
智慧設計論在科學課堂教學的可行性

--從 STS 視角思考

陳欣珏 張俊彥*

國立臺灣師範大學 科學教育研究所

摘要

隨著社會變遷及科技發展，科學教育作了諸多改革。不同於傳統教學著重在科學理論的知識面向，改革後的科學教育更強調讓學生理解科學與社會脈絡之間的互動，STS (science, technology and society) 教學因應而生。長久以來智慧設計論是否適合在科學課堂中教學是一個備受爭論的議題。許多學者主張智慧設計論並非合法的科學理論，不具備在科學課堂中進行教學的資格。然而，本文提供了一個新的視角，主張將智慧設計論作為 STS 社會議題融入科學教育，藉此豐富科學課堂的教學內容，並培養學生的公民科學素養。最後，基於教學實踐與學生收益上的考量，筆者亦提供實質教學上的具體建議。

關鍵詞：智慧設計論、不可化約複雜性、複雜特定信息、STS 教學、科學教育

壹、緒論

智慧設計論(Intelligent Design, ID)是當代思潮，其理論家及科學家提出生命起源於設計的論證，認為複雜的生物特徵並非由隨機突變及自然選擇的演化方式逐漸累積，而是出自於一位有意識者的設計(Behe, 1996; Dembski, 2002; Johnson, 1991; Meyer, 2009, 2013)。智慧設計論的教學爭議在各地引起廣泛的討論，無論是美國(Binder, 2007; Scott & Branch, 2003)、英國(Reiss, 2011)、歐洲(Blancke, 2010)……等。

就著部分支持者而言，智慧設計論可作為科學與宗教之間的橋樑，使有宗教信仰者建立和諧連貫的世界觀(Dembski, 2002; Taşkın, 2014)。然而，對於一些批評者來說，智慧設計論並非合法的科學理論，而是創造論及創世科學論的重新包裝(Deming, 2008; Forrest, 2008; Homchick, 2012; Sarkar, 2011; Woodill, 2015)，其教學目的在於推動宗教(Jones III, 2005)。

本文旨在探討智慧設計論納入科學課堂的可行性，並從 STS 視角提出筆者自己的看法。

* 為本文通訊作者

貳、智慧設計論的兩個核心理論

智慧設計論的共同主張在於生命的起源出自於某位設計者。不同於唯物自然主義，認為世界是由物質與能量組成；智慧設計論的理論家主張出於意識的「理智原因」(intelligent cause) 可以更好地解釋生命起源。Dembski(2002)認為理智原因與超自然原因必須作出區分。理智原因可透過「信息」跡象而被觀察驗證。智慧設計論是經驗觀察獲得的結果，可以作為合法的科學理論。就著理論本身而言，設計者身分是未知的。人的頭腦可以藉著「謹慎思考能力」產生特定信息；同樣地，設計者的意識亦有能力產生複雜的 DNA 信息(Meyer, 2009)。關於生物出自於設計的不同主張，本文聚焦於兩個主要的核心理論，以下依序介紹。

一、不可化約複雜性(IC)

「不可化約複雜性」(Irreducible Complexity, 以下簡稱 IC)是由生物化學家貝希提出。他在 1996 年出版《達爾文的黑匣子》提及 IC 意味著「幾個相互作用的元件形成單一系統，去掉任何一個元件都會導致整體系統無法有效運作」(Behe, 1996)。IC 與達爾文「累世修飾」(descent with modification)的積累式複雜性相對。如果一個系統是順次安置的，拆除部分元件並不導致系統功能的喪失，即稱為積累式複雜性。城市即為積累式複雜性的例子，當城市建築逐漸拆除成為村莊時，並不喪失其共同體的意義(Meyer, 2009)。達爾文的

演化論強調演化沒有特定目的 (Mayr, 1992)。突變的發生是隨機的，適應環境的個體就生存下來，無法適應的就被淘汰 (Gregory, 2009)。舊系統逐漸連續地演變成為新系統。這樣逐漸連續演變的過程符合積累式複雜性。

貝希以兩個具有 IC 特徵之生化系統為例，依序介紹如下：

(一) 單磷酸腺苷的從頭合成機制

Greenberg(1951)和 Buchanan(1960)採用同位素追蹤「單磷酸腺苷」(Adenosine monophosphate, 以下簡稱 AMP)的降解產物尿酸，發現其嘌呤環(Purine Nucleotide)的合成原料分別為甘胺酸(Glycine)、天門冬胺酸(Aspartate)、穀氨醯胺(Glutamine)、二氧化碳(CO₂)和一碳單位(Formyl unknit) (圖 1)。AMP 的重頭合成機制(de novo biosynthesis)分成兩個階段。在第一階段中核糖-5-磷酸 R5P(Ribose 5-phosphate)經過一系列反應產生肌苷酸 IMP(inosine monophosphate)，IMP 接著再轉變為 AMP (Ben-Sahra, Hoxhaj, Ricoult, Asara, & Manning, 2016)。合成過程可分成 13 個步驟，涉及 12 種酶。然而，化學家在實驗室中利用化學規律以簡單分子合成腺嘌呤，無法用以解釋 AMP 在細胞中生成的複雜途徑。再者，AMP 為維持生命所必須，此合成的複雜途徑只有最終產物被用在細胞中。中間體只能在酶的小心引導下才得以製造，且其化學性質並不穩定。那麼，該如何漸進演化而來呢？因此，貝希主張

