

UbD 理論應用於高中生物 DNA 單元教學對高中生學習成效影響之研究

陳若潔

新北市立板橋高級中學 生物教師

中文摘要

因應新課綱高中生物學中 DNA 內容加深加廣之趨勢，本研究運用 UbD 理論設計出一系列 DNA 課程教案，結合理論中「逆向設計」、「WHERE TO」要素、「理解的六個層面」之理念，期望達到高中生對 DNA 單元的深理解。在研究方法上採用準實驗設計法，選取四個班（共 105 位研究對象），分成兩組（UbD 課程組與一般課程組），比較有無運用 UbD 課程下，學生學習成效的差異。量化資料藉由「DNA 分子結構」概念測驗，以 *t* 檢定進行統計；質性資料的蒐集則包含學習單與短文摘要、「DNA 模型建構」實作表現與課程意見調查表。研究結果發現：1. 依據 UbD 理論確實可設計出適合課程的評量及教案。2. 施行 UbD 課程之學生的各項測驗成績表現，皆顯著高於未施行 UbD 課程之學生。3. UbD 課程設計能提升學生對 DNA 單元理解之學習成效。

關鍵字：重理解的課程設計（UbD）、DNA 分子結構、學習成效、高中生物

壹、緒論

一、高中生物 DNA 課程現況—忽略大觀念的理解

隨著 108 新課綱的施行，高中端面臨的衝擊最大，各校紛紛發展屬於校本的自由選修、探究實作課程；而以高中生物科而言，更是為符應學生未來選填醫學、生技相關科系的趨勢，而陸續設計不同的加深加廣課程。以高中生物學中最具連貫和展望性而言，便是 DNA 相關課程。因 DNA 分子為最新穎的生物知識，且各項應用仍為學界持續研究之主題，故從高一至高三皆有 DNA 之學習內容，包含必修的「生物(全)」第二章「遺傳物質」，內容涵蓋了 DNA 的構造、核酸、DNA 的複製、基因的表現等；生物類群學生必選修的「選修生物 I」更以「細胞與遺傳」為整冊之內容，設定為一學期（2 學分）的授課時間，其內第三章「遺傳物質的發現與結構」以及第四章「遺傳訊息的表現」亦十分詳盡的介紹有關 DNA 結構與功能相關的各種遺傳知識（陳俊宏等，2019）。相較以往舊課綱，僅在必修的「基礎生物」和必選修的「選修生物下」中各有一章遺傳相關主題，在內容涵蓋度與知識量的部分，著實大增。

然而，如同美國科學促進會（American Association for the Advancement of Science，縮寫為 AAAS）對其生物教科書的批評（Roseman, Kulm & Shuttleworth, 2001）：「以令人困惑的順序丟給學生雜亂無章的概念和術語（p. 299）。」及美國科學促進協會評論其高中生物教學上的普遍問題：

今日的高中生物教科書無法使學生理解重要的生物學概念……要求教科書內容必須涵蓋整個範圍……由此犧牲了以足夠深度探討核心概念，以利學生真實理解這些概念的機會（p.310）。

國內也有同樣的狀況。在知識量大增與難度加深加廣的情況下，國內大多數高中教師在講解「DNA 分子結構和組成」時，為了納入全數課程內容，往往僅按課本之章節來編排順序，在進度壓力下無法深入審核學生的理解程度，導致多數學生總把遺傳學中最基礎、可延伸至後續 DNA 課程內容的「DNA 分子結構」之大觀念，以強記硬背的方式將一切專有名詞記憶下來，卻無法將內容彼此連結、更遑論當考題有所變化時便完全無法真實應用和理解。另一方面，又因為「DNA 分子結構」此概念極為抽象，學生就算看課本示意圖也難以理解 DNA 的立體構型，更遑論分子間的鍵結方式與順序；儘管部分教師會輔以出版社配套之投影片，但教學現場仍見學生多半是看過就忘、考過就算，無法真實應用、亦不了解自己的錯誤概念為何，整體學習效果不彰。

二、UbD 理論即強調大觀念的理解

Passmore (1980) 的《教育哲學》一書中曾對何謂「理解力的教學」作出論述。其說明：如果學生不理解所教的知識，教師就沒有傳遞訊息；只有在孩子獲得了一定理解的基礎上，教師才能傳授事實（宋明娟等譯，2015，p. p. 293）。Gardner 與 Boix-Mansilla(1994)認為，理解是運用現有知識、概念和技能闡明新問題或意料之外議題的能力；如果測驗的環境有些微改變，而學生便無法再現我們所尋求的能力表現的話，那麼他們就未達到理解（1994，p. 200）。Perkins（1998，p. 40）認為，理解是運用自己的知識作靈活思考和行動的能力。Perrone（1998）曾說，若教學著重的是每個學生的理解，則它必須能調動學生心智的所有可能性，還要必須適用於所有科目、所有年級（p. 35）。在教學實務上，要評估學生的理解與否、理解狀況，主要仍是透過外顯的行為表現，如同 Perkins（1998，p. 41）所言：第一，要判斷一個人的理解，必須要求他做需要理解的事，例如解釋事情、解決問題、給予論據、建構知識。第二，從學習者的回應可以知道他們當前的理解水平，亦明白有可能把理解水平提升。通過探討理解事情時所遇到的挑戰，學習者會理解得更好。

1998 年美國教育專家 Wiggins 與 McTighe 所提出的「重視理解的設計（Understanding by Design，縮寫 UbD）」之教學理論，其理念即在於其命名，是欲以「理解」的角度，強化課程的設計；重點聚焦在大觀念（big idea）的發展和深化。以教學的角度而言，作者指出大觀念主要指的是該學科內容的「核心」概念，是學科專家對該主題所指出的核心理解觀念，能有效連結學科內容的事實與技能並具備可遷移到其他學科或主題的特質；藉由大觀念可澄清學科內容的優先學習項目（賴麗珍譯，2018，p. p.65-69）。

在高中生物課程中，「DNA 分子結構」即屬於十分核心且重要的大觀念，不僅具有課程上的串聯性、且為生物學上重要理論之根據，學生可因對 DNA 結構之了解與認識，而更進一步產生學習遷移，體認物體結構與功能間之關係，甚至對自身內在基因、遺傳擁有更多的認知。因此，若能藉由 UbD 理論進行此一大觀念之教學設計，應能更有效率、完整的提升學生之理解。

綜合上述，有鑑於 108 新課綱下高中生物學 DNA 課程大觀念理解之必要性。研究者擬以提昇學生理解為終極目標，運用 UbD 理論中所強調深化理解的方式，設計出一系列高中生物 DNA 課程教案；課程編排中，所有配合的活動皆階段性以不同方式評估學生的理解程度、適時做調整；並透過實務現場之分析，希望能比較有無運用 UbD 理論設計之課程教學下，學生理解程度的差異情形。目前和 UbD 相關的研究較欠缺高中端，故研究者亦欲以本研究呈現如何以 UbD 理論串聯、整合高中生物課程中 DNA 之全數教材內容，再與各項實作結合，並進一步評估此一高中生物教學創新模式之可行性。

因此本研究的目的主要如下：

- (一) 設計以 UbD 理論為依據之高中生物 DNA 課程
- (二) 比較 UbD 課程組與一般性課程組學生理解程度的差異情形
- (三) 提供以 UbD 理論運用在高中生物教學上之實務建議

貳、文獻探討

一、UbD 理論主張的課程設計結構

(一) 逆向的教學設計

傳統的教學設計，是先由目標確認教學內容後，再根據內容設計學習活動，最後才依所教的內容來設計如何評量。然而，UbD 理論中的課程設計則是以逆向操作（Backward design）的三個階段所組成，分別是先由「學習結果是期望學生能獲得什麼」作為課程教學規劃的起點、再設定「是否有對應的評量方式可檢驗目標達成與否」、最後是「設計學習經驗與教學活動」。不論在課程、評量、教學上，皆聚焦在發展和深化對重要觀念理解的設計，流程上也不一定需要按照章節內容編排的順序執行教學，而是教學者須不斷反思：怎樣的教學順序最能逐步建構、強化出學生的理解。

(二) 蒐集「理解的六個層面」之證據

UbD 理論亦將理解視為具備多元面向的概念，作者表示當一個人真正達到理解時，其展露出的表現應包含有說明（Explain）、詮釋（Interpretation）、應用（Application）、觀點（Perspective）、同理心（Empathy）、自身知識（Self-Knowledge）六個層面（各層面之內涵說明詳見表 4）。而教學現場欲評估學生的理解，可藉由蒐集此六個不同層面之理解證據，用多元的持續形成性評量，來顯露出學生的理解和錯誤理解（賴麗珍譯，2018，p. p.84-169）。

(三) 以「WHERE TO」要素設計教學活動

UbD 理論希望整個大觀念下所設計出來的教學活動，必要能夠一步一步的讓學生達到越來越理解的狀態；且活動內容更應時時檢視學生的理解程度。其中聚焦在教學活動設計的第三階段，更建議運用「WHERE TO」之要素排成最有效的順序，以使教學上達到一定的吸引度和效能，並可以促進理解，整理相關敘述如表 1 所示。

因此，本研究即依據逆向設計的方式、「WHERE TO」之原則，再搭配理解六個層面進行課程活動的安排。並以從高一到高三皆會探討到、不斷螺旋式加深的「DNA 分子結構」主題，作為整體課程之大觀念。

