

教師實驗之目的與改進

— 金山廣吉著 吳京一譯 國立臺灣師範大學 —

一、何謂教師實驗？

「教師實驗」這一名詞是與「學生實驗」相對的。也有人稱為「教學實驗」「說明實驗」「示範實驗」等。教師欲使學生瞭解新知識或新技術、方法等，而在學生面前實際操作給他們觀看，以期學生容易習得有關必要的知識為目的。

何謂實驗？日本岩波理化學辭典中對於「實驗」有下列之定義說明；『以研究某種特定現象或關係為目的，而在人工方法作出已準備好之條件下，使用適當的裝置來觀測，測定某種現象或關係謂之實驗。因為可以觀測平時發生之現象，或只在某特定條件之下產生之變化，所以分析現象之手續較簡單，同時也可以任意反覆發生變化』。

對研究自然科學上不可缺少之實驗意義，我們可從兩方面來加以討論。一是為收集自然事物、現象有關之各種資料而做的，是為積極性的；二為欲證實自理論或法則裏推理出來的予想，預見或結論之正確性，是為驗證而做的。

屬於經驗科學中之自然科學，其推展論理之方式有歸納法及演繹法兩種，惟其最後所得之結論還是靠當事人（實驗者）所已獲有的經驗事實來決定。因此欲使實驗者獲經驗為目的而做的實驗是特別地重要，且有特別的意義。

但我們現在在此所要討論的實驗僅指學校裏所做的自然科學實驗，而不是實驗者要獲得本身之經驗而做的實驗。如果以後者之實驗稱以「研究

實驗」，那麼學校裏所做之實驗應可稱它為「學校實驗」。這兩者之實驗，自有如下表之同異點。

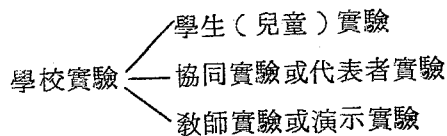
	目的	實驗者	實驗條件	研究對象	研究方法
研究實驗	研究	研究者（科學家）	自由	未知之自然事象	科學方法
學校實驗	教育	學生（小孩）與教師	受時間、器材之限制	已知之自然事象	科學方法

於上表，首先我們應注意的是「目的」的不同，而因目的的不同即限定所有其次的各事項。其中最明顯地受限制者是「實驗條件」。就研究實驗言，其實驗條件很是自由，只要能夠達到目的就可，不必考慮其他條件，但學校實驗却受使用時間，使用器材等很嚴格的限制（有限的時間及有限的器材）。

無論是研究實驗或學校實驗，所做實驗的對象皆為自然事物、現象，而皆須用科學方法。惟研究實驗之對象是「未知」之自然現象，而學校實驗之對象即是「已知」且已教材化的自然現象。但在此，我們須要記着那就是；教師的立場來看學校實驗的對象即「已知」之現象，但對兒童或學生來言，它還是屬於「未知」，且真不可思議之新事物。因此也許它可以歸入為類似研究實驗之範圍內。

現在我們要更詳細地看看這學校實驗之內容。學校實驗，有的只有兒童或學生參加，親自下手，教師只可當助理人，有些即教師親自做給學

生看，及教師與學生共同做實驗等。它可如下表表示：



由上表可知，教師實驗是僅屬於學校實驗中之一形式、方式而已。教師爲了便利指導學生，而做給學生、兒童示範。因此教師實驗只能在學校實驗中存在，而不屬於研究實驗。這也證明，學校實驗之目的是教育，而要達到這目的，無論學生親自做實驗，或教師做實驗，都分擔了很重要的角色。

二、教師實驗之重要性

所有教育活動是爲了教育兒童、學生才有存在之價值，而教師之立場僅僅是教育活動中之一幫手而已。因此指導自然科實驗，亦爲教育兒童、學生而存在。它並不爲教師而設定的。由這觀念向前推展，有些人以爲學生實驗是學生爲中心的活動，所以是最好的實驗方式；相反地教師實驗，那是教師作中心的實驗，是不好。但這種想法，可能曲解了教育理論而並不正確。這雖然名稱是教師實驗，但其內容始終都是以學生爲中心，並不是以教師爲中心。現今對這教師實驗往往有所誤解，因此我認爲我們有再加以討論之必要。

學生實驗之效果，並不以學生做爲形式上的中心就可得預期之學習效果。如果教師沒有充分的準備及選擇適合於兒童、學生能力的實驗時，這種實驗僅是使學生手脚之運動與操作而已。此外，雖然有充分地考慮及準備之下做學生實驗，但還有許多預料不到或不能即時解決的問題是時時潛伏存在着。其較爲重要者如下列

