科學教育學刊
1998, 第六卷第二期， 149-168

EJ51-1998-149

建構取向的科學教室內師生互動實例

張美玉
國立新竹師範學院　初等教育系

（投稿日期：87 年 1 月 14 日，接受日期：87 年 5 月 27 日）

摘要：本文介紹一位國小教師透過自己的行動研究詮釋建構主義取向的教學策略如何在一個五年級自然課的教室內引導學生學習。這位教師在國小自然科的教學經驗至少十年以上。本研究採用質性研究的非參與觀察法。

這個例子發生在二氧化碳單元十節課中的兩節。在這兩節課中，學生在解決如何證明"汽水裡的泡泡是二氧化碳"的問題。我們可以發現教師如何應用問問題的技巧引導學生設計實驗、討論實驗的可行性，進行實驗以及詮釋實驗結果，以及學生如何爭辯及維護自己的看法的學習歷程。

這個研究說明教師如果能提供一個自由的、安全的、和舒適的學習環境，可以鼓勵兒童發表自己的看法並且主動進行對科學的探究活動；教師提供適當的問題可以激發兒童的思考；教師提供兒童在互動中對科學概念的辯論、討論和防衛自己看法的機會能幫助兒童建構科學概念。

關鍵詞：建構主義、教學情境、教學策略、師生互動。

緒　論

教育改革的聲浪在全世界各國正方興未艾，有些教育改革人士倡導小班小校，政策鬆綁的問題，其實改進教室內教學的品質，才是教育改革中最重要的課題。根據統計台灣區 12 班以下的小學約佔 53 %，而這些學校的班級都不致於太大，但是，試問這些小學是否都提供了最好的學習，所以小班小校可能可以減輕教師的負擔，但是並不保證就會有好的學習成效。

Ausubel (1968) 曾說：影響學習最重要的一個因素是學生已經知道的是什麼。教師在教學之前應先調查學生的先前概念 (preconception) ，然後根據這些概念，用適當的方法去引導學生學習。杜威也認爲教學應該把學科知識和學生的經驗聯結在一起，這些看法和我們傳統教學一開始就以學生經驗所觸及不到的事實或概念來教學是截然不同的 (Prawat, 1992) 。這裡要說明的是學生的先前概念，有人稱爲前置概念或既有概念，而這些概念中有些是不同於科學家的解釋，許多人稱之爲迷思概念 (misconception) 、另有概念 (alternative conception) ，或另有架構 (alternative framework) 。

在過去的二十年間，有關學生在教學之前所擁有的觀念對學習的重要性，受到廣泛的注

意，有許多研究圍繞著這個主題。事實上，有關學生對於科學的先前概念的研究始於十九世紀末葉，主題圍繞在探究學生對自然現象的概念，例如熱、結冰、以及火等。1970 年代中期開始至今，研究人員一窩蜂的在探討學生在科學和數學方面的概念 (Treagust, Duit, & Fraser, 1996)。

有許多實徵研究提供了有關學生具有迷思概念的充份證據，大多數的迷思概念是不容易改變的。研究指出通常學生學習數學及科學的概念只能到某一限度，有時候學生甚至堅持自己的先前概念。很不幸的，教師通常無法分辨學生的另有概念，而學生的這些另有概念會以不可預測的方式來影響學習。

學生和教師對於教與學的看法影響學習很大。多數學生認爲學習不過是一種知識的轉移而已，所以科學的學習實際上不過是一些事實的累積；而數學不過是記一些公式而已，學生認爲學習是被動的，這種看法影響學生在學校裡的學習表現很大。多數學生，甚至教師不認爲教室內對不同觀點的討論以及溝通而達成共識的過程，是教室裡的重要活動，反而被認爲是一種浪費時間的活動，這樣的看法阻礙了學習的進步 (Baird & Mitchell, 1986)。由於多數的學生和教師認爲科學和數學知識只是對外在世界瞭解的一種複製過程，而不是人類暫時性的建構。所以，教師和學生無法基於知識只是人類暫時性的建構的看法下，去從事教與學的活動。而知識是人類暫時性的建構的看法，是屬於建構主義 (constructivism) 的論點。建構主義的教學哲學，希望教師能在教學前探查學生的先前概念，再透過適當的方法，協助學生建立更新的概念或改變迷思概念。

除此之外，建構主義的觀點提供了我們爲什麼學生的先前概念不容易因爲教學而改變的最好解釋 (Linn, 1983)。因爲在教師或教科書提供一些訊息時，學生往往會受到他自己“建構意義”的過程所引導或決定。有一些新的教學策略或課程是基於建構主義的觀點而發展出來的，教師必須變成學生以及教室內社會互動中的輔導者 (facilitator) (朱則剛，1994)，並且建立教室內師生互動的模式，以便讓學生可以在社會互動的學習情境下去探索，以及解決自己所面臨的問題 (Sivertsen, 1993)。教和學實際上是發生在協商與溝通的過程中以及問題的解決是否達成，而不是強制性的接受事實或概念，也不是用一套預先就準備好的方法去教學就可以輕易達成的。

建構主義的觀點已經爲多數學者或教育工作人員所認同 (Pfundt & Duit, 1991)，但是就一位教師而言，只是瞭解和接納這樣的哲學理念是不夠的，在教室中是否能提供最好的學習活動以幫助學生概念得以組合或再組合，或甚至重新建構才是最富挑戰性的工作。本文在描述一個教師如何在建構主義的教學理念下，提供學生一個能夠讓其探究自己的想法，驗證並詮釋驗證結果的學習環境的一個例子。

文獻探討

一、建構主義的教學理念

建構主義認爲知識不是恒定不變而等待我們去發現的，知識是經過批判和創造的過程，不斷的成長的。在這樣的觀點下，所有的知識都只是暫時性的知識，它們會隨認知主體的知識基模和環境的互動而改變。但是所有的知識都是以先前的知識爲基礎進一步發展而成的，所以建構主義認爲學習是一種個體主動參與的過程 (Pfundt & Duit, 1991)。學生對於事物瞭解各自不同的認識，說明了爲什麼學生在教學之前對同一件事物有許多不同的概念。

Fosnot (1989) 認爲建構主義含有四個主要的原則：第一，知識是由過去的經驗所建構而成的；第二，這些建構是基於同化作用和不斷的調適而發生的；第三，學習與其說是一種累積的機械性過程，不如說是一種不斷創新的生物性過程；第四，有意義的學習必須透過

反思 (reflection) 及認知衝突的解決而產生。這四個原則指出教學前評估學生先前概念的重要性。此外，這個衝突必須透過反思及被解決才有意義。

建構主義的教學既然說明了瞭解學生先前概念的重要性 (Pfundt *et al.*, 1991)，所以建構主義專家認爲教室裡的教學必須考慮到學生這種特殊的先前概念或經驗，他們也聲稱學生必須發展能夠提出假設、預測、操作、發現問題、尋找答案、想像、探究和發明的能力，以便於建構一個新的概念 (Fosnot, 1989, p. 20)。很明顯的，他們相信這些技術在概念的建構過程中有正面的意義。建構主義者強調：因爲移轉而來的知識未必等於建構而來的知識 (Jonassen, 1991)，他們相信教學應該要能協助學生去發展建構他們自己知識的能力。他們所強調的這些建構知識的能力指的是預測、解釋、綜合、推論及假設的能力。這些看法實際上和研究概念發展、概念改變的專家的看法是一致的。也就是說教師應有建構主義的教學理念，才比較容易應用適當的教學策略或教學活動，來引導學生願意表現他們的看法，以及幫助學生重組或修正他們的概念。

二、師生對話與社會互動

教室內師生的對話，以及小組討論或活動，在過去的教學很少被重視，特別是在台灣。通常，教師的權威很大，教師所講的任何一句話是不容質疑的，而這些現象常常使得兒童不敢把他們不成熟的看法，用自己的話說出來和老師及同學分享，老師也就無從診斷他們進入教室開始學習時是否帶有迷思概念。

Driver, Asoko, Leach, Mortimer 和 Scott (1994) 在他們的文章中指出科學知識的本質是透過社會化的建構，確認 (validated) 與溝通。他們認爲沒有一個簡單的法則是從建構主義學習的觀點延伸而來，而又可以很容易的應用在實際教學上的。Sivertsen (1993) 也指出學習是一種社會互動的過程，這種看法是把課堂當成一個學習的社區，在那裏大家分享彼此的經驗，所得的證據是用來增強自己的意見，並且大家有意願在那裏透過探討、對話和交談來交換意見。但是，如果要學生接受科學方式的瞭解，那麼教師適時的介入 (intervention) 和磋商 (negotiation) 是十分重要的，而師生間的“對話過程” (dialogic process) 就是這種建構取向學習成功的關鍵。在這種觀點下，教師的角色有二：*1.*介紹新的概念或新的思考方式來幫助學生或引導學生建構意義。*2.*去傾聽學生的看法，並且診斷學習活動進行的方式。而在課堂上最艱難的挑戰是使得這種建構主義認識論的特色應用在師生對談上，進而提供學生一個很好的學習科學的環境。

