科學教育學刊
2008, 第十六卷第二期, 125-146

Chinese Journal of Science Education
2008, 16(2), 125-146

「互動式歷史小故事」在大學通識科學教育之應用研究

戰克勝
樹德科技大學　通識教育學院

（投稿日期：民國 95 年 8 月 30 日，修訂日期：97 年 1 月 12 日，接受日期：97 年 2 月 14 日）

摘要：本研究旨在探討如何將「互動式歷史小故事」（IHVs）應用在大學通識科學課程中來幫助修課學生瞭解科學知識不是被發現的、而是人類創造出來的，並據此進一步增進其對科學知識的「創造性」本質的認知與瞭解。為了達成上述目標，筆者以過去多年的研究成果為基礎，先自行研發一套融合 IHVs 的歷史導向通識科學課程；然後用教學實驗實地檢測該課程對修課學生之科學本質觀所造成的影響，並設法藉此釐清「創造性」科學本質概念與「可驗性」科學本質概念之間的互動關係。實驗結果顯示：在受測學生的概念生態系中，「創造性」與「可驗性」科學本質概念之間的確有類似翹翹板一樣，互相牽制的負面關連。

關鍵詞：互動式歷史小故事、科學本質、概念改變

壹、研究背景與文獻探討

長久以來，協助所有學生認清科學本質一直都是臺灣及世界各國科學教育改革的核心訴求（教育部, 2006; DES/Welsh Office, 1995; National Research Council, [NRC], 1996; Rutherford & Ahlgren, 1990）。雖然如此，歷年來相關研究卻顯示多數學生對科學本質仍欠缺基本的瞭解（靳知勤, 2002; Lederman, 1992; Solomon, 1994）。有鑑於此，國內外學者不約而同地建議用科學史來幫助學生認清科學本質、進而提昇其科學素養（巫俊明, 1997; 徐光台, 1995; 許良榮、李田英, 1995; Conant, 1951; Duschl, 1990; Matthews, 1994; Monk & Osborne, 1997），然而這些建議多半被忽視而未能對學校科學課程產生實際而長遠的影響（Bybee, Powell, Ellis, Giese, Parisi, & Singleton, 1991; Harms & Yager, 1981; Klopfer, 1992）。於是現行科學課程仍舊把科學史與科學本質的相關內容當成課程的註解來處理，未能給予其合理的篇幅與應有的重視；而課文裡僅有的少量科學史內容，也只是一些內容空洞且支離破碎的人名、日期及發現事蹟（Kenealy, 1989; Lemke, 1990）。此外，由於多數科學教師都必須在有限的時間內教完許多課程內

容，許多人為了「趕進度」，只好專教課本內容，而不得不任由學生自行設法「參透」科學本質的相關問題（Matthews, 1994; Roach & Wandersee, 1995）。

為了協助科學教師克服上述困難，改善現況，美國科教學者 Wandersee（1990）根據其二十多年的教學與研究經驗，發展出一套能迅速有效地改善學生科學本質觀的新式教學法：互動式歷史小故事（Interactive Historical Vignettes, 簡稱 IHVs）。這個教學法藉由一系列簡短有趣且與課程內容相關的科學小故事，來誘導學生重新檢討修正其科學本質觀，使得有心改革的科學教師能夠在現實環境的限制下，挪用少許上課時間將科學史與科學本質適時地融入其日常教學中。

IHVs 乃是 Wandersee 參照 Egan（1986）的簡約故事模式（simple story form）發展而成的一種結合了講故事與課堂討論等兩種方法的教學模式。如圖1所示，IHVs 運用中斷故事進行模式（interrupted story form）來製造懸疑，激發學生的好奇心與興趣，同時試圖藉由二元對立（binary opposites）所導致的衝突與對立事件來引誘學生認真思考有關科學本質的議題。實地進行教學時，教師刻意

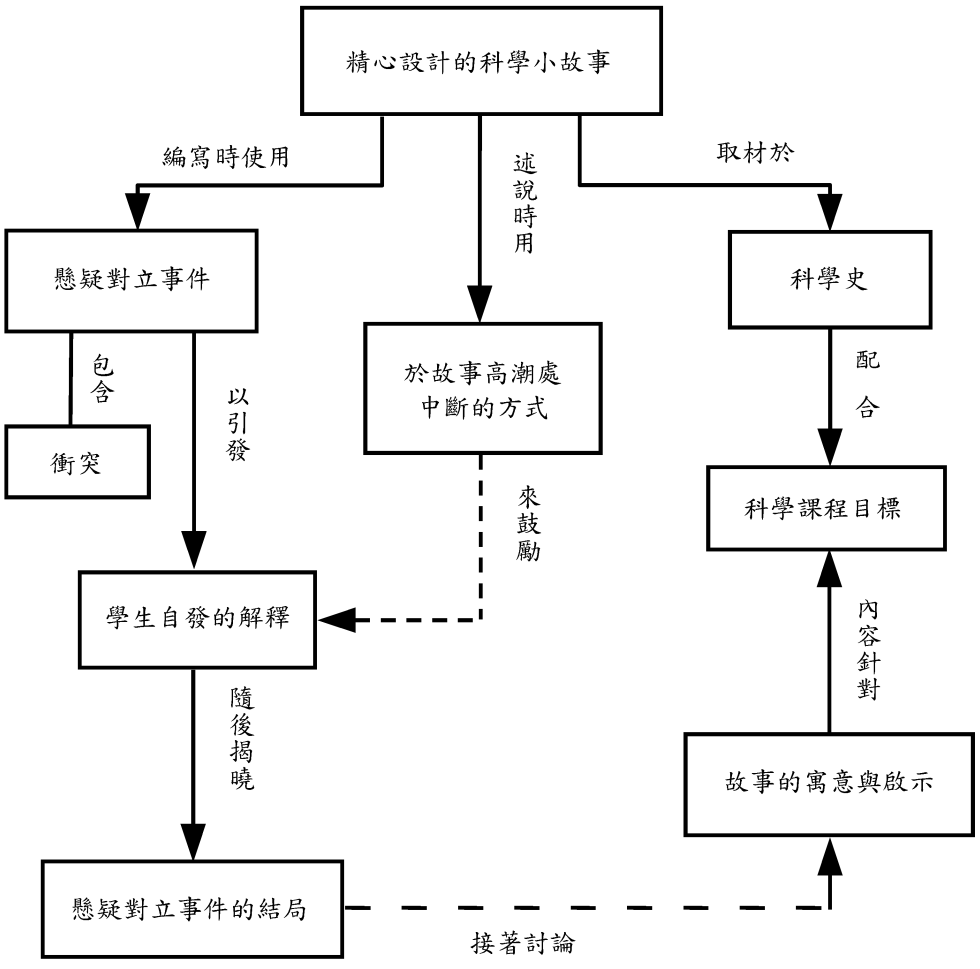

圖 1：互動式歷史小故事創作及應用流程圖（Wandersee, 1992）

在故事發展到衝突高潮時立即中斷，先邀請學生預測後來的發展與結局，然後再揭曉故事的歷史結局，並在隨後的課堂討論中引導學生檢討修正他們對科學本質的看法。

顧名思義，互動式歷史小故事（IHVs）乃是一些精心設計，合於科學史實的歷史小故事；故事內容描寫科學家生命中的某個重要事件或片段，這些精彩片段不但能突顯科學本質，同時也使學生得以深入了解相關科學概念的發展過程與歷史背景。教師可配合課程內容與進度，將科學史上發生的相關歷史事件或趣聞軼事，自行改編成淺顯易懂且發人深省的簡短故事。在進行相關的 IHVs 教學時，則仿效電視連續劇的作法，故意在故事發展到最緊張高潮的地方暫停，先請學生推測故事的後來發展，然後才揭曉其歷史結局。由於進行上述教學基本上不受場地和設備的限制，且講述一個 IHV 故事只需十五分鐘，不致占用過多上課時間，幾乎隨時隨地皆可實施；因此教師可依據現實狀況，靈活調整實施 IHVs 教學的時機與頻率。

