

指導資優兒童做好科展作品 PBS模式的理論與應用

詹秀玉

臺北市碧湖國小資優班教師

摘要

由於九年一貫課程倡導專題學習，科展已成為全國最熱門的科學競賽活動，科學資優教育關心的不只是最後提出的研究成果，而是關注作品是怎樣創造出來的。PBS教學模式即根據此新教育思潮，依照科學家真實科學探究歷程改良而成，以杜威做中學、真實情境脈絡之問題解決、鷹架理論及建構主義之學說為理論基礎的有效教學模式。本文旨在介紹PBS模式之理論基礎，以及在國小資優班科學專題研究課程之應用、省思與建議。

關鍵詞：資優兒童、科展、專題導向科學學習(PBS)

Guiding Gifted Students to Proceed with Scientific Projects-The Theory and Application of PBS Model

Shiow-Yuh Jan

Taipei Municipal Bihu Elementary School

Abstract

This paper proposed possible ways how to teach the gifted student to proceed with scientific projects by using Project-Based Science (PBS) model. Because the 9-years-sconsistent-course advocates Project-Based Learning, science fair has become the most popular scientific contest in Taiwan. The science gifted education not only lays emphases on the results of science fair, but also underlines the process how students proceed with scientific projects. The PBS (Project-Based Science) model, on the basis of scientists' research processes, was then modified to be a more theoretical effective teaching model, which was integrated with "Really-world problem solving," "Scaffolding Instruction," "Constructivism", and John Dewey's "Learning by doing". In sum, theories involved were introduced in this paper, and the application of PBS model and suggestions were discussed and concluded.

Key Words: gifted student, science fair, Project-Based Science (PBS)

壹、教改變革中的科展

國立臺灣科學教育館，自民國49年起承

辦全國中小學科學展覽會（以下簡稱科展），歷屆作品逐年增加，相關內容日漸豐富，四十三年來培養許多科學研究人才，累

積豐富科學研究成果。迄今每年參加科展的各級學校作品已超過四萬餘件，每年投入科展研究行列之師生多達二十餘萬人，影響所及甚為廣泛（徐國士，民90）。

經過多年的傳承，科展已成為推展中小學科學教育不可或缺的重要工作。雖然近年來有被批評流於形式，大部分的作品超出一般兒童科學能力甚多，甚至被指為抄襲、捉刀（石明卿，民85；黃鴻博，民85；朱惠芳、陳嘉誠，民87），影響了社會對科展的認同與支持。但不可否認的，推動科展的目的是在激發兒童對科學研究的興趣。讓兒童在動腦想、動手做、動口說的探討與研究過程中，學習主動建構科學概念及熟悉使用科學方法，以培養獨立思考與問題解決的創新能力。故科展可做為數理科學加廣加深之延伸教學，尤其是對於科學特別有興趣及潛力的資優兒童，科展正好提供一個讓兒童模擬科學家長期從事科學探究的過程，以及發表成果與觀摩的機會與場所（魏明通，民91）。兒童在評審教授與參觀者的詢問下，要像小科學家一樣做說明接受考驗。彙集小科學家的成功經驗，未來可望發展成為對研究創新有所貢獻的偉大科學家。

科學源自於好奇，而後轉為尋求知識上的滿足。資優兒童大都很好奇，正好可以利用兒童對自然界的好奇心導引去做科學探究。資優兒童雖具備從事專題研究的潛能，唯研究能力並非天生，在研究過程中，需要相當程度的指導與協助。強調創造思考與研究方法訓練之外，教師應就學生「獨立」的程度，扮演不同的協助角色（諮詢者、合作者、引導者等）提供鷹架支持，以成功完成研究（郭靜姿，民82；潘裕豐，民93）。此教學理念即資優教育倡導多年的獨立研究（Renzulli, 1997; Doherty & Evans, 1983）。

90學年度起，中小學全面實施九年一貫新課程，自然科技教法強調以學生活動為主體，引導學生做科學探究，並依解決問題（Problem-Solving）流程，進行設計與製作專題（教育部，民91）。因此，大力推展專題導向的科學學習（Project-Based Science），引

導學生從事科學專題研究（吳金一，民89；樊琳、李賢哲，民91；朱惠芳、陳嘉誠，民87；鄒慧英，民90；賴慶三，民89）。科展亦因應教改理念而變革，強調參與普及性、主題與方法之創意，內容符合該學習階段、師生協同研究教材及真實生活情境取材為評審基準（徐國士，民90）。許多學校將科學專題研究，像資優班一樣，正式列入課程全面實施（曾政清，民88）。儘管科學專題研究課程之目的，並不是全為了參加科展所做的準備，但許多參與科展比賽的作品，卻都是來自各校專題研究的優秀成果。加上多元入學制度採計學生特殊表現成績，中小學科展活動，被批評有「捉刀」、「掛名」等舞弊情形之聲浪更大，嚴重影響科學資優教育與科展的形象。

當資優教育提倡的主動學習、獨立研究、問題解決、潛能發展、多元創新，已成為全民必備的基本能力時（郭靜姿，民92；潘裕豐，民93），參加科展成為全民參與的科普運動時，不論是資深或新手老師都有可能被賦予專題研究指導工作。如何回歸教育本質，以發展學生獨立研究能力為本，指導學生從事科學專題研究，已成為教師最需要的專業知能。

貳、科展與專題導向的科學學習

九年一貫課程國民教育階段所應培養的十大基本能力中有五項基本能力：運用科技與資訊的能力、主動探索與獨立研究的能力、獨立思考與問題解決的能力、表達與溝通分享的能力、團隊合作的能力，與透過真實科學探究歷程製作專題發表，所能培養的能力息息相關（游淑媚，民90）。但以科展獎勵機制鼓勵師生從事科學專題教學與學習，在國內已行之43屆，而有關專題導向的科學學習之教學理論的探討與應用，在國內並不多見（賴慶三，民89）。以下就專題導向科學學習的理念與應用進行討論。

專題導向科學學習發展的背景與理念

專題導向科學學習(Project-Based Science,

PBS)，是1991年由密西根大學科學教育學者團隊所提出的科學教學策略。此教學策略是使學生置身真實問題的情境中，引導學生經由分組探究、製作專題作品公開發表的學習歷程，培養學生具備分析、統整、評估等科學思維能力(Krajcik, Czerniak, & Berger, 1999; Krajcik, Blumenfeld, Marx, & Soloway, 2000)。

