科學教育學刊
1997, 第五卷第二期， 167-189

EJ51-1997-167

STS 教學教師所需之專業準備

陳文典
國立臺灣師範大學　物理系

（投稿日期： 86 年 7 月 2 日，接受日期： 86 年 8 月 26 日）

摘要：做爲一個科學教師，在不同的教學目標、不同的教學策略下，其所面臨的教學情境，自然有其不同的問題。我們由 STS 教學模式的施行中，可以察覺到這種由學生主動的學習活動中，例如探討問題的選擇、解決策略的提出，以及學生在學習的活動過程中涉及所需的資源和設備，這些未必是學校實驗室所能充份提供的，而觸及的各方知識，也未必是教師事先所規劃的內容。這種教學模式和以往由教師對教學內容的事先規劃、整個教程由教師所掌控的講解式教學有很大的不同。

教師在這種教學環境下，如何扮演一個優秀的學習導引者，面臨一些涉及科學性、社會價值觀的議題時，如何帶領學生做出科學的批判，由實際但紛雜的處理問題過程中，如何協助學生歸納統整出科學概念。在這種教育環境下，教師不僅需要扮演爲學習的引導者、諮商者，自己仍要是一個優良的學習者。教師專業能力也因此有待多方的開發和準備。

關鍵詞： STS 教學、教學能力。

壹、前言

教育的宗旨在於「人盡其才」，故以培養人才增進個人能力及促進社會發展爲其目標。而人才乃是能合理有效地解決問題之能手，需具有發現問題的批判能力、處理問題的行動能力、具有創造的思考與主動處事的習慣。而要促進社會發展及個人生活，則需對社會上發生之種種問題有所認識並做出合宜的價值判斷，妥善處理生活上所發生種種問題的能力。

STS（科學、技術與社會）教育改革，乃是揭櫫在科學教育的施行中，以社會及生活上的各種問題爲探討的主題，透過學生自行察覺這些問題，並主動從事探討及解決這些問題。經由這類活動獲得對問題所涉諸變因的影響比重之權衡及問題本身之重要性與價值評估能力、處理問題、設計與操作等各種技術，並由處理問題過程中獲得科學概念的認知。基本上延續早年杜威所提出「生活即教育」的理念，只是，更加強調「教育的生活化」，並附上各種具體執行策略、目標和實例。

STS 教育精神上的提倡，可以說是回歸原先對教育宗旨「人盡其才」的追求之一種運動。在美國，科學教育的此一運動可以說是由原先的自由散漫政策，到七〇年代與蘇聯競爭的新課程（以科學家研究爲模式的科學學習）之後的一種修正。不過，在整個教育理念的基本立論基礎，已呈現更周全、更具說服力：

1. 其教學是配合社會動力演進的；以生活上及社會的關心議題爲素材。
2. 其學習是符合認知心理原理的；以學生自我的問題及自主的行動來進行，由學習活動中建構新知、習得技能。
3. 其功能是具體而實際的；由研習活動中學習到的技術與概念，與整個過程和情境融會在一起，得到深刻的體會並做靈活的運用。

因此整個教學活動若是成功，應是活潑的、有進取性的。不過，在此一理想式的目標提出之後，執行上將遭遇到一些問題；諸如社會資源的引用問題、教學能力的問題、評量的技術問題、以及對學生從事如此模式的學習特性之瞭解等等。由於教學模式的更改，這些問題將在實施時一一出現。

關於 STS 理念的科學教育改革，在目前逐漸有形成國際性共識的趨勢。在美國、英國、澳大利亞、日本等國，均吸引很多研究人力從事此種探討。但實際上將整個課程應用 STS 理念來設計，則在學校教學上則尚未見，但是以「教學模組」解決問題模式的單元設計的形態，出現在各別科目的教學上則已獲大量採行。

STS 教學模式在我國來說，是距離目前的教學實況相當遙遠的一種教學方式，其可行性如何，教學實效如何均屬未知。本文即是由 STS 教學模式的實施中所獲致的資料去分析出教師所需之教學技能要項，以及瞭解學生學習特性和獲得引用社會資源的種種經驗，並對 STS 教學模式之成效作一評估。

貳、文獻評析

始自 1970 年，美國幾所名校如康乃爾 (Cornell) 、賓大 (Penn. State) 、史丹福 (Stanford) 、石溪 (Stony Brook) 提供一種涉及社會性議題及帶有技能運用的科學課程，這類課程，即目前我們所稱的 STS （科學、技術與社會）。也許是對實際生活環境的一種忠實反應，或是受到此一啓發性課程的激發，具有 STS 理念的課程不僅在美國各大學（包括普通學院及研究性大學）普遍地被設立，並且，逐漸地在各級學校中出現。在英國、澳大利亞、日本也紛紛設計出此類課程，並對此課程做學術上的研究。

STS 理念的教育，經過一番的發展之後，儲存到足夠的動能，於 1977 由 Harms 提出一個綜合性的計劃 (Project Synthesis) ，揭櫫出幾個教學目標：

- 使學生能運用科學去改善其生活及適應科技發達的世界。
- 教導學生去談論科學技藝及社會性議題。
- 使學生在 STS 議題中獲得所應精熟的基本智識。
- 使學生能體認在許多行業中，均需要並且有機會運用到 STS 。

此一研究工作於 1981 年提出結果報告後 (Harms & Yager, 1981) 經 NSTA 列爲具創意之科學教育計劃。並陸續於 1982 、 1983 、 1986 年獲此殊榮。

此後， STS 即成爲美國學校科學教育研究的新領域——新的目標、新的課程模式、新的教學策略、新的評量形式。截至 1990 年，美國已有 2000 所學院開設具有 STS 特性的課目，其他許多機關部門的培訓單位也都紛紛設立此類課程，數千高級中學也開設此類課程。這些，可說是科學教育朝科學專業化走向之後的一次反向思考；提倡一種人性化、生活化的體材，探討生活上實用的主題，且以實作的模式來學習的課程設計（王澄霞， 1995 ）。

STS 課程之所以引起如此強烈的回響，主要在於人們對於學校教育的功能做回歸本旨的思考所致，也即是教育是爲了解決個人需要及順應社會需求的目標。 Penick 和 Meinhand-Pellens (1984) 在經過 STS 實驗教學之後，把 STS 教學與一般標準化的教學做一比較（表 1 ），以顯示出此一教學的特性。