AMP 的重頭合成機制是由「設計」而來 (Behe, 1996)。

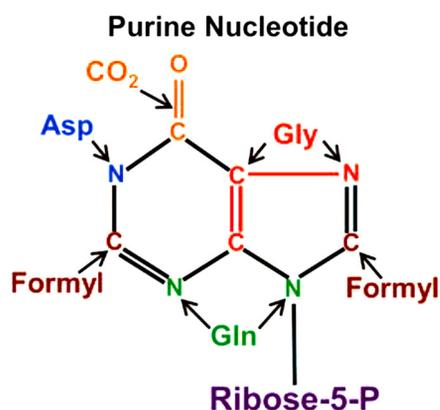


圖 1、嘧啶環

Asp: Aspartate; Formyl unit; Gln: Glutamine; Gly: Glycine; Ribose-5-P: Ribose 5-phosphate

資料來源：引自” mTORC1 induces purine synthesis through control of the mitochondrial tetrahydrofolate cycle,” by I. Ben-Sahra, et al., 2016, *Science*, 351(6274), 728-733.

(二) 光傳導機制

視覺產生的過程中，光受體細胞可以將光刺激轉換成神經衝動，沿著視神經傳遞到大腦而形成視覺。在此複雜生化系統中，只要缺少任何一個分子的作用，視覺便無法形成。達爾文聲稱自然選擇可將色素層包圍的視神經之簡單視覺裝置，細微而逐漸地演變成完善的視覺器官 (Darwin, 1859)。然而，貝希認為達爾文對不同物種之視覺器官的解釋，無法說明視覺的產生。貝希主張「視覺的形成」是達爾文的黑匣子。如今，透過「光傳導機制」(phototransduction)

的研究，此黑匣子已經被打開了 (Behe, 1996)。在光傳導機制中，光子碰觸到視網膜上的光受體細胞 (photoreceptor cell)，會與細胞中感光色素視紅質 (rhodopsin) 內的視黃醛 (retinal) 相互作用，使之從 11-順式視黃醛轉換成反式視黃醛。此分子的結構變形活化了傳遞蛋白 (transducin)，進而活化附近的磷酸二酯酶，使 cGMP 大量分解，鈉離子通道關閉，膜電位下降。簡而言之，透過一連串的生物化學機制，光受體細胞可以將光刺激轉換成神經衝動 (nerve impulse)，沿著視神經傳遞到大腦而形成視覺。在此分子層面中，只要缺少任何一個分子的作用，視覺便無法形成，因此符合「不可化約的複雜性」。即便是水母這樣原始的視覺系統，也必須經過一連串的 G 蛋白光傳導機制 (G protein-mediated phototransduction cascade) (Arshavsky, Lamb, & Pugh Jr, 2002)。此機制中的組成成分必須同時具備，才能產生作用。因此，無法根據達爾文的漸變理論得到解釋。

根據貝希的推斷，具備 IC 特徵的複雜生化系統 (例如：光傳導機制、AMP 的重頭合成機制…等) 只能用「設計」解釋。設計意味著「設計者按其目的，有計劃地安排組成元件，使其相互作用以共同完成特定使命」。然而，他也指出區辨一個整合系統具備 IC 特徵是不容易的，必須根據其元件的多寡、彼此相依互存的程度而定 (Behe, 1996)。

二、複雜特定信息(CSI)

Dembski(1997)提出「複雜特定信息」(Complex Specified Information, 以下簡稱CSI)為推論某客體(事件、物體、結構)是否出自設計的標準。他主張出自設計的客體必須具備以下三項特徵(圖 2)：

(一) 偶然性(contingency)：

偶然性與必然性(necessity)相對。必然性意味著因自然規則而必然發生的規律。Dembski 認為必然性無法產生 CSI。他主張自然規則只能傳遞或丟失信息，無法增加新的 CSI。反過來說，當某客體與自然規則相容，但又不受到自然規則所制約，便可稱之為偶然性，例如：棋盤上隨意丟擲的棋子。棋子因著重力緣故擺放在棋盤上。重力屬於自然規則，但棋子間的排列並不受到物理化學的自然規則所制約。然而，某客體的偶然性並不能保證出自設計，它亦可能是隨機出現(chance)。

(二) 複雜性(complexity)

複雜性與機率大小成反比。某客體的複雜性愈高，則其出現的機率愈低。例如：投擲硬幣愈多次，其正反面排列次序愈複雜，因而出現的機率愈低。然而，複雜性仍然不足以排除隨機出現的可能性。舉例來說，隨意投擲硬幣 1000 次所產生的正反面結果，雖然機率極低，但不具備任何結構性，仍然無法推斷其出自於設計。因此，區別設計還需要一項重要的特徵：特定性。

(三) 特定性(specificity)