前述之 IHVs 教學法問世後不久，Wandersee 的學生 Linda Roach 隨即將其自行編寫的一系列 IHV 故事（Roach, 1992）融入大學物質科學概論的教學中，並進一步以教學實驗證明 IHVs 確實能有效增進一般大學生對科學本質的瞭解（Roach, 1993）。近年來，Wandersee 與其研究團隊陸續將 IHVs 成功地融入美國的中小學以及大學通識科學教育（Wandersee, 1992; Wandersee & Roach, 1998）。筆者據此推斷，若善加運用，IHVs 應該也可以幫助今日臺灣的高中學生認清科學本質，筆者曾與台北市某公立女中的老師合作以實驗檢測將 IHVs 融入高一物理教學對改善學生科學本質觀的實際成效（Chan, 2000）。實驗結果不僅支持前述 Wandersee 等人的研究結果，同時也揭露了下列值得深入探討的現象：

1. 受測學生對科學的「創造性」本質多缺乏基本的瞭解；她們大都和許多歐美國家的中小學生一樣，誤以為科學知識是被發現的，而不是人類用想像力創造出來的（Irwin, 1997, 2000; Meichtry, 1992; Solomon, 1994）。
2. 在受測學生的概念生態系（conceptual ecology）中，「創造性」與「可驗性」科學本質概念之間似乎存有一種像翹翹板一樣，互相牽制的負面關連；以致於任何一個科學本質概念在學生的概念生態系中所占的地位（status）如果向上提昇，另一個科學本質概念的地位即隨之下滑（Chan, 2003）。
3. 雖然今日大多數科教學者（Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl, 2003）與世界上許多國家的現行科學課程標準（教育部, 2006; McComas & Olson, 1998）都一致認為科學知識的「創造性」與「可驗性」本質乃科學本質的核心要素，兩者相輔相成，缺一不可，但受測學生對此卻普遍缺乏瞭解。

在過去幾年教授大學通識科學課程的過程中，筆者注意到敝校許多大學生仍然和前述的高一女生一樣，誤以為科學知識是被發現的、而非人類創造出來的。這個發現令筆者體認到：現行大學通識科學課程顯然並不能幫助學生有效化解上述之「誤解」，必須將其作適當的修改，才能讓學生瞭解科學知識不是被發現的、而是人類創造出來的，進而重新檢討修正其對科學知識的「創造性」本質的認知與看法。於是決定以自己過去多年的研究成果為基礎，先發展一套融合 IHVs 教學的歷史導向通識科學課程，然後將其應用在改善大學生科學本質觀的教學與相關學術研究上。

貳、研究目的

本研究是一個結合課程發展與學術研究的大學通識科學課程改進與研究計劃，旨在研發並測試一套融合 IHVs 的歷史導向通識科學課程來協助學生改善其對科學的「創造性」本質的認知與瞭解，並藉此探究在一般大學生的概念生態系中，「創造性」和「可驗性」科學本質概念之間是否有類似翹翹板的負面關連。

在課程發展階段，先發展一套歷史導向通識科學課程；然後針對課程內容中值得深入探討的主題，編寫一系列發人深省，能夠清楚展現科學知識的「創造性」和「可驗性」本質的 IHV 故事。在學術研究階段，進一步以教學實驗檢測將 IHVs 融入上述歷史導向通識科學課程對修課學生科學本質觀所造成的影響；並藉此釐清「創造性」科學本質概念與其他科學本質概念之間的關連 — 特別是它和「可驗性」科學本質概念之間是否如筆者之前的研究所示，彼此互相牽制，展現類似翹翹板一樣的負面關連（Chan, 2003）。

簡言之，本研究擬利用 IHVs 來改變大學生對科學的「創造性」與「可驗性」本質的認知，以便進一步釐清兩者間的互動關係。然而，工欲善其事，必先利其器，若所用的 IHVs 無法產生預期的效果，則研究結果將失去意義與價值。為了避免上述問題，筆者預先針對專為本研究編寫的一系列強調科學的「創造性」與「可驗性」本質的 IHVs 進行多次先導研究與修改（戰克勝, 2005），待累積相當份量的支持證據後，才正式用其分別提昇「創造性」與「可驗性」科學本質概念在受測大學生概念生態系中的地位，以期能進一步深入探究下述核心研究問題：

在受測大學生的概念生態系中，「創造性」和「可驗性」科學本質概念之間是否如筆者之前的研究所示：彼此互相牽制，存有類似翹翹板的負面關連？

參、研究假設

在受測大學生的概念生態系中，「創造性」和「可驗性」科學本質概念之間確實存有類似翹翹板的負面關連。

肆、研究方法

一、研究設計與對象

為了能確切評估在一般大學生的概念生態系中，「創造性」與「可驗性」科學本質概念之間是否也有類似翹翹板一樣，互相牽制的負面關連，本研究對就讀於南部某私立科技大學的兩班學生（A & B）分別進行如圖2所示的教學實驗。

兩個教學實驗皆採前後測設計，共歷時12週。實施對象為選修筆者所教授之歷史導向通識科學課程的兩班大三與大四學生；其中任選一班為實驗 A 班，修習融入一系列「創造性 IHVs」的通識科學課程，另一班則為實驗 B 班，接受融合一系列「可驗性 IHVs」的通識科學教學。如表1所示，實驗 A 班有41名男生與59名女生，共計100人；其中包含11位具理工背景的資訊學院學生，以及89位來自設計學院、管理學院、應用社會學院的非理工科系學生。實驗 B 班有35名男生與40名女生，共計75人；其中包含6位具理工背景的資訊學院學生，以及69位來自設計學院、管理學院、應用社會學院的非理工科系學生。

進行前述教學實驗旨在藉 IHVs 來改變受測學生對科學知識的「創造性」與「可驗性」本質的認知，使筆者得以進一步探究兩者之間的關係是否真如翹翹板一樣、彼此互

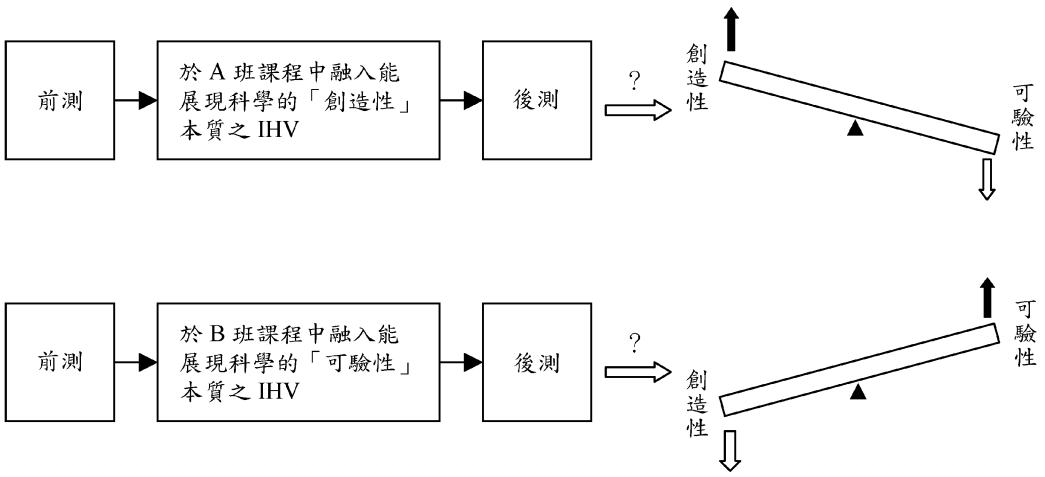

圖 2：研究設計與教學實驗流程圖

表 1：受測學生性別與主修科系統計表

	性別			主修科系		
	男	女	總和	理工	非理工	總和
實驗 A 班	41	59	100	11	89	100
實驗 B 班	35	40	75	6	69	75

相牽制。在實驗 A 中，筆者一面用 IHVs 設法提昇「創造性」科學本質概念在學生概念生態系中的地位，一面趁機觀察「可驗性」科學本質概念的地位是否因此而隨之下降。實驗 B 則試圖用 IHVs 提昇「可驗性」科學本質概念的地位，藉以觀察「創造性」科學本質概念的地位是否同時跟著下滑。

由於本研究是在沒有控制組的情況下進行圖2的教學實驗，因此我們雖可藉此探究「創造性」與「可驗性」概念的地位如何改變，卻無法據此推斷這些變化確實是 IHVs 所促成。有鑑於此，筆者將謹記上述研究限制，審慎詮釋研究結果。

