

從國中學生的認知發展探討浮力單元的教學問題

邱韻如

長庚大學 通識中心物理科
yjchiu@mail.cgu.edu.tw

(投稿日期：民國 102 年 12 月 04 日，修訂日期：102 年 12 月 26 日，接受日期：102 年 12 月 27 日)

摘要：現行國中教材的浮力單元安排在國二的下學期，不管是教還是學，都有相當的困難。根據皮亞傑的認知發展理論，未達形式操作期的學生，無法分辨體積與重量的概念，而我們的國二學生還有相當大的比例未達形式操作期。本文回顧黃湘武過去的研究，從學生的認知成長發展探討在此單元學習上的迷思概念與學習困難，期能在瞭解以上教學的問題之後，進一步建構與發展適才適性且師生雙贏的浮力教材及教法。

關鍵詞：認知成長、形式操作期、教材教法、浮力

壹、現行教材中的浮力單元與其先備知識

現行國中教材的浮力單元安排在國二下學期(圖 1)，實際教學時數大約 2~4 小時。翻開國二下的自然與生活科技的教材(包括講義、參考書、評量等)，可以看到許多整理好的浮力公式以及琳瑯滿目的題目，這些題目中，有許多是歷年基測的題目及類題，其難度之高，總讓初學者望之卻步。

浮力單元的先備知識包括：體積、質量、密度、重量、力、壓力。體積與密度的概念安排在國二上，許多國中理化老師都知道「密度」並不好教，絕非只是把「質量除以體積

等於密度」背起來就可以理解。物體在液體中所受的浮力，與其所受的壓力有關，但在有限的教學時數內，學生是否能夠理解「壓力不是力」以及液體壓力的特性，且進一步瞭解浮力與壓力的關係？

除了受限於教學時數之外，浮力單元的教學其實還有更基本的問題值得探討。本文主要從國中生的認知發展探討學生學習浮力單元時所面臨的困難。

貳、皮亞傑的認知發展理論與診斷

皮亞傑的認知發展理論，是根據他長期且直接觀察兒童邏輯推理能力發展所建立起

自然與生活科技 (以康軒版為例)



圖 1：國二下的自然與生活科技目錄

來的(Piaget & Inhelder,1969)，這些研究資料及其所建立的診斷方法，對國中小數理科教材及教法有重要的意義及影響。

一、認知發展四個階段

根據皮亞傑的理論，兒童的認知發展係依照感覺動作期、前操作期、具體操作期及形式操作期四個階段循序發展而來。每個人的成長都需要經歷這四個階段，成長的快慢可能因個人或文化背景的不同而有差異，但每一階段的發展都是下一階段發展的基礎，因此這四個時期的發展順序是不會改變的。

國小的兒童，正值具體操作期(concrete operation period)發展的階段，在這個階段的兒童，透過實物的操作，逐步內化為思想的操作，一步一步建立起守恆的概念，依序包括「數量守恆」、「長度守恆」、「液體量守恆」及「重量守恆」等等，當兒童建立起「體積守恆」概念時，即進入形式操作期(formal operation period)。

二、排水體積概念的發展

根據皮亞傑的研究，兒童對於體積概念的發展是一個相當複雜的過程。體積概念分為內體積及外體積兩種層次，內體積係指一

物體所包容的內部空間，而外體積係指一物體所佔有的外在空間或在液體中所排開的空間，皮亞傑發現兒童通常先有內體積守恆，再發展外體積守恆觀念。

皮亞傑所謂的排水體積守恆概念，是將物體置於水中，詢問兒童水面升高的多寡與理由，來診斷學童是否有外體積觀念。皮亞傑觀察到學童在排水體積概念的發展過程中有三個階段的變化：在第一階段(7~8 歲以下)的學童會認為水面的升高是由於物體的重力所造成，認為浸在水中的物體的重量在水中會產生一個連續的壓力而使水面升高，因此他會認為一個小而重的物體在水中會使水面升高多於一個大而較輕的物體。在第二階段(9~10 歲)的學童開始根據體積的大小來預測水面的高低，但是他還是用重力的理由來做解釋，因此說明上充滿矛盾，但學童本身並不自覺。到了第三階段(10~11 歲以後)，也就是進入形式操作期後，開始能夠區分與組合重量與體積的觀念，以及具有比例能力時，以上的困難似乎都迎刃而解，知道水面的升高只和物體的體積有關(Piaget & Garcia, 1974; 黃湘武等人,1985)。特別要注意的是，上述各階段的年齡層是依照皮亞傑書上所寫的，實際進入形式操作期的學童年齡層請參考圖 2。

