

# 建構主義與科學教學

張世忠

中原大學教育學程中心

摘要：建構式的科學與學習觀點日益受到重視，發現它能提供給學生較豐富的認知，這個認知是用來改造在學校教室中教學和學習互動的本質，這個觀點的基本原則就是知識是建構出來的，而不是靠著傳輸得來的。在提供有具體經驗的學習環境中，學生容易建構他們的知識。然而當他們無法描述或解釋所學習的主題時，知識就不容易被建構出來。來自於研究的結論，更發現當學生與別人從事有關主題的討論或活動時，知識就更容易被彼此互相建構出來。最後，教育學者專家建議了一些革新的教學方法，幫助老師們在日常教學生活環境中，去增進他們的教學表現。

關鍵詞：建構主義、知識建構、科學教學

## 壹、前言

目前大部分中學的科學教學是基於一個客觀主義者認知和學習的觀點(Tobin & Gallagher, 1987)。這裏客觀主義者主張所有在這個自然世界中知識的理論，都可以用實證的方法測試出來，科學乃是提供我們一些方法可以允許我們去超越個人主觀的限制，去測試這些理論，並且以這些方法去確定真理。

傳統的科學教法著重在直接的傳輸這些真理，爲了讓這個傳輸有效，大部分老師對整班使用不互動的教學方式；因爲課程包含了許多的內容，因此，在許多科學的教室中，最通常出現乃是老師對全班解釋和計算文字問題的概念和過程。小合作團體或分組的活動不常發生，大部份僅局限在資料收集的實驗室活動中。在另一方面，學生強調工作的完成，獲得正確的答案，及得到滿意的成績。當運用這些實驗室的活動時，他們像熟練般強調這些已知的定律和定律之間關係的證明。這些活動的結果是被用來判斷是否符合或不符合上課時所講過的定律或真理(Roth & Rochoudhury, 1994)。

建構主義提供另外一種不同的學習觀點。一般來說，建構主義者要去認知一個實體，而這個實體是獨立存在於認知個體本身，因此人們要去建構個人的知識，就必需直接與此實體接觸。然而，此知識可能不一致於這個實體，依照進化論者的說法是能夠適應的，在提供有具體經驗的學習環境中，學生容易建構他們的知識。然而當他們無法描述或解釋所學習的主題時，知識就不容易被建構出來，因此，在建構主義學習觀點下，古典對

於真理的認知就被具活力的認知所取代。

建構主義觀點的學習與教學日益受到重視(White & Tisher, 1986)，來自於研究的結論，發現它能夠提供給學生較豐富的認知，這個認知是用來改造在學校教室中教學和學習互動的本質，這個觀點的基本原則就是知識是被建構出來的，而不是靠著傳輸得來的。

## 貳、建構主義的理論基礎

雖然根植於皮亞傑的研究，建構主義是一個研究科學教學和學習的門徑，因為它提供了一個強而有力的觀點對於認知，詮釋，和影響學生在科學和其它學科的學習，對於建構主義者，學習並非寫在紙上的知識或移植到一個人的頭腦裏，好像此頭腦為一空白的狀態。建構主義者使用建構的比喻，因為它適切地總結認知論的觀點，即知識是建構的，在科學上新知識的建構深深地被先前的知識所影響，因此，建構式的學習隱含了對先前知識的一種改變，這種改變可以意謂取代、補充或修正現存的知識。

皮亞傑的理論是建構主義的根本，他的理論是認知、哲學和心理學等複雜的結合，他建立屬於自己版本的結構主義，假定心中發展出邏輯—數學的結構。皮亞傑所關注是他所指的“客觀性”的描述(Piaget, 1970)，那就是說，我們對於這個世界所獲得知識的過程和知識成長的整個目的，是建立在不以自己為中心的觀點，而能更加客觀的認識實體。然而，皮亞傑認為我們在實際生活中發展出一種解釋的體系是與世界更複雜的互動。他認為我們藉由發展和運作，開始在我們所處的世界中，最後藉由正式運作的步驟，我們獲得抽象推理的能力，允許我們從物質世界中遠離出來，如此我們就可以用嚴格的邏輯名詞去加以推理。