Bird (1992) 提到學校應該提供小組活動的機會以產生生動活潑的討論。小組活動使得每一個學生能完全的參與活動和討論，並且能使學生發展他們的領導才能，能使學生從另外一個學生那裏學到一些東西，並且勇於去冒險。

除此之外 Sivertsen (1993) 提到有一些合作學習的研究指出，將學生分成小組，讓學生參與或以學生爲主導的學習，以及動手操作的科學學習活動對學習本身有許多很好的效果。但是，在使用合作學習時，教師必須很謹慎的設計學生學習的環境。而全班性的活動，將學生集合在一起，分享各種不同的意見，就好像專業科學家共同在探究問題一樣。透過這種小組以及整班的活動的學習策略，教師可以設計一些提升學生興趣的學習環境。

小組內學生的互相討論，或小組成員與教師的討論，以及討論時一些想法的形成和爭辯可以支持一個特殊的論點，這是發展學生對概念瞭解的一種重要策略，經常使得學生能問問題，而且用他們的問題去進行更進一步的探究，藉著提出問題，教師能幫助學生去證實他們的假設，並且引導他們去探索新的問題。

由以上的討論，我們發現有許多學者提醒

我們教室內老師與學生或學生與學生對談，可以讓學生學習發表及溝通的能力和尊重別人意見的態度，透過小組的活動、分工、以及討論等社會性互動，讓學生學到合作的重要性。

三、建構主義的教學策略

建構主義的教學策略很多，其中讓兒童去預測實驗結果或猜測可能會發生什麼現象，並且要求學生解釋可以幫助教師診斷學生的既有概念。

建構主義者強調：因爲移轉而來的知識未必等於建構而來的知識 (Jonassen, 1991)，他們相信教學應該要能協助學生去發展建構他們自己知識的能力。他們所強調的這些建構知識的能力指的是預測、解釋、綜合、推論、假設及歸納的過程能力 (process skills)。

Smith (1993) 等人在他們的研究中指出：使學生瞭解他們自己的概念，要求學生解釋他們所熟悉或矛盾的現象，並且要他們爲不同的概念爭辯是概念改變的條件。在這裡我們看到有許多教學策略：如設法了解學生的前置概念、要學生猜測實驗結果或對某些現象或看法提出解釋、以及鼓勵學生爲不同的概念爭辯等都是建構取向教學的重要策略。

Saunders (1992) 強調從許多科學教育的研究中發現學生的一些先前知識會干擾或增強他們對某些概念的瞭解。在建構主義取向的教學策略的應用中，Saunders (1992) 提出兩個在教學設計上重要的應用：第一，提供學生利用過去的經驗去做預測的機會，第二，提供一個可以發展其解釋預測的方法。必須說明的是學生的預測和解釋可能是錯誤的，也就是說他們可能不同意科學家的看法。對學習者而言，這些錯誤的預測和解釋，是根據他們過去的經驗所建構出來的合理的推論。

這個時候，如果教師教學時，能提供學生觀察或親自驗證的機會，讓學生自己去比較驗證的結果和預測是否相符合。如果驗證的結果和預測相同，那麼學習者會確認這些概念或更強固的保有這些概念。如果驗證的結果和預測不同，則學習者會感到驚奇、困惑、挫折、或皮亞傑所謂的不均衡 (disequilibrium)。

當這種預測和實際觀察所產生衝突的協調過程中，學習者只有三種可能的選擇 (Saunders, 1992)：第一，他可能否定感官所收集到的資料的存在，對概念或現象保持原封不動的選擇。第二，他可能修改自己的某些認知基模 (cognitive schema)，以便使自己原先的假設更能解釋目前感官所經驗到的證據，這個可以稱爲認知重建的選擇。這兩個選擇好比是銅板的兩面，選擇正面就不會選擇反面。第三個選擇是漠不關心。也就是簡單的不參與任何心智活動，就好像是說“我不知道爲什麼？而且我也不在乎爲什麼？”。當然這已經是一個學習態度的問題了。

第一個選擇說明了爲什麼許多研究指出有些迷思概念雖然經過正式的教室教學仍然不易更正 (Linn, 1983)。當第二個選擇發生時，認知衝突所產生的不均衡，才有可能導致一個人認知基模的改變。根據這種說法，概念如果可能改變應該是發生在學習者在認知衝突時所做的第二種選擇。

學生對於科學概念產生另有架構的詮釋，指出學習可能牽涉到概念的改變，而不是從外面添加一些新知識到既存的知識當中而已。這種觀點曾經被 Posner 等人 (1982) 發展出概念改變的模式。這個模式是基於對建構主義的瞭解而發展出來的。根據這個看法，教學 (teaching) 應該不只是提供正確訊息而已。換句話說，教學應該是奠定足以讓學生重新建構一個更能和他們所發現的證據以及所爭論的觀點相符合的環境。這種概念改變的模式建議教學應先確認學生的另有概念，然後再讓學生置身於概念衝突的情境中。

根據 Saunders (1992) 的建議，一個有效的建構取向的教學策略應注意四點。第一，動手操作的實驗活動。第一手直接的感官經驗提供學生直接驗證的機會，以便修改學生可能

的認知衝突。但是必須強調的是並非所有動手操作的科學活動，都能帶來有意義的學習。傳統的實驗活動中，學生經常跟著一本教師發的講義或實驗手册做實驗。那些手册記載了實驗的目的和詳細的步驟，讓學生一步一步跟著做，就可獲得預期的結果。這些實驗步驟和實驗設計，基本上是專家寫的，對學習者而言，就好像是一本食譜一樣。在這樣的實驗活動中，有許多認知上的工作是別人早已代替學生做好的。

相反的，在一個探究的實驗活動中，學生必須利用自己的認知架構去期望可能被觀察或驗證的會是什麼？更進一步，如果學生被允許去參與探究答案的設計，他們就必須爲所要測量或觀察的結果做一個計劃。當然這個計劃是基於當時他對那些和計劃有關的事物或現象的瞭解而產生的。這種主動的認知的參與，其實是在爲學習者做準備，特別是當他的外在環境的同化作用和由預測或觀察所造成的不均衡發生時。因此，在這種探究的實驗活動中，學習者比較像浸潤在一個充滿了引起不均衡的環境中，以導致認知重建發生的可能性。

第二是主動的認知參與。主動的認知參與，例如放聲思考、發展另外的解釋、詮釋資料、參與認知衝突的活動、發展另外的假設、設計更進一步的實驗活動去驗證另外的假設、以及合理的假設的選擇等。

第三是小組活動。學生可以從小組活動中得到許多好處。例如探究活動的執行，以及探究活動中關於某些現象的解釋、詮釋和做結論等。小組活動比大班級講述式教學提供更多讓學生認知重建的機會。

第四是高層次的學習評量。越多高層次的認知能力方面的評量，可以幫助學生更多主動參與有意義學習的機會。所以如果沒有高層次的學習評量，既使做到了前面三個建議，學生的學習仍然可能停留在一個低層次的階段，而有意義的學習的機會將減少許多。

一個好的學習環境根據建構主義者的建議應該是以學習者爲中心的學習環境，以學習者爲中心的學習環境允許學生反映他們的另有概念。Wilkinson, Treagust, Leggett 和 Glasson (1988) 發現以學生爲中心的學習環境可以幫助學生瞭解知識。Edwards 和 Mercer (1987) 指出要求學生從他們自己的活動和經驗中學習的弱點是他們的知識可能停留在一個較低的層次。因此，以學生爲中心的活動，必須經過謹慎的設計。

Tobin, Capie 和 Bettencourt (1988) 在高層次的認知技能的教與學的回顧中，談到主動的建構教學會影響學生的推理能力。因此教學應該提供學生發展推理能力的機會，一旦學生的推理能力被發展出來之後，學生就有能力將他們既存的知識和新知識做一些邏輯性的聯結。

