

科學教育的目標

(下)

歐陽鍾仁 國立臺灣師範大學

七、培養溝通觀念的能力

溝通觀念 (communication) 的能力，是科學方法之一。此處所說的溝通觀念，包含了某事項及一些活動的概念。例如，以五至十三歲的兒童為對象，可實施的科學課程有下列幾項：

1. 能夠適當使用新語言的能力。
2. 依事情發生的順序，能一一加以記錄的能力。
3. 討論或記錄兒童對於周圍生物和無生物所具有的印象的能力。
4. 將得到的資料記錄在圖表上，並能夠使用這些表示資料記號的能力。
5. 能夠使用上表的能力。
6. 使兒童熟悉生物和無生物的名稱。
7. 能將獲得的印象，做為建立模型、繪畫或記錄之能力。
8. 能夠使用計畫或圖表中各種記號的能力。
9. 能夠以表示事項傾向或變化比例去解釋所觀察事項的能力。
10. 使用各種簡單或複雜的圖表，以表達或傳達資料等的能力。
11. 能將所觀察的事項，用記錄的方法建立模型的能力。
12. 能夠選擇最適當的圖表形式來記錄資料的能力。
13. 能夠使用三度空間的模型或圖表記錄結果的能力。
14. 能夠利用圖表找出斜率、面積的能力。
15. 能夠使用類似事件說明科學概念與定理的能力。

觀念的溝通包含一切資料交換的方法。有關

溝通觀念的能力，例如英國勃朗寧報告書中所提示的小學教育的目標，有下列之記載：兒童和成人雙方為謀求一種幸福而實用的生活，除必須具備一般所謂三R的讀、寫、算三種技能外，還需要具備很多其他的技能，例如溝通觀念的項目就是其中之一。

另一方面，資料的傳遞在今天的社會中，其存在價值頗大。因此這種溝通觀念技能的學習，在教育目標上被認為是相當重要的一環。

(一)搜集資料

資料是溝通觀念的媒體。有些資料是由自己靠活動的經驗直接得來的，有些則是由別人提供而獲得的。例如，由「土壤沈澱於水中」，發現「土壤比水重」，就是一種由直接經驗得到的資料。而聽到這件事，進而得知「沒有實際去測量，無法知道。」的相反論調，則是由別人提供所獲得的資料。由於這些資料的搜集，更引出「為什麼土壤會沈澱」的疑問。所以，針對問題所表現的態度和能力，在學習活動中是相當重要的。

兒童搜集資料的方法，可以如下所述般地，由淺至深：

1. 由觀察與自己親身的體驗相印證而發現。
2. 由他人的說明或互相討論中發現。
3. 獨自時，例如收聽收音機的廣播而發現。
4. 由於自己閱讀而發現。

以上這四種方法，不一定均能各自獨立，因此，每個學習者在應用時，應設法統合一切可靠的資料，以便溝通各種知識概念。

兒童時常由自己的活動中，親自去觀察或讀

、聽、寫，其目的不外追求自己想要的知識。因此，不管任何學科，各學習者具有強烈的學習動機，都是出自其心甘情願的意欲而來的。

八、熟習模式變化與因果關係

讓兩歲半的兒童T，去觸摸庭院中栽種的一根頂端尖尖的竹筍，他會覺得害怕而不敢去碰。此後，看到其他尖尖的東西時，他也會認為和竹筍一樣。這種情形，可以說T已掌握了竹筍所象徵的一個模式（pattern）。

（一）了解「模式」

T到了三歲半時，變得敢用手去輕輕觸摸竹筍了。竹筍愈長愈高，不久就超過了T的高度。一天早上，T看見兩根並排的竹筍時，突然大聲喊道：「這邊的竹筍長得比較多，一定是飯吃太多了！」

然後，由於繼續觀察的結果，T漸漸地對於竹筍的生長，發生了濃厚的興趣。將竹筍的生長解釋為飯吃太多的結果，是用因果關係來了解生長的變化。T如果懂得將「吃飯」改稱為「攝取營養」，則他的想法就與成人一樣了。T有一個五個月大的弟弟，因此，T的母親也常用類似的譬喻告訴T：「比弟弟多吃些飯，才會長大噢！」

這種以自我為中心（ego-centric）的想法，如屬三歲半兒童的本性，則站在教育輔導的立場上，應予以重視而更進一步地加以培養。那麼，不久的將來，「竹筍的飯」就會被修正為肥料了。因此，碰到這種事情時，千萬不要性急，最重要的是先用身邊的事物引起兒童的興趣，再以兒童的立場變化那種事實，並解釋其間的因果關係。

