

科學教學方法——理論與實際(一)

薩克曼的探討能力訓練模式

楊榮祥

國立臺灣師範大學生物系

有一位老師領一群學生在檯燈下閱讀。燈泡突然一閃旋即熄滅。

「怎麼了？」有一位學生叫喊著。

「什麼怎麼了？難道你沒見燈泡燒掉了！」另一位學生回答他。

「嗯！燒掉了？可是……那是什麼意思？」又有人問道。

「什麼“什麼意思”？」

這位老師拿出新燈泡重新裝好，房子裡立即重見光明，他說：「對呀！我們不是常常看見燈泡燒掉？可是那是什麼意思？究竟燈泡裡發生了什麼事？」老師讓大家看那燒壞的燈泡，然後再重覆著說：「究竟燈泡裡面發生了什麼事？我們來說明看看（建立假說）好不好？」

「燈泡玻璃裡面裝的是什麼？」有人搶問。

「對不起，我不能回答你這樣的問題」，老師回答說：「你要用別的問題，我才能回答你。」

「那玻璃裡面是不是裝著空氣？」另一位學生問道。

「不是」，老師答。

「裡面是不是有某種氣體？」另一位學生接著問。

「不是」，老師又說不是。學生們嘩然。終於有一位學生問：「裡面是不是真空？」

「是的」老師回答。

「是完全真空嗎？」另一位學生的聲音。

「幾乎完全真空」老師肯定地說。

「裡面那條細電線是什麼東西做的？」又有人問。

「對不起，老師不便回答你這樣的問題。請改變一下你的問法……」

老師答著。

「好！這條細電線是不是金屬？」這位學生重新問。

「是的！」老師回答說……

就如此一般，在學生與老師之間的問答中，學生們慢慢探討燈泡的構造與原理，並且建立各種假說以說明燈泡怎麼「燒」掉。最後還尋找參考書以求證他們所建立的假說。

以上是美國一所初中教室中所見一景。這位老師所採用的，正是探討式教學法中的探討能力訓練。

學理與概覽

探討訓練模式 (Inquiry Training Model) 是由美國科學教育家薩克曼 (Richard Suchman) 所發展倡導。回顧最近二十年，全世界中小學自然科學的教學研究，已有許多值得注意的進展，也有許多科學教育家所發展出來的新教學模式。較為國內學者所知者，除薩克曼以外，尚有泰巴 (Hilda Taba) 的歸納式思考模式 (Inductive Thinking Model)，舒華布 (Joseph J. Schwab) 的科學探討模式 (Science Inquiry Model) 及奧斯貝 (David Ausubel) 的「前置組織因子」模式 (Advance Organizer Model) 等。泰巴的歸納式思考模式，重點在於教導學生怎樣組織數據，並建立概念。舒華布的科學探討模式注重探討科學的過程，幫助學生發展其形成概念的能

力，奧斯貝則主張先提供所要學的概念給學生，然後再供應有關數據，以幫助學生了解並組織這些概念。薩克曼的探討訓練模式，則要協助學生確認事實 (fact)，建立科學概念 (concept)，並形成假說 (hypothesis) 以解釋所見之現象。探討訓練模式事實上就是科學家用以探討自然現象，發現新知識 (knowledge) 建立新原理法則 (principle) 過程的縮影。(註1)

目標與假設

探討訓練的教學模式的主要目標，是在幫助學生發展他們為解決問題所需各項認知能力，包括尋找與處理數據資料以及運用邏輯之能力等。薩克曼希望學生們都有能力獨立探討，但他更希望學生探討得法，遵照合理的方法去探討問題。他要求學生能找得到問題所在，也能問為什麼，並能運用其有關知識收集資料，設計適當的方法以探討自然現象中的因果關係。