(1)因實驗技術不熟練而引起的問題

兒童、學生皆並不是科學專家，也不是每天做實驗。因此當然對實驗，其手技亦極未熟。學生雖然有學習且做到能用天平稱重量，或操作顯微鏡等方法，但那究竟僅在學校實驗中所學習到

，而並不會每天反覆練習。因此這種技術可說未能完全習得。科學上之實驗技術到底不像其他如游泳或騎腳踏車等之身體技術，而大部分是靠記憶的技術。所以當他們每次使用器材時，大部分學生還對該器材之使用法並不熟練之狀態。

既然學生對器材之使用方法未能完全諒解及習得，他們自然地僅能夠極初步的觀察或粗略的測定，教師更不能期待他們做更詳細的觀察與討論。學生往往忘記保存或記錄各種事象未變化前之資料做爲控制組，或缺少實驗條件之統一性。例如使用照度計時，因沒有注意到照度計之一面已向明亮的窗戶，而所得之結果完全與教材相反。這僅是其一例。

如果要學生做定量測定，測定技術不熟練更會招致甚大之誤差，而且這誤差之起因大多數係不注意或學生之過失所引起的。因此自然也不能適用統計學上之誤差論來討論其精確度。應用這些誤差太大且不完全之資料中能否導出一定之結論？這將是一大問題。此外，彈簧之延伸度與荷重量之有關資料中誘導霍克法則，或以導體中之電流與電壓，求知歐姆定律等，這些資料雖然誤差較大，但因也可以把這些資料換成圖表化，使某種程度之誤差包含在內，因此也許還可容許，但如果對熱量，或摩擦力等較棘手之問題，即不能期待良好的結果。

從不完全的資料中玩弄較據使導出結論，這在學生之立場來看，這完全是被強迫接受知識，而引起學生對實驗之不信任。爲了避免發生這不幸的結果，最好還是要他們反覆做實驗，到得到正確的答案爲止。但這將需要長時間之嚐試，而在一限定之時間內則很難達成。因此在這種情況之下，最好還是教師實驗來補足學生實驗之缺陷。由於教師實驗之結果，學生可得到正確的答案，也可以導出正確的結論，進而更可使學生重視正確的理解與實驗。這即是教師實驗之必要性。

更嚴重的問題是由於學生技術不熟練所發生之危險性。有些實驗可能有產生高溫、高壓、高壓電、閃光、或需要使用劇毒及藥品等。有些學

生在最簡單的操作中，例如用酒精燈加熱試管內的液體就受燙傷、切傷等。尤其對於氣體發生實驗，加熱燃燒實驗等化學有關之實驗時，指導者應該需要特別加以注意，而絕不允許因指導者之疏忽而人傷身亡等不幸事故之發生。由此看來，有危險性的，或需要高度技術之實驗，如果它們是指導、教學上不可缺少的實驗者，即最好以教師實驗實施。這亦是教師實驗不能沒有的原因之一。

(2) 受時間及器材限制所發生的問題

兒童或學生之思想是有衝動性，且一邊做一邊修正的錯誤試行，是漸進方式，絕不會走上教師所能預料且已計畫好的直線路上前進。對於研究實驗，它本來就含有各種嚐試，且要用廣範圍的思考。因此欲得一結論就要有相當長的時間。學生實驗如果有充分的時間可摸索，學生學習行為更得深度，但也有時反而得不償失，引起學習功效之降低。

在自然科學中需要指導的學習內容相當的豐富。因此不能僅對一教材消耗所有時間。精選學習內容適當者確是重要條件之一，但除此之外，也要考慮除學生實驗外應再加教師實驗之活用問題。

實施學生實驗，應準備學生各個人或各組之實驗器具及材料皆是公平為原則。不然，只能增加學生旁觀者之數目，不能達到學生實驗之目的。如果實驗次數增加，每年所需要的實驗費用甚多。經濟狀況很好的學校也許還可應付，但大部分學校則因經濟負擔太重而招架不住，最後面臨實驗停止之不幸場面。在這種情況下，把學生實驗之某項內容換成為教師實驗，那就大大地可以減輕實驗費用之負擔。

三、教師實驗之任務

教師實驗在指導自然科學上之任務甚多。不過大概可以分成二大類來說明。一為使學生確保科學知識，增加基本概念。二為幫助學生養成科學思考力。茲特再加以討論如下

(1) 協助科學知識之理解

△原理及事實的演示——例如利用槓桿實驗器材示範槓桿原理，或使用X線發生裝置，透視小動物體內構造等皆屬此類。正如『百聞不如一見』，可以加強印象，且可以確保學生已得之知識。

