

# 從物種演化到觀天測時的學思達實踐： 「時間與演化」的探究教學

賴美杏<sup>1</sup>、王皓正<sup>2</sup>、蕭宇青<sup>3</sup>

<sup>1</sup>國立嘉義高級中學教師

<sup>2</sup>新北市立金山高級中學教師

<sup>3</sup>臺中市私立華盛頓國民小學教師

## 前言

「時間與演化」是科學教育中極為抽象卻核心的概念。有別於單向講述的教學，本文集結三位教學現場教師的分享，透過「學思達教學法」，展示如何帶領不同年齡層的學生建構知識。我們將先從高中生物的「分類與演化」看見終極的學習目標，接著走入國中地科探尋億萬年的「化石證據」，最後回到國小自然，看見一切科學觀測與時間感的「最初起點」。

## 首部曲高中篇：

### 以建構知識也能培養自學力的教學轉型為終極目標—— 以「高中生物分類與演化」單元教學為例

#### 一、轉型的陣痛與覺醒：尋找終身自學力的起點

高中生物學科每週的教學時間只有兩節課，學科知識內容卻十分繁雜。在有限的時間下，除了實驗課，老師的教學往往只能將心力放在名詞定義與知識內容的講述上，而大部分的學生僅能安靜聽講，單向接收知識。有鑑於在面對《十二年國民基本教育課程綱要》強調培養具備「自主行動」的「終身學習者」目標下，筆者憂慮原本採用的講述與問答的教學，難以賦予學生面對未來挑戰的自學力。

當希望讓學生學得更好的筆者初次在教學現場嘗試導入學思達教學法時，遭遇極大的挑戰。初期因為直接放手讓習慣聽講超過十年的學生進行自學，引發了學生極大的抗拒，甚至在黑板上寫下「學思達」(learning without teaching) 及「薪水小偷」的批評。這份挫折讓筆者重新反思，自學本來就不容易，必須給予足夠的學習引導與鷹架。更深刻領悟「說教不能帶來改變，體驗才會。」因此，筆者決定採用「慢慢來比較快」的漸進式策略，重新設計課程講義與規劃教學流程。

## 二、教學現場挑戰

從講述與問答教學過渡到學思達教學模式，必須處理學生在學習方法轉換時所面臨的認知負荷。基於建構論的觀點，知識必須由學習者主動建構，但在現場實務中，我們觀察到如表 1 所列明顯的「學習層次落差」：

表 1

教學轉型的學習層次落差

講述與問答教學模式	學習層次落差	學思達教學模式
教師利用簡報或板書講述學科知識內容	學生缺乏自學習慣產生認知負荷與抗拒心理	學生透過教師設計包含：課本、講義補充資料、圖片、影片、模型、實物觀察、探究實驗……等自學素材主動進行自學並建構概念
口頭問答，少部分學生參與	學生不習慣表達害怕犯錯不願開口	營造安心並允許犯錯的課堂每一位學生都能透過講義中的問題進行思考並透過多樣化的方式包含：口頭發表、書寫講義、小白板、繪畫、動作表演……等進行表達

面對上述落差，筆者得到不能急於求成的慘痛經驗，覺知要讓學習發生必須在講義設計中搭建適當的鷹架。透過「老師講解說明，手把手操作示範，換學生試試看看」具體並漸進的引導，讓學生在安定的情境下培養自學與思考的習慣。

## 三、課程設計理念與原則

一份精心設計的講義是學思達教學的靈魂。教師可以將教學設計明確的安排在講義中，講義是劇本，老師是導演，引導學生主角們的學習。在「分類與演化」單元中，筆者將學思達的五大環節：自學（閱讀講義）、思考（回答問題）、討論（小組交流）、表達（上台呈現）、統整（教師歸納），融入講義設計，具體轉化步驟如下：

1. 破冰連結，引發動機（The Hook: Activating Prior Knowledge and Fostering Engagement）：筆者認為學習的開端必須從學生的生活經驗出發。於是在課程一開始，設計了提問：「你最近有『吃雞』嗎？你是否聽過『你吃雞排其實是在吃恐龍』？」透過『吃雞』這個網路用語與具衝突感的問題，希望抓住學生的注意力，並自然過渡到探討傳統形態分類與現代演化支序學（cladistics）之間，對於鳥類與爬蟲類關係的觀點碰撞。
2. 自學與思考的鷹架搭建（Scaffolding for Guided Independent Learning）：在

