EJ51-1997-59

科學教育學刊
1997, 第五卷第一期， 59-84

# 水平面概念的群體式實驗學習和個別式自我學習的效果研究

**黃湘武、邱韻如**
國立臺灣師範大學　物理研究所

（投稿日期：85 年 8 月 16 日，接受日期：85 年 11 月 16 日）

**摘要：**本文爲兩項有關水平面概念學習的效果報告：其一是傳統的群體式實驗學習活動；其二是個別式的自我學習活動。群體式實驗學習活動包括連續的三項測試：水平面概念的前測、實作測試、水平面概念的後測。個別式自我學習活動也包括三部份：水平面概念的前測、約五天的自我學習活動、水平面概念的後測。所有的測試都係採用紙筆式示範群測法，實驗對象爲小學二年級至國中二年級的學生，參與兩項實驗的學生人數各約爲五百人。

學生的概念學習效果係根據他們在三個概念階層間的改變來判別：階層 BC 爲最低的概念層次；階層 D 爲次高的概念層次；階層 E 爲最高的概念層次。

研究的主要發現有：⑴兩種學習實驗的結果都顯示，學生水平面概念階層的改變，都受學習開始時所表現的概念層次的制約；⑵參與群體式實驗學習活動的學生並沒有比參與個別式的自我學習活動的學生表現較好的學習效果；⑶兩種學習方式的結果都顯示原來屬於 BC 低層次水平面概念的學生，和原來屬於較高層次水平面概念 D 的學生有不同的學習特性；⑷水面觀察活動對建立階層 E 的概念層次的效果甚低，甚至有相當數量的學生會因爲觀察活動而造成負面的學習效果；⑸學生在面對水平面問題時可以有兩種不同的思考方式，一種是想像容器原來就是靜止放置在桌面上的，另一種是想像現在容器放置方向是由其它放置方向改變而成的，對低層次的學生而言，前一種靜態的思考方式要比較容易，後一種動態的思考方式要比較難。

本研究結果對皮亞傑理論的理解、 概念的診斷方法、實驗教學的意義等提供了進一步的瞭解。

**關鍵詞：**水平面、空間、成長、概念、學習、皮亞傑。

# 壹、緒論

兒童對於傾斜容器中水面現象的瞭解的困難，已有許多的研究報告加以証實（黃湘武等， 1995; Abravanel & Gingold, 1977, 1982; Beilin, Kagan & Rabinowitz, 1966; Ford, 1970; Liben, 1974, 1991; Liben & Golbeck, 1980, 1984, 1986; Piaget & Inhelder, 1956; Randall, 1980; Thomas & Jamison, 1975）。孩童的這種表現，對於抱持傳統經驗學派的人來說是很難以相信的。因爲水平面現象是每一位學童在日常生活中隨時皆有機會可以觀察到的現象，而且每一位學童（甚至包括幼稚園的幼童）在面對一個盛水的容器時，也都可以正確指出「有水」和「沒水」的地方。可是當我們要求這些學童以圖畫表示不同放置方向瓶子中水面的狀態時，他們卻仍然會表現出與實際狀況差別很大的想法。抱持傳統經驗學派的人，通常會認爲只是這些孩童從來沒有對水平面的現象細心的觀看過，或者認爲只要我們要求這些孩童再細心的觀察一次，就自然知道正確的答案了。事實上，此種經驗學派的觀點，仍然是目前中小學自然科教材教法的主流思想。新的教科書中的實驗教學，仍然強調的是按部就班的現象希望學生能夠認眞實在的看到正確的物理現象。我們老師最常抱怨的實驗教學問題，就是儀器的不夠精確，學生無法看到精確的實驗結果。

但是從認知發展心理學的觀點，水平面概念的有或無並不只是一種「知」的問題，而是學生的一種「能力」的問題。也就是說，物理現象的觀察，只能對達到一定成長層次的學生才會有效。根據皮亞傑的認知理論，孩童對於水平面現象的瞭解牽涉到孩童的空間關係的建構能力的發展。也就是說，沒有達到某種成長程度的孩童，他根本就沒有辦法可以看出傾斜容器中水面是水平的事實。根據他的研究，孩童的水平面概念可以區分爲 I 、 IIA 、 IIA/IIB 、 IIB 、 IIB/IIIA 、 IIIA 、 IIIB 等七個發展階層 (Piaget & Inhelder, 1956 ；或見黃湘武等， 1995)。概念階層 I 的孩童只具有「拓樸空間」概念的能力，他只具有判別水是在瓶子之內或瓶子之外的能力，他無法在思想上建構直線、平面或各種幾何空間概念的圖形。因此屬於此概念階層的孩童對容器內水的形狀的描繪甚至沒有表現直線、平面或特定幾何圖形的能力。概念階層 IIA 則是代表最起始的「幾何空間」概念的能力，但是只侷限於能夠想像某一特定的形狀或圖形，而無法建構此特定形狀與其它外界物體間的各種方向的關係。因此當瓶子改變方向時，這些孩童無法想像

水面方向與桌面或是瓶壁間的變化情形。達到概念階層 IIA/IIB 至 IIB 的學童，開始具備能夠想像水與容器壁間相對運動的能力，可是因爲他們的空間建構能力無法超越瓶子的範圍，或是不具備任何外在參考座標系的能力，所以仍然無法看出水面的正確方向。概念階層 IIB/IIIA 的學童開始具有初步的能力去建構瓶中水面方向與外界物體的關係，或者說這時期的孩童具有初期的外在參考座標系的能力，因此他們在某些特殊情況時可以正確判定水面的方向。 IIIA 階層的學生開始具備建構水面方向與外界物體關係的眞正能力，或是眞正具備了外在參考座標系的能力。如果提供這些學生適當的實驗或觀察機會，他們可以正確判定各種情況下水面的正確方向。達到 IIIB 階段的學生，才是具備思想操作層次的水平面概念，他們可以根據少數情況的觀察心得而推論至所有情況的成立。

對於水平面概念的診斷，紙筆式群測法是許多學者採用的方法 (Beilin, Kagan & Rabinowitz, 1966; Kalichman, 1987; Vasta, Lightfoot & Cox, 1993)。此種診斷方法的發展，顯然是推廣皮亞傑理論在教材教法上應用的重要步驟。根據我們先前對水平面概念的研究經驗（黃湘武等、 1995 ），採用紙筆式群測法可以區分出原來皮亞傑理論的七個發展階層中的四個概念階層（階層 B 、階層 C 、階層 D 、階層 E ；或見黃湘武等， 1995 ）。而且我們也証實，這些概念階層也大致符合皮亞傑所宣稱的階層特性。但是，由於紙筆式群測法在診斷過程中，主試者與受測者間缺少如個別面診時的個別對話的機會，因此我們有理由相信紙筆式群測法所診斷的結果，並沒有代表受測者完全的空間建構能力。也就是說，學生在紙筆式群測法上的概念的表現，仍然是可以經由適當的教學活動加以提升的。也因爲如此，我們可以利用學生在紙筆式群測法上的概念表現，來探討及瞭解以上所述經驗學派及認知學派對於概念學習的理念。

本研究包含二項學習活動的效果探討：其一我們稱之爲群體式實驗學習活動，其目的在探討學習者對水平面現象的直接觀察時及觀察後的概念改變情形；其二我們稱之爲個別式自我學習活動，目的則是在瞭解我們的水平面概念的群體式診斷對受測者所可能引發的自我學習效果。這些效果的探討顯然可以增進我們對水平面概念的進一步瞭解，當然也會促進我們對概念教學的特性的掌握。

# 貳、方法

## 一、群體式實驗學習活動

包括連續的三項活動：水平面概念的前測、實作測試、水平面概念的後測。其實施步驟及方法如下：

⑴以班級爲實施單位。

⑵先對參與學習活動的學生進行水平面概念的前測。

⑶在完成前測之後，分配每位學童一盛水瓶子及另一份與前測時相同的試卷，要求學生依照試卷上每一問題所述瓶子擺置的情況，自行觀察瓶中水面應有的樣子，再逐題作答一次（實作測試）。