專題導向科學學習(PBS)發展自專題導向學習(Project-Based Learning, PBL)。PBL的理念最早可追溯自杜威(John Dewey, 1859-1952)，而其前身為六十年代醫學院教育以問題為導向的學習(Problem-Based Learning, PBL)(王靖璇, 民89; 劉佩芳, 民92)。茲就杜威教育學說、專題導向學習、問題導向學習分述如後：

一、杜威教育學說

杜威將教育比喻生長，是一種連續性、動態變化的歷程。知識之所以產生、思考之啟動，是因為人類面臨了生活問題所致。因此杜威提出「學校即社會，教育即生活」的主張。他認為民主社會中最令人關心的問題，就是生活問題或社會問題。教育既要培養學生問題解決的能力，學校教育就不能與生活脫節，也不能孤立於社會之外。既然學習注重問題解決，故杜威提出做中學(learning by doing)的學習理論(林玉体, 民86)。做就是要學生動手動腦主動去做，並從做中獲得問題解決，以達到學習的目標。

1918年，美國教育學者克伯屈(W. H. Kilpatrick)認同杜威教育學說，提出以專題為導向的教學理念(Project-Based Instruction and Learning, PBIL)。主張學校教育必須以學生所選擇的，可以產生「有目的的活動」之專題為導向，鼓勵學校讓學生能夠依照自己的實際目的來選擇專題進行學習，教師的教學即在引導學生應用問題解決的方法來達到學習的目的(劉佩芳, 民92)。

二、專題導向學習的興起

培養學生能將所學知識生活化並加以創新應用，是二十一世紀教育改革的重要課

題，而專題導向的教學方式正符合此潮流的主張。國內外專題導向課程應用的領域愈來愈廣，在教學上使用也更為普遍(鄒慧英, 民90)。愈來愈多的學者提倡專題導向的教學，學者們認為教師應提供學生一個開放、支持的學習環境，對學生可能產生興趣及有意義的生活化題材進行課程設計，以分組的學習方式，對引發的問題，進行專題式的探究，在使用科技作為認知的工具下，最終完成作品並加以發表(黃明信, 民91; 曾政清, 民88; Krajcik, Blumenfeld, Marx, & Soloway, 1994; Thomas, 2000)。

專題導向學習是一種環繞著一個專題(project)或一個問題(question)來組織學習活動的教學方法。這些專題或問題是一些複雜的任務，以具挑戰性的問題或題目為基礎，學習時學生必須進行設計、解決問題、做決定，或調查研究等多項活動，學生得以在一段較長時間裡以相當獨立自主的方式進行學習，最後並完成一件真實的作品或成果表現。故專題導向學習是一種教與學的策略，特別重視發展學習能力，非記憶知識而學習。Thomas(2000)指出專題學習的特徵有三：

1. 專題是課程與教學的中心，焦點在問題，即透過解決問題的歷程，引導學生接觸並學習某個學科的新概念和原則。
2. 專題的調查與探究是目標導向的過程，過程中學生在知識建構與遷移中獲得學習；專題有濃厚的學生導向，學生具有自主性、選擇權並擔負責任。
3. 專題是寫實的，是融入真實生活的挑戰，專題學習的結果有可能成為真實情境中真實問題解決之道。

三、專題導向學習與資優教育的獨立研究

專題導向學習的內涵其實與資優教育獨立研究課程的理念是不謀而合的，只是依據的理論基礎與主張的服務對象不同而已。專題導向學習之理論基礎來自於杜威的教育哲學、認知心理學、課程統整、建構主義的觀點。資優教育之獨立研究課程，是依據學術性向資優生學習特質與需求所發展

的教學方式。獨立研究課程的意義，是指資優生經由教師引導，在經歷主題研究或專題研究後，已經具有獨自從事研究時，能依據個人興趣選擇主題，擬定研究計畫，選擇適當的研究方法，有效的蒐集、分析與解釋資料，進而形成研究結果的能力，課程所強調的內涵包括（潘裕豐，民93）：

- 1.師生在互動過程中共同建構課程內容。
- 2.課程的目的不在理解前人發現的知識，而是生產創新知識。
- 3.教師在學習活動發展過程中，必須創設一種有助於開放探索的情境與途徑使學生環繞某一主題主動蒐集、選擇、統整、應用信息，以解決問題。
- 4.學生在社會真實情境中承擔學習的責任，實踐問題解決，是研究主題的提出者、研究計畫的設計者、問題的解答者。

資優教育獨立研究課程理念，在臺灣已推展了三十年，在教改熱潮中，帶動了普通教育專題導向教學的興起。在培養獨立研究能力已成為國民的基本能力之際，教師之指導理念正確與否是學生獨立研究學習成敗的關鍵。有關教師指導獨立研究時，必須掌握的基本概念如下（郭靜姿，民82）：

- 1.獨立研究不是「學生獨力」的研究，也不是「教師捉刀」的研究。獨立研究能力並非天生，學習過程中學生極需教師引導，才不會因不了解研究方法而無所不遵從。
- 2.獨立研究應依學生自我引導能力、研究經驗、研究技能的個別差異提供不同層次的引導。
- 3.奠定學生先前應具備的條件：如學科知識，找出感興趣主題與充實認知、情意和研究技能。

四、問題導向的學習

專題導向學習的焦點在問題，透過真實情境的解決問題的循環歷程，是從問題導向學習發展出來的教學方法。問題導向的學習興起於1960年初，帶動了教育的革新，被廣範應用在醫學院學生醫學訓練上（洪榮昭，民90）。

醫學院強調有效的醫學訓練，應該要將基礎醫學課程與臨床教學相結合，以問題為中心，透過以病患來做診斷學習。學習過程中由一位類似教練或蘇格拉底詰問者專家醫生，引導新手醫學生蒐集病人資料，經由分析資料，產生一些想法和假設，進而建構出診斷，最後再對假設與診斷作評價。此過程包含問題陳述、蒐集資料並經由一個指導的過程，鍛練學生假設與推理的能力，以培養學生臨床醫學真實情境中的解決問題的能力（劉佩芳，民92）。

Peterson和Treagust在1998年起，將問題導向學習應用在科學教育上，提出以問題為導向的教學策略，教導師範生如何教基礎科學（洪榮昭、曾愛晶，民88）。

