成假說，以加入 b 群甚至 a 群繼續學習活動；對於 a 群學生當可安排其發表機會；b 群學生則可使他加入 a 群學生的討論，使他能加強信心，或修改意見。

同圖「評量(3)」的評量與輔導亦可依類似的處理。

在發現或探討式學習，都著重學生自主的參與活動，教師應設法使每一位學生都有機會積極參與實質的學習活動，使學生都能建立其「自我概念 (Self-concept)」。凡具有自我概念的人，其心理穩定，能處在新環境，敢參與，敢探討，能愛惜自己，也能愛護別的人，能忍受挫折，也有創造性。自我概念的培養對於學生個人前途頗具重要性。

六、行為目標與學習活動設計之評鑑

正如前述，學習活動設計的依據是行為目標。一切學習環境的安排，學習活動模式之選擇，學習成就之評量，都以行為目標為依據。

單元學習活動之歷程可用流程圖來表示（如附錄），圖中分別明示教師與學生活動的流程，分段評量與輔導，各分段的學習活動模式，均可一目了然，便以了解整個學習活動的計畫內容，也方便學習模式之研究。

這種學習活動設計的寫法，因詳列分段評量與輔導方式，可做為 CAI (Computer-assisted instruction, 電腦輔助教學) 軟體發展的參考。但，這種教學活動設計（教案）並無任何「標準化」的意義，各校各班的教學活動模式，可有其獨特的模式。

下面繼續討論學習活動設計之評鑑。

1 學習活動部份：科學教師首要任務應為建

立適當而有效的學習環境，其評鑑要項有：

(1)所安排之學習環境是否能激起學生積極的學習意願或動機？

(2)探討主題之提示，是否能指出具體的討論目標？

(3)所選用之學習模式，是否適合學生的能力、興趣與需要？

(4)概念發展順序是否符合邏輯發展？適合學習？

(5)所選用之教學媒體，是否能幫助學生學習，藉以發展其創造性？

(6)教師是否準備經常發問以啓發思想？發問內容是否有啓發性？(註 11)

(7)教師發問是否能明示學生探討的方向？

(8)學生是否有充分而具體的參與機會(包括實驗、討論、記錄、發表、操作等)？

(9)教師是否尊重學生自由而自主的探討活動？是否以多鼓勵、多提示、多啓發的方式輔導學生？

(10)學生分組、器材分配，以及活動空間，是否能配合上述各項要求？

2 分段評量部份：

(1)是否根據行為目標適當預設分段評量，以診斷學習困難？分段是否太大？太小？

(2)有沒有忽略重要操作技能的評量？

(3)有沒有忽略情意目標(科學態度)的評量？

(4)各分段評量之預設，是否都能預測到學生不同的反應與學習困難？

(5)對於不同的反應，或可能發生的學習困難，是否都有適當的處理方式？

(6)是否預設適當的「提示」或其他具體的輔導方式，以發展學生探討科學的創造性？

行為目標不僅是教材選擇、教學活動設計及學習成就評量的具體依據，也可為研究教學、改

進教學的工具。本文所介紹各種學習活動模式，僅僅是些例子，請科學教師參考適當配合運用。筆者熱望教師都能充分發揮創造性，設計多種適合自己學校環境與學生的學習活動模式。 □

參考資料

註 1：Mauritz Johnson, JR., *Definitions and Models in Curriculum Theory, Educational Theory*; Vol 17, No. 2, 1967.

註 2：Halliwell, H. F., *Royal Institute of Chemistry Review*, 1968.

註 3：Pella M. O., *Concept Learning in Science, The Science Teacher*, 33 (9) P. 31-34, 1963.

註 4：楊冠政，科學課程設計要素之一：科學概念，師大科學教育月刊第 4 期，P. 36-38，民國 65 年。

註 5：SAPA, *Science : A Process Approach*.

註 6：Krathwohl et al., *Taxonomy of Educational Objectives : Handbook II Affective Domain*, David McKay Co., 1964.

註 7：BSCS *Biology Teachers' Handbook 2nd Ed.*, John Willy & Sons, Inc., N. Y., 1970.