有些學者認爲建構主義的教學策略不是一個新的方法，它其實和發現式學習法 (discovery learning) 相似。Dick (1991) 宣稱那些建構主義的教學策略其實只是發現式學習法的另一種形式而已。Fosnot (1989) 則認爲發現式學習法和建構發現的過程是不一樣的。她說發現式學習法是去發現那些別人要你去發現的東西，而建構的發現，完全是由學習者自己發現的。

從以上這些討論，我們知道主動的學習包含學生主動的參與各種教學活動以及主動的心理推理活動。主動的參與鼓勵學生交換不同的看法。交換不同的看法，能幫助學生去澄清、去評估、以及去改變他們的看法。如果學生的另有概念被教師發現，而且如果教學設計考慮到學生的這些另有概念，則學生的迷思概念有可能被修正。

本研究的理論基礎是根據皮亞傑的論點，認爲知識的建構必須是個體的認知架構和外界環境互動的結果，同時，也認爲知識的發展是動態的，而且是可以不斷的發展而不是原封不動的。本研究同意 Bruner 對於在社會情境中建構知識的論點，並且相信 Vygotsky 所說的

環境會影響兒童對自然事件及概念的瞭解。因此，很顯然的教室內的社會互動會影響學習。

我們認爲一個良好的科學學習，必須包含兩個條件：一爲學習環境，一爲教學策略。學習環境提供一個可以動手操弄以及驗證的機會，小組活動可以發展學生社會互動的能力。而教學策略的運用，才是建構取向教學成功的關鍵，教師在教學之前了解學生的先前知識，並且進行診斷，然後才設計教學。

本文是探討一位國小教師如何提供學生提出假設、設計實驗、驗證實驗以及詮釋實驗結果的機會，進而引導學生學習的過程

研究方法

一、 研究參與者及教師背景

本文探討一位國小教師如何應用她所瞭解的建構教學理念於教室教學情境中。所採用的研究方法是一項質的研究非參與觀察法 (non-participated observation)。參與研究的人員包括師院教授、助教、研究生、國小教師及附小 47 位學生。國小教師是以行動研究的方式參與本研究。

本文擔任教學的李盈老師（假名），任職竹師附小自然科教師兼任輔導室主任，在當時（民 84 年）的教學年資已有 21 年，84 年 9 月起才擔任五年甲班的自然科教學工作，但是是以科任老師的身份擔任教學。李老師於民國 63 年畢業於新竹師專普通科，77 年畢業於國立彰化師大輔導系。86 年修完國立高雄師大教育研究所四十學分班。第一次聽到所謂建構主義教學是在民國 82 年，民國 83 年參與筆者的國科會專題研究計畫，並且擔任兼任研究助理的工作。本研究的觀察員有三位，由本系助教、國研所研究生及師院教授所擔任。

李盈老師因爲在彰師大學輔導系，十分有耐心，而且很能善用其傾聽技巧引導學生學習，不是一位很重視權威和秩序的嚴格教師，因爲這些特質加上是科任老師，有時候學生比較不怕她，上課秩序有些吵鬧，李盈老師花不少時間在管理班級秩序。

二、 研究情境

本研究主要在觀察李盈老師在五年甲班的自然科教學。本班的自然科教學每次都全程錄影並有觀察員。五年甲班在過去一年就已經習慣攝影機和坐在教室後面的觀察員，不會因爲錄影而上課時表現得特別良好。

本校附小五年級有五班，其中一班爲美術班，四班爲普通班。本班屬於普通班，共有 47 名學生，其中男生 29 人，女生 18 人，大多數時間在高年級自然科教室上課，自然科教室若有衝堂則改至原教室上課，偶而會在中年級自然科教室上課。本班上課分爲 8 組，每組 5-6 人，每組的成員並非永遠固定，學生座位以兩週爲單位，並以逆時針方式輪流。男女混合分組上課，所以每組學生都有機會坐在最前面或最後面。小朋友是以合作學習的方式在各小組中分別擔任小組長，領取實驗器材、做記錄、上台報告等工作。

本文所探討的教材內容是根據國立編譯館自然科教科書第九册氧與二氧化碳單元。

三、 資料收集與分析

筆者的專題研究主要的資料收集方法爲晤談教師與學生、觀察法及教室教學錄影。教室觀察期間長達八個月，本文所探討的教室教學發生在民國 84 年 10 月 20 日的兩節課，因此本文僅就觀察員記錄及錄影帶轉譯做爲資料分析的依據。

本文中資料分析並沒有針對某些特定學生或特定的小組，而是根據教學進行中所發生的隨機記錄。

資料分析的方法是將觀察員記錄以及錄影帶轉譯成文字資料後，先經過反覆審閱，再用內容分析找出一再出現的子題，根據這些子題建立編碼架構，再把相關資料予以分類以做爲

初步的資料，並做爲我們希望瞭解的問題，如教師如何營造師生對談的學習環境，學生如何在上課中表現推理及問題解決的能力，以及學生如何詮釋實驗結果的能力等的主要資料。在資料分析的過程中，不斷的就資料的分類及解釋，由研究小組成員至少二人透過三角測量方式反覆比對、檢視已分類及編碼的資料而分析的。

發現與討論

這是一個五年級班級在實驗室上“氧與二氧化碳”單元中的兩節課 (84/10/12 ，本單元共 8-10 節 ）。以下就這兩節課 (40 分× 2) 中教師如何營造自由的學習環境，如何提出問題引導學生探究的過程以及學生學習的情形做一個分析。

一、營造學習環境

建構主義的教學，特別重視學習環境 (Saunders, 1992; Smith, 1993) 。如果教室內能夠提供學生機會，把他們自己的看法表現出來，或者提供學生驗證自己的看法的機會，以及培養學生對不同的意見做比較的能力，並且能設計實驗和詮釋實驗結果等，則概念的建構與再建構是可能發生的。在這個例子中，我們看到教師如何提供學生探究問題的科學學習環境。

學生上這兩節課的背景是他們正在學“氧與二氧化碳”單元，已經知道如何下“操作型定義”，知道氧與二氧化碳有何不同，也知道如何檢驗氧與二氧化碳，教師在上一次上課中，曾經要求學生下次上課帶汽水來。

教師開始上課時，“引導”學生複習舊經驗，教師用一連串的問題來問學生，而不是直接告知學生（參看附錄 A ：教學轉譯 1002-2006 ）。接著教師問學生對汽水的泡泡是否有疑問，來引起兒童發現問題“用什麼方法可以證明汽水的泡泡是二氧化碳？”，於是教師要學生分組討論並設計自己的實驗方法和所需要用到的實驗器材。討論完畢之後，教師要每一組學生派代表上台報告他們的實驗設計，再由其他同學一起來評估這個實驗設計的可行性，並對報告的同學提出任何疑問或建議，在台上的同學必須對台下同學的問題進行答辯。其間教師不對學生間的對話做任何批判，並且由學生自己進行實驗以驗證自己的假設，經過實驗觀察後，教師再要求各組上台報告自己的實驗結果並接受其他同學的質問。

1016 師：誰來下操作型定義？（點一舉手的學生）
1017 生 B ：利用小蘇打粉加入醋酸裏會釋放出一種無色的氣體，這種氣體放入
1018 石灰水中會使石灰水變混濁，我們爲他下一個操作型定義叫二氧化碳（有兩
1019 、三位學生說不對，並爭著要回答）
1020 師：我們能不能說人家錯？
1021 生：不行
1022 師：我們只能說（老師點一舉手的學生）
生：補充

在這個對話中，教師提醒兒童當別人的看法和自己的不一樣時，要表現有教養的風範，要學習尊重別人，所以“不能說人家錯”，只能說對這個答案加以“補充”，這種尊重別人看法的態度，是一種重要的科學素養。

以下的對話顯示出教師在建構主義的教學環境下常常要預先做許多的準備，而且要能想像並判斷學生可能會用什麼樣的方法及器材來驗證他們的假設。

2009 師：怎麼知道？現在老師要你們各組討論用什麼方法來證明它是二氧化碳
2010 （學生隨即分組討論、約十分鐘左右）
2011 師：好了嗎？現在各組組長要說明你們的實驗方法和要用的實驗器材，然
2012 後到前面來拿器材
2013 生 D ：如果我們說的（器材），老師沒有準備呢？
2014 師：那要加分，表示你們想出的辦法，老師沒有想到