問題導向學習不是外加課程，而是課程中設計問題來解決，在解決問題過程中學生學到知識的應用，創造問題解決策略與自我引導學習、成果分享等意義，此過程與科學家的科學研究歷程是相似的。王千倬（民88）認為：若要培養學生像科學家一樣，具備以科學方法解決問題及創新知識的能力，科學教學就必須排除「先教內容，再做實驗」的方式，取而代之的應是先以真實生活中的科學相關問題，引發學生對學習科學知識的興趣，再以問題為中心，將科學知識與技能逐步導入，讓學生從做中學，進而獲得成長。

五、專題導向科學學習應運而生

近年科學教育在問題導向學習與專題導向的教改熱潮中，科學探究方法的訓練與問題解決能力的培養深受重視，以Krajcik為首的研究團隊，大力倡導以「專題」為基礎，教導學生學習科學探究方法的專題導向的科學學習(Project-Based Science, PBS)因應而生(Krajcik, Czerniak, & Berger, 1999)，國內也有文獻譯成科學專題研究教學與學習(Project-Based Science Learning, PBSL)（樊琳、李賢哲，民91；余俊樑，民92）。PBS的基本理念如下：

- 1.學習
學生所探討的概念應該是寬廣的，不是

獨立的事實與技巧；所有的學生應該學會批判性思考、問題解決與作決定的能力；應該從經驗中主動建構知識，而不是被動接受知識；應該學會將科學與技學應用於日常生活中；科學應該幫助學生培養好奇心、創造力、興趣與科學態度。

2.課程

課程內容愈少愈好，科學的描述應該是跨學科的，學生們所探究的內容應該涵蓋科學、技學與社會三個領域。

3.教學

教師所扮演的角色應是一位嚮導，鼓勵學生探究與學習，而不是一個有權威的知識傳遞者；科學內容與教學應以一個包含研究

與解答問題的過程來進行；教學應該與其他學科統整；鼓勵學生提問、發展實驗、下結論、批判想法、建構知識與發表成果。

4.評量

應融合在教學活動的過程中，並以成果發表了解學生對專題統整的學習結果。

綜上所述，問題導向學習(Problem-Based Learning, PBL)，專題導向學習(Project-Based Learning, PBL)與專題導向的科學學習(Project-Based Science, PBS)，皆為問題導向教學法，名稱神似，但內涵不盡相同，容易混淆，茲將三P的興起背景、理論基礎、內涵、代表學者整理如表1加以區辨。

表1 問題導向教學法—3P 的區辨

3P	PBL (Problem-Based Learning) 問題解決導向學習	PBL (Project-Based Learning) 專題導向學習	PBS (Project-Based Science) 專題導向的科學學習
興起的時代背景	知識持續激增及科技快速變遷，學校不再能提供學生終身所需的所有資訊。學校能教導的最重要技能是學習如何自我學習。	二十一世紀教育改革的重要課題是培養學生以求真求實的科學精神，鍛鍊具有觀察、搜證、歸納、研判、推理、創意思考、發現問題、多元思考，並據以找出可行方案，合理有效的解決問題的能力。專題式教學正符合此一潮流的需要。	
理論基礎	杜威(Dewey) 做中學 自然主動 教做非學 (引自 Delisle, 1997/2003)	建構主義 課程統整 認知心理學(動機、專家、情境、科技) (引自鄒慧英, 民90)	
意涵	如何自我學習與應用所學。有意義的學習來自於解決問題的歷程—思考步驟、提出研究論題與發展方案。問題指任何可推動進一步學習的問題。	學習活動圍繞一個跨領域專題進行，專題藉由一個驅動問題，師生共同探究，經由資料蒐集、調查、討論過程，最後完成報告以解答導引問題。	為科學學習量身訂作，使用科學家所使用的探究步驟改良而成。導引問題是開放性的科學問題且可長期深入設計實驗探究，並強調最後呈現專題成果公開發表。

參、專題導向的科學學習之教學原則—建構主義的學習觀點

Vygotsky認為學習是發生在社會情境中，學生藉由同儕、親師生或與專家的互動和對話，學生會內化這些訊息以建構自我的理解。教師的任務是創造支持性的學習環境、提問，並和學生的想法做互動，以及鼓勵學生像科學家一樣從事探究活動（引自陳

運正，民90）。

茲將PBS中，教師在教學上應掌握的原則，歸納為下列幾點說明（鄒慧英，民90；吳金一，民89；陳運正，民90）：

一、教師提供多元的學習方式與豐富具體的材料

創造讓學生積極參與觀察的情境，藉由和同學及較具知識的其他人對話去精鍊問

題，對現象作預測及解釋，發展與連結深層的理解。

二、引導學生應用背景知識經驗、想法發展統整的理解

(一) 教師了解學生學習前的經驗及想法。

(二) 讓學生使用多樣化的參考資源。包括圖書、期刊、儀器、電腦等資訊科技認知工具，搜尋資料以回答所研究的問題。

(三) 引導學生持續探究問題與解決問題。

在提出問題、設計探究方法、分析結果，提出新問題之計畫與執行的持續探究循環過程中，應用所學的概念與技能探討問題與解決問題。

(四) 給予學生足夠反思的時間。反思包括思考另一個問題、可能的假設、考慮不同的答案、採取的步驟。反思需要時間，教師在課程中應呈現較少的主題，但在每個主題上要花較多時間。

(五) 讓學生探究生活經驗中真正感興趣的問題。

三、鼓勵學生以多元化的方式呈現學習成果

(一) 教師使用多元化的評量，讓不同的學生可以在不同的評量方式中展現本身的理解。

(二) 安排學生成果發表機會，以展現本身的理解。

科學的發現，必須被證實與被科學社群所接受，科學家的研究計畫可能在獨立中進行，但為了使想法或發現能成為理論或新學事實，科學家們必須透過發表會，說服科學社群的支持。故就像科學家從事真實的科學研究一樣，安排學生創造、修改成品與成果報告來展現自己的理解，從教師、同儕、父母等的批判與建議中，促進學生做反思、修改成品，進而豐富所學的知識。

四、學習社群的運用

(一) 讓學生充分以語言當工具來表達自己的想法、概念和理論。

有意義的學習是發生在學生談論本身的想法與他人的互動之間，而科學知識也是

要經過其他學家公開辯論才予以同意的，學生經由意義的合作協商，同儕的交談，可以提供建構新理解的機會（陳運正，民90）。

(二) 提供學生討論證據可能性的機會。

實驗室中的成員將其研究提出推理，對其他成員所提出的理論將形成衝擊，導致對問題做迅速的概念重建，並在研究的面相產生了有意義的改變（陳運正，民90）。因此教師要鼓勵學生去討論證據的可能性，模擬實際的科學探討過程。

