

教學表徵多樣化的理論與應用

- 以國中生物『遺傳』的概念為例

藍治平^{*} 簡秀玲^{**} 張永達^{***}

^{*} 苗栗縣立後龍國民中學

^{**} 國防醫學院 生化所

^{***} 國立臺灣師範大學 生物學系

一、前言

自從 Shulman (1987) 提出「學科教學知識」的概念之後，各學科的教學思考與方式成為大家所關注的議題之一，尤其是現今生命科學快速發展的結果，課本上知識的更新速度實在令人目不暇給，大量的知識內容不僅讓生物教師在教學上備感吃力，而學生學習成效也頗令人擔憂。這種現象在遺傳學的領域更是如此，例如複製羊、基因改造作物、人類基因組計劃、幹細胞等研究，每每都有最新的進展與發現，都成為大家談論的議題，更與每個人有切身相關，因此遺傳學方面的名詞及概念不僅常常推陳出新，也成為學生不可不學習的內容。然而根據以往的研究指出，遺傳的概念對於學生來說是個困難學習的主題，學生常會產生許多迷思概念（黃台珠，1990；薛靜瑩，1999）。因此，如何有效地利用教學策略來改善學生對於遺傳概念的理解是生物教師必須認真思考的問題。我們認為在知識大量累積的年代中，教師若能重視學生的學習特性，教導學生如何學習，也許可以協助學生理解眾多的科學知識，因此本文希望藉由教學表徵多樣化的教

學策略，以因應目前學科快速發展所產生知識消化不良的學習後遺症。

二、教學表徵多樣化的教學

許多國中生物教師遇到遺傳的單元，難免會苦惱要如何設計教學活動來促進學生思考與學習，尤其國一學生正處於具體運思期與形式運思期的轉變期間，若單純只用言語講解，很多學生勢必難以想像什麼是染色體或 DNA 等抽象概念，如何透過教學表徵多樣化的教學策略來指導學生學習有關遺傳的概念，對於教師來說的確是一項挑戰。

(一) 何謂教學表徵多樣化的教學

教師在進行教學活動時會展現許多表徵，讓學生可以藉由表徵去瞭解概念的意義。所謂表徵是指某種東西的信號，他代表某種事物並傳遞某種事物的訊息，(彭聃齡、張必隱，2000)，例如生物演化的親緣關係可以用演化樹來闡明，樹狀圖就是表徵的形式之一；又如食物網的關係可以用網狀圖來表徵，因此每一種概念都有其表徵的形式，而這樣的表徵概念引申到教學來說就是教學表

徵，而教師應用表徵於教學的目的就是要協助學生理解學科內容，例如教導學生「光合作用會釋放出氧氣」的概念，教師可以利用水蘊草做簡便的實驗來證明有氧氣的產生，也可以用角色扮演的方式，敘述水分子在光反應中被分解，而產生氧氣的過程。因此所謂教學表徵是指教師為了達到教學目標，將要指導學生學習的的學科內容知識，以學生能理解的形式呈現。

教學表徵有哪些形式呢？根據林曉雯（1994）的個案教師研究發現，國中生物教

師有類比、隱喻、因果說明、範例說明、名詞定義、圖表說明、展示說明、示範說明、問題引導、問題討論、學生操弄、模擬遊戲、家庭作業及其他（如閱讀或練習解題）等 14 種教學表徵方式；而李憶萍（1996）也以個案研究歸納出高中生物教師有 15 種教學表徵方式，跟前者不同之處有功能解釋、起源說明、機轉說明、澄清說明、重複說明、鼓勵叮嚀。以下以染色體與細胞分裂為主題舉一些範例，以說明教學表徵使用的方式：

表一：教學表徵使用的範例及教學目的

教學表徵	使用範例	教學目的
類比	將同源染色體比喻成一雙襪子	讓學生從比喻當中容易理解概念的意涵
因果說明	當我們受傷時，人體會以細胞分裂來產生新的細胞，用以修復傷口	讓學生了解事情的因果關係
範例說明	落地生根可以利用細胞分裂進行無性生殖	讓學生可以將課本概念與生活實例作連接，以加強學生理解
名詞定義	同源染色體就是大小形狀相同的染色體	讓學生了解概念的定義
圖表說明	教師以模式圖來說明細胞分裂過程	將概念以圖（照）片或表格呈現，讓學生容易理解
展示說明	教師展示 DNA 模型來說明 DNA 的外觀	將複雜、難以想像的分子結構具體化
示範說明	教師示範洋蔥根尖細胞染色的實驗（觀察染色體）	讓學生觀察教師實際操作的過程，理解染色體相關概念
問題引導	以前 X 光操作員，為什麼容易得癌症？	促進學生思考問題，跟課本概念產生連結
問題討論	討論細胞分裂與減數分裂有哪些異同之處	促進學生思考問題，並共同討論
學生操弄	讓學生實際觀察落地生根行無性生殖的生長發育情形	從實驗過程去觀察與歸納，並跟課本概念做驗證比對
模擬遊戲	以角色扮演來模擬細胞分裂過程	從親身模擬去理解課本的概念
家庭作業	請學生回家查資料，有哪些疾病是因為染色體數目異常所造成	讓學生可以做進一步、更深入的了解
閱讀	教師指定適合的課外讀物	讓學生從閱讀過程中，統整課本概念，並結合更多的生活經驗