表 1

「**WHERE TO**」之要素概念與運用說明（整理自賴麗珍譯，2018）

要素	意涵	說明	實際運用之策略、注意事項
W	Where 教學的方向	確保學生知道這個單元的方向（where）及為什麼（why）	知道學生來自何處？帶來哪些先前的知識、興趣、學習風格、才能？可能有哪些錯誤的觀念？
H	Hook& hold 吸引並維持	要在一開始就引起（hook）學生的興趣，並在整個學習過程中維持（hold）其注意力	吸引注意：使學生發現學習活動的設計的確能激發思考、很迷人。有效的：活動的設計使學生變得更有能力、生產力。
E	Equip 探索和準備能力	使學生以所需的經驗、工作、知識、探過體驗來探索、發展，具備實作技能做好準備（equip），以達成實作表現的目標	現能力。
R	Reflect、Rethink、Revise 重新思考及修正	提供學生許多機會來重新思考（rethink）大概念、反省（reflect）自己的進步，以及修正（revise）他們的學習	學生必須常常重新思考大概念，而複雜的實作表現也要不斷重新界定。
E	Evaluate 表現結果及評量	安排機會讓學生評鑑（evaluate）自己的進步及進行自我評量	幫助學生以個別或集體方式自我監控、自我評量，以及自我調整學習。
T	Tailored 依學生需要、興趣、風格因材施教	因材施教及將學習個人化（tailored）以反映學生個別不同的才能、興趣、學習風格、學習需求。	藉由使用不同的教材資源和應用不同的學習型態，處理學生學習風格和學業成就水準上的差異。讓學生有一種以上的方式可進行任務。對於指定作業，以及評量的學習結果和實作表現，給予學生適當的選擇機會。
O	Organized	為最佳效能組織（organized）教學活動，以使理解課程內容的深度達到最大程度	哪些學習經驗的順序最能發展及深化學生的理解，並且同時將可能產生的錯誤觀念減至最小？使學習投入和學習效能達到最大？

二、國內應用 UbD 理論進行課程設計之相關研究

國內外目前已有越來越多的教育者運用 UbD 進行課程活動規劃，期許能更加深學生素養之培育，並能符合現今「多元評量」、「學習者中心」以及「問題解決導向」等教育趨勢（劉怡甫，2011）。UbD 的課程設計，可透過活動設計讓學生主動學習，重視的是一個主要概念的全盤理解，而非為細瑣或片面的知識進行

堆疊（張瀚陞，2019）。潘玉龍（2017）整理 UbD 優勢與學習處，包含多元的形成性評量、自發與探索學習、強調實作任務以及問題解決導向。

張慧琳與王金國（2019）的研究中，以 24 名國中一年級學生為行動研究教學對象，顯示運用 UbD 逆向設計結合六層次閱讀認知能力提問教學方案之實施，能有效提升學生閱讀理解認知能力，包含訊息擷取能力、綜合分析能力與口語表達能力之進步；亦可提升學生的學習興趣與動機，並有助於提升學生閱讀理解紙筆測驗成績。黃燕萍（2017）的研究則是依據 UbD 的理念，運用理解設計課程品質成果導向學習理論，引導大學生了解程式設計技巧與語法、流程圖繪製與程式實作，結果顯示對於提升學生程式設計實作能力具有顯著成效。蘇郁雯（2019）以 UbD 設計全球環境與永續的素養導向課程，發現能讓學生從做中實踐並自我認識；並指出 UbD 評量的實作任務，提供學生生活化的情境，融合前面所學的知識，跳脫以往單向的測驗方式。黃乃玲（2021）發現以 UbD 逆向的課程設計方案，有助於教師設計出豐富且聚焦的課程內容；且方案實施後，學生對該議題的「理解及思辨」、「態度及價值」和「實作及參與」三個面向皆有顯著的學習成效。陳淑芬（2016）探討合作學習融入重理解的課程設計對國小三年級學生理解之研究，發現可提升學生在「說明」、「詮釋」、「觀點」、「同理心」及「反省」等五個理解面向。

除了上述幾篇研究有提及 UbD 教案的成效之外，筆者參考黃音萍（2018）整理 UbD 相關研究，及以論文名稱「UbD」、「重理解的課程設計」為關鍵字在臺灣博碩士論文知識加值系統進行搜尋之結果，可發現國內大部分 UbD 研究仍偏重在課程設計的教案呈現或行動研究，更少見完整的實驗設計分析或是高中端課程的探討。有鑑於此，若能配合 108 新課綱推行所需，以 UbD 理論應用於高中生物 DNA 單元教學，提供教師運用 UbD 時的參考範例，並對高中生學習成效的影響進行研究，更具有實用價值。

三、課程綱要中 DNA 分子結構的學習重點分析

以下參考英國、美國及我國的高中階段生物科學課程標準，以彙整出 DNA 課程之各項主題。

（一） 國外 DNA 課程標準

1. 英國國定科學課程標準

最新版的英國國家科學課程標準（*Science in the national curriculum, 2015*）中，第四階段（對應年紀為 14-16 歲，為我國的國三至高二階段）有關生物學學科內容標準的描述：

生物學研究涉及收集和解釋有關自然界的資訊，以識別模式並關聯可能的因果關係。生物學用於幫助人類改善生活並了解周圍的世界。應該幫助學生了解如何通過生物學的思想，用許

多普遍應用的關鍵思想來描述自然世界的複雜多樣的現象。這些思想可以在單獨的主題集中說明，這些想法包括：生命過程取決於結構與其功能有關的分子.....

其所列出之「可集中說明的單獨主題」中，第一要項即為「生命過程取決於結構與其功能有關的分子」，亦即 DNA 結構與功能之主題。進一步細看其中「演化、遺傳與變異」之課程內容中，主要和 DNA 結構功能相關者，包含如：基因組作為生物體的整個遺傳物質；基因組及其與環境的相互作用如何影響生物體表型的發展；基因組學對醫學的潛在影響；大多數表型特徵是多個基因的結果，而不是單個基因的結果。

若是查看英國國家科學課程內容中更高階的 GCE AS 和 A Level，其內對於生物學中 DNA 分子成分與結構的內容標準如：生物分子通常是聚合物，並基於少量的化學元素；活生物體中的核酸（DNA 和 RNA），碳水化合物，蛋白質，脂質，無機離子和水都具有與其相關的重要作用和功能屬性；DNA 分子中的鹼基序列決定了蛋白質的結構，包括酶。

2. 美國生物科學課程研究（BSCS）

美國的生物科學課程研究（Biological Science Curriculum Study, BSCS）是美國生物科學研究所（American Institute of Biological Sciences, 簡稱 AIBS）在 1950 年代晚期，為改進高中生物教育而推動發展的生物課程。在 1960 年代初期，「生物科學課程研究」出版了三套適用於高中階段學生的生物教科書，目前我國之高中生物教科書所使用的架構、內容以及章節編排亦有極大部分參考至此；而 BSCS 中黃版的教材內容主要便論及許多生物之間的交互作用及生物的遺傳、發育與演化等（楊冠政，1977）。

參考其 K9-12 級（相當於我國國三至高三階段）的課程標準（2013）中，和「DNA 的結構與功能」相關的描述包含：學生將通過吸收更多抽象知識（例如 DNA 的結構和功能）和更全面的理論（例如進化論）來擴大對生物學的理解；DNA 中儲存的遺傳信息可用於指導每個細胞所需的數千種蛋白質的合成；DNA 的調節可通過蛋白質活性的變化和單個基因的選擇性表達而發生；在所有生物中，用於特化生物特徵的說明都包含在 DNA 中，DNA 是由四種鹼基（A，G，C 和 T）形成的大型聚合物；DNA 的化學和結構特性，解釋了作為遺傳基礎的訊息是如何在基因中編碼並被複製；細胞中的每個 DNA 分子形成一條染色體。

（二）我國之課程綱要

我國十二年國教自然與科學領域課程綱要「普通型高中必修課程學習重點」中，生物的學習內容和「DNA 的結構與功能」相關項目包含 BGa-Vc-5 遺傳物質為核酸、BGa-Vc-6 分子遺傳學的中心法則，詳細學習內容說明如：5-1 核酸中的 DNA 可承載傳達訊息；DNA 的粗萃取（探討活動）。5-2 每段 DNA 分子上有許多基因；不涉及 DNA 的分子結構式。6-1 說明分子遺傳學的中心法則之概念。6-2

簡介 DNA 的複製過程，不涉及機制；除聚合酶外，不涉及其他酶與蛋白質的名稱或作用。

而在「普通型高中加深加廣選修課程學習重點」中，和「DNA 的結構與功能」相關項目則包含 BGa-Va-1 遺傳的染色體學說的建立、BGa-Va-2 確認 DNA 為遺傳物質的歷程、BGa-Va-3 遺傳訊息的複製、BGa-Va-4 遺傳訊息的轉錄與轉譯、BGa-Va-5 基因表現的調控、BGa-Va-6 遺傳變異、BGa-Va-7 生物科技的應用，詳細學習內容說明如：1-1 從科學史的觀點，探討遺傳的染色體學說之發展歷程，並說明遺傳的染色體學說對孟德爾遺傳法則的解釋。2-1 藉由製作雙股 DNA 螺旋結構模型，探討 DNA 分子結構的主要特點（探討活動）。2-2 從科學史的觀點，探討雙股 DNA 螺旋結構模型之發展歷程，包括羅莎琳·富蘭克林的貢獻。4-1 說明分子生物學的中心法則中轉錄與轉譯的過程（教育部，2018）。

綜合上述，研究者統合英國、美國、台灣生物科「DNA 分子結構」中的重要學習內容（見表 2），包含 DNA 的化學和結構特性、螺旋結構模型發展歷程和製作模型，設計出運用 UbD 理論之課程。

表 2

英國、美國、台灣生物科「DNA 分子結構」中的重要學習內容

重要學習內容	相關敘述
DNA 的化學特性	活生物體中的核酸（DNA 和 RNA）……和水都具有與其相關的重要作用和功能屬性（英）。DNA 中儲存的遺傳信息可用於指導每個細胞所需的數千種蛋白質的合成（美）。核酸中的 DNA 可承載傳達訊息；每段 DNA 分子上有許多基因（台）。
DNA 的結構特性	DNA 分子中的鹼基序列決定了蛋白質的結構（英）。DNA 是由四種鹼基形成的大型聚合物（美）。DNA 的化學和結構特性，解釋了作為遺傳基礎的訊息是如何在基因中編碼並被複製（美）。說明分子生物學的中心法則中轉錄與轉譯的過程（台）。簡介 DNA 的複製過程（台）。
DNA 螺旋結構模型發展歷程和製作模型	藉由製作雙股 DNA 螺旋結構模型，探討 DNA 分子結構的主要特點（台）。從科學史的觀點，探討雙股 DNA 螺旋結構模型之發展歷程，包括羅莎琳·富蘭克林的貢獻（台）。

