

科學教育的目標 (上)

歐陽鍾仁 國立臺灣師範大學

「有眼光的家長對自己子女的期望，和教育當局對於全體兒童的企盼，原則上應該是一致的。」學校教育的主要目的，乃在於「使全體兒童能夠順利的步入自我完成之途。」

有遠見的家長對於子女究竟有何期望呢？一般說來，他們總是希望自己的子女能成為「活潑潑、純真可愛、而又有興趣參與正當活動的人。」也就是說「應該讓兒童透過充實的現代生活教育，作為將來步入美滿生活的準備。」

由以上的敘述，不難了解到，教育目標的理想境界，是「為要達成幸福美滿的人生，而作一種最佳的準備。」希望藉教育的力量，使人們具備完善的人格，而事實上，似乎也只有教育能達到此種效果。科學教育是學科中重要的一環，我們希望經由它和其他教育的密切配合以後，能夠達到上述的期望。

一、兒童的學習生態

(一)同樣的觀察與不同的反應

老師拿了一個燒杯，裏面下層裝了土壤，上層裝了水，讓學生看了以後，問他們：

「同學們看了燒杯裏的東西，有什麼感想嗎？」

A生聽了，立刻舉手回答：

「土壤好像比水重。」

接著，B生也提出自己的看法：

「你怎麼知道土壤比較重？必須實際測量才會知道吧？」

A生很不服氣地說：

「沈澱的物質本來就應該比較重嘛！」

B生說：

「沒有全部沈澱呀！」（大概他看到有一部分是呈半透明狀態。）

(二)問題的產生

「為什麼土壤會沈澱呢？」對於這個問題，B的看法是這樣的「水較多，所以土壤會沈澱，如果將少許的水放在土壤裏，水也會滲透進去。」A則下了這樣的結論：「同樣分量的土壤和水放在一起，而土壤會沈澱，當然是土壤比較重。」

事實上，當土壤和水混在一起時，土壤浮在水中，是表示它比水輕。等過了一段時間後，土壤會產生沈澱則是因為水已經滲入土壤裏面，所以土壤變得比較重。

下圖中包含了觀察、討論和實驗等過程，從這些實驗、觀察和討論之中，我們可以看出中年級的小學生對於一件物體的看法與想法。了解了他們的看法、想法後，教師才能夠去考慮如何進一步指導他們。

今日，對兒童科學概念的形成，以及對於兒童思考過程的了解，是身為教師者在科學教學的過程中，首先必須研討的課題。

(三)基本概念結構能力的培養

具有同樣物質的物體，以水來說，多量的水一定比少量的水重。這種同類之間的質量關係，應用在土壤或其他物質上，也是一樣的道理。但是土壤和水等不同類的物質之間，無法作比較