所謂教學表徵多樣化係指教師針對教學目標，將各個主要概念以多種教學表徵加以組織、呈現，讓不同學習特質的學生得以依其差異進行學習。所以教學表徵多樣化是教學表徵進一步應用的教學策略，而且許多教師都已經在運用了，只是沒有察覺而已，例如在「花的構造」實驗活動中，許多生物教師可能就已經使用花的構造圖或百合花的實物來解說花的構造，然後再給學生實際觀察、解剖花朵，最後填寫紀錄簿，這就是教學表徵多樣化的展現。因此教學表徵多樣化的教學策略並不是新觀念，它本來就存在教師實際教學活動當中。然而教學表徵多樣化的教學策略要如何促進學生對於該概念的理解呢？例如染色體的概念，教師要如何表達學生才會容易理解呢？用文字說明、用圖表解釋、還是用模型展示呢？因此有必要將教學表徵多樣化的觀念再加以闡述，並仔細探討。

(二) 教學表徵多樣化的必要性

在探討教學表徵的應用時，我們不妨先承認教師教學面對的是複雜的教學情境（饒見維，1996），尤其是學生特質的不同，使得教師在教學準備上備感艱辛。雖然我們時常被提醒要了解學生的起點行為，然而在了解之後才更知道學生的程度原來是參差不齊，於是教材準備上就更不知道應該針對哪個程度的學生？雖然最後妥協以大部分的學生為主，但仍屬教師所認知的程度，實際上真的是以大多數的學生為主嗎？若果真如此，其他少數的學生就因此被放棄了，可是被放棄

的學生真的無法進行有效的學習嗎？據調查有 3 - 5 % 的學生是因為學習障礙而產生學習困難，但深入訪問這些曾經被認為是學習障礙的成人，發現到他們並不一定是學習發生困難，而是學習的方式與一般人不同；也有人表示是因為教師不知道如何教導他們，而不是他們無法學習（洪儷瑜，1998）。因此教師該思考的是如何讓每位學生都能有效學習，都能對所學習的內容有興趣，程度超前的學生能發展其創造力，而程度比較落後的學生也能夠有機會迎頭趕上，或讓他們也有發展的空間。所謂學生特質不同，我們可以認為學生最起碼有以下不同，一是學生具備多元的智慧，每個人的長處不同；二是學生有其不同的生活經驗；三是學生認知發展階段會有差異；四是學生有其各自擅長的學習方式。因此在面對這樣多元特質的學生，教師能做的，其實就是增加教學表徵的多樣化，讓每位學生都有學習發展的空間。

三、教學表徵多樣化的理論基礎

教學表徵多樣化的教學策略既著眼在學生特質的差異，以下四種觀點可作為理論基礎，也可以作為教學表徵多樣化教學的檢核標準。

(一) 以建構論的觀點如何運用教學表徵多樣化來促進學生理解學科概念，所謂建構論教學觀是認為每位學生都具備有認知能力可以去建構自己的知識，也就是說學生的學習是藉由新知識與先前知識的連結，以主動建構的過程來發展

新知識，並非被動的接受教師所傳輸的知識(李?吟, 1998; 李素卿譯, 1999), 因此學生學習與否, 跟學生的知識架構改變與否有重要關係。當一個新的科學概念進入到學生的知識架構時, 與學生先前所建構的概念(另有架構)是有可能彼此互相衝突的, 至於學習結果就要看最後哪一個概念保留在學生的知識架構裡, 例如學生對於光合作用的先前概念可能是白天行光合作用, 晚上行呼吸作用, 當生物老師告訴他植物的呼吸作用是無時無刻地在進行, 這就與學生的概念產生衝突, 於是學生概念在經歷知識架構不平衡的過程中, 其知識架構也許就發生了改變。最後概念衝突的結果可能如下: 一是學生仍然固守自己的先前概念; 二是兩套科學概念並存, 遇到問題, 選擇性運用; 三是接受新的概念, 放棄自己的先前概念。建構論的觀念說明學生的先前概念會影響學生的學習, 因此教師應該盡力了解學生的先前概念有哪些, 然後在實際教學時針對這些概念選擇及運用適當的教學表徵形式, 此外教師也應該多舉生活中常見的例子、多提思考性問題、多讓學生操作實驗或透過同學間討論等方式來激發學生的學習興趣, 並改變學生的迷思概念。