(三) 學習是發生在一個社會情境中。包括父母、朋友、同儕、資訊媒體、這些都會影響學生建構知識，教師應運用社會互動，讓學生與較有知識的人互動合作，幫助學生擴展近側發展區 (Zone of Proximal Development, ZPD)。

肆、專題導向科學學習的內容與步驟

Marx, Blumenfeld, Krajcik, Blunk, Crawford, Kelly and Meyer(1997)等人曾分析，以專題為基礎的教學與學習 (Project-Based Science Learning) (引自樊琳、李賢哲，民91)，將其特徵歸為五項要素：驅動問題 (Driving Question)；學生從事探究活動 (Investigation)；學習社群一起合作 (Collaboration)；應用科技做為認知工具 (Technology)；創作專題成品 (Artifact)。以下就五項要素逐一說明。

一、驅動問題

驅動問題是PBS步驟的第一步，學生參與研究的目的就是為了回答這個驅動問題。驅動問題是學生感興趣而且有意義的問題，驅動問題主導研究方向及學生在研究過程中可能學到的知識與方法。以下是教師協助學生選擇驅動問題的幾個原則：

(一) 學生可以設計與實驗操作以得到解答問題。

(二) 包含豐富科學內容有價值的小問題。

(三) 與學生生活經驗中有關之真實情境問題，具社區環境特色的重要問題。

(四) 有學習意義的且令學生感興趣的主題。

(五) 持續性的：學生對於主題的興趣可維持數星期之久。

要學生提出適切的驅動問題不易，需要引導才能產生。問題來源可由學生自己提出或由教師提供，教師可以引導學生從生活經驗、學習課程中思考相關或延伸的問題、同

儕討論發問、嗜好興趣、報章媒體、網路搜尋，發現與界定研究主題。以下七個思考方向的引導過程圖（如圖1所示），能協助學生提出真實情境中，對學生有興趣、有意義，並能以實際行動解決的問題。當學生合作去思考解決驅動問題時，便會從中發展出科學的關鍵概念。

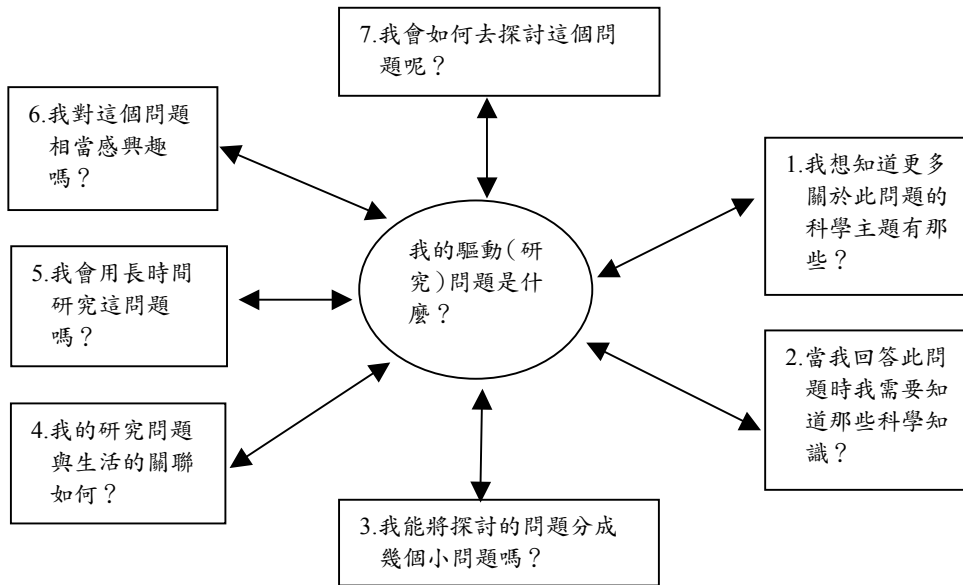


圖 1 教師引導學生思考驅動問題的過程
(Krajcik, Czerniak, and Berger, 1999, 引自陳運正, 民90)

二、學生從事探究活動

探究活動是PBS教學策略的核心，所有的科學探究都是從問題或疑惑開始，並且探究過程有一定的程序。

圖2呈現的是科學家探究科學問題的過程，這也是學生學習科學應有的歷程（王美芬、熊召弟，民92）。

科教學者將探究活動之類型依學生在研究問題、方法、結果的自主權分成四類（Colburn, and Bianchini 2000）：

(一) 食譜式：問題、方法、結果、解釋都由老師提供，老師說什麼就做什么跟著老師做。

(二) 結構式：問題、方法老師提供，實驗自己做，自己找結果找解釋，有問題找老師討論。

(三) 引導式：問題老師提供，方法、答案、解釋，自己做自己找答案，有問題找老師討論。

(四) 開放式：問題、方法、答案、解釋都由學生自己決定自己做，有問題再找老師討論。

依此分類，欲培育學生對科學的興趣與理解，須以較真實開放的探究活動，取代教師主導的食譜式學習。

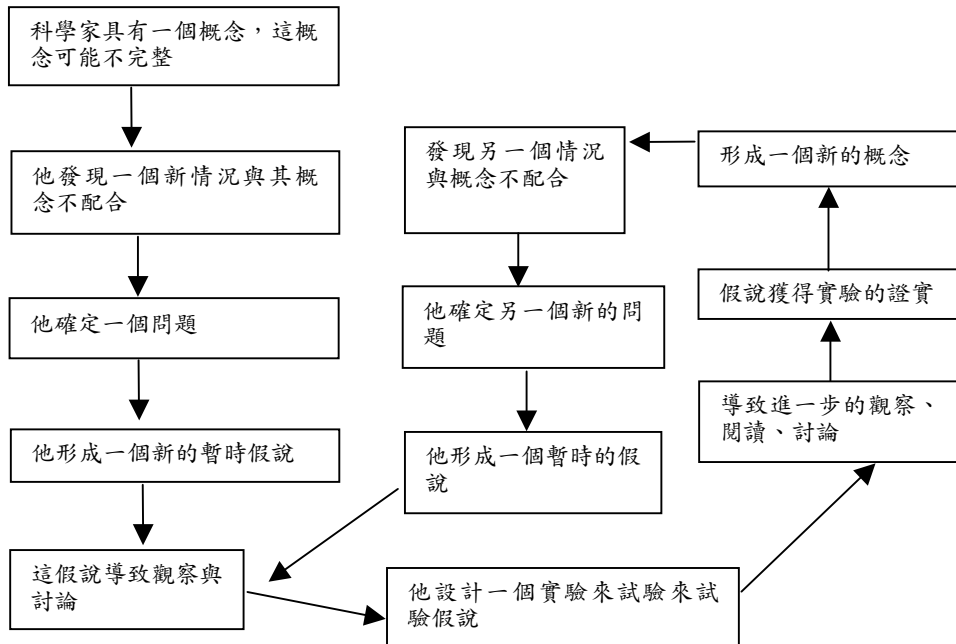


圖2 科學家探究科學問題的過程
(王美芬、熊召弟，民92)