⑷當每位學童自認爲正確完成作答之後，主試者再分發每位學童另一份與前測時相類似的試卷（盛水瓶子稍有不同），要求其再作答一次（後測）。

以上活動在兩小時內全部完成，受測學生沒有機會進行互相的討論或其它的學習活動。

## 二、個別式自我學習活動

也包括三部份：水平面概念的前測、約五天的自我學習活動、水平面概念的後測。實施步驟及方法如下：

⑴以班級爲實施單位。

⑵對參與學習活動的學生進行水平面概念的前測。

⑶相隔約五天後再以相類似的試卷對其實施後測（盛水瓶子稍有不同）。

參與本學習活動的學生及學校，並沒有預先被告知後測時會進行相同的測試，所以學生或教師進行集體式的學習演練的可能性並不高。因此在前後測相隔的五天之中，學生如果有任何的學習活動，應該是出自於自願、自由、及以個別的方式進行。

因爲間隔時間只有五天，自然成長也不可能會是造成學習效果的因素。

所有的測試的工具及步驟皆與先前研究所實施者相同（黃湘武等、1995；或參考附件 A 之作答案例）。受測者的任務都是在推測及畫出一盛水（約 2/3 滿）瓶子在不同放置方向時（正放，倒放，左橫放，右橫放，正左斜放，正右斜

放，倒左斜放，及倒右斜放）瓶子中水面應該有的樣子。

學生的概念學習效果係根據他們在三個概念階層間的改變來判別：階層 BC 爲最低的概念層次，屬於此一層次的學生會表現水面跟隨容器轉動而轉動的想法；階層 D 爲次高的概念層次，屬於此一層次的學生會認爲當容器在橫放或倒放等特別情況時水面會維持水平的狀態，但是當容器在一般的傾斜情況時則無法判定水面的方向；階層 E 爲最高的概念層次，屬於此一層次的學生會認爲水面永遠會維持水平的狀態。

本研究有效測試樣本包括國中國小八所學校的學生共 986 人（見表 1），其中參與群體式實驗學習活動的學生有 494 人，參與個別式自我學習活動的學生有 492 人。有效樣本約爲原測試樣本的 99%，無效樣本主要包括作答不完整及若干疑似非幾何空間概念者。取樣的原則是希望能包含所有 B、C、D、E 等概

表 1：實驗學校及人數

| 樣　　本 | 女/男 | 人數(合計) | 平均年齡(s.d.) |
|---|---|---|---|
| 群體式實驗學習活動 | | | |
| 宜蘭縣羅東國小二年級兩班 | 33/37 | 70 | 8.1(0.3) |
| 台北市石牌國小二年級兩班 | 32/33 | 65 | 7.6(0.5) |
| 宜蘭縣羅東國小四年級兩班 | 46/39 | 85 | 10.1(0.3) |
| 台北市松山國小五年級兩班 | 40/39 | 79 | 11.1(0.5) |
| 宜蘭縣羅東國中一年級兩班 | 41/50 | 91 | 13.0(0.4) |
| 台北縣五峰國中二年級兩班 | 52/52 | 104 | 13.8(0.4) |
| 總　　計 | 244/250 | 494 | 10.2(2.0) |
| 個別式自我學習活動 | | | |
| 台北市萬福國小二年級兩班 | 31/51 | 82 | 7.6(0.3) |
| 台北市石牌國小二年級四班 | 68/80 | 148 | 8.2(0.4) |
| 台北市萬福國小四年級兩班 | 37/30 | 67 | 9.6(0.3) |
| 台北市石牌國小四年級兩班 | 31/34 | 65 | 10.3(0.5) |
| 台北市百齡國中二年級兩班 | 35/32 | 67 | 13.6(0.3) |
| 台北縣重慶國中二年級兩班 | 29/34 | 63 | 13.4(0.3) |
| 總　　計 | 231/261 | 492 | 10.0(2.3) |

念階層的學生。就前測時表現的水平面概念的發展程度來看，無論是群體式實驗學習活動的學生或個別式自我學習活動的學生都相當具有代表性（見黃湘武等、1995 及本文表 2 、表 3 ）。

## 參、結果分析

表 2 所顯示的爲參與兩項實驗活動學生的起始概念發展的狀況和年齡的分佈情形。表中數值顯示兩組學生的概念階層的人數分佈情形相當類似，但參與群體式實驗教學活動學生各概念階層的平均年齡都比個別式自我學習活動的稍高。也就是說，雖然是相同的概念層次，但是參與群體式實驗學習活動學生的概念成熟度可能會較高。

表 2 ：參與學習活動學生前測時表現之概念與年齡相關聯立表

| | 群體式實驗學習活動 | | 個別式自我學習活動 | |
|---|---|---|---|---|
| 概念階層 | 人數(%) | 平均年齡(s.d.) | 人數(%) | 平均年齡(s.d.) |
| (國小學生) | | | | |
| BC | 48 (16.1) | 8.7 (1.3) | 70 (19.3) | 8.4 (1.1) |
| D | 229 (76.6) | 9.5 (1.5) | 266 (73.5) | 8.7 (1.0) |
| E | 22 (7.4) | 10.0 (1.2) | 26 (7.2) | 9.6 (1.0) |
| 總計 | 299 | 9.4 (1.5) | 362 | 8.7 (1.1) |
| (國中學生) | | | | |
| BC | 7 (3.6) | 13.5 (0.6) | 7 (5.4) | 13.3 (0.3) |
| D | 68 (34.9) | 13.2 (0.5) | 60 (46.2) | 13.5 (0.4) |
| E | 120 (61.5) | 13.5 (0.5) | 63 (48.5) | 13.5 (0.3) |
| 總計 | 195 | 13.4 (0.6) | 130 | 13.5 (0.4) |
| (整體) | | | | |
| BC | 55 (11.1) | 9.3 (2.1) | 77 (15.7) | 8.9 (1.8) |
| D | 297 (60.1) | 10.3 (2.1) | 326 (66.3) | 9.6 (2.1) |
| E | 142 (28.7) | 13.0 (1.5) | 89 (18.1) | 12.4 (1.9) |
| 總計 | 494 | 11.0 (2.3) | 492 | 10.0 (2.3) |

## 一、群體式實驗學習活動的效果分析

・由表 4 我們可看到，在面對實際的現象作答時，概念階層 E 的人數百分比反而呈現少許減少的現象。其中國小學生由前測時的 7.36% 下降到 5.69% ；國中學生由前測時的 61.54% 下降到 58.46% 。同樣在面對實際的現象作答時，概念階層 BC 的人數百分比則呈明顯的減少。前測時國中生的人數百分比是 3.59 % ，實作時下降到只有 0.51% 。小學生在前測時是 16.05% ，實作時下降到只

表 3 ：群體式實驗學習活動時各測試階段概念階層之人數分佈情形

| 各測試階段所表現之概念階層 | | | 人　數 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 前測時 | 實作時 | 後測時 | 國小 | 國中 | 整體 |
| BC | BC | BC | 16 | 0 | 16 |
| BC | BC | D | 1 | 0 | 1 |
| BC | D | BC | 11 | 1 | 12 |
| BC | D | D | 20 | 5 | 25 |
| BC | D | E | 0 | 1 | 1 |
| | | 小　計 | 48 | 7 | 55 |
| D | BC | BC | 0 | 1 | 1 |
| D | BC | D | 1 | 0 | 1 |
| D | D | BC | 4 | 0 | 4 |
| D | D | D | 216 | 45 | 261 |
| D | D | E | 7 | 9 | 16 |
| D | E | D | 1 | 13 | 14 |
| | | 小　計 | 229 | 68 | 297 |
| E | D | D | 3 | 11 | 14 |
| E | D | E | 3 | 8 | 11 |
| E | E | D | 0 | 4 | 4 |
| E | E | E | 16 | 97 | 113 |
| | | 小　計 | 22 | 120 | 142 |
| | | 總人數 | 299 | 195 | 494 |

有 6.02% ，下降比率達 10.03% 。以上情形明顯表示，面對實際的現象作答時，只有對原來是低層次概念學生的概念提升有某種幫助，但是對達到最後的概念階層 E 則沒有什麼幫助，甚至還可能會有反效果。

- 後測時（見表 5 ），也就是恢復到沒有實際的水面現象可以觀察時，我們反而可看到學生在概念階層 E 的的學習效果。前測時概念階層 E 的人數爲 28.74 % ，後測時是 31.38% ，人數比率增加了 2.64% 。而且國小和國中學生都表現類似的少許學習現象。國小學生的概念階層 BC 的百分比人數雖然依舊表現明顯減少的現象 ($p < 0.05$) ，但改變的比率已大爲降低。前測時是 16.05% ，後測時爲 10.37% ，下降的比率只有 5.68% 。
- 學生概念的改變，表現明顯的階層特性。實作測試時（見表 6 ），原來是概念階層 BC 的 55 位學生，表現學習效果的有 38 人（高達 69.1% ），但是都是提升到次高的概念階層 D ，沒有一位學生躍升到概念階層 E 。又原來是概念階