特定性是指在事件前就已經存在且獨立於事件的特定參照模式。例如：電話號碼的「排列方式」(參照模式)早已存在，無論是否有將其「背誦出來」(事件)。

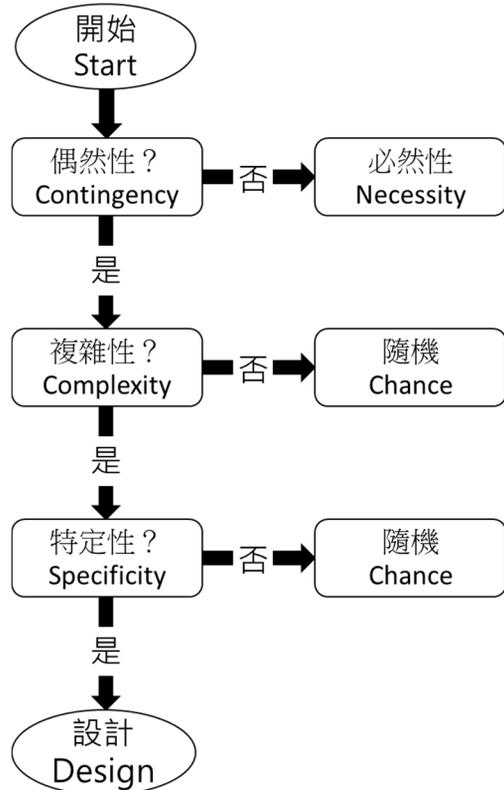


圖 2、設計推論

資料來源：引自” Intelligent design: the bridge between science & theology,” by W. A. Dembski, 2002.

然而，當我們推斷某客體非出自設計時，其標準是不可靠的。換言之，基於以下兩個理由，我們無法輕易判斷某客體並非設計而來：

A. 設計者可以模仿必然性

設計者可以模仿因自然規則而必然發生的事件。例如：下雨天地會濕，一個人也可能有意拿起一桶水潑在地板上。在這兩種情況下，地板濕的情形看上去一樣，但前者由於自然規則，後者則出自於設計。

B. 探測設計者行為要求我們具備足夠背景知識

一個間諜在偷聽一個密碼交流頻道。如果他不知道如何破譯他正偷聽的雙方所用的密碼系統，則通過交流頻道的任何訊息都是不可理解的。

根據 Dembski(2002)的說法，由於上述兩個原因，我們無法輕易判斷某客體並非出自設計。另外，隨機出現的客體可以產生「特定非複雜」或「複雜非特定」的信息。例如：一位文盲隨意敲打鍵盤也極有可能拼湊出任何有意義的短單詞，像是 T-H-E；或者，他也可能敲打出冗長但毫無意義的英文亂碼。此外，Dembski(1997)提出「信息守恆定律」，認為自然規則、偶然性或兩者結合皆無法產生 CSI。他主張自然規則只能傳遞或丟失信息，無法增加新的 CSI。偶然性可以產生「複雜非特定」或「特定但不複雜」的信息，但不允許高度複雜的特定信息。因此，若是「高度複雜且特定」的信息(CSI)就必定出自設計。Dembski 進一步指出，具備 IC 特徵之複雜生化系統亦符合 CSI 特性。首先，它由許多高度相互協調且為功能上所必需的元件組成，符合複雜性。另外，複雜生化系統具備特定

功能，符合特定性。換言之，我們可以推論具有 IC 特徵的複雜生化系統出自於設計。

三、小結

IC 意味著複雜生化系統的分子機制只能用「設計」解釋；CSI 則表明具有偶然性、複雜性，以及特定性的客體必然出自「設計」。總的來說，「生物出自設計」意味著「理智原因」產生的「信息」透過物質途徑傳輸，進而形成複雜、高度整合，且相依互存的多樣生命((Behe, 1996; Dembski, 2002)。

參、智慧設計論可作為 STS 社會議題在科學課堂中教學

一、智慧設計論適合作為 STS 教學的社會議題

STS(Science, Technology and Society) 是一門跨領域學科，主要在探討「科學、科技與社會」之間的交互關係，研究科學對社會造成的衝擊，以及社會對科學產生的影響(Aikenhead, 2009)。STS 教學強調教育與生活之間的關聯性，幫助學生從個人及社會視角理解科學，將科學學習與個人意義及社會文化連結(Yager, 1993)。STS 教學的目的在於培養學生成為具備科學素養的公民(Aikenhead, 2009)，使學生了解如何將科學知識與科技運用於日常生活中(Akcaay & Akcaay, 2015)。《九年一貫課程綱要 - 自然與生活科技學習領域》提到，「學生應該瞭解科學與技術的發展對人類

生活的影響，學會使用和管理科學與技術以適應現代化的社會生活」(教育部，2010)。STS 課程正符合上述的教學目標。以下就著 STS 課程的教學模式、STS 教學對學生科學學習的影響，以及 STS 議題的挑選原則，闡明智慧設計論適合作為 STS 教學議題的理由。

(一) STS 課程的教學模式

STS 教學與傳統教學不同。傳統科學課堂是以特定學科(例如:物理、化學、生物…等)的專業知識為主軸(Mansour, 2009)，這種分科模式割裂了原本完整的生活世界。STS 作為科學教育的新範式，強調社會背景中的科學，以學生實際面臨與