Krajcik & Blumenfeld(2000, Oct.)認為真實的科學探究應較趨向於開放式探究，包括下列六項過程：1.提出問題與精緻化問題。2.尋找背景資訊。3.計劃與設計探究活動。4.進行科學探究。5.蒐集與分析數據與資料。6.溝通分享、報告研究發現。

其間關係並非線性，而是一個網狀的交互作用過程，稱之為科學探究網（圖3）。

探究的方法為釐清想法、澄清問題、尋找資料、製造器材、分析數據、作結論及公開分享發現。

學生經由這些互動過程，利用長時間從事探究活動，更能釐清探究的問題與問題間相關性，產生有價值的結論。因此透過真實的科學探究歷程，學生可發展的能力包括：1.提出科學性問題的能力。2.設計及進行科學探討的能力。3.使用適當的工具與技巧去蒐集、分析、解釋資料的能力。4.根據獲得的證據去解釋、預測與作結論的能力。5.發表、溝通研究發現與成果的能力。

在PBS科學探究的過程中，教師協助學

生成功探究，應提供之支持鷹架說明如下：

(一) 探索(messing about)

探索包含操作材料與做初始現象觀察，教師任務在激起學生的好奇心並鼓勵學生提問。學生可能沒有焦點或對於現象描述不仔細，教師的角色在幫學生聚焦在觀察上並輔助其做更詳細的描述。

(二) 提問並精鍊問題

通常學生在探索時會提出問題，而在進一步觀察及發現較系統性的資訊時會精鍊問題，教師的任務在幫助學生發展重要而有意義的問題。問題形式分為三種：

1.描述性問題：對於觀察現象做特徵的描述，國小學生做較多描述性觀察，描述性問題可以引導學生做系統觀察，發現資訊而使問題獲得解答。

2.關係性問題：發現兩個不同現象之間一些特徵的相關性問題，較高年級學生會轉向這類問題，學生必須要做一些實驗，蒐集分析數據比較特徵間的相關性，做出結論。

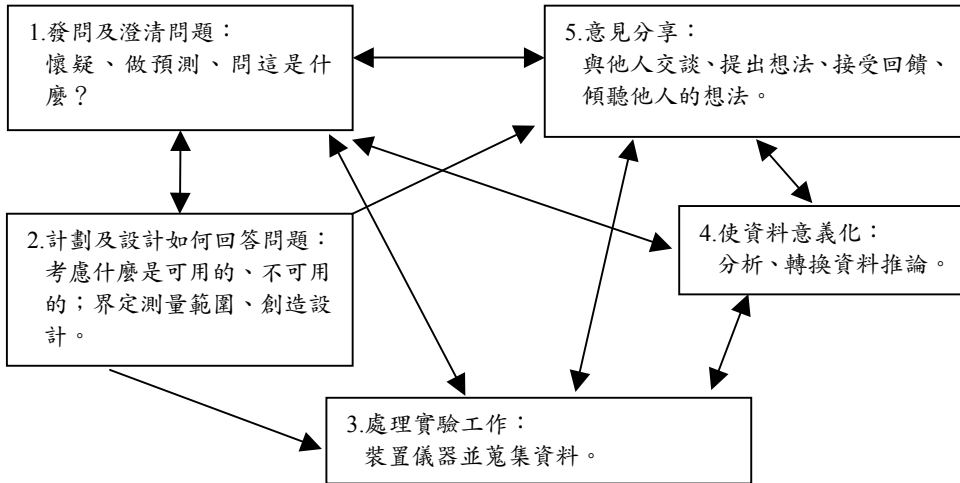


圖3 科學探究網
(The Investigative Web, From Krajcik et al., 2000, 引自游淑媚, 民90)

3.因果性問題：此類問題探討一個變因和其他變因間的關係，高年級學生會轉換到比較多的因果關係上的問題，學生必須操弄一個變因去觀察其他應變變因的結果，並依此操作實驗、分析數據來解決問題。雖然低年級學生較可能問描述性的問題，但並不表示低年級學生無法形成因果性問題，或是中學生必定形成因果性問題，教師需幫助學生轉換其問題形式。

(三) 假設

假設是把問題放在一個可預測的形式，經過學生設計實驗蒐集數據後，數據可能支持或反對原先的假設。思考假設可否被測試，國內學者鍾聖校（民91）曾提出假設檢核表2，經實證研究，發現可以有效幫助學生檢驗所提假設被驗證可能性的大小，最後教師生回饋原本的假設。

表2 假設檢核（鍾聖校，民91）

檢核項目	假設 1		假設 2		假設 3	
	是	否	是	否	是	否
1.我容易觀察到它嗎？						
2.我容易對它做分類嗎？						
3.我容易測量到它嗎？						
4.我容易用數量表示它嗎？						
5.我容易在某段時間中觀察到嗎？						
6.我容易在某種空間中觀察到嗎？						
7.我能控制一些不相干的因素，看到假設的關係嗎？						
8.綜合看來，我容易設計出一種實驗方法，看到假設的關係嗎？						
總分						

採用表「假設檢核表」中的問題，依次給每個假設打分數。各項目答案若為「是」，就給1分，若為「否」就給0分，最後累加八

個項目的分數，就得出總分。比較各假設的總分，即可決定那一個假設的驗證可能性較高。經過檢核表提醒，腦海中同時亦有如何

驗證它的方法步驟出現。

(四) 做預測

預測是指學生根據背景知識與對現象的觀察，對最可能發生的結果之猜測，幫助學生做預測的方法：1.將學生分組引導其討論並做出小組的預測。2.延伸先前所做假設以做出修正的假設。

(五) 尋找資料

教師幫助學生有效資料搜尋與運用的方法：1.使用圖書館、資訊媒體等資源蒐集資料。2.列表分析各種資源對解決問題的限制與使用潛能。3.過濾及對資料作大綱。4.判斷資料的有效性。