探討「生物分類系統」時，筆者不再直接講述林奈到渥易斯的分類史，而是提供課文與補充資料，讓學生自學數分鐘後，透過小組討論、核對完成幾個引導學生學習的問題（見圖 1），其中包含「六界與三域生物比較表」（包含核膜、細胞壁成分、營養方式等）的填空。這種填空與歸納的設計，有效降低了初期自學的認知負荷，同時訓練學生從長文本中擷取關鍵資訊的能力。

### 3. 具象化演化證據 (Concretizing Evolutionary Evidence) :

為了讓演化證據不再是抽象的課本文字，在「演化證據」環節，筆者請學生兩人一組輪流互相觀察，試試看自己的是否能順利動動耳朵。藉由尋找自身遺留自遠古哺乳類祖先的「痕跡構造」（多數哺乳類仍具備發達的動耳肌，但在人類已退化），學生能更有感地理解同源構造、同功構造與痕跡構造的差異，並能主動舉例說明。

圖 1 利用講義設計搭建學生自學、思考與表達的鷹架

**學思一 生物分類系統 (15min) :** 你是否 (團體) 好奇課文提及「林奈確認前人所創立的「二名式命名法」作為物種的學名」這個前人到底是誰嗎？老師會！並查詢後發現他遠自目前的考證，可能是瑞士植物學家——*Gaspard Bauhin*於1623年在其著作*Pinax Theatri Botanic* (書名：直譯意為「植物圖解」，而且他不是植物學家也是一位醫師。) 裡首次使用。在這部著作中，許多種類的植物的鑑定特徵都只有一個，所以被某些學者視為二名法的起點。但其實這樣的方式與二名法仍有區別。在於二名法的種小名不一定要是特徵形容詞，也可以是人名、地名等，所以有學者認為Bauhin的著作不能算是二名法的先驅，二名法的真正發明人，還是加功於林奈。出處：[分類學史](#)，請參閱譯文p.132-p.135 '3-2.2 生物分類系統之演進」內容與下文，思考並回答Q1-Q4。

**自學 (8min) → 小組討論、核對 (2min) → 抽籤發表 (5min)**  
**Q1** 最早對生物進行系統性分類的是？首創「階層式生物分類系統」的科學家是誰？他在生物學上還有什麼重要貢獻？A:

	生9-1
--	------

**Q2** 林奈的分類系統中，是否 (團體) 具備生命演化概念。  
**Q3** 請將生物分類系統的發展整理於下表？並推測由二界至三界的發展應與何種工具的出現有關？A:

工具：		植物	動物
二界 林奈 1735	×		
三界 邊沁 1866	原生生物	植物	動物
五界 魏德芝 1969			動物
六界 邊沁 1977			動物
三域 邊沁 1990	細菌		真、動物、真菌、植物

**Q4** 請參閱補充資料「生物的細胞壁成分」將六界生物的比較整理於下表。

	真細菌界	古細菌界	原生生物	菌物界	植物界	動物界
核膜						
DNA						
膜狀細胞						
自體						
葉綠體						
營養方式	自營 異營	自營 異營	光合自營 異營	異營	光合自營	異營

生9-2

**細胞壁**

單或多細胞	單細胞	單細胞群	多細胞、多單細胞、少	多細胞	多細胞
金黃色葡萄球菌	原生動物	草履蟲	蕈菌類	藻類	苔蘚類
藍門螺旋菌	草履蟲	變形蟲	原生動物	子囊菌	蕈菌類
桿菌； e.g. 棒狀桿菌、 念珠菌、 藍綠菌、 藍綠菌、 極端嗜熱菌、 甲狀腺、 大腸桿菌	原生動物	水黴菌	藻類	e.g. 酵母菌	

**補充資料：生物的細胞壁成分**  
 原核生物界中，具細菌的細胞壁成分為肽聚糖，而古細菌的細胞壁則不具肽聚糖，而是由假肽聚糖 (pseudopeptidoglycan) 或其他真實多糖 (Heteropolysaccharide)、膜蛋白等所組成。原生動物界中，藻類具有纖維素的細胞壁 (矽藻除外，其以二氧化矽為主)，被認為是植物的祖先；原生動物的細胞壁則含有纖維素；真菌界的細胞壁具幾丁質；植物界的細胞壁則為纖維素所組成。  
 出處：修改自蔡宇生生物課後指引

