

# 高中科學本質教學設計— 以生物科演化單元為例

劉湘虎<sup>1</sup> 陳欣珏<sup>2</sup> 林美君<sup>3</sup> 張俊彥<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup> 國立臺灣師範大學 科學教育研究所

<sup>2</sup> 臺灣科技大學 機械工程學系

<sup>3</sup> 國立臺灣師範大學 科學教育中心

## 壹、課程設計動機

研究者於校園擔任生物科教學工作，在講述到關於演化單元中關於拉馬克及達爾文兩位著名學者的理論時，一位學生問道：「老師，達爾文的天擇說是正確的，那是不是考題的選項只要寫到拉馬克，就一定是錯的？！」這樣的提問引發我的注意與反思。孔恩曾在《科學革命的結構》一書中提到，大眾對於科學理論印象大多來自三個權威性來源：科學教科書、科普書以及哲學著作。這些書籍主要目的在於傳達當今科學社群所支持的科學典範，而造就典範的科學家，因其空前成就吸引許多追隨者以此典範為基礎，並針對其中值得研究的問題進行更深的探究，鮮少人會提出對於該典範的「異議」(Kuhn, 2012)；此外，科學典範更替過程中，人們也並非像翻書一般，立即拋棄舊理論，全然接受新典範，即使發現異例，人們還是會根據舊有典範為其找出合理的解釋。因此，科學革命極少發生，這是一個長時間的過程，而只有發生科學革命，促使科學典範發生轉移時，教科書才會被改寫，學生則是透過教科書汲取最後一次科學革命結果(陳欣珏, 2021)。另

外，雖然在一些正式課程建議老師科學本質的教學融入課程，但由於一些外在因素學校課程多半還是以正規的教材內容為主，對於科學本質的內容僅是做為補充或者輕輕帶過(Clough, 2018)。筆者認為，目前臺灣學生在學校獲得科學知識來源主要還是以教科書為主，平時的學習過程也欠缺了解科學本質的機會，容易造成學生具有「非是即非」的概念。學者 Cho 等人(2011)指出，學生越是認為知識是一項確定不變的真理，他們就越不可能相信科學本質中「科學知識具有暫時性」，並且孩童透過一般的科學探索過程，也無法完全理解科學家觀察及取得證據的過程(Wilcox & Lake, 2018)。科學家進行的科學觀察具有主觀性，無法達到完全客觀，具有理論負載現象，需要有合適教學活動讓學生理解。因此，研究者希望透過拼圖活動，讓學生藉此體會科學本質中的「科學理論具有暫時性」的特徵，以及「理論負載現象」，猶如學生手中僅拿到幾片不完整拼圖，看似可將其合理分類拼湊，實際上卻難以理解完整拼圖的全貌，進而理解科學理論發展的過程。

## 貳、設計理念

諸多科教學者建議，應該要在科學教育中融入科學本質的內容，促使學生了解科學本質，進而提升科學學習(陳淑媛和洪振方, 1998; Lederman, 1986)；因此，研究者希望透過拼圖教學活動，讓學生理解科學本質的概念。對於適用於中小學科學課程中的科學本質內容，學者們具有不同的見解，尚未有完整的共識(Alters,1997; Smith & Scharmann, 1999)。McComas, Almazroa & Clough, (1998, 2000)則是建議中小學課程中應教導較沒有爭議的科學本質特性，例如：科學知識具有暫時性的特質、科學觀察是有理論負載、科學知識是以觀察經驗為基礎發展的、科學知識是人類運用想像力及創造力進行推論而產出，以及科學知識受也會受到到社會的影響...等概念。藉由學生對科學本質的認識，引導他們了解證據的含義，進而理解證據為何與科學理論的發展相關(BouJaoude et al., 2011)。研究者希冀透過拼圖教學，使學生體會並理解科學發現如同拼圖一般，都是將線索進行拼湊，才得以窺得科學理論當中某一小部分的面貌，然而過程中，科學家也並非完全客觀，任何觀察蒐集資料以及統整皆是有理論負載的，只有不斷的拼湊與不斷的修正，才有可能更加理解自然界中某項理論。