參、研究方法

此處說明本研究的研究對象、研究設計、教學活動設計、研究工具與資料分析等五部分，茲分別敘述如下。

一、研究對象與參與教師

本研究中所採用的對象為新北市某公立高中之高一學生，該校採常態分班且男女合班的編班方式，選擇 4 個班級，隨機分為實驗組 1 個班以及對照組 3 個班。

各班人數約為 30~35 人不等，男女比例皆約 1:1。而在本研究中，一共有四位生物科專任教師共同參與，其中一位擔任此四個班級的主要授課教師、另一位為協同教學教師；而其他兩位教師則是一同參與本研究中課程教案各單元之研發。此四人皆由國立台灣大學生物課程教育學程畢業且具碩士學歷，分別具有 4 年、9 年、15 年、20 年的生物課程教師經驗，在教學崗位上皆相當認真教學。

二、研究設計

本研究以準實驗設計進行，實驗處理期間為一學期內的 10 堂課。實驗組施行 UbD 理論設計之課程，對照組則施行一般常態性課程。兩組學生在「DNA 分子結構」課程實施的第一週進行學習成效的前測，在實作活動等相關課程結束後進行學習成效的後測。學習成效的延宕測驗則是於學期結束時進行，用以比較實驗組與對照組之學習保留效果。另實驗組亦於期末填寫「DNA 分子結構課程意見調查表」，以收集質性之問卷回饋。整個研究設計與實驗教學流程詳如圖 1。

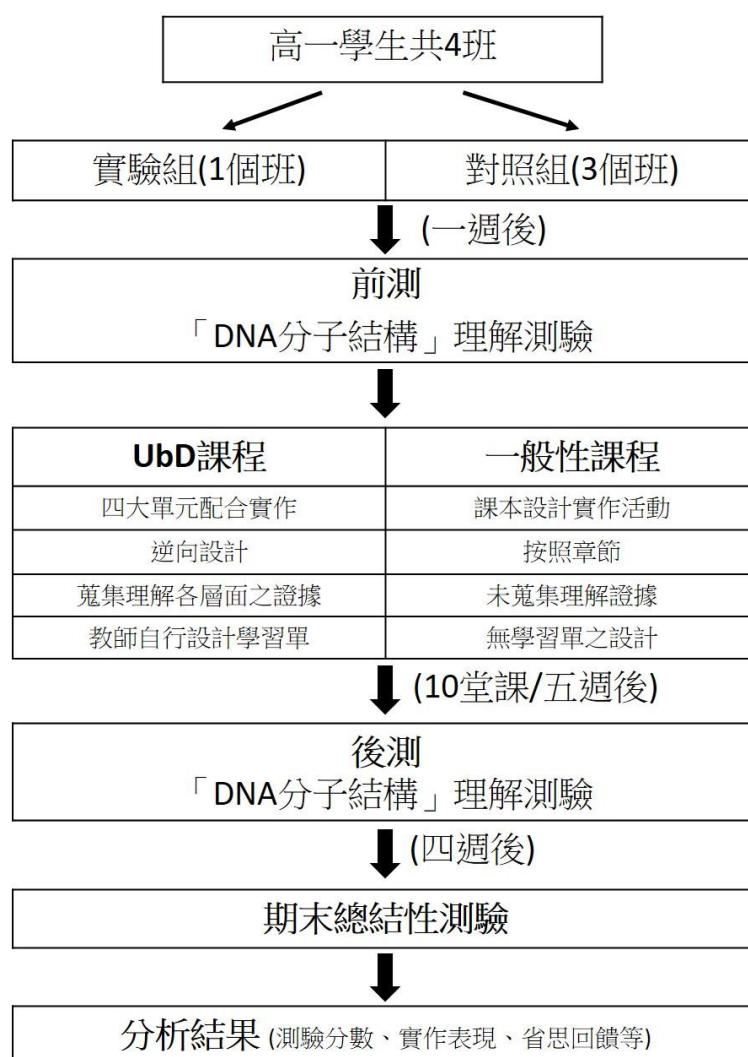


圖 1 研究設計與實驗教學流程

三、教學活動與學習評量設計

(一) 課程方案—逆向設計

本研究所使用之教材為「生物」與「選修生物 I」兩冊中，和「DNA 分子結構」相關之內容。教學單元的設計乃研究者與數位具教學經驗且具 UbD 理論概念的教師，依可加深理解的邏輯順序重新排列組合，因此不同於原本教科書上之章節安排。課程中將相關內容分為四大單元，包含：【第一單元】被遺落的身影、【第二單元】雙股螺旋模型的創建、【第三單元】換我來做 DNA、【第四單元】萃出自己的 DNA。

為配合 UbD 理論，本研究之四大單元主題皆以「逆向設計」的方式分為三階段：由階段一的「確認終極目標」，至階段二的「定義學習成效之評量」，最後至階段三的「設計學習活動」。茲以課程中【第三單元】換我來做 DNA 為例，說明教案內容如何與 UbD 逆向設計三階段以及「WHERE TO」要素做配合（見表 3）（其餘各單元之教案內容詳見附錄）。

表 3

單元主題與 UbD 逆向設計三階段及「WHERE TO」要素之配合

階段	UbD 逆向設計	教案內容
一	確認終極目標	各組能將拼接好的 DNA 模型呈列出，並能成功翻轉（螺旋式轉動）其模型。
二	定義學習成效之評量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學習單：學生針對 DNA 結構等問題填寫學習單。 2. 教師觀察實作表現：教師在各組巡視時觀察其拼接方式，了解學生可能常見的錯誤之處（W）。 3. 自評（R）：請每組創作者說明自己的 DNA 模型設計理念，嘗試與同學分享、推銷，並為自己打分數。 4. 同儕互評（E）：觀察別人的 DNA 模型，指出有甚麼可以學習的地方？或有甚麼漏洞需要做調整？最後由同學彼此票選 DNA 模型最符合實際狀況並能兼顧藝術美感者。
三	設計學習活動	<ol style="list-style-type: none"> 1. 引起動機：呈列五彩繽紛的糖果在講桌，於學生一進入教室時便吸引其好奇心與注意力；接著告知同學，經過上次手繪 DNA 結構的單元後，此單元要改成實際動手建構 DNA 立體模型（H）。 2. 發展活動（O）：教師針對目標進行說明、到各組巡視其拼接方式，並給予指導；若發現有拼接上的概念錯誤，先將其拍照而不先行糾正。接著請同學將拼接好的 DNA 模型呈列在各組的桌面上（E），開始全班一起移動參觀。最後請各組說明創作理念（T），並請其他同學觀察、找碴，發現可能的錯誤之處。

(二) 配合「理解的六個層面」之主題或活動

另為幫助學生聚焦於大觀念的持續理解，根據 UbD 理論中所述，理解可展現於說明、詮釋、應用、觀點、同理心及自身知識六個不同層面（賴麗珍譯，2018，p. 222-224）。本研究亦設計相應於「理解的六個層面」之主題或活動，多元化的設計在理解的不同層面下，期望學生能展現出的目標為何（見表 4）。

表 4

理解的六個層面與本教案對應之主題、活動

理解的層面	內涵	對應之主題或活動
說明	利用學習歷程中的證據（作業與評量）來證明、推論、描述、設計與實證學習主題內容。	第一單元：能說明富蘭克林與查加夫的觀察與發現。能說明核苷酸組成、能閱讀文章後列出 DNA 結構各項要點。
詮釋	提出批評（建設性）、類比、隱喻、翻譯與預測等個人見解。	第二單元：能由第一單元的觀察發現，預測 DNA 的可能結構。 第三單元：能解釋自己的模型。
應用	將所學應用於新的、獨特的，或未知情境脈絡，如創作、發明、解決與測試等活動。	第三單元：能運用第二單元所學，創作出各組的 DNA 模型。
觀點	對事件、主題或情境的個人觀點，並做出分析與結論。	第三單元：能由觀察與討論，分析各組 DNA 模型的異同並給予批評和辯護。
同理心	透過角色扮演、解讀他人想法，展現設身處地為他人著想的能力。幫助學生超越空洞的字眼和抽象概念，以利在他人的文本、概念或經驗中，發現價值。	第三單元：在經過自己的 DNA 模型建構過程後，體會華生和克立克當初能完成 DNA 模型的創舉。 第三單元：請同學投票評選出自己最欣賞的 DNA 模型作品，並指出其價值。
自身知識	產生自我反思與評價等。	第四單元：由實際萃取自己 DNA 的活動，產生更多對 DNA 的認識、對自我的認識與珍惜。 借各單元的自評以及省思學習單，書寫自己已懂和不懂的部分。

(三) 和一般常態性課程計畫之比較

本研究所操作之 UbD 課程和目前高中端一般常態性之 DNA 結構相關課程，兩者間除了課程總節數和章節內容相同外，其餘不論各章節的節數分配、授課流程與方式、分組有無、實驗素材、學習單和省思回饋有無、評量方式、對學生理解的評估……等，皆有所差異（見表 5）。