(二) 認知發展理論的觀點

皮亞傑的認知發展理論認為學習與學生的認知發展程度有著密切關係, 他將人類認

知發展分成下列四個階段: (1) 感覺動作期 (sensorimotor period): 出生至二歲; (2) 前操作期 (pre-operational period): 約二至七歲; (3) 具體操作期 (the concrete operations period): 約七至十二歲; (4) 形式操作期 (the formal operations period): 約十二歲至成年(李素卿譯, 1999)。由於不同認知階段的學生, 會有不同的學習特徵, 因此教師在進行教學之前應該要先了解學生的認知發展到哪一個階段, 再據此設計教材, 以協助學生進行有效的學習。一般來說, 國中生的認知發展階段剛好處在具體操作期與形式操作期的過渡時期, 因此教師在教學表徵的使用上需要格外注意哪些教學表徵適合哪種認知發展的學生。所謂具體操作期是指學生必須透過具體操弄, 方能了解概念的真正意涵, 例如問此類學生一顆蘋果, 垂直向切一刀, 水平向切一刀, 會有幾面白色產生, 學生就很難憑空想像, 他們必須一邊切一邊數才行; 而形式操作期的學生不僅會操弄物體, 也會進行語文及符號形式的抽象思考。可以不靠外在即時的具體刺激, 只要運用語文或符號便能進行有系統和純粹的抽象思考, 因此前述問題, 形式操作期的學生就能憑空想像, 而講出正確答案。不過這兩者的差異不易觀察出來, 教師也很難確切知道哪些學生處於哪一個階段? 因此採用兩種以上的教學表徵形式來進行教學會是一個解決的辦法。Bruner (1966) 認為表徵呈現的順序可以從學生的熟悉的經驗著手, 運用比較生活化及具體的表徵形式, 然後再逐步往圖形、符號及語言等表徵進行抽象思考。換言之, 教師在教導

染色體的概念時，可以先用實物、實例、模型或角色扮演來指導學生學習，然後再以細胞分裂的模式圖來深入說明染色體的複製及數目變化，一方面讓具體操作期學生可以理解染色體的形態及性質，也可以使其練習用文字符號進行抽象思考；而形式操作期學生除了運用圖形或符號來進行思考外，藉由實際操作過程，更可以加深學習印象。

(三) 多元智慧理論的觀點

Armstrong (1999) 闡述迦納的多元智慧理論，認為每個人都具備有以下九種智慧，分別是(1) 語文智慧(2) 邏輯數學(3) 空間(4) 音樂(5) 肢體動覺(6) 人際(7) 內省(8) 自然者觀察(9) 存在，這可以從生物學的觀點來加以證明，例如左腦前額葉曾受過傷的病人，無法說寫自如，卻能唱歌、繪畫、跳舞；而右腦顳葉受損的病人會影響音樂方面的智慧，但說、讀、寫的能力不受影響，這項結果說明了大腦的不同區域司管不同的智慧，這也直接證明人類具有多元智慧。而且每個人的所有智慧只要給予適當的鼓勵與指導，都可以發展到一定的水準(Armstrong, 1994)。換言之，只要教師願意多花一點心思在教學活動的多樣化，提供各種教學表徵形式讓學生學習，每位學生都有發展其天賦智慧的可能。再者多元智慧理論認為當一個人學習新概念、新技能感到困難時，不妨試試將所要學習的新事物儘量與各種不同的智慧聯繫起來，例如談它、讀它、寫它(語文智慧)；畫它、想像它(視覺空間智慧)；用舞蹈表現它，把它做成模型(肢體