探討訓練的教學模式通常以「使人困惑

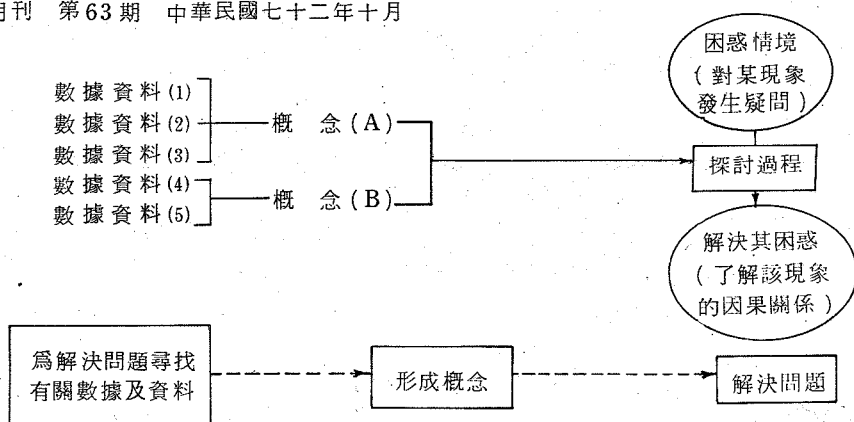


圖1 探討訓練的模式

的情境」(puzzling event)做為開端。薩克曼相信，當一個人遭遇到使他感覺到困惑的情況時，他一定會激起其學習動機。為了解這些困惑情況，他會很自然地昇高他的思考複雜性(complexity of thinking)，而思想如何將有關數據資料連結起來，以形成新的概念，並思考應如何將這些概念運用，以解釋他所面對的問題，以認明其因果關係(圖一)。

探討訓練的教學模式中，所假設的是：當一個人遭遇到使他困惑的情境時，他會觀察並分析環繞在這問題周邊的有關數據資料，以組成或形成新的概念。當他們在探討問題時，會獲得新的知識。探討的行為(inquiry behavior)本來就是人類生來具有的本能，但如同布魯納(Jerome Bruner，註2)，泰巴與奧斯貝一樣，薩克曼也相信學生們都能夠做「有意識的」探討活動，而這種有意識的探討過程技能，則是「可教導的」。教師可安排適當的學習活動，以教導並訓練學生探討問題的過程技能，包括：認識問題，為解決問題尋找有關數據資料，分析數據資料以形成新的概念，運用所得新的

概念以建立假說，並設法證明所建立假說的技能等。

薩克曼在另一方面也強調：必須讓學生領悟所有的科學知識都是「暫時性的解釋」(tentative explanation)。因為科學知識都是根據「有根據的事實」，也就是根據「數據資料」而做的解釋。所以一旦再有新的「根據」或新的「數據資料」，原來所做之解釋(原有的知識)都會面臨再檢討。舊的知識必將因而被修改，甚至被捨棄，而由新的解釋或新學說所取代之。所以，在科學的探討行動中，永無絕對的單一的「標準」答案。教師必須要讓學生了解這些問題，摘要之：

1. 科學知識是有根據的知識。
2. 科學知識是根據數據資料所做暫時的解釋。
3. 科學知識將因新證據的發現而隨時都可能被修改或捨棄。

教學要領

薩克曼認為人人具有探討問題的天性動

機。其探討訓練的教學模式也就建立在學生的「認知衝突 (intellectual confrontation)」上。當學生處在一個使他感覺到困擾的情境時，他們會「自然而然地」開始探討它。這就是探討活動的開端，探討訓練教學模式的開頭，需要一個足以使學生感覺到困擾的問題或情境，換言之，需要一個可使學生引起其「認知衝突」的問題或情境。例如：

用兩種不同的金屬（例如，鋼和銅）薄板焊對貼成一長條如長尺，當用火加熱其一端時，這金屬片就會膨脹，但因這「長尺」兩面金屬的膨脹係數不同，這一條長尺就會彎曲（註3）。

當老師（在探討活動開始時）出示這一條長尺，用火加熱其一端，直到這長尺明顯彎曲。這現象足以使學生發生問題並激起探討的動機。學生們必定想問：為什麼加熱後就會彎曲，為什麼都往一個方向彎曲，這金屬片究竟是什麼……。教師應鼓勵學生發問，但要事先說明老師只回答「是」或「不是」，要求學生問具體的問題，而不要問「開放性問題 (open-ended question)」。