生活議題相關的科學知識來建構課程內容(Yager, 1993)。透過將課堂與現實生活聯繫，幫助學生運用探究技能及科學知識解決日常生活的問題(Akçay & Akçay, 2015)。傳統以教科書為主的講述式課程，教師的角色是知識的傳遞者。然而，在 STS 教學中，教師成為教學活動的設計者(Mansour, 2009)，鼓勵學生彼此互動並引導學生反思討論的議題(Akçay & Yager, 2010)。傳統課程的教學目標側重於科學理論知識，STS 則著重在科學知識及個人與社會問題之間的聯繫(Aikenhead, 2009)。根據不同學者的觀點，傳統教學模式與 STS 教學模式的比較整理如表 1 (Akçay & Akçay, 2015; Yager, Yager, & Akçay, 2009)。

表 1：傳統教學模式與 STS 教學模式的比較

教學模式	傳統教學	STS 教學	參考文獻
教學目的	培養學生科學專業技能	培養學生成為有科學素養的公民	Aikenhead (2009)、Mansour (2009)、
課程目標	盡可能接受教科書知識	提出計畫解決當前問題	Aikenhead (2009)
課堂活動	以教師為中心	以學生為中心	Mansour (2009)、Yager 等人(2009)
教學策略	傳統講述或實驗教學	圍繞議題的課堂討論活動	Yager 等人(2009)
課程內容	以教科書的章節為主	允許教師及學生使用各種資源	B. Akçay 與 H. Akçay (2015)
課程主題	著重在科學專業知識	著重在社會及生活議題	B. Akçay 與 H. Akçay (2015)、Aikenhead (2009)、Yager (1993)
課程導向	以教科書為導向	以不同學生的問題與經驗為導向	B. Akçay 與 H. Akçay (2015),
小組合作	遵循實驗的程序和步驟	針對議題展開討論	Akçay 與 Yager (2010)

STS 教學是以建構主義的理論為基礎 (Akcaý & Yager, 2010; Amirshokoohi, 2010), 相信學生從個人經驗出發並主動探究會發展出更深刻豐富的知識結構, 從而靈活應用所學知識至新的情境脈絡中 (Akcaý & Akcaý, 2015)。STS 的教學方法是以學生為中心, 藉由課程討論的議題讓學生識別潛在問題並提出解決方案 (Yager et al., 2009)。由於每位學生的知識背景不同, 產生的問題與解決方式也不盡相同。因此, STS 教材不侷限在教科書中, 反而鼓勵學生廣泛搜尋各樣的訊息資源 (Akcaý & Akcaý, 2015)。STS 教學活動的形式包括: 辯論、小組討論、案例研究, 以及口頭與書面報告...等 (Heath, 1992)。

(二) STS 教學對學生科學學習的影響

STS 課程的討論議題涵蓋不同學科, 讓學生了解科學與社會的雙向互動, 目的在於提升學生的科學素養及公民參與。根據不同學者的主張及實徵研究, STS 教學對學生科學學習的主要影響列舉如下:

1. 培養學生積極的科學態度

傳統的科學課堂是以特定學科為主題, 較難與實際生活相連結 (Akcaý & Akcaý, 2015)。STS 教學涉及日常生活的相關議題, 讓學生有機會從現實生活中選擇問題並進行探討 (Amirshokoohi, 2010)。Yoruk、Morgil 與 Secken (2009)認為透過 STS 的教學模式, 學生可以理解他們的學習主題與現實生活息息相關。教學研究的結果亦

顯示, 以學生為中心的 STS 教學可以培養學生更積極的科學態度, 包括對科學課堂的態度以及未來選擇科學作為一種職業 (Akcaý & Akcaý, 2015; Akcaý & Yager, 2010; Yoruk et al., 2009)。由此可知, STS 教學可以發展學生對於科學的興趣, 進而選擇科學相關領域作為生涯規劃。

2. 鼓勵學生參與公共議題

學生是未來公民。在民主社會中, 公民被賦予更多影響國家政策的決定權。Mansour(2009)指出科學教育應該幫助學生為科學相關的社會議題作出決策, 無論關係到個人或政治層面。STS 教學意味著讓學生關注當前社會問題並嘗試將其解決, 為學生提供課堂和現實社會之間的聯繫 (Yager, 1993)。學生嘗試解決發現的問題時, 有機會體驗公民身份角色 (Yager et al., 2009)。因此, STS 教學可以幫助學生落實社會責任及對公共議題的積極參與 (Amirshokoohi, 2010), 培養學生成為 21 世紀科學文化公民。

3. 激發學生的批判性思維

根據 Ennis(2011)的觀點, 批判性思考意味著在判斷事物時, 並非不假思索地全盤接受某一觀點, 而是對不同解釋作出懷疑與批判, 並設計標準進行分析。這樣的思考模式要求思考者具備足夠的知識背景, 並且靈活的應用思考技巧來解決問題。Barak 與 Dori(2009)指出, 批判性思考屬於高層次認知能力, 強調對複雜事物的分析

並產生可靠的論據。STS 課程幫助學生學習識別問題，收集資料並提出解決方案 (Yörük, Morgil, & Seçken, 2010)。這意味著學生必須從自己的問題開始，利用當地資源尋找可用的訊息 (Yager et al., 2009)，單獨或分組採取行動來解決實際問題 (Mansour, 2009; Yager, 1993)。因此，以 STS 架構為教材內容可以讓學生反思科學與社會問題之間的關係，並激發學生的批判性思維 (張淑芬、蔡勝安、范斯淳，2011)。