表 4 ：群體式實驗學習活動實作時各群組學生概念階層人數比改變情形

| | 國小學生 | 國中學生 | 全 體 |
|---|---|---|---|
| 概念階層E的人數百分比改變情形 | | | |
| 前測時概念階層E的人數百分比 | 7.36 | 61.54 | 28.74 |
| 實作時概念階層E的人數百分比 | 5.69 | 58.46 | 26.52 |
| 人數改變顯著性考驗(McNEMAR卡方考驗) | | | |
| $\chi^2$ (*BC+D; E*) | 2.29 | 0.78 | 2.56 |
| *df=1*, *p* 值 | 0.131 | 0.377 | 0.109 |
| 概念階層BC的人數百分比改變情形 | | | |
| 前測時概念階層BC的人數百分比 | 16.05 | 3.59 | 11.13 |
| 實作時概念階層BC的人數百分比 | 6.02 | 0.51 | 3.85 |
| 人數改變顯著性考驗(McNEMAR卡方考驗) | | | |
| $\chi^2$ (*BC; D+E*) | 26.28 | 3.13 | 30.63 |
| *df=1*, *p* 值 | 0.000* | 0.077 | 0.000* |

【註】 (*BC; D+E*)表示概念階層*BC*的人數單獨計算，概念階層*D*和*E*的人數合併計算
以國小學生概念階層*BC*爲例：$\chi^2(BC; D+E)=(|31-1|-1)2/(31+1)=28.26$, $df=1$, $p=0.000$
有*號者表示達到0.05之顯著性水準

層 E 的 142 位學生中，有 25 位表現概念倒退的現象（達 17.6% ），但也都是下降到次低的概念階層 D ，沒有人掉落至概念階層 BC 。

- 實作測試時，原來是概念階層 D 的國小和國中學生還表現明顯的學習差異性 ($p < .001$) 。國中學生由概念階層 D 提升到概念階層 E 的人數有 19.1% ，但 229 位國小學生中只有一位 (0.4%) 提升到概念階層 E 。此種情形顯示，只有達到一定成熟度的概念階層 D 學生，才有發生學習效果的機會。
- 實作測試時由概念階層 BC 進步到概念階層 D 的學童的概念狀態往往是不穩定的（見表 3 ）。這些非自然成長的概念階層 D 的學童，在後測沒有實物觀察時，有 31.6% (12/38) 的人又回復到前測時的概念階層 BC 。這使得在後測時表現學習效果的人數下降到 49.1% （其中包含一位概念階層 E 的學生）。
- 面對實際現象時，對概念階層 D 學生所造成的學習效果有可能是非即時性的（見表 3 ）。前測時表現概念階層 D 的學生中，有 4.7%(14/297) 在實作時提升到概念階層 E ，但是在後測沒有實物觀察時，又有 5.4%(16/297) 的學生由概念階層 D 提升至概念階層 E 的層次，這使得在後測時表現學習效果的人數提升到 10.1% 。

表 5 ：群體式實驗學習活動後測時各群組學生各概念階層人數改變情形

| | 國小學生 | 國中學生 | 全 體 |
|---|---|---|---|
| 概念階層E的人數百分比改變情形 | | | |
| 前測時概念階層E的人數百分比 | 7.36 | 61.54 | 28.74 |
| 後測時概念階層E的人數百分比 | 9.03 | 65.64 | 31.38 |
| 前後測差異的顯著性考驗(McNEMAR $\chi^2$) | | | |
| $\chi^2$ (*BC+D; E*) | 10.24 | 2.29 | 13.78 |
| *df=1*, *p* 值 | 0.001* | 0.131 | 0.000* |
| 概念階層BC的人數百分比改變情形 | | | |
| 前測時概念階層BC的人數百分比 | 16.05 | 3.59 | 11.13 |
| 後測時概念階層BC的人數百分比 | 10.37 | 1.03 | 6.68 |
| 前後測差異的顯著性考驗(McNEMAR $\chi^2$) | | | |
| $\chi^2$ (*BC; D+E*) | 10.24 | 2.29 | 13.78 |
| *df=1*, *p* 值 | 0.001* | 0.131 | 0.000* |

・實作時由概念階層 E 倒退到概念階層 D 的現象往往是暫時性的（見表 3 ）。在表現概念倒退的 25 位學生中，有 11 位（達 44.0% ）在後測時又回復到概念階層 E （ 14 位仍然停留在概念階層 D ），這是使得在後測時只有 12.7% 的學童由概念階層 E 倒退至概念階層 D 的原因。

表 6 ：群體式實驗教學活動前測與實作時各概念階層人數之相關聯立表

| | | 實作時各概念階層人數分佈情形 | | | 概念改變之顯著性考驗 (One-tailed Sign Test) |
|---|---|---|---|---|---|
| 前測時概念階層 | 人數 | BC(%) | D(%) | E(%) | p值 |
| (國小學生) | | | | | |
| BC | 48 | 17(35.4) | 31(64.6) | | 0.000* |
| D | 229 | 1(0.4) | 227(99.1) | 1(0.4) | 0.750 |
| E | 22 | | 6(27.3) | 16(72.7) | 0.016* |
| 總計 | 299 | 18 | 264 | 17 | |
| (國中學生) | | | | | |
| BC | 7 | | 7(100.0) | | 0.008* |
| D | 68 | 1(1.5) | 54(79.4) | 13(19.1) | 0.001* |
| E | 120 | | 19(15.8) | 101(84.2) | 0.000* |
| 總計 | 195 | 1 | 80 | 114 | |
| (整體) | | | | | |
| BC | 55 | 17(30.9) | 38(69.1) | | 0.000* |
| D | 297 | 2(0.7) | 281(94.6) | 14(4.7) | 0.002* |
| E | 142 | | 25(17.6) | 117(82.4) | 0.000* |
| 總計 | 494 | 19 | 344 | 131 | |

| | 國小國中學生的差異顯著性考驗(Fisher's exact tests) | | |
|---|---|---|---|
| 前測時概念階層 | 人數 | BC提升到D或E時(p值) | BC或D提升到E時(p值) |
| BC | 55 | 0.086 | (不能計算) |
| D | 297 | 0.406 | 0.000* |
| E | 142 | (不能計算) | 0.224 |

表 7 ：群體式實驗學習活動前測與後測時各概念階層人數之相關聯立表

| | | 實作時各概念階層人數分佈情形 | | | 概念改變之顯著性考驗 (One-tailed Sign Test) |
|---|---|---|---|---|---|
| 前測時概念階層 | 人數 | BC(%) | D(%) | E(%) | $p$ 值 |
| (國小學生) | | | | | |
| BC | 48 | 27(56.3) | 21(43.8) | | 0.000* |
| D | 229 | 4(1.7) | 217(94.8) | 8(3.5) | 0.194 |
| E | 22 | | 3(13.6) | 19(86.4) | 0.125 |
| 總計 | 299 | 31 | 241 | 27 | |
| (國中學生) | | | | | |
| BC | 7 | 1(14.3) | 5(71.4) | 1(14.3) | 0.016* |
| D | 68 | 1(1.5) | 45(66.2) | 22(32.4) | 0.000* |
| E | 120 | | 15(12.5) | 105(87.5) | 0.000* |
| 總計 | 195 | 2 | 65 | 128 | |
| (整體) | | | | | |
| BC | 55 | 28(50.9) | 26(47.3) | 1(1.8) | 0.000* |
| D | 297 | 5(1.7) | 262(88.2) | 30(10.1) | 0.002* |
| E | 142 | | 18(12.7) | 124(87.3) | 0.000* |
| 總計 | 494 | 33 | 306 | 155 | |

國小國中學生的差異顯著性考驗(Fisher's exact tests)

| 前測時概念階層 | 人數 | BC提升到D或E時($p$ 值) | BC或D提升到E時($p$ 值) |
|---|---|---|---|
| BC | 55 | 0.051 | 0.127 |
| D | 297 | 1.000 | Pearson $\chi^2$=44.96, $df$=1, $p$=0.000* |
| E | 142 | (不能計算) | 1.000 |