輔助學生思考以下四個問題，可以幫助學生判斷蒐集之資料是否有效：(1)這個資料可以增加對問題的了解嗎？(2)這個資料是新發現的嗎？(3)這個資訊是最近的嗎？(4)這個資料可以幫助回答問題嗎？

(六) 計畫及設計實驗

計畫是讓學生思考如何執行探究以回答驅動問題，設計是指實驗架構，透過計畫與設計學生更能獲得探究的主導權與參與感，因而更了解專題中所牽涉的科學原理與方法，設計一個探究活動學生要具備下列能力：1.寫下明確的步驟程序。2.確認變因。3.定義操作變因。4.控制變因的方法。

應用下列方法可以幫助學生學習如何設計探究活動：

1.使用計畫檢核表：列出檢核項目，如做什麼？誰做？如何做？何時完成？

2.評論設計與計畫：教師提供好壞計畫供學生評論。

3.將設計與計畫模式化：探究活動模式化，包括將使用何種材料及根據何種探究步驟來進行專題。

4.創造班級的計畫與設計：分組創造班級的計畫與設計，透過討論的回饋與建議修正計畫與設計。

5.使用快速嘗試：快速嘗試是一種實驗技術，目的在嘗試實驗步驟是否可行，如做一個模型讓學生很快了解實驗程序的特徵。

6.記錄想法：在學生進行探究時很可能

想到很多新的想法，教師應讓學生將想法記錄下來，並利用這些想法修正目前及未來的探究。

(七) 執行程序

執行程序是一個大範圍的活動步驟如下：1.蒐集所需裝備。2.組合儀器。3.跟著程序做。4.做觀察。

(八) 理解數據

讓學生理解數據的轉換方法至少兩種：1.表格、圖表、統計。2.現象、概念模型、將變數或現象以數學式表現。

(九) 公開分享

由驅動問題所發展的探究，以個人或小組方式，將專題研究成果公開展現並說明分享。

(十) 進行下回合的探究

學生在探究的過程中會不斷的產生新的問題，學生可能發展出另一些想探究的問題，在公開分享後仍可繼續準備下一回合的探究。

藉由上述這些非線性的探究網，學生將如科學家般探究心中重要且有意義的問題。而教師的角色是確保每個步驟的進行，讓學生不但學得科學知識，更重要的是學習到研究方法與態度。

三、學生、教師與其他社會成員組成學習社群

PBS探究過程中，教師、學生與其他社會成員組成一個真實的問題情境，學習的場所形成一個社群，藉由社群間的相互討論、協助與影響，共同完成專題作品。在PBS中，每一個學生是能力不相同的個體，相互形成一個合作的小組，組員間社群間的互動，充分實踐Vygotsky近側發展區的理论(Zone of Proximal Development, ZPD)，帶動彼此能力往高層次發展提升(余俊樑，民92)。

四、鼓勵學生使用科技解決問題

學生將科技充分應用為解決問題的工具，藉由資料分析軟體的運用，得到專題所要的結論；藉由多媒體簡報播放，分享其他社群；藉由數位錄音錄影取代長時間之實地

觀察紀錄；藉由程式模擬，省去許多物力財力的消耗。

五、學生發表專題作品

專題作品是探究過程與成果的具體展現，包含了探究過程中學生的所學所思，是教師最好的評量依據，也是同儕間互相討論、批判、分享的最好展品。同時在各組公開發表過程中，學生操作各種科技工具向同儕與教師分享研究心得，相互提升了彼此能力，使得專題作品更為成熟有價值。

伍、小結

Krajcik等人所提倡的PBS教學，特別重視由生活中發生的問題出發，主動參與，使

用一個真實的驅動問題，形成一個探究社群及強調使用科技當作認知的工具，最終設計並創造出和真實問題相關的成品。強調學生主動參與、師生積極對話互動及探究社群之間的溝通與合作，經此而建構出學生的各項基本能力與活用創新知識的意義。

PBS教學是針對科學學習設計，使用科學家探究步驟發展改良而成的，過程中產生許多探究循環，符合建構主義精神，強調「歷程」(process) (即如何進行問題解決) 而不僅是「成果」(product)，如圖4所示。新制科展所訂的評審基準亦符合PBS理念擬定(徐國士，民90；詹國禎，民92)。