## 參、科學本質課程設計步驟

### 一、確認欲融入的課程內容

研究者在過往的教學中，發現學生欠

缺科學本質理解，對於查爾斯·羅伯特·達爾文(以下簡稱為達爾文)和尚·巴蒂斯特·拉馬克(以下簡稱為拉馬克)的理論亦具有較為狹隘的認知。高中教科書編排雖以不同章節分別呈現拉馬克與達爾文的說明，但對於拉馬克理論的介紹及證實的舉證較少；因此，研究者選擇高中一年級生物科「演化理論」單元融入教學內容中。

生活在地洞中的鼯鼠，眼睛因為不需使用而退化。這些在親代時期變化的性狀能遺傳給下一代，代代如此，最終使得後代的性狀與祖先有著巨大差異。「生物會因應環境而做出適應環境的演變」這個想法在當時學術交流已經很暢通的歐洲被一些學界人士所知悉，如英國的達爾文。

節錄自 翰林高中生物(全) P127 之  
3-1-3 拉馬克的用進廢退說課文

這段教課書中的陳述，很容易讓不熟悉時空背景的學生誤解為兩位科學家屬於同時期，且分屬不同立場。在設計活動過程中，研究者希望能夠對於拉馬克的理論做更詳細的補充，以便讓學生充分理解。不同學者對於拉馬克學說有不同的定義(Mayr, 1982; Jensen & Finley, 1995; 張明渭、張康英, 1995)，研究者將之整理如下：

- 1.生物產生物種改變的主要原因來自於環境變化。
- 2.生物的演化過程是漫長且多變的。

- 3.當環境改變生活於其中的生物便會隨之產生演化。
- 4.生物的器官隨著使用更為發達，反之則退化。
- 5.生物後天產生的變化，可以傳給下一代。
- 6.生物構造是由簡單到複雜。
- 7.生物的改變很少會傾向於物種滅絕。

經由上述整理，研究者發現，拉馬克的說法並非完全與達爾文學說持相反論證，而達爾文的物競天擇概念，也並非完全推翻拉馬克的說法，甚至上述 1-4 項是後續關於演化理論的基礎。

## 二、確認融入的科學本質範疇

學者指出，科學知識具有暫時性的特質，科學觀察具有理論負載，且科學知識乃是以觀察經驗為基礎而發展的(McComas, Almazroa & Clough, 1998)。為了提供學生認識科學本質現象的機會，研究者設計拼提活動，從拼圖的過程促使學生體會理解科學發現如同拼圖一樣，都是利用線索進行拼湊，進而理論科學當中某一小部分的面貌，過程中必須不斷的反覆與修正，進而理解科學概念或自然界中的理論。

## 三、教學活動設計說明

本設計課程之分為三個部分，第一部分為準備階段，教師先準備各組一份完整的拼圖，將各組完整拼圖(32 張)中，挑選奇數編號的拼圖(拼圖編號可見附錄三)，發給各組學生(各組同學拿到的拼圖數量及圖

案都是相同的)，此時教師在說明時，需盡量讓學生認為手中拿到的拼圖是可以拼出圖案，並讓各組學生觀察、討論後，嘗試將拼圖進行分類拼湊。教師引導學生說出將拼圖分類拼湊的依據(可能是按照線條、顏色等...)，加深同學理解組別討論拼圖方式的依據及結果。在活動結束後，將各組同學拼湊的成果展示出來，並且上台分享，藉此了解其他組別拼出的圖形。

第二部分的課程設計是教師講述課本中關於拉馬克及達爾文的內容後，再以明示方式告訴學生：「剛才發給各組別的拼圖其實並不完整，無法拼湊出有意義的圖案。」但剛才活動中，各組別都以自己認為合理的分類方式，拼出覺得滿意的圖案。教師試圖讓學生體會拿到沒有規則的拼圖時，還是要從中試圖找出相關的性質，並對所觀察到的現象進行分類，進而說明科學家也像拼拼圖一般，從無到有發展一個科學理論時，都是先經過摸索，就自己觀察的結果進行分類與說明，試圖尋找出一個能夠解釋觀察現象的說法。此時，教師可以跟學生說明，當科學家拿到更多的證據，或是有其他觀點時，便會將一些線索再次重組篩選，拼湊出新的方式，重複多次後，才有機會發展成更貼近科學事實的學說。