表 1 ： STS 與一般標準化教學法之比較

STS 的教學	一般標準化的教學
・以個人生活或當時當地事物，爲人所關切的問題入手來學習	・探討教科書中所陳述的主要概念及問題
・以當時當地資源協助解決問題	・依教科書所陳述之設備及設計，運用實驗室內設備完成之
・學生搜集資訊以解決問題	・學生被動地吸收由教科書及教師提供的資訊
・以學生個人好奇及關切之事物爲學習重點	・以教師所提示要學生學習的內容爲重點
・不會把科學內容當成紙上記載且要學生精熟的材料	・認爲科學是教科書及教師講演的資訊
・不刻意強調過程技能，而是在實作中自然學會	・刻意強調一步步過程技能，但實際解決問題時卻用不出來
・把科學自然地運用於一般行業，不僅限於科學研究、工程、醫學等自然科學	・很少把科學與一般行業關連，常認爲科學是已故科學家累積的貢獻
・當學生從事於解決他們關切的問題時，無形中體認到他們對社會的一個責任	・學生關切教師與教科書所提示的問題與科學內容
・學生能體認到在各種場合中，科學扮演的角色	・學生認爲科學是學校所安排的課程之一部份
・科學是一種經驗，學生受到鼓勵去享用	・科學是一種資訊的實體，學生被期望去認知
・學習著重在「未來可能…」	・學習在於知道「過去知道的…」

這種以「某一議題的解決」的學習模式，其活動領域多樣分歧，其所關注的學習目標也迥異於已往，故一個成功的 STS 教學應如何去評量，也是一個值得探討的問題。 McCormas 和 Yager (1989) 曾依照科學概念、科學過程、創造領域、態度領域及融合與應用等五個向度來對此類學習活動作評量，並對各向度列出評量細則。對於學習成就的評量內容之所以做出如此的變動，自然是對 STS 教學目標的更動有關 (Penick & Yager, 1996) 。 Yager 和 McCormack (1989) 曾對一般標準化教學模式與 STS 教學模式評量重點作一對照比較（表 2 ）。此表適用於自然科學領域，藉此可顯示出 STS 教學目標之特徵。

表 2 ： STS 教學與一般標準化教學間學習成就之比較

STS 的教學	一般標準化的教學
〔科學概念〕	
・學生發現所學科學概念可在生活中應用	・學生學習到科學概念，有助於考試
・概念是討論問題時表達所需要的語彙	・概念的獲得是教學的成果
・由於活動而獲得概念的學習，但非刻意爲了它，而是自然的形成	・科學概念在教學中刻意被講解，且是學習的重點
・概念融納於情境、過程與經驗中	・概念缺乏與生活情境的關連，容易遺忘、誤會或錯植
〔科學過程〕	
・科學過程是學生活動時，自然應用的一種技能	・科學過程是科學家做研發時，所用的技能
・學生認爲這些過程技能是工作時改進及充實時所需的能力	・學生認爲這些過程技能是另一種需要培訓的課程
・過程技能是在學習活動中，由於自然的需要而引用及發現的	・過程技能很少在課堂外被引用，故被認爲抽象、模糊，而不會運用
〔創造領域〕	
・學生問更多問題，這些問題引發進步的學習活動	・學生提出的問題往往配合不上教學內容或受到進度時間的限制，無法獲得充份討論，日久不再提問
・學生經常提出自己感到興趣的問題	・學生很少問到具有激發性的問題，常問到課業相關的疑難問題
・學生學會如何去研判事件可能的成因，以及體會觀測、操作對結果的影響	・在面臨眞實情境時，對成因及各種影響變因的評估，常不知如何處理
・學生有許多主意	・學生很少提原創性主意
〔科學態度〕	
・學生隨著年級的增加，對學習更加感到興趣，對問題的瞭解更加深刻	・學生對科學的興趣逐年下降
・學生對世界更加好奇	・學生對科學的好奇逐年下降
・學生認爲科學教師是能幹的引導者	・學生認爲科學教師是知識的提供者
・學生認爲科學是一種討論問題解決問題的方法	・學生認爲科學是所要學習的有用知識
〔融納與應用〕	
・學生能把學習到的科學和生活事物關連起來	・學生在課堂上學到的，在生活中沒用處或不知道怎麼用
・學生能科學地解決社會性議題	・學到的科學不知如何與社會性議題關連
・學生能搜尋科學資訊且應用它	・學生熟習教師所提供的資訊
・學生能應用時下的科技產物，並透過這些來探討科學	・學生很難把學到的科學和生活上的科技產物相關連

由教學目標（表 1 ）與評量（表 2 ）所提示的準則和內容，可看出 STS 教學模式的一般特性。其次，由理念的導引，教學本質上採取「主題探討」的模式來進行（王澄霞， 1997 ）。在主題探討中，涉及的相關問題形成一叢學習的題目，由解決這些題目的過程中，學習到與此主題相關的科學概念與處理問題的各種技能。發展得比較具體且成熟的有 SS&C 計劃 (The Iowa Scope, Sequence and Coordination Project) 的課程，唯 SS&C 只完成九年級的自然科學課程，且對於整個年級的工作份量也未做整體的估量，而實際上，以 STS 教學模式來說，此種整體工作的份量估計也屬不易。

綜觀整個 STS 教學模式，實際上延續著「生活即教育」的教育精神，以及「由實做中學習」的學習基本方式。由認知心理學上的觀點，可說是一種建構主義的學習模式 (The Constructivist Learning Model)(Yager, 1992) 。

參、研究方法與過程

一、研究的樣本

本研究以台灣師範大學物理系四年級一個班級的學生爲樣本。該樣本修習「教材教法」課，準備結業後分發擔任國中教師，一則樣本受過良好的基礎科學教育，對此教學模式所需的自動自發學習精神與能力應已具有良好的準備。二則結業後充當教師，可將此一 STS 學習模式之經驗轉移應用於教學。三則引發之專題研究主題爲一般生活上的問題，而非科學家專注的物理專題，故不慮與所學的實驗或教材重覆。故推斷其在教學過程所表現之學習行爲和遭遇的問題，應仍能呈現 STS 教學的發生的一般特性，故採用此樣本。