二、研究工具—中文版科學知識本質量表

本研究使用 Rubba 和 Andersen（1978）根據附錄一之科學知識本質概念模式所發展的科學知識本質量表（Nature of Scientific Knowledge Scale, 簡稱 NSKS）來評量學生對下列六項科學知識本質的瞭解。

1.無關道德性（amoral）

科學知識提供人類許多能力，但它並不教導我們如何使用它。道德判斷只能加諸於科學知識的應用，而不是知識本身。

2.創造性（creative）

科學知識是人類心智活動的產物，它的發明需要如藝術家、詩人或作曲家一樣的創造想像能力。科學知識體現了科學探究過程的創造性本質。

3.發展性（developmental）

科學知識不是絕對且永恆不變的，它會隨時間而改變。科學的驗證過程只能判斷它是否「可能」為真。過去曾獲好評的科學信念，可能隨著新証據的出現而受到不同的評價；我們應根據當時的歷史背景來評價過去的科學信念。

4.簡潔性（parsimonious）

科學知識傾向簡潔，但不輕忽其複雜性。它涵蓋全部而不局限於特定範圍。科學致力於發展少量的概念來解釋最多的觀測結

果。

5.可驗性（testable）

科學知識是可經由公開實驗進行檢測的。它是針對可靠的觀測，反覆進行實驗檢測，而建立其效度。檢測結果的一致是科學知識獲得認可的必要條件，但不是充分條件。

6.統整性（unified）

科學知識源自人類試圖瞭解大自然的統整性。各種不同科學領域的知識形成一個涵蓋一連串定律、理論與概念的完整知識體系，使科學具有解釋與預測的能力。

如表2所示，NSKS 是一個包括六個分項量表的五點李克氏量表；每個分項量表各有8題（含4個正面敘述與4個反面敘述），共計48題。其內容效度在工具發展的過程中經過專家確認，各分項量表的內部均質性信度（Cronbach α 係數）的實測值則分別為0.76，0.80，0.74，0.70，0.74，0.77（Rubba, 1977）。

雖然國內學者張鳳琴（1994）於數年前就曾將 NSKS 翻譯成中文，但由於她把原本的48題刪減為31題，不太方便直接用來評量學生對個別科學知識本質的看法；因此，筆者決定自行將 NSKS 問卷的全部內容（共48題）完整地翻譯成附錄二所示的「中文版科學知識本質量表」（CNSKS），作為筆者的博士論文研究（Chan, 2000）以及包括本研究在內的所有後續相關研究的主要研究工具。

表 2：NSKS 各分項量表之正反面敘述分配表

分項量表	正面敘述	反面敘述
無關道德性	4, 5, 8, 48	7, 18, 21, 36
創造性	17, 20, 28, 32	1, 23, 34, 41
發展性	16, 26, 37, 42	25, 27, 31, 43
簡潔性	2, 6, 29, 46	14, 15, 39, 40
可驗性	12, 22, 38, 45	9, 11, 13, 33
統整性	3, 30, 35, 47	10, 19, 24, 44

前述之 CNSKS 已在筆者的博士論文研究中，經由五位專家進行效度檢測，再以93位學生為樣本進行信度檢驗，測得 CNSKS「無關道德性」、「創造性」、「發展性」、「簡潔性」、「可驗性」及「統整性」等各分項量表之信度依序為0.78，0.85，0.62，0.52，0.62，0.77（Chan, 2000）。隨後並在本研究的先導研究中針對216位大學生進行實驗，測得 CNSKS 各分項量表之信度分別為0.76，0.82，0.65，0.62，0.70，0.78（Chan, 2005）。以下謹將 CNSKS 各分項量表的正、反面敘述範例以及其在本研究（N = 175）所測得的信度整理如表3：

三、研究程序與教材

筆者於93學年度上學期參照 Holton（1985）的 *Introduction to Concepts and Theories in Physical Science* 和 Toulmin 和 Goodfield（1965）的 *The Fabric of the Heavens* 編寫完成一套歷史導向通識科學課程以及六對與課程內容密切相關且能清楚展現科學的「創造性」與「可驗性」本質的 IHVs。並於93學年度下學期第三週起，依照表4所規劃的教學實驗程序與進度，先對參與研究的兩班同學作 CNSKS 前測；然後根據課程進度，約每兩週將一對 IHVs — 含一個「創造性 IHV」與一個「可驗性 IHV」— 分別融入 A 班與 B 班的教學中；並在為期12週的教學實驗結束後立刻實施 CNSKS 後測。

前述之歷史導向通識科學課程嘗試用一連串歷史故事與事件來引導學生深入瞭解西方科學從古希臘自然哲學，歷經科學革命演變至今的發展過程與背景。在本研究中，筆者先從課程內容中挑選出(1)亞理斯塔克斯與其「日心地動說」，(2)哥白尼與其革命學說—「天體運行論」，(3)伽利略與月亮的新衣，(4)克卜勒與其「夢遊式」科

表 3：CNSKS 各分項量表範例及其在本研究所測得的信度

分項量表	敘述範例	信度
無關道德性	科學知識的應用有善惡好壞之分，但科學知識本身卻不能如此區別。	0.76
	對科學知識本身以及其實際應用作道德上的評斷是有意義的。	
創造性	科學知識是科學家創造出來的，而不是被發現的。	0.86
	科學知識不是科學家創造出來的，而是被發現的。	
發展性	今日之科學定律、理論和概念可能隨著新証據的出現而需作改變。	0.62
	科學知識是不會改變的。	
簡潔性	如果兩個科學理論都能同樣圓滿地解釋科學家的觀測結果，則較簡單的理論會被選用。	0.62
	如果兩個科學理論都能同樣圓滿地解釋科學家的觀測結果，則較複雜的理論會被選用。	
可驗性	科學知識的實驗證據必須能夠重覆。	0.60
	科學知識的實驗證據不必能夠重覆。	
統整性	各類科學學科共同組成一套完整的知識體系。	0.76
	生物、化學及物理上的定律、理論和概念彼此無關。	

表 4：課程規劃暨教學實驗進度表

週次	課程內容與進度	IHV/CNSKS 實施時程
3	古希臘自然哲學簡介	CNSKS 前測
4	古希臘天文學簡介	IHV#1：亞理斯塔克斯與其「日心地動說」
5	托勒密與其天動說行星模型	
6	哥白尼與其革命學說	IHV#2：哥白尼與其革命學說–「天體運行論」
7	影片欣賞	
8	伽利略與其望遠鏡新發現	IHV#3：伽利略與月亮的新衣
9	克卜勒與其「夢遊式」科學研究	IHV#4：克卜勒與其「夢遊式」科學研究
10	克卜勒行星運動三定律	
11	伽利略與慣性力學	IHV#5：伽利略審判
12	牛頓的生平與著作簡介	
13	牛頓與萬有引力定律	IHV#6：牛頓的蘋果與萬有引力定律
14	馬克斯威爾與電磁波	CNSKS 後測
15	愛因斯坦與相對論	
16	演化論與海森堡測不準原理	

學研究，(5)伽利略審判，(6)牛頓的蘋果與萬有引力定律等六個寓意深遠且能同時彰顯「創造性」與「可驗性」科學本質的故事；接著即按照圖1所示的方式，將每個故事改編成為一對內容大致相同、但強調重點不同的「創造性 IHV」與「可驗性 IHV」；然後再配合表4的課程進度與規劃，將改編成的六個「創造性 IHV」依序融入實驗 A 班的教學；並用同樣的方式，將對應的六個「可驗性 IHV」適時融入實驗 B 班的教學。限於篇幅，以下僅以用於第八週「伽利略與其望遠鏡新發現」單元之「伽利略與月亮的新衣」為範例，簡要說明筆者如何依循圖1所示的 IHVs 創作與應用流程，將一個與課程內容密切相關的歷史故事，改編成一對可分別用來突顯科學知識的「創造性」與「可驗性」本質的 IHVs 教材。

顧名思義，前述「伽利略與其望遠鏡新

發現」單元旨在介紹伽利略自西元1609年起用自製的望遠鏡進行一系列天文觀測所作的新發現，以及其在當時所引發的爭議與後續發展。由於其中和月亮相關的望遠鏡觀測結果與爭議特別具有啟發性，且恰好能同時彰顯科學知識的「創造性」和「可驗性」本質，因此筆者決定以「伽利略與月亮的新衣」為主題，依照下列步驟將相關內容改編成一對完整的 IHVs 教材。