。如果硬要分別出兩者的輕重，必須先經過一道測量的手續。換句話說，要說出放在你面前的兩樣物體孰重孰輕，必須在測量以後，才能夠決定。那就是實驗。

上述的問題經過整理後，可用下列的圖解來表示：

土壤的實驗（小學三年級）

發現了什麼？

▲ A 生

△ B 生

（▲ A 生）

▲ 土壤比水重

（相反的意見）

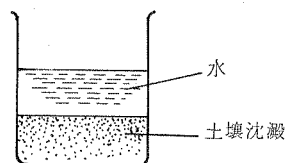


圖 I - 1

（△ B 生）

△ 沒有實際測量、不知道

△ 不是全部沈澱

為什麼土壤會沈澱？

▲ 水和土壤等量時，土壤會沈澱所以土壤比較重。

△ 水較多，所以土壤會沈澱。

如果將少許的水放進土壤中，同樣的，水也會滲進土壤裡。

實驗看看，會變成什麼樣子？

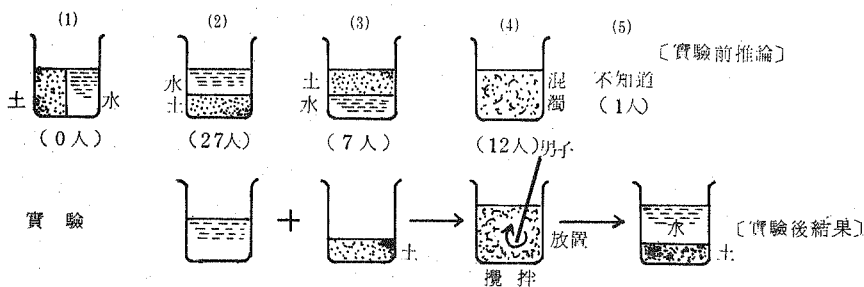


圖 I - 2

（討 論）

▲ 奇怪，可能是土贏了

為什麼這樣想呢？

放久了，為什麼會沈澱呢？

△ 為什麼先把土壤放進去？

△ 土壤太少，不再多加一點不行（用磅秤量其重量）

△ 水不再蒸發的話，就是水贏了。

△ 第二天還是混濁，就是水贏。

△ 本來不知道土壤的輕重，攪拌時土壤會上升，所以土壤一定較輕。

△ 因為水滲入一粒一粒的土壤中，所以土壤變重了。

物體的重量對於兒童來說，是一種較難理解的概念。重量大小的問題，兒童時常可以由加減計算的處理過程中，比較出它們的大小，因而知道什麼是 100 g 和 50 g。至於物理學上有關重量的概念，他們就很難理解了。

換言之，在處理這種計算問題時，除了數字上所顯示的意義外，如不了解物理學上的概念，就不能算是完全了解它。因此，針對此意義，我們應提供一種具體的實物，讓兒童直接觀察和實驗。這種認識過程對兒童來說，是相當重要的。

從數字計算的立場來看，首先必須重視該數字計算過程的重要性。而重量的理解，也就是重量概念的建立，則可以增進兒童對於上述各項知識結構的了解。

（四）「重量」的意義

因為土壤沈澱於水中，所以土壤比較重。這種情況下的「重」，並不一定指「重量」。兒童對於這些科學名詞的含義，雖然不太了解，但是很可能會聯想到比重的問題，認為水滲入一粒一粒的土壤中，土壤因而變重；也可能認為是每一粒土壤的重量和它同體積的水重的比較。所以類似這種重量的比較往往語意含糊，甚至會產生兩種不同的意義。

例如，其中一位同學說：「不測量無法比較。」在這種情況下所說的重與輕，是指呈現在眼前的水與土壤實際的重量。另一位同學所說的：「土壤在水中沈澱，所以比較重。」則是指比重而言。

重量與比重之間，雖然有密切的關係，但在科學上的意義則完全不同。因此，教師應設法使兒童能夠區別此二種不同的概念。要了解比重的問題，除必須具備「重量」的概念之外，還須有「體積」的概念。所以在讓兒童同時學習「重量」和「體積」的概念以後，比重的問題就迎刃而解了。

A 同學說：「土壤呈沈澱狀態，所以比較重。」「如果兩者的重量一樣，而土壤會沈澱，就是土壤比較重。」由此看來，這位同學對於重量

及比重的概念可能相當清楚。根據歐美科學教育心理學家的研究，有關「體積」的概念，至少須經過兩年以上的學習，才能真正了解。

物體、重量、體積三者均為基本的科學概念。三十多年前，瑞士心理學家皮亞傑博士，曾發表「等量的守恒」一書，其中提及兒童如何獲得物體、重量和體積三種概念，及其學習過程的研究。他所得到的結論是：兒童在這三種概念的學習上，所花費的時間要比教師與家長們所想像的長得多。教師與家長在兒童的學習過程中，雖然多少可以幫點忙，但要想縮短時間而儘快地建立起整體的概念，則是相當困難的。

後來的心理學家也曾做過類似的實驗研究。我們從 A、B 兩個兒童的對話中，可知道他們都還停留在學習重量概念的階段。這些學習過程雖然相當繁複，但是不可否認的，是使兒童理解事物本質最必要而有效的手段。

二、自動參與活動的兒童

「知能」一詞，有很多不同的定義。J. 皮亞傑博士曾就兒童知能的發展，多次表示「兒童知能的發展要素，即隱儲在個人思考的評理能力（reasoning capacities）之中。」