-動覺智慧)；唱誦它(音樂智慧)；與個人感受或內心體驗聯繫起來(內省智慧)；使它抽象化、數理化或以批判性態度思考它(邏輯-數學智慧)；與另一人或一群人一起學習(人際智慧)(Armstrong, 1999)。這種結合多種智慧的學習方式，與教學表徵多樣化的教學策略有異曲同工之妙。從多元智慧的觀點讓我們了解到許多學生之所以會發生學習障礙，其實跟教師教學所呈現的表徵形式有很大的關係，例如有些教師整節課都是一邊抄板書，一邊解說概念，也要求學生抄寫板書，這觀念好像是說可以讓學生邊寫、邊記、邊統整，可是肢體動覺智慧比較差的學生，就會一直花時間在抄寫板書的內容，根本就沒有時間去理解教師所指導的概念，以至於學習產生障礙。在此，我們並非強調老師不應該用板書上課，而是希望老師有多一點的教學活動，讓學生有時間可以思考，也讓學生可以運用其擅長的智慧去統整。例如：染色體的概念，有沒有可能在寫板書及敘述之後，也讓學生扮演染色體的角色來模擬細胞分裂的過程，這樣的活動不僅可以再強化學生染色體的概念外，也讓肢體動覺智慧比較好的學生可以有機會去運用其肢體感覺去想像染色體是什麼？而且這樣子的空檔，讓其他學生不至於沒有時間去思考及統整概念。此外，教師在這樣的教學活動中巧妙引入了染色體與細胞分裂的關係，也促使學生能夠進一步做垂直或水平的遷移思考。

(四) 多感官學習的觀點

Kinnear (1994) 認為有意義的概念表

達，可以藉由多重表徵（multiple representation）的方式達成，他指出二元編碼理論（dual coding theory）認為人類有兩種資訊處理系統，一是處理語言、文字的語文系統（language system）；另一是處理符號、影像的影像系統（image system），若兩者併同運用可以增進學習。

Olivier and Bowler (1996) 也認為學生發生學習困難在於每個人有不同的學習方式，有的人擅長視覺學習，有的人則是擅長聽覺學習、觸覺學習，有些人則長於記憶、注意力容易集中，因此教師教學應該針對學生學習方式的不同優勢來加以處理。例如章魚與烏賊，兩者外形很相似，視覺學習擅長的學生馬上可以分辨出差異，可是其他學生就得花許多時間來分辨，因此教師就應該善用教學技巧來協助學生分辨，聽覺學習擅長者則可以利用互相討論或靠教師解說來釐清差異，觸覺學習擅長者也許就可以從觸摸中感覺出差異。換言之，教師在實際教學當中應該呈現多種教學表徵形式來讓學生進行多感官學習，例如多使用設計良好的圖片、表格、模型給學生看，以利於視覺學習；在解說時也應該咬字清晰，音量適中，速度適中，不論用字或舉例，應該把內容調整到學生都能聽得懂的程度，並鼓勵學生參與討論，多表達個人意見，以利於聽覺學習；也要多提供學生實際操弄的機會，使其可以由實際操作的過程中來進行觸覺學習。

四、教學表徵多樣化應用在實際教學

教學表徵的特性之一就是能夠結合學科

內容知識與教學方法，Ball (1988) 曾經指出有效的教學表徵應該具備以下準則：(1) 能正確與適當地表述學科的實質內容與本質；(2) 易被學習者所理解；(3) 有助於學習；(4) 在教學情境中合理適切。因此，教師在選擇及使用教學表徵時，應該思考如何使用教學表徵將學科概念進行適切地表達，而且對於每一種教學表徵的特性進一步了解。林曉雯 (1994) 將教學表徵分成三大類，分別為教師為中心的教學表徵、教師與學生為中心的教學表徵及學生為中心的教學表徵，詳如表二：

表二：以教師為中心、教師與學生為中心及學生為中心的教學表徵分類一覽表

教師為中心	教師與學生為中心	學生為中心
類比 隱喻 因果說明 範例說明 名詞定義 圖表說明 展示說明 示範說明	問題引導 問題討論	學生操弄 模擬遊戲 家庭作業 閱讀 練習解題

每一種教學表徵，在性質上都會有所差異，如果換從感官學習的角度，也可以據此將教學表徵加以分類，例如類比、隱喻、因果說明、範例說明、名詞定義等教學表徵會比較偏向學生聽覺學習，因為學生要能夠理解教師的言語解釋，才能做有意義的學習，而圖表說明、展示說明、示範說明等教學表徵，則比較會偏向學生的視覺學習，因為學生要能夠從教師的圖表、模型當中，看得懂教師所表達的概念及概念間的結構。因此，表三是根據感官學習理論將教學表徵進行分