第三部分讓學生觀賞畫鯨魚的男孩(鯨魚拼圖)影片這部來自於韓國的公益短片，內容敘述一位小男孩在學校的美術課中不斷地將圖畫紙塗黑，這樣的行為引起周遭老師、家人的注意，覺得小男孩可能出

現了某方面的問題，甚至請醫生治療評估，但是過程中小男孩還是一直不斷的將圖畫紙塗黑，直到護理師無意間發現散落在地上的拼圖後，發現小男孩的圖畫可能有如同拼圖一樣，可以拼湊出圖案。於是在大家的共同協助下，拼出了一幅巨大的鯨魚圖像，然而還欠缺一塊，此時小男孩塗完最後一張圖畫紙後，終於停下筆來…。在這個故事中，小男孩身邊的人嘗試用自己的觀點來解釋小男孩做的事情，認為小男孩個性非常奇怪，後來才發現並非是原先想的那樣。藉由影片觀賞及老師的引導，試圖使學生了解在不同的角度下，或是當有更多不同的證據出現時，原先認為可以合理化現象的說法或是分類方式，就可能被改變。如同影片中醫生、老師及父母看待小男孩所做的事情，各有不同的觀點，從而改變看法；直到最後，他們才得以真正了解小男孩在做的事情。整個教學活動結束前，教師發給各組同學所有完整的拼圖，請小組同學共同完成拼圖。拼圖數量共 32 片，圖案重複度高，教師可在最後結論時告知同學，就算是拿到了”所有證據”，也是需要不斷努力修正得以拼出全貌，就像手中的拼圖一樣；猶如科學理論的發展，本來就不是一蹴可幾，而是需要科學家不斷的修正、累積，才得以讓我們理解科學可能的真實面貌，所以科學沒有所謂絕對的對與錯，科學知識都具備暫時性的特性，隨時都有可能出現不同的觀點而被修正。

## 肆、科學本質課程設計過程中的反思

研究者在此次設計科學本質相關的課程過程中，為了更符合課程的目的，將以往使用的教材內容進行重新整理與審視。研究者發覺自己過去教學時，在引起學習動機所舉的例子，不自覺的使用了「因為需要達到某種目的，所以生物演變成某種類型」這種具有目的隱喻的說法。例如：北極熊為了在捕捉獵物時不被發覺，逐漸演化成白色的毛髮。另外，研究者也用了可能誤導學生認為演化是且必然會發生，因而預期演化會朝某項目的說法”，例如：照這樣的演化趨勢，大家可以想像在幾千年或幾萬年後，地球上生物會演化成什麼樣子嗎？。研究者是想透過學生在平時生活中熟悉的動物模樣，引起學生連結生活經驗，引發對於學習內容的興趣。研究者也在設計課程後，修正了上課時的敘述方式，以更符合科學本質精神的方式描述，盡可能避免造成學生誤解。再者，研究者雖然具備生物專長，但是在課程開發過程中，發覺自己多半也是按照教科書上的編排進行教學，而在進行本次課程時，覺察到學生對於兩位學者及其時空背景不夠了解，因而在後續課程裡頭融入了科學史的內容，補充對於兩位科學家的介紹，當然研究者也開始對於自己的課程進行全面的檢視，除了思考以教科書內容為基礎進行教學，是否能夠融入更多元的活動，以協助學生對於科學相關內容有更深一層的認識。