表 5

UbD 課程和一般常態性課程之比較

	一般常態課程	UbD 理論課程
總節數 (時間)	相同，皆為 10 節課 (每節課 50 分鐘，一週 2 節課)。	
章節內容 (註)	相同，皆為生物全 2-2 + 選修生物 I 3-1~3-3	
節數分配	主題 A 主題 B 主題 C 主題 D 主題 E 主題 F	2 1 2 2 2 1
		1 1 2 1.5 1.5+1 2
授課流程	依照章節內容在教科書編排之先後次序，由主題 A→B→C→D→E→F。	打破教科書之章節，以主題間的邏輯連貫為順序，各章節混和或交錯進行，由 C→A+D→E+F→B+E。
授課方式	依照章節內容在教科書編排之先後次序，由主題 A→B→C→D→E→F。	打破教科書之章節，以主題間的邏輯連貫為順序，各章節混和或交錯進行，由 C→A+D→E+F→B+E。
分組	一般性之課程講述	教師講述、提問，並穿插模型手作
DNA 萃取實驗之材料	無	有
DNA 分子模型建構	奇異果 DNA	奇異果 DNA+學生個人之 DNA
學習單	課本紙板附件之黏貼和組合	教師提供糖果素材之設計和建構
省思回饋	無	教師設計符合四大單元之學習單
評量方式	無	有，以短文摘要的方式融入於學習單中，並有期末線上回饋問卷
對學生理解的評估	紙筆測驗	紙筆測驗、實作表現、短文摘要等

註 主題 A：生物全 2-2「遺傳物質」；主題 B：生物全探討活動 2-1「DNA 粗萃取」；主題 C：選修生物 I 3-1「遺傳的染色體學說之驗證」；主題 D：選修生物 I 3-2「攜帶遺傳訊息的分子」；主題 E：選修生物 I 3-3「DNA 的結構」；主題 F：選修生物 I 探討活動 3-1「如何建構 DNA 雙股螺旋的結構」。

由表可知，UbD 課程的授課方式因為不需要完全按照課本章節內容，故教師多以自行設計學習單之方式，再輔以課本相關圖文做說明，學習單內容也可同時

統整必修生物和選修生物之章節；而一般常態課程則是教師按流程先於課堂講述完 DNA 之分子結構，再引導學生以課本之紙板附件進行 DNA 模型之黏貼和組合，且 DNA 萃取實驗之材料僅為奇異果 DNA。

UbD 課程的學習單則搭配四大單元，由教師帶領閱讀並由學生自行整理出重點，再於各單元結束後書寫出自己已理解與無法理解之處。對於 DNA 之分子結構的理解與建構，亦使用教師設計之糖果素材，讓學生互相分組討論、找出迷思，故較傳統之紙板模型更為立體、具體；待學生對模型之立體架構充分理解後，最後至實驗室進行個人 DNA 萃取之活動，更能增進 UbD 理解六個層面中的「同理心」和「自身知識」兩部分。

四、研究工具

研究工具的部分，除了有紙筆之「DNA 分子結構」概念測驗、學習單與短文摘要、「DNA 模型建構」實作表現，亦包含課程意見調查表，茲說明如下。

(一) 「DNA 分子結構」概念測驗

為評量學生對於「DNA 分子結構」大觀念的相關知識，由研究者參考教材內容及大考試題後，研發相關題目兩份，分別作為課程施行的前後測；兩份皆具兩題簡答題及六題是非題，需於各題後書寫理由並改錯（見圖 2）；而學期末之總結性評量，則是由該年級之授課教師設計題目初稿，再由共 32 題的單、多選題中進一步篩選出與 DNA 結構相關之 6 題題型（第 1,2,3,6,23,27 題）（見圖 3）。測驗信度部分，前後測及延宕之期末測驗內部一致信度係數 Cronbach's α 值分別為 .50、.64、.51。三份測驗在正式施測前，皆經由學校另兩位生物專任教師依據課程綱要及授課大綱，確認試題符合內容效度；並由其共同測驗，針對題目內容、難易度進行審核以求其專家效度。

(二) 「DNA 分子結構」學習單與短文摘要

本研究依據 UbD 理論設計相應的學習單，學習單內的相關內容、小組自評與互評表可供教師和研究者評估其理解程度，並可適時回饋以增加師生互動。另外在課程的初期、中期，皆於課堂結束前，要求學生進行 10 分鐘的短文摘要思考該節課的結論，可包含學到的重點、列點或繪圖說明 DNA 的結構。

高一生物(全) 2-2.2 DNA 的構造 小小理解練習 前測

高一生物(全) 2-2.2 DNA 的構造 小小理解練習 後測

班級 _____ 座號 _____ 姓名 _____

班級 _____ 座號 _____ 姓名 _____

- 1. 在「DNA 的構造」這個單元中，我學到了哪些事情？(可列點或文字敘述，20分)
- 2. 在「DNA 的構造」這個單元中，哪些事情是我覺得仍然不懂 or 很難懂的？(可列點或文字敘述，20分)

※下列各題的敘述，若你認為是正確的，請在題目前劃記 O；若你認為是錯誤的，請在題目前劃記 X，並將錯誤之處圈出，再說明其錯誤之處。(每題 10 分)

- 3. () 一條 DNA 分子即具有一條多核苷酸鏈。
若錯誤，請說明：_____
- 4. () 已知一段 DNA 進行序列分析，將其水解成單股後，單股上的嘧啶數量等於嘧啶數量。
若錯誤，請說明：_____
- 5. () DNA 因為是由去氧核糖核苷酸所聚而成的大分子，故其元素組成包含了 C、H、N、P 等元素，但不包含 O。
若錯誤，請說明：_____
- 6. () DNA 的雙股螺旋互相平行，且呈反向排列。
若錯誤，請說明：_____
- 7. () DNA 的雙股螺旋的外側骨架由磷酸基所構成。
若錯誤，請說明：_____
- 8. () 若雙股 DNA 中 A 占了 20%，則 C 占了 40%。
若錯誤，請說明：_____

- 1. 在「DNA 的構造」這個單元中，哪些事情是我本來不會，但現在懂了？(可列點或文字敘述，20分)

- 2. 在「DNA 的構造」這個單元中，還有哪些事情是我覺得仍然不懂 or 很難懂的？(可列點或文字敘述，20分)

※下列各題的敘述，若你認為是正確的，請在題目前劃記 O；若你認為是錯誤的，請在題目前劃記 X，並將錯誤之處圈出，再說明其錯誤之處。(每題 10 分)

- 3. () 一條 DNA 分子含有兩條多核苷酸鏈。
若錯誤，請說明：_____
- 4. () 取一 DNA 分子，分離其單股並將之水解成單元體，則其嘧啶數量等於嘧啶數量。
若錯誤，請說明：_____
- 5. () DNA 雖是由去氧核糖核苷酸所聚而成的大分子，但其磷酸的部分仍有 O 元素，而其五碳糖的部分則不包含 O 元素。
若錯誤，請說明：_____
- 6. () DNA 分子的雙股互相平行，且呈反向排列，兩股序列相同。
若錯誤，請說明：_____
- 7. () DNA 的雙股螺旋的內側階梯由嘧啶配嘧啶、嘧啶配嘧啶所構成。
若錯誤，請說明：_____
- 8. () 若雙股 DNA 中 T 占了 20%，則(C+G)占了 30%。
若錯誤，請說明：_____

圖 2 DNA 分子結構前後測試卷

新北市立 OO 高級中學 109 學年度第 1 學期一年級 生物 (全) 期末考【題目卷】

一、單選題 (每題 2.5 分，共 50 分)

- ※1. 分析一股 DNA 的序列時，不可能出現下列哪一種含氮鹼基？(A)腺嘌呤 (B)鳥糞嘌呤 (C)尿嘧啶 (D)胞嘧啶
- ※2. 下列何者不是 DNA 分子上會找到的元素？(A)氮 (B)氧 (C)磷 (D)硫
- ※3. 請問下列關於細胞內發生的各事件，何者在真核生物的細胞質發生？(A)DNA 複製 (B)轉錄 (C)翻譯 (D)DNA 解旋
- 4. 右圖為某病毒的構造，下列敘述何者正確？(A)此病毒會感染人類 (B)可在高倍光學顯微鏡下觀察到 (C)甲由蛋白質組成；乙由 DNA 組成 (D)此病毒無法在實驗室培養
- 5. 下列哪一種物質不可能是病毒的遺傳物質？(A)單股 DNA (B)雙股 RNA (C)單股 RNA (D)蛋白質
- ※6. 若一核酸分子內含氮鹼基的百分組成為：20%A、20%G、30%C、0%T、30%U，則其應為何？(A)單股 RNA (B)雙股 RNA (C)單股 DNA (D)雙股 DNA
- 7. 下列有關 DNA 粗萃取實驗的敘述，何者正確？(A)從奇異果中萃取出 DNA，與從口腔上皮細胞萃取出 DNA，組成的核苷酸種類不同 (B)從奇異果中萃取出 DNA，與從口腔上皮細胞萃取出 DNA，二者的核苷酸序列不同 (C)奇異果有細胞壁，所以粗萃 DNA 時無須清潔劑 (D)含木瓜酵素的嫩精或鳳梨汁酵素可以破壞細胞膜

※23. 下列關於一般生物體內雙股螺旋 DNA 結構的描述，請選出正確的選項。(A)DNA 的雙股，核苷酸排列方向反向 (B)雙股配對時，嘧啶一定搭配嘧啶 (C)DNA 雙股配對時，A 可以和 T 配對 (D)DNA 雙股配對時，A 可以和 U 配對 (E)DNA 單股中，A 的數量等於 T 的數量

24. 告白板中的小編不能接受自己家中有了螞蟥，於是買了很多相同品牌的螞蟥藥，並定期施藥。但他發現一開始施藥時效果良好，後幾次施藥卻無法有效消滅螞蟥。請問關於此現象的描述或推論，哪些是合理或可能發生的？(A)抗藥螞蟥的出現是人擇的結果 (B)抗藥螞蟥多是天擇的結果 (C)更換不同成分的螞蟥藥可能有效殺死目前的抗藥螞蟥 (D)小編篩選出基因改造螞蟥 (E)螞蟥為了克服螞蟥藥，自主突變出抗藥基因