下面的對話是學生在小組討論之後，接受其他組同學對於實驗設計的可行性如何而進行的對話。

2025 第七組組長：汽水打開，用塑膠袋把瓶口蓋住用橡皮筋綁住，等大約五分
2026 鐘把它拿起來，把線香放進去看它會不會熄滅
2027 第七組另一學生：我用另外一種方法，先把塑膠袋套在瓶子上，再打開瓶
2028 蓋， 這樣二氧化碳就不會流失掉。
2029 師：那老師有個疑問，袋子套上去了，怎麼還能打開瓶蓋呢？
2030 數名學生：把袋子壓扁了再套上去，從外面可以打開。。。。用兩層塑膠
2031 袋，開瓶蓋時就不容易破
2032 師：好，我們相信第七組（第六組：沒想出方法）

在這裏我們從學生之間的互動看到學生對於實驗可行性的探討，整個互動的過程實際上是透過社會化的建構，確認和溝通，在這裏教師提供學生機會去探索、討論、計劃、實驗以及自由的使用器材。其中教師也適時提出問題挑戰學生。“袋子套上去了，怎麼還能打開瓶蓋呢？”，這個問題會激發學生探索另外一個問題，並且更謹慎的設計自己的實驗。而當學生的實驗設計可以被人接受時，教師也不吝惜的說：“好，我們相信第七組”。這種相信可以鼓舞學生更加主動的參與學習活動。在這裏我們看到教師仔細的聆聽學生的意見，問一些能幫助學生表達自己意見的問題， 並且製造一些狀況以刺激學生的討論。而師生互動的結果使學生對科學的學習態度更加主動積極，這個現象支持了 Driver 等人 (1994) 所說的對話過程是建構取向學習成功的關鍵。

3001 生 L ：汽水倒入瓶子裏時，二氧化碳就跑掉了
3002 生 H ：就像剛剛蔡００說的，會流失掉一些，但汽水還有很多泡泡（幾位
3003 學生鼓掌）
3004 生 M ： 如果怕二氧化碳流失掉，就把蓋子蓋住，打開時只留大約直徑一公
3005 分的洞把線香放進去
3006 師：越來越有科學精神了，連洞口的大小都算得出來

在學生與學生的對話中，當學生對自己的實驗設計更加謹慎時，老師把握機會讚美學生“越來越有科學精神了，連洞口大小都算得出來。”以上的例子只是剛開始時，教師如何提供自由的、鼓勵的學習環境，而這種學習環境及氣氛貫穿整整兩節課。

二、問題解決的能力

在探究的過程中，學生對於前面已經發表過但似乎仍有缺點的看法，提出他們的補充。例如：對於如何用線香檢驗收集在塑膠袋中的二氧化碳，第二組的同學，竟然提出兩個解決此問題的方法。在這個例子中，學生顯現出能針對一個問題提出解決策略的能力，雖然學生解決問題的策略未必完美，但是一板一眼的提出他們的看法，這種能力是科學教育最重要的目標之一。

3011 第二組組長：我們用兩個方法，第一個是汽水倒入瓶子中用紙蓋住，再用
3012 線香刺破一個洞放進去看線香會不會熄滅，第二個方法是瓶蓋貼起來，再
3013 撕開放入線香

另外一組的設計更加精彩，他們的設計是先把蠟燭固定在培養皿上，再將汽水倒在培養皿內，點燃蠟燭，再將燃燒中的蠟燭外面罩上一個廣口瓶。

學生的假設是：剛開始時，燃燒中的蠟燭會用掉廣口瓶內的氧氣，根據以前學過的經驗，氧用掉了，廣口瓶內空氣的體積會減小。當蠟燭燃燒一陣子後，廣口瓶內的氧會先用掉，所以廣口瓶內的汽水會向上升，到一個限度時，如果汽水內的泡泡是氧，則蠟燭會繼續燃燒（因爲氧會助燃），而汽水會繼續向上升

（被吸上去），因此可以證明汽水中的泡泡是氧，如果汽水內的泡泡是二氧化碳，則二氧化碳會跑到廣口瓶的上方，而蠟燭開始燃燒一陣子後，氧沒有了，二氧化碳跑上來，則蠟燭會熄滅，而且汽水不會向上升。在這裡兒童用蠟燭是否能繼續燃燒，以及培養皿中的汽水會不會上升至廣口瓶內，來證明汽水的泡泡到底是不是二氧化碳。

由於兒童講話很急，講得也並不怎麼清楚，老師佯裝自己沒聽清楚，請學生再重述一遍，好讓其他同學瞭解他們的設計，聽懂的學生立即表示歡呼鼓掌，老師確認學生所說的話後驚喜地表示聽懂了。

3014 第一組組長：我們與第三組一樣
3015 第一組另一學生：可以用汽水倒在蓋子（指培養皿），蠟燭插在蓋子上，
3016 用廣口瓶蓋上，看水會不會被吸上去，如果會吸上去表示是氧，如果吸不
3017 上去表示是二氧化碳（老師表示沒聽清楚，請學生再重述一遍後，聽懂的
3018 學生立即歡呼鼓掌）（老師確認後，驚喜的表示聽懂了，並在黑板上畫出
3019 該實驗，同時，班上學生一陣討論或引起疑惑……）

學生這種能主動參與並能針對問題探討的態度，以及教師對學生的看法表示驚喜的態度，再一次呈現出一個能鼓勵學生探索知識的學習環境。

三、解釋及推理的能力

當其他同學仍然對問題露出疑惑時，教師並未提供答案，只說：“讓我們想想看”，於是學生開始針對問題爭辯起來。

3020 生 A ：我覺得應該 ……（仍未想出問題所在，表情顯示有疑問，但無法
3021 釐清該問什麼）
3022 師：讓我們想想看 ……（似乎也不能完全解釋學生實驗的思考方向）
3023 生 B ：水會上升是佔掉氧的空間，並不是說裏面有沒有二氧化碳或氧，那
3024 裏面本來就有氧，跟二氧化碳沒有關係
3025 生 C ：我想水位會上升，因爲汽水本身有二氧化碳氧氣不夠汽水又只有二
3026 氧化碳所以水會越來越高

以上對話中學生 A 、 B 及 C 顯然對於前面第一組同學的報告和說明有些困惑，在這裡學生 C 認爲水位會上升，是汽水中含二氧化碳所致，很明顯的和他前面聽到＂汽水中有二氧化碳，則水位不會繼續上升＂的解釋有矛盾的地方，他們一方面在判斷第一組同學的說明是否合理，一方面自己的認知架構在進行調適，當困惑可獲得合理的解決時，概念才可能發生改變。

在爭辯的過程中教師始終不參與意見，也不輕易給予答案，但是會強調關鍵問題：蠟燭燃燒是用掉氧，跟汽水裡的二氧化碳有什麼關係？（參見附錄 A 教學轉譯 3027 ）這個問題可以幫助學生思考對他們而言是沒有關連的兩個獨立概念。雖然學生 A 和 D 繼續發言，但是似乎仍然沒有弄清楚是怎麼一回事，而教師仍然沒有給予正確答案。

3027 師：張○○是說蠟燭燃燒是燒掉氧，跟汽水裏的二氧化碳有沒有什關係？
3028 幾位學生：沒有
3029 生 A ：我想瓶子裏（廣口瓶）本來就有一些氧，所以水還是會吹一點上來
3030 生 D ：汽水打開了就沒有什麼二氧化碳就像我們，汽水打開就喝下去，肚
3031 子會漲漲的可是放久了再喝就不會了
3032 師：想想看這是什麼關係？（學生沒有回答）
3033 第一組學生 C 因爲二氧化碳不能幫助燃燒，所以水如果被吸上去蠟燭沒有
3034 熄滅，表示汽水裏是氧，水被吸上去蠟燭會熄滅表示是二氧化碳
3035 師：好，我們等一下來看第一組做做看

在探究的過程中，學生會引發新的問題，例如，“空氣中的二氧化碳和氧沒有味道，可是實驗中產生的有味道”。而教師利用這個問

題來反問學生：爲什麼有味道！

4009 生 A ：平常空氣中的二氧化碳和氧沒有味道，可是實驗中產生的有味道
4010 師：爲什麼有味道？
4011 生 B ：二氧化碳的濃度與一般空氣中的二氧化碳濃度不一樣，汽水中的濃
4012 度比較高，自然覺得汽水裡的二氧化碳有味道。
4013 師：還有沒有要補充？（學生沒有回答）

在這一段對話中，學生認爲有味道的原因是因爲二氧化碳濃度的關係，顯然是有迷思概念，但是這一個問題不是當天要處理的問題，所以教師並沒有繼續引導這個新問題的探究，但是仍然尋求補充說明。但是很明顯的，學生對於科學現象的解釋與其生活經驗息息相關。