資料來源：賴美杏 (2026)。114 高中生物講義。

### 4. 圖表判讀與邏輯推演 (Diagram Interpretation and Logical Reasoning) :

親緣關係樹的判讀是本單元的重頭戲。講義中設計讓學生判斷演化樹上分支的親緣遠近，並親自「圈出最新近的共同祖先」。藉由實際動手畫記與小組核對，學生才能真正將演化的「共同祖先」概念內化，而非死記硬背。

### 四、生活遷移與延伸：學以致用

為了讓科學概念真正活起來，課程的最後筆者希望引導學生將所學遷移至日常生活中。在單元的「學以致用」階段，筆者設計了一道延伸思考題：「你會使用何種分類方式整理你的物品或手機中的數位資訊？這與本單元所學的生物分類方式有何異同？」

這個問題的目標期盼使學生跳脫單純的概念學習框架，比較生活中的「人為分類」（基於便利性與主觀用途）與生物學上的「自然分類」（基於演化親緣關係與共同祖先）有何根本上的不同。透過反思自身整理資料的邏輯，期盼學生能更深刻體會生物分類學不再只是遙遠的科學史，而是能夠解析複雜世界、尋找事物間規律與階層關係的思維

素養。

高中課程中，「吃雞等於吃恐龍」的趣味提問成功引發了學生對演化親緣樹的思考。然而，這個宏觀的演化結論，究竟是建立在哪些科學證據上？時間的尺度又是如何被拉長到億萬年的？這就必須回溯到國中階段的探究課程。

## 第二部曲國中篇：億萬年前瞬間凝結的演化證據溯源—— 從琥珀、化石到恐龍演化的探究式教學設計

### 一、當恐龍走進餐桌：打破碎片記憶，重塑證據推論

近年來，「鳥類是唯一存活至今的恐龍」、「恐龍其實具有羽毛」逐漸成為科學教育常見的觀點。然而，對於一般大眾而言，這樣的說法往往帶有某種戲劇性與不可思議的感受：如果雞與恐龍真的具有親緣關係，那麼科學家究竟是如何得出這樣的結論？

在國中部訂課程中，「化石與演化」以及「岩層與地質年代」分別出現在生物與地球科學兩個學門，學生往往以記憶方式學習，例如記住三葉蟲生活在海洋、恐龍代表中生代等。然而，在傳統教學模式中，學生較少理解這些知識背後的證據建構過程。

事實上，化石並不只是博物館中的展示標本，也不僅是考試中的記憶名詞，而是記錄地球歷史的重要證據。透過岩層、化石與琥珀等自然紀錄，科學家得以拼湊出生物演化的歷程。因此，筆者在國三會考後的彈性課程中設計「凝結的瞬間」教學單元，以琥珀與化石為核心材料，結合 KIST × 學思達講義，引導學生透過觀察與推論，逐步建立演化證據的概念。透過跨領域整合，學生得以從具體標本出發，理解時間尺度、環境變遷與生物演化之間的關係。

### 二、教學現場挑戰：演化為何常被誤解？

在實際教學現場中，演化單元常面臨幾個困境：

1. 知識碎片化：學生容易將「化石」、「岩層」、「恐龍」、「鳥類」視為彼此獨立的知識，而難以理解它們之間的關聯。

圖 2  
化石形成的過程



2. 時間尺度難以想像：地質時間動輒以百萬或億年為單位，對學生而言過於抽象。
3. 演化常被理解為假說：若缺乏證據建構歷程的說明，學生可能誤以為演化僅是一種推測。

因此，本課程嘗試透過實物觀察與證據推理，讓學生理解科學家如何從不同證據中建立演化推論。

### 三、探究設計理念：從片段記憶到證據建構

本課程設計依據探究式學習理念，建立三項核心轉化原則：

1. 提高可觀察性：透過標本、文本，讓學生理解不同材料間的特徵差異。
2. 提高可比較性：以不同年代、不同材料進行對照，建立時間與演化的連結。
3. 強化證據推理能力：以提問的方式引導學生從觀察逐步推論科學概念。