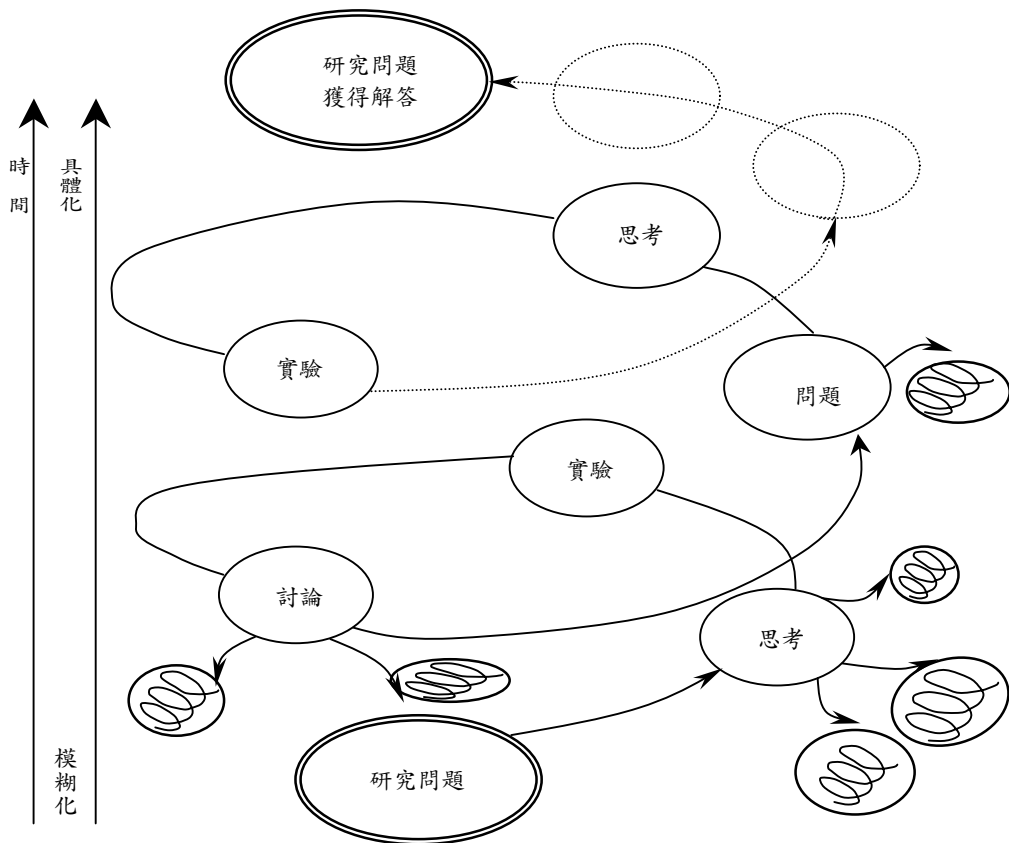


圖4 科學專題研究非線性循環歷程
修改自：鈿村洋太郎(2000)。TRIZ 入門—思考法則，引自鄭廉銓(民91)。

九年一貫課程倡導科學專題學習，科展成為全國最熱門的科學專題競賽活動，科學資優教育關心的不只是最後提出的專題研究成果，而是關注作品是怎樣被創造出來的。基於對傳統科學專題教學的省思與批判，重新詮釋科學專題研究教學的新義(Gott & Duggen, 1995; Yerrick, 2000, 引自劉宏文, 民89)。鼓勵學生從事真實、開放的科學探究活動，經由小組合作、良師的引導，

兼顧科學內容與歷程，逐漸認識科學社群的實踐文化，提升學生的科學素養，進而成為科學社群的一員。PBS教學法即根據此新教育思潮，依照科學家真實科學探究歷程改良而成。以杜威做中學、真實情境脈絡之問題解決、鷹架理論、建構主義之學說為理論基礎的有效教學法。筆者將其理論背景與核心概念總結(如圖5所示)。

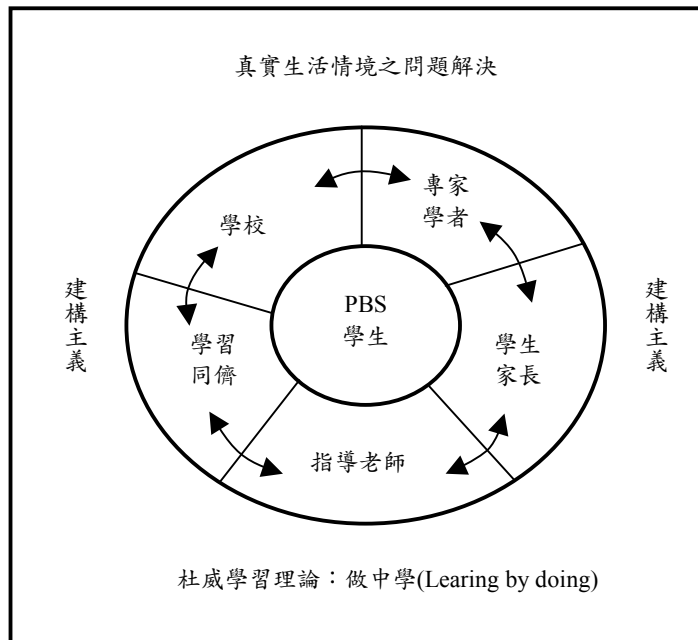


圖 5 PBS 的理論架構

學生是解決問題的主體，支持之鷹架包括：教師是教學計畫的擬定者、學生建構知識的參與者、促進者與引導者，學習社群的每一份子則為建構知識的合作者、支援提供者，期能達成培育學生持續投入研究與終身學習的能力。

陸、教學省思與建議

筆者累積了八年國小資優生科學專題研究的教學與參與科展競賽的成功經驗。最常被問到的問題不外是科學專題研究的教學應該怎樣進行，才能培育出具有自我引導能力的學生？學生喜愛科學但資優班老師

沒有數理專業背景怎麼辦？科展活動應如何改進才能破除捉刀代筆的批評與誤解？以下便是筆者的省思與建議。

一、省思

(一) 教師需要長期自我摸索

資優教師資培育設有如何指導學生進行獨立研究的課程，但許多教師在師培教育中，並沒有真正學過如何指導學生做專題研究，自己更沒有真正做過研究，故能帶學生做好科展作品的老師其實很少。有效成功的指導策略是經過自我長期不斷摸索、實踐、體會才逐漸發展出來的，師資培育幫助

並不大。

(二)不斷求新求變、追求卓越的教育熱誠帶學生完成一件成功的研究，教師要能以孩子的觀點出發，願意與孩子共同研究共同成長，教師具備數理背景更佳，但沒有數理背景不必太在意，其實最重要的是教師本身不斷求新求變追求卓越與不恥下問的研究熱誠。

(三)並非每個學生都適合做科學專題研究成功的作品來自於孩子們對研究充滿興趣，對挑戰與追求卓越充滿熱情，老師願意全力付出，支持孩子的研究動機得以持續，研究結果禁得起考驗。指導科展最苦的是學生怕吃苦、缺乏動機，不少學生熬不過漫長的研究過程半途而廢。能從一個初始的點子開始，經過長時間摸索探究，有始有終提出研究報告參加比賽得獎的學生，他們具備的重要特質如下：

1.豐富的科學知識、好奇心、敏覺力及操作能力。

2.喜歡研究、超強耐力、毅力及挫折容忍力。

3.有創見、深思熟慮、能獨立思考。

4.實事求是、負起學習責任。

(四)自然科大班教學無法滿足科學資優學生的需求，不易落實科學思考與方法訓練。科展研究是由無知變成已知的歷程，是長期的、主動的、小組的或個人的、發展全面能力的、主題統整的全人教育學習方式，一般課堂教學不易落實。

(五)思考敏捷反應快的資優生，較不能忍受枯燥乏味的驗證活動，但觀察力敏銳會發現許多新問題。

(六)新制科展評審基準與方式改變有利於引導教師以專題式、開放式教學指導學生研究。

(七)每一件得獎作品，都是師生長期互動過程中所創造出來的，捉刀的作品不會得獎，因為學生根本禁不起評審教授的考問。

(八)新制科展強調研究內容難度不能超越學習階段，限制了科學精英學生潛力之發揮。

二、建議

(一)自然科技課程設計與教材方面

九年一貫教材應加強單元實驗活動，重視動手做實驗、整理數據、討論與撰寫實驗報告發表的過程，才能實踐培養科學思考能力與方法訓練的目標。

(二)科展的另類思考

改由親師生組成研究團隊來鬥智比創意，或許就不必處處為了防弊作假而限制了科展研究之多元想像與創造空間。

(三)主題並不一定從教材出發，科普化是美意，但不能因噎廢食限制高能力學生的發展。不希望孩子做超齡的演出，並不需要限制主題只能由教材出發，生活周遭到處有點子，都可以拿來做研究。