（一）培養兒童「評理」的能力

A 生認為土壤比水重，即不僅知道土壤「重」，而且基於下述的理由：「因為土壤會沈澱，所以土壤較重。」再進一步提出它的理由則為：「水和土壤等量時，土壤會沈澱，所以……。」B 生認為：「水比較多，所以土壤會沈澱。」在此敘述之後，也附帶提出理由：「將水放進土壤裏，同樣的，水也會滲入水中。」「攪拌時，土壤的粒子會上升，因此土壤一定較輕。」至於放置時，土壤會沈澱，它的理由是：「因為水滲入成粒的土中，所以土壤變重了。」

列舉理由的意思是說，對於一件事情的看法必須根據理論性的思考過程。也就是說，讓每一個在發展階段中的兒童，都知道如何做理論性的思考；並能以合乎該階段兒童的知能型態表現出

來。以A、B兩生來說，A生的看法較接近成人，而B生所想出來的理由，雖然還不到A生的階段，但也冠冕堂皇，這就表示他亦具有思考能力。

因此，教育最主要的目的，就是要使正在發展過程中學習的兒童，培養一種對凡事看法都列舉得出理由的能力。換言之，不要讓兒童直接接受大人所建立起來的知識成果，要他們透過自己的學習，使其能養成積極致力於知能發展活動的習慣和態度。

究竟B生所提出來的理由，是在何種情況下，如何受到別人的啟發而形成的概念？這真是一個大問題。對兒童來說，同樣的事情由自己的朋友或比自己年長的青少年說出來，往往要比由大人們提出，來得有效多了。兒童對於前些人所說的話，往往很自然地產生好感及興趣，因此，我們必須顧及兒童的這些本性。另外，就教育的觀點來看，教師對於A生和B生二者的看法和討論，應該以同等的價值觀予以判斷和重視。此亦即教師對學生學習過程的評估，所應有的正確輔導態度。

要知道，B生所提出的理由，是基於B生的立場，他有必要將結論修正至使自己滿意並了解的程度。換言之，這些思考發展的過程，都要B生親自去發現。以上述的問題來說，一個很重要的構想是：比較同體積的水和土壤的重量。但是，我們必須注意到一點，即對於重量、體積等概念，一般兒童要在十一歲以後，才能有明顯的區別概念。因此，B生之所以能不斷地修正答案而提出理由，是由於有了新經驗以後，從中獲得了新概念。

三、啟發、觀察與實驗

土壤會沈澱、土壤的粒子並不全部沈澱、水滲入土中等等，都是由直接觀察中得到的事實。也就是說，那位學生提出結論的理由，都是根據事實而來。因此，觀察和實驗可說是把握這些事實不可或缺的要素。

(一)把握事實的方法

「觀察」在A.A.A.S.裏為一切科學方法之首要項目。傳統的學習過程裏，一般人往往利用觀察和實驗，做為證明知識體系成立的一種相關手段。基於此，書本上所提及的，往往變成具有絕對的權威性，而事實反倒成為次要的。

然而，科學發展中的各國及開發國家往往在日常生活上，有重視事實的傳統傾向。於是生活在這種社會裏的人們，通常都先確認事實，再根據事實作審慎的思考。例如牛頓掌握蘋果落地的事實，終於發現萬有引力定律。這種傳聞象徵科學的基礎，即在於把握事實。達爾文乘坐獵犬號（BEAGLE），到世界各地去觀察，得知了很多生物進化的事實，再以敏銳的洞察力，分門別類、加以整理，並將相關的資料排比整理，終於完成「物種原始論」的曠世鉅著。

牛頓和達爾文都是英國人，他們承繼並傳達先賢所啟發的科學知識，也就是以文化遺產為基礎，首先直接掌握自然界的活動事實，然後再根據這些事實，培養自己思考的能力與態度。科學教育就是針對這個目標來實施篤行的，亦即站在最客觀的立場，以探討自然現象為手段，形成完整的人格為其最終目標。

但是，科學教育的主旨，並非要立即促成科學技術的開發和發現，而是作為認識真理不可或缺的一種手段。觀察和實驗並不只是科學的特權，而應成為一切學科的基礎，並且需要實際動手去做，因此，我們有必要將觀察和實驗應用於日常生活中。此即何以啟發、實驗與觀察在教育上受重視的原因之一。