Fosnot(1989)指出建構主義四個基本原則。第一個原則是知識由過去的建構所組成的。她解釋說我們在這客觀世界中建構我們的經驗是透過一種邏輯的架構轉換，組織和解釋我們的經驗。第二個原則是建構經由“同化”(assimilation)和“調適”(accommodation)而得來。我們使用同化當作一種邏輯的架構，在此建構內去解釋新的資訊，和使用調適去解決矛盾和衝突的部分。Fosnot 第三原則是指學習為一種發明的有機過程而非是累積的機械過程。她將這個積極行動的學習與傳統被動的學習做比較，去營造一個以學習者為中心的教學環境。這種積極行動的學習就是建構主義論點的中心。Fosnot 的第四個原則是產生認知的成長。有意義學習的產生是透過認知衝突的反應和解決，並藉此用來去否定先前不完整的認知層次。她指出認知衝突的產生只有當學習者注意到兩個相互矛盾體系的差異。雖然老師可以協調這個過程，但這個改變只有當學生採取主動時才會發生。

建構主義者並不認為知識是一個觀察者獨立於世界，把它當作一種客觀的呈現 (Objective representation)，對於他們而言，知識是指概念性的結構，認知學者認為是可生存的 (Viable)。他們就像實用論者一樣，並不接受真理和實體是相等的，現代的科學並沒有給予我們真理，它只是提供給我們一個解釋事實的本質和處理這個世界的方法，我們如何學習知識，以便我們去處理呢？皮亞傑觀點，認知是一種可適應的功能，這個“可適應” (adaptive) 的名詞是來自進化的理論。

在進化和建構認知的理論中，可生存或有能力去處理和“平衡”的概念互相連接。這平衡並不是靜態的像一個平衡的槓桿，而是動態的如一個騎腳車者所維持的平衡，我們的大腦持續地去尋求新進來的活力，並且去產生一種模型可以導致適應的行為和可被使用去預測可能事物。

因此，建構主義提供另一個對於知識和實體可生存的觀點，我們經常行動和說話好像某些陳述是真理的，但一個真理的陳述有何意義呢？這個“真理”的問題是建構主義的中心點，我們知道，這個世界透過我們的經驗，真理常常是逃避的，我們不可能從外在的觀點有一正確的描述，因此，在建構主義中，真理的概念就被可生存性的概念所取代。

Kelly (1955) 主張人類的知識和經驗需要個人積極的參與和建構，個人成功的建立了一連貫性的建構系統，這個系統可以說明先前的經驗，解釋現在的情況，預測將來的事件，並幫助評估過去預測的正確性。他們特別重視每個人建構體系的獨特性，即每個人在他們事件建構上是不同其他的人。人們是不斷地主動去解釋他們所處的世界，而非只是被動的接受別人的知識；他們盡力試著去澄清他們的概念，並對與他們互動的人說清楚他們的想法。

Kelly 將他的觀念暗喻我們為“科學家”，他讓我們去認為在日常生活中，每天人們所表現出來的就像是每天的科學家。Kelly 觀念的本質就是每個人為他或她自己本身建立一個科學家的模型，這個模型是會隨時間而改變的，因為實體的建構是經常地被測試和被修正的以便可建立較好的工作模型。知識可被視為是由人和環境互動交流而產生的，並強調是由積極主動的人去從事建構和解釋他們自己的經驗。

Kelly (1970) 認為學習是個人的探求，並且認為老師角色是去幫助設計和執行每個學生自己的工作。人與人之間成功的溝通，與其說依賴大眾的建構體系，不如說是依賴人們能夠建構別人的建構體系到什麼程度；也就是說，雖然自己並不一定要和別人持有相同的建構，但是對於別人的建構應有所認知。現在有一個日益成長的教育團體，他們認

爲了使教學和學習的互動更有效，對老師來說，瞭解學生的認知架構是很重要的，什麼是與學習者相關的因素，如何教學讓教師和學習者之間能連接，因此，教師對於學生的建構認知是必要的。