4013 師：還有沒有要補充？（學生沒有回答）
4014 第二組：我們一共有三個實驗
4015 第二個實驗與第八組的差不多，把線香放進去以後，有點慢慢的熄滅，我
4016 們感覺汽水中不只有二氧化碳還有其它空氣。第三個實驗把石灰水放進瓶
4017 子中，變成乳白色，再把線香放進去煙會凝固，搖一下，煙會飄上來，我
4018 們要證實一件事情，汽水裏面不只有二氧化碳，因爲線香是慢慢熄滅的，
4019 我們想是說裏面不只有二氧化碳，還有其它的空氣甚至是氧
4020 生 C ：爲什麼每一組都是立刻熄滅，只有你們那一組是慢慢熄滅？
4021 師：王○○說的，你們有疑問嗎？
4022 第二組生 A ：可能是立刻熄滅，因爲汽水不只有二氧化碳，還有氧可使線
4023 香繼續燃燒。

以上第二組學生的報告時間十分長，在這裏我們可以看到學生的另有概念，他認爲汽水裏面不只有二氧化碳，因爲他根據自己所觀察到的現象去做推理，推理的過程可能有錯誤，而學生卻深信不疑，當學生 C 對第二組所看到的現象質疑時，第二組的學生也能根據所觀察的現象，用自己的話去做一個自己認爲合理的推論。

四、教室管理的問題

下面的對話延續前面的爭辯與討論，但是也透露出教室中學生常規的問題。

4024 師：張○○的話，老師有疑問，各組有各組的實驗，張○○只能代你們這
4025 一組喔！你有沒有到各組去看？所以你要針對這一組來說
4026 生 D ：說不定是裝空氣的時候有一些其它的空氣跑進去了
4027 師：是質疑實驗過程中（一學生：有錯誤）有誤差，第二組有沒有要補充
4028 生 C ：一定會流失掉一些，不可能每一組
4029 生 E ：王○○說打開就會流失，不一定就像把塑膠袋套在瓶子上再打開瓶
4030 蓋，就不會流失
4031 第二組生 B ：有些是快要熄滅時，拿起來又燃起來了
4032 師：爲什麼？
4033 第二組生 C ：香把袋子燒破了，袋子有洞空氣跑進來
4034 師：曾○○終於說實話了，他們那一組邊玩邊做實驗

從這一段對話中，我們看到學生根據自己實驗所觀察到的現象在做推論和詮釋，在這裏要注意的是學生的推論有時候不完全正確，但是卻代表著他們當時的想法，這些想法有可能繼續改變。在這裏我們看到學生在探索的過程中所做的許多暫時性的結論，而這些暫時性的結論可能引發新的探索。

附錄轉譯 5003 至 7020 約有整整兩頁的對話，都在探討第一組所做的實驗結果。讀者可以從學生對話的語氣中，想像學生對一個問題相互爭辯的精彩畫面，有一些對話十分純眞可愛。這個過程支持了 Smith 等人 (1993) 所說的：使學生瞭解他們自己的概念，要求學生解釋他們所熟悉或矛盾的現象，並且要他們爲

不同的概念爭辯是建構主義取向的重要教學策略。

5010 第一組學生 B ：原本燒的時候裏面含有氧氣，上次的實驗證明水中有氧氣
5011 可是蠟燭完全不知道汽水裏面含有二氧化碳或氧，吸進去以後，裏面全部
5012 都是二氧化碳所以蠟燭會熄滅
5013 生 C ：那你的意思是說，因爲汽水進去裏面，空氣裏面才有二氧化碳，火
5014 苗是因爲汽水裏面有二氧化碳才熄滅的囉？

這一段對話中學生 C 顯然不同意火苗是因爲汽水內的二氧化碳使它熄滅的。

五、爭辯與詮釋實驗結果的能力

下面的對話是兒童對於水中是否含氧，這些氧和蠟燭燃燒是否有關係在爭論，最後由學生自己歸納了一個結論。

5033 第一組生 A ：可見水裏也有氧氣呀！有的氧氣會上去，有的會在水裏面
5034（部份學生：對呀！）（仍有學生要發言）

教師緊接著把主題拉回來，而且進一步要學生比較前一次的實驗和此次實驗的不同（附錄 A 教學轉譯 5035 ）？對於學生還不十分確定的觀念，教師會用問題幫助學生澄清概念（如附錄 A 教學轉譯 6003 ），當學生還理不清時，老師會適時的幫他們穿針引線，但是並沒有直接告知答案。

6006 師：是填補氧的空間對不對？蠟燭燃燒需要（學生：氧）氧燒掉水就（學
6007 生：上升）填補（學生：氧的空間），上面沒有水的空間呢？（部份學生
6008 ：空氣、其它的空氣）空氣中其它的成份對不對？包含二氧化碳那現在汽
6009 水吸上來填補什麼空間（部份學生：氧）還是填補氧的空間對不對，跟二
6010 氧化碳有什麼關係？ 6011 生D：沒有關係

當教師察覺到學生有新的發現時，還佯裝自己不知道該生講的是否正確，而把問題再丟給學生去想想看。

6012 生B：汽水裏的二氧化碳先讓蠟燭熄滅，蠟燭熄滅氧氣就自然減少的話，
6013 汽水升高的位置，佔有的位置就比較（大？）（這句聽不清楚）
6014 師：哦！（加強語氣，表示有新的發現）○○○說了一句話誰聽到了？）
6015 （沒有學生回答）
6016 師：老師不知道他講的對不對，可是我們來想想看，汽水會放出一些二氧
6017 化碳，會不會佔一些空間？（停一會，有些學生答：會）請問第一組，水
6018 本來就這麼高嗎？

在推理的過程中，學生有了新發現，教師也不做評論，只是讚美，最後還是由學生自己找到較爲合乎科學家解釋的答案。

6023 師：這次汽水本來上升這麼高（手指出其高度）填補氧的空間對不對，爲
6024 什麼它又下降了？想想看！
6025 生E：汽水裏的二氧化碳填補氧的空間，所以水會被壓下來
6026 生F：汽水裏的氧上升被火燒光，可是放出的二氧化碳不能幫助燃燒，所
6027 以它會下降
6028 生D：因爲汽水會放出二氧化碳，汽水上升要填補氧的空間，還沒填補氧
6029 的空間汽水又放出二氧化碳水就被壓下來
6030 生 B ：瓶子裏有大氣壓力，會把水壓下來，但如果水的話，水也有（阻力）
6031 大氣壓力和水產生的壓力平均，所以上次水不會被壓下來，但汽水的話就
6032 被大氣壓力壓下來
6033 師：很深奧哦！

在 6028 ，學生 D 對於培養皿中的汽水爲什麼上升至廣口瓶，而又下降做一個十分完美的推論。而在 6030 中學生 B 又把大氣壓力給扯進來，學生 B 顯然對大氣壓力是什麼

還不十分清楚。但是教師卻用了一句“很深奧喔！”，而不是：什麼大氣壓力，不要亂講一通嘛！來使學生產生挫折。

除了前面所敘述的教室教與學的討論外，下面將提供教師與學生，在這兩節課中對話所佔的時間比例。換句話說：除了上課中，分組討論，分組進行實驗和活動轉換時所用掉的時間外，就學生和教師在上課中實際對話的時間，以秒數（透過錄影帶剪接機的時間記錄）計算。發現教師在對話時所佔的時間爲 6 分 47 秒，約佔全部時間 24% ，而學生爲 21 分 29 秒，約佔全部時間的 76% ，學生對話所佔用的時間約爲教師所佔用的 3 倍。這個證據支持了 Roth 和 Bowen (1993) 所提出的看法：當學生對他周圍的環境越來越熟悉時，學生對話的機會就會增加，學生可以透過相互的對談和意義的協商並且以合作的方式去驗證他們所建構出來的概念，這種學習，不是只靠動手操作的學習可以比擬的。在這裏我們看到教室裏的爭論如何刺激學生思考以及概念的建構。

至於“汽水裏的泡泡是什麼”？在傳統的教室教學，教師只要花三、兩分鐘就可以交待清楚，而建構取向的教學卻花了整整兩節課，看起來好像是在浪費時間，但是這個階段卻是概念建構與重組最重要的活動。

我們要說明的是就汽水中的泡泡是否爲二氧化碳，學童似乎並沒有迷思概念，但是在師生對談的過程中，我們發現有許許多多相關的科學概念在他們的談話之中出現，而且有些是有問題的，例如：蠟燭開始燃燒時用掉氧，氧沒有了，跑上來的氣體究竟是什麼？如何判斷？使得水位上升或下降的現象到底是什麼？蠟燭燃燒是燒掉氧，和水裏的二氧化碳的關係如何？還有廣口瓶內汽水下降是不是大氣壓力的關係？我們看到學生在對談的過程中，慢慢的在澄清或修正自己的概念。