由物體飄浮在水上或沈澱在水底的變化，可了解「飄浮物體」或「沈澱物體」的模式。也就是說，我們能夠將其間的因果關係解釋為「因為物體輕才浮起」、「因為物體重才沈澱」。此外，以比重的模式來表示亦是一樣，比重比水小的會浮起，比重比水大的會沈澱。這些被理解的模式，就可以發展為建立模型的概念。

此類模式如能成立，雖然肉眼無法看見空氣

，我們可以用水代替空氣。因物體在水中所發生的沈浮，可以與空氣中的「浮沈」解釋為同一類型的現象。

（二）發現因果關係

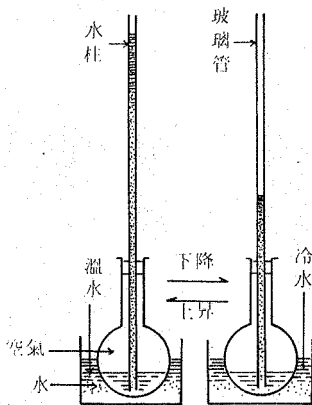


圖 1-4 空氣的膨脹與收縮

在燒瓶中裝半瓶水，並以通有玻璃管的軟木塞塞住瓶口（如圖 1-4），而插入溫水裏。仔細觀察玻璃管中水的上升情形。此為欲使兒童了解空氣熱脹的原理所作的實驗。

兒童之一的M生突然將燒瓶放在冷水裏，此時，上升到玻璃管中的水很快下降了。M很驚訝地問道：「水柱為什麼會下降呢？」

於是，M再拿起燒瓶，放在溫水中，水柱立刻又上升。孩子覺得很奇怪，就將燒瓶一下子放在冷水中，一下子放在溫水中實驗，漸漸的，他們發現其中有一定的變化，當燒瓶放在溫水中時，水柱會上升，而放在冷水中時，水柱則下降。

此處的「溫水和冷水」與水柱「上升和下降」的變化具有因果關係。兒童一旦能解釋這種因果關係，便能明瞭熱脹的原因就是熱。

像這樣，了解了「熱」現象中的因果關係後，也可將此種學習轉移到電、光、聲音、力矩、能量等概念。亦即是說，學習了熱的本質，非但能夠獲得有關熱的知識，同時還了解了這種學習的方法。換言之，透過「熱」這個教材，可以學到科學探求的方法。

通常教師所傳授給兒童的，是靜態的知識，至於變化間因果關係等動態的知識，則有賴於兒

童親自由活動中去學習和理解。教育的目標，就是在努力完成這種活動。基於兒童的立場來看，周遭的環境是隨時都在變動的。因此，要了解這些變化的型態和因果關係的知識，必須具有一種逐漸進度的特性，換言之，兒童應能不斷地建立自己的假設。

九、解釋事實與數據

在兒童認知的發展過程中，成人不能以自己的立場向兒童解釋已知的「事實」概念。如以月蝕來說，我們都知那是月球進入地球陰影內所發生的現象。但是，兒童的想法却不然。他們無法在一無所知的情況下，接受這項事實，年齡愈小的兒童愈是如此。由是，在教育上使用「事實」一語時，必須考慮到兒童的立場。

(一)區別事實與解釋

對於沒有經驗的兒童來說，他們幾乎每天都會遭遇到不同的新事實。至於採用何種方法來接受它們，往往便可決定兒童對於該事實理解的程度。也就是說，站在兒童的立場來慎重的解釋事實是相當重要的。茲舉例說明如下：

(一)長度、面積、體積、重量或時間等，會因測量方式的不同，而使測出的值發生誤差。例如，以不同的溫度計測量水的溫度時，就可能產生少許的誤差。因此，解釋這些事實時，最重要的是須先具有誤差的概念，然後即可處理所要測量的值。

(二)仔細觀察月球時，可知月球的形狀與普通的球形一樣。但是，乍見之下，月球往往並不如一般所說那樣，亦即球有時會被看作一個平面的物體。至於圓錐形則會被看作三角形或圓形，圓盤會被視為圓形、橢圓形或線形等。因此，乍見之下的狀態，不一定是事實本身。

(三)位置和運動的變化是相對的概念。例如我們乘坐飛機或汽車時，我們本身是靜止的，然而，飛機或車外的景物卻不斷的在變化。這即說明事物與自己之間是彼此關聯而互相對立的。因此，遇到這種情況時，有必要兼顧主觀及客觀的立場，以便思考與觀察。

(四)避免用「先入為主」的態度及立場去觀察或思

考。例如進行某種假設與實驗時，除根據該項假設，獲得它的結論外，還須考慮其他的立場及因素。

(五)當慎重解釋某項事實時，可遵循兩種方針：一是仔細加以分析思考，二是綜合單純化的思考。分析與綜合，在意義上雖然彼此對立，但是欲使兒童真正理解它們，就必須兼顧這兩方面。