類，不過，教師在選用教學表徵時大可不必被這樣的分類方式所拘泥，因為任何學習都是綜合人體的感官活動，例如因果說明雖然偏向言語解釋，但是在教學過程中，教師若能輔以圖表、模型、肢體動作來說明，則有加深學習印象之效，因此教師應以達成教學目標為考量，來靈活運用這些教學表徵。

表三：將教學表徵根據多感官學習理論分類的一覽表

視覺學習 (偏向文字、符號、圖像)	聽覺學習 (偏向語言)	觸覺學習 (偏向動作)
圖表說明 展示說明 示範說明 閱讀 紙筆解題	類比 隱喻 因果說明 範例說明 名詞定義 問題引導 問題討論	學生操弄 模擬遊戲

此外，若從認知發展理論來檢視教學表徵特性，則哪些教學表徵適合具體操作期的學生，哪些又適合形式操作期的學生呢？這必須視教師使用教學表徵的情形才能確定，例如染色體模型展示、顯微鏡操作示範、讓學生製作 DNA 模型等方式都是將抽象概念轉變成可以具體觀察及操作的形式，雖然這些是偏向具體操作形式的教學表徵，然而教師若要進一步促進學生語文、符號的推理思考，也是可以藉由這些教學表徵來達成，只是表達方式及程度深淺有所不同，例如教師展示染色體模型並解釋相關概念之後，可以提出問題來促進學生思考，例如唐氏症是由

於第 21 號染色體有三條所造成的遺傳性疾病，教師在說明減數分裂時，可以讓學生去思考為什麼細胞內染色體數目會有異常的情形，因此教學表徵是可以巧妙運用的。

還有一些教學表徵的特性是教師需要瞭解的，教學表徵具有可轉換性，也就是說表徵的形式可以很多種，故可以相互轉換，例如染色體的概念，可以用模型表徵，也可以用影像表徵或語言表達，因此表徵形式可以有以多種面貌呈現，不過表徵與被表徵實體之間所產生的一致性與差異性，會使得教學表徵無法完整表達被表徵實體的概念（林曉雯，1994；黃永和，1997）。例如：將同源染色體比喻成一雙襪子，以動畫來模擬細胞分裂的過程，這樣的表徵形式與實體或過程會產生些許差距，因此在教學表徵使用過程，教師應該注意每種教學表徵所造成的差異性，並在課堂之中跟學生仔細說明表徵與被表徵實體的差異，以免形成學生的迷思概念。

在了解教學表徵的一些性質之後，接下來要討論的就是如何應用到教學。依據 Shulman (1987) 的「教學推理與行動模式」(model of pedagogical reasoning and action)，教師將課本概念轉形成教學表徵可以分成四個階段進行，即教師在轉形過程需要掌握到學科內容、學科課程、教學策略及學生特質等相關知識，以便能將學科內容知識轉變成可教的，學生可理解的教學表徵。他認為教學表徵形成過程可分成四個階段：

1. 準備 (preparation)：教師先分析及詮釋教材內容，並澄清自己的教學目標。
2. 表徵 (representation)：思考學科概念可以

使用的教學表徵，例如使用類比、範例說明、展示說明、學生操作等形式。

3. 選擇 (selection)：教師考量教學目標、學科本質、教學情境、學生特質等因素之後，從中選擇適當的教學表徵，然後將教材內容再加以組織。
4. 依學生特性作適應和調整 (adaptation and tailoring to student characteristics)：依據教師對學生特性的了解，來調整教學表徵方式。

茲以「染色體與 DNA」的概念作為教學表徵形成的範例，來進一步說明這四個階段：

1. 準備階段：確定教學目標，並從教材分析染色體與 DNA 的相關概念
2. 表徵階段：思考染色體及 DNA 等概念是否可以用文字、圖片、模型、影片或類比等表徵形式來表達其概念，而且這些表徵形式又能否正確地表達概念的本質與內容，以及學生是否可以理解。
3. 選擇階段：選擇適當的教學表徵後，再將教材內容加以組織，融入教學之中
4. 依學生特質調整階段：依照學生的學習情形來適當調整教學表徵，以符合學生不同的學習方式。

在準備階段，教師首要的工作就是先確立教學目標，接著則是檢視課本中所陳述的概念，然後將整個教學內容提出主要概念或關鍵字，並建立之間的關係，然後才思考這些概念有哪些表徵可以運用，例如：在後面會提到「染色體與 DNA」的示範教學活動中，我們挑選了四個主概念：基因、DNA、染色體及細胞，我們認為學生一旦了解這四

個概念的關係，則對於細胞分裂、遺傳性狀、孟德爾遺傳法則、突變及生物技術等概念也將更容易理解，因此主要概念的提取與分析是相當重要的。一方面教師可以藉此思考教材中每個概念的關係，另一方面也可以讓教學表徵更有效率地融入教學之中。