25. 華生與克里克是最早解析 DNA 雙股螺旋結構的科學家，而當 DNA 的結構被解開後，帶動了分子生物學領域飛快的發展，各種生物教材中耳熟能詳的「中心法則」也由二位提出。然而，華生與克里克對於「中心法則」的描述不盡相同。克里克對於中心法則的描述概括如下：「一旦訊息從 DNA 傳遞並表現為蛋白質後，就無法回頭。」意即核酸的訊息可以轉到另一個核酸分子上，也可以表現為蛋白質。但已經存在的蛋白質，無法將訊息反向對應出新的核酸分子。根據克里克的說明，請問下列哪些現象屬於中心法則涵蓋的範圍？(A)DNA 訊息複製到新的 DNA 分子上 (B)DNA 訊息轉錄至 RNA 分子上 (C)RNA 訊息複製到新的 RNA 分子上 (D)RNA 訊息反轉錄至 DNA 分子上 (E)蛋白質訊息反轉譯至 RNA 分子

26. 如果我們希望藉由遺傳工程「讓大腸桿菌製造人類胰島素」，請問下列相關的流程或描述何者正確？(A)挑選胰島素基因為目標基因 (B)僅能從胰臟的胰島細胞分離出胰島素基因 (C)將人類胰島素注入大腸桿菌，誘發質體出現胰島

素基因 (D)胰島素基因必須接在細菌的主染色體(細菌染色體)，否則無法合成產物 (E)要先將目標基因轉入大腸桿菌，才能在大腸桿菌細胞內合成重组 DNA

※27. 某 DNA 分子共 600 個核苷酸，其中 180 個含氮鹼基為 A，關於此 DNA 分子的描述哪些正確？(A)共 600 個五碳糖 (B)共 180 個 T (C)共 180 個 C (D)A 的數量大於 G (E)將 DNA 完全分解成小單元後，僅能找到 4 種核苷酸

28. 下列哪些現象，是環境因素影響基因表現的實例？(A)鱷魚的性別，由小鱷魚孵化時機的環境溫度決定 (B)喜馬拉雅兔在溫度較低時，肢體末端的毛色變黑 (C)黃豆萌芽時，有曬太陽才會長綠葉 (D)菊花在夜長、日短的情況下才會抽花芽、開花 (E)雌性藍腳鸕鶿鳥看到附近有雌性鸕鶿鳥時，才會在岩石上跳舞求偶

29. 遺傳工程是近數十年來才興起的技術，並可應用於農業與各類食品上。然而，偶有一些錯誤的訊息，誤導人們對於基因改造作物或食品的認識。以下各種與基因改良食品相關的論述或口號，何者明顯涉及假消息？(A)今日吃基改，明日被基改 (B)育種稻米有人造基因，風險極高；多吃野生稻，人民健康到 (C)使用抗蟲基改稻，害蟲益蟲都死掉 (D)抗殺草劑基改作物基因外流導致超級雜草出現，殺草不成，雜草不怕 (E)臺灣土產肉雞長這麼快與基改有關，市面隨處基改禽，少吃雞肉好安心

30. 關於天擇對演化的影響，或天擇與演化的關係之論述，哪些是正確的？(A)演化就是天擇，天擇就是演化 (B)天擇可以推動演化，演化不一定因為天擇 (C)天擇若發生，必牽涉某些個體的死亡或無法繁衍後代 (D)天擇若發生，則族群內的變異將更明顯，進而形成新種 (E)天擇若發生，則族群內的變異將減少

31. (韓非子)猛狗托鼠中管，管仲以老鼠比喻國賊可怕的禍患「樹木而達之，

圖 3 期末測驗中和 DNA 分子結構相關之題型 (題號前標記為*)

(三) 「DNA 模型建構」實作表現

課程中儘量設計可有實作表現的活動，以展現學生之學習遷移。包含學生可以各式糖果自行創作 DNA 的模型作品、可打造專屬自己的遺傳密碼手鍊、可在實驗室萃取出個人的唾腺細胞 DNA 等。並要求學生間彼此分享、說明及講解每一項正式作品，最後再互相給予回饋、同儕互評。且如同 UbD 重視理解表現中的「觀點」和「自身知識」層面，學生在作品展演時，尚需要說明支持自己的意見，即不只要能講出哪裡錯？也要能講出為什麼對？教師再根據各組之作品呈現及詮釋給予評比、講解。

(四) 課程意見調查表

以線上問卷的型式，調查 UbD 課程組的學生對此課程的觀感及建議。內容涵蓋對 DNA 大觀念的學習狀況、學生習得能力，以及情意面向，希望藉此瞭解學生對於 UbD 課程的接受程度，以作為未來以 UbD 理論設計高中生物課程之參考。本問卷包含「確認自己對 DNA 主題是否有興趣」、「體驗 DNA 結構的各個面向」、「學到新知識」、「學到書面表達的能力」、「學到實驗設計能力」、「學到口頭報告的能力」、「強化 DNA 結構的概念」、「認識新朋友」等八個項目供學生勾選；另包含開放性問題請學生書寫對此課程的意見與回饋。

(五) 學習成效之評估方式

本研究著重在學生對於「DNA 分子結構」大觀念的理解，故學習成效主要以學生對此大觀念的理解程度為評估要項，不論是 UbD 理論「理解的六個層面」中說明、詮釋、應用、觀點、同理心及自身知識任一層面的展現；或是具體的紙筆測驗成績，皆為參考依據。

其中對於 DNA 各單元主題學習成效之評估，主要如表 3 中階段二的「定義學習成效之評量」所示。而整體課程的學習成效評估，則包含有上述之「DNA 分子結構」概念測驗、學習單與短文摘要、「DNA 模型建構」實作表現及課程意見調查表之量化與質性資料的綜合分析，詳述參見資料分析部分。

五、資料分析

(一) 量化資料

包括「DNA 分子結構」概念之前測、後測及期末測驗資料，以 SPSS 中文 21.0 版先進行前測分數平均數獨立樣本 t 檢定，以瞭解二組學生在實驗處理前的表現是否有所差異；再以相依樣本 t 檢定為比較各組學生在「DNA 分子結構」之前測、後測成績的差異性，以評估各個學生在自身理解程度上是否有所提升；最後，為比較 UbD 課程與一般性課程學生在「DNA 分子結構」的學習成就差異性，則是進行兩組學生的後測、延宕測驗獨立樣本 t 檢定。

在延宕測驗的部分，更分析各題的答對率及選項分布，以評估兩組學生的學習遷移結果。另將實驗組學生填寫的意見調查回饋問卷結果整理，統計各項目百分比，瞭解實驗組學生對 UbD 課程教學的觀感。

(二) 質性資料

包括實驗組意見調查回饋問卷中之開放式問題、「DNA 分子結構」學習單與短文摘要等資料、以及「DNA 模型建構」之實作觀察。本研究將所有資料彙整後做詮釋性分析，以瞭解學生對於「DNA 分子結構」的科學概念、理解程度及情意的改變情形。

肆、研究結果與討論

一、UbD 課程與一般性課程測驗資料分析

(一) UbD 與一般性課程在「DNA 分子結構」前測平均數差異之檢定

由於施行 UbD 課程之實驗組與一般性課程之對照組學生的研究樣本無法達到完全隨機分組，故本研究先將兩組的前測分數進行差異性之檢定。其中對照組為 73 人、實驗組為 32 人，有效樣本 105 人（刪除蓄意不填答者）。結果顯示兩組學生「DNA 分子結構」前測分數間的變異數為同質性（ F 值=.55， p =.46>0.05），且前測分數間無顯著差異（ t 值=-1.86， p =.07），故可排除前測成績差異的影響（見表 6）。

表6

UbD與一般性課程在「DNA分子結構」之前測結果

組別	人數	M/SD	變異數相等	Levene 檢定	獨立樣本 t 檢定
對照組（一般課程）	73	47.73/12.92	F 值	p 值	t 值 p 值
實驗組（UbD課程）	32	53.05/14.79	.55	.46	-1.86 .07

(二) UbD 與一般性課程在教學前後的成績變化

本部分乃分析實驗組與對照組的學生在課程施行前後是否有效習得「DNA 分子結構」之大觀念，因此使用題型、題數和難易度皆相似的前後測試卷，以相依樣本 t 檢定分析各組學生之前測、後測成績。結果發現，對照組學生的前、後測成績間無顯著差異（ t =-.54， p =.59）；而實驗組學生前、後測成績間則有顯著的提升（ t =-4.87， p =.00*）（見表 7）。因此，UbD 課程設計對於學生在「DNA 分子結構」之教學前後理解力的提升，具有顯著的助益。

表7

UbD與一般性課程在「DNA分子結構」之教學前後成績變化

組別	人數	前測	後測	分數變化	相依樣本 <i>t</i> 檢定	
		M/SD	M/SD	M/SD	<i>t</i> 值	<i>p</i> 值
對照組 (一般課程)	73	44.15/15.31	45.21/19.63	+1.05/17.81	-54	.59
實驗組 (UbD課程)	32	54.11/13.73	65.48/17.34	+11.37/12.79	-4.87**	.00

***p* < .01

(三) UbD 與一般性課程在「DNA 分子結構」後測、延宕測驗之成績比較

以獨立樣本 *t* 檢定比較 UbD 課程與一般性課程學生在「DNA 分子結構」的後測、延宕測驗間是否有顯著差異，結果顯示，實驗組學生除了後測分數顯著高於對照組 ($t=-5.07, p=.00$)，在期末之延宕總結性評量測驗中，對於相關題型的成績，亦顯著高於對照組 ($t=-2.07, p=.04$)。由此可知，施行 UbD 課程之學生對於「DNA 分子結構」之理解成效，不但在課程結束的後測時顯著高於一般性課程；亦於期末延宕測驗中具較高之理解表現 (見表 8)。