(六)我們從植物吸收二氧化碳，產生澱粉，而放出氧氣的活動中，而歸納為一般性的「型態」。同時，這個「型態」還能適用於其他植物上。亦即，能事先預測其演繹的過程。因此，解釋事實時，須從歸納及演繹兩方面來着手。

十、為什麼要學習科學

學校教育強調，將傳統上認為同類知識的內容，加以統籌而分類成不同的學科，編著成教科書以教導兒童。此即所謂的正統教育。近年來，歐美各國對於這種知識的傳授，產生了「為什麼要教學」的疑問。此項問題關係到整個學校教育，基於科學的立場，同樣地，我們也不免要懷疑：「為什麼要學習科學呢？」

針對此一課題，我們可參考為了培養科學教師而開發有關資料的「奈非課程計畫」。針對該資料的內容我們可就本質上的理由（Intrinsic justification）及附帶的理由（Extrinsic justification）兩方非來探討。

(一)本質上的理由

科學探討並非僅是作為了解科學或作為適應社會的方法，而在於強調活動中科學價值的立場。關於此點，有如下五個理由：

(一)人類生活於生物與無生物所造成的環境中，很自然地會逐漸對於物理及生物世界發生極大的興趣。人類基於想了解這個世界的實態，甚至想進一步控制它的動機，慢慢擴大了物理、化學、生物等科學知識的研究領域。

(二)科學知識是基於以實驗為名之探求方法而獲得的。科學家們就利用這些科學方法，以觀察及實驗來探討所有的科學概念。因此，觀察與實驗是研究科學不可或缺的。

(三)「科學的理解」與歷史、審美、道德或宗教等

的理解，各有其不同的重要層面。然而，在這些領域中，要能對於眼前某些問題，作適當的判斷，首先仍須具備實質上的科學證據。例如，若一定要判斷「得到這種結果」時，應有表示現在「已成為這樣」的資料作為前提。因此，所謂科學的研習，可說是人類為要在非科學的領域中作正確的判斷所作的準備。

(四)心理學家往往強調言語與思想具有密切的關係，而日常生活中也包含了不少有關科學的用語。因此，從事科學教育的教師應設法引導兒童，透過各種科學活動以發展他們的語言能力。

(五)不同的科學教學法，能培養兒童學習「知性的技能」及身心活動的能力。由此可推測，教學方法與教育目標具有密切的關係。此點暗示著，如果將科學納入課程中，即可達成教育目標。兒童的理解力一旦受過訓練，便可由此獲得新知，並運用這些「知性的技能」，作正確的觀察，以及正確地使用設備等等，惟這些活動的能力不能憑藉講述的教學方式而獲得，必須尋求更為縝密而可行的方式。

(二)附帶的理由

這是為了強調純粹研究科學或將其應用於社會福利的立場，而提出的理由。

(一)在當今科技發達之際，人人都必須具備某些方面的知識與技能。因此，確實有教導兒童認識科學的必要。然而就科學課程內容此一實際問題的立場來看，我們很難想像會達到預期的高目標。例如，兒童步出校門以後，究竟有多少人了解洗衣機或收音機的構造呢？

(二)當今社會，有賴於科學知識與科學的理解能力，以發展經濟及增進物質生活。舉凡交通、電信、農業、醫療等和人類的生活息息相關，由於科學的應用而有長足的進步，但同時也產生了所謂污染的問題。目前開發國家的科學教育正針對科技的開發與污染的處理兩方面來著手，期能為人類創造更為舒適的生活環境。再說，現代的科學教育，實有必要進一步地開發科學的研究及處理其附帶產生的污染問題，因此，我們可知科學教育的目的，絕不僅僅為了經濟或物質的目的。尤其對開發國家或開發中的

國家而言，優先要考慮其糧食生產及維持國民健康的問題，而科技的開發只不過是科學中的一部分而已。

(三)具有科學基礎的純科學與科技人員，為要執行其工作，必須接受特別的教育訓練。基於此一觀點，我們對於從事各種職業的科學與科技人員，必須施予適當的有關訓練。

何謂科學的改進？人人所需要的科學知識為何？換言之，對於有關基本教育課程中的科學內容，我們必須具備本質上的解釋能力。為要達成此一目的，前面提及的兩個理由無異於給予我們明確的答案。我們的結論是，科學教育以培養兒童健全的人格為其目的，而在培養健全人格的過程中，它的重要性又該如何呢？

十一、何謂基本學力

如果有人問：「什麼是教育目標？」我們可以說，所謂教育目標，就是要培養個人的基本學力。

所謂基本學力，我們可從靜態和動態兩方面來看。靜態所表現的是「讀、寫、算」，亦即英文的三R（3 R'S；Reading, Writing, Arithmetics）。