註 8：郭鴻銘等，科學素養之涵義，師大科學教育月刊創刊號，P. 9~12，民國 65 年。

註 9：卓播禮，探討式教學及創造能力的發展，師大科教月刊第 16 期，P. 16-20，民國 67 年。

註 10：林清山，科學教育的心理基礎，師大科教月刊創刊號，P. 27-31，民國 65 年。

註 11：楊榮祥，十一月份高中生物教室，探討的本質與發問，師大科教月刊第 13 期，P. 53-57，民國 66 年。

[附錄] 學習活動歷程一例

(生物) 科學習活動設計表			
單元名稱	實驗 3-I 動植物細胞的比較	實施日期	民國 70 年 1 月 日
教材來源	國中生物課本	教學時間	50 分鐘
學生人數	50 人	學生分析	中等智力
教室情況	實驗室、具遮光設備、銀幕、幻燈機	實習教師	王 靜 敏
教材分析	I. 應發展的科學概念： I-1 細胞是生物體的基本構造單位。 I-2 細胞的基本構造可分為三部分：細胞核、細胞質、細胞膜。 I-3 綠色植物細胞與動物細胞最大不同處，在於植物細胞除了基本構造外，還具有葉綠體及細胞壁。 I-4 葉綠體為植物細胞行光合作用的構造。 I-5 細胞壁有維持細胞固定形狀，防止因吸水過多而細胞爆破之功能。 I-6 活的細胞中，可觀察到細胞質流動的情形。原生質流動可將細胞內的物質由一處搬運至另一處。 I-7 利用染色的技術，可將所欲觀察的部分明顯標出，幫助觀察的進行。 II. 應發展的科學技能：II-1 分類 III. 應培養的科學態度：III-1 精明		
起點行為	學生已能(1)列舉生命現象的特點；(2)說明原生質為生物體的基本單位(評量①)		
教學目標	單元目標	具 體 行 為 目 標	
	I. 認知方面： 了解細胞的基本構造與功能	學生經學習後應能： 1. 根據觀察正確繪出動物與植物細胞以比較其基本構造。(圖應包括：細胞膜、細胞質、細胞核、葉綠體、細胞壁、液泡…) (評量②) 2. 說明所觀察細胞各部構造的基本生理意義：(評量③) 2a 指出葉綠體、細胞壁為植物細胞特有的構造。 2b 推知葉綠體為植物行光合作用的構造。 2c 指出細胞壁可固定細胞形狀的作用。 2d 說明原生質流動對細胞的意義。(如：使養分均勻散佈細胞內，運送代謝物…) 3. 正確操作顯微鏡觀察細胞(評量②) 3a 觀察玻璃標本片，能先用低倍鏡找到目標，後再換到高倍觀察。 3b 壓出沒有氣泡(足阻礙觀察)的水埋標本片。 3c 運用甲基藍適當染色顯微標本。	
	II. 技能方面： 正確操作顯微鏡		
	III. 情意方面 A. 精明 B. 合作	III A-1 表現其精明的態度，根據提示及所觀察現象解釋實驗結果。(評量③) III B-1 討論時能提出疑難問題積極參與討論活動。(評量③)	
教學器材	1. 水蘊草數枝(每人約3片嫩葉) 2. 每人兩張載玻片、4張蓋玻片 3. 每人一架顯微鏡 4. 吸管、牙籤、刀片(單面)、衛生紙 5. 甲基藍液 6. 濃食鹽水 7. 幻燈片：各種動植物細胞顯微照片(神經、肌肉、蛙血球)		

教學模式(時間)	教師活動	活動流程	學生活動	評量與輔導
一準備活動 課前準備	◎ 1. 分四人為一組 2. 配好甲基藍液、食鹽水 3. 消毒牙籤 4. 將幻燈片依講解順序排好裝置在幻燈機中 5. 其他的器材也取出放置講桌上			
開始上課 (2')	◎發問 1. 人與水蘊草都是生物，石頭是不是生物？ 2. 構成生物體，且能表現“生命現象”的物質是什麼？ 3. 譬如一座房子是由一塊塊磚建成。原生質也分成許多小單位，做為生物體的基本單位。這個小單位我們稱為什麼？ ◎根據起點行為評量		評量① a. 人與水蘊草都能表現出生命現象。原生質是構成生物體的物質。它的小單位我們稱為細胞。 b. 不能具體說出生命現象。 c. 不能說出原生質為生物體的組成物質。	評量① a. 已具起點行為 b. 提示①：請 a 的同學舉生命現象的實例。 c. 提示②：翻開課本複習前節。
二提示主題 (1')	◎發問 (提示主題) 1. 生物體皆由細胞構成，但如植物與動物的形態與功能互異，它們的細胞，是否完全一樣呢？ 2. 如果動植物細胞不同，是否也有不同的功能？	提示主題		
三展開活動 (25')	◎ 1. 分配實驗器材 2. 示範徒手切片的正確姿勢 3. 提示： a. 可由文字敘述補圖形之不足。 b. 拭掉玻片上多餘的水。	分組實驗	1. 各組領取器材 2. 照課本實驗步驟進行實驗。 3. 將所觀察的動植物細胞繪出。 4. 記錄所看到現象	

四綜合活動

(15')

檢查終點行為

- c. 先用低倍鏡找到目標後，再換高倍鏡。
- d. 以牙籤括口腔表皮時不要太重，以免刮傷口腔。
- e. 口腔細胞要塗散方便觀察。
- f. 加濃食鹽水於水蘊草及口腔表皮細胞數分鐘後觀察有何種現象？
- g. 觀察水蘊草嫩葉。
- ◎根據行為目標 1.3 評量