4. 提升學生對科學本質的理解

Akçay 與 Akçay (2015) 在教學研究中，運用 STS 教學讓教師與學生討論科學概念如何隨時間變化、社會文化特徵在科學知識發展中的作用，以及創造力和想像力對於科學知識的重要性。研究結果顯示，相較於傳統的科學課堂，STS 教學更能讓學生理解科學概念的本質。張淑芬等人 (2011) 亦指出，以科技史作為 STS 教學主題可以讓學生藉由科技發展的過程了解科學發現的脈絡，進而加深其對科學本質的認識。

(三) STS 議題的挑選原則

根據不同學者的觀點，筆者將 STS 議題的挑選原則整理如下 (張淑芬等人，2011；黃雅莉，2002；Heath, 1992)：

1. 學生感到興趣的：

以學生個人好奇及關切的事物為學習重點，可以引發學生的學習動機，培養其主動探索科學的能力。

2. 當前社會的熱門議題：

對於國家全體人民重要的議題可以持續地被討論，並鼓勵學生公民參與。例如：農產品的複製與改良、環境破壞、能源枯竭、水資源、全球化競爭引起的社會公平性、世界性的飢餓與食物資源，以及基因工程相關的議題 (Bybee & Mau, 1986)。

3. 與學生生活相關且可應用在生活中：

將社會議題融入科學課堂，學生能更深刻體會學習過程，並靈活運用所學到的知識在新的情境中 (Akçay & Akçay, 2015)。與學校、家庭及社區相關的議題可以幫助學生在真實生活經驗中學習科學。例如，臺灣近年來的社會議題：貢寮核四廠的興建、垃圾焚化爐的興建、蘭嶼核廢料，以及松山機場噪音事件…等 (王鼎銘，2001)。

4. 符合學生的社會成熟度和認知發展：

Wellington (1993) 提到討論議題必須是學生易讀易懂的。教師可以依據學生的心智發展，斟酌 STS 議題的難易度。學生所提出的議題可能非常廣泛，教師應該協助聚焦。討論議題可以循序漸進的從封閉到開放 (陳文典，1997)，進而使學生發展對深奧問題的分析能力。

5. 具備爭議性及反思性：

爭議性的議題 (例如：飛機場興建、發電廠興建、生化武器發展…等) 可以使學生進入衝突的情境中，進而產生懷疑、推理、驗證的思考歷程，培養其獨立思考及價值

判斷的能力(張淑芬等人, 2011)。學生也可透過衝突的議題學習尊重不同的觀點, 以及溝通表達的能力(Eisen & Westmoreland, 2009)。

(四) 智慧設計論適合作為 STS 教學的社會議題

根據上述的文獻分析, 筆者主張智慧設計論適合作為 STS 教學議題的理由如下:

1. 智慧設計論可以幫助學生探索社會文化與科學課堂之間的關係

由於學生多元的文化背景, 對於生命起源各自有不同觀點(BouJaoude, Asghar, Wiles, Jaber, Sarieedine, & Alters, 2011; Hanley, Bennett, & Ratcliffe, 2014; Nadelson & Southerland, 2012; Yasri & Mancy, 2014)。智慧設計論是關於生命起源的思想, 與學生個人的經驗及其生命意義相關(Barnes, Truong, & Brownell, 2017)。探討智慧設計論議題可以幫助學生在更廣泛的政治及社會背景下檢視自己的想法, 識別社會議題與科學之間的關係。

2. 智慧設計論可以提升學生學習動機並更好學習科學

根據 Zigler(2009)的調查結果發現, 超過一半學生希望在課堂上討論智慧設計, 顯示這議題是學生感興趣的。智慧設計論可與生物課程聯繫起來, 作為探索生物多樣化的競爭理論(Hofman, 2012; Warnick, 2014)。科學課堂作為公共論壇, 學生在討

論過程中必須具備充分的知識基礎以提供可靠的論點, 藉此更深刻體會和理解生命與人類的起源, 並在豐富的社會背景下更好地學習科學知識(Passmore & Stewart, 2002)。

3. 智慧設計論作為爭議性主題可以促進學生反思

美國前總統布希公開表示教育的一部分是讓學生接觸不同的思想流派, 藉此了解爭議雙方的內容。智慧設計論的觀點挑戰既定的科學思維, 促進學生思考人類發展背後所隱藏的力量(Baker & Slevin, 2005)。智慧設計論與演化論的爭議可以轉變成教育的養分 (Taşkın, 2014)。科學課堂可以為學生提供一個知識空間, 處理複雜且相互衝突的觀點。這樣的反思歷程, 可以幫助學生更全面的思考問題、挑戰不同的信念, 藉此激發批判性思維(Carter & Welsh, 2010; Costley & Killins, 2010; Fishman, 2009; Hoodman, 2010; Kelley, 2009; Verhey, 2005)。除此以外, 學生之間討論互動可以鼓勵不同觀點的對話, 教導學生尊重多元的價值觀(Eisen & Westmoreland, 2009)。

