

國中實驗與觀察的 基本技能之指導要點

蘇賢錫

國立臺灣師範大學物理系

壹、前言

實驗或觀察是科學教育不可或缺的重要因素。這是不需要再說的。翻閱科學史便知，自然科學的基本概念在其形成的過程中，必定牽涉到實驗或觀察出來的事實。例如，物理學的普遍概念——牛頓的「萬有引力定律」，倘若沒有波蘭天文學家哥白尼(Nicolaus Copernicus, 1473-1543)，義大利物理及天文學家伽利略(Galileo Galilei, 1564-1642)，丹麥天文學家布拉荷(Tycho Brahe, 1546-1601)，德國物理及天文學家刻卜勒(Johannes Kepler, 1571-1630)等人的詳細觀測資料，或許不能發現。還有，愛因斯坦(Albert A. Einstein, 1879-1955)的相對論，倘若沒有美國物理學家邁克爾生(Albert Abraham Michelson, 1852-1931)與摩爾利(E. W.

Morley)的實驗來否定以太學說，恐怕不能創造出來。

他們所得實驗或觀察的寶貴資料，大概是來自他們的強烈問題意識，優異的直覺力，嚴密的邏輯分析力，以及不屈不撓的精神。

國中學生雖然不及他們的優異能力，假如讓學生做實驗或觀察，使學生能夠學到某種科學態度，那麼，幾乎所有的科學教育目標，可以說已經達成了。

爲了培養學生的科學態度，首先，教師本身必須針對某種目標不斷進行自然科學的探討活動，同時，必須站在指導者的立場，建立適當的環境，使學生能夠自動參與探討的活動。

爲了建立這種環境所需的實驗或觀察之基本技能究竟是什麼，本文將就這個問題加以探討。

貳、實驗或觀察的基本技能是什麼？

實驗與觀察的差異是什麼？根據字典的定義，實驗是「爲了研究特定的現象或關係，用人爲的方法來構成的條件之下所發生的現象，利用適當的裝置予以觀測或測定」，而觀察是「爲了認識，在一定方針之下，對現象不加以人爲的干涉，來查明現象的發生與狀況的事實。」

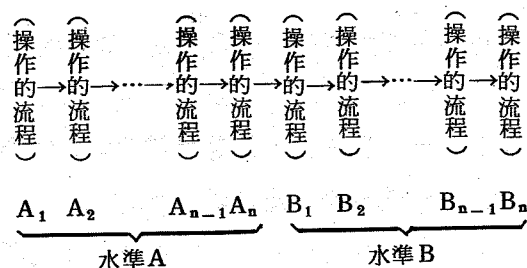
實驗的對象是用人爲的方法來構成的條件之下所發生的現象，而觀察的對象是不加以人爲的干涉之現象，這就是兩者的差異。因此，在實驗上，即使在自然狀態不能觀測的現象也能夠觀測，其特徵是，同一現象能夠使它重新出現好幾次。

至於實驗或觀察的基本技能，在狹義方面只是指實驗器具的操作能力，但在廣義方面是指爲了解決問題的一連串操作的能力。換言之，表示依照目的，從蒐集資料到問題的發現，假設的設定，以及驗證的一連串操作的能力。

參、實驗或觀察的基本技能與國中學生解決的問題之水準

若視實驗或觀察的基本技能是解決問題的一連串操作的能力，則必須考慮一種操作的流程：蒐集資料 → 發現問題 → 設定假設 → 驗證。同時，也要考慮其水準。圖一表示「操作的流程」與「水準」

的關係。如圖所示，導致解決問題的過程



圖一

必須累積好幾段從蒐集資料到驗證的操作。圖中，操作的流程以符號 $A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_n$ 表示，而水準的區別以 A, B 表示。一般而言，操作的流程可以分爲兩大水準（圖一中的 A, B ）。其中之一是歸納性過程的階段，亦即現象論的認識階段，相當於圖中的水準 A 。另外一個是演繹性過程的階段，亦即本質論的認識階段，相當於圖中的水準 B 。