透過這樣的設計，學生不只是接收知識，而是參與科學推論的過程。

### 四、化石證據與環境推論

1. 樹脂到琥珀的轉變：課程透過材料比較，說明不同時間尺度下物質的變化(見表 2)。

表 2

樹脂到琥珀的轉變



松香 印尼	柯巴 日本東京	琥珀 臺灣
樹脂乾燥形成	埋藏數萬至數百萬年	經上千萬年完全石化

透過觀察與觸摸標本，學生能直觀理解：時間會改變物質的性質。這樣的活動有助於建立地質時間尺度的概念。

2. 岩層與地質年代：地層提供理解演化的重要時間座標（見表 3）。

表 3

各地質年代岩層中的指標生物

地質時代	古生代	中生代	新生代
指標生物	三葉蟲	恐龍、菊石	哺乳類

圖示



透過不同地區的地層對比與指標化石，科學家可以推測地層形成的年代，進而建立地球歷史的時間框架。

3. 從化石推論古環境

在課堂活動中，學生觀察不同生物化石，並嘗試推論其形成環境（見表 4）。

表 4

化石種類與環境推測

化石種類	海膽、珊瑚、鯊魚牙齒、 菊石、三葉蟲	蕨類葉片、昆蟲化石	長毛象牙與大型哺乳動 物骨骼
推測環境	古海洋環境	潮濕森林	寒冷氣候

透過這樣的推論活動，學生理解到：化石並非單一標本，而是古代生態環境的紀錄。

### 1. 趨異與趨同演化

透過課本案例，引導學生認識不同演化模式：

- (1) 趨異演化：馬由多趾逐漸演化為單趾，體型變大，牙齒咀嚼面積增加，反映草原環境的選汰壓力。
- (2) 趨同演化：魚類與鯨豚皆呈流線型，但祖先不同，屬於適應相似環境所形成的結果。

學生逐步建立以下因果關係：環境改變 → 選汰壓力 → 形態改變 → 演化結果

## 五、從恐龍到鳥類：證據鏈的建立

課程進一步整合不同類型的下列古生物證據用來推論鳥類起源於恐龍：

1. 有羽毛的恐龍化石：中國遼西熱河生物群發現大量有羽毛的恐龍（如中國鳥龍、小盜龍）以及緬甸琥珀中的帶羽毛的恐龍尾巴，證實羽毛最初可能用於保溫、展示，而非飛行。
2. 過渡性化石：始祖鳥兼具爬蟲類特徵（牙齒、長骨尾、爪子）和現代鳥類特徵（飛行羽毛、叉骨），是鳥類起源的經典證據。
3. 骨骼與解剖結構相似性：許多恐龍具有空心骨骼、三趾型腳、特化的叉骨（鎖骨）以及類似的胸骨結構，這些都是現代鳥類騰空飛翔的生理基礎。
4. 基因與分子證據：現代鳥類（如雞、鴨）體內仍保留部分羽毛和牙齒的基因，且 DNA 序列顯示鳥類與獸腳類恐龍（如暴龍）具有極高的親緣關係。