結論與建議

一、結論

建構主義取向的教學強調學習的情境，而學習情境（或教學情境）不只是教室內的硬體設備及教材、教具的提供，能提供學生機會探索自己的假設或設計實驗，提供充足的時間，讓學生在互相尊重的學習環境中交換彼此的意見或用自己的話表達自己的看法，才是最重要的事。

本文以一個實際應用建構主義理念的教師的教學例子說明教室內師生互動的詳細過程。在這個例子中，可以發現在建構主義取向的教學下教師的教學行爲如何影響學生學習：

1. 教室中的師生對談，不但可以刺激學生思考，而且可以培養學生尊重別人的態度。
2. 在師生對話中教師對學生不輕易提供正確答案，可促使學生對問題做批判，因此可以刺激學生的思考。
3. 在師生對話中教師提供鼓勵，不批評學生的想法，肯定學生表現的態度，可以提供學生一個自由的、安全的、願意與同學分享意見的學習環境。
4. 教師願意仔細聆聽學生的意見，問問題或製造一些狀況，可以刺激學生的討論。
5. 教師提供機會，讓兒童自由的選擇並使用實驗器材來驗證自己的假設，可以提昇兒童問題解決的能力。
6. 教師只要用簡短的問話適時的介入學生的討論，可以幫助學生發展解釋、推理和詮釋實驗結果的能力。
7. 教師提供學生爲概念不同而爭辯和討論的機會，有助於學生澄清及修正自己的概念。

二、建議

教師在應用建構主義取向的教學時，對於學生學習的評量宜採多元化的方式，所以學校行政在月考或段考的試題內容，不應只是重視記憶的層面，應兼顧思考及推理方面。

對於師資培育機構無論在爲職前或在職教師推廣一個好的教學理念時，最好是讓教師透過教師本身的行動去實踐，而不能單靠傳統聘用大學教授講述某種教學理念的方式就可以達成的。因爲教師本身也是一個學習者，他們也必須透過實際行動，反覆驗證以主動建構合乎建構主義取向的教學策略。

致　謝

本研究的完成與本文的發表承蒙國科會專題計劃經費補助(NSC 85-2511-S-134-004)，及國立新竹師範學院附屬小學的行政支援，研究助理莊慧玉老師的協助，以及投稿過程中審稿委員的指導，特此致最大的謝意。

參考書目

1. 朱則剛（1994）：**教育工學的發展與派點演化**。台北：師大書院。
2. Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology*: A cognitive view New York : Holt, Rinehart and Winston.
3. Baird, J. R., & Mitchell, I. J. (1986). Improving the quality of teaching and learning-An Australian case study. Melbourne, Victoria : Monash University.
4. Bird, M. D. (1992). Correspondence with U.S. Department of Education. Office of Educational Research and Improvement, Baltimore, MD: University of Maryland Baltimore County.
5. Dick, W. (1991). An instructional designer's view of constructivism. *Educational Technology, 31*(5), 41-44.
6. Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J.; Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher, 23*(7), 5-12.
7. Edwards, D., & Mercer, N. (1987). *Common Knowledge : The development of understanding in classroom*. London: Methuen.
8. Fosnot, C. T. (1989). *Enquiring teachers, enquiring learners* : A constructivist approach for teaching. New York : Teachers Coll.Press.
9. Jonassen, D. H. (1991). Evaluating constructivistic learing. *Educational Technology, 31*(9), 28-33.
10. 10.Linn, M. C, (1983). Content, context and process in reasoning during adolescence : selecting a model. *Journal of Early Adolescence, 3*, 63-82.
11. Pfundt, H., & Duit, R. (1991). Students' Alternative Franeworks and Science Education. Bibliography. 3rd Edition. PIN Reparts-in Brief.
12. Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception :Toward a Theory of conceptual change. *Science Education, 66*(2), 211-277.
13. Prawat, R. S. (1992). Teachers' beliefs about teaching and learning: A constructivist perspective. *American Journal of Education, 100*, 354-395.
14. Roth, W. M. & Bowen, G. M. (1993). Knowing and interacting: A study of culture, practice, and resources in a grade eight open-inquring sicence classroom guided by a cognitive apprenticeship metaphor. Unpublished manuscript, Burnaby, BC, Canada: Simon Fraser University.
15. Saunders, W. L. (1992). The construc-

tivist perspective: Implications and teaching strategies for science. *School Science and Mathematics, 92*(3), 136-141

16. Sivertsen, M. L, (1993). Transforming ideas for teaching and learning Science: A guide for elementary science education. Note of office of educational research and imporvement (ED), Washington, D.C. office of research.
17. Smith, E. L., Blakeslee, T. D., & Anderson, E. W. (1993). Teaching strategies associated with conceptual change learning in science. *Journal of Research in Science Teaching. 30*(2), 111-126.
18. Tobin, K., Capie, W., & Bettencourt, A. (1988). Active teaching for higher cognitive learning in science. *International Journal of Science Education, 10* (1), 17-27.
19. Treagust, D. F.; Duit, R. & Fraser, B. J. (1996). Overview: research on students' preinstructional conceptions-The driving force for improving teaching and learning in science and mathematics. Improving teaching and learning in science and mathematics. Edited by Treagust, Duit, and Fraser. Teachers college. Colunbia University, New York and London.
20. Vygotsky, L. S. (1987). Thinking and speech. In R. W. Rieber & A. S. carton (Eds.). *The collected works of L. S. Vygotsky* (N. Minick, Trans.). New York: Plenum press.
21. Wilkinson, W. J., Treagust, D. F., Leggett, M., & Glasson, P. (1988). The teaching-learning environment in a student-centered physics classroom. *Research Paper in Education, 3*(3), 217-233.

附錄 A ：教學轉譯

1001 氣與二氧化碳（證明汽水內的氣體是二氧化碳）
1002 師：請問第一個問題（在黑板上貼＜操作型定義＞的紙條，學生舉手想發
1003 言，老師點學生發言）
1004 生：用手去實驗，用眼去觀察所下的定義
1005 師：觀察要用到那些部份？
1006 學生紛紛發言：眼、鼻子、嘴巴、耳朵
1007 師：還有呢？
1008 一學生：心裏要想問題（老師重複一遍剛剛學生的回答：眼、鼻、嘴、耳、頭腦要想）
1009 師：上次我們提到，爲（替）什麼下操作型定義？
1010 全班多數學生：二氧化碳
1011 師：我們用了那些東西爲二氧化碳下操作型定義？（點一舉手的學生發言）
1012 生 A ：將小蘇打粉放在……
1013 師：不是不是，老師是說我們“用”了那些實驗的東西（老師點數位小朋友
1014 回答）
1015 生：小蘇打粉、線香、石灰水、燒杯、袋子……
1016 師：誰來下操作型定義？（點一舉手的學生）
1017 生 B ：利用小蘇打粉加入醋酸裏會釋放出一種無色的氣體，這種氣體放入
1018 石灰水中會使石灰水變混濁，我們爲他下一種操作型定義叫二氧化碳（有兩
1019 三位學生說不對，並爭著要回答）
1020 師：我們能不能說人家錯？
1021 生：不行
1022 師：我們只能說（學生：補充）（老師點一舉手的學生）
1023 生 C ：利用小蘇打粉放入醋酸中會放出一種氣體：把點燃的線香放入裏面
1024 會使石灰水變成乳白色，我們稱這種氣體叫二氧化碳（部份學生紛紛鼓掌）
1025 生 D ：他說是直接放入二氧化碳，可是上次實驗我們是用吹氣使它（石灰 1026 水）變成混濁的
1027 師：林○○說是吹氣才變成混濁的（部份學生：不是）
1028 師：全班這麼多人，五們來看看誰的記憶力較強（復習上次實驗）
1029 師：林○○還記得嗎？
1030 生 D ：（林○○）：記得
1031 師：二氧化碳與氧有什麼不同？（老師點三位舉手的學生回答）
1032 生 E ：二氧化碳會使火熄滅，氧會使火燃燒
2001 生 F ：二氧化碳會立刻讓火熄滅，氧會使火燃燒的更旺（師：不錯！）
2002 生 G ：二氧化碳會使線香立刻熄滅，也會使石灰水變乳白色，氧會助燃
2003 師：好，上次老師要你們帶什麼來？
2004 生：汽水
2005 上次說氣水會冒泡泡對不對？
2006 生：對！（一學生：搖一搖會起泡泡）
2007 師：那你們有沒有疑問，汽水的泡泡是什麼？
2008 生：二氧化碳
2009 師：怎麼知道？現在老師要你們各組討論用什麼方法來證明它是二氧化碳
2010 （學生隨即分組討論、約十分鐘左右）
2011 師：好了嗎？現在各組組長要說明你們的實驗方法和要用的實驗器材，然
2012 後到前面來拿器材
2013 生 D ：如果我們說的（器材），老師沒有準備呢？
2014 師：那要加分，表示你們想出的辦法，老師沒有想到
2015 第八組組長：先把汽水倒入瓶子裏，把燃燒的線香放入瓶子，但是不要碰
2016 到汽水，如果線香熄滅表示是二氧化碳，如果它會燃燒表示是氧氣
2017 師：其他同學有沒有疑問？
2018 生 H ：汽水倒進瓶中二氧化碳就跑掉了，怎麼知道瓶子裏的是二養化碳呢？
2019 生 I ：汽水倒進去時，就用蓋子把它蓋起來