建構主義者比皮亞傑提倡的理論更重視先前的知識結構，這些先前的知識結構，當作是新觀念和經驗的過濾器 and 輔助器，並且在他們本身學習期間亦有所變化，一個建構式學習方法也說明學習者在嘗試學習科學新觀念可能遭遇的困難。學習者通常會如何拒絕或修正新的觀念去符合現存的概念架構。學習者通常根據直接的外在經驗和非正式的社交互動，去發展出他們自己的理論或個人建構的方法，這些方法都可以用在科學教室中，以建立建構知識的理論。另外學習環境對於學習者也是非常重要，Osborne 和 Wittrock (1987) 認爲個人和他們的環境互動時，將會產生積極的意義建構，下面是他們的看法：

大腦並不是被動的吸收資訊，反之，它積極地建構它自己的資訊解釋，且從中得到推論。因此大腦有時忽略某些資訊，注意到其它資訊，而不是像一個空白，被動著記錄進入的資訊(P.492)。

Feyerabend (1980) 認爲學生具備極大的想像力，因此老師應設計出好的教學策略可以鼓勵學生發展自己的理論和個人建構的精緻化。知識的本體不論來自於教科書或由老師所傳授，學生毫無疑問的接受這是不足夠的，學生必須靠自己去發現知識的真理；他們必須能在他們的世界觀內加以結合，身爲老師亦應鼓勵學生去發展他們自己對觀念品質的標準，並允許發展這樣能力，可以達到專家可接受的範圍。

近幾年來，許多的研究清楚顯示，學生發展堅固和持久的科學世界觀，可使他們預測未來的事件(Driver & Easley, 1978)，這些觀念不是獨立的，而是形成複雜的建構系統，它提供一理性且連續的觀點去了解這世界，因此成功的教學需要有一個羨慕，不僅是有科學家的世界觀，更要有語言、信念、和期望在其中，讓學生對科學課程有整體性和完整性的概念。然而，許多的老師皆持有一個假設，就是認爲學生的觀念必須直接且有效率的被征服。因此學生的觀念建構不是被建立或發展，而是被老師“修正”(corrected)，當學生使用一個天真的替代架構或先入爲主的觀念去解釋教室活動的經驗，當這解釋經驗的意義和老師的不同或完全衝突時；老師會假定這位學生對課業“不懂”(not understanding)，但教育學者專家認爲並不是學生不了解，而是他們了解不同而已(understanding differently)，對於學生而言，老師的工作就是去鼓勵學生發展他們個人的模型，並同時創造環境去鼓勵學生面對或挑戰這些公認的科學觀點。

Nussbaum 和 Novick (1980) 提供了一個教學情境的研究，主要參加的對象是年紀 12

到 13 歲的學生，使用腦力激盪法去鼓勵他們發明一個氣體的分子模型，學生們被鼓勵去以口頭方式摸述並且劃出他們個人的模型，還要去面對其他人的觀點以辯論他們提供不同架構的優缺點，學生被要求去測試存在於他們個人模型的觀念以對抗實驗性的觀察，這給予他們機會去決定是否有任何需要去修正他們的觀點，以清除他們理論和實驗觀察之間的矛盾。這些的經驗可能幫助老師對於學生的架構有所了解，並且學生將會被暴露於老師和同儕之間所持有不同架構的範圍中，這種互相交換的想法應可幫助溝通，亦可提供一個較寬廣範圍的經驗，在其中學生可以建構他或她的個人模型。

### 參、知識的建構方式

建構主義的理論在於知識不是被動的，而是主動的被建構，當某意義裝載到文字內且被傳送到另外一個人時，往往觀念和想法是不能被溝通的，也就是說，老師不能將觀念加諸於學生的腦中，學生必須去建構他們自己的意義，因此老師在溝通上的努力並非在於傳送一些意義而已，而是要傳送他們的說法或表達，以便激發學生去建構這些意義 (Wheatley, 1991)。

從建構主義者的觀點，知識乃是由學習者所建構出來的，我們推理解釋我們所建構的科學事物，相反於寫實主義者的觀點，建構主義者相信知識並不是分離，而是親密地與學習者的行為和經驗有關，它通常是有上下前後情境關係而非與認知者分離。爲了要知道，就必須去行動，知道即是去了解某一事物，讓你和加入你的人共同分享它，並進而形成一個認知的共同體。