二、智慧設計論教學上的建議

智慧設計論作為 STS 社會議題納入科學課堂雖然對學生的科學學習有所助益, 但教師的教學方式仍在其中扮演關鍵角色。因此, 筆者提供了幾項教學上的建議:

(一) 讓學生反思科學的本質

教師可以帶領學生將討論圍繞在「智慧設計論分類為科學是否正確」的議題上，藉此劃分科學探究的範圍(Hickey, 2013)。Reiss (2011)主張將智慧設計論作為「非科學的世界觀」以闡明科學的運作方式，並教導學生如何以客觀證據及推理論證捍衛他們的思想。Carter 與 Welsh (2010) 指出演化與智慧設計論的教學框架可以幫助學生評估不同論點根植於科學推理、社會傳統或常識，藉此劃分科學探究產生的問題範圍。Binder (2007) 主張可以藉由智慧設計論帶領學生檢視宗教觀點和科學理論的意義。教師可以詢問學生「如何使用證據來檢驗理論」、「一個理論為何比另一個理論更好」，以及「科學家是否滿意稱自然現象是不可化約的複雜性」…等問題，教導他們不同的觀點。他認為讓學生參與最初令人困惑的材料，最終可以帶來更好的學習成果。綜上而論，透過智慧設計論的教學，學生得以反思科學定義的合理性(Thomas, 2009)。

(二) 避免教師的宗教偏見

根據 Binns 與 Bloom (2017)的觀點，教師的宗教偏見可能會影響學生演化論及智慧設計論議題的學習。因此，在教師專業培訓上可以協助教師如何公正地教導宗教世界觀。對於有特定宗教信仰的教師，更需要協助其劃出傳教與教學之間的界線。

(三) 鼓勵開放式的討論

智慧設計論作為 STS 課程的社會議題，對學生而言最重要的是建立從多元視角看待科學與社會議題的能力，藉此釐清問題之所在，並客觀判斷訊息的可信度(Eisen & Westmoreland, 2009)。因此，建議教師允許學生自由發表意見，並保證其意見不會受到批評(Kelley, 2009)。另外，STS 教學重視學習過程中的探究與體驗，教師可以協助學生認識思考歷程中可能發生的變化，容忍模糊性及不確定性。透過團體與個人反思，鼓勵學生在言語和寫作中表達自己，並培養合作及獨立思考的能力(Heath, 1992)。遇到衝突的看法時，教師可以提醒學生互相傾聽、尊重不同觀點，學習維持人際關係的協調技巧(Cook-Sather, 2016)。

(四) 討論議題從學科主題延伸

Wellington(1993)建議 STS 的討論議題要符合學生的認知發展，教師在帶領學生討論時，必須協助他們聚焦在可以處理的範圍。從現有的學科主題中延伸是個不錯的選擇(Heath, 1992)。智慧設計論作為生命起源的另有理論(Lee, 2006)，可作為生物演化相關單元的討論議題。

肆、結語

國家作為一個知識共同體，社會由個體組成。知識可以透過個人社會化，個人發展也同樣受到社會文化的影響。教育部 2012 年推動「現代公民養成計畫」，強調學生應關注臺灣及世界重要議題。面對台

灣的多元族群及文化內涵，應教育學生尊重事實、講究理性溝通，並參與科學相關社會議題之討論、反思與抉擇(教育部顧問室，2012)。在傳統的升學考試制度中，科學課堂著重於專業知識與考試解題，忽略課本知識與生活經驗之間的連結，導致學生缺乏科學學習的興趣及動力。許多學者以「智慧設計論的科學性」來探討它是否適合在科學課堂中教學。然而，筆者認為科學課堂的教學內容不應該作這樣的限制。將智慧設計論作為 STS 教學的社會議題，不僅可以培養學生積極的科學態度，也讓學生了解科學與生活是息息相關的。另外，根據教育部 2018 年發布的十二年國民基本教育課程綱要，自然科學教學目標在於「發展學生的科學探究能力，幫助學生理解自然科學、技術和社會的相互關係，增強學生對自然和社會的責任感，促進學生形成正確的世界觀和價值觀」(教育部，2018)。智慧設計作為生物課程的教學主題，引導學生處理複雜的社會議題，符合培養公民科學素養的教育訴求。透過演化學說與智慧設計論的辯論教學，更可以提升學生對科學認識論的理解、反思科學本質，並激發其批判思考能力。綜觀而論，智慧設計論可以豐富科學課堂的教學、提高學生對科學的興趣，以及其在校外應用科學的能力，使其成為 21 世紀具有科學素養的公民科學家。