(二)兒童「從實驗中求知」

兒童科學教育重視觀察和實驗的原因之二，是它可使兒童經由思考以獲得知識。也就是說，兒童可以在學習過程中，將自己所經驗的諸事實密結在一起，然後再加以思考。例如，以五至十三歲的兒童為對象，進行啟發式教學，其目的是讓兒童做到「我從做中了解」（I do and understand）。像這樣培養兒童對於數學的基本認識，並不是要教師照著教科書來教，而是讓兒童從

自己的活動經驗過程中把握事實，以獲致數學的基本知識。

學習的步驟如下：

- ① 利用物體，自由實驗。
- ② 提出假設。
- ③ 針對假設進行實驗。
- ④ 發表從其中發現的事項。

以上是表示先作實驗，再接觸到事實。如照這樣去做，兒童在學習過程中，勢必要思考若干問題。然後，藉著兒童彼此之間或與教師的交談，可使他們從思考中發現一些問題。教師應透過交談，教導兒童所需的知識。像這樣藉交談來傳遞知識，是科學教育上一個很重要的過程。此外，作文、詩歌習作、使用記號或製作圖表等，也是可以採用的方式。

以上是就兒童本性，根據教師及專家學者們從兒童活動的觀察中，所獲致的結論。例如，蘇珊·艾莎克斯曾提到「頭腦的作業與手或身體作業同時進行時，收穫最多。」這是說，此時期兒童知能的本質是最實際的；他們也能透過交談來思考，因聲音經由口發出來，有時要比光在腦海中更能令人冷靜的思考。這是她在1932年的見解。自此以後，蘇珊與皮亞傑之間開始頻仍地交換意見。

這裏所提出的，是有關數學教育方面的想法。不過，我們照樣可以把它應用在科學課程方面，這是大人們為了教育兒童所想出來的方法。但是兒童所需要的是事實，而不是課程。因此，觀察和實驗在兒童的啟發教育上，具有重大的意義。

四、培養興趣和態度

看到燒杯中水和土壤分成兩層，A生認為「土壤比水重」，B生認為「不經過測量，無法知道。」如是即表示八歲的兒童，對於呈現在自己眼前的事實感到興趣的一個證據。然而，在整個班級中，是否全體學生都有興趣呢？這一點我們就無法確定了。

兒童能否獲得基本的概念？是否熱衷於思考

而能夠列舉其理由？這都關係到每個人當時的興趣和態度。因此，兒童的興趣和態度，可說是決定學習成敗的重要關鍵。

三歲五個月大的兒童S，注視著盛有紅茶的玻璃杯裏的兩顆砂糖，會突然大聲喊：「變小了！變小了！」三歲七個月的兒童T，注意到兩根並排著長在一起的竹筍逐漸長高了；有天早上，他到幼稚園裏，仰頭看著長高約三、四公尺的兩根竹筍，偏著小腦袋說：「竹筍長這麼高，一定是飯吃太多了！」這兩個兒童共同的現象是：由觀察中發現某項事實，進而對該項事實發生興趣。

(一)產生興趣和態度的原因

家長和教師向兒童提示事實，並敦促他們對之產生興趣，是否也能收到預期的效果呢？這一點和兒童從小所養成的習慣及態度極有關係。為了培養兒童的興趣與態度，在此提供一些具體的方法以供兒童思考。

- (1) 產生質問的欲望
- (2) 對於自身周遭的生物和無生物，有用手去觸摸的欲望
- (3) 使用適當方法以處理生物的欲望
- (4) 搜集種種東西，並加以比較的欲望
- (5) 親自尋找東西的欲望
- (6) 能夠感受到正確使用新語詞或新名詞所帶來的快樂
- (7) 確立一目標而仔細加以觀察的欲望
- (8) 以適當的方法表現所要調查或已知事實的欲望
- (9) 拿自己的活動結果和別人比較的欲望
- (10) 關心物理因果關係
- (11) 測量各種物體重量的欲望
- (12) 實驗後，即能清楚地確立結果的欲望