另外，某種現象之變化有涉及長期時間，或相反的只在極短的時間內消失。對這些現象之變化，教師實驗可以適當地調節時間因素，示範給學生觀察並增加學生之知識與了解。

△模型及樣品之展示——這指展示生物或礦物標本，或機械器具之樣品，並適當加以說明或操作之示範行為。學生由此可得正確的知識，例如展示各種馬達引擎之橫切斷模型等即屬之。

△方法及技術之模範演示——欲使學生習得實驗方法、技術時，有時候教師必須先演示模範動作，並加以說明其方法或技能上之困難處，或要注意之各點。例如，酒精燈之使用方法，顯微鏡之操作技術等。當然學生本身應即時親自下手，但也可視為從教師實驗中獲得之一種知識。

經過教師演示之後，學生可以按照教師之指導，實施練習。如此，學生之技術能力可提高好幾倍。因此也許有人誤認為模範演示除了幫助學生對知識之理解外，還可以提高學生技術上之能力。但如果學生只看教師演示，即不會有能力之向上。學生須經過觀察，並利用觀察所得之知識做為基本觀念來親自下手去做，這樣才能提高能力。因此模範演示，可以屬於幫助知識理解之一方式。

(2) 培養科學之思考力

如上述，幫助學生科學知識之理解是教師實驗中最普通之任務。但教師若能再加以詳細計畫時，它很可能成為比學生實驗更有效的指導方法。例如：

△能喚起興趣——一般認為教師實驗極容易普遍地引起學生的興趣。因為教師實驗含有多多少少的表演性質，因此對教師之講課不感興趣的學生亦對教師之示範實驗會有濃厚的興趣。尤其是

對變化很明顯的實驗。例如：發生特大特強聲音的爆鳴實驗，汽油引擎發動技術，富有鮮艷色彩的呈色反應，玻璃三角稜鏡之分光實驗，或用摩擦電使日光燈發光等，皆是好例子。這些「意外性」，使得學生看來像是魔術般津津有味。惟魔術的「意外性」與教師實驗之「意外性」是完全不同性質的。在魔術，即把「底細」儘量地遮蔽，不使人發見；而在實驗，即儘量地揭開或剖明「底細」。

△把握問題——教師實驗效果最好的時間是每一授課剛開始的時間。在這時候做教師實驗，容易把握問題。譬如：在一般普通狀態下，很難要學生認識大氣壓的存在。在此，教師如果表演用力拉開在黑板上已吸着的橡皮吸盤，演示給學生看，使他們發生「為什麼吸盤不易脫開？」的疑問，而使這疑問發展為問題。另外或取透明大塑膠管做一條五公尺左右高的大吸管，然後教師與學生共同測定它能夠吸水多少高度，這些皆可以使疑問問題化。

△問題之解決——教師實驗可以解決有些問題。譬如：假定有一問題，說水中能否傳導聲音？，而學生反應若一為可傳導，另一為不能傳導的二種答案時，教師可誘導他們認為除了實際做實驗觀察外無法說服對方。這實驗之證明方法甚多，但最好的方法則取一警報器（buzzer）（如果是交流電警報器，可以直接放入水中，直流電警報器則須用塑膠袋包覆）置於盛有水的瓶子中，然後通電使發出聲音來。然後教師使學生比較警報器在空中及水中聲音之差異。因在水中的警報器聲音比空中更宏亮的結果，學生容易得到正確的答案。

△學習結果之評鑑——教師實驗可以評鑑學生學習效果、科學能力、及態度。教師做了某一示範實驗，使學生詳細觀察，然後要學生說出實驗反應結果，或其理由，或討論示範實驗方法之良否。有時候，教師更可以故意用錯誤的方法，並提出錯誤的結論，而使學生自動指摘或訂正教師實驗錯誤之各點。如此可以評鑑學生之觀察能力

及思考力。這種評鑑方法，不但可以評價知識，而且也可以觀察學生之能力或態度。因此在自然科學中之各種評鑑方法中，這教師實驗將成為甚優良的方法之一。

四、如何改進教師實驗

(1)選擇正確且易瞭解的實驗

達到某一實驗目標，方法雖多，但勿以在教科書、參考書上有這麼實驗方法，或以為過去大家都如此這般地做而選擇它做為教師實驗。我們應該檢討該實驗方法是否正確，學生能否容易了解？然後選擇達到學習目標最多的，且必能成功的實驗。

例如欲究明空氣與音響之間的關係時，有很多方法可以實驗證明，如有瓶（flask瓶）中吊小鐘鈴，然後加少量水於瓶內，把它沸開使排出瓶內空氣而後搖鈴，或玻璃鐘內放電鈴或小型手提收音機，然後用真空唧筒來抽氣，玻璃瓶內放小型警報器和麥克風等然後抽氣。其中可以明顯地表示氣壓之變化引起聲音強度改變的實驗是放小型警報器和麥克風的實驗方法。因此教師如果準備這些器材時，應儘可採用這新方法。