三、排水體積概念的診斷

排水體積概念診斷可採用面診或示範群測方式(黃湘武等人,1985)。示範群測的方式如下：

- (1) 先展示二個金屬圓柱體(鉛柱及銅柱，同體積但不同重量)及二個大小相同的量筒(內盛等量的水)。
- (2) 將幾組圓柱體交給學生，讓他們輪流比較兩個圓柱體的高度與直徑，透過親自

操作體驗，確認兩者大小相同但輕重不同。

- (3) 在學生面前將量筒中之水調整至一樣的高度。
- (4) 當著學生把鋁圓柱體慢慢置入量筒中，讓學生看到水面上升，請學生在試卷上畫下水面上升後的高度及寫出水面上升的理由。
- (5) 等學生都寫完，再問，如果把銅圓柱放入水中，(和置入鋁圓柱的水面相比)水面會較高、較低、還是一樣？請學生畫出預測的水面高度及寫下理由。(特別注意，在此並不真的把銅柱放進去，而是要學生預測。測驗結束後，通常也不把銅柱放進去讓學生知道答案。)

達到形式操作期的學生，會認為兩者排開的水是一樣多，因此水面會一樣高。由圖 2 的資料為例(黃湘武、黃寶鈿，1986)，國一到國三正是發展排水體積守恆概念的階段，達到形式操作期的國二學生不到三分之一。

特別要注意的是，上述的診斷測驗必須是熟悉皮亞傑診斷方式的人員來實施，千萬不可直接顯示答案或讓學生反覆練習以記住答案，這樣揠苗助長的方式不但無法達到診斷的目的，更會讓學生因背住答案而停止思考，不可不慎。

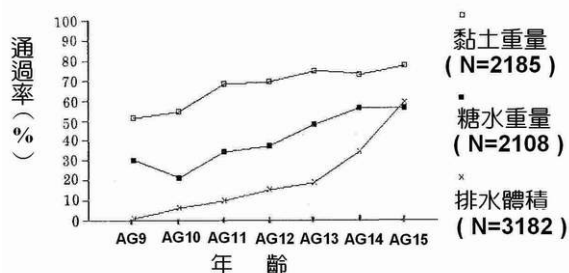


圖 2：黏土重量、糖水重量與排水體積通過率(黃湘武、黃寶鈿，1986)

參、浮力單元的教學問題探討

目前國小高年級及國中數理教材裡面的很多內容，例如體積、比例、速度、密度、力矩等等，都是達到形式操作期能力的學生才能學會的。根據皮亞傑的認知發展理論，排水體積守恆概念的達成是學童進入形式操作期的開始，當學生還未達到形式操作期，也就是在重量與體積不清楚的情況下，他們在學習「密度」與「浮力」所面臨的困難，可想而知。

一、兩個浮力實驗

限於篇幅，僅簡要提出兩個相關實驗進行探討。

(一)阿基米德實驗器

阿基米德實驗器(圖 3)是用來講解「物體所受的浮力等於排開的液體重」的示範教具。許多學校都有這個器材，但基於各種原因，很多老師以黑板講解來取代在課堂上示範此實驗，並在黑板講解與此實驗相關的各種變化例題，例如改變燒杯中或上面塑膠筒的液體，來讓學生紙筆練習。黑板實驗與實際操作的比較，不在此討論。

透過這個實驗器材，可以立即看出「物體所受的浮力等於排開的液體重」，值得深思

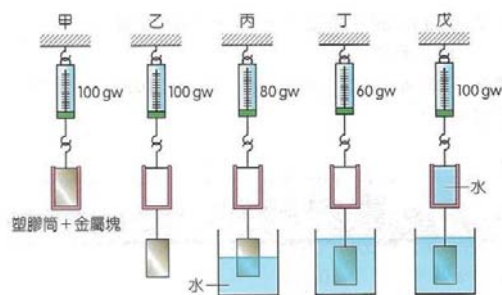


圖 3：阿基米德實驗器

的是，這種直接看出答案的示範實驗，是否真的能讓學生從「觀看」中體會與學習到浮力的概念？

(二)玻璃瓶的浮力

黃湘武設計了一個浮力概念的測驗(圖4)。他們將一個封閉的小玻璃瓶與一杯水置於天平一端，另一端放適量的砝碼使兩端平衡。先請學生預測，如果把水杯旁邊的小玻璃瓶放入水中，使其浮在水上，天平兩端是否還會保持平衡？結果發現(圖5)，學過浮力的學生(國中以上)大多數會認為當玻璃瓶浮在水面上時，天平左端會因為瓶子受到浮力而變輕，而沒有學過浮力的國小中低年級學生則認為不變。接著，問學生，如果把玻璃瓶裡的空氣抽掉後再丟入水中，抽真空後的玻璃瓶會沈還是浮？研究結果顯示(圖5)，有約三分之二的學生(從國小到高中生及大學文科生皆然)，認為玻璃瓶會從浮體變為沈體，他們大都以為產生浮力的關鍵是空氣，因此當空氣被抽掉後，浮力也跟著消失。許多教師在教授浮力單元時，恐怕不知道學生存在如此的迷思概念。