興趣可以促進活動，成功的活動往往會喚起新的興趣，相反的，若未能成功時，則很容易失去興趣。這也就是說，興趣和態度常伴隨著審美觀及價值判斷。兒童在活動中，通常會表現出親自去嘗試與完成的趨向。至於活動的結果，則是由大人們根據某一種基準，予以評估。這種作法

並非重視活動的結果，而是以兒童為主，藉以明瞭各個兒童在活動過程中的學習態度，此點相當重要，所以，教育兒童的目標，最重要的就是在培養兒童學習的興趣和態度。

五、為什麼要做觀察和實驗

解決疑問的教學，一般都依照一定的步驟進行。例如，要研究「土壤」問題時，其步驟如下：

- (1)觀察：上層是水，下層是土壤。
發現問題，並提出來互相討論。
- (2)發問：為什麼土壤會沈澱？
讓學生自由說出理由。
- (3)實驗：將土壤和水充分攪拌，再予以靜置。
- (4)預測其結果：包含「不知道」在內的五種預測。
- (5)確認事實：注意實驗的步驟，並提出疑問。
- (6)繼續觀察：將一段時間內所發生的變化，作為問題。

上述的教學方式，完全未受到大人們想法的影響，而且也不是以達成結論為目的的教學，因而具有濃厚的科學意味。兒童在這種學習活動中，發現問題，進而自己去解決它們。這種由兒童親自作成結論的過程，是教學上所追求的一個目標，而此種結論是不可以用一般的知識予以評價的。要使兒童獲得「比重」的概念，必須經過一段相當的過程。在教育上，為了讓兒童親自去嘗試，學習時間的長短倒成為次要問題，只要能使兒童按照他們學習的速度，努力去學習，就是最大的收穫了。

上述問題式教學教材的內容重點，是要求出水和土壤間的比重。但是，從啟發兒童的觀點來看，關於「比重」概念的建立，最好讓兒童自己去嘗試探討，進而理解，而不是由教師一味地加以灌輸。

六、培養知識及學習技能

兒童根據自己的活動，所下的結論，被認為

是兒童從「日常生活使用的知識」中獲得的。這種結論會隨著本人的新經驗有所演變。因為經過不斷的修正後，慢慢就發展為成人們所具有的關於「比重」的概念。類似這樣的知識，是由每個學習者自己嘗試而獲得的，並非由別人所提供的知識累積起來的。

這也就是說，學習者經由實驗的過程，所獲得的知識，可以作為學習其他事物的基本學力。教育是不斷地接受新經驗而再加以組成的過程，所以教育的目標與過程必須一致。在這個意義上，觀察和實驗，本身也就是教育的目標之一。

皮亞傑說過：任何一個發展階段的兒童，都能接受他們所需的任何知識。而讓兒童懂得品嚐這種教育的基本特徵，是相當有意義的。

(一)由物理學習經驗中所獲得的知識

水是一種無色、透明的液體，砂是一種小粒固體的集合，如將水和砂一起攪拌，會呈混濁的狀態；將之放置一段時間後，漸漸地砂會沈澱而形成兩層，此即一種能夠直接觀察的實驗。像這樣的事實概念，即是從物理實驗中獲得的知識。光、色、光澤、形狀、運動的狀態等，是透過視覺的體認；臭、氣味是透過嗅覺而體認的；味道是透過味覺；音的音色、強弱、高低、叫聲等是透過聽覺；溫度的高低、熱放射等是透過觸覺；這些都能經由個別經驗中獲得。至於動物、植物、氣象、岩石、地質、天體等現象的直接經驗，則是通過上述五種感官造成的。

這些經驗經過了某種過程，在每個人的頭腦中，被統合成知識的體系。除此之外，經驗被確認為基礎知識的母體。一般相信，兒童的經驗愈豐富，學校的教育就愈容易實施。歐美文明先進諸國，往往在擬教育計畫時設法使兒童能獲得共同的經驗，而以之為幼兒或小學教育的基礎。

這些透過經驗而獲得的知識，是事實抑是伴隨著事實而來的其他事項？一般說來，不透過經驗而想獲得是相當困難的。這種困難的深淺程度，與兒童年齡的大小成反比，也就是說，兒童的年齡愈大，愈能夠用言語表達他對事情的疑問或