在表徵及選擇階段，教師應該著重在哪些教學表徵形式可以將概念間的關係解釋清楚。即這些教學表徵不僅易於為學生所理解，也應該能夠延伸其他次要概念，藉以呈現主要概念與次要概念的關係，以達到概念統整的效果，而且為了讓學生能依其特質來學習，教學表徵的使用種類及方式最好能讓學生運用多種智慧、多種感官及多面向思考的方式來進行學習，因此建議採用兩種以上的教學表徵來實施教學。

在整個教學活動設計過程中，也應檢核是否符合教學表徵多樣化的教學，譬如比照上述四個理論，(1) 多元智慧理論：這樣的教學活動可能會使用到哪些智慧；(2) 認知發展理論：是否適合形式操作及具體操作的學生學習；(3) 建構論：是否考量到學生的生活經驗及提供學生利於建構知識的環境；(4) 多感官學習理論：是否讓學生使用到視覺、聽覺、觸覺、記憶力等多方面的學習方式，藉由這樣的檢核比對，教師可以清楚地了解自己教學活動的特色，也會比較了解是否有盡可能地照顧到每位學生的學習特質。

五、教學表徵多樣化的示範實例

本文以「染色體與 DNA」為主題，實際設計出以下教學活動，希望能藉由教學活

動的設計過程，讓教師能了解教學表徵多樣化的實際運用情形。

主題：染色體與 DNA

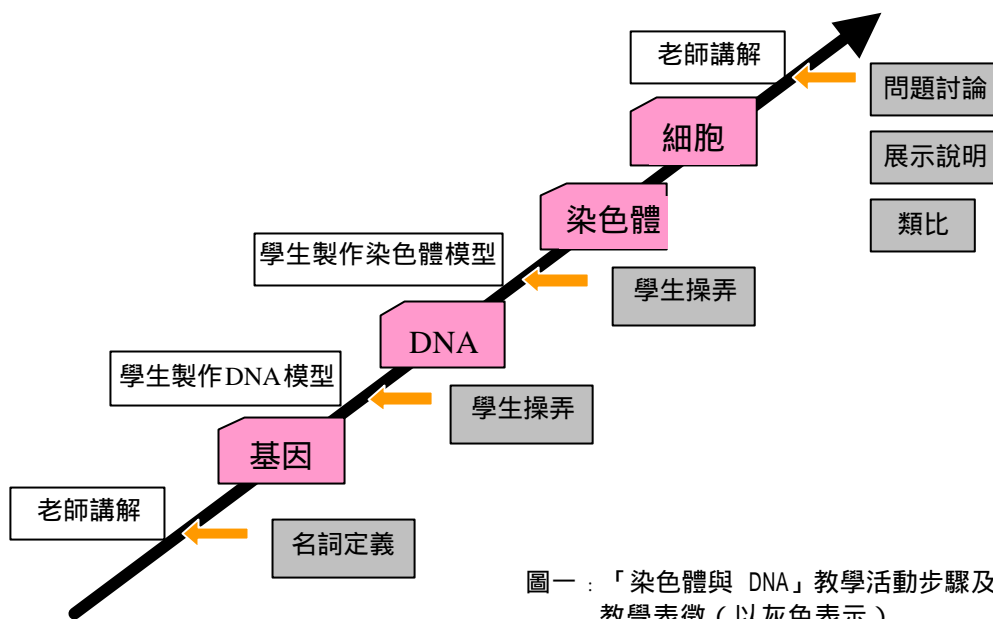
- (1)教學目標：學生能夠理解基因、DNA、染色體、細胞等四者的概念及其層次關係
- (2)教學表徵：名詞定義、學生操弄、類比、展示說明、問題討論

(3)教學活動：學生 DNA 製作模型、學生製作染色體模型、教師解說

(4)教學情境：藉由學生親自製作模型的過程中了解基因、DNA、染色體、細胞的概念及層次關係，教師也可以用這個模型的類比來解說基因、DNA、染色體、細胞的概念及層次關係。

表四：「染色體與 DNA」活動概念一覽表

教學目標	學生能夠理解基因、DNA、染色體、細胞四者的層次關係			
層次關係	基因	DNA	染色體	細胞



圖一：「染色體與 DNA」教學活動步驟及所使用的教學表徵（以灰色表示）

(5)教學步驟：整個過程如上圖一，教師先解釋各名詞的定義及特性，接著讓學生製作 DNA 及染色體模型(製作步驟如附錄一及二)，最後教師以類比說明模型所代表的意義，並利用模型解釋各概念的層次關係，最後提出問題來促進學生思考及檢視學生學習成效。