## 伍、建議

研究者在這次課程中觀察到，學生從一開始拿到不完整拼圖時，認為從老師手上拿到的拼圖應該就能夠拚出圖案，各組努力討論及嘗試以認為小組成員認為正確的方式拼湊，加上聽到台上其他組別不同拼圖方式後，有些組別開始懷疑自己拼湊方式，而聽到與自己類似的拼圖方式時，就會充滿肯定的表情。最後，學生得知手中的拼圖是不完全，無法拼出有完整圖案時，流露出驚訝表情，甚至跟老師抱怨說老師騙了他們，讓他們覺得好像浪費時間做了一件無意義的事情。這樣的過程是從課本中學不到的，因此，建議教師能透過活動設計，讓學生體驗一般學習過程中不同的經驗，激起學生學習慾望及興趣。

自然界中的科學知識無窮盡，經過眾多科學家不斷努力觀察、拼湊證據、整理修正後，我們才得以窺探其中某領域中部分面貌。科學發展是長期累積的結果，無法一蹴可幾。在研究者觀察的教室情景中，學生“輕易且快速”的獲得教科書上整理過後的科學理論，對於教科書補充講述關於該理論的發展過程，少有學生會主動探索理解，或許學生認為教課書上某個公式、某個理論是對的，考試時能夠用來成功解題就可以。

因此，研究者建議教師可以在課程中融入一些可以讓學生接觸或體驗科學發展過程的活動，例如：關於科學史的介紹(關於科學史的網路短片、科學家的故事)、全班性的遊戲活動(筷子、湯匙拿取都豆子模

擬天擇過程的實驗)，抑或是讓學生更有機會理解科學發展真實面貌的小活動(本研究拼圖活動、扮演科學角色進行報告)，藉此協助學生能夠更理解科學發展的真實面貌。

## 參考文獻

- 陳欣珺 (2021)。從世界觀與社會建構主義探討臺灣基督徒對生物演化與演化教學的多元觀點。國立台灣師範大學科學教育研究所博士學位論文。(未出版)
- 陳淑媛, & 洪振方. (1998). 科學史融入基礎理化教學之行動研究. *物理教育*, 2(1), 15-44.
- 張明涓, & 張康英. (1985). 對“莖的結構”一節的教材分析和教法探討. *生物學雜誌*, 1.
- Alters, B. J. (1997a). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
- BouJaoude, S., Asghar, A., Wiles, J. R., Jaber, L., Sarieedine, D., & Alters, B. (2011). Biology professors' and teachers' positions regarding biological evolution and evolution education in a Middle Eastern society. *International Journal of Science Education*, 33(7), 979-1000.
- Cho, M. H., Lankford, D. M., & Wescott, D. J. (2011). Exploring the relationships among epistemological beliefs, nature of science, and conceptual change in the learning of evolutionary theory. *Evolution: Education and Outreach*, 4(2), 313-322.
- Clough, M. P. (2018). Teaching and learning about the nature of science. *Science & Education*, 27(1), 1-5.
- Jensen, M. S., & Finley, F. N. (1995). Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*, 79(2), 147-166.
- Lederman, N. G. (1986). Relating teaching behavior and classroom climate to

change in students' conceptions of nature of science. *Science Education*, 70(1), 3-19.

Smith, M. U., & Scharmann, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis of classroom teachers and science education. *Science Education*, 83, 493- 509.

Kuhn, T. S. (2012). *The structure of scientific revolutions*. (4th ed.) Chicago, IL: University of Chicago.

Mayr, E. (1982). Speciation and macroevolution. *Evolution*, 36(6), 1119-1132.

McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In *The nature of science in science education* (pp. 3-39).

Wilcox, J., & Lake, A. (2018). Teaching the nature of science to elementary students. *Science and Children*, 55(5), 78-85.