(四)校內科展多設獎項鼓勵全面參與，全面推廣專題學習，教給學生帶得走的能力。

(五)具有國小科學教育專業素養的評審最了解作品之真實性，也比較能站在孩子的觀點看作品。

(六)願意跟學生有良好互動，能給學生指導的才是最佳評審。

(七)師資教育應積極培訓觀念正確、具研究能力及教學熱誠的專題研究指導教師，聘請有經驗、有理念的基層教師，傳承科展指導經驗。

(八)加強師資品格教育，沒有真實付出的師生就不應該得獎。

參考書目

王千倬(民88):「合作學習」和「問題導向學習」—培養教師及學生的科學創造力。**教育資料與研究**, 28, 31-39。

王美芬、熊召弟(民92):**國民小學自然科教材教法**(初版十一刷)。臺北:心理。

王靖璇(民89):**專題導向科學學習之教學研究—以國中學生學習「彩虹」為例**。國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文,未出版,臺北。

石明卿(民85):**兒童科學專題研究**。花蓮:國立花蓮師範學院附設實驗小學。

朱惠芳、陳嘉誠(民87):指導兒童科學專題研究的教學。**研習資訊**, 15(3), 35-39。

吳金一(民89):淺談專題導向學習。**國教之友**

52(2), 59-64。

- 余俊樑(民92):二階段專題導向探究模式對國小科研社學生進行探究活動之影響。臺北市立師範學院科學教育研究所碩士論文,未出版,臺北
- 林玉体(民86):西洋教育史。臺北:文景。
- 洪榮昭(民90):PBL教學策略。技術及職業雙月刊, 61, 10-12。
- 洪榮昭、曾愛晶(民88):培養創造性問題解決能力之教學策略探討。臺灣教育月刊, 584, 47-56。
- 徐國士(民90):中華民國中小學科學展覽會實施要點。臺北:國立臺灣科學教育館。
- 郭靜姿(民82):如何指導資優生進行獨立研究。資優教育季刊, 48, 5-15。
- 郭靜姿(民92):從制度面之檢討看資優教育的問題與發展。載於中華資優教育學會、國立臺灣師範大學特殊教育學系、國立臺灣師範大學特殊教育中心(編),資優教育三十週年研討會會議手冊(12-17頁)。臺北:編者。
- 陳運正(民90):在國小自然科教學中融入專題導向的科學學習活動—兩個個案之探討。國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文,未出版,臺北。
- 教育部(民91):國民中小學九年一貫課程綱要。臺北:編者。
- 游淑媚(民91):職前國小教師真實的科學探究能力之培育。臺中師院學報, 16, 577-593。
- 曾政清(民88):專題研究課程的設計與探究。建中學報, 5, 197-222。
- 黃鴻博(民85):國民小學學校中的科學展覽活動。科學教育研究與發展季刊, 85(3), 3-22。
- 黃明信(民91):國小網路專題式教學模式設計之研究。私立淡江大學教育科技學系碩士論文,未出版,臺北。
- 鄒慧英(民90):課程、教學、評量三位一體的專題學習。臺南師院學報, 34, 155-194。
- 詹國禎(民92):科學研究、論文寫作與發表—如何做好科展作品。臺北:國立臺灣科學教育館。
- 潘裕豐(民93):資優生「獨立研究課程」設計的理念與應用探討。資優教育季刊, 92, 12-21。
- 鄭廉鎧(民91):傑出科技創作學童創新歷程之研究。國立臺灣師範大學工業教育學系碩士論文,未出版,臺北。
- 樊琳、李賢哲(民91):以「專題研究」培養國小職前教師科學探究過程與教材開發能力之研究。師大學報, 47(2), 105-126。
- 劉宏文(民89):高中學生進行開放式科學探究活動之個案研究。國立臺灣彰化師範大學科學教育研究所博士論文,未出版,臺北。
- 劉佩芳(民92):以內容分析法探討專題式學習意涵之研究。國立花蓮師範學院科學教育研究所碩士

論文,未出版,花蓮。

- 賴慶三(民89):國小自然與生活科技專題本位教學之探討。國教之友, 52(2), 59-64。
- 鍾聖校(民91):自然與科技課程教材教法。臺北:五南。
- 魏明通(民91):科學教育。臺北:五南。
- Colburn, A., & Bianchini, J. A. (2000). Teaching the nature of science through inquiry to prospective elementary teacher: A tale of researchers. *Journal of Research in Science teaching*, 37(2), 177-209.
- Doherty, E. J. S., & Evans, L. C. (1983). *Self-starter kit for independent study. A practical guide to the independent study process for the gifted student*. Connecticut: Synergetics.
- Delisle, R. (2003):問題引導學習PBL(周天賜譯)。臺北:心理。(原著出版年:1997)。
- Krajcik, J. S., Blumenfeld, S. (2000, Oct.). *Advantages and challenges of using the World Wide Web to fosters sustained science inquiry in middle and high school classrooms*. Keynote speech at Symposium on the Effects of the Internet on Education, Taipei, Taiwan, R. O. C.
- Krajcik, J. S., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W. & Soloway, E. (1994). A collaborative model for helping middle grade science teachers learn project-based instruction. *The Elementary School Journal*, 94(5), 483-497.
- Krajcik, J. S., Blumenfeld, B., Marx, R., & Soloway, E. (2000). Instructional, curricular, and technological supports for inquiry in science classrooms. In J. Mirstell, E. Van Zee, (Eds.) *Inquiry into Inquiry: Science learning and teaching*. (pp. 283-315). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science Press.
- Krajcik, J. S., Czerniak, C., & Berger, C. (1999). *Teaching children science: A project-based approach*. Boston: McGraw-Hill College.
- Renzulli, J. S. (1997).The schoolwide enrichment model: New directions for developing high-end learning. In N. Colangelo & G. A. Davis, *Handbook of gifted education* (2nd ed.) (pp. 136-154). Boston: Allyn and Bacon.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. Retrieved July 15, 2000 from the World Wide Web:<http://www.autodesk.com/foundation>.

來稿日期: 95.03.20

接受日期: 95.05.11