首先，筆者試著從與上述主題相關的科學史實與研究文獻中（Drake, 1978; Holton, 1985; Toulmin & Goodfield, 1965），篩選出一連串在爭議過程中扮演關鍵角色的歷史事件作為故事的主軸；然後再按先後順序將這些事件連結在一起，完成下述之 IHV 故事初稿：

> 文藝復興時期義大利科學家伽利略（Galileo Galilei, 1564-1642）生在一個多數人都崇信亞理斯多德學說的時代。因此，與他同時代的自然哲學家與天文學家大多堅信亞理斯多德學說中「地球是宇宙的中心，所有天上的星體（包括月亮在內）都是表面光滑、完美無瑕的圓球體」的說法，並且認為任何與這個顯而易見的「真理」相抵觸的科學理論一定是錯的。伽利略雖然懷疑亞理斯多德這個說法的真確性，但他也沒有具體的證據可反駁它。
>
> 直到西元1609年，在伽利略將自製的望遠鏡指向天空觀測月亮、太陽和其他行星後，事情開始有突破性的發展。藉由望遠鏡，伽利略發現：「月亮表面不像亞理斯多德說的那樣光滑平整完美無瑕，而是像地球一樣表面粗糙凹凸不平，有高山也有深谷」。伽利略自認這個望遠鏡觀測結果清楚地證明了亞理斯多德的月表光滑論是與事實不符的謬論，並試圖用此科學證據說服當時其他自然哲學家與天文學家放棄他們對亞理斯多德學說的迷信。
>
> 然而，令伽利略失望的是，當時大多數自然哲學家與天文學家不但完全不為所動，而且拒絕承認其望遠鏡觀測結果在科學上的價值和可信度。有些人指出：因為玻璃鏡片會改變光線的路徑，伽利略觀測到「看起來似乎」崎嶇不平的月表是被望遠鏡扭曲所造成的假象。有些人則認為：即使望遠鏡能真確的呈現地球上的景物，沒有人能確定它是否能用來同樣準確地觀測天上遙遠的星體。
>
> 當時有一個伽利略的忠實反對者（Colombe）雖然承認月球表面的確「看似」崎嶇不平，但仍然堅持月表其實是如亞理斯多德所說的一般光滑平坦。他辯稱：因為有一層光滑透明、望遠鏡觀測不到的球殼覆蓋在月表高山深谷之上的最外層，所以月球表面雖然實際上是如亞理斯多德所說的一般光滑平坦，在望遠鏡中卻「看似」崎嶇不平。
>
> 伽利略聽了之後，稱讚此自圓其說的解釋非常有創意，並欣然同意接受這個回答。但為了公平起見，伽利略要求對方也允許他假設月亮的透明外殼其實比他先前所言更為粗糙，且上面佈滿了透明的高山和深谷，其高度比他之前用望遠鏡所見更高十倍。他接著說：「這是個非常美且很有創意的假說，它唯一的缺點是我們永遠無法驗證其真確與否。誰會看不出這只是一個為了自圓其說而虛構出的說詞？照這種說法，我們可以把覆蓋在地球上最高山峰之外的大氣層也定義成地球的一部分，然後說地球是光滑平整的圓球體！」

其次，筆者照圖1的方式，針對上述故事中最能彰顯科學知識的「創造性」本質的懸疑對立事件（第二段至第四段）進行補充與改寫，進而藉此將其改編為附錄三的「創造性 IHV」。

最後，筆者用同樣的方式，針對故事中

最能彰顯科學知識的「可驗性」本質的懸疑對立事件（第四段至第五段）進行補充與改寫，進而將其改編為附錄四的「可驗性 IHV」。

四、資料分析

本研究使用 SPSS 統計軟體分析受測學生的 CNSKS 前、後測成績，並以相依性 t 考驗（dependent t-test）進一步檢測學生對科學知識的「創造性」與「可驗性」本質之看法在實驗前後是否有顯著的改變（$\alpha = 0.05$）。

伍、研究結果

如表5所示，在教學實驗開始前，參與本研究的兩班學生對於科學知識的「創造性」本質多缺乏基本的認識，但他們對科學知識的「可驗性」以及其餘四項本質則皆有相當程度的瞭解；經過12週的 IHV 教學後，兩班學生對科學知識的「創造性」與「可驗性」本質的看法都分別發生了顯著的改變，但對其餘四項科學本質的看法則無顯著的改變。

在實驗 A 中，本研究所使用的一系列「創造性 IHVs」不僅成功地改善了學生對科學「創造性」本質的誤解（20.22 → 24.08），同時也使他們對科學「可驗性」本質的堅定信仰因而隨之減弱（31.11 → 30.18）。而實驗 B 所用的「可驗性 IHVs」則不但有效強化了學生對科學「可驗性」本質的正確認知（30.27 → 31.23），同時也略為加深了他們對科學「創造性」本質的誤解（21.71 → 20.44）。

如圖3與圖4所示，實驗 A 的結果顯示：「創造性」科學本質概念在學生的概念生態系中的地位一旦向上提昇，「可驗性」科學本質概念的地位立即隨之向下滑落；實驗 B 的結果則證實：一旦「可驗性」科學本質概念在學生概念生態系中的地位上昇，「創造性」科學本質概念的地位亦隨即下滑。由此看來，在受測學生的概念生態系中，「創造性」和「可驗性」科學本質概念的確如筆者之前的研究所示，彼此互相牽制，展現類似翹翹板一樣的負面關連（Chan, 2003）。

陸、研究結果分析與討論

圖3的結果顯示：教學實驗 A 所用的「創造性 IHVs」促使修課學生的科學本質觀發生一種非對稱的雙向概念轉變；這種轉變不僅逆轉了學生原本對科學「創造性」本質的否定看法，同時也略微削減了他們對科學「可驗性」本質的強烈信仰。圖4的結果則顯示：教學實驗 B 所用的「可驗性 IHVs」使修課

表 5：CNSKS 各分項量表前、後測平均與標準差以及相依性 t 考驗結果統計表

CNSKS 分項量表	實驗 A			實驗 B		
	前測	後測	t	前測	後測	t
無關道德性	27.13（4.02）	27.86（4.68）	1.17	27.43（4.85）	27.87（4.09）	0.97
創造性	20.22（5.18）	24.08（4.52）	6.33*	21.71（4.69）	20.44（5.43）	-2.35*
發展性	31.26（3.44）	30.67（3.32）	-1.64	31.49（3.29）	30.96（3.07）	-1.36
簡潔性	26.89（3.74）	27.40（3.41）	1.50	27.44（2.97）	27.88（3.70）	1.19
可驗性	31.11（3.54）	30.18（3.28）	-3.88*	30.27（3.45）	31.23（2.74）	2.82*
統整性	31.85（3.70）	31.27（3.31）	-1.57	31.69（3.43）	31.56（3.15）	-0.33