(6)教學表徵多樣化的檢核：本活動運用了五個教學表徵，分別是名詞定義、學生操弄、類比、展示說明及問題討論，就多元智慧理論來說，使用到的智慧基本上有語文智慧、邏輯數學、空間、肢體動覺、人際、內省、自然者觀察等七種。若就建構論來說，學生也應該可以從製作模型的過程中去理解這四個概念；就多感官教學來說，本活動也有利於學生的視覺、聽覺及觸覺學習；而具體操作期或形式操作期的學生，在教學當中也都有學習的機會。因

此這活動符合教學表徵多樣化的教學策略。

(7)延伸概念：本活動學生所製作的 DNA 及染色體模型，除了可以表徵 DNA 及染色體的概念外，教師也可以進一步解說其特性(如下圖說明)，例如在 DNA 模型中，教師可以先解說 DNA 鹼基的配對及雙螺旋外形，讓學生在製作過程不至於配對及扭轉方向錯誤，也可以解說若是遺傳密碼發生錯誤，就會產生突變。而在染色體模型中，教師也是可以進一步解說基因、DNA、染色體、細胞等四者的關係，而且同源染色體的型態，控制某一性狀的基因是成對，控制某一性狀的基因位在同源染色體的相對位置上，基因有顯隱性等相關概念也可以一併說明清楚，這樣的教學表徵使得教學更有效率。



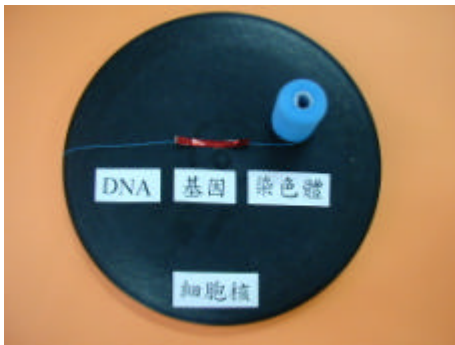
圖二：DNA 模型完成圖

左圖為 DNA 完成的模型，紅、黃、藍、綠色的吸管分別代表四種鹼基，在進行鹼基配對時要特別跟學生說明清楚，而且也應注意其旋轉方向及每一圈鹼基的配對數目，以免產生錯誤的 DNA 模型。



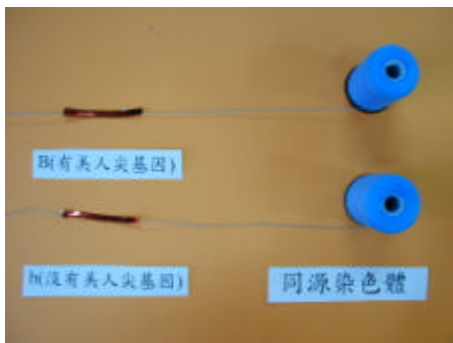
圖三：染色體模型使用方式之一

左圖為染色體模型的使用方式之一，教師可以說明同源染色體位於細胞核內，且為成對。



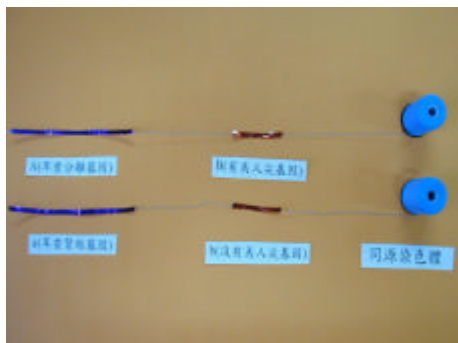
圖四：染色體模型使用方式之二

左圖為染色體模型的使用方式之二，教師可以說明一網線類比成染色體，藍線則類比成 DNA，藍線的某一段則類比成基因，從這個模型當中，學生可以了解基因、DNA、染色體、細胞等四者的關係。



圖五：染色體模型使用方式之三

左圖為染色體模型的使用方式之三，教師可以說明控制某一性狀的基因是成對的，有顯性及隱性之分，而且位於同源染色體之 DNA 的相對位置上。



圖六：染色體模型使用方式之四

左圖為染色體模型的使用方式之四，教師可以說明每一對同源染色體上的基因不只一對，因此控制的性狀也不只一種，也可看出控制某一性狀的基因是成對的，而且位於同源染色體之 DNA 的相對位置上。