看法。

(二)由傳達而獲得的知識

水和砂攪拌會造成混濁現象等知識，都是由家庭或社會傳遞而來的。然而，要活用這些知識，必須以理解「事項」的本身為前提，至於用來表達的語言，無論何種語言，都能夠明顯的表示出所要傳達的知識。

某件事情的「定義」，也屬於此類型的知識。教師和家長可以透過言語將「定義」讓兒童知道，但是，兒童在記憶該「定義」時，常會產生已經獲得了該知識的錯覺。例如，能夠背誦「比重」的定義，並不表示已經了解該定義所表示的概念。為了避免這種誤解，「操作型定義」一詞代替了以往的定義，而被視為新教育用語，這就是針對某一事項，將自己的經驗用言詞表示出來的意思。

重量是什麼？體積是什麼？比重是什麼？熱是什麼？等知識，不是光透過言語就能傳達給兒童的。因為此類知識的獲得必須靠本身的經驗，才能說出其理由。而能讓兒童自己「說出理由」，為促使他們真正瞭解的正確作法，「我去做，於是了解了。」就是基於這樣的立場所表現出來的特性。

例如，關於晝夜循環的事實，如果光是告訴兒童「這不是由於太陽運轉，而是地球自轉造成的。」如此恐怕很難使他們理解。兒童腦子始終在大人們所傳達給他們有關晝夜的「定義」上打轉，如果沒有自己的「說出理由」的經驗，則無法接受此類之抽象觀念。

(三)關於真理的知識

重量、體積、比重或熱等名詞所表示的「事項」，每個都帶有「真理」的意念，且具有獨特的性質。

事實上，教師必要傳授「重量」或「比重」等知識。因此，應該有計畫地將這些概念編入學習課程中。至於學習者如何吸收並應用這些知識，則須視其能力和態度而定。

在兒童的發展過程中，有一段時期看到「黏

土球形狀的改變」時會產生「重量也會改變」的想法。如將一定量的水放進形態不一的容器中時，由於容器形狀的變異，兒童時會發生水量增多或減少的錯覺。對於體積方面的看法也是如此。這種隨著兒童發展過程所產生的想法，正是兒童所具有的本性。大人們不可站在自己的立場，指導兒童有關「重量和體積之比」所表示的「比重」概念。但是，我們可以將這些概念當做「教材」來使用。

例如，水燒開時，會發生上下對流現象，這樣的事實，一面用「對流」這個名詞教導兒童，一面讓兒童嘗試從物理實驗中，親自去觀察與推測該現象發生的原因，此法可使他們自由聯想，而提出問題。否則，僅由教師的說明，是不符合科學精神的教學。亦即，教師如站在自己的立場，欲將所擁有的知識，透過言語教給兒童，藉以達到教育目標的想法，必然是錯誤的。因為其中所缺乏的正是所謂「啟發理解」的過程。因此要達到教育目標，最根本的作法就是使每個兒童都能按照自己的步調，朝著「真理」的方向邁進。

(四)學習的技能

我們對兒童的學習方法——即學習方法的培養——可視為教育上一個重要的目標。但是，對於應該可讓兒童理解的「事項」，成人們却採取和該知識分割的形態施教，而藉以達到教學的目標，這是值得研討的問題。

近二十餘年來，在美國所作的教育革新課程中，不斷地強調；對於兒童獲得知識的方法，大人實有詳加學習（learning about learning）的必要。這種被認為是教育革新的指導觀念，最具體的方法就是「發現法」，或稱「歸納教學法」。「發現學習」或「歸納思考」都是存在於成人們心目中的觀念，因此，要以這種具體知識的「發現」或從「歸納」游離出來的「方法」，來教導兒童，或讓兒童學習，表面上雖然是很不恰當的，但是這點和「教育的目標和過程一致」的想法，息息相關。

