

3. 學習者運用線索中整理出他對現象解釋。
4. 學習者連結他的解釋和科學知識。
5. 學習者表達解釋，並提出支持解釋的論證。

大部分學者如 (Martin-Hansen, 2002; Colburn, 2000) 皆認為，教師應該熟悉以下四種課堂探究學習的模式：

- 開放式的探究學習模式 (Open Inquiry 或 Full Inquiry, 又稱 Student initiated inquiry)：此種模式最接近科學家的探究歷程，從提出問題到尋找答案的步驟，全由學生掌握，所有過程皆涵蓋上述五種思維特色。開放模式需要高層的思維力，以及主動、有效運用科學的過程技能。教師的主要作用，是從旁鼓勵學生，提醒學習進度，或提示盲點所在。
- 引導式的探究學習模式 (Guided Inquiry)：此種模式，是由教師引導的探究模式。所探究的問題，經常由教師提出。在探究的過程中，教師會提供探究的工具或資訊，以幫助學生過渡到開放模式，建立並練習日後需要用到的技能。
- 協同式的探究學習模式 (Coupled Inquiry)：協同的教學模式融合了開放模式和引導模式，由教師和學生輪流提出探究的問題，其作用是協助學生模仿教師的提問模式，以及練習運用探究的工具。
- 指令模式 (Directed Inquiry 或 Structured Inquiry)：教師的主導性在指令模式中最為強勢。表面上，學生主要的工作是跟隨教師的指令進行探究。事實上，學生並沒有正式進行「探究」，只有學習探究的步驟，和模仿教師的作為。一般教師會將其中一個步驟留白，交由學生設計或做決定，讓過程更具探究性。

上述四種模式，除了協同模式以外，都清楚出現於美國的教科書中。不難看出，無論從探究的定義、學習者的思維，或教學的模式來看，每一種都是由提問開始的。因此，本文嘗試以教科書的提問作為分析重點。而教科書所呈現的問題，應具有示範作用，以代表探究模式的提問，讓學生可以模仿到優質的提問思維。

可惜的是，這些教科書卻從「指令模式」，直接跳到「開放模式」，馬上放手要學習者自由提問、自尋工具和方法、自己形成結論。而美國教育家們所建議的「引導模式」(guided inquiry) 卻不多見。「引導模式」的探究問題多半由老師 (或教科書) 提出需師生共同設計探究的工具和方法，讓整個教學歷程符合 reciprocal teaching (Palincsar, & Brown, 1984) 的循序漸進理念。

## 二、探究自然科學領域的課程

探究式的教學並非一個嶄新的嘗試，以往板橋模式的教科書編寫、社會科教學推廣「問思教學法」、數學科教學提倡「溝通式」的教學、以及自然科採用

的「問題解決教學模式」，都具有探究成分，只是各科並未正式將「探究」納為課程的核心概念。反觀國際，20年來，歐美國家已經把探究精神納入課程的核心。

而詳盡、明確的探究型課程，應該屬美國的科學領域。美國國家研究委員會(National Research Council (NRC))1996年頒布的「國家科學教育標準」(National Science Education Standards)，已經強調了探究精神。在美國，該項標準並不具有強制性，但是標準中鼓勵每位科學教師，將教學聚焦在學生日常生活中的好奇心，並藉此引導學生進行個別的探究。

### (一)美國科學教育的發展：從知識到探究

台灣科學教育的發展，受到美國和日本的影響最大。本研究主要探討美國的教材，所以本節簡述美國科學教育從知識為本到以探究為本的發展。

美國早期的科學教育與常識結合，在中小學沒有獨立的自然科學領域，到了第一次世界大戰以後，才逐漸在各洲的中小學發展獨立的自然科學課程，主要的因素是戰爭和經濟。Great Depression 刺激了科技的快速發展，教育家開始脫離三 R 的基本能力課程模式，大量增加生活知識。不過，當年的重點是科學知識的傳輸，較忽視科學知識獲得的歷程和方法。

最早推動探究為本的科學教育大概是 Caldwell (1924) 替 AAAS 寫的報告，提出科學思維、觀察和實驗的重要性；這是科學家的建議，在教育界好像還沒有受到重視。較有影響力的教育家是杜威 (Dewey, 1938)，因為他推動「從做中學」(learning by doing) 的理念；他認為：只有知識，沒有運用知識來解決個人和社會問題的學習是浪費的。他建議把「科學方法」(methods of science) 加入科學課程。可是，建議歸建議，學校的教學仍然是以知識為主。

第二波的改變在第二次世界大戰後，跟蘇俄的冷戰時期。美國人深感到蘇聯太空科技的優勢是美國的恥辱，因此國會大手筆的投資中小學科教，大量引進課程專家、學科專家和教師的合作計畫。當年，具大影響力的學者有 Schwab (1962)、Ausubel (1963)、Bruner (1961) 和 Piaget (1962)。後三位是研究學習、心智發展的研究者，影響力在理論的層面，Schwab 則是一個全方位的科學教育家，擁有英文、物理、生物、遺傳學的高等學位，跟 Dewey 一起建立芝加哥的實驗學校，跟 Tyler 一起發展課程。1962年，Schwab 在哈佛大學的演講「The Teaching of Science as Enquiry」，強調教師絕對不能把科學內容想做定論，必須保留它的變化性和修改的可能性。為了達成這個目標，Schwab 認為學生必須有實驗室的經驗。Schwab 的影響力深遠，從 1950 年代開始，各中學都有實驗室，學生開始有探究的經驗，不過，大多的經驗

是在重複做名人的實驗，以及動手證明已知，不見得是學生提出來的問題。

第三波的改革大概是從 1980 年代開始，刺激來自於科技發展的競爭，特別是日本的汽車和電子用具在市場上的優勢，讓美國人再從教育著手改革。這一次，最大的影響力是 A Nation at Risk (National Commission on Excellence in Education, 1983) 和 AAAS 的 2061 方案 (1990)，2061 方案的目的就是在 2061 年達成造就成有科學素養的社會，AAAS 研究的團對除了訂出科學內容架構和能力指標 (benchmark)，還要求發展學生的好奇，並且說明有效教學的取向。於是，另一群負責課程標準的團體 (NRC, 1996)，將「探究為教學基礎」(teaching science as inquiry) 作為最高指標，並出版了 Inquiry and the National Science Education Standards (NSC, 2000)，整個大方向從知識獲得和傳遞，轉變到學生認知思維和探究的培養。

## (二) 台灣科學教育的發展

台灣的科學課程從民國初年至今，修訂過 10 次，早期與社會合併成常識；民 37 年後，從小三開始，設獨立自然科學，重視科學知識，引進皮亞傑的認知理論，主要的取向是教授，主要在小學階段重視直接經驗；到了民 64 年的修訂和美國的 SCIS 和 SAPA 小學課程有密切的關係，以兒童學習活動為中心，訓練思維，培養科學過程技能，兒童藉由科學活動獲得科學概念、科學態度和科學方法，並且在小一就開始。

從民國 64 年再到民國 82 年的課程標準修訂，探究的導向更明顯，小學的課程是統整性的，中學的課程分作生物、物理、化學、地球科學，概念傳遞的成分較重。(甘漢銑，1992)

## 三、提問與探究

探究教學中的提問，有別於教師在課堂中，為了測試學生理解或學生知識的提問。探究學習中所提出的問題，就是探究者的問題，是學生首要的學習要點。Edwards (1997) 認為幼兒雖然很會提問，但是上了高年級，卻失去了提問的能力和探索的好奇心，主要原因是受到教育系統之提問行為的負面影響，導致學生無法大膽的提問和進行獨立探究。因此，示範探究性的提問和鼓勵學生提問，都應佔教學的重要地位。

Harwood (2004) 提出十項科學探究活動，其中有九項呼應到提問能力，可見提問是探究學習的關鍵能力。簡述九項活動如下：

1. 構思問題 (forming the question)：探究的問題、考試的問題，或有待解決的問題各有不同，學生需要模仿和練習的是探究型的提問。
2. 查詢已知 (investigating the known)：探究者需要練習運用教科書、圖書、期刊、網路查詢相關資料的能力。