二、研究的方法和目標

本研究採 STS 教學模式依附在「教材教法」課目下。由學生個別地以做專題研究的方式進行之，共四十八位學生提出四十八個主題，每一個主題經同學間相互研討後，再與教師做一對一的面談，將問題確定成具有明確範圍、屬性和目標，以及有構想可執行的方案，然後要求學生落實地去執行。學生在解決問題的過程中，需得尋求許多資料或社會性資源的協助，以及規劃研究工作，解決各種執行上的困難。當某一主題獲得解決時，或將引發一些相關的問題，學生藉著此一系列自發性的動機，由切實的執行過程中獲得學習。並將此研究的過程和結果

寫成「教學模組」。

在學生正式進行研討活動之前，先利用每週二小時，二次的時間來解說如何去從事主題探討的工作，再持續兩週敦促及指導學生提出研究的題目，規劃研究進行流程，其餘實際的探討活動，則由學生自行在課餘找時間來做。教師每週提醒並敦促此一工作的進行，並隨學生的需要提供諮商及協助解決工作進行時遭遇的困境。

學生由自己生活中最感到興趣與好奇的現象，提出研究的問題，並經由從事這些問題的解決過程，獲得整個學習。由觀察、記錄這些學生的學習活動過程所發生的事件，分析教師在運用 STS 教學時所可能面臨的各種問題；例如社會資源的如何引用、學生各自進行學習活動時如何進行的導引與督促、學習成果內容的界定及如何評量等。我們期望獲致以下的資料：「教師運用 STS 教學模式時，所需具備的教學能力」、「學生在 STS 教學下，呈現之學習活動具有何種特性」。亦可由實際執行 STS 教學時所面臨的現實教學生態，體會如何克服教學時間的限制及學生學習心態的慣性，以評估「 STS 教學實施的可行性」（表 3 ）。

三、 STS 模式的教學過程簡述

學生在參與此一研究工作中，先是由教師就各種情境激發學生提出各式各樣的問題，繼而協助及敦促學生進行問題之探討、解決策略之提出及執行策略等後續工作。這些學習活動呈現之實況略述如下：

㈠第一期工作：「問題」的發生與研究主題的提出

挑選「問題」的方式，可以是由學生自己提出主題自行決定的最自由方式，或是由教師提出及由教師決定的最強制方式，這兩者之間自由的程度，可有數種不同的等級（表 4 ）。不過，依據 STS 理念，既然期望學生能以自主自發的心態來進行學習活動，則研究主題能由學生提出及決定更佳，且由此多樣的題目更能呈現出各樣的問題來，故本研究採取最自由的方式，由學生提出問題。

爲了使「問題」的產生順利，採取的導引方式是：⑴先做兩次「如何去發現問題」的提示性教學活動，內容以創造性思考模式去對週遭環境、被認爲天經地義的答案等，提出批判性的考驗，或由不同角度、不同尺度去思考這些已被肯定的答案，藉此練習，來培養對問題的察覺能力。⑵學生提出問題，教師導引並修飾問題，使其成爲一個具實質的、可探討的科學問題。唯，不對所提的「問題」

表 3 ： STS 研究工作的目標

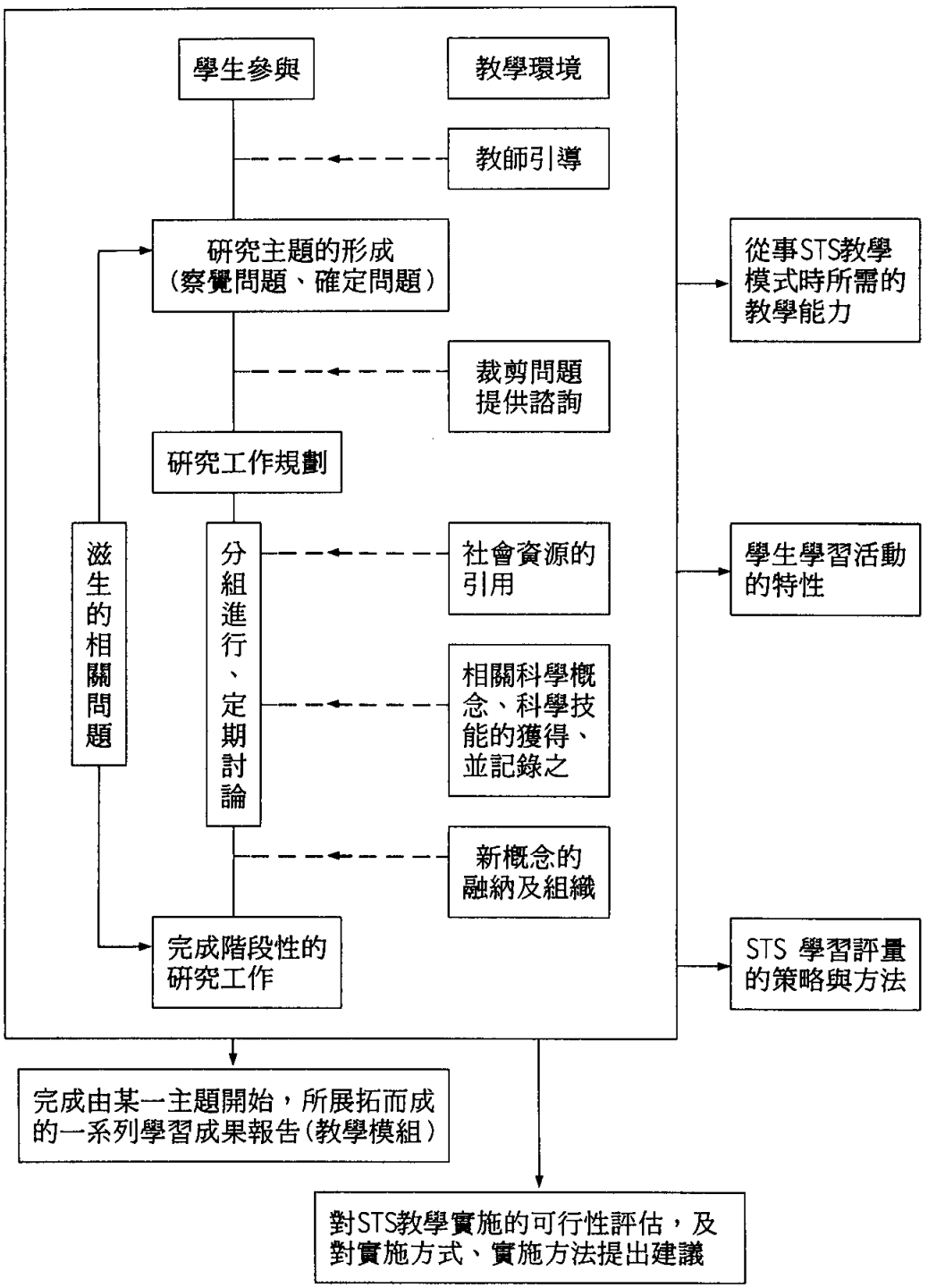


表 4 ：研究主題的產生方式

產生方式	學生提出 學生決定	學生提出，教師引導及修飾規範	教師提出數則，學生從中選擇。	教師提出並決決定
優缺：	自主性高，但內容容可能太分歧。	由自由自主到統一規劃之間，作不同程度之調適。		內容容易規劃，學生可能被動。