表8

UbD與一般性課程在「DNA分子結構」後測、延宕測驗之成績比較

組別	人數	後測	後測獨立樣本		延宕測	延宕測獨立樣本	
		(滿分100分)	<i>t</i> 檢定		(滿分16分)	<i>t</i> 檢定	
		M/SD	<i>t</i> 值	<i>p</i> 值	M/SD	<i>t</i> 值	<i>p</i> 值
對照組 (一般課程)	84	45.21/19.63			13.21/2.58		
			-5.07**	.00		-2.07*	.04
實驗組 (UbD課程)	31	65.48/17.34			14.28/2.06		

p* < .05, *p* < .01

(四) UbD 與一般性課程在「DNA 分子結構」延宕測驗之各題作答分布

分析期末延宕測驗中，學生在「DNA 分子結構」相關題型的作答分布，可發現在單選題的答對率部分，第 1 題 (正確答案為 C) 一般性課程的學生為 82.11%、UbD 課程的學生則為 93.55%；第 2 題 (正確答案為 D) 則分別為 86.32% 和 100%；第 3 題 (正確答案為 C) 分別為 78.95% 和 77.42%、第 6 題 (正確答案為 A) 分別為 85.26% 和 93.55%。可知除第 3 題因純屬背誦記憶型的考題，UbD 課程的學生並無較高的答對率外；其餘題型不論是關於 DNA 分子的化學組成或結構，需要理解及學習遷移之計算題，UbD 課程的學生皆有較高的答對率 (見圖 4)。

而多選題的部分，第 23 題 (正確答案為 ABC) 一般性課程的學生全對者為 56.84%、UbD 課程的學生則為 74.19%；其餘不論錯一或二個選項，也以一般性課

程的學生比例較高。第 27 題（正確答案為 ABDE）一般性課程的學生全對者為 50.53%、UbD 課程的學生則為 64.52%；且剩餘學生中，一般性課程的學生由錯一選項至全錯的比例不等，而 UbD 課程的學生則絕大多數僅錯一個選項（32.26%）（見圖 5）。

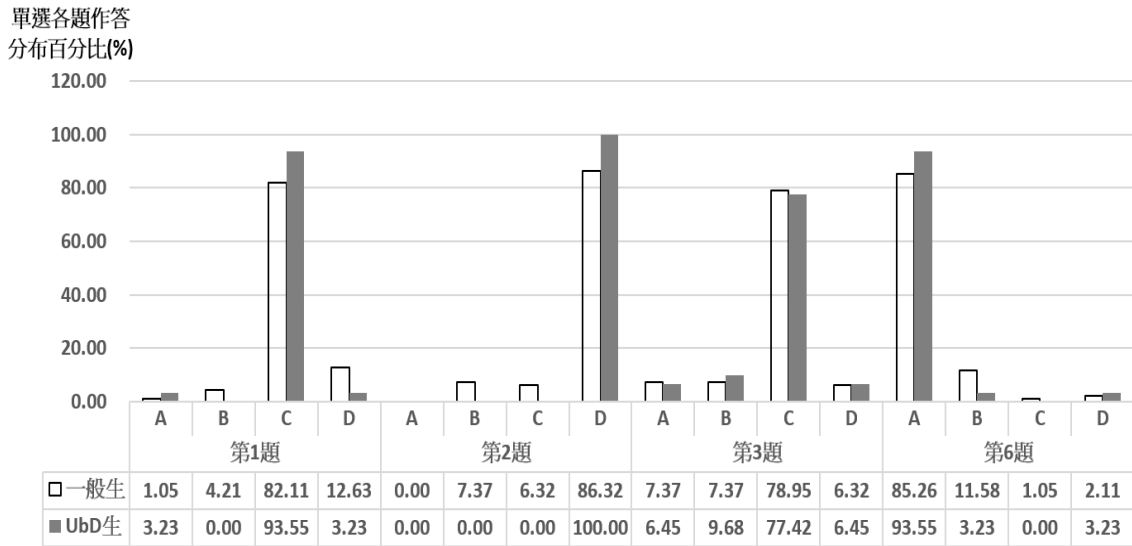


圖 4 期末測驗單選各題作答分布

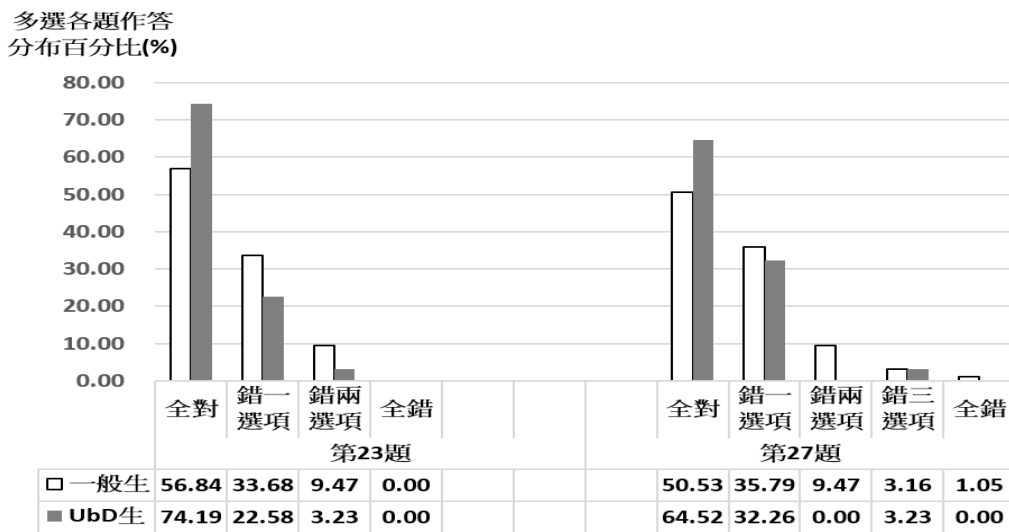


圖 5 期末測驗多選各題作答分布

二、其他輔助評估之資料

(一) 「DNA 分子結構」學習單及教師回應

本研究依據 UbD 理論設計「DNA 分子結構」的學習單，包含學生需以繪圖方式呈現其設計的 DNA 糖果模型、需說明 DNA 的含氮鹼基以及在模型中選擇各種

糖果的配色與原因，短文摘要亦需列點整理 DNA 模型特色。每次的學習單皆可供教師於課堂現場給予學生適時回饋、指正；而短文摘要則可於課堂結束後，提供教師評估學生的理解程度（見圖 6）。

5. 請試著以繪圖方式呈現你們的 DNA 糖果模型，越詳盡越好：

5. 請試著以繪圖方式呈現你們的 DNA 糖果模型，越詳盡越好： *Very good*

5. 請試著以繪圖方式呈現你們的 DNA 糖果模型，越詳盡越好：

你選擇此

1. 請問 DNA 的含氮鹼基為何？在你的模型中是以何種糖代表？

請說明你選擇此種糖的原因？配色為？

磷	A - 淺粉	磷 - 圓形小軟米糖
嘔	T - 紫	氧 - 小熊軟米糖
呷	C - 白	H - 橘色果嘉麗
	G - 綠	OH - 紅色果嘉麗

非常詳盡

請整理出 DNA 的模型特色(可包含方向、結構、長寬.....等)：

- 直徑 2nm 的雙股螺旋
- 去氧核糖與磷酸基構成的骨架在外側
- 分別距 3.4 nm & 0.34 nm
- 兩股方向相反，為平行逆向的組成
- 轉一圈 3.4 nm
- 含氮鹼基帶遺傳訊息，已埋在螺旋構造內
- (A-T) (C-G) 之間用氫鍵互補
- 磷酸酯鍵

圖 6 「DNA 分子結構」學習單及教師回應

(二) 「DNA 模型建構」實作表現

在【第三單元】換我來做 DNA 之「DNA 模型建構」實作課堂中，可實際觀察到學生在活動中所展現出的專注度、參與度，並確實能引發其興趣（圖 7）；而教師藉由在活動進行時，至各組巡視作為評量、適時調整教學內容的難度和深度、更能立即發現學生的迷思，如：在 DNA 的骨架末端遺漏了磷酸根的連結位置；上下相鄰的含氮鹼基中，五碳糖重複了兩次鍵結；記得加入磷酸根但位置或數量搞錯（圖 8）。活動中更發現學生確實能利用學習歷程中的證據（此處即為自己建構

的 DNA 模型) 來證明、推論、描述與實證學習主題內容, 符合理解六個層面中的「說明」、「詮釋」、「應用」; 而當其建構出的成品不如預期時 (如: 教學者要求同學嘗試翻轉自己的模型, 學生才發現模型根本遺漏鍵結的支架、或是間距量測不成比例而無法直立或翻轉), 學生也能進一步提出建設性的批評或類比等個人見解, 做出修正 (圖 9), 並以個人觀點對事件、主題等做出分析與詮釋, 符合理解六個層面中的「觀點」。

活動最後, 教師藉由綜合評量時各組的觀摩, 讓學生自評與同儕互評。自評是請每組創作者說明自己的 DNA 模型設計理念, 嘗試與同學分享 (圖 10); 同儕互評則是請其他同學觀察別人的 DNA 模型, 指出有甚麼可以學習的地方? 或有甚麼漏洞需要做調整? (圖 11)。並要他們票選出最佳的 DNA 糖果模型, 期望能產生學生的自我反思與評價, 符合理解六個層面中的「同理心」和「自身知識」。而教師除了追蹤學生是否有聚焦於持續理解外, 並藉由活動評量中的「師評」時間, 再次講解與說明模型的每一個細節 (圖 12), 發現學生的確有加深理解並不斷強化此一大觀念。



圖 7 各組拼接 DNA 模型
(圖示為活動進行中: 各組正在拼接自己 DNA 模型的狀況)