認知的工作說明一個事實，就是我們不能僅僅傳送意義而必須我們自己去建構它。知識並不是一個可以被溝通的商品，就如 Gergen (1982) 認爲知識並非人們具備在腦中的事物，而是人們一起執行的事物。意義不是被傳達的，而是被激發的，溝通是一個過程藉由我們每一個人將意義符號送出，並基於對方的行動和運作協調功能的有效率，所接受的意義是可靠的。更進一步複雜的過程乃是知識實際上是由我們使用來表達的語言所構成。假如要使溝通有效率，則必須小心地選擇文字符號，如同 Bloor (1983) 所說“生命真實的來源不是由個人所提供，而是由社會所提供的”。從建構主義者的觀點來看，科學的知識是一種學習者的活動，即是問題解決的工具，科學是建構關係和模式的活動；對於個人來說，它是一種協調有效率的行動和運作。

小合作團體是一種良好教育環境，在其中個人和團體的刺激被用來增進團體成員間互動關係和有益的行為，合作學習被視爲一種增進學生成就和認知技巧的方法，一般而

言，在學習活動期間，學生在小團體運作，他們當成是彼此互相的主要資源，分享和收集所需要的資訊。老師當成一個諮詢和活動的協調者，合作學習之所以成功是藉著獎勵團體視同個人，同儕間將贊同代替反對成就，每個人朝著一個共同的目標，一起工作，且在合作刺激下獲得最大或最好的結果。

對於學生在小團體內口頭互動分析發現「解釋之給予(giving of explanations)」是對成就正面的因素，Fisher 和 Lipson (1985)認為假如概念的學習需要學生去放棄先前所抱持的概念，就必須有一種學習氣氛，消除老師權威的作法，讓學生自由的去表達他們的觀念。因此，教師應常提供機會給學生去表達他們的觀點，講述他們的經驗，解釋，爭論和澄清他們的想法。

學生藉由一起工作可以獲得很大的利益，參與小團體藉著問題的解決可以刺激認知的成長，如此在思考的結構會隨著時間有巨大的改變，在團體中，學生兩人或三人一組，邏輯問題的解決比單獨個人工作時，更能產生足夠的解決之道，當學生在小團體運作時，他們會被刺激去挑戰他們的想法，然後去重新組織他們的概念，這種表達他們觀念的方法會提供一種反射並作適當的修正。

## 肆、結論和建議

目前大部分科學教學的方式乃維持著傳統演說和示範的模式，並且偏重記憶教材內容的方式(Renner, Abraham, Grzybowski, & Marek, 1990)，傳統科學教學的方法在激發學生的興趣或建立主題概念性認知上顯得沒有效率，許多的大學畢業生抱持著像小學生同樣錯誤的概念。

這問題部分的原因，就是教育學者傾向注重學生的學習。而非老師的學習，這是典型的認定，假如老師被提供革新的教材和被教導如何使用這些教材，則老師應該能夠有效率地實行在教室中；但事實卻不是如此，爲了要有條理地教，老師必須徹底理解內容，而且知道如何去教。然而，許多老師缺乏對主題內容的認知，因爲他們學習科學的內容是透過同樣沒有效率的傳統方法，老師若是對主題內容沒有徹底的了解，則會傾向傳統演說式地教學，依賴專家的來源，如教科書去傳送資訊給他們的學生。

傳統師資培育不能足夠地挑戰老師先前存在教學認知，因此認知的改變就不會發生，當他們被授予革新的科學教學法時，因爲老師們沒有建構主義者教學概念的經驗，這些新的方法就被同化已經存在演說式的教學方法，這種教學法的認知是大大不同於教育學者所教的，當新老師開始使用他們不完全了解的教學法時，他們會遭遇到困難且改

用演說式的方法，因為演說式的方法感覺較舒適且危險性較小，這導致教學隨著時間變得愈來愈不革新。

對於傳統教學法的堅持，是與老師們如何獲得內容和教學法知識有相互的關聯 (stoddart, 1991)，這意味著獲得科學內容知識的學習方法會影響到教學方法知識的學習內容，老師通常會將科學視為一些由科學家證實過或確認的事實，並且他們教科學也是如此，因此，如果內容和教學法知識是相互的，那麼老師就應有經驗的學習主題內容，和概念性去了解教學方法，以幫助學生對科學本質正確認知的成長，為了去補救這種情形，有些教育改革學者建議老師在準備教學時，應修一些額外的科學課程，採用建構式教學方法，不僅在中小學，而且也在專科和大學，教師成為隨時隨地學習者。