現在，以發現牛頓的「萬有引力定律」的過程爲例，說明這一連串「操作的流程」與「水準」的關係，並且檢討一下，國中學生利用實驗或觀察，應該操作到何種水準？

刻卜勒的老師布拉荷，就天體的運行而蒐集豐富的觀測數據。刻卜勒繼承老師的觀測數據，加以整理，發現所謂刻卜勒的三定律與波得定律，波得（Johann

Elert Bode, 1747-1826）是德國的天文學家。另一方面，伽利略採用哥白尼的地動說概念，發現自由落體定律與圓周運動中的慣性定律。這些定律是說明現象的經

驗定律，但是沒有涉及為何這些定律能夠成立這種本質上的問題。因此，這個過程雖然經過蒐集資料，發現問題，設定假設，以及驗證的階段，可是，始終是現象的說明而已。換言之，這是歸納性過程的階段，亦即現象論的認識階段。

其次，牛頓利用反距離平方來說明刻卜勒的定律，發現「萬有引力定律」。同時，牛頓說明刻卜勒的定律與伽利略的自由落體定律及天體圓周運動的慣性定律之間的關係，創造力學定律的諸原理。這個過程就是所謂的演繹性過程的階段，亦即本質論的認識階段。

現在幾乎所有的國中都受到時間上的限制，恐怕連歸納性過程的階段也無法充分體驗到。大概是頂多只能夠依照教科書所記載的步驟去進行實驗或觀察而已。在國中的階段，要體驗整個上述的過程，在時間上與能力上都不大可能，但是，似乎至少應該體驗到歸納性過程的階段。

肆、實驗或觀察的基本技能之指導要點

一、實驗或觀察裝置及器具的熟習

前面已經指出，實驗或觀察的基本技能，其意義具有狹義與廣義兩方面，分別表示普通實驗器具的操作與科學方法的操作。因此，先就狹義的技能來敘述其指導要點。

最基本的技能是，要熟習器具的操作

。不熟習器具的用法就往往聚精會神注意操作方法而忘記實驗的條件或觀察的重點，終於導致失敗。使用簡單的裝置或器具時，通常都要應用到幾種基本技能的累積。雖然教師認為簡單的事，讓學生體驗時，常常在意想不到的地方費事，不能順利進行教學活動。

例如，用顯微鏡來觀察植物細胞時，首先需要製作植物體的顯微鏡切片之技能。要用刀片來做切片，抑或用小鑷子來剝取洋葱的表皮，必須想想辦法。利用刀片時，需要相當的技能。其次，用顯微鏡來觀察這張薄片時，必須熟習顯微鏡的用法。出現在視野的細胞，為了使其輪廓清晰，必須調節光圈，或利用濾光鏡來改變光的波長。

為了熟習這些裝置或器具，最重要的是經常實際去操作，但是，為了有效活用，最好是去理解這些裝置或器具的構造與機能的原理。一旦知道「為什麼這個裝置會動？」「為什麼這裏要有透鏡？」，學生就會小心使用，不隨便破壞，且能廣泛活用。

例如，國中理化所用的基本實驗器具——本生燈、電源裝置、照度計、電壓計、電流計等，最好理解其原理。尤其是本生燈，特別容易發生危險，必須徹底理解其構造與機能。譬如說，最好要明白，煤氣從何處出來？怎樣調節？空氣從何處流入？怎樣調節？

二、科學方法觀點下的實驗或觀察之基本技能

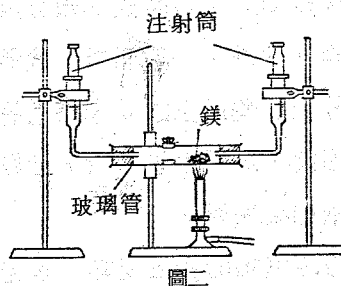
現在，把實驗或觀察的基本技能視作運用科學方法的操作能力，就蒐集資料，發現問題，設定假設，以及驗證實驗的各階段，敘述其指導要點。