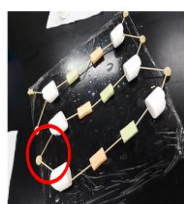


圖 8 DNA 模型常見的迷思
(左圖為上下相鄰的五碳糖重複兩根鍵結; 右圖為磷酸根位置與數量搞錯, 三個都在同一側)



圖 9 提出個人見解並修正
(圖示為學生發現模型間距量測不成比例而無法直立或翻轉, 趕快進行拆除之修正工作)



圖 10 自評

(每組創作者說明自己的模型設計理念, 嘗試與同學分享)



圖 11 同儕互評

(觀察別人的 DNA 模型, 圖示為學生正在指出其他組的漏洞)



圖 12 師評

(教師再次說明模型每一個細節, 同學都聽得非常認真)

(三) UbD 課程學生意見調查回饋問卷

1. 各項目勾選百分比

針對實驗組學生對於課程所填寫的意見調查回饋問卷, 統計問卷中各項目之勾選次數並以百分比方式呈現, 結果發現在 UbD 課程中同學認為自己獲得的收穫大小, 依次為: 學到新知識 (90.0%) > 體驗 DNA 結構的各個面向 (76.7%) > 強化 DNA 結構的概念 (73.3%) > 確認自己對 DNA 主題是否有興趣 (66.7%) > 學到實

驗設計能力 (60.0%) > 認識新朋友 (53.3%) > 學到口頭報告的能力 (43.3%) > 學到書面表達的能力 (36.7%)。由此可知，對於學生來說，普遍肯定此課程能使其「學到新知識」、「體驗 DNA 結構的各個面向」、以及「強化 DNA 結構的概念」，此三大項目皆有超過 70% 的百分比；而本課程需要加強的，則為較無訓練到同學的口頭報告和書面表達能力。

2. 開放式意見回饋

以下簡列出實驗組學生意見調查回饋問卷中，開放式問題之書些內容，可看出 UbD 之課程設計與編排的確具有強化學生興趣及理解之功能，且學生對於「DNA 模型建構」之實作課程更為印象深刻：

透過糖果來製作 DNA 模型的課程，其中最令我印象深刻的部分是利用剪刀把糖果裁出想要的形狀。令我印象深刻的原因是因為跟我原本想的不一樣，糖果十分的難剪，很難輕易的剪出自己想要的形狀。這堂課讓我學到藉由觀察和分析來找出錯誤，並且透過思考想出解決的辦法。像是排列上的錯誤、方向相反、多或少了鏈結等等。(S1-104)

我在這堂課中最大的進步或改變，知識上:DNA 的組成方式和構造、核苷酸之間連接原理;能力上:組裝小物件、物體的平衡性;態度上:和組員一起分工合作、更有耐心。(S1-131)

DNA 糖果模型使用各種糖果和支撐的竹籤與鐵絲來製造生物的 DNA 模型，剛好配合生物課的段考內容，老師藉由這次的上課時間，使我們更了解了 DNA 的各種構造。看起來簡單可是真的要實作的時候真的障礙重重，因為所有東西都要自己從無到有。印象最深刻的是，我其實對於那段的内容並不是很清楚，只好一直問組員。遇到最困難的部分就在大家都手忙腳亂地在製作，製作過程有很多的拼接錯誤，但是幸好在老師的指導下，我們這組仍然完成模型了。

最後在製作完成時，我們把自己那組做好的放在桌上展示。發現大家真的都很用心地自完成這份任務，我們也寫了幾張回饋單給自己最欣賞的那一組。是一堂不僅好吃又好玩，還能踏實的學到知識的課。(S1-111)

DNA 糖果模型用不同糖果代替 DNA 的各種部分，雖然裡面有小錯誤也沒有很螺旋，但做的過程讓我更加熟悉 DNA 的細節，而且糖果很好吃。(S1-113)

伍、結論與建議

根據本研究的三大目的及研究結果整理出結論與相關建議：一、依據 UbD 理論確實可設計出適合課程的評量及教案，但於課程設計時仍須做些許調適。二、UbD 課程設計能提升學生對 DNA 單元理解之學習成效。三、可以 UbD 理論設計更多高中生物大觀念之教案，亦希望納入更多 UbD 課程之教師與班級數。詳述如下。

一、依據 UbD 理論確實可設計出適合課程的評量及教案，但於課程設計時仍須做些許調適

(一) 運用「WHERE TO」要素及相關表格須注意之處

本研究顯示，依據 UbD 理論確實可協助研究者設計出增進學生理解的課程方案及適合課程的有效評量，包含各種形成性評量等證據（如自評、同儕互評、師評）及實作任務。研究中除了運用 UbD 理論中課程的逆向編排方式，在階段三的「設計學習活動」亦依據其「WHERE TO」之要素概念進行設計，儘可能將所有要素皆涵蓋於教案之中。然而此處須澄清，這些要素並非按順序、按步驟進行，各要素的內涵其實有部分是可重疊、交錯的。如：「E」讓學生具備相關知識與技能，因為課程是螺旋式的加深，故在不同單元皆有不同的知識與技能需要建構；而每一次的單元皆應有讓學生自我評量的時間點，以利其認知自我在理解上的不足。

UbD 理論相關教科書有其最大的強項及優勢，即其書中附帶有很多實務上方便操作的表格、條例、問題填空等，如其「六個層面的評量效標」表格中，將理解的六個層面各自由程度低至高給予評分上的指標依據說明（賴麗珍譯，2018，p. p. 178-179）；在《重理解的課程設計：專業發展實用手冊》（賴麗珍譯，2016）中，有適合更詳細教學計畫的「六頁式範例」等。然而在「六個層面的評量效標」部分，雖然作者將六個層面各自的評分高低指標以文字說明的十分詳盡，但終究是一大段的文字說明；在實務操作現場，教師若要能以此說明給予評分的量化數字高低，仍需自行修正、簡化成可評分、勾選的表格，方可做後續的統計分析比較。

(二) 個人化的理解評量較難執行

對於 UbD 理論中，運用「理解的六個層面」之展現來評估學生的理解狀況，本研究亦完整的將說明、詮釋、應用、觀點、同理心及自身知識之層面，融入於四大單元之不同主題或活動中。然而，以研究者在實務操作現場的經驗而言，若要確實將理解的評量達到量身訂製、個人化，實為最困難且門檻較高的部分。

因為每一個學生的知識背景、動機、能力都不同，很難同步操作同樣的探究流程、亦難以給予同樣的任務。如本研究要求學生書寫其所理解與不理解之處，研究者即發現中後段的學生無論如何書寫，其可用的詞彙皆很有限、亦不太能表達其內心完整的思維。另外，以一班超過 30 人的高中端大班教學而言，若要教師可徹底觀察到個別學生的理解，更是極為困難、需克服的。如本研究中所建構的 DNA 糖果模型仍是以分組操作來作評量，故就算可透過各組的作品產出與說明來觀察其是否理解此一大觀念，但此仍為整組的統合評量。然而，理解不是應該是個人的事情嗎？我們又如何能用分組的評量結果來決定個人的理解程度呢？因此研究者建議需要更多教師協同教學來交互觀察個別學生的狀況，更希望能改為小班教學的方式才可以更細緻。

而若實務現場無法達到教師之協同或小班教學、專題操作，則至少教師須做到持續的形成性評量，透過最直接的紙筆測驗方式，藉由好的試題直接查核、評估每一個個別學生的狀況、理解上的進展；並持續詢問學生懂了哪些、不懂哪些。教師也可透過此持續性的評量，儘可能協助中後段學生的學習結果整批往前拉一點。另外一種達到個人化的辦法，研究者認為也可以較自由、讓學生自己選擇作品呈現的方式，如：要求程度更好的同學另外設計一份作品集、筆記之學習歷程，亦可為差異化教學的另一種選擇；甚至可由學生自己決定評量方式，並解釋為何選擇此方式，做為測試「個人化理解」的好路徑。

二、UbD 課程設計能提升學生對 DNA 單元理解之學習成效

(一) UbD 課程設計能提升學生理解程度與學習興趣

本研究融合了 UbD 的逆向式課程設計、「WHERE TO」要素、「理解的六個層面」的展現以及多元的評量方式，過程中學生確實展現出理解的深化以及大觀念的聚焦。在比較 UbD 課程組與一般性課程組學生理解程度的差異情形，「DNA 分子結構」後測及總結性測驗的結果皆顯示，施行 UbD 課程的學生在成績表現上皆顯著優於一般性課程者；且 UbD 課程學生不論是自身在成績變化上有明顯的提升，在期末總結性測驗中對相關試題的答對比例也高於一般性課程的學生，故此課程設計的確有助於幫助學生增進理解。

而 UbD 所謂的實作任務是希望學生將學習遷移到真實生活情境中，故研究者運用糖果建構 DNA 模型、了解 DNA 分子結構並進行萃取和保存，的確觀察到可使學生將其對 DNA 大觀念的理解表現在「說明」、「詮釋」、「應用」、「觀點」、「同理心」和「自身知識」等不同層面。課程結束後的回饋問卷中，發現學生對於此課程能使其「學到新知識」、「體驗 DNA 結構的各個面向」、以及「強化 DNA 結構的概念」的肯定度皆超過 70%；開放式的意見回饋亦顯示此課程令學生印象深刻、感到興趣。

(二) 本課程設計尚需增強學生書面與口語表達之能力

由 UbD 課程學生意見調查回饋問卷的各項目勾選百分比可知，研究者未來在進行此課程之修正時，需要更加強學生學習單之書寫（書面表達），不論是內容深度、項目或生物繪圖能力的指導；以及需要加強學生上台表達之能力，讓口頭報告的呈現不只侷限於各組的分組座位旁，也不只由各組的 1 或 2 位同學代表介紹，而更應該設計成讓每位同學皆能在全班面前勇敢地分享、敘說、提出個人觀點。