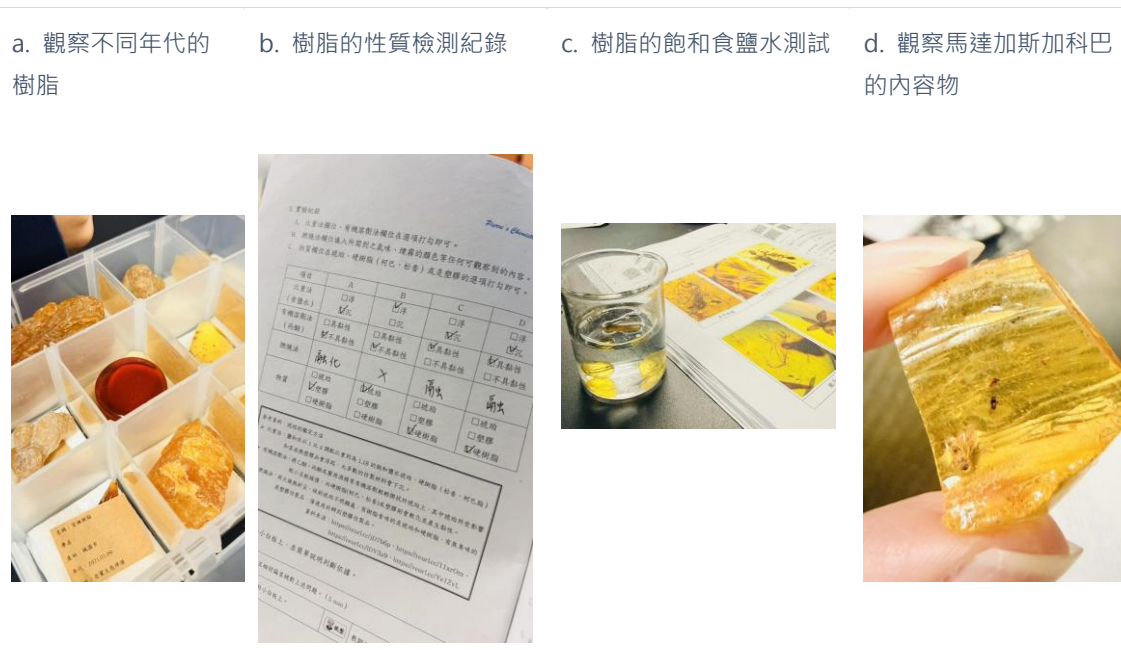
## 六、不只是標本展示：親歷科學推論，看見深邃的時間尺度

從樹脂的凝結，到億萬年的地質演化，時間在物質與生命上留下痕跡。琥珀保存昆蟲，化石記錄形態改變，而這些證據共同揭示生物演化的歷程（見圖 3）。

科學教育的價值，不在於記住名詞，而在於理解證據如何支持理論。當學生能從化石推論環境、從琥珀理解地質時間、從骨骼比較建立親緣關係時，他們已經跨越了記憶層次，進入科學思考的核心。

也許下次咬下一口雞排時，他們會想起：那不只是食物，而是演化長河中仍然延續的一段生命歷史。

圖 3  
樹脂及其觀察與檢測



資料來源

- b. 王皓正 (2025)。114 下國中 3 年級彈性課程學思達講義。
- c. 王皓正 (2025)。114 下國中 3 年級彈性課程學思達講義。

國中生透過化石證據，理解了動輒「百萬或億年」的地質時間尺度。但對於人類而言，要理解大部分演化所經歷的漫長時間，必須先具備對日常時間的感知能力。科學家是如何開始測量時間的？讓我們將目光移回國小校園，從最基礎的「觀天測時」找尋解答。

### 第三部曲國小篇：觀天測時的能力扎根—— 探索天空的規律與時間之謎

#### 一、為何選擇觀天測時？：克服抽象天文，從「看見時間」開始

在國小自然科的教學現場中，天文單元常被老師們票選為最難教的內容之一。天空中的現象遙遠且抽象，學生不易直接觀察與操作，教學上也容易流於講述。在國小階段主要透過竿影實驗紀錄太陽的位置變化。用指北針與月亮觀測器，觀察紀錄月相變化。筆者利用學思達講義引導學生使用 Stellarium 軟體觀測天體移動情形，並發現天體運行和時間的關係。


## 二、太陽運行與「日」的時間感

圖 4a

利用講義，讓學生思考可視化。



請試著跟其他同學描述今天的太陽的位置。( 5 min )

### 一、太陽的方位及位置變化

	請閱讀課本P.19，圈出如何「具體描述影子的位置」，並獨自思考問題1。( 5 min )
---	--

**【問題1】**  
怎麼知道太陽的位置？

- 1.可以用眼睛直視太陽來觀測太陽的位置嗎？為什麼？  
 可以、 不可以；因為：\_\_\_\_\_
- 2.用什麼方式可以知道太陽的位置？
- 3.在課本上利用影子的位置標示出太陽的位置。