實作與後測時的差異顯著性考驗(McNEMAR $\chi^2$, $df$=1)

| 前測時概念階層 | 人數 | BC提升到D或E時($\chi^2$, $p$) | BC或D提升到E時($\chi^2$, $p$) |
|---|---|---|---|
| BC | 55 | 7.69, 0.006* | 14.06, 0.000* |
| D | 297 | 0.80, 0.0371 | 2.40, 0.121 |
| E | 142 | | |

・在後測時，概念階層 D 的國小和國中學生同樣也表現明顯的學習差異性 ($p < .001$)。國中學生由概念階層 D 提升到概念階層 E 的人數有 14.3%，但 229 位國小學生中沒有任何人在有實物觀察時提升到概念階層 E。

・經由實際觀察所建立的概念階層 E 學生，或是經過實際觀察所檢驗通過的概念階層 E 學生，他們都表現相當高的概念穩定性。實作時表現概念階層學習效果的 14 位學生（概念階層 D 提升至概念階層 E），在後測時全部都維持相同概念階層 E 的層次 (100.0%)。實作時表現與前測時相同概念階層 E 的 117 位學生中，在後測時有 113 位仍然表現概念階層 E 的層次 (96.6%)。

・原來在前測時表現概念階層 D 的 297 位學生中，只有 2 位在實作時倒退到概念階層 BC (0.7%)，而原來在前測和實作時都表現概念階層 D 的 281 位學生中，也只有 4 位在後測時倒退回概念階層 BC 的層次（ 1.4% ）。這些數值與上面所討論的非自然成長（經由學習而達到的）的概念階層 D 學童的概念倒退機率相比較 (31.6%)，顯然差別很大。

## 二、個別式自我學習活動的效果分析

・參與個別式自我學習活動的國小學生，前測時概念階層 E 的人數百分比是

表 8 ：個別式自我學習活動後測時各群組學生各概念階層人數改變情形

| | 國小學生 | 國中學生 | 全 體 |
|---|---|---|---|
| 概念階層E的人數百分比改變情形 | | | |
| 前測時概念階層E的人數百分比 | 7.18 | 48.46 | 18.09 |
| 後測時概念階層E的人數百分比 | 12.43 | 57.69 | 24.39 |
| 人數改變顯著性考驗(McNEMAR卡方考驗) | | | |
| $\chi^2$ (*BC+D; E*) | 12.96 | 8.64 | 23.08 |
| *df=1*, *p* 值 | 0.000* | 0.003* | 0.000* |
| 概念階層BC的人數百分比改變情形 | | | |
| 前測時概念階層BC的人數百分比 | 19.34 | 5.38 | 15.65 |
| 後測時概念階層BC的人數百分比 | 8.56 | 3.85 | 7.32 |
| 人數改變顯著性考驗(McNEMAR卡方考驗) | | | |
| $\chi^2$ (*BC; D+E*) | 28.31 | 0.25 | 29.09 |
| *df=1*, *p* 值 | 0.000* | 0.617 | 0.000* |

7.18%，後測時提高到了 12.43%（表 8），前後人數相差爲 5.25%。國中學生則由前測時的 48.46% 提升到後測時的 57.69%，兩者之差爲 9.23%。這些人數的改變都明顯的要比群體式實驗學習活動時的要高（表 5）。

- 由各概念階層學生的表現，我們可以清楚看出造成以上所述個別式自我學習活動和群體式實驗學習活動差異的原因。前測時，參與個別式自我學習活動的

表 9：個別式自我學習活動前測與後測時各概念階層人數之相關聯立表

| | | 後測時各概念階層人數分佈情形 | | | 概念改變之顯著性考驗 (One-tailed Sign Test) |
|---|---|---|---|---|---|
| 前測時概念階層 | 人數 | BC(%) | D(%) | E(%) | *p* 值 |
| (國小學生) | | | | | |
| BC | 70 | 25(35.7) | 45(64.3) | | 0.000* |
| D | 266 | 6(2.3) | 238(89.5) | 22(8.3) | 0.002* |
| E | 26 | | 3(11.5) | 23(88.5) | 0.125 |
| 總計 | 362 | 31 | 286 | 45 | |
| (國中學生) | | | | | |
| BC | 7 | 4(57.1) | 3(42.9) | | 0.125 |
| D | 68 | 1(1.7) | 46(76.7) | 13(21.7) | 0.001* |
| E | 63 | | 1(1.6) | 62(98.4) | 0.500 |
| 總計 | 130 | 5 | 50 | 75 | |
| (整體) | | | | | |
| BC | 77 | 29(37.7) | 48(62.3) | | 0.000* |
| D | 326 | 7(2.1) | 284(87.1) | 35(10.7) | 0.000* |
| E | 89 | | 4(4.5) | 85(95.5) | 0.063* |
| 總計 | 492 | 36 | 336 | 120 | |

| | 國小國中學生表現的差異顯著性考驗(Fisher's exact tests) | |
|---|---|---|
| 前測時概念階層 | BC提升到D或E時 | BC或D提升到E時 |
| BC | 0.051 | (不能計算) |
| D | 1.000 | (Pearson卡方) 7.82, *df=1*, 0.005* |
| E | (不能計算) | 0.07 |

77 位概念階層 BC 的學生中，有 48 位 (62.3%) 在後測時提升到概念階層 D（表 9 ）。這個數值大大高於群體式實驗學習活動時的 47.3%（表 7 ）。另一原因則是參與個別式自我學習活動的 89 位概念階層 E 的學生中（表 9 ），在後測時只有 4 位退到概念階層 D(4.5%) 。這與群體式實驗學習活動時的 12.7% 相比（表 7 ），要低出很多。

- 個別式自我學習活動中的概念階層 D 的國中和國小學生也表現明顯的學習效果差異。原來在前測時表現概念階層 D 的國中學生中有 21.7% (13/60) 的人提升到概念階層 E ；但原來在前測時表現概念階層 D 的國小學生中，只有 8.3% (22/266) 的人提升到概念階層 E 。

## 三、群體式實驗學習活動的個案分析

由於體式實驗學習活動共有三次的測試（個別式自我學習活動只有兩次），因此我們可以較深入的觀察若干個別學生的概念改變情形，由此可以幫助我們瞭解各概念階層的特性，更可以進一步瞭解觀察活動對水平面概念影響的一些機制。以下即爲根據附件 A 範例所作之分析。

**前測時表現概念階層 BC 者**

- 案例 LTON208 是標準的 BC 概念階層的表現，這些學生明顯的缺乏想像水面與容器間相對運動的能力。在前測、實作、及後測時都是表現水隨著瓶子一起轉動的概念（除後測時第八題外）。
- 案例 LTON127 表現了暫時性的學習效果。在沒有實物觀察的前測及後測時，該生表現的是水面會隨著瓶子一起轉動的概念，這顯示他是以動態的方式在回答這些問題。也就是說，他心裡所想的是當瓶子轉動到某種狀態時水面會成什麼狀態，而不是當瓶子安靜的放在那裡時水面是什麼樣子。把水面畫成是隨著瓶子一起轉動的樣子，也表示該生缺乏想像水面與容器間相對運動的能力。在面對實際現象時，該生所採取的顯然是靜態水面的思考方式，此種思考方式是使他能表現暫時性學習效果的原因。此案例說明能夠看出靜止水面是水平的現象（就第二、五、八題而言），和能夠想像瓶子轉動時水面會維持水平並不是一樣的能力。
- 案例 LTON132 表現了確實的學習效果。在實作時當瓶子是在倒放或平放的情形下，此生表現了水面是水平的正確概念；當瓶子在斜放的情形下，也表現了