參考文獻

王鼎銘(2001)。爭議性科技議題對九年一

- 貫科技教育的啟示。生活科技教育，34(12)，2-11。
- 張淑芬、蔡勝安、范斯淳(2011)。開啟學生批判思考的 STS 教材設計之探討。生活科技教育月刊，4，49-62。
- 教育部(2010)。國民中小學九年一貫課程綱要：自然與生活科技學習領域。臺北市：教育部。
- 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。
- 教育部顧問室(2012)。教育部顧問室人文社會科學教育計畫網頁-現代公民核心能力課程計畫。取自：<http://hss.edu.tw/wSite/ct?xItem=3059&ctNode=301&mp=4>
- 陳文典(1997)。STS 教學教師所需之專業準備。科學教育學刊，5(2)，167-189。
- 黃雅莉(2002)。STS 之議題選擇探討。生活科技教育月刊，3，12-18。
- 謝州恩、劉湘瑤(2013)。省思九年一貫自然與生活科技課程綱要中的科學本質內涵。科學教育研究與發展，66，53-76。
- Aikenhead, G. S. (2009). Research into STS science education. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(1).
- Akçay, B., & Akçay, H. (2015). Effectiveness of science-technology-society (STS) instruction on student understanding of the nature of science and attitudes toward science. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 3(1), 37-45.
- Akçay, H., & Yager, R. E. (2010). The impact of a science/technology/society teaching approach on student learning in five domains. *Journal of Science Education and Technology*, 19(6), 602-611.
- Amirshokoochi, A. (2010). Elementary pre-service teachers' environmental literacy and views toward science, technology, and society (STS) issues. *Science Educator*, 19(1), 56-63.

- Arshavsky, V. Y., Lamb, T. D., & Pugh Jr, E. N. (2002). G proteins and photo transduction. *Annual review of physiology*, 64(1), 153-187.
- Baker, P., & Slevin, P. (2005, August 3). Bush remarks on 'intelligent design' theory fuel debate. *The Washington Post*, p. A1.
- Barak, M., & Dori, Y. J. (2009). Enhancing higher order thinking skills among inservice science teachers via embedded assessment. *Journal of Science Teacher Education*, 20(5), 459-474.
- Behe, M. J. (1996). *Darwin's black box. The biochemical challenge to evolution*. New York, NY: Free Press.
- Behe, M. J. (1998). Molecular machines: experimental support for the design inference. *Cosmic Pursuit*, 1(2), 27-35.
- Ben-Sahra, I., Hoxhaj, G., Ricoult, S. J., Asara, J. M., & Manning, B. D. (2016). mTORC1 induces purine synthesis through control of the mitochondrial tetrahydrofolate cycle. *Science*, 351(6274), 728-733.
- Binder, A. (2007). Gathering intelligence on intelligent design: where did it come from, where is it going, and how should progressives manage it? *American Journal of Education*, 113(4), 549-576.
- Binns, I. C., & Bloom, M. A. (2017). Distinguishing science from non-science: preservice elementary teachers' perspectives on evolution, creationism, and intelligent design. *International Journal of Educational Methodology*, 3(1), 1-15.
- Blancke, S. (2010). Creationism in the Netherlands. *Zygon®*, 45(4), 791-816.
- 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.
- Brigandt, I. (2013). Intelligent design and the nature of science: philosophical and pedagogical points. *The Philosophy of Biology*. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Buchanan, J. M. (1960). Biosynthesis of purine nucleotides. *The Nucleic Acids*, 3, 303-322.
- Bybee, R. W., & Mau, T. (1986). Science and technology related global problems: an international survey of science educators. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 599-618.
- Carter, K. L., & Welsh, J. (2010). Avoiding mixed metaphor: the pedagogy of the debate over evolution and intelligent design. *Liberal Education*, 96(3), 46-53.
- Cook-Sather, A. (2016). Creating brave spaces within and through student-faculty pedagogical partnerships. *Teaching and Learning Together in Higher Education*, 1(18), 1.
- Costley, K. C., & Killins, P. (2010). Should intelligent design be included in today's public school curriculums? Online Submission.
- Darwin, C. R. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London, England: John Murray.
- Dembski, W. A. (1997). Intelligent design as a theory of information. *Perspectives on Science and Christian Faith*, 49(3), 180-190.
- Dembski, W. A. (2002). *Intelligent design: the bridge between science & theology*. Downers Grove, IL: InterVarsity Press.
- Deming, D. (2008). Design, science and naturalism. *Earth-Science Reviews*, 90(1-2), 49-70.
- Eisen, A., & Westmoreland, D. (2009). Teaching science, with faith in mind. *Chronicle of Higher Education*, 55(34), A23-A24.
- Ennis, R. (2011). Critical thinking: reflection and perspective part II. *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines*, 26(2), 5-19.
- Fishman, Y. I. (2009). Can science test