就科學而言，國語和數學是學習知識的基礎。文化的繼承以及互相理解的基本能力的培養，是語文教育的重點，邏輯性思考能力的培養，則是數學教育的重點。此一觀點極易使人誤認為，只要能夠識字、會閱讀文章、熟練四則運算和記憶九九乘法表，一生便可以受用無窮。

不只是語文和數學如此，科學教育最基本的要求，是要提供某些構想。換言之，即承襲自然科學體系的文化遺產，將靜態的知識累積成系統化的基本學力。若基於此一立場來看，教導正在成長中的兒童有關這方面的知識，是必要的。然而，對於幼稚園或國小低年級兒童而言，則還不需要教導其學習科學課程。

若就動態方面來看基本學力，則所謂知能（Intelligence），便是一種對所思考的事物能列舉理由的能力（Capacity）。教學一旦以培養兒童列舉理由的能力為其主要目標，則兒童必然也

能同時學習到三R。

科學經常隨著時間不斷地進展，其價值亦隨之改變，若將培養這種富有彈性的「適應轉變力」以及「環境的適應能力」，當作基本學力予以考慮的話，不啻為一種動態的想法。知識的體系係依不同的個性建立起來的；科學的原理對此種動態的科學觀來說，只不過是假設而已，故就教育的立場而言，必須重視知識產生的過程才是其根本。

如果我們基於動態的立場，研究基本學力實施重點的內容，則對普通教育，我們可列舉出下列四原則：

(一)培養探討研究的學習態度。

(二)重視個別化的思考。

(三)推廣推理活動。

(四)重視團體合作的精神。

(一)讓兒童過充實的生活

一般傳統的觀念咸認為，學校教育的目的是為兒童將來進入社會作準備。為了使學生將來都能過著幸福美滿的生活，學校教育必須教導他們最起碼的各種知識。所謂靜態的「基本學力」即係指此。此乃為微觀的想法，未免缺乏長遠發展的眼光。而就巨觀的想法來說，則應發展動態的基本學力。

此即意味著「使兒童過充實的生活，是為將來成為有用的人所作的準備」。而「使兒童能過充實的生活」究竟指何而言？由以下的敘述，或許我們可以有所了解：

「讓兒童與其他同年齡的兒童或年齡稍長的青少年一起生活，一方面可學習別人的長處，一方面可從中享受學習的樂趣。然後，讓兒童學習各種技能，並能負責親自去完成每件事，以為將來開創前途的準備。換言之，即讓兒童了解在社會上如何立足，如何生活，這一點是非常重要的。」

學校教師與父母最主要的工作，便是盡力讓兒童在幼年時培養正確的生活能力與態度，因此，他們必須做一番妥善的安排，灌輸兒童努力的觀念，而非享受。享受（enjoy）一詞，在英國，無論是就一般的學校或社會觀點來看，均具有很深刻的意義。他們認為心中一旦有了想要得到某種東西的欲望，必須經過一番努力才能夠獲得。享受的意義，亦即在表明滿足當初那種欲望時，得到喜悅的那份感受。因此，它是一種必須花血汗去努力，才能領受到的快樂。

基本學力即是指能夠像上述那樣生活的能力與態度。換言之，亦即能自己找出問題，集中全力面對現實的能力。

（上接60頁，一則數學教學方法的討論記實）

讓兒童發現「減式的意義」——表示第一數比第二數多多少的意思，同時讓兒童學會用「比較多多少」的式子來回答「比較少多少」的問題。

綜觀上述問題的討論，可得在實際的教學指導上可行的要點如下：一是利用具體物的操作逐漸培養兒童對「減式意義」的直覺，讓兒童了解從5件東西中拿走3件，剩下2件，寫做

$5 - 3 = 2$ ，同時也讓兒童用「操作具體物」的方式來說明算式。有了這些經驗，再進一步引導到「求相差」的問題時，教師就告訴兒童5個物件比3個物件多2個，寫做 $5 - 3 = 2$ ，並讓兒童用語言和具體物的操作來解釋算式。唯有讓兒童透過具體的操作經驗了解「減式的意義」後，在他運用時才能立出正確的「減式」。

這是——則研究討論教學方法的實例，雖然在討論會上沒有獲得一個「標準的」或「特效的」指導方法，但是透過與會者的集思廣益，已經把問題的癥結剝析得很清楚，再進一步的處方相信是不難尋求的。筆者曾多次以臺北市國小數學科輔導員的身分，參與教學研究討論會，往往與會的老師們不願發言或以為提不出好的（有價值的）實際問題，致使討論會上呈現一片冷清，偶而有一兩位教師提出一個問題，卻又希望能有專家或學者替他「解決」或告訴他「標準的」方法。人說教學是一種藝術，「方法」是可以相互交換意見、模仿、修正、改進的，但是唯有先知道困難的所在，才可能有解決困難的方法。願我國小教育同仁認識及此，確信這樣的努力就是收穫，就是進步。