之性質的範圍加以規範。

對於一個人如何由泛泛的現象、平常的事務中，察覺出不協調、矛盾或可再開發改進的地方，或跳躍式的想出新的主意，這就是「察覺問題」，也就是學習和進步的啓動點。我們在經過兩次創造性的思考的研習討論之後，學生也都能提出一些與生活切身有關的研究議題（表 5 ）。

我們要求學生先提出一個自己最關心的「議題」，然後爲了把此議題弄清楚，就會涉及一些相關的問題有待澄清。例如 3 號學生提出的議題是「蚊子」，就此題目他提出「蚊子喜歡的環境是什麼？」、「蚊子的種類有哪些？」、「蚊子傳播的疾病有哪些？」、「殺蟲劑、蚊香等對人體有害嗎？」、「蚊子最喜歡叮誰？」，他自己挑了「蚊子最喜歡叮誰？」的題目來研究，因爲其他的問題做起來可能更麻煩。例如 9 號學生提出的議題是「水」，她提出的相關問題有「水是怎麼來的？」、「水的成份和組成是什麼？」、「爲何生物都需要水？」、「水可以發電，那麼是如何靠水來發電的呢？」，這些問題發自於一個大四物理系的學生，眞是令人感到驚異，懷疑她所學過的東西都到哪裡去了？經過進一步的引導談話，她捨去了前面的各個問題，提出「水是怎麼分成酸鹼性的？」，這也是一個不通的問題，她在校的成績約在中等程度，可是，在思考問題時，表現的卻遠不及任何一個學生。爲了維持只站在「引導」的立場，我並沒有給她題目，她最後決定以「水的研究」定題目，而以模仿國中理化實驗「水的電解」來結案。 32 號學生提出的議題是「空氣」，相關的問題「空氣的密度是多少？」、「爲什麼氣球可以往上飛？」、「爲什麼空氣在高處比較稀薄？」、「爲什麼煙囪的黑煙排出後會慢慢消失？」，他提的問題也幾乎是國小學生程度的問題，經過引導之後，他決定去做好「測量空氣密度」一件事。

表 5 ：學生提出的研究問題一覽表

學生	研　究　題　目	學生	研　究　題　目
1 號	「怎樣才能夠把聲音隔絕掉？」	24號	怎麼照相才會清晰？
2 號	「肥皂泡知多少」	25號	爲什麼我常見的容器大都是圓形的？
3 號	「蚊子最喜歡叮誰？」	26號	「杯子的大小、材質什麼最合宜？」
4 號	泡麵是如何製作的？	27號	「冰的融化與水的凝固現象探討」
5 號	whirly bird是怎麼轉的？	28號	「夢和眞實世界有關嗎？」
6 號	什麼是ABS？其工作原理是什麼？	29號	「鋼珠碰撞知多少」
7 號	大小汽球相通之後，會怎樣？	30號	受精的雞蛋是如何孵化成小雞的？
8 號	「水的研究」	31號	「空氣的密度怎麼測？」
9 號	玻璃是怎麼做的？	32號	「燈泡」
10號	「錄音帶怎麼儲存聲音的？」	33號	「電動刮鬍刀」運作原理是什麼？
11號	橡皮擦如何把鉛筆字擦去？	34號	海水的顏色
12號	芋圓好吃，「好吃」是怎麼形成的？	35號	人生定位的問題
13號	爲什麼可以遙控？	36號	「鉛筆怎麼做的？」
14號	「刀的形狀和它的功能關係？」	37號	「什麼是軟水、硬水？」
15號	顏色變化知多少？	38號	「筆的墨汁如何才能均勻漏出？」
16號	花色的秘密	39號	「水舞」的形成原因探討
17號	「眼鏡怎麼做的？」	40號	螞蟻知多少？
18號	汽水的二氧化碳是怎麼壓入瓶內的？	41號	「紙的製造」
19號	什麼桌椅使用起來最舒服？	42號	學生爲什麼會打瞌睡？
20號	爲何濕襪子不易脫下？	43號	「玻璃的顏色」
21號	「椅子怎麼做最舒服？」	44號	「木材的功用知多少？」
22號	「探討泡沫的產生」	45號	何以有人亂丟垃圾？
23號	膠水是如何黏合紙張的？	46號	「健康牙刷有什麼特別？」

在第一階段「研究主題」的提出（表 5 所列）之後，由學生提出這些研究問題的經過，我們獲得一些經驗：

1. 要提出想要研究的問題，並非一蹴可及。很多學生思考再三，就是發現不出可研究的「問題」。不過因爲它是一項作業，非繳不可，所以最後也都能完成任務了。對於有些學生而言，提出研究的「問題」，對他而言是一種具「突破性」的經驗。
2. 所提出的議題中，有些是屬於「非科學性」的，例如 36 號提出「人生的定位？」。大半所提出的問題，例如 33 號「燈泡」、35 號「海水的顏色」，得經過進一步的釐清其所要探討的眞正內涵，才能當成一個「明確的題目」。這表示許多學生對「科學」這種依據事實爲論證的本質認識並不很清楚。
3. 學生所關心的題目，有的源自正在學習的或曾學習過的科學題目，或是這些題目的延伸。有的源自生活中食、衣、住、行發生的事務。絕大部份的題目都是切身有關的，但題目的規模都很小。
4. 有很多問題提出來，充份表現出其所學的知識在應用到生活上時，是如何的隔閡不通。例如 7 號學生提出大小汽球相通之後會怎樣的問題，其實只要在空氣的壓力與汽球的張力之間的平衡上稍加思考即可瞭解，可是這位學生卻把它當成一個「奇蹟」來看！類似 9 號提「水」及 32 號提「空氣」議題及所提的一系列問題，粗淺而天眞，顯示學生在應用書本上所學習的學理來解釋日常發生的現象是相當生澀的。