註：CNSKS 各分項量表滿分 40，最低 8 分；24 分則表示中立。

效果量：創造性(A)= 0.79；可驗性(A)= 0.27；創造性(B)= 0.25；可驗性(B)= 0.31。*$p < 0.05$

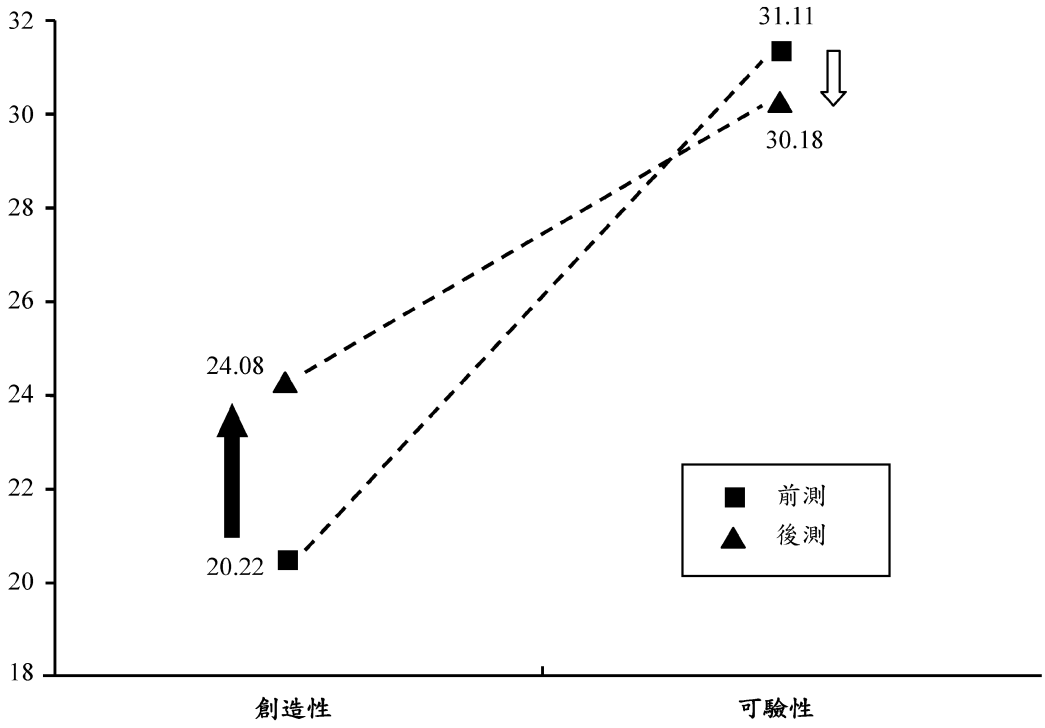

圖 3：創造性與可驗性科學本質概念在實驗 A 班學生概念生態系的互動關係

學生的科學本質觀產生了與實驗 A 類似、但方向相反的雙向概念轉變。

從 Posner, Strike, Hewson 和 Gertzog（1982）提出的「概念轉變學習模型」(Conceptual Change Model of Learning, 簡稱 CCM）的觀點來看，上述現象顯示：在受測學生的概念生態系中，「創造性」與「可驗性」科學知識本質概念並非各自獨立、互不相干，而是宛如分別位於翹翹板的兩端，彼此相連，卻又互相牽制。因此，實驗 A 所用的「創造性 IHVs」才會在促使「創造性」科學本質概念的地位向上提昇的同時，亦連帶地使「可驗性」科學本質概念的地位下滑，進而造成圖3所示的雙向概念轉變。而實驗 B 的「可驗性 IHVs」在促成「可驗性」科學本質概念的地位上升的同時，亦連帶地導致「創造性」科學本質概念的地位下降，進而造成圖4所示的雙向概念轉變。

以上的分析顯示，在受測學生的概念生態系中，「創造性」與「可驗性」科學本質概念之間存有某種像蹺蹺板一樣，彼此互相牽制的負面關連。然而，若我們以表5中這兩個概念之前後測差異的效果量（effect size）來表示其所占地位的昇降幅度，就會發現：存在於這兩個科學本質概念間的負面關連，雖然能幫助我們瞭解其互動模式與相對地位的昇降趨勢，但是卻無法確切解釋其所占地位之昇降幅度為何呈現如表6所示的差異。

在以下的討論中，筆者將以前述之 CCM 為理論基礎，深入探究表6之結果所代表的意義及可能成因，試著為這個令人好奇的現象提供初步的分析與詮釋。

根據 Strike 和 Posner（1992）的修正版 CCM，在受測學生的概念生態系中，「創造性」與「可驗性」科學本質概念分別各有一

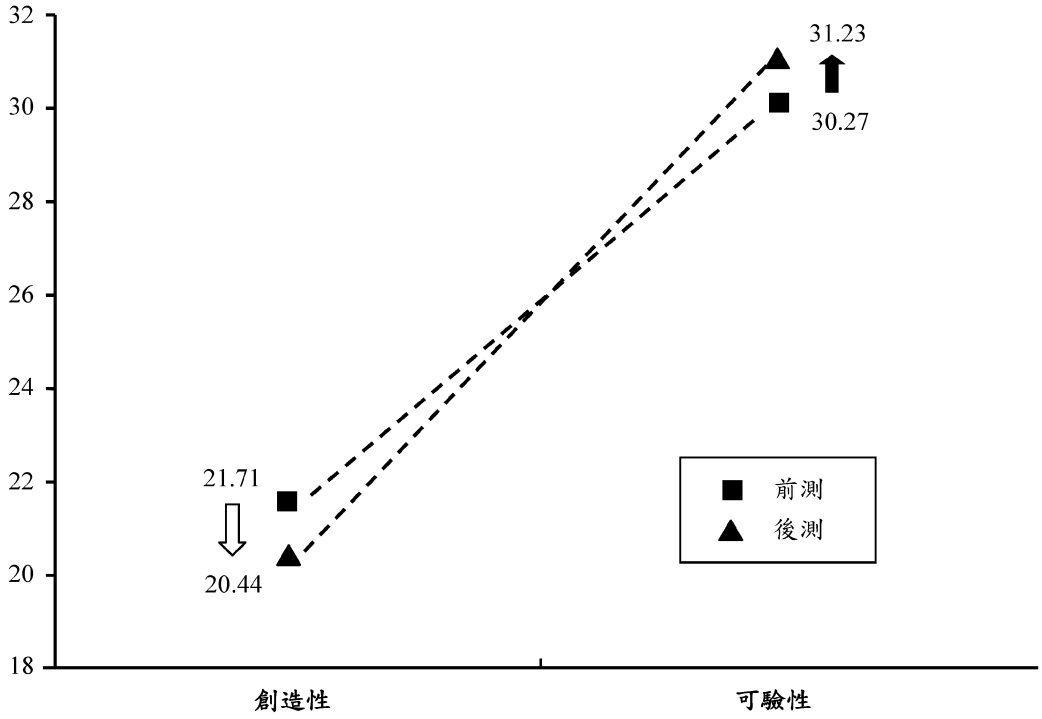

圖 4：創造性與可驗性科學本質概念在實驗 B 班學生概念生態系的互動關係

表 6：創造性與可驗性科學本質概念之地位昇降幅度統計與說明表

	創造性	可驗性	說明
實驗 A	0.79	-0.27	IHVs 大幅提升「創造性」概念的地位連帶使「可驗性」概念的地位小幅下降
實驗 B	-0.25	0.31	IHVs 小幅提升「可驗性」概念的地位連帶使「創造性」概念的地位小幅下降

群彼此相互扶持、與其同進退的認知互助團（cognitive support group）。因此，要改變其中任何一個概念的地位，就必須克服其認知互助團所產生的阻力。若一個概念背後的認知互助團成員眾多且緊密相連，則它所產生的強大阻力將使其地位難以被大幅改變。反之，若支持此概念的認知互助團成員稀少且結構鬆散，則它的力量將不足以阻止其地位被大幅改變。

在本研究中，筆者用 IHVs 嘗試分別提昇「創造性」與「可驗性」科學本質概念在實驗 A 班與實驗 B 班學生概念生態系中的地位圖2。結果發現，IHVs 雖然大幅提升了「創造性」科學本質概念在實驗 A 班學生概念生態系中的地位，卻未能大幅提升「可驗性」概念在實驗 B 班學生概念生態系中的地位表6。從上述之 CCM 的觀點看來，這個結果顯示，「創造性」科學本質概念的認知互助團可能只是一個勢單力孤、結構鬆散的空殼子，而「可驗性」概念則有個成員眾多、強而有力的認知互助團為其後盾。若此推斷屬實，則我們可對表6所示之實驗結果作以下的詮釋。

在實驗 A 中，IHVs 大幅提升了「創造性」科學本質概念在學生概念生態系中的地

位，並連帶使「可驗性」科學本質概念的地位小幅下降。這個結果顯示，IHVs 雖然輕易克服了「創造性」認知互助團的微弱阻力，順利將大部份力量透過兩者的負面關連傳達到翹翹板的另一端，卻因為遭遇到「可驗性」認知互助團的強大阻力，而只成功地使「可驗性」科學本質概念的地位小幅下降。

在實驗 B 中，IHVs 小幅提升了「可驗性」科學本質概念在學生概念生態系中的地位，並連帶使「創造性」科學本質概念的地位小幅下降。這個結果顯示，IHVs 勉強克服「可驗性」認知互助團的強大阻力後，僅有小部份力量得以透過兩者的負面關連傳達到翹翹板的另一端。由於其尚足以克服「創造性」認知互助團的微弱阻力，因而連帶使「創造性」科學本質概念的地位小幅下滑。