蒐集資料的方法可以分爲文獻調查與利用實驗或觀察的兩大類。一般而言，問題的內容相當明確而調查目的非常清楚時才做實驗，通常，在蒐集資料的初期階段，多半利用觀察。根據文獻調查的方法，只要時間許可，最好讓學生盡量去做。然而，這時也要讓學生明白，該查什麼？根據觀察的方法時，最重要的是，要讓學生明白觀察的重點。例如，「A樹的樹葉，葉形是圓形還是三角形？」讓學生明白重點在「葉形」。同時，在比較時，要盡量數量化，讓學生明白其差別。

在發現問題與設定假設的階段，最重要的指導要點是，製造適當的情境，使學生自己發現問題的存在。例如，與學生的既往經驗互相矛盾的教材，把它提示出來也好，利用VTR，幻燈片，影片，或微電腦來提示模擬情境也是好辦法。還有，說明科學史，讓學生明白科學概念形成的經過也是不錯的。

與學生的既往經驗互相矛盾的教材，其一例是「質量因化學變化而改變」的實驗。一般教科書都是把鐵或銅予以加熱，

再測定氧化後的質量。然而，在此之前，先用圖二的裝置來實驗鎂的氧化，必定饒



圖二

有趣味。利用這種裝置來實驗時，氧化後的鎂全部變成灰。大多數學生知道，木頭燃燒後變成灰，比燃燒前爲輕。因此，看到鎂氧化後的灰狀物，大多數學生一定以爲比反應前的鎂爲輕。換言之，這時學生的既往經驗與比反應前爲重的現象之間發生矛盾。

在此階段，教師發問：「爲什麼質量增加了？」，則學生一定覺得有問題，而一齊說：「好，查一查看看。」

利用錄影帶、幻燈片等視聽器材來使學生發現問題，可能是把宏觀世界、微觀世界、高速現象、與低速現象變成可見教材時比較有效。宏觀世界的實例是，銀河系宇宙的構造與太陽系的想像性映像。微觀世界的實例是，原子分子的模型與植物細胞的構造等。高速現象以低速放映的實例是自由落體運動，相反的例子是細胞分裂的過程。

設定假設時的重點是模型的提出。思考是映像與邏輯推理互相協助來發展的。

因此，眼睛看不見的抽象教材，最好儘量提供能夠直接掌握的具體映像或模型。

讓學生推論時，有時候必須分成幾組來充分討論。此外，一般而言，我們大人要比較或分析三個以上的要素時也感到相當困難，因此，讓學生思考時，最好把要素限制在兩個來檢討。

至於驗證實驗的指導要點，首先要使驗證目的明確化。學生往往只對實驗或觀察感到興趣，完全忽略實驗或觀察的目的與問題的所在，反覆做毫無意義的實驗或失敗。其原因是學生沒有發現問題，因此，驗證實驗之前，必須製造適當的情境，使學生發覺問題的存在。

此外，在實驗或觀察時的注意事項包括，第一、實驗項目要選擇操作次數儘量少的，第二、實驗所需的材料儘量使用身邊的。

另一方面，事實與推論必須加以區別。尤其是眼睛看不見的原子、分子、離子的教材，做實驗測定出來的數據與根據這個數據的推論，往往兩者沒有加以區別，因而阻止推論的發展。例如：「氫氧化鋇水溶液中加入硫酸時的電流之變化」這項實驗中，「加入硫酸到某量時，電流變成最小值」這件事實，與「因為離子數減少，所以電流變小了」這種推論，必須加以區別。這種區別是發展推論的必要條件。假如這種想法不能說明其他的實驗事實，那麼，這種想法不是必須拋棄，就是應該

加以修正。

上面扼要說明國中實驗或觀察的基本技能之指導要點，但是，實驗或觀察的指導是最困難的事情，雖然用文字來說明甚為淺顯，真正要實踐，恐怕相當不容易。

（取材自「理科教育」No. 188，
1983年7月）