「兒童的學習方法」可以說與兒童的本性極

有關聯。此點在公式上所表示的見解，即是著名的勃朗寧報告書。這個報告是為答覆當時英國議會的諮詢，它指出了英國小學教育的方向。其中對於兒童的學習，提出了如下的見解：

「……我們現在對『遊戲』——是與具體物或與其他兒童戲弄（messing about）的意思——的看法是，它為兒童在學習活動中不可欠缺的要素。家長們時常以『因讓兒童遊玩以致荒廢學業』來批評教師，事實上這正是家長們不瞭解『遊戲』所帶給兒童的學習功用所致。兒童可透過遊戲，將自己內在的生命與外在的現實互相調和。而且，從這些『遊戲』中，兒童也能慢慢地對因果關係的概念，產生識別、分析、判斷、綜合、想像等能力。兒童熱衷於『遊戲』中，進而被『遊戲』吸引，並深感『遊戲』能帶給自己極大的滿足感。由是，一旦從事其他的學習活動時，便能將這種滿足感轉移到該項事情的學習上。」

自由撥弄（messing about）一詞，是「任意去操作」的意思。從這個觀點看，將學校中的作業（work）和校外的遊戲（play）加以區別，是不正確的。因為「遊戲」可說是兒童學習的中心活動。

使用東西遊戲，就是指實驗及觀察，而此點並不單指應用在科學方面。同時，這種維繫一切學習的中心活動，正是兒童在知識的發展過程中所具有的本性。教師在教導兒童學習技能時，應考慮以此點作為前提。此外，關於儀器的使用，圖鑑辭典的利用，以及搜集資料等活動，在奠定兒童的學習基礎上都佔有重要的地位。

「遊戲」是兒童從學習活動中，獲得知識的一種重要方法，也就是說，教育的目標和方法猶如一體的兩面，彼此具有無法分離的關係。在英國的非正式教育中，除了學校教育可發展兒童此種本性外，並無其他途徑。

（五）關於兒童所知道的「重量」的知識

教師在指導小學四年級（9歲）的兒童，學習有關「重量」的概念時，向兒童提示了他們身邊的十二種物體，並要他們對這十二種物體表示

有無「重量」的概念。調查的結果如圖 I-2 所示，在三十九名兒童之中，認為十二種全部有重量的只有三名；認為十一種有重量的有十一名；認為五種有重量的則有七名。此外，圖 I-3 所顯示者是認為各種物體有重量的人數。並提出四種物體以比較兒童在未學習使用天平以前（實線）和會使用以後（虛線）的想法的比較。

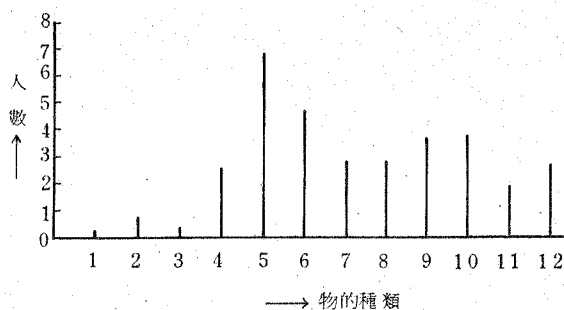
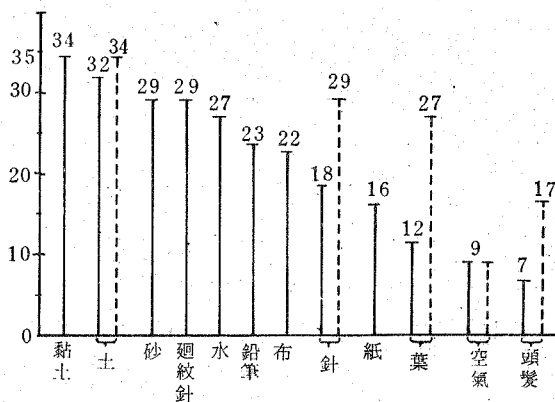