2020 師：所以要用蓋子對不對，還有疑問嗎？
2021 生 J ：要放入線香時，還是要把蓋子打開，二氧化碳不就跑掉了嗎？
2022 生 K ：就像我們上次的實驗，把小蘇打粉放入醋酸中，製造二氧化碳，再
2023 把它收集起來放入石灰水中，雖然有流失掉，但大部份還是二氧化碳
2024 師：好，那我們就試試看！
2025 第七組組長：汽水打開，用塑膠袋把平口蓋住用橡皮筋綁住，等大約五分
2026 鐘把它拿起來，把線香放進去看它會不會熄滅
2027 第七組另一學生：我用另外一種方法，先把塑膠袋套在瓶子上，再打開瓶
2028 蓋， 這樣二氧化碳就不會流失掉。
2029 師：那老師有個疑問，袋子套上去了，怎麼還能打開瓶蓋呢？
2030 數名學生：把袋子壓扁了再套上去，從外面可以打開……用兩層塑膠
2031 袋，開瓶蓋時就不容易破
2032 師：好，我們相信第七組（第六組：沒想出方法）
2033 第五組：把汽水瓶打開，倒入錐形瓶中，再把線香放進去過幾秒鐘看線香
2034 有沒有熄掉
2035 師：總說一句，是跟第幾組一樣？
2036 生：第八組
3001 生 L ：汽水倒入瓶子裏時，二氧化碳就跑掉了
3002 生 H ：就像剛剛蔡〇〇說的，會流失掉一些，但汽水還有很多泡泡（幾位
3003 學生鼓掌）
3004 生 M ：如果怕二恙化碳流失掉，就把蓋子蓋住，打開時只留大約直徑一公
3005 分的洞把線香放進去
3006 師：越來越有科學精神了，連洞口的大小都算的出來
3007 第三組組長：把汽水的氣收集起來，倒入石灰水中，看會不會變混濁
3008 師：好，第三組用的是石灰水
3009 第四組組長：跟第五組一樣
3010 師：也就是跟第……（學生：第八組）一樣
3011 第二組組長：我們用兩個方法，第一個是汽水倒入瓶子中用紙蓋住，再用
3012 線香刺破一個洞放進去看線香會不會熄滅，第二個方法是瓶帶貼起來，再
3013 撕開放入線香
3014 第一組組長：我們與第三組一樣
3015 第一組另一學生：可以用汽水倒在蓋子（指培養皿），蠟燭插在蓋子上，
3016 用廣口瓶蓋上，看水會不會被吸上去，如果會吸上去表示是氣，如果吸不
3017 上去表示是二氧化碳（老師表示沒聽清楚，請學生再重述一遍後，聽懂的
3018 學生立即歡呼鼓掌）（老師確認後，驚喜的表示聽懂了，並在黑板上畫出
3019 該實驗同時，班上學生一陣討論或引起疑惑……）
3020 生 A ；我覺得應該……（仍未想出問題所在，表情顯示有疑問，但無法
3021 釐清該問什麼）
3022 師：讓我們想想看……（似乎也不能完全解釋學生實驗的思考方向）
3023 生 B ：水會上升是佔掉氣的空間，並不是說裏面有沒有二氧化碳或氣，那
3024 裏面本來就有氣，跟二氧化碳沒有關係
3025 生 C ：我想水位會上升，因爲汽水本身有二氧化碳氣氣不夠汽水又只有二
3026 氧化碳所以水會越來越高
3027 師：張〇〇是說蠟燭燃燒是燒掉氣，跟汽水裏的二氧化碳有沒有什關係？
3028 幾位學生：沒有
3029 生 A ：我想瓶子裏（廣口瓶）本來就有一些氣，所以水還是會吹一點上來
3030 生 D ：汽水打開了就沒有什麼二氧化碳就像我們，汽水打開就喝下去，肚
3031 子會漲漲的可是放久了再喝就不會了
3032 師：想想看這是什麼關係？（學生沒有回答）
3033 第一組學生 C 因爲二氧化碳不能幫助燃燒，所以水如果被吸上去蠟燭沒有
3034 熄滅，表示氣水裏是氣，水被吸上去蠟燭會熄滅表示是二氧化碳

3035 師：好，我們等一下來看第一組做做看
3036 〈各組到講台前領實驗器材，開使實驗中途下課十分鐘〉
4001 第七組：用塑膠袋收集汽水中的氣體，放入錐形瓶中，把線香放進去就熄
4002 滅，表示是沒有二氧化碳
4003 師：有沒有疑問？
4004 生：沒有
4005 第六組：把收集的氣體放進錐形瓶中裏面的石灰水有一點混濁，所以是二
4006 氧化碳
4007 第五組：把點燃的線香放進裝汽水的錐形瓶中，線香很快熄滅，表示裏面
4008 有很多二氧化碳（第四組：同第五組）（第三組：同第五組）
4009 生Ａ：平常空氣中的二氧化碳和氧沒有味道，可是實驗中產生的有味道
4010 師：爲什麼有味道？
4011 生Ｂ：二氧化碳的濃度與一般空氣中的二氧化碳濃度不一樣，汽水中的濃
4012 度比較高，自然覺得汽水裡的二氧化碳有味道。
4013 師：還有沒有要補充？（學生沒有回答）
4014 第二組：我們一共有三個實驗
4015 第二個實驗與第八組的差不多，把線香放進去以後，有點慢慢的熄滅，我
4016 們感覺汽水中不只有二氧化碳還有其它空氣。第三個實驗把石灰水放進瓶
4017 子中，變成乳白色，再把線香放進去煙會凝固，搖一下，煙會飄上來，我
4018 們要證實一件事情，汽水裏面不只有二氧化碳，因爲線香是慢慢熄滅的，
4019 我們想是說裏面不只有二氧化碳，還有其它的空氣甚至是氧
4020 生Ｃ：爲什麼每一組都是立刻熄滅，只有你們那一組是慢慢熄滅？
4021 師：王○○說的，你們有疑問嗎？
4022 第二組生Ａ：可能是立刻熄滅，因爲汽水不只有二氧化碳，還有氧可使線
4023 香繼續燃燒
4024 師：張○○的話，老師有疑問，各組有各組的實驗，張○○只能代你們這
4025 一組喔！你有沒有到各組去看？所以你要針對這一組來說
4026 生Ｄ：說不定是裝空氣的時候有一些其它的空氣跑進去了
4027 師：是質疑實驗過程中（一學生：有錯誤）有誤差，第二組有沒有要補充的
4028 生Ｃ：一定會流失掉一些，不可能每一組
4029 生Ｅ：王○○說打開就會流失，不一定就像把塑膠袋套在瓶子上再打開瓶
4030 蓋，就不會流失
4031 第二組生Ｂ：有些是快要熄滅時，拿起來又燃起來了
4032 師：爲什麼？
4033 第二組生Ｃ：香把袋子燒破了，袋子有洞空氣跑進來
4034 師：曾○○終於說實話了，他們那一組邊玩邊做實驗
4035 第二組生Ｂ：是曾００把塑膠袋剪成兩半的
4036 師：把塑膠袋剪成兩半，跟實驗有什麼關係？
5001 生Ｅ：塑膠袋跟氣球一樣本身有破洞，氣球放久了就會變形，所以要趕快
5002 做實驗，不然氣就跑掉了
5003 師：好，謝謝！（老師請第一組將實驗成果移到講台上，並報告實驗結果）
5004 生第一組Ａ：蓋子裏面（培養皿）放一根點燃的蠟燭把汽水倒下去，再用
5005 廣口瓶蓋下去，就會把汽水全部吸進去，因爲裏面也有一些氧氣燒，但還
5006 有滿多二氧化碳，蠟燭沒有氧之後，它就熄滅了
5007 生Ａ：證明你們之前說的是錯誤的，你們說如果吸進去的話就是氧，如果
5008 沒有吸進去的化就是二氧化碳，可是它還是吸進去
5009 生Ｂ：可是他剛剛也有說裏面還有氧氣呀！不完全是二氧化碳
5010 第一組學生Ｂ：原本燒的時候裏面含有氧氣，上次的實驗證明水中有氧氣，
5011 可是蠟燭完全不知道汽水裏面含有二氧化碳或氧，吸進去以後，裏面全部