某種程度的學習效果，他已不再認爲水面會隨著瓶子一起轉動。在後測時沒有實物觀察的情形下，此生仍然維持此一概念層次。

- 案例 LTON228 在前測時表現了主觀認知對答題的影響的情形。雖然是相同的題目，也可以因爲答題者的主觀意識而有完全不同的回答（如第二、八題）。在前測時該生只表現兩種水平面概念模式：一種是水面平行於瓶壁；一種是水面平行於瓶底。題三、題四、題五、題六、題七、題八的表現明顯受題一、題二的影響。如果該生以爲某題瓶子擺設的狀態是由題一狀態轉變而來的話，則他可能就會以水面平行於瓶底的模式表現該題的水面狀態，如果該生以爲某題瓶子擺設的狀態是由題二狀態轉變而來的話，則他可能就會以水面平行於瓶壁的模式表現該題水面的狀態。實作時雖然在三、四、六、七題沒有表現正確的水平概念，但是有體認到當瓶子在傾斜狀態時，水面不應該是平行於瓶底或瓶壁的狀態。第二、第五、第八題的表現顯示了該生想像水面與瓶壁間相對運動能力的不足。第五題的懸空水平狀態有可能係由第一題的狀態想像轉動而來。第二題和第八題的懸空水平模式也應該是想像轉動而來的，只是轉動時的起始狀態也是想像的。該生在後測時修正了二、五、八題的懸空模式而表現了概念 D 的層次。
- 案例 SSUN577 在前測時有接近階層 D 的表現（二題、五題、八題有兩題正確）。該生在實作時因爲修正了第二題的答案而達到概念階層 D 的標準，並且在後測時維持此一概念水準。實作時三、四、六、七題仍然表現多種的傾斜方向，但是傾斜方式與前測時及後測似乎都沒有任何的相關性。

**前測時表現概念階層 D 者**

- 案例 SSUN523 在實作及後測時，都沒有改變對二、五、八題的正確回答。該生對於三、四、六、七題的回答，不只是仍然停留在水面不水平的錯誤概念層次，甚至於也沒有表現愈來愈接近水平概念的跡象。相反的，他表現多種不同方向的水面，這顯示他對水面方向的不確定心理，也就是說他無法找到一個確念方向的依據。
- 案例 LTONH076 在實作時即已提升至概念階層 E 的層次，且在後測時也維持概念階層 E 的層次。但我們可以注意到該生在前測時，三、四、六、七題的水面方向並不是與水平方向十分接近的，也就是就正確的水平面概念建立並不是

漸進式的（愈來愈水平）。

- 案例 LTONH002 並沒有在有實物觀察時提升到概念階層 E 的層次，而是在沒有實物觀察時才表現概念階層 E 的層次。

**前測時表現概念階層 E 者**

對於原來表現正確概念階層 E 但缺乏信心的學生，實際現象的觀察並不一定是增強他們正確概念的信心，常常反而是會使這些學生更傾向於錯誤的想法。案例 LTONH060 在面對實際現象時反而使他開始懷疑水面是否眞的是水平的，因此他表示第一、三、七、八題的水面兩邊離桌面高度會有少許的不同。後測時他更是肯定了這種錯誤的想法。

- 案例 LTON140 在面對實際現象時使他完全的改變了原來是正確的想法，而認爲瓶子斜放時水面也應該是傾斜的。後測時亦仍然維持此一想法。
- 案例 LTONH027 在面對實際的現象時也是由原來正確的概念變成不正確的概念。但是他在後測時又恢復前測時正確的想法。

## 肆、結論

我們的研究結果，基本上証明了學童之是否具有正確的水平面概念，並不只是一個「知」的問題，而是一種「能力」的問題。正如皮亞傑理論所宣稱的，學生對水平面概念的學習，遵守與水平面概念自然發展時的相同階層順序。自然的發展順序是由概念階層 BC ，而概念階層 D ，再概念階層 E ，則學童學習的進程必定也是由概念階層 BC ，而概念階層 D ，最後才是概念階層 E 。自然發展的速度受個人整體的成長狀況所制約，而概念的學習也受前一概念階層的成熟度的制約。

面對實際的水面現象時，很少學童可以由不正確的水平面概念改正爲正確的水平面概念階層 E （低於全部學生的 5% ），甚至有相當數量原來是概念階層 E 的學童反而會倒退至概念階層 D 的層次（約 17.6% ）。當實際的水面現象由學童面前移開後，我們又發現有相當數量（約 5.4% ）的概念階層 D 學童提升至概念階層 E ，同時也有部份發生概念倒退的學童又會恢復原來的概念階層 E 的層次（約爲其中的 44.0% ）。在面對實際水面現象時，低層次概念階層 BC 的學童卻有很高機率的學習效果（提升至概念階層 D ）。但是，當實際的水面現象由學

童面前移開後，有相當部份的這些學童（約 31.6% ）又會回復到原來的概念階層 BC 。也就是說，對概念階層 BC 的學生而言，在有實物時能夠看出水面在某些特別放置情況時是水平的，和在沒有實物觀察時能夠想像容器轉動時水面是水平的，顯然是兩種不同的能力。這些情形都明顯的告訴我們實驗教學的複雜性和有限性，也是我們在設計實驗教學時所應該留心的地方。

根據個別的面談，我們發現學童對於水平面的問題可以採取兩種思考的方式：一種是靜態水面的思考方式；一種是動態水面的思考方式。在實作測試時，要求學童仔細觀察靜止水面的方向，等於是在要求學童採用靜態水面的思考方式。但是在沒有實物觀察時，當學童面對的只是答卷上所展示的容器的各種放置情形時，學童也就會較傾向於以動態水面的思考方式來作答。

因此我們可以對群體式的實驗學習中概念階層 BC 學童的反應作如下之解釋。前測時，因爲沒有實物的觀察，所以多數學童傾向於以動態水面的思考方式作答；實作測試時，因爲面對靜態的水面現象，很多的這些學童又傾向於以靜態水面的思考方式作答，所以使得很多原來是 BC 的學童表現了較高的概念階層 D 。但是後測時，當實物觀察的機會又被取消時，並不是所有的這些學童又回復到以動態水面的思考方式作答而表現與前測時相同的概念層次。事實上，只有部份的這些概念階層 D 學童，回復到以動態水面的思考方式作答，及退回到原來的概念階層 BC ，還有一部份的則仍然維持靜態水面的思考方式及概念階層 D 的層次。

個別式的自我學習甚至有略高於群體式的實驗學習的效果，提醒我們對個別式自我學習方式的重視。從傳統的經驗學派學習心理學觀點來看，個別式的自我學習和群體式的實驗學習活動具有約略相等的學習效果，似乎是很難理解的現象。然而從皮亞傑理論的角度，則可以有如下的解釋。根據他的理論，影響學童學習成效的因素共有四項 (Piaget, 1964) ：就是生理的成熟度 (Maturation) ，物理的經驗 (Physical experience) 、社會性的交流 (Social transmission) 、以及自我協調 (Self-regulation) 。生理成熟度顯然是制約兩種學習活動的共同因素：不同成熟度的學生在前測時就有不同的表現，在後測時也就有不同層次或不同程度的學習效果。但是，因爲群體式的實驗學習活動的時間大約是兩小時，個別式的自我學習的間隔也只有五天。因此參與群體式實驗學習或個別式自我學習的學生，在後測時所表現的概念進步現象不可能是因爲生理成熟度的改變而造成的。在群體式的實驗學習過程中，學童沒有和同學或老師作適當討論的機會（社會性

交流），也沒有充裕的時間去反省自己作答的合理性（自我協調），因此只有物理經驗和前測時的影響是造成學習的可能原因 。但參與個別式的自我學習的學生，在前後測之間有五天的自由活動時間。在這五天之中，一部份的這些學生也許會自己進行實驗的觀察，也許會去和同學，老師，或家長作某種程度的討論。更重要的，是這些學生有五天的時間對自己的答案有反省的機會。因此個別式的自我學習的學生的學習方式是自發性及多樣性的，其中的自我協調和社會性交流更是群體式實驗學習所缺少的。

然而我們必需指出，個別式的自我學習活動要眞正促成學習的效果，前測時的問題設計或內容顯然扮演著關鍵的角色。如果前測時的問題太難或太容易，或不能引起學生的興趣，或不能引起學生的思考，則個別式的自我學習活動是不可能造成學生的學習效果的。換句話說，個別式的自我學習並不是眞的是「放牛吃草」，教師依然是扮演著關鍵的角色。