㈡第二期工作：確定問題，提出研究計劃

爲了提出一個確實可行的工作計劃，所提出的研究計劃要有明確的目標，決定好可操作的變因及可量化的觀測量、預期所要引用的資源、規劃研究工作的執行流程等。以 1 號學生爲例，他第一次提到「怎樣才能把聲音隔絕掉」，主要是因爲他所租的房子靠近十字路口的路邊，每天夜裡被啓動的車聲所擾，但他又不能把窗戶都封起來，所以研究的重點在於如何「吸收聲音」。經過研商之後他提出第二期的研究計劃，主題爲「不同材質，對聲音吸收效能之探討」，他的計劃書中列有辦法、步驟等，他構想利用錄音機與麥克風、示波器，探討隔音器材對聲音吸收效果，繪下儀器裝置圖、規劃欲測的器材爲窗簾、地毯、水泥牆，並訂定操作步驟。這已是一個純粹的物理問題，故容易明確界定。

以 46 號學生「何以有人亂丟垃圾？」爲題，經過幾次討論之後，她決定以她家附近的雁鴨公園當觀察點，觀察公園內亂丟的垃圾是些什麼？隨機觀察丟的人是些什麼樣的人？因爲她常去那個地方，只需多觀察和記錄即可完成此工作。

經過討論之後，每個學生均提出一項目標明確、有特定觀測量及執行步驟的研究計劃。

由學生們所提出的工作計劃中，發現所涉及需要的儀器，如錄音機、測光計、溫度計、濕度計、電扇、連通管、高溫爐、照相機、放大鏡、馬達、測微器等均可自一般實驗室中借用。所涉及要諮詢的機關，如圖書館、消基會、環保署、汽車修護廠、玻璃工廠、造紙博物館、電子零售店等也均在台北地區都已具有。整個工作的進行，台北環境所提供的資源應是足夠的。

唯所提計劃均未明列工作進程的時間表，主要的理由是此一專題研究的工作，只能找出課餘的時間來做，而這種時間，只有寒假以及春假之後一個月較有可能撥出整段的時間來，其他的時間無法明確掌握運用。

本來期望能經由某一問題的研究之後，引發出一些相關的問題，然後進行做下一輪的研究，這樣週而復始地進行下去。結果因爲時間不足，只有兩位學生做了二輪的題目。

㈢進行的結果

爲了瞭解每個學生在進行專題研究時所面臨的種種困難和處理的過程，除了經由經常性的晤談去瞭解之外，我們也設計了一個「實作情況調查問卷」。經由平常晤談、期末總報告及問卷的回答這些資料去分析，我們發現在此一研究工作的過程中，學生稟持的工作態度，有些是積極投入，有些則持消極的應付（表 6 ）。

依據其所交的總報告及由工作進行中與學生交談所得的評量，評估停留在「提出研究方案」階段而未去執行的，在 45 位之中就佔了 22 位，另 14 位則在做一些初步的執行實作之後，即因遭遇困難無法（或不想）去克服而放棄（表 7 ），此一結果和表面上所呈現的認眞參與的景觀大大不同！

另由「實作情況調查問卷」學生所記述的工作心得中，獲悉學生對此工作的感受，其中主動提及自己沒有實作力行習慣的有 15 位，主動提及自己不夠積極投入的有 18 位。另一方面，經過此一研究工作之後，感受到此一工作可培養學生主動求知態度的有 10 位，可以促進實作執行能力的有 9 位。有 17 位學生主動

表 6 ：學生在進行此工作時，所持的態度

態　　度	人　　數
⑤感覺很有意思，一直都在想，且儘量地去完成它。	○○○○
④感覺很有意思，一直都在想。	○○○○○/○○○○○/○○○○
③感覺是有意義的嘗試，曾認眞思考過一陣子。	○○○○○/○○○
②一項作業，儘量完成。	○○○○○/○○○○○/○○○○
①一項作業，應付即可。	○○○○○

表 7 ：學生研究結果評估

進 行 的 結 果	人　　數
⑤對問題做持續的探討，並拓展到相關的領域。	○○
④曾做過一陣子實作的努力，因持續力及時間不足不克完成，但自己尙感滿意。	○○○○○/○○
③曾做過一陣子實作的努力，不久放棄。	○○○○○/○○○○○/○○○○
②提出問題、規劃問題階段興致高，但沒有去實作！	○○○○○/○○○○○/○○
①一直持被動的態度，應付了事。	○○○○○/○○○○○

提及在此一工作中，對於其學習和思考的模式受到很大的衝擊，且獲益良多。

以總共 48 位參與的學生來說，此一結果可謂相當的失敗。不過，這是一個 STS 教學模式在台灣地區、利用課餘的教學環境，每位學生做一個專題研究的教學結果。

處於應付作業心態之下，從事 STS 學習活動是不可能做出什麼成果的。有兩個個案可以顯示出 STS 教學成功的特質（表 7 第⑤項下兩人）：

1 號學生於第一期提出「怎樣才能聲音隔絕掉」後，經過研討之後改成「不同材質對聲音吸收效能之探討」，並實地以麥克風、錄音機、示波器去做測試，在此過程中，他首先遭遇到度量音量「尺標」的問題，這是一般實驗室中，儀器已被安排妥當的情形所不會發生的事，其次，他發現了很多「噪音」，車聲、撞擊聲、關門聲，都比他的發聲器所發出的聲響更大。他努力了兩個月，交出了第

一份研究報告，發現不管什麼材質，吸音效果都很差，我們討論的結果是：他在房子裡對著窗戶做，結果各面牆壁的回音效果蓋過了一切！這是一個他認爲徹底失敗的實驗，而我認爲很成功的 STS 教學模式下的學習。只是時間太少了，不能進一步一一的去克服那些問題。不過，他已意識到，事前憑想像的情境是被太簡化了，實地情況並非如此，他也感覺到「力行」之下很多問題將接踵發生。他爲了交一份好報告，旋即提出一個新題目「辛德勒名單的衝擊」，這次，他不需要與我研討，就設計出整個研究計劃，他挑這個題目是因爲某社團正安排一系列的影片觀賞，他可趁機做出研究。探討的主題是「人們對種族優劣及生存競爭」的一些基本看法，有看影集之前的問卷、看了之後的問卷以及看後一個月的問卷，由這三份問卷的比較中，看出人們受到辛德勒名單影片的影響情形，因爲社團的人只有 27 人，所以樣本很小。不過，整個研究過程可以看出他對問題的界定、變因的掌握，以及有效的探測問卷之設計，已不再像他在探討聲音吸收問題時的陌生了。