5012 都是二氧化碳所以蠟燭會熄滅
5013 生C：那你的意思是說，因爲汽水進去裏面，空氣裏面才有二氧化碳，火
5014 苗是因爲汽水裏面有二氧化碳才熄滅的囉？
5015 第一組生A：不是，是因爲快要熄滅了，它要吸二氧化碳，因爲它不知道
5016 汽水裏面氧不多，就把它吸進去，二氧化碳就把它熄掉
5017 生D：上次做水的實驗的時候，水是蠟燭熄掉以後，水才上來的
5018 第一組生A：它（指該組實驗）是還沒有先熄的時候它就已經吸上來了
5019 第一組生C：我們是廣口瓶還有氧的時候，汽水還沒吸上來，等過一下，
5020 汽水才會慢慢吸上來
5021 生C：你們有沒有……，上次用水做實驗的時候跟現在用汽水做實驗的
5022 時候，吸上來的時間，有沒有比較那一個比較快
5023 第一組生A；是上次水上升比較快……一下子就吸光了
5024 師：是水上升比較快，這次吸的比較慢
5025 生E：可是上次是要填補氧被燒掉的地方啊！
5026 第一組生B：水吸上去是要填補氧，因爲水中含有氧，可是汽水含有二氧
5027 化碳火就熄掉了
5028 生D：可是燃燒是在空中燃燒，而不是在水中燃燒，所以不能說水中含有
5029 氧，跟蠟燭燃燒有什麼關係
5030 第一組生B：可是空氣都是會往上升的，氣泡往上升就跟蠟燭燃燒的到啊！
5031 生D：那是怎麼活的，如果氧都往上飄魚不都要上來了嗎？（部份學生：
5032 對呀！）
5033 第一組生A：可見水裏也有氧氣呀！有的氧氣會上去，有的會在水裏面（部
5034 份學生：對呀！）（仍有學生要發言）
5035 師：好，（老師結束學生的討論，把問題回到實驗）誰能發現汽水與我們
5036 上次做的水的實驗有什麼不同？

6001 生A：汽水可能眞的像第一組說的，可能有一些二氧化碳，不然也不可能吸上來
6002 師：來，再說一遍，吸上來是因爲空氣的關係還是汽水的關係？
6003 生A：應該是汽水的關係，可能汽水裏含有一些氧氣
6004 師：看這邊（講台前放置實驗器材）我們上次說水爲什麼會上升？
6005 學生：填補養
6006 師：是填補氧的空間對不對？蠟燭燃燒需要（學生：氧）氧燒掉水就（學
6007 生：上升）填補（學生：氧的空間），上面沒有水的空間呢？（部份學生：
6008 空氣、其它的空氣）空氣中其它的成份對不對？包含二氧化碳那現在汽水
6009 吸上來填補什麼空間（部份學生：氧）還是填補氧的空間對不對，跟二氧
6010 化碳有什麼關係？
6011 生D：沒有關係
6012 生B：汽水裏的二氧化碳先讓蠟燭熄滅，蠟燭熄滅氧氣就自然減少的話，
6013 汽水升高的位置，佔有的位置就比較（大？）（這句聽不清楚）
6014 師：哦！（加強語氣，表示有新的發現）○○○說了一句話誰聽到了？）
6015 （沒有學生回答）
6016 師：老師不知道他講的對不對，可是我們來想想看，汽水會放出一些二氧
6017 化碳，會不會佔一些空間？（停一會，有些學生答：會）請問第一組，水
6018 本來就這麼高嗎？
6019 第一組生A：不是，本來是全部吸上去（手指其高度）熄滅掉以後，就慢
6020 慢降下來
6021 師：上次水的時候，有沒有一直降下來？
6022 學生：沒有
6023 師：這次汽水本來上升這麼高（手指出其高度）填補氧的空間對不對，爲
6024 什麼它又下降了？想想看！
6025 生E：汽水裏的二氧化碳填補氧的空間，所以水會被壓下來
6026 生F：汽水裏的氧上升被火燒光，可是放

出的二氧化碳不能幫助燃燒，所
6027 以它會下降
6028 生D：因爲汽水會放出二氧化碳，汽水上升要填補氣的空間，還沒填補氣
6029 的空間汽水又放出二氧化碳水就被壓下來
6030 生B：瓶子裏有大氣壓力，會把水壓下來，但如果水的話，水也有（組力），
6031 大氣壓力和水產生的壓力平均，所以上次水不會被壓下來，但氣水的話就
6032 被大氣壓力壓下來
6033 師：很深奧哦！
6034 生C：上次水沒有二氧化碳，水吸上來，蠟燭把氧氣都用完，蠟燭熄滅以
6035 後，汽水又放出二氧化碳，二氧化碳就把汽水壓到下面水又放出二氧化碳，二氧化碳就把汽水壓到下面
6036 生G：因爲白開水裏面沒有二氧化碳，汽水表面有二氧化碳……二氧化
7001 碳放出來會把汽水壓下去〈下課鐘響〉
7002 第一組生B：水中含有氧，汽水中含有二氧化碳，只有一點點氧氣，二氧
7003 化碳放出來以後空間不夠，就把汽水壓下來
7004 生D：如果照第一組來說的話，裝普通自來水，也會降下來才對，因爲水
7005 中也含有氧
7006 生E：瓶中也有二氧化碳，爲什麼沒有把水壓下來？（應該指水的實驗）
7007 師：爲什麼汽水會被壓下去比較多？
7008 生G：白開水含二氧化碳，氧沒有像汽水中這麼多二氧化碳
7009 師：白開水，還是汽水的二氧化碳多？
7010 學生：汽水
7011 師：怎麼證明汽水裡的二氧化碳多？（一學生：做實驗呀！）
7012 第一組生B：因爲汽水一上來的時候，蠟燭馬上就熄滅了
7013 師：哦！你的意思是說，蠟燭燃燒的時間更短？
7014 生D：應該不可能馬上熄滅
7015 生E：因爲上升時還有一段時間，二氧化碳才會往上浮
7016 第一組生C：汽水上來，慢慢才熄掉，整支蠟燭（應該指燈蕊）變紅色，
7017 最後變黑色
7018 生H：立刻熄滅就不對啊！
7019 生I：我有另外一個疑問，爲什麼二氧化碳加石灰水，石灰水就會變混濁？
7020 師：爲什麼？下一節課再說，回去找資料知道嗎。今天的實驗，汽水的泡
7021 泡到底是什麼？（老師拿起裝汽水的錐形瓶給學生看，做總結）
7022 學生：二氧化碳（第二組一學生：還有氧）
7023 師：第二組說，還有一點氧。今天的實驗，還有沒有什麼問題？
7024 學生：沒有
7025 師：那我們下課……

～第二節下課～

Teacher-Student Interactions in a Constructivist Science Classroom

Mei-Yu Chang

Department of Elementary Education, National Hsinchu Teachers College

Abstract

Classroom interactions between a teacher and students in a constructivist elementary science classroom are described and analyzed. The study took place in a fifth grade classroom taught by a teacher of ten year's experience. The teacher's understanding of constructivism was analyzed from the interactions with students using qualitative non-participant observations in two forty minute lessons dealing with a unit on carbon dioxide. In the classes. students were challenged to prove the gas bubbles in soda are carbon dioxide.

The observations showed that the teacher was able to encourage students to express their own opinion and to explore their investigation by providing a free, safe, and comfortable environment; was able to stimulate students' thinking by asking appropriate questions; and was able to facilitate students' conceptual growth by providing opportunities for students to debate, defend, and discuss their opinions.

Key words: Constructivist approach; classroom interaction; teaching strategy, learning environment, action research.