為了能更深入瞭解受測學生對科學的「創造性」與「可驗性」本質的想法，並藉此進一步釐清「創造性」與「可驗性」認知互助團是否真的如之前所推斷，前者成員稀少而力量薄弱，後者成員眾多且力量強大；筆者嘗試以質性研究法來詮釋與分析學生於 CNSKS 前測時對下列開放式問答題所作的書面回答，得到如表7所示之結果。

1.你認為科學理論與定律是被人「發現」的，還是人「創造」出來的？為什麼？請舉例說明。

2.科學家為什麼要作實驗？請舉例說明。

在表7中，筆者參照學者張鳳琴（1994）所用的質性分析架構與詮釋方式，將兩班共175位學生的書面回答區分為四種反映不同想法的敘述類型，並分別統計出各類敘述的總數與其所占之比例。質性分析係由筆者與同校另一位科教研究者合作完成；先由筆者進行分析，再請這位科教研究者進行審核並協助筆者共同修正缺漏之處，然後再將修訂後的質性分析結果與相關的 CNSKS 量化結果進行三角校正，以確保其真確性與可信度。

從敘述1的統計數據可知，只有12% 的學生認為「科學理論與定律是科學家用想像力所創造出來的，用以解釋及預測相關的自然現象與實驗觀測結果」。 由於構成此敘述的(a)與(b)兩者皆與「創造性」科學本質概念相輔相成，它們顯然都是「創造性」認知互助團的成員。由此可推，在這些學生的概念生態系中，「創造性」認知互助團主要是由(a)與(b)等兩個成員所組成。

表 7：學生書面回答之質性分析結果統計表

敘述類別與內容概要	敘述內涵與構成要素	N（%）
1.科學理論與定律是科學家用想像力所創造出來的，用以解釋及預測相關的自然現象與實驗觀測結果。	(a)科學知識是人創造的 (b)科學知識旨在解釋及預測自然現象與實驗結果	21（12%）
2.科學理論與定律本來就存在於大自然，它們不是人創造的，而是科學家經由觀察與實驗直接發現的。	(c)科學知識本來就存在 (d)科學知識是科學家經由觀察與實驗直接發現的	117（67%）
3.科學理論與定律本來就存在於大自然，它們不是人創造的，而是科學家根據觀察與實驗結果進一步推導後間接發現的。	(c)科學知識本來就存在 (e)科學知識是科學家根據觀察與實驗結果進一步推導後間接發現的	23（13%）
4.有些科學理論與定律是科學家經由觀察與實驗所發現的，有些則是用想像力所創造出來的。	(a)、(b)、(c)、(d)請參閱內文之說明	14（8%）

從敘述2的統計數據可知，約有67% 的學生認為「科學理論與定律本來就存在於大自然，它們不是人創造的，而是科學家經由觀察與實驗直接發現的」。由於構成此敘述的(c)與(d)兩者皆與「可驗性」科學本質概念相輔相成，我們可據此推斷，在這些學生的概念生態系中，「可驗性」認知互助團主要是由(c)與(d)等兩個成員所構成。

從敘述3的統計數據可知，約有13% 的學生認為「科學理論與定律本來就存在於大自然，它們不是人創造的，而是科學家根據觀察與實驗結果進一步推導後間接發現的」。由於構成此敘述的(c)與(e)兩者皆與「可驗性」科學本質概念相輔相成，我們可據此推斷，在這些學生的概念生態系中，「可驗性」認知互助團係由(c)與(e)等兩個成員所組成。

敘述4的統計數據顯示，另有8% 的學生認為「有些科學理論與定律是科學家經由觀察與實驗所發現的，有些則是用想像力所創造出來的」。由於此折衷看法乃是由敘述1與敘述2混合而成，我們可合理推斷，表七中的(a)、(b)、(c)與(d)等四者皆同時共存於這些學生的概念生態系中。

以上的分析顯示，「創造性」科學本質概念的認知互助團總共只有(a)與(b)兩個成員，而「可驗性」科學本質概念則獲得了由(c)、(d)與(e)等多個成員所組成的認知互助團之廣泛支持。由此看來，「創造性」與「可驗性」認知互助團似乎真如之前所推斷，前者成員稀少而力量薄弱，後者成員較多且力量強大。

綜上所論，本研究的量化結果證實：在受測學生的概念生態系中，「創造性」和「可驗性」科學本質概念之間的確有類似翹翹板，彼此互相牽制的負面關連。相關的質性資料分析結果則使我們得以約略瞭解為何 IHVs 會導致如圖3、圖4與表6所示之「非對稱」雙向概念轉變。

柒、結論與建議

本研究旨在透過圖2所示之教學實驗來探究：在一般大學生的概念生態系中，「創造性」和「可驗性」科學本質概念是否如筆者之前的研究所示，彼此互相牽制，展現類似翹翹板一樣的負面關連？整體看來，教學實驗所獲之量化結果清楚證實：在學生的概念生態系中，「創造性」和「可驗性」科學本質概念之間的確有類似翹翹板，彼此互相牽制的負面關連。相關的質性分析結果雖無法釐清導致這個「翹翹板現象」的關鍵成因，卻使我們得以約略瞭解為何 IHVs 會導致如圖3、圖4與表6所示之「非對稱」雙向概念轉變。

值得注意的是，本研究發現，即使我們將「創造性」科學本質概念在學生概念生態系中所占的的地位大幅提升，也只會使「可驗性」科學本質概念從原來的高位略微向下修正圖3。然而，我們只要小幅提升「可驗性」科學本質概念的地位，就會讓原本地位就過低的「創造性」科學本質概念繼續下滑圖4。

由此可知，若現行大學通識科學課程與教學仍舊一味地強調科學知識的可驗性，極可能會進一步加深學生對科學知識的創造性本質之誤解圖4，使其更難以同時認清科學知識的創造性與可驗性本質。然而，如果我們把重點轉移到科學知識的創造性本質，則不僅可以避免上述問題，而且也能適度扭轉學生對科學知識的創造性本質所抱持的誤解圖3，進而使他們對科學知識的創造性與可驗性本質等兩者都能有基本的瞭解。

因此，若我們將現行大學通識科學課程

與教學作下述的調整，應能有效化解多數學生對科學知識的創造性本質之誤解，並連帶使其對科學知識的可驗性本質有更為深刻而完整的瞭解。

首先，我們應適度增加科學史與科學哲學在現行大學通識科學課程中所占的篇幅，以使學生能有足夠的背景知識來探討科學本質的相關議題，而無須在對其幾乎一無所知的狀況下盲目地憑空猜測。其次，我們必須將現行大學通識科學課程的關注焦點，從科學知識的可驗性本質均衡地轉移到與其有負面關連的創造性本質，方能成功地扭轉學生對科學知識的創造性本質之誤解，並深化他們對科學知識的可驗性本質之瞭解。若礙於現實，現階段無法進行上述調整，有心改革的任課教師仍可參照圖1所示之 IHVs 創作與應用流程圖，自行編寫適當的 IHVs 輔助教材來協助修課學生認清科學知識的本質。

誌　　謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會九十三年度專題研究計畫補助經費（計畫編號：NSC 93-2511-S-366-003），乃得以完成，謹此致謝。

參考文獻

1. 巫俊明（1997）：歷史導向物理課程對學生科學本質的了解、科學態度、及物理學科成績之影響。**物理教育**, **1**(1), 64-84。
2. 徐光台（1995）：從科學史的觀點來看通識教育中科學教育與人文教育的會通問題。**通識教育季刊**, **2**(2), 1-21。
3. 教育部（2006）：**國民教育九年一貫課程綱要**。台北：教育部。
4. 張鳳琴（1994）：**高雄地區公立高中學生對科學知識的本質之看法**。高雄市：國立高雄師範大學碩士論文（未出版）。
5. 許良榮、李田英（1995）：科學史在的科學教學的角色與功能。**科學教育月刊**, **179**, 15-27。
6. 靳知勤（2002）：效化「基本科學素養」問卷。**科學教育學刊**, **10**(3), 287-308。
7. 戰克勝（2005, 12 月）：**互動式科學小故事對大學生科學本質觀之影響**。論文發表於中華民國第二十一屆科學教育學術研討會。彰化：國立彰化師範大學。
8. Bybee, R. W., Powell, J. C., Ellis, J. D., Giese, J. R., Parisi, L., & Singleton, L. (1991). Integrating the history and nature of science and technology in science and social studies curriculum. *Science Education*, *75*(1), 143-155.
9. Chan, K. (2000). *The impact of infusing the Interactive Historical Vignettes into 10th- grade high school science instruction in Taiwan on student understanding of the nature of science and science achievement*. Unpublished doctoral dissertation, The University of Texas at Austin.
10. Chan, K. (2003, March). *Expanding student views of the nature of science through the Interactive Historical Vignettes*. Paper presented at the 2003 annual meeting of National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia, PA.
11. Chan, K. (2005, April). *A study of the dynamic interplay of college students' conceptions of the nature of science*. Paper presented at the 2005 annual meeting of National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX.
12. Conant, J. B. (1951). *Science and common sense*. New Haven: Yale University Press.
13. DES/Welsh Office (1995). *Science in the national curriculum*. London: HMSO.