30 號學生在第一期提出「鋼珠碰撞知多少」，主要在探討動量守恆的物理性質，他首先面臨的問題是「鋼珠要到哪裡去買？」，買到了以後第二道難題是「鋼珠要怎麼打洞？」，他做了一個架子來支撐這些鋼珠，卻發現架子搖晃不穩，當他解決了這些問題時，時間已經過了三個月了，而原先的研究還沒開始呢！因爲當架子穩定後，還得使鋼珠排列對準一直線，這對於打洞技術不好的他是一大難題。動量守恆的原理，若是運用物理理論來推論，其碰撞的結果，是很容易得知的，但是，要實地去安置這樣一個小實驗卻用去了三個月！

30 號學生最後並沒有把鋼珠碰撞實驗做出來，因爲學期快結束了，時間來不及了，有一天他跟我提到鋼珠碰撞的聲音怎麼每次高低都一樣呢？於是我引導他去對大小不同的鋼珠做比較，他馬上發現鋼珠大小不同，碰撞發出的聲音高低不同，爲什麼呢？這時候，我引導他想一想數學上的貝謝函數 (Spherical Bessell function) 如何用來解說球面振動的問題，他是一個理論傾向的學生，擅長於數學推論，於是他提出一個「球狀物體振動發音的頻率」問題來，他學期末的報告就是將鋼珠發音頻率和球半徑大小、鋼彈性係數、鋼密度，應用貝謝函數將相關各變因找出來，成爲一篇很好的論文。

運用 STS 教學模式，在解決問題的實作過程中，常發現有很多乍看之下很小的問題，實地做起來卻要大費周章。這是和一般課堂上已安排妥當的教材和儀

器之下的實驗有很大的不同。學生面臨的問題非常眞實，而要克服這些問題需要創意和技能。

肆、研究結果與討論

依據指導四十八位專題研究個案的結果，由教學活動與學生的反應狀況去分析，我們對 STS 教學模式所需之教學能力、評量技術以及對此種教學模式實施之可行性作一評述：

一、教學與學生學習的特性

㈠教學方面的問題：

1. 雖是自主性的學習活動，但整個主題的選擇仍需規劃

由於 STS 教學是以探討某一主題或解決某一問題的方式來展開，且研討的活動也儘量由學生自主自動地來推進。在如此教學的模式下，完全由學生自由選擇題目可能內容會太分歧，如何約制及導引研究的主題在某一範圍，使學生在有限的時間內，仍能獲得課程內所應學習到的科學概念及各項技能，則是一項須妥善規劃的工作。

由於教學活動不再以概念邏輯體系的發展來做安排，而是以幾個主題的探討（教學模組）來組合。如何將生活化的問題帶入現行的概念邏輯體系發展的課程中，或是以某一主題爲核心發展相關連的概念，組合設計成一個大單元的教學模組。此兩種課程安排策略可能較爲實際可行。

2. 探討的活動，宜以小組合作學習的模式來進行爲宜

根據本研究，學生若一個人獨立作業，一旦遭遇到挫折，興趣很容易消失。故此種教學應以小組合作學習的模式來進行較爲適宜。

3. 教學環境的依賴很大

在 STS 教學時，因爲引發出的問題常是生活上的，雖然較爲切實而有趣，但是涉及的情況往往比較複雜。例如談到「玻璃」的探討時，涉及到原料、製作、玻璃特性等問題，不像以概念邏輯發展爲中心的課程，因談折射與反射而談玻璃，因談導熱而談玻璃，每次只談玻璃的某一屬性，問題容易掌控。若是一下子遭遇到如「玻璃的特性」這麼一個問題，同時涉及多個因素，且難易度也不相等。除此以外，社會資源的引用（如玻璃工

廠的參觀）等聯絡安排等事務也很麻煩。在同時有幾個課程在進行的學習情況下，能夠運用來從事此一學習活動的時間委實不多。依本專題研究而言，學生普遍的感覺均是「心有餘而力不足」，這原因不外乎其他課業的學習也需要時間，以及缺乏實作的經驗和習慣，而後一原因又是由國中、高中課業負擔重，又偏重閱讀而缺乏實作因循而成的結果。

此類的研討活動不只學習者需要更專注的投入，有些設備安排或資料搜集更需設法去張羅處理，和以往的學習在已被設定的問題和被安排妥當的設備之下去執行既定的實驗工作是不同的。若缺乏充裕的時間，很難進行下去。

4. 師生互動變化的幅度大，影響也大

由於 STS 教學模式中，學生自主性活動的成份較多，有很多的問題要學生自行處理解決，許多事務學生得要自行安排，這時教師的督促與鼓勵非常重要。依本專題研究而言，雖然教師一再叮嚀囑咐，並劃出許多時段供學生諮商，遇有需要購買零件、搜集資料、安裝設備或解決困難均未曾耽擱，立加支援。但是，仍有一半的學生持著消極應付的心態。這是因爲它不能像一般在課堂上一起操作的情形一樣，一切都在教師的眼底下進行之故。

追究原因，學生們的反應是：教師督促不夠，或遇到困難無法解決。可是實際上教師卻每週催促鼓勵，且沒有耽擱過任何一次求助的支援。可見這類開放式的學習活動，留有很多摸魚打混的空隙，若學生不主動投入，很難督導。

㈡學生學習的特性

1. 對於自己的問題，具有濃厚的研究興趣

一般在教學時，第一件事就是情境中引發出問題或引發學生產生問題，使學生爲解決此問題而發生學習動機。不過，由 STS 教學模式中，學生在提出問題時，其自主性與主動程度遠過於前者，因爲所提的問題是他深感興趣、好奇的，其投注的意願是強烈的。

2. 由提出計劃到動手實作之間有巨大的位差。

學生能很容易的擬出工作計劃，想像事情應該怎麼做，可能怎麼樣。可是當面臨需要實地去張羅儀器、採購器材時，不是喟然撤手，就是淺嘗之後

即行放棄。

此原因經過與學生交談後所得，絕大部份是「缺乏此項經驗和習慣」。因爲以往的學習，問題是教師給的，習題以及考試時問題亦是教師給的，實驗也是設計好的，整個儀器和操作步驟也都給定的。突然之間，爲了解決自己的某一個小問題，要自己策劃，自己去張羅儀器，自己去執行，心中的障礙難以克服。