	抽籤發表。( 5 min )		教師統整。( 2 min )
---	----------------	---	----------------

資料來源：KIST × 自然而然學思達講義編製團隊 ( 2026 )。114 下國小 4 年級自然學思達講義。

圖 4b

掃 QRcode，幫助學生進入線上星圖。

國小四年級自然 | 單元一 白天和夜晚的天空 2-2 一天中太陽位置的變化

	請掃QR code，操作「stellarium」網頁，觀察太陽移動情形，獨自思考並回答問題 2。( 11 min )
---	--

stellarium 網頁版



**【問題2】**  
觀察網頁中的太陽，一天內的位置如何變化？跟實驗觀測結果是否相同？還有其他新發現嗎？

	請小組成員互相討論並核對上述問題。( 8 min )
---	----------------------------

	抽選小組發表。( 6 min )		教師統整。( 2 min )
---	------------------	---	----------------

資料來源：KIST × 自然而然學思達講義編製團隊 ( 2026 )。114 下國小 4 年級自然學思達講義。

太陽是學生每天起床都能感受到的存在，當太陽方位與時間結合時，對學生來說有些熟悉又陌生。熟悉的是太陽隨著時間改變位置，陌生的是使用指北針確認方位的方向感。當我們不能直視太陽，必須透過影子反推太陽的位置時，學生又突然失去對太陽的時間感，看見的是影子的方位。

### 三、在月亮的圓滿與殘缺間，感受時間的流轉。

月亮對學生而言，是存在於夜空、繪本與唐詩中的浪漫符號。然而，當他們剛開始學習月相與農曆日期的關聯時，往往會產生一種挫折感。由於生活中鮮少使用農曆，學生常誤以為兒童節、母親節甚至清明節是按農曆計算；對於中秋節，甚至可能以為是在農曆 9 月 15 日的誤解。

此時，透過「臺灣民俗節日與月相對照表」(如圖 5) 的引導，能讓學生在對照中發現規律：原來元宵、中元與中秋，這些民俗節慶都定在農曆 15 日，而那晚的天空，必然掛著一輪明月，當學生發現月相的變化週期大約是 30 天時，就會有種原來是這樣的成就感。

### 四、從月規律到科學觀測：為未來的無窮探究埋下種子

在都市光害與天氣不穩定的情況下，也能在課堂上透過線上星圖(stellarium)閱讀天空，進而掌握時間的節奏。

### 結語

從國小觀察日夜規律建構「時間感」、國中利用化石理解「地質時間與演化證據」、到高中統整「生物分類與演化」，學生的科學素養是層層遞進的。而貫穿這 12 年歷程的，正是學思達講義中「自學、思考、討論、表達、統整」的鷹架。目前國中、國小自然科 KIST 學思達講義與部分高中生物講義已分享於 ShareClass 平台，社群中也有超過 25 位通過學思達開放教室認證的自然科教師。期盼講義的分享與課堂的開放能將寶貴的教學經驗，化為有意嘗試學思達教學老師們的階梯。

教學的過程是一趟不斷反思與修正的奇幻之旅。身為教師期許自己能用心看見學生的需求與要面對的挑戰。對於在高中階段進行教學策略的改變，筆者深刻體會到「慢慢

圖 5 臺灣民俗節日與月相對照表。

節日名稱	農曆日期	月相
春節(過年)	正月初一	看不見
元宵節	正月十五	
端午節	五月初五	
七夕	七月初七	
中元節	七月十五	
中秋節	八月十五	
重陽節	九月初九	

來比較快」，必須用漸進的引導與鼓勵取代「我為你好」的強硬推動。看著陪伴兩學期的學生，在課堂自學時間，每一名學生都能專注的閱讀課本書寫講義，內心感動不可言喻。透過學思達講義，筆者們希望能傳遞科學知識脈絡，更重要的是，可以將學習的主導權交還給學生，讓他們在每一次的自學與表達中，慢慢體會到「原來我自己是可以做得到的」。這份終身受用的自學力，才是筆者們希望能給予孩子面對這個 AI 時代與未知未來最珍貴的禮物。

## 參考文獻

王皓正 (2025)。114 下國中 3 年級彈性課程學思達講義。

賴美杏 (2026)。114 高中生物講義。

KIST × 自然而然學思達講義編製團隊 (2026)。114 下國小 4 年級自然學思達講義。

KIST × 自然而然學思達講義編製團隊 (2026)。114 下國中 1 年級生物學思達講義。

KIST × 自然而然學思達講義編製團隊 (2025)。114 上國中 3 年級地球科學學思達講義。