14. Drake, S. (1978). *Galileo at work: His scientific biography*. New York: Dover.
15. Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education: The importance of theories and their development*. New York: Teachers College Press.
16. Egan, K. (1986). *Teaching as story telling*. Chicago: University of Chicago Press.
17. Harms, N., & Yager, R. (1981). *What research says to the teacher*. Washington, DC: National Science Teachers Association.
18. Holton, G. (1985). *Introduction to concepts and theories in physical science* (2nd ed.). Princeton, NJ: Princeton University Press.
19. Irwin, A. R. (1997). Theories of burning: A case study using a historical perspective. *School Science Review*, *78*(1), 31-38.
20. Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, *84*(1), 5-26.
21. Kenealy, P. (1989). Telling a coherent "story": A role for the history and philosophy of science in a physical science course. In D. E. Herget (Ed.), *The history and philosophy of science in science teaching* (pp. 209-220). Tallahassee, FL: Florida State University.
22. Klopfer, L. E. (1992). A historical perspective on the history and nature of science in school science programs. In R. W. Bybee, J. R. Giese, J. D. Ellis, & L. Parisi (Eds.), *Teaching about the history and nature of science and technology: Background papers* (pp. 105-129). Colorado Springs, CO: BSCS.
23. Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(4), 331-359.
24. Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
25. Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
26. McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 41-52). New York: Kluwer.
27. Meichtry, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(4), 389-407.
28. Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, *81*(4), 405-424.
29. National Research Council (1996). *National science education standards.* Washington, DC: National Academy Press.
30. Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas about science" should be taught in school science: A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, *40*(7), 692-720.
31. 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), 211-227.
32. Roach, L. E. (1992). *I have a story about that: Historical vignettes to enhance the teaching of the nature of science*. Natchitoches, LA: Roach Publishing Company.
33. Roach, L. E. (1993). *Use of the history of science in a nonscience majors course: Does it*

affect students' understanding of the nature of science? Unpublished doctoral dissertation, Louisiana State University, Baton Rouge.

34. Roach, L. E., & Wandersee, J. H. (1995). Putting people back into science: Using historical vignettes. *School Science and Mathematics*, *95*(7), 365-370.
35. Rubba, P. A. (1977). *The development, field testing, and validation of an instrument to assess secondary students' understanding of the nature of scientific knowledge*. Unpublished doctoral dissertation, Indiana University, Bloomington.
36. Rubba, P. A., & Andersen, H. (1978). Development of an instrument to assess secondary students' understanding of the nature of scienti-fic knowledge. *Science Education*, *62*(4), 449-458.
37. Rutherford, F. J., & Ahlgren, A. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
38. Solomon, J. (1994). Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, *16*, 361-373.
39. Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl, & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp. 147-176). Albany, NY: State University of New York Press.
40. Toulmin, S., & Goodfield, J. (1965). *The fabric of the heavens*. New York: Harper & Row.
41. Wandersee, J. H. (1990). On the value and use of the history of science in teaching today's science: Constructing historical vignettes. In D. E. Herget (Ed.), *More history and philosophy of science in science teaching* (pp. 277-283). Tallahassee, FL: Department of Philosophy, Florida State University.
42. Wandersee, J. H. (1992). The historicality of cognition: Implications for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(4), 423-434.
43. Wandersee, J. H., & Roach, L. H. (1998). Interactive historical vignettes. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View* (pp. 281-306). San Diego, CA: Academic Press.

附錄一 Rubba's Model of Scientific Knowledge

Amoral	Scientific knowledge provides man with many capabilities, but does not instruct him on how to use them. Moral judgment can be passed only on man's application of scientific knowledge, not on the knowledge itself.
Creative	Scientific knowledge is a product of the human intellect. Its invention requires as much as creative imagination as does the work of an artist, a poet, or a composer. Scientific knowledge embodies the creative essence of the scientific inquiry process.
Developmental	Scientific knowledge is never "proven" in an absolute and final sense. It changes over time. The justification process limits scientific knowledge as probable. Beliefs which appear to be good ones at one time may be appraised differently when more evidence is at hand. Previously accepted beliefs should be judged in their historical context.
Parsimonious	Scientific knowledge tends toward simplicity, but not to the disdain of complexity. It is comprehensive as opposed to specific. There is a continuous effort in science to develop a minimum number of concepts to explain the greatest possible number of observations.
Testable	Scientific knowledge is capable of public empirical test. Its validity is established through repeated testing against accepted observations. Consistency among test results is a necessary, but not a sufficient condition for the validity of scientific knowledge.
Unified	Scientific knowledge is born out of an effort to understand the unity of nature. The knowledge produced by the various specialized sciences contributes to a network of laws, theories, and concepts. This systemized body gives science its explanatory and predictive power.

附錄二　中文版科學知識本質量表（CNSKS）

1.科學的定律、理論和概念不是人類想像創造出來的。
2.科學知識之陳述力求簡潔。
3.生物、化學及物理上的定律、理論和概念是互相關連的。
4.科學知識在實際上的應用有善惡好壞之分，但科學知識本身卻不能如此區別。
5.評斷科學知識的善惡好壞是不恰當的。
6.如果兩個科學理論都能同樣圓滿地解釋科學家的觀測結果，則較簡單的理論會被選用。
7.有些科學知識是好的，有些則是壞的。
8.即使一科學理論在實際上的應用獲得好評，我們也不應據此評斷此科學理論本身的好壞。
9.科學知識不必是能夠用實驗測試驗證的。
10.生物、化學及物理上的定律、理論和概念彼此無關。
11.實驗測試結果彼此之間的一致不是科學知識獲得認可的必要條件。
12.若其他研究者在類似狀況下都能順利地檢測到支持某項科學知識的實驗證據，則此科學知識將獲得認可。
13.科學知識的實驗證據不必公開讓大眾檢驗。
14.科學定律、理論和概念之陳述不力求簡潔。
15.科學界致力於將科學定律、理論和概念的數目增至最多。
16.目前廣受科學界認可的科學知識仍然可能含有錯誤。
17.科學知識是科學家創造出來的，而不是被發現的。
18.道德判斷可加諸於科學知識之上。
19.生物、化學及物理上的定律、理論和概念是不互相關連的。
20.科學的定律、理論和概念是人類想像創造出來的。
21.對科學知識本身以及其實際應用作道德上的評斷是有意義的。
22.科學知識的實驗證據必須能夠重複。
23.科學知識不是人類想像出來的，而是被發現的。
24.各領域的科學定律、理論和概念之間的相互關連，對科學的解釋及預測能力沒有助益。
25.科學知識的真確性是無庸置疑的。
26.今日之科學定律、理論和概念可能隨著新証據的出現而需作改變。
27.目前廣受科學界認可的科學知識都是完全正確無誤的。
28.科學理論和藝術品一樣，兩者都是人類運用想像力創造出來的。
29.科學界致力於將科學定律、理論和概念的數目減至最少。
30.各領域的科學知識共同構成一套完整的知識體系。
31.科學信念不會隨時間而改變。
32.科學知識是人類想像力的產物，而不是被發現的。
33.科學知識的實驗證據不必能夠重複。
34.科學知識不是科學家創造出來的，而是被發現的。