解決之道，可改用小組的「合作學習」模式，以便於討論與互助，另一方面加強教師的輔導與協助，使學生不至於在遭遇到困難時感到孤立無援。

3. 學生所關心而提出的問題，規模小而切實。

依據 STS 教學模式，若依某一主題的聯想，提出相關的問題來著手去研究，則幾乎都是學生自己切身相關或經常遇到的問題，這些問題規模小而切實。並不如 Merryfield (1991) 所提及研討社會性議題時那麼大規模的主題， Merryfield 將學生所提的議題區分爲環境問題、健康與人口問題、經濟問題、交通與運輸問題、能源問題、食物與饑餓問題、軍事問題，這些標題看起來都是經國濟世的大問題，而實際上，我們的學生提到的是紙張、桌椅、玻璃、自動控制等等的切身小問題。

或許可認爲這是教師引導使然，不過，若要獲得一些實質的學習，而不是類似報章雜誌的剪輯雜湊的集錦似的報告，所研究的問題應具體切實爲宜。

二、由「STS 教學」中，顯示教師所需的教學能力

- 教師對科學的本質需有深切的認識。

當學生提出的問題太籠統或不可能有客觀論據可得時，如何去引導學生把問題的性質做明確的規範，使其成爲可研究的科學問題。這些指導都有賴於教師對科學本質的體認之素養。

例如 2 號同學提出「肥皂泡知多少？」是一個籠統的問題，經過討論之後，提出「如何吹出大的肥皂泡？」、「如何做出不同形式的肥皂泡？」、「肥皂泡的形成和哪些物理性質有關？」。歷經討論後，最終的研究主題是「溶液的表面張力與泡泡形成原因之探討」，有了這樣明確的主題，在策略上則在設計「表面張力的大小」、「泡泡大小」、「泡泡之間的夾

角」等可觀測的量之度量與相關關係的推論上。

- 教師需要有創意和想像力。

當學生面對情境卻不能提出任何「問題」時，如何引導學生以批判或更廣闊尺度去看事情，以察覺問題。當學生面對困境一籌莫展時，如何導引學生退回更基本的原始目標來考慮問題，使可運用的策略更多樣或更具彈性。在面對學生發生困境時，教師的創意和想像是解困所必須的能力。例如 9 號同學一點也想不出任何有趣的、可探討的問題，最後被迫無奈地提出一個模糊的「水質的研究」的問題，經過半小時的引導討論，仍然毫無想像，但最後抄襲式地提出幾則書本上常提及的問題「水的成份、組成是什麼？」、「爲何生物都需要水？」、「水如何發電？」、「水的蒸餾、電解過程及酸鹼性」。最終，則以模仿國民中學理化教科書的實驗「水電解時，氫氧的比例」結案。其創意、想像力極端貧脊，但經過教師不斷的激勵和引導，鼓勵開發其想像力，仍能做出一些成果來。

- 教師要能夠成功地扮演成一個諮商者。

首先要能被認定是一個可諮商者，樂意來與之諮商，因此教師不要扮演成一個批評者，而要是一個顧問。例如面對著 4 號同學提出「泡麵是如何製作的？」這種目的不明、範圍不定的問題，教師也得耐下心來，一步一步的引導，問出他的心中目的，修剪成一個明確的科學性問題。若是教師以爲他是一個大學四年級的學生，提出這麼一個不像樣的問題，訓他一頓，則不只於事無補，而且很容易引起他失去信心而放棄不想。在 STS 教學模式中，教師不要是一個教導者或答案的提供者，而要是一個好軍師，一個可信的協助者。此種教學心態以及教學模式的改變，和傳統的直接傳授方式有很大的不同，不僅教師本人一時難以調適，學生大都也無法如此視之。其結果教師所扮演的角色往往又流於被依賴的或一切困難的解套者。

- 教師要是一個好學且是擅長學習者。

由於要解決一個生活上的實際的問題，要比以概念發展邏輯體系來編輯的課程中，所用來舉例說明原理的問題要複雜多了。例如提出「水的沸騰」這麼一個問題，涉及到大氣壓力、水的蒸氣壓、熱平衡、水質溶液濃度等相關的因素，才能解釋水何以不在 100 ℃下沸騰。可是，在以概念邏輯體系發展的編輯教學中，我們一次只遭遇到一個因素。例如在談到高山地方

煮水，何以水不到 100 ℃就沸騰了，這個問題實際上已單純簡化到只剩下大氣壓力與水的沸點這樣相關性的探討而已。在平地上，則簡化到沸點 100 ℃能不能達到的一個因素而已。故教師在 STS 教學模式之下，所遭遇的問題往往包羅許多變因，需同時考慮，而且各變因的影響程度不等，所需瞭解的科學概念深淺層次也不同，若教師已具有這方面的知識，則如何裁奪取捨整個主題研究的方向和規模已屬不易，更何況大半的情形，對教師而言也是第一次經驗。因此執行 STS 教學，並非是教師已事先做好了一切準備和精通這方面的知識，而是常常和學生一起進行學習及探討的。因此，教師應該是一個好學且是學習的擅長者，才能帶領學生一起努力的研究下去。

- 教師需具有熱誠與活力，且是良好的溝通者。

  STS 教學模式下，學生從事的主題研究工作，常常涉及到社會資源的引用、資料的搜集取得、實驗零件的採購等事務。另一方面，如何與學生共同進行研討、交換心得等這類活動，它遠比以概念邏輯體系發展的課程之教學要多樣複雜，在推動此模式教學時，教師的熱誠與活力是非常必要的。

  例如輔導 34 號同學、 14 號同學到光華商場購買遙控器零件、整流器零件，引導 42 號同學參觀造紙博物館。但是輔導 39 及 37 號同學參觀造筆工廠及 44 號參觀新竹玻璃廠未能成功。有關 17 號「花色的秘密」及 16 號「顏色變化知多少？」兩個主題卻因對化學成份與顏色認知缺乏，也無法由其他化學專長中獲得資料，不能對形成原因的探討做出有效的指導，只能更改題目，做比較膚淺的「環境因素改變與結果觀察」的簡單實驗。在 STS 教學模式下，不僅因爲涉及的相關知識層面廣闊，相應需要協助解決的問題也層出不窮，學生因得失成敗產生的學習意願變化，更是教師所要隨時注意及鼓勵的。