圖 I-2 意識到重量的物數和人數
（小學四年級學生：39 名）



—— 用天秤實驗以前的意識
--- 用天秤操作後的意識

圖 I-3 意識到重量的人數
（小學四年級學生：39 名）

以下所列，分別是兒童在學會使用天秤以後，認為空氣和頭髮「有」、「無」重量的理由。

・§・ 認為「空氣有重量」的理由

- (1) 實驗時，雖然覺得很輕，但仍有重量存在。
- (2) 因為可以用某種儀器測量。
- (3) 若沒有空氣，人無法生存，因此空氣必定

有重量，並能夠飄落地面供人呼吸（但此兒童認為頭髮沒有重量）。

- (4) 空氣如果沒有重量，風應不會吹動。
- (5) 在塑膠管中吹入空氣，空氣會上升，因此空氣有重量。
- (6) 空氣雖然無法用人手直接測量，但它一定有重量。
- (7) 有較重空氣和較輕空氣。
- (8) 吸入空氣再吐出來時，天平會動。
- (9) 我們現在站的地方就有空氣。
- (10) 一半的空氣有重量。

·§·認為「空氣沒有重量」的理由

- (1) 和空氣雖然離得很近，但是沒有什麼感覺。
- (2) 天平和自己的身體都沒有感覺到。
- (3) 空氣是無色、無味的氣體。
- (4) 雖然講了很多，可是沒有重量就是沒有重量。
- (5) 眼睛看不見，手也抓不到。
- (6) 空氣如果有重量，就變成只有地面上有空氣。
- (7) 空氣如果有重量、人就被壓扁了。
- (8) 我們的四周都有空氣，可是却不感覺到重量。
- (9) 水面上有空氣，可見空氣並沒有重量。
- (10) 放在我們周圍的容器，任何時候都充滿空氣，所以空氣根本沒有重量。
- (11) 空氣太輕了，連肉眼都無法看到。
- (12) 空氣無法拿天平來稱。
- (13) 用手去碰也沒有感覺。
- (14) 和風一樣會飛。
- (15) 空氣沒有重量或其他東西。
- (16) 往水裏吹進空氣，空氣會往上浮。
- (17) 認為空氣好像沒有重量。
- (18) 空氣中沒有水分。

·§·認為「頭髮有重量」的理由

- (1) 用天平量過。
- (2) 將一百根頭髮捆成一束時，可用天平測量。
- (3) 實驗時，雖然很輕，但仍有重量。

(4) 眼睛能看見（有三名兒童這樣認為）。

- (5) 針有重量，所以頭髮也有重量。
- (6) 將拿著的頭髮放開時，它會掉下去。
- (7) 把頭髮放在天平上，天平會微微傾斜。
- (8) 頭髮雖然很輕，但是有一點點重量。
- (9) 頭屑太多時，頭髮會變重。
- (10) 一根頭髮和一片葉子一樣有重量。
- (11) 拿著頭髮時可以稍微感覺到，故知它有重量。
- (12) 測量。
- (13) 因為頭髮比空氣重。
- (14) 將綁著的頭髮放在手上時，可感覺到重量，所以每一根頭髮都應該有重量。

·§·認為「頭髮沒有重量」的理由。

- (1) 頭髮太細了（4名）。
- (2) 拿著頭髮時，沒有感覺到重量（6名）。
- (3) 風一吹立刻飛走了，所以沒有重量。
- (4) 頭髮如果有重量，應該不會移動。
- (5) 頭髮太輕了，所以沒有重量（2名）。
- (6) 針有重量。
- (7) 頭髮可以輕輕的飄浮，像細針一樣太輕了。
- (8) 頭髮的養分沒有重量。
- (9) 頭髮太小、太輕了。
- (10) 一根頭髮沒有什麼重量。
- (11) 幾根頭髮捆在一起時雖然有重量，但是只有一根時並沒有重量（2名）。
- (12) 洗頭髮時不會吸收水分，所以沒有重量。

一般說來，兒童對物體「有重量」或「沒有重量」所持的理由，較傾向於「重的東西就有重量，輕的東西就沒有重量」這種想法，而結論又往往共列出「有」與「沒有」兩種答案；但是，如此判斷兒童是否了解「重量」是不恰當的。因為每個人的想法，有他的特徵及其個別差異，而他們所說出的理由，與他們的直接經驗有關。人們認為九歲兒童對於物體想法的特性，是能夠洞察自己說出的理由。因此，在輔導兒童時，可以此種洞察力作為基礎，決定指導學習的目標，並提出有效的學習方法，這是相當重要的。（待續）