三、可以 UbD 理論設計更多高中生物大觀念之教案，亦希望納入更多 UbD 課程之教師與班級數

對於此一打破以往授課流程的逆向操作模式，至少在「DNA 分子結構」此一

大觀念方面，研究者認為 UbD 理論展示了良好的發揮與推廣空間。儘管依據 UbD 的理論設計課程，在一開始的撰寫設計上需要花費許多時間思考，但也因此使課程能夠有更清晰的學習目標，使研究者在實施課程後能夠快速檢視課程品質，並根據課程目標修正評量及學習活動。然而運用 UbD 的課程活動計畫，不僅需要逆向設計，更重要的是須包含讓學生能不斷聚焦在大觀念的理念、並能符合多元評量的原則。以上皆需要教師能主動分析並持續的回饋，因此需要更多有能力且有意願的教師投入。

而本研究最大的限制，即雖然在統計結果方面皆有顯著差異，但畢竟施行 UbD 課程的班級僅有一班，若有更多班級的施行結果當然會更具說服力。然而本研究之所以僅以一班進行 UbD 課程，即因此模式需要打亂原本章節編排，為新式的課程，研究者在未知測試結果的狀況下，受限於課程章節順序、教材與考試進度之壓力，僅能先初步由該任課教師之四個班級中隨機抽取其中一班予以施行。在經過此初步試驗有良好結果後，未來研究者也冀望能運用 UbD 理論重新整理高中三年的各式生物主題課程，以打破章節、注重大觀念的逆向設計方式，設計出更多精緻的課程方案，提升學生的理解。

參考文獻

一、中文部分

- 宋明娟、于霞、曾春蓮（譯）（2015）。**教育哲學**（原作者：J. Passmore）。臺北市：心理。（原著出版年：1980）
- 教育部（2018）。**十二年國民基本教育課程綱要—國民中小學暨普通型高級中等學校自然科學領域**。臺北市：教育部。
- 陳俊宏等（2019）。**生物（全）**。新北市：龍騰文化。
- 陳俊宏等（2019）。**選修生物 I（全）**。新北市：龍騰文化。
- 黃音萍（2018）。**UbD 核心素養導向課程設計之行動研究—以國小社會領域為例**（未出版之碩士論文）。中原大學教育研究所，桃園市。
- 黃燕萍（2017）。運用理解設計品質成果導向學習理論探討程式語言課程教學成效。**大學教學實務與研究學刊**，**1**（2），125-144。
- 楊冠政（1977）。美國 BSCS 生物課程研究。**科學教育月刊**，**7**。
- 張慧琳、王金國（2019）。UbD 逆向設計結合六層次閱讀認知能力提問教學對國中一年級學生閱讀理解學習成效影響之研究。**教育理論與實踐學刊**，**40**，77-105。
- 張瀚陞（2019）。初探多文本閱讀以 UbD 課程設計融入社會學習領域成效之研究。**南亞學報**，**39**，89-126。

- 劉怡甫 (2011)。21 世紀教師不可不知的 UbD。輔仁大學深耕教與學電子報，25，133-150。
- 潘玉龍 (2017)。從健康與體育領域談 UbD 重理解的課程設計。臺灣教育評論月刊，6 (8)，92-97。
- 賴麗珍(譯)(2016)。重理解的課程設計－專業發展實用手冊(原作者：G. Wiggins & J. McTighe)。臺北市：心理。(原著出版年：2004)
- 賴麗珍(譯)(2018)。重理解的課程設計(原作者：G. Wiggins & J. McTighe)。臺北市：心理。(原著出版年：2005)

二、西文部分

- Gardner, H., & Boix-Mansilla, V. (1994). Teaching for understanding in the disciplines and beyond. *Teachers College Record*, 96(2), 198–218.
- Wiggins, G. & McTighe, J. (1999). *The Understanding by Design handbook*. The Alexandria, Virginia USA: ASCD.
- Wiggins, G. & McTighe, J. (2004). *Understanding by Design professional development workbook*. Alexandria, Virginia USA: ASCD.
- Wiggins, G. & McTighe, J. (2011). *The Understanding by Design Guide to Creating High-Quality Units*. Alexandria, Virginia USA: ASCD.
- National curriculum in England: science programmes of study. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study#key-stage-4>
- National science education standards (1996) Retrieved from <https://www.nap.edu/catalog/4962/national-science-education-standards>
- Next Generation Science Standards For States, By States (2013) Retrieved from <https://www.nap.edu/catalog/18290/next-generation-science-standards-for-states-by-states>
- Passmore, J. (1980). *Philosophy of teaching*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Perrone, V. (1998). Why do we need a pedagogy of understanding? In M. S. Wiske (Ed.), *Teaching for understanding: Linking research with practice* (pp. 13–38). San Francisco: JosseyBass.
- Perkins, D. (1998). What is understanding? In M. S. Wiske (Ed.), *Teaching for understanding: Linking research with practice* (pp. 39–57). San Francisco: Jossey-Bass.
- Roseman, J. E., Kulm, G., & Shuttleworth, S. (2001). Putting textbooks to the test. *ENC Focus*, 8(3), 56-59.

投稿日期：2021 年 07 月 13 日

修正日期：2021 年 08 月 28 日

接受日期：2021 年 09 月 29 日

Impact of Understanding by Design on Student Learning Outcomes in a High School Biology Course

Ruo-Chieh Chen

Biology Teacher, New Taipei Municipal Banqiao Senior High School

ABSTRACT

In response to the emphasis on DNA in the high school biology curriculum, this study employed Understanding by Design (UbD) theory to design a DNA curriculum that combined backward design, WHERETO elements, and Six Facets of Understanding to improve learning outcomes. The curriculum was implemented in four classes (105 students). One class was given the UbD courses as the experiment group and the other three classes were given the standard courses as the control group. The study investigated the difference in learning outcomes of the two groups of students. This study used both quantitative and qualitative data for analysis. The *t*-test was used to analyze the quantitative data which were the students' performance on the DNA structure concept test. The qualitative data included worksheets, short essay summary, DNA model building assignment, and students' curriculum questionnaire. The findings showed that UbD theory could be used to develop assessments and lesson plans suitable for courses. The students' performance in UbD courses was significantly higher than the students' performance in standard courses. Thus, curriculum design based on UbD theory could improve learning outcomes of students' understanding of the DNA unit.

Keywords: understanding by design (UbD), DNA structure, learning effect, high school biology

附錄 「DNA 分子結構」第一、二、四單元之教案內容

【第一單元】被遺落的身影

階段	UbD 逆向設計	教案內容
一	確認終極目標	帶學生討論同樣是 DNA 結構的重要發現者，為何男女科學家在當時受到的待遇如此不同？並配合性別平權的議題，帶同學認真看待女性以往在科學上所面臨的處境 (W&T)。
二	定義學習成效之評量	1. 女性科學家之性別平權、典範轉移等議題討論 (R)。 2. 讓學生自己推導出著名的「查加夫法則」公式 (E)，並以 DNA、RNA 病毒之類題作為練習 (E)。
三	設計學習活動	1. 引起動機----富蘭克林妳哪位？藉由播放 DNA 發現史上被遺落的女科學家----「富蘭克林的一生」影片，讓學生由真實的、卻被忽略的歷史故事中，開始好奇 DNA 當初如何被發現的過程 (H)。 2. 發展活動：再引入另一位 DNA 發現史上的重要科學家----「查加夫」，說明其對於 DNA 成分中重要含氮鹼基配對時的發現 (O)。

【第二單元】雙股螺旋模型的創建

階段	UbD 逆向設計	教案內容
一	確認終極目標	藉自我歸納與教師總結，學生能推導出 DNA 真實模型----華生和克立克之模型 (E)；並徹底理解課本中艱深需記憶之敘述 (W)。
二	定義學習成效之評量	1. 教師在教室內巡視，觀察各組的討論情況。 2. 由分組活動時各組的破綻找碴中，發現學生的理解程度以及是否有迷思概念。 3. 藉由每位學生在學習單上畫出 DNA 的鍵結圖型，評量其認知上錯誤之處。
三	設計學習活動	1. 引起動機----只有兩條線索 (H) 不事先告知學生 DNA 應有的模型結構(教師故意不提供課本圖片)，而是複習在第一單元已出現過的兩條線索：(1)DNA 應為雙股對稱排列、螺旋固定距離重複出現(富蘭克林的發現)。(2)含氮鹼基有特殊比例和配對(查加夫的發現)。再讓學生進行分組，討論如果他是當時的華生或克立克，如何根據僅有的兩條線索，拼湊出 DNA 可能的模型？ (R) 2. 發展活動 (O)----如果我是華生？學生分組討論其認為的 DNA 模型，並由各組輪流上台報告，說明其理論模型的原因 (T)。在各組分別分享完其認知的 DNA 模型後，由不同組別互評其他組模型可能的破綻。再由各組票選出心目中最理想、最可能的 DNA 真實模型 (E)。

【第四單元】萃出自己的 DNA

階段	UbD 逆向設計	教案內容
一	確認終極目標	每位同學皆能學會萃取方式與實際操作 (E)，並完整製作出一罐專屬個人的客製化 DNA 瓶 (W)。
二	定義學習成效之評量	1. 個人 DNA 萃取之成功率 (E)。 2. 對自身 DNA 情意面之展現。
三	設計學習活動	1. 引起動機 帶同學到生物實驗室，每個人走進教室時教師便發下一個已標示有日期和其姓名的透明萃取瓶(可密封的小罐子)。告知同學今天的任務是要每個人都能萃取出自己的 DNA，並將其完整收集、保存在這個透明瓶子中 (R&T)。 2. 發展活動 (O) 萃取 DNA 之實驗。待學生完成 DNA 萃取及收藏後，每人發下一張小紙卡，請其上面寫下給未來世界的自己 or 複製的自己的一段文字；再用貼紙將此張小卡和 DNA 罐黏在一起，請其回家後放置於冰箱保存(冷藏即可)，並自己訂製一個開封的時間，如：畢業典禮當天、學測考完、分手時、十年後…… (H)