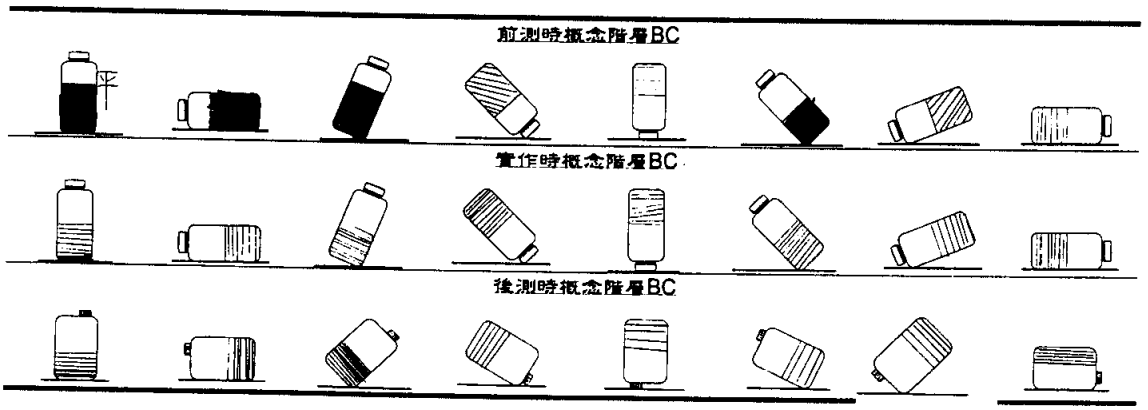
## 誌 謝

本研究承蒙國科會專題計劃經費的補助 (NSC84-2511-S-003-051)，各測試學校的行政配合與協助，研究助理王欣芝小姐的參與測試工作與資料的處理，都在此致最高的謝意。