伍、結論

依據我們的 STS 教學實驗，由教師面臨的教學情境、學生學習特性以及學習成效的評量等經驗，我們歸納推論，由於 STS 教學所具有的兩項特質：「以一系列主題的解決方式來展開學習活動」及「以學生自主自動的學習活動來進

行」，教師在領導整個學習時，所需的專業教學能力有下列幾個要項：

1. 能協助學生規劃適當的教學模組；需要對相關教材熟悉，並對科學的本質有深切的認識，能依不同的方式組織教材的能力。

・每一階段的學程，均有預期的教學目標，這只是低標的要求。捨棄依概念邏輯來結構教材，改以系列主題的探討來組織教材，而各主題又均由學生主動自主所提出。這表示教師需有一種能力，「能運用不同的主題去引導學生學習所需的相關教材」，除了組織教材的能力非常靈活之外，引導學生思考與選擇研究的主題，也是很重要的。這樣才能一方面使學生感覺到自主地在解決自己的問題，另一方面也獲得該學程中所預期要達成的教學目標。

・引導學生時，要能激發學生批判思考的能力，對生活化或社會性問題作科學性的探討，提出系列問題，以形成教學模組。

2. 能引導及激勵學生做主動的研討活動；需要本身是熱忱且良好的諮商者，且有創造力和想像力，以正面積極看待事物的態度。

・學生分成小組進行學習，各組題目可能不一樣，涉及的資源引用或設備不一定是學校現有設備所有，所需運用的研討時間也不一定在課堂上，因此如何讓各組學生分頭努力，合作地進行下去，溝通、領導的能力是非常需要的。

・學生在解決問題時，遭遇到的困難，教師要是一個好的諮商者，並協助提出解決的建議。這些困難未必是教師事先所預期的，甚至於對教師而言也是新的問題，因此教師本身不僅需要具有想像和創造能力，在心態上也是一個熱忱的學習者。

・學習的主人是學生，教師一方面是領導者，另一方面又是個協助者，敦促與輔導雙重角色都要扮演，使學習活動如同「師徒見習」模式來進行。

3. 能對學生的學習作統整性的整理，對涉及的科學問題及社會議題作整體觀；教師平日對於生活上的問題、科技上發明的應用物品的科學原理、社會性的議題均能不太隔閡，至少能依據已有的知識作合理、客觀的研判，也就是具有良好的科學素養。此外，他本身要是一位熱衷學習，而且是優良的學習者，且有熱忱、樂觀性格的領導者。

STS 教學模式，乃是以生活上的及社會性的議題爲素材，藉由學生對問題

的察覺後，導引學生進入探討研究的學習活動。不再是以「既有的、組織好的教材，教師一手掌控的教學流程」之教學所可比擬，教師如何在預期達成的教學目標要求下，以及現有的社會資源和學校設備限制下，開創教學模組、設計教程，靈活運用各項資源，敦促及協助學生去完成各類研討工作。如何「控制進度、達成眞正學習」對教師的教學技能而言是一項考驗。

陸、謝辭

本研究承國家科學委員會資助，在研究計劃（編號 NSC-84-2511-003-091）下進行 STS 模式之教學實驗，有關教師專業素養的論點，均由此工作經驗中分析研判所得，特此致謝。

柒、參考文獻

1. 王澄霞（ 1995 ）：STS 活動中之「學」與「教」。《科學教育學刊》，*3* (1)，115-137 。
2. 王澄霞（ 1997 ）：代表性 STS 活動類型分析。《 1996 物理教育學術研討會論文彙編》，物理教育學會。
3. Harms, N. C., & Yager, R. E. (Eds.) (1981). *What research says to the science teacher*, Vol 3. Washington, DC: National Science Teachers Association.
4. McComack, W. F., & Yager, R. E. (1989). *The Iowa Assessment Package for Evaluation in Five Domains of Science Education.* Science Education Center.
5. Merrysielf, M. (1991). Preparing American Secondary Social Studies Teachers to teach with a Global Perspective: A Status Report. *Journal of Teacher Education*, V42. p.11-20.
6. Penick & Meinhard-Pellens (1984). *Focus on excellence: Science/technology/society* (Vol. 1, No.5). Washington, DC: National Science Teachers Association.
7. Penick, J. E., & Yager, R. E. (1993). Student Growth in Creative Skills Through STS Instruction. *Science Education*, *2*(1), 21-27.

8. Penick, J. E., & Yager, R. E. (1996). Goals for Teachers and Learners in the Iowa SS&C Reform. *Iowa-SS&C information packet.*
9. Yager, R. E., & McCormack, A. J. (1989). Assessing teaching/learning successes in multiple domains of science and science education. *Science Education, 73*(1), 45-58.
10. Yager, R. E. (1991). The constructivist learning model: Toward real reform in science education. *The Science Teacher, 58*(6), 52-57.
11. Yager, R. E. (1992). The STS Approach Parallels Constructivist Practices. *Science Education International, 3*(2), 18-20.
12. Zuga, K. F. (1995). The Rejoining of Technology and Science. *Workshop on STS Approach in Science Education*, NTNU. III-5.

Professional Preparation in STS Instruction

Wen-Den Chen

Department of Physics, National Taiwan Normal University

Abstract

Setting out for different teaching goals and approaching the goals by alternative teaching strategies, a science teacher may meet with various of problems. From the perspective of STS instruction in which students are encouraged to play the active role, it is found that the relative equipment and failities needed for choosing topics and proposing strategies and students' activities for learning are not exactly what can be completely provided in the laboratory. Moreover, the relative knowledge needed in the process is very possibly not included in the originally planned content in the teacher's mind.

Under these circumstances, a good teacher should still try to be the guide and assist the students in making scientific judgment when faced with topics concerning science and social concepts, and help them to integrate the complicated materials in the practical process.

This teaching style is quite different from a traditional style in which teachers can be well-prepared in advance and control the whole teaching process. In the STS classroom a good teacher simultaneously plays the role of instructor, consultant, and learner. Our study is to analyze the character of STS teaching process in which the problems that teacher have been faced. In our report, we outline the requirement of professional ability that teacher must be equipment in STS teaching mode.

Key word: STS instruction, Teaching ability.