讓學生了解不要請老師來解釋問題，他們先要根據所面對的問題，觀察資料，以及過去的經驗，以建立假說，然後求證於老師或其他同學。

不可以問：「熱怎樣影響這條金屬片？」

可以問：「所加的熱是不是高過這金屬的熔點？」

上面第一個問題只要求教師解釋所見的

現象，也就是要求教師來概念化 (conceptualization)，而不是由學生來做。反之第二個問題，則需要學生來思考——熱、金屬、變化等等因素，然後建立假說，或概念化（熱使金屬膨脹）之後求證於教師。

鼓勵學生繼續發問，但必須事先說明這「遊戲」的規則，即無論用什麼詞句都可以，只要能以「是」或「不是」來回答。在這種學習活動中，當學生忘了「規則」時，教師就要說：「請你改變一下你的問法，好讓我用“是”或“不是”來回答你的問題。」

教師應隨時提示學生要先分析問題，設法觀察其標的物或現象，收集資料以了解其本質、情境或相互關係，以便提出假說。換言之，學生是經由其親身經驗來學習。在上面這個例子中，「這條長尺是不是金屬做的？」這一問幫助學生接觸到問題的關鍵——金屬的特性（熱膨脹）。當學生了解到這些資料的特性之後，他必能建立適當的假說，以進行更進一步的探討活動。他們會轉問其相互關係，例如：「如果將火焰弄小，這長尺還會彎曲嗎？」

無論教師與學生，都需要分辨那些問題是問到「求證」 (verification) 那些問及「實驗」 (experimentation)。前者是問到物體 (object) 或情境 (condition) 的本質，或問到問題發生的原因以了解問題的本質；後者則問到有關變因或因果關係的假說，控制變因以實驗來收集解決問題所需要各項資料。兩者均為解決問題收集資料的重要過程。

假如學生認為所有的變因都確實有關係，他當然可以立即試立假說以說明其相互關係。但，假使先將每一變因都一一分別試驗，當可摘除那些無關重要的變因，而發現其他確實有關係的各獨立變因（independent variable，在上例中如長尺金屬的種類，溫度等）和從屬變因（dependent variable，如長尺加熱後的彎曲度等）之間的關係。（註4）

最後，教師可要求學生對於整個現象提出一個說明（假說）。例如：「這條長尺是由二片不同種類的金屬片所焊貼而成。當加熱時，這二種金屬片隨著溫度提高，都會膨脹其體積，但因二種金屬片膨脹程度不同，所以互相牽引而彎曲。」

學生們可能都有不同型式或程度的說明，只要有根據，有事實、數據資料的根據，而且合邏輯都可以接受。探討的過程不可能程式化，因為每一學生都可以有其不同的探討方向與方法。

學生必須能自由地實驗他自己的問題、假說，以及自定的探討步驟。但，無論如何，探討的過程都能區分成幾個合理邏輯的順序，因為探討每一階段的進行都以前階段的發展為基礎。如不遵守這種邏輯發展的順序，可能導致錯誤的結果，或降低學習效果甚至白費其努力。（註5）

根據以上薩克蔓的看法，探討式教學可

分成五個階段。第一個階段是提示問題的階段，接著三個階段就是探討活動的主體，包括求證、實驗及建立假說的階段，最後就是檢討，也就是對於整個探討活動的分析與評鑑，可摘要如下：

