

主客對話的科