教師如何去改進他或她們的教學呢？最主要的關鍵就是去整合一些新的技術到現存的教學模式，有幾個基本要素是構成一個完整模型：(1)研究建構主義的理論基礎或教學方法；(2)觀察在建構主義教學方法有相當經驗專家的展示教學；(3)在保護的情境下作練習與回饋；(4)互相指導幫助新的方法納入於每天的教學方式(Joyce & Showers, 1983)。

總而言之，教學的方法是可以改變或進步的，只要老師能積極的參與建構教學活動和被提供機會去練習，分析，討論，和接受幫助及鼓勵成功。為了要在現行的學校課程和體制下，以一種持續性和理性的方式去實行改變，老師必須是一位有效率的自我診斷並且必須有指導者的幫助去提供回饋，支持和建言。如何去納入改變於真實教室情境中，可能最好的指導模型就是充分利用學校的資源如同儕，部門主管，或學校的行政人員當作指導員。

## 參考文獻

- Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Feyerabend, P. K. (1980). How to defend society against science. *Introductory readings in the philosophy of science*, Prometheus.
- Fisher, K. & Lipson, J. (1985). Information processing interpretation of errors in college science learning. *Instructional Science*, 14(1), 49-74.
- Fosnot, C. T. (1989). *Enquiring teachers, enquiring learners: A constructivist approach for teaching*. New York: Teachers College Press.
- Gergen, H. (1982). *Toward a transformation in social knowledge*. New York: Springer-Verlag.

- Joyce, B. R. & Showers, B. (1983). *Power in staff development through research on training*. Association for Supervision and Curriculum Development, Washington, DC.
- Kelly, G. A. (1955). *The psychology of Personal Constructs*, Vols. 1 and 2 (W.W.Norton, New York).
- Kelly, G. A. (1970). Behavior as an experiment. *Perspectives in personal construct theory*. London: Academic Press.
- Nussbaum, J. & Novick, S. (1980). *Brainstorming in the classroom to invent a model: A case study*. Jerusalem: Israel Science Teaching Center, The Hebrew University.
- Osborne, R. J. & Wittrock, M. C. (1987). Learning science: A generative process. *Science Education*, 67(4), 489-508.
- Piaget, J. (1970). *Piaget's theory*. Carmichael's of Child Psychology. Wiley, New York.
- Renner, J, Abraham, M., Grzybowski, E., & Marek, E. (1990). Understandings and misunderstandings of eighth graders' of four physics concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 35-54.
- Roth, W., & Roychoudhury, A. (1994). Physics students' epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 5-30.
- Stoddart, T. (1991). *Reconstructing teacher candidates' views of teaching and learning*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL.
- Tobin, K. & Gallagher, J. (1987). What happens in high school science classrooms? *Journal of Curriculum Studies*, 19, 549-560.
- Wheatley, G. (1991). Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning. *Science Education*, 75(1), 9-21.
- White, R. T. & Tisher, R. P. (1986). *Research on natural sciences*. Handbook of research on teaching. New York: Macmillan.



# Constructivism and Science Teaching

Syh-Jong Jang

Center for Teacher Education

Chung-Yuan University

## Abstract

There was an increasing interest in constructivist view of science teaching and learning. It provided students a richer understanding. The understanding was being used in endeavors to recast the nature of teaching/learning interaction in science classrooms. A fundamental axiom of this view was that knowledge was constructed, not received. Knowledge survived when it was viable in the experiential world, but it was generally abandoned when individuals recognized that it could not describe their experience. Knowledge was collaboratively constructed between individuals. Knowledge and understanding was constructed when individuals engaged socially in talk and activity about shared problems or tasks. Finally, educational researchers recommended a number of practices that promised to assist in improving teacher performance and emphasized what needs to be done in order to improve science pedagogy.

**Key words:** Constructivism, Knowledge Construction, Science Teaching