六、結語

學生能夠「學習」、「快樂」、「成長」一直是教師們心中的期盼，這個夢想要能實現，就必須正視學生特質存在有各種差異。我們在此提出教學表徵多樣化的教學策略就是希望每個孩子能夠在學習的過程中能得到應有的重視，也許這些教學方式的改變對於

教師來說是一種嘗試，是一種負擔，可是學生要是能從中學習成長，並且充滿著學習興趣，教師一定也會認為這一切都是值得的。

身處知識爆炸的時代讓身為知識傳播者的教師本身也不知所措，但是若能化危機為轉機，改變自己的教學思維，改善傳統教學的限制，讓自己在知識洪流之中也能隨時充

實新知，不僅是教師之福，也是學生之福。

七、參考文獻

1. 李憶萍 (1996)。一個高中生物教師教學表徵的詮釋性研究。高雄市：國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文 (未出版)。
2. 李? 吟 (1998)。認知教學理論與策略。臺北市：心理出版社。
3. 李素卿譯 (1999)。當代教育心理學。臺北市：五南圖書出版社。
4. 林曉雯 (1994)。國中生物教師教學表徵的詮釋性研究。臺北市：國立臺灣師範大學科學教育研究所博士論文 (未出版)。
5. 洪儷瑜 (1998)。幫助孩子突破學習上的障礙。載於多感官學習。臺北市：遠流出版社。
6. 彭聃齡、張必隱 (2000)。認知心理學。臺北市：東華書局。
7. 黃台珠 (1990)。中學生遺傳相關概念錯誤類型的探討。科學教育月刊，133，34-53。
8. 黃永和 (1997)。教學表徵 - 教師的教學法寶。國教世紀，178，17-24。
9. 薛靜瑩 (1999)。學生對遺傳先前概念之探討。科學教育月刊，217，2-16。
10. 饒見維 (1996)。教師專業發展—理論與實務。臺北市：五南圖書出版公司。
11. Armstrong, T. (1994) 經營多元智慧。李平譯。臺北市：遠流出版社。(1997)。
12. Armstrong, T. (1999)。多元智慧豐富人生。羅吉台、席行蕙譯。臺北市：遠流出

版社。(2001)。

13. Ball, D. L. (1988) .Knowledge and reasoning in mathematical pedagogy: examining what prospective teachers bring with them to the teacher education. Unpublished doctoral dissertation, Michigan State University.
14. Bruner, J. S. (1966) .Toward a theory of instruction. New York : W.W. Norton.
15. Kinnear, J.(1994) .What science education really says about communication of science conception. (Eric Document Reproduction Service No. ED372455)
16. Oliver, C. and Bowler, R.F. (1996) 。多感官學習。丁凡譯。臺北市：遠流出版社。(1998)
17. Shulman, L.S. (1987) .Knowledge and teaching: foundations of the new reform. Harvard Education Review. 57(1), 1-22.

附錄一：

DNA 模型製作步驟

器材：四種顏色的吸管 (代表四種鹼基)、鐵絲 2 公尺、膠帶、剪刀

步驟：

- 1.將所有吸管剪成 3 公分長之小段。
(註：一段吸管即代表一個去氧核糖核酸分子。)
- 2.每小段之吸管從中間剪開，但不剪斷。
- 3.四色吸管兩兩配對，以反方向黏合，形成 ㄅ 字形。
- 4.把 2 公尺的鐵絲對折，將 ㄅ 字型的兩端分

- 別穿入鐵絲。
- (註：鐵絲代表 DNA 5' 3' 的動線 (即磷酸根+五碳糖)，膠帶黏合處即為鹼基配對。)
5. 隨機串成一長串 DNA 後封閉鐵絲的兩端。
 6. 將 DNA 扭成右手旋的結構。

附錄二：

染色體模型製作步驟

器材：白色線 2 網、藍色線 2 網、金色、紅色、綠色、紫色膠帶、4 開色紙、剪刀

步驟：

1. 買白色網線，這兩網線的大小形狀相同

2. 另買藍色網線，這兩網線的大小形狀也相同
3. 將白色網線抽出部分長度 (代表 DNA)，再分別用金色、綠色膠帶標示兩個基因位置。並也在另一網白線的相對位置也用金色、綠色膠帶標示。
4. 重複上述步驟，將藍色網線以紅色、紫色膠帶做相同處理，即完成兩對同源染色體的模型。
5. 買一張色紙裁成圓形，表示細胞核，再將兩對同源染色體 (白色網線及藍色網線) 置入細胞核，用以表示基因、DNA、染色體、細胞等四個層次的關係。