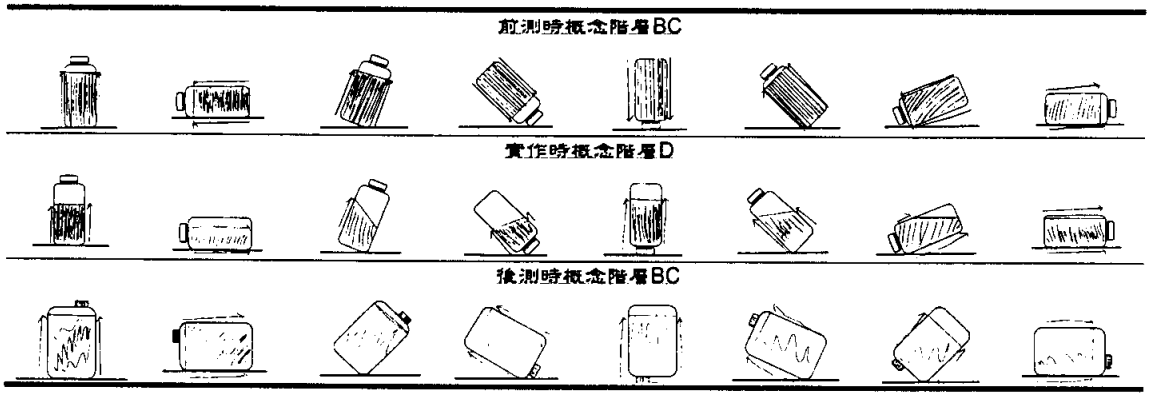
## 附件 A ：群體式實驗學習活動學生作答案例

### ❖ 前測時表現概念階層 BC 者

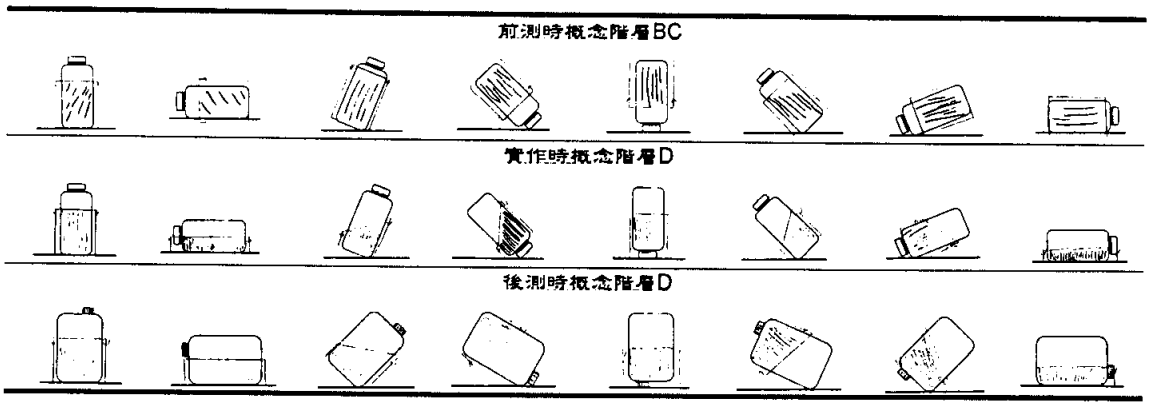
【案例 LTON208 ：國小二年級，女，八歲八個月】



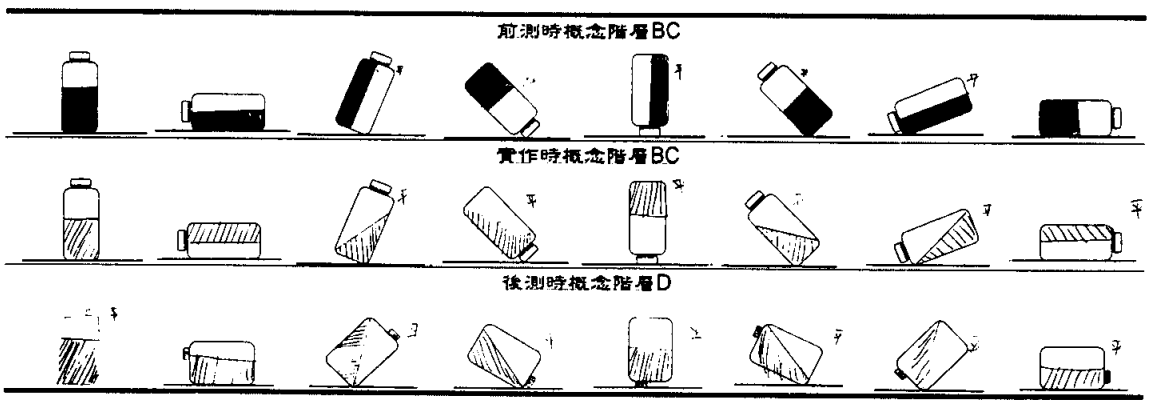
【案例 LTON127 ：國小四年級，女，九歲八個月】



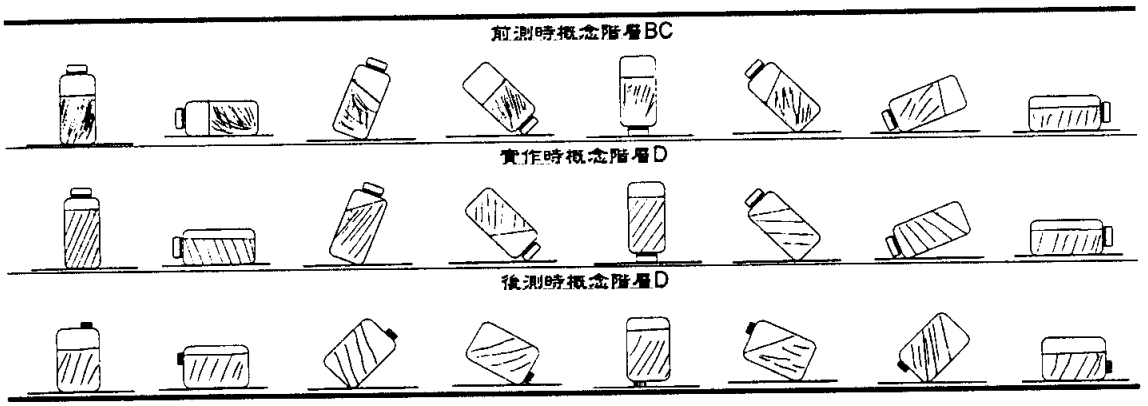

【案例 LTON132 ：國小四年級，女，九歲十一個月】




【案例 LTON228 ：國小二年級，男，八歲三個月】

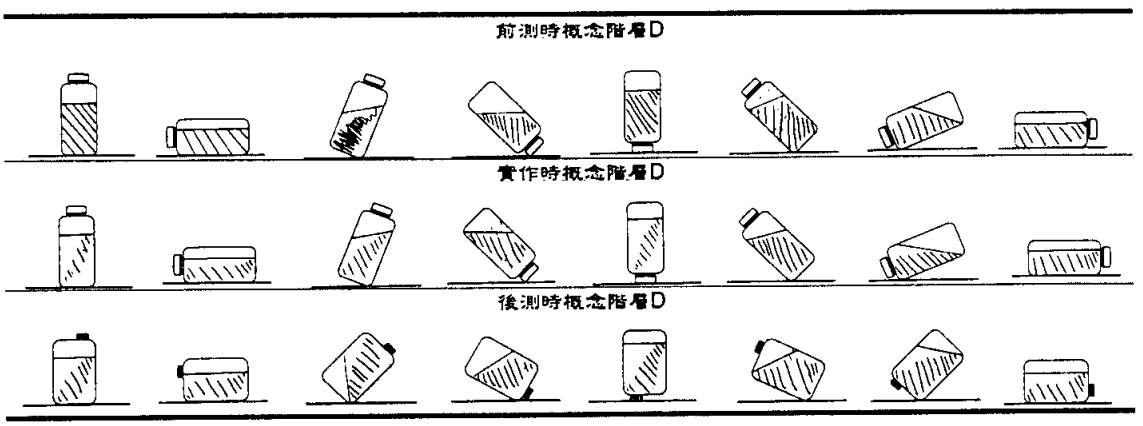


【案例 SSUN577 ：國小五年級，男，十一歲】

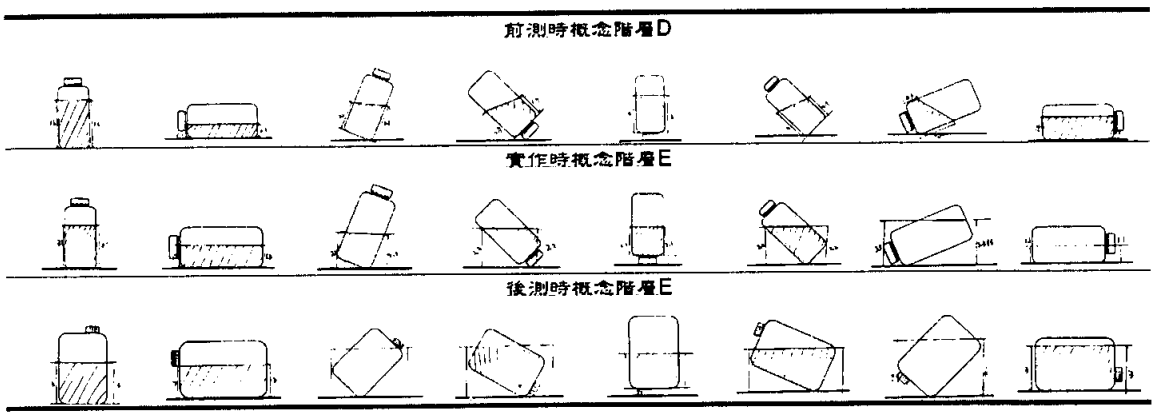



## ❖ 前測時表現概念階層 D 者

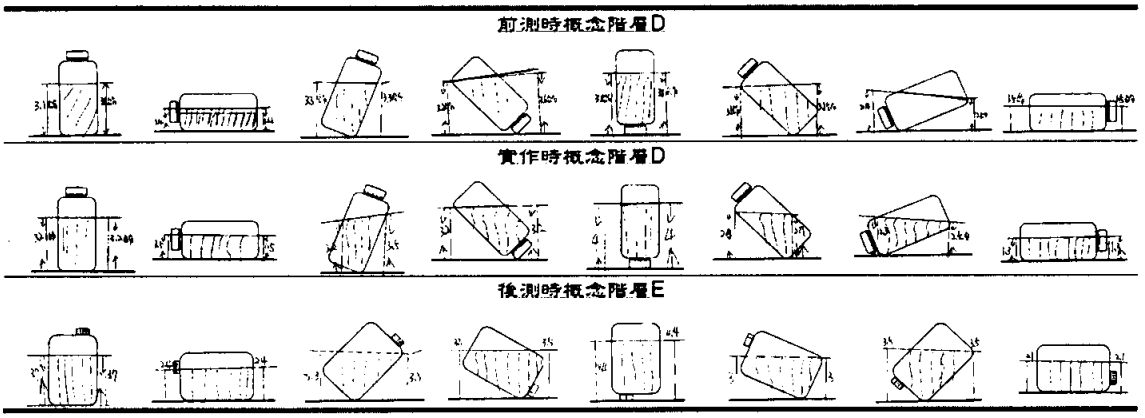
【案例 SSUN523 ：國小五年級，女，十歲八個月】




【案例 LTONH076 ：國中一年級，女，十三歲】

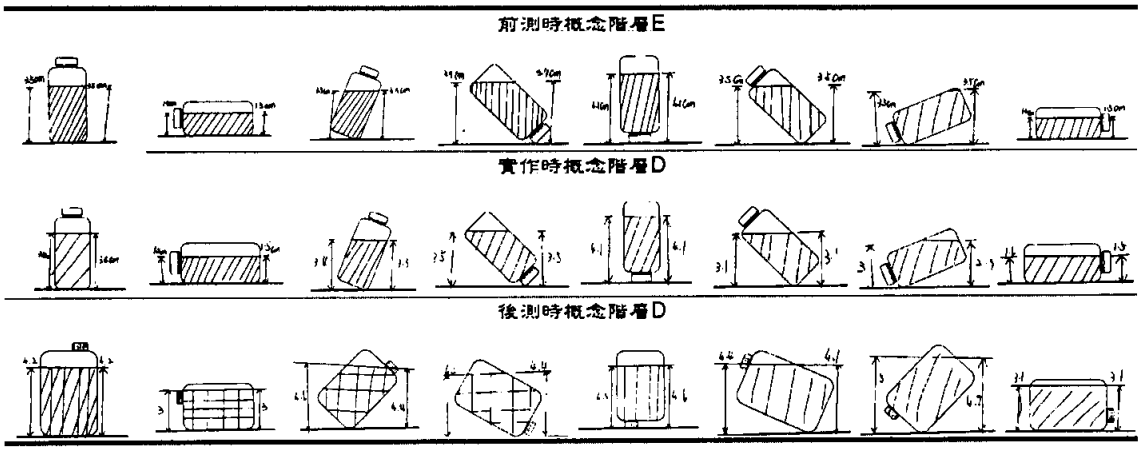


【案例 LTONH002 ：國中一年級，男，十三歲一個月】

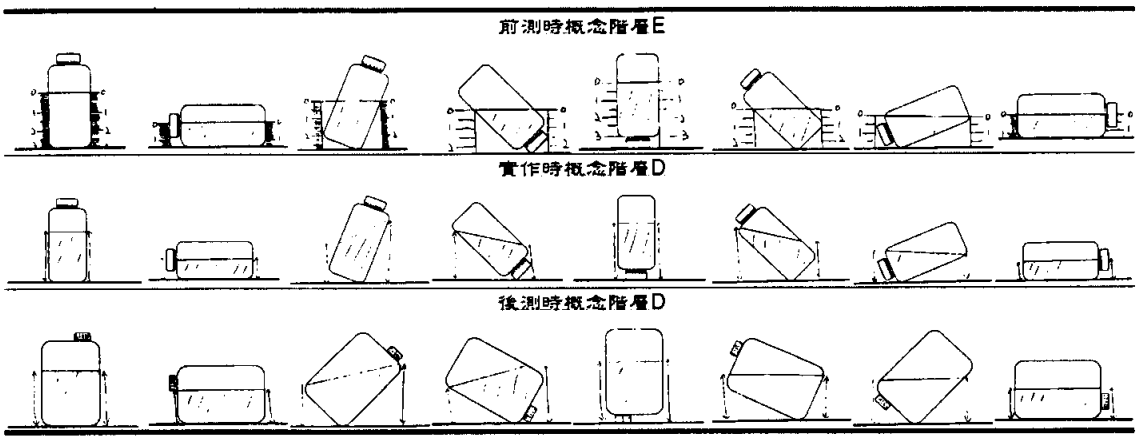



## ❖ 前測時表現概念階層 E 者

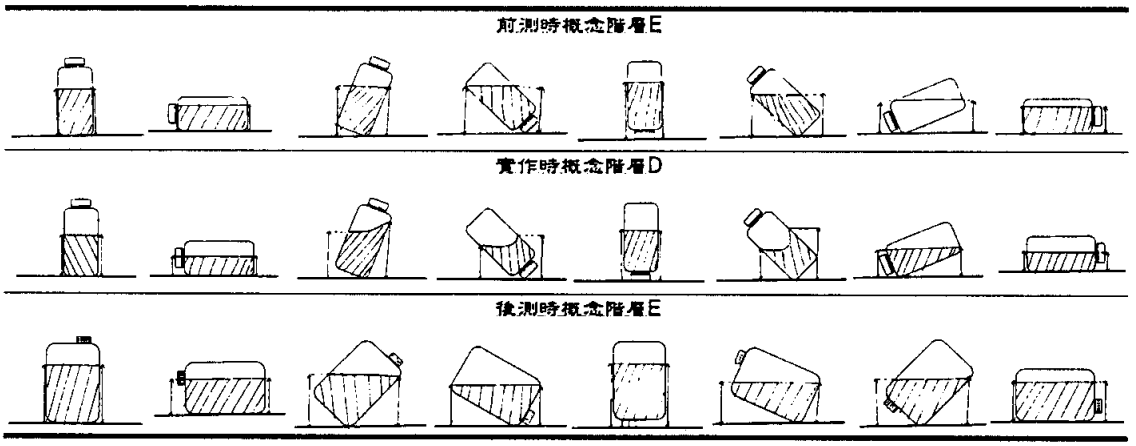
【案例 LTONH060 ：國中一年級，男，十二歲十個月】




【案例 LTON140 ：國小四年級，女，十歲】



【案例 LTONH027 ：國中一年級，女，十二歲十個月】




# 參考文獻

1. 黃湘武、邱韻如、莊福泰（ 1995 ）：我國學生水平面及空間概念成長之研究。《科學教育學刊》，第三卷第二期。
2. Abravanel, E., & Gingold, H. (1977). Perceiving and representing orientation: effects of the spatial framework. *Merrill Palmer Quarterly, 23*(4), 265-78.
3. Abravanel, E., & Gingold, H. (1982). Evidence for perceptual influences in under-standing liquid level invariance. *Journal of Genetic Psychology, 140*, 237-247.
4. Asch, S. E., & Witkin, H. A. (1948). Studies in space orientation: Perception of the upright with displaced visual fields. *Experimental Psychology, 38*, 325-337.
5. Beilin, H., Kagan, J., & Rabinowitz, R. (1966). Effects of verbal and perceptual training on water level representation. *Child Development, 37*, 317-329.
6. Foorman, B. R. (1981). A neopiagetian analysis of four-year-olds' performance on water-level task. *Perceptual and Motor Skill, 52*, 631-639.
7. Ford, L. H. (1970). Predictive versus perceptual responses to Piaget's water-line task and their relation to distance conservation. *Child Development, 41*, 193-204.

8. Kalichman, S. C. (1987). *Water running-up-hill: a closer look at sex difference in perceiving the invariant horizontality of liquids.* paper presented at the 33rd meeting on the Southeastern Psychological Association.
9. Laurendeau, M, & Pinard, A. (1970). *The development of the concept of space in the child.* New York: International university press .
10. Liben, L. S. (1974). Operative understanding of horizontality and its relation to long-term memory. *Child Development, 45*, 416-424.
11. Liben, L. S. (1978). Performance on piagetian spatial task as a function of sex, field dependence, and training. *Merrill-Palmer Quarterly, 24*(2), 97-110.
12. Liben, L. S. (1991). Adults' performance on horizontality tasks: Conflicting frames of reference. *Developmental Psychology, 27*(2), 285-294.
13. Liben, L. S., & Golbeck, S. L. (1980). Sex differences in performance on piagetian spatial tasks: Differences in competence or performance? *Child Development, 51*(2), 594-597.
14. Liben, L. S., & Golbeck, S. L. (1984). Performance on piagetian horizontality and verticality tasks: Sex related differences in knowledge of relevant physical phenomena. *Developmental Psychology, 20*(4), 595-606.
15. Liben, L. S., & Golbeck, S. L. (1986). Adults' demonstration of underlying euclidean concepts in relation to task context. *Developmental Psychology, 22*(4), 487-490.
16. Maxwell, J. W., Croake, J. W., & Biddle, A. P. (1975). Sex differences in the comprehension of spatial Orientation. *Journal of Psychology, 91*, 127-131.
17. McGillicuddy-De Lisi, A. V., De Lisi, R., & Youniss, J. (1978). Representation of the horizontal coordinate with and without liquid. *Merrill-Palmer Quafferly, 24*(3), 199-208.
18. Perner, J., Kohlmann, R., & Wimmer, H. (1984). Young children's recognition and use of the vertical and horizontal in drawings. *Child Development, 55*(4), 1637-1645.
19. Piaget, J. (1964). Cognitive development in children: Development and

learning. *Journal of Research in Science Teaching, 2*, 176-186.

20. Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The child's conception of space.* Routledge & Kegan Paul, London.
21. Piaget, J., Inhelder, B., & Szeminska, A. (1960). *The child's conception of geometry.* W. W. Norton & Company, New York & London.
22. Piaget, J. (1960). *The Psychology of Intelligence.* Paterson, N. J.: Littlefield, Adams, 1960.