第一階段：提示問題（Problem）

- 說明探討步驟與規則。
- 提示「問題」（教師提示“足使學生發生困擾的現象”，例如：提示兩片不同金屬片所焊貼之長尺，加熱其一端使彎曲）。

第二階段：收集數據：確認問題（Verification）

- 確認「問題」中的物體（例如：金屬片）與情境（例如：加熱後彎曲）的本質。
- 確認「問題」如何產生。（例如：加熱等）。

第三階段：收集數據：實驗（Experimentation）

- 分辨每一可能變因（如：溫度，金屬）
- 假設並試驗可能因果關係（如：加熱——膨脹）。

第四階段：建立假說（Formulating an Explanation）

- 對於「問題」根據探討結果提出說明。

第五階段：探討過程分析（Analysis of Inquiry Process）

- 檢討本節探討過程，發展更有效的方法。

一些秘訣

薩克曼指示，學生往往在探討式教學活動剛開始時，就表示困擾不知所措。他們可能不習慣其主動的學習，也可能不懂得為自己的問題而發出問題。薩氏建議教師們儘快地讓學生進入探討活動，不要講一大堆有關探討活動的階段、方法、專有名詞等。因為這些對學生來說都是很陌生的名詞，只有加深其困擾。教師要設法讓學生主動參與探討活動。在這種學習活動中，學生們都需要進取（risk-taking）不容任何一位學生退縮而保持緘默。事實上，一旦學生了解到問題，在教師適當的鼓勵下，任何一位學生都會「很活潑地」主動參與這種探討活動。

第二個建議：試將探討過程模式化，做一個示範。先提出一個學生們都熟習的學說，然後用「“是”或“不是”問題」來考驗這學說。

當學生們對於探討過程有相當程度的適應時，教師應設法開始教一些探討用的專有名詞，並隨時建議或提示下一個步驟。例如：

「是的，那是很好的學說；可是你要怎樣證明（或驗證）它？」

當學生在實驗，或求證某種情境，或者他們在分離變因時，必須認定這些過程，例如：

「還有沒有其他事物需要驗證？」

「還有什麼情況需要我們來考慮？」

教師要逐步地讓學生學會「探討用語」，但必須間接地幫助學生，來了解這些探討過程中，所要使用的專有名詞。切勿在初學

時就教學生背這些用語的定義，例如：

不要問：「什麼叫做學說？」

不要問：「變因的定義是什麼？」

不要問：「什麼叫做控制變因？」

當學生積下相當程度的探討經驗之後，學生們會逐漸地認識這些探討活動中所需要用到的專有名詞。但教師必須時時刻刻地注意聽，學生是否適當而正確使用這些專有名詞，如發現有錯誤或不適合的用語，應即指出並改正之。

如果教師覺得學生們已有相當熟練的探討技術之後，教師可以開始試一試直接探討。例如：

「什麼是學說？」

「怎樣區別學說與假說？」

「學說究竟怎麼來？」

「在這種情況下，什麼是理想的探討方法？」

培養學習氣氛

探討式教學中最主要的一項目的，就是培養學生自動自發的學習能力與態度。因此，必須設法培養適合進行探討式教學輕鬆愉快但嚴謹的學習氣氛。學生應能樂意而主動地參與活動，學生每一項反應都應被尊重而受到鼓勵，但任何不適當或不合理的錯誤，都應立即受到誠意的修正，倘有意見的衝突，都應能自由地、坦率地、誠懇地、細心地討論以解決。

教師必須認定，這不是一種直接教學，也要認定「一切科學知識都是對於現象根據

事實（數據）所做暫時性的解釋。」為創造適當的學習氣氛，薩克曼提供六項規則（rule）做為實施探討式教學時教師們之參考。

規則一：學生的問句必須能用「是」或「不是」來回答。這項規則使學生在發問之前多做思考，也可限制學生不經思考就要老師來提供答案。

規則二：學生應有機會發問一系列的連續問題（註6）。因為創造思考的過程都需要時間與連續性。當學生在發問（探討）時，他（她）必須不受別的（想發問的）同學的壓力。

規則三：如果學生要求教師證實學說（theory），教師不可用「是」或「不是」來回答（註7）。學說只是探討活動的開始，教師必須鼓勵學生超越學說進一步探討，以實驗去驗證它。科學永無止境，科學知識無一是絕對「正確」的。自古，科學家不斷地研究，不斷地創造「更好」的學說。在探討式教學也一樣，學生們所提出的任何「解釋」都要經過班上大家的討論，而變成「更好」的解釋。教師應鼓勵學生在相互貢獻下共同建立更好的解釋。