35.生物、化學和物理是類似的知識。
36.若一科學知識的實際應用廣受惡評，則此科學知識本身亦應被視為壞的。
37.科學知識可能須作檢討和改變。
38.科學定律、理論和概念是用可靠的觀測結果來作檢驗。
39.如果兩個科學理論都能同樣圓滿地解釋科學家的觀測結果，則較複雜的理論會被選用。
40.科學知識的適用範圍局限於特定現象，而非涵蓋廣泛。
41.科學理論是被發現的，而非人創造出來的。
42 我們應根據當時的歷史背景去評斷那些現已淘汰而過去曾一度廣受支持的科學信念。
43.科學知識是不會改變的。
44.生物、化學和物理是不同種類的知識。
45.實驗測試結果彼此之間的一致是科學知識被接受的必要條件。
46.科學知識的適用範圍廣泛，而非局限於特定現象。
47.生物、化學及物理上的定律、理論和概念彼此環環相扣。
48.我們不應對科學知識作善惡好壞的評斷。

附錄三　伽利略與月亮的新衣（創造性 IHV 範例）

文藝復興時期義大利科學家伽利略（Galileo Galilei, 1564-1642）生在一個多數人都崇信亞理斯多德學說的時代。因此，與他同時代的自然哲學家與天文學家大多堅信亞理斯多德學說中『地球是宇宙的中心，所有天上的星體（包括月亮在內）都是表面光滑、完美無瑕的圓球體』的說法，並且認為任何與這個顯而易見的「真理」相抵觸的科學理論一定是錯的。伽利略雖然懷疑亞理斯多德這個說法的真確性，但他也沒有具體的證據可反駁它。

直到西元1609年，在伽利略將自製的望遠鏡指向天空觀測月亮、太陽和其他行星後，事情開始有突破性的發展。藉由望遠鏡，伽利略發現：『月亮表面不像亞理斯多德說的那樣光滑平整完美無瑕，而是像地球一樣表面粗糙凹凸不平，有高山也有深谷』。伽利略自認這個望遠鏡觀測結果清楚地證明了亞理斯多德的月表光滑論是與事實不符的謬論，並試圖用此科學證據說服當時其他自然哲學家與天文學家放棄他們對亞理斯多德學說的迷信。

Q：你認為伽利略的望遠鏡觀測結果能成功地說服當時的自然哲學家與天文學家徹底改變他們原來的想法嗎？為什麼？

然而，令伽利略失望的是，當時大多數自然哲學家與天文學家不但完全不為所動，而且拒絕承認其望遠鏡觀測結果在科學上的價值和可信度。有些人指出：因為玻璃鏡片會改變光線的路徑，伽利略觀測到「看起來似乎」崎嶇不平的月表是被望遠鏡扭曲所造成的假象。有些人則認為：即使望遠鏡能真確的呈現地球上的景物，沒有人能確定它是否能用來同樣準確地觀測天上遙遠的星體。

當時有一個伽利略的忠實反對者（Colombe）雖然承認月球表面的確「看似」崎嶇不平，但仍然堅持月表其實是如亞理斯多德所說的一般光滑平坦。他辯稱：因為有一層光滑透明、望遠鏡觀測不到的球殼覆蓋在月表高山深谷之上的最外層，所以月球表面雖然實際上是如亞理斯多德所說的一般光滑平坦，在望遠鏡中卻「看似」崎嶇不平。

Q：你認為 Colombe 對前述望遠鏡觀測結果的詮釋是否合理？為什麼？

Q：你覺得為什麼不同的科學家（伽利略/Colombe）會對同樣的（望遠鏡）觀測結果提出完全不同的解釋，得到完全不同的結論？

Q：你認為僅從科學實驗觀測結果，科學家就能歸納得到「唯一正確」的科學理論嗎？為什麼？

伽利略聽了之後，稱讚此自圓其說的解釋非常有創意，並欣然同意接受這個回答。但為了公平起見，伽利略要求對方也允許他假設月亮的透明外殼其實比他先前所言更為粗糙，且上面佈滿了透明的高山和深谷，其高度比他之前用望遠鏡所見更高十倍。

Q：你認為科學家為了解釋科學觀測結果所提出的科學理論是他們在大自然中「尋覓發現」的，還是他們自己「想像創造」出來的？為什麼？

附錄四　伽利略與月亮的新衣（可驗性 IHV 範例）

文藝復興時期義大利科學家伽利略（Galileo Galilei, 1564-1642）生在一個多數人都崇信亞理斯多德學說的時代。因此，與他同時代的自然哲學家與天文學家大多堅信亞理斯多德學說中『地球是宇宙的中心，所有天上的星體（包括月亮在內）都是表面光滑、完美無瑕的圓球體』的說法，並且認為任何與這個顯而易見的「真理」相抵觸的科學理論一定是錯的。伽利略雖然懷疑亞理斯多德這個說法的真確性，但他也沒有具體的證據可反駁它。

直到西元1609年，在伽利略將自製的望遠鏡指向天空觀測月亮、太陽和其他行星後，事情開始有突破性的發展。藉由望遠鏡，伽利略發現：『月亮表面不像亞理斯多德說的那樣光滑平整完美無瑕，而是像地球一樣表面粗糙凹凸不平，有高山也有深谷』。伽利略自認這個望遠鏡觀測結果清楚地證明了亞理斯多德的月表光滑論是與事實不符的謬論，並試圖用此科學證據說服當時其他自然哲學家與天文學家放棄他們對亞理斯多德學說的迷信。

然而，令伽利略失望的是，當時大多數自然哲學家與天文學家不但完全不為所動，而且拒絕承認其望遠鏡觀測結果在科學上的價值和可信度。有些人指出：因為玻璃鏡片會改變光線的路徑，伽利略觀測到「看起來似乎」崎嶇不平的月表是被望遠鏡扭曲所造成的假象。有些人則認為：即使望遠鏡能真確的呈現地球上的景物，沒有人能確定它是否能用來同樣準確地觀測天上遙遠的星體。

當時有一個伽利略的忠實反對者（Colombe）雖然承認月球表面的確「看似」崎嶇不平，但仍然堅持月表其實是如亞理斯多德所說的一般光滑平坦。他辯稱：因為有一層光滑透明、望遠鏡觀測不到的球殼覆蓋在月表高山深谷之上的最外層，所以月球表面雖然實際上是如亞理斯多德所說的一般光滑平坦，在望遠鏡中卻「看似」崎嶇不平。

Q：你認為 Colombe 對前述望遠鏡觀測結果的詮釋是否合理？為什麼？

Q：如果你是伽利略，你會如何回應 Colombe 所提出的這個「透明球殼說」？為什麼？

伽利略聽了之後，稱讚此自圓其說的解釋非常有創意，並欣然同意接受這個回答。但為了公平起見，伽利略要求對方也允許他假設月亮的透明外殼其實比他先前所言更為粗糙，且上面佈滿了透明的高山和深谷，其高度比他之前用望遠鏡所見更高十倍。他接著說：『這是個非常美且很有創意的假說，它唯一的缺點是我們永遠無法驗證其真確與否。誰會看不出這只是一個為了自圓其說而虛構出的說詞？照這種說法，我們可以把覆蓋在地球上最高山峰之外的大氣層也定義成地球的一部分，然後說地球是光滑平整的圓球體！』

Q：你贊成伽利略對 Colombe 的「透明球殼說」所作的批評（即：它唯一的缺點是我們永遠無法驗證其真確與否）嗎？為什麼？

Q：在這個故事裡，伽利略和其反對者（Colombe）對伽利略的望遠鏡觀測結果提出兩種完全不同卻都「似乎合理」的解釋，你認為我們該如何決定誰的理論是對的？他們可能同時都對嗎？為什麼？

A Study of the Uses of the Interactive Historical Vignettes in College Liberal Science Education

Ke-Sheng Chan

College of Liberal Education, Shu-Te University

Abstract

This study explores how the Interactive Historical Vignettes (IHVs) can be infused into existing college liberal science courses to help students recognize that scientific knowledge is created rather than discovered by humans and thereby enhance their understanding of the creative nature of science (NOS). To accomplish this goal, the author first developed an IHV-enriched, historically oriented liberal science course based on his past research findings. He then conducted a pair of specially designed teaching experiments to evaluate the impact of this new course on students' NOS views and clarify the exact nature of the dynamic interplay of the creative and testable NOS conceptions in students' mind. Results confirm that there is indeed a negative, seesawing-at-a-distance type of interconnection between the creative and testable NOS conceptions in participating students' conceptual ecology.

Key words: Interactive Historical Vignettes, Nature of Science, Conceptual Change