23. Randall, T. M. (1980). Training the horizontality concept in a group of nontransitional children. *Journal of Genetic Psychology, 136*, 213-220.
24. Siegel, S. (1956). Nonparametric statics for the behavioral sciences. Mcgraw-Hill Book Company.
25. Signorella, M. L., & Jamison, W. (1978). Sex differences in the correlations among field dependence, spatial ability, sex role orientation, and performance on Piaget's water-level task. *Developmental Psychology, 14*(6) 689-690.
26. Smedslund, J. (1963). The effect of observation on children's representation of the spatial orientation of a water surface. *Journal of Genetic Psychology, 102*, 195-201.
27. Thomas, H., & Jamison, W. (1975). On the acquisition of understanding that still water is horizontal. *Merrill-Palmer Quarterly, 21*(1), 31-44.
28. Thomas, H., & Turner, G. F. W. (1991). Individual differences and development in water-level task performance. *Journal of Experimental Child Psychology, 51*, 171-194.
29. Thompson, E. G., Mann, 1., & Harris, L. J. (1981). Relationships among cognitive complexity, sex, and spatial task performance in college students. *British Journal of Psychology, 72*, 249-256.
30. Vasta, R., Lighffoot, C. & Cox, B. D. (1993). Understanding gender differences on the water-level problem: The role of spatial perception. *Merrill-Palmer Quarterly, 19*(1), 391-414.
31. Willemsen, E., & Reynolds, B. (1973). Sex differences in adults' judgments of the horizontal. *Developmental Psychology, 8*(2), 309.

# The Learning of Water-Level Concept Through Group Experimental Activity and Self-Learning Activity

Hsiang-wu Huang and Yun-Ju Chiu,

Department of Physics, National Taiwan Normal University

## Abstract

In this paper we shall report the results of two learning studies on the water-level concept. One study focused on a group experimental learning activity; the other was on a free self-learning activity. The experimental learning activity consisted of three successive group tests. In the second test each student was asked to make close observations of the actual water-level phenomena while answering related questions. The free self-learning activity consisted of two group tests. The second test was held five days later and the students participatants were not informed in advance. All tests were administered to groups in a paper and pencil format. About 500 elementary and high school students participated in each learning activity.

Learning effects of the activities were judged by students' conceptual shifts among three stage levels, i.e., the lowest concept level BC that demonstrates no knowledge about the horizontality of the water surface in container; the middle concept level D that demonstrates only occasional knowledge about the horizontality of the water surface; and the final concept level E that demonstrates complete concept of horizontality in all situations.

The main findings are: (1) both experimental results indicated that learning of the concept is dependent on the initial conceptual levels of the students; (2) students participating in the experimental learning activity demonstrated no better conceptual learning effect than those participating in free self-learning activity; (3) results of both experiments indicate that the students with original conceptual level BC and those students with original high conceptual level D

have very different learning behaviors; (4) immediate observations provoked little conceptual learning when the jar was tilted at an arbitrary angle, i.e., very few students could see the horizontality of the water surface and thus correct their misconceptions; (5) two ways of thinking could be used when the students were facing the problems: one was a static type in which the bottle with the water inside was considered as situated on the table statically; the other was a dynamic type in which the present orientation of bottle on the table with the water inside was considered as rotated from a certain previous orientation. For the students with initial low conceptual level, using the static type was easier than the dynamic type to get the correct answers when facing the water level problems.

**Key words**: water-level, space, development, Piaget, learning, concept.