規則四：任何學生都可隨時驗證任何學說。學生都應能隨意參與討論與實驗，以驗證別的學生所提「學說」的價值。

規則五：只要學生認為需要，他們都應該隨時都能互相交換意見，亦可召開小組會議（但這種小組會議最好是簡短，大約數分鐘長），如此，可鼓勵學生共同合作以創造。

規則六：儘量提供有關輔助器材與學習資源，例如：實驗器材，參考書籍，以及其

他任何有關學習資源，以加深其探討深度，並加強學習效果。

教師的任務

在探討式教學中，教師的主要工作是：

1. 選擇（或創造）問題情境以供學生探討。
2. 在探討過程中，擔任評判員。
3. 回答學生發問，提供解決問題所需之資料。
4. 幫助學生了解探討目的。
5. 促進學生探討過程中的討論活動。
6. 擔任探討過程的記錄員（可由學生擔任）等。

在探討活動的第二～三階段中，教師負有重大的責任。在這收集資料的階段，教師要幫助學生來探討，但並不替學生探討。如果學生所發出的問題，不能以“是”或“不是”來回答時，教師必須要求學生修改問題（改變句型）以重新發問。這時，學生必定會重新檢討其問題並收集資料，再據以重新發問。必要時教師應提供新資料，鼓勵學生用以發問。在這些階段中，教師對於學生發問的反應原則如下：

1. 要求學生發問要具體，必須能以“是”或“不是”來答。
2. 要求學生收回不適當（不能用“是”或“不是”來回答）的問題，並鼓勵收集有關資料，再根據觀察資料重新發問。
3. 指出無效的敘述，例如：「我們還沒有證明那是液態，就不能那樣說吧？」

4. 配合著使用探討用語，例如：「你這學說很好」；「還有什麼可能變因需要控制？」

5. 不認可亦不反駁學生所做之「學說」。

6. 要求學生敘述清楚（不含糊）。

7. 要求學生儘量收集更多證據以支持其「學說」或理論。

8. 鼓勵學生間的交互作用。

經過一段探討訓練之後，教師為中心的探討活動，應可慢慢地移轉到真正以學生為中心自主的學習活動。教師更需要注意創造「適合進行探討活動」的學習環境，包括探

討問題或所謂的「使學生感到困擾的現象——問題」。

探討式教學活動一例

如真正了解一種教學模式，光是讀理論是不夠的。最好能看到實際的教學。下面的劇本是一個探討式教學活動的記錄。這是小學五年級物質科學（Physical Science）的課。請先閱讀左邊的師生之間的對話。看完之後，再回頭研讀右邊的註釋部分。

教 學 活 動	註 釋
生：怎麼會少掉 $\frac{1}{4}$ 杯？怎會不見了？ 師：怎麼會少掉那些液體？我們來探討吧！大家都可以問老師任何有關問題，但，記住！老師只能以「是」或「不是」來回答你。先問些有關你所看到的東西吧。因為你要先弄清楚是否完全了解這些東西。 生：這兩個量杯大小相同嗎？ 師：是的。 生：其中一個量杯是不是有漏洞？ 師：沒有（不是）。 生：這一邊的液體是不是水？ 師：請講清楚一些。	第一階段：遭遇到問題…分析問題 （教師提示兩個大小相同的量杯，各盛有等量透明的液體。教師將這兩杯液體相混合，結果顯示這混合液體的體積只有 $1\frac{3}{4}$ 杯，而不是 2 杯（1 杯 + 1 杯 = 2 杯），顯然混合之後液體就少了 $\frac{1}{4}$ 杯。） 教師說明探討活動的規則…只能問「“是”“不是”的問題」，並提及特定的探討過程……確認「標的」物體與現象。 第二階段：收集資料（確認問題） 教師提醒學生：問話要具體要能