天平二邊一樣重。

把玻璃瓶放入清水杯中，
現在天平二邊還會一樣重嗎？

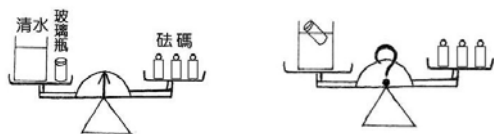


圖4：浮力概念測驗(黃湘武&黃寶鈿,1986)

	永和國小 四至六年級	國中學生* 一至三年級	大誠高中 一至二年級	師大文 科生	師大理科學 生及在職進 修理科教師
認為會成沉體	67.0%	60.8%	67.7%	66.0%	16.0%
認為仍為浮體	33.0%	39.2%	32.3%	34.0%	84.0%
總人數	191	400	65	132	257

*註：國中學生包括：松山、萬華、新竹及花蓮區科學營。

圖5：玻璃瓶的浮力(黃湘武&黃寶鈿,1986)

二、教學困難其來有自

從圖2的資料可以看出，國一到國三的學生正處於發展排水體積守恆概念的階段，因此這個階段的教材應該重視具體實驗操作經驗，例如(1)以排水法來測量物體的體積；(2)讓學生改變液體的密度(可以用鹽巴，並順便測量鹽水的密度)，體驗物體在不同密度液體中浮沈狀況的變化；(3)讓學生親自將綁著線的物體慢慢沈入水中，實際感受物體重量減輕或進一步綁上彈簧秤，記錄讀數的改變。這些看似簡單的實驗操作活動，可以幫助學生透過動手進而動腦，透過做中學從具體走向抽象。如果學生在操作與瞭解上述基本實驗時都還有許多問題未能解決，那他們如何能體會阿基米德實驗器的意義，以及再進一步學習那些複雜的難題？

達到形式操作期的學生，才能分辨重量和體積的不同，才有可能進一步分辨質量和重量。從這個角度來看，現行的教材及考題，很多都超出國二學生的能力，學生在不明究理又缺乏實作經驗的情況下，不管是勉強以背誦的方式來學習還是乾脆放棄學習，都不是教師所樂見的。

肆、結論與建議

對國二的學生來說，「浮力」的概念很難，基測的題目更難。我們必須體認，揠苗助長的教學，甚至比「不教」的傷害還大。例如，過度強調質量與重量的不同、讓國二初學者過度演練基測考題、練習太多複雜難題及解題技巧、不做實驗等等，都是不適當的教學。

在教材、教學時數、基測命題等都還無法大幅改變之前，期待教師能讓不適當的教學盡量減少，更期待教師能進一步瞭解學生

的學習困難，在有限的教學時數內，發展設計適合學生的實驗活動，讓學生能有效學習及保有學習的興趣。期待有一天，在大家的努力下，教材、教法與命題能因此改變。

誌謝

今年(2013 年)是黃湘武教授逝世十週年，僅以此文紀念恩師黃教授帶領我認識皮亞傑，進入物理教學這個領域。

參考文獻

1. 黃湘武、黃寶鈿 (1986)：學生推理能力與概念發展之研究，認知與學習基礎研究第一次研討會專集，國家科學委員會。
2. 黃湘武、劉謹輔、陳忠志、杜鴻模、陸業堯、江新合(1985)：國中生質量守恆、重量守恆、外體積觀念與比例推理能力的抽樣調查研究，中等教育，36(1),44-65。
3. Piaget,J. & Garcia,R.(1974).
Understanding Causality. New York : W.W. Norton & Company.
4. Piaget,J. & Inhelder,B. (1969).
The Psychology of the Child. New York : Basic Books Inc.

Teaching and Learning the Buoyancy Unit in Junior High School From Piaget's Perspective of Cognitive Development

Yun-Ju Chiu

Chang Gung University

E-mail:yjchiu@mail.cgu.edu.tw

Abstract

Either teaching or learning the unit of buoyancy in the eighth grade is not an easy task. According to Piaget's cognitive developmental theory, students tend to have difficulties in differentiating between volume and weight before entering the formal operational stage. Moreover, a large percentage of our eight-graders are not during the formal operation period.

In this study, by reviewing the researches of Hsiang-Wu Huang, the author explores students' misconception of buoyancy and their learning difficulties from the perspective of cognitive development. This paper intends to help teachers to bring out the students' preconceptions before instruction, and adopt appropriate instructional strategies to remind students of the conflicts and inconsistencies in their thinking.

Key words: Cognitive development, Formal operation period, Piaget, buoyancy