附錄一 教學活動流程

教學主題		設計者	劉湘虎、陳欣珺、林美君
教學對象	高中一年級	教學時數	100 分鐘
教學對象分析	高一學生		
教材來源	高一生物(全) 翰林版 3-1 演化觀念的發展		
設計理念	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 讓學生透過拼圖的過程，體驗科學家拼湊科學線索的過程。</li> <li>2. 培養學生獨立思考、互助合作、表達意見以及解決問題的能力。</li> <li>3. 將科學本質中科學知識具有暫時性的特質、科學觀察是有理論負載、科學知識是以觀察經驗為基礎發展的概念融入課程。</li> </ol>		
教學內容分析	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以拉馬克及達爾文為主題融入科學本質內容中「科學知識具有暫時性」及「科學觀察是理論負載」兩個面項進行教學設計。</li> <li>2. 本次教學活動主要讓學生透過「拼圖活動」的進行，體認到科學本質如同拼圖一樣，科學知識是科學家逐步將線索拼湊，科學知識具有暫時性質。而科學家針對手中已掌握線索進行的科學觀察是有理論負載。</li> </ol>		

節次	教學活動流程	時間	教學資源	評量
第一節	準備階段			
	<p>(一) 課堂準備</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 了解學習者背景及組別安排</li> <li>2. 準備數量與組別相當的完整拼圖(附件二)</li> <li>3. 資料蒐集:書籍、期刊資料、網路資源以及影片</li> <li>4. 製作課程中使用的 ppt</li> </ol> <p>(二)引起動機</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 發給各組別相同編號 1~16 號張拼圖(編號請見附錄三)</li> <li>2. 要求學生與小組成員進行討論，並且要求小組在某時間需將拼圖完成</li> <li>3. 拼圖過程中教師到各組提問:你們拼出什麼圖案呢? 是按照什麼線索排出來的?</li> <li>4. 使用手機照相並將各組拼湊出的圖案展現給全班，讓各組同學輪流上台分享排出來的圖案，並且說明各組別的排列依據即排出哪種圖形?</li> </ol> <p>說明: 本活動希望藉由學生依照各組別的排列的過程，以及別組同學排列的方式，教師可以讓學生體會，就算是同樣的線索，也可以使用不同的方式拼湊，並且進行”合理”的說明。因此，教師盡量不要提示學生拼圖是不完整的，讓學生盡量將心裡認為的圖案排出來，並且可以留下伏筆，在課堂結束前公布最終正確答案。</p>	15	<p>自製拼圖</p> <p>手機</p> <p>投影設備</p>	口頭報告

發展階段					
<p>(一) 達成目標</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 學生能夠了解拉馬克理論的內容</li> <li>2. 學生能夠了解達爾文理論的內容</li> <li>3. 能夠有計畫地蒐集資料</li> </ol> <p>(二) 主要內容</p> <p>A. 學習關於演化論知識</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 教師藉由 ppt 講解教科書上兩個理論內容</li> <li>2. 讓同學進行小組討論，並且利用網路資料搜尋對兩個理論各自支持的例子，進行整理並且上台分享。</li> <li>3. 教師針對各組所舉出的例子進行整理。</li> <li>4. 師提問並且讓各組同學討論後回答。 教師提問：請問各組討論比較支持哪一個說法？並且說明原因？</li> </ol>	20	投影設備  ppt	口頭報告		
	20				
	15				
總結階段					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 教師以明示的方式告知學生手中拿到的拼圖是不完全的，根本無法拼出有意義的圖形。</li> <li>2. 學生理解拼圖無法完整拼出圖形後，請學生針對拼出的圖形進行反思，是否認為圖型還有別的拼圖方式。</li> <li>3. 播放畫鯨魚的孩子公益廣告短片 <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Qb_XMRd_xuxk">https://www.youtube.com/watch?v=Qb_XMRd_xuxk</a></li> <li>4. 針對短片中的內容進行討論。</li> <li>5. 將完整的拼圖提供學生，請各組同學合作拼出完整的圖形</li> <li>6. 最後總結：告知學生科學家如同拼圖一樣，取得相關線索後，是以自己當下的想法進行觀察，並且試圖延著自己的想法進行合理化的說明，因此，所有的觀察皆是有理論負載的，唯有拿到的線索越多，才越有機會接近真實的情況。</li> </ol>	5	投影設備	口頭報告		
	3				
	10				
	10'				
	2'				

附錄二 本活動採用的拼圖全圖



附錄三 本活動採用的拼圖編號