生：這二杯液體是不同的液體吧？

師：是的，那是不同的液體。

生：其中的一杯是水，是不是？

師：是的。

生：另一杯是醋嗎？

師：不是。

生：那一定是酒精，我聞到那氣味了。

師：對的，那是酒精。

生：當老師將這一杯的液體倒入另一個量杯的時候，是不是漏掉了一些？

師：沒有，我很小心倒過它。

生：這些量杯裡面是不是有「特別」的「機關」？

師：沒有，這是很普通的量杯。

生：這兩個量杯的溫度相同嗎？

師：是的。

生：燙的？

師：不是。

生：那是室溫嗎？

師：是的。好了，現在我們需要先整理一下。我們的問題是什麼？我們已經發現了什麼？大家來整理整理。

生：首先，老師將一杯酒精與一杯水相混合，結果一杯加一杯卻只得 $1\frac{3}{4}$ 杯。老師要我們探討為什麼。

生：我們知道那些量杯只是普通的量杯，在混合那些液體時，也沒有漏掉那麼多的液體。

生：這些量杯都是室溫。

生：所以，我們的問題是：那 $\frac{1}{4}$ 杯的液體到那裡去了？

生：是不是蒸發掉了？

師：怎麼證明？

生：我們可以實驗看看在1分鐘之內水與酒精會分別蒸發多少。（學生操作並示範這實驗。）

以「是」或「不是」來回答。

教師要求學生將所得資料整理成爲問題。請注意教師並不親自組織問題，教師要求學生組織問題，認識問題。

第三階段：收集數據（實驗）

教師邀請學生做實驗，以試驗因果關係，並清除不適當的（沒有關係的）變因。

生：好了！蒸發並不是原因。在短時間內它們不會蒸發那麼多。

生：當混合這些液體時，是不是有一些液體留在原來的杯子上？

生：看來有是有，但也沒有那麼多，只是幾小滴而已。

生：我們試一試，把兩杯水混合看看！（這位學生操作示範）

生：是兩杯！沒有減少。

生：再試一試別的看看（學生混合水與可口可樂，薑汁與水，牛奶與可樂）

生：這些液體相混合之後，都得正好二杯。

生：是不是只有水與酒精相混合時，才會減少體積？

師：不是。

生：當它們相混合才會減少？

師：是。

生：當你一杯酒精和一杯水相混合時，你不會得到你所預期的二杯水，1杯+1杯=2杯。

生：如果以 $\frac{1}{2}$ 杯的水與 $\frac{1}{2}$ 杯的酒精相混合，我們得不到1杯的液體？

師：是的。

生：我來該一試。（這學生示範）

生：是不到1杯！它就在 $\frac{3}{4}$ 杯與1杯之間。當我們混合其他液體時，往往都不到這一滿杯線。

生：對！但也不會像酒精和水的混合時那樣，差那麼多啊。

生：這就是說，當這二種液體相混合時，有某種不同的關係。

生：對啊。但，你說為什麼？

師：這些材料可不可以幫助你們解決問題？（教師所提供的教材有：各種不同的液體、糖、食鹽、砂、小石頭、量筒等，學生測量、相混合、觀察結果。）

學生在確認這物體的特性。

理論化直線因果關係（linear causation），教師並不在此停止，他讓其他學生提出更明確的解釋或說明。

實驗問題

請注意學生之間的交互作用。

教師邀請學生實驗，並提示其探討方向。

生：同樣的事情又發生了！當我把一杯糖與一杯水相混合，所得到的也不是兩杯。

生：是呀，那一定是水滲入糖裡面。

生：水與食鹽混合也會這樣。

生：小石頭與水也一樣。

生：當我們混合這些東西時，水滲進這些東西的空隙裡面，所以體積沒有增加到二倍。

師：那麼，你們怎樣解釋水與酒精的問題？

生：那也是一樣，當你把手與酒精相混合時，水與酒精的分子相混在一起，水分子滲入酒精分子的空隙裡面。

師：你說「分子」？

生：是的，物質都由分子所組成，當你將不同的物質混合在一起時，它們會互相填滿分子間的空隙。

生：當我們將糖與水、砂與小石頭、水與酒精分別相混合時，就會這樣。

師：其他液體的混合物呢？

生：有些液體的混合物就會少些。

生：不是所有的特質都會這樣，有的會很少。

生：有些很難看得出來，有些液體的混合物，只比紅線（二倍液面）低那麼一點點。

師：怎麼證明那液體的分子互相填入分子間的空隙？

生：再把它們混合起來吧！

生：我們可以用別的液體來試。

生：這次我們要好好利用量筒，用那些量杯實在不好分辨液體少了多少。

生：對啊！用量筒較正確（學生更細心地重新測量混合液）

師：好了，今天我們就探討到這裡，讓我們檢討一下我們做了些什麼？首先做過什麼？