- supernatural worldviews? *Science & Education*, 18(6-7), 813-837.
- Forrest, B. (2008). Still creationism after all these years: understanding and counteracting intelligent design. *Integrative and Comparative Biology*, 48(2), 189-201.
- Greenberg, G. R. (1951). De novo synthesis of hypoxanthine via inosine-5-phosphate and inosine. *Journal of Biological Chemistry*, 190(2), 611-631.
- Gregory, T. R. (2009). Understanding natural selection: essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2(2), 156.
- Hanley, P., Bennett, J., & Ratcliffe, M. (2014). The inter-relationship of science and religion: a typology of engagement. *International Journal of Science Education*, 36(7), 1210-1229.
- Heath, P. A. (1992). Organizing for STS teaching and learning: the doing of STS. *Theory into Practice*, 31(1), 52-58.
- Hickey, W. D. (2013). Intelligent design in the public school science classroom. *Interchange*, 44(1-2), 25-29.
- Hofman, R. (2012). Living in the memorial world: why intelligent design in public schools is no treat to the establishment clause. *Regent UL Rev.*, 25, 471-495.
- Homchick, J. A. (2012). March of the pandas: imitation and intelligent design. *Poroi*, 8(1), 5.
- Hoodman, K. N. (2010). The debate of evolution versus intelligent design: is critical thinking occurring among K-12 students? (Unpublished MA thesis). Biola University, Los Angeles, California.
- Johnson, P. E. (1991). *Darwin on trial*. Downers Grove, IL: InterVarsity Press.
- Jones III, J. E. (2005). Tammy Kitzmiller, et al., v. Dover area school district: memorandum opinion. Retrieved from Web site: https://web.archive.org/web/20051221144316/http://www.pamd.uscourts.gov/kitzmiller/kitzmiller_342.pdf
- Kelley, P. H. (2009). A college honors seminar on evolution and intelligent design: successes and challenges. *Journal of Effective Teaching*, 9(2), 29-37.
- Lee, B. (2006). *Kitzmiller v. Dover area school district: teaching intelligent design in public schools*. *Harv. CR-CLL Rev.*, 41, 582-590.
- Mansour, N. (2009). Science-technology-society (STS) a new paradigm in science education. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 29(4), 287-297.
- Mayr, E. (1992). The idea of teleology. *Journal of the History of Ideas*, 53(1), 117-135.
- Meyer, S. C. (2009). *Signature in the cell: DNA and the evidence for intelligent design*. New York, NY: HarperCollins.
- Meyer, S. C. (2013). *Darwin's doubt. The explosive origin of animal life and the case for intelligent design*. New York, NY: HarperCollins.
- Nadelson, L. S., & Southerland, S. (2012). A more fine-grained measure of students' acceptance of evolution: development of the Inventory of Student Evolution Acceptance—ISEA. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1637-1666.
- Reiss, M. J. (2011). How should creationism and intelligent design be dealt with in the classroom? *Journal of Philosophy of Education*, 45(3), 399-415.
- Sarkar, S. (2011). The science question in intelligent design. *Synthese*, 178(2), 291-305.
- Scott, E. C., & Branch, G. (2003). Evolution: what's wrong with 'teaching the controversy'. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(10), 499-502.
- Taşkın, Ö. (2014). An exploratory examination of Islamic values in science education: Islamization of science teaching and learning via

- constructivism. *Cultural Studies of Science Education*, 9(4), 855-875.
- Thomas, B. C. (2009). An in-class discussion activity on the nature of science and intelligent design. *The Physics Teacher*, 47(2), 106-109.
- Verhey, S. D. (2005). The effect of engaging prior learning on student attitudes toward creationism and evolution. *AIBS Bulletin*, 55(11), 996-1003.
- Warnick, B. (2014). Fairness in teaching evolution in public schools. *Philosophical Studies in Education*, 45, 55-65.
- Wellington, J. (1993). Using newspaper in science education. *School Science Review*, 74(268), 47-52.
- Woodill, S. (2015). The Christian core of intelligent design. *Zygon®*, 50(2), 271-286.
- Yager, R. E. (1993). Science-technology-society as reform. *School Science and Mathematics*, 93(3), 145-151.
- Yager, R. E., Choi, A., Yager, S. O., & Akcay, H. (2009). Comparing science learning among 4th-, 5th-, and 6th-grade students: STS versus textbook-based instruction. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 15.
- Yasri, P., & Mancy, R. (2014). Understanding student approaches to learning evolution in the context of their perceptions of the relationship between science and religion. *International Journal of Science Education*, 36(1), 24-45.
- Yoruk, N., Morgil, I., & Secken, N. (2009). The effects of science, technology, society and environment (STSE) education on students' career planning. *US-China Education Review*, 6(8), 68-74.
- Yörük, N., Morgil, I., & Seçken, N. (2010). The effects of science, technology, society, environment (STSE) interactions on teaching chemistry. *Natural Science*, 2(12), 1417.
- Zigler, R. L. (2009). Nourishing the spirit, reflection and dialogue with our students on the question of intelligent design: what are we likely to encounter and how might we proceed? *Philosophical Studies in Education*, 40, 211-221.

投稿日期：108 年 9 月 6 日

接受日期：108 年 12 月 25 日

Exploring the Feasibility of Teaching Intelligent Design Theory in Science Classrooms --from STS Perspective

Hsin-Chuch Chen and Chun-Yen Chang*

Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

Abstract

Whether intelligent design theory is suitable for teaching in the science classroom has long been a controversial issue. Many scholars argue that intelligent design theory is not a legitimate scientific theory and does not qualify for teaching in science courses. However, with the social change and the development of science and technology, science education has made many reforms. Different from traditional teaching, which focuses on the knowledge orientation of scientific theory, the reformed science education emphasizes more on letting students understand the interaction between science and social context. In view of this, this paper provides a new perspective which advocates the integration of intelligent design theory into science education as a social issue. This will enrich the science curriculum and cultivate students' civic scientific literacy. Finally, taking the teaching feasibility and the expected learning outcomes of students into consideration, the author also provides specific suggestions for science teachers' implementation on teaching intelligent design theory in science classrooms.

Keywords: intelligent design theory, irreducible complexity, complex specified information, STS teaching, science education

* corresponding author