除上述之注意外，同時需要考慮選擇學生容易了解的實驗，選擇實驗裝置要儘量簡單，而能有直接可得到的結果者。譬如，要稱材料重量的器具而言，自動上皿天平比精密懸垂式天平好，因為上皿天平的精確度雖然不比懸垂式好，但操作簡單，稱重結果即時給學生直接看到。

用簡單的模型表現複雜的機械之內部構造或動作（視覺化）或用模型來表示氣體分子，電子之構造（模型化）。教師應該想辦法開拓較偏重於理論的理解方面之實驗方法。

(2)應該考慮能徹底觀察的實驗

教師實驗示範的對象是學生，因此要考慮學生能否可以詳細觀察。為要達到這目的，教師實驗裝置應儘量使用大型器材。如果不得不使用小型器具時，可以叫學生集合圍繞在實驗桌周圍，或使用實物幻燈機，OHP等，使擴大投影，能

夠使每一學生可以看到細部之構造、變化等。有些電回路可使用投影用計測儀來說明，也可得極良好的效果。

除了器具要大型化外，如能容許，也要同時考慮立面化。立面化即指水平面上的實驗改成為垂直面上（例如黑板上）所施行的實驗。若能立面化，教師可期待坐在教室後面的學生亦可充分觀察。教師可利用橡皮磁鐵片，或吊物板（hanger-board）來設計立面化。

(3)設法引起學生之興趣

教師實驗儘可選擇強烈刺激學生感覺的實驗，換句話說選擇變化顯著的實驗。有大型、光亮眩目、鮮艷色彩的實驗大都受學生們之歡迎。除此之外，實驗之「意外性」亦大可喚起學生之興趣。例如在圓筒內盛水，用紙片密蓋着筒口，然後使圓筒倒立，學生「意外地」發現圓筒內的水就流不出來了。這種實驗可說是精彩且容易把握問題。

教師做示範實驗時，其裝置儘可能模仿實物，使學生亦直接可以參加。例如使用真正滑車、輪軸，或用長棒作槓桿，使學生協同參加實驗，這些皆可引起學生興趣。

(4)須考慮效率、經濟等問題

實驗都要事前準備，但若作事前準備就消耗好多時間，誰都會自然地提不起實驗興趣。因此

若製作好的裝置，在該實驗終了之後須收在箱內，下次要用時就即時拿出再用，這樣就大大地縮短準備所用之時間了。

儘量使用新材料、新技術、新方法，而設計過去所不能實現的實驗。例如導入電子工學技術，製作新的道具或設計自動化，使用電磁記錄器或VTR等把實驗結果自動記錄。這些實驗方法效率都很高。

最近有塑膠製的日常用品，或其他化學海綿的材料甚多，又瓶子、紙箱等廢物亦不少。這些材料之入手容易，加工亦極容易。因此活用這些材料、廢物做為實驗材料可以節省一筆不少的實驗經費。

※ ※ ※ ※

以上是本人所想到的改進方向。教師實驗除了補助學生實驗外，它有獨特之任務。它對爾後自然科學指導上也不能缺少者。欲使得兒童、學生們對自然科學產生濃厚的興趣及愛好自然科學，即希望學校老師做些很有趣味的實驗給他們看，同時對於改善實驗方面亦盼望各位老師多費心思。最後請各位老師對於實驗事故；尤其人身事故特別小心，對高溫、高壓、高壓電、劇毒藥充分地注意。

【附】著作人：金山廣吉教授；日本埼玉大學教育學部教授。

（上接 22 頁，臺灣油礦之探勘與開發）

造發現並確認儲積大量天然氣以來，石油化學工業逐漸被建立並發展。每天能處理天然氣一百萬立方公尺之錦水天然汽油廠於民國五十三年完成並開始生產天然氣。其後於民國五十七年完成鐵砧山天然汽油廠，其處理天然氣之能力每天達三百萬立方公尺。青草湖天然汽油廠於民國六十三年完成，每天能處理一百五十萬立方公尺之天然氣。民國五十二年建立慕華尿素肥料廠。此後利用此等天然氣作為原料，發展石油化學。民國五十四年臺灣電力公司完成通霄發電廠，利用

鐵砧山之天然氣發電。現在已完成通霄至基隆及通霄至臺中區之輸氣幹線，將來將延長至高雄區以配合工業之發展。

主要參考文獻：

工業技術研究院礦業研究所（一九七四）：
中華民國臺灣省礦產資源發展（一九四五～一九七三）三四頁（英文）。

中國石油股份有限公司臺灣油礦探勘處（一九七一）：臺灣石油及天然氣之探勘與開發：一二一頁。