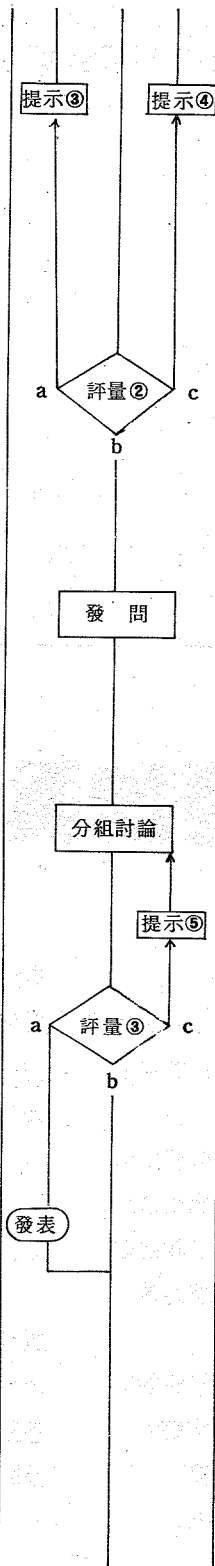
◎板書並以口覆述

1. 動植物細胞的形態構造有何異同處？
2. 特殊的構造是否有特殊功能？
3. 原生質流動對細胞有何意義？

◎

1. 提示：
 - a. 染色的用意？
 - b. 玻片加热的用意？
 - c. 為什麼選水蘊草的嫩葉觀察？
 - d. 加食鹽水的目的？

◎根據行為目標 2·III 評量



評量②

- a. 能正確繪出動植物細胞圖形(目標 1.)，記錄原生質流動，細胞核經甲基藍染成藍色，滴加食鹽水後動物細胞萎縮，植物細胞維持固定形狀。
- b. 能區別動植物細胞外形之差異，能記錄原生質流動，却看不到葉綠體。
- c. 看不出任何差異

評量②

- a. 正確記錄觀察結果
- b. 提示③：參照 a 的記錄重新調節焦距，光圈再觀察。
- c. 提示④：利用書上的圖說明，再照 b 群輔導。

發問

分組討論

各組分別討論

評量③

- a. 能說明植物與動物細胞的異同處。能指出葉綠體行光合作用有關，細胞壁維持細胞固定形狀。原生質流動有運送物質功用，加熱能促進流動，加食鹽水使動物細胞萎縮，植物細胞則否，可能看到細胞膜剝離，染色有助細胞觀察。
- b. 了解所觀察，却不能說明。
- c. 僅能記錄細胞壁及細胞外形之不能說明。

評量③

- a. 積極參與討論，報告清楚，具終點行為。
- b. 參與 a 群同學的討論。
- c. 提示⑤：細胞壁是軟的？硬的？細胞內的養料及廢物要不要流動？

概念整理 (7')	◎配合幻燈片講述： ①第 1,2 張打出典型的動植物細胞模式圖，講概念 I-2、I-3，第 4,5,6,7 為葉肉、神經、肌肉、蛙紅血球、講 I-4、I-5、I-6。 ②解答疑難問題。 ③交待作業：整理實驗報告內容： 1. 題目 2. 目的 3. 實驗材料 4. 結果 5. 討論 6. 設計一簡單實驗以進一步證明： 葉綠體能行光合作用	綜合討論	觀察幻燈片 提出疑問，整理概念 收拾實驗桌、歸還器材、清理地面	
------------------	--	-------------	--	--

尋找真相

勇清

對於研究歷史的學者而言，舊的文獻往往都是珍寶，這不僅指古代的各種典籍而已，即使是當時的發票、當票、賬單等原始資料，對歷史學家而言，也是同樣珍貴的。

可惜這些原始資料，往往因為年代久遠，保存不善，大多數字跡已經磨滅，或是被老鼠或蛀蟲咬破了，使得字跡模糊難辨。為了要了解這些資料的真面目，除了需要其他史料的旁證之外，我們還需要借助於數學的方法。

下面是一個實例：有一張清朝康熙年間的發票，被老鼠咬了幾個洞，只留下一部分字跡：

發奉 白粳壹佰伍拾叁擔每擔價
銀??分，共計銀??兩二錢七
分。

根據這些字跡，無法看出這張發票上所開的每擔米價是多少，不過，我們可以利用數學上的不定方程式來尋找真相：設每擔米價為 x 分，153 擔米共計銀 y 兩二錢七分，則得一個不定方程式如下：

$$153x = 100y + 27$$

這個不定方程式的解是

$$(100t + 59, 153t + 90), \quad t \in \mathbb{Z}$$

根據史書上其他資料的旁證，當時每擔米價在一兩以內，亦即，我們所求的 x 值是小於 100 的正整數，因此， $t = 0$ ， $x = 59$ ， $y = 90$ 。也就是說，當時白米價格是每擔五錢九分，而一百五十三擔白米的價格共計銀九十兩二錢七分。 □