生：老師將一個量杯的水與一個量杯的酒精相混合。

師：那時候你知道那是水與酒精？

第四階段：根據觀察結果試行組織一個原理或法則。

一個「學說」！

教師要求明確說明他們的「學說」

教師提示學生進一步研討他們的「學說」，使它更加健全。

教師邀請學生設法（實驗）證明他們的說明（「學說」）

第五階段：探討過程的分析

教師指出學生不適當的敘述。

生：不，水與酒精看起來都一樣，而且您也沒有告訴我們那是什麼。

生：您將一個量杯的液體與另一個量杯的液體相混合，結果得到 $1\frac{3}{4}$ 杯的液體。

師：然後呢？

生：我們要說明那減少的 $\frac{1}{4}$ 杯液體是怎麼回事。

師：就這樣，你們發現了問題，然後呢？

生：我們問過您能用“是”“不是”來回答的問題，也做了些實驗。

師：開始的時候，你們問了些什麼問題？

生：我們問過那液體是否是水。

生：我們問過一些問題，以確定那量杯中的液體是什麼。

生：量杯的溫度是否相同。

生：也問過那量杯是否有漏。

師：好的。你們問那些問題做什麼用？

生：這些問題讓我們了解我們所遭遇到的問題。

師：對的。首先你們發現了問題，然後你們問過有關你們所看到的物體；量杯與液體，其次你們問到這些物體的情況：溫度以及量杯的情況，根據觀察所得資料建立了假說，再用實驗證明你們所建立的學說。

教師用探討用語重述學生的話。

教師要求學生講正確些。

教師用探討用語整理學生活動，並做摘要。

(未完待續)

參考書目

註1. Weil, M., Joyce, B., *Information Processing Models of Teaching*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1978, p.127.

註2. Bruner, J., Goodnow, J. and Austin, G., *The Study of Thinking*, N. Y.: Science Education Inc. 1967, p. 2~12.

註3. Suchman, R., *The Elementary School Training Program in Scientific Inquiry*, Report to the U. S. Office of Education, Project Title VIII, Project

216 (Urbana, Ill.: University of Illinois Publications Office, 1962), p. 28.

註4. Ibid., pp. 15~16.

註5. Ibid., p. 38.

註6. Suchman, R., *Inquiry Development Program: Developing Inquiry* (Chicago: Science Research Association, 1966), p. 11.

註7. Ibid., p. 12.

南極大陸溫度上昇

取材自: Frontiers of Science 3:

Introduction to Earth Sciences



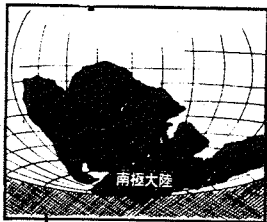
科學界對冰封的南極大陸，具有相當的研究興趣。

在南極大陸，過去曾是亞熱帶的氣候，草原上生長有大的動物。

最初在南極發現生物化石的是斯哥德上校。當時是1911年。

其後繼斯哥德探險隊後，在1958年新錫蘭探險隊也在南極大陸發現了動物化石。

此外在1971年新錫蘭探險隊，又發現了完整的魚骨，其中並有所謂的“早期”類～被視為兩棲類爬蟲類乃至哺乳類的祖先的化石。

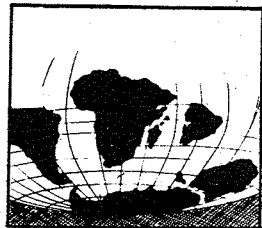


1971 美國南極探險隊，並發現相當於河馬祖先的化石，是一種棲息在沼池中龐大的爬蟲類。

上述這一種動物生存在二億年以前，它的遺骸在印度、南非都有發現。

由於這些發現，科學家們認為：這就是南半球大陸過去是連結在一起的證據。

這一超大陸最後分裂，原存的生物便隨着陸地在各地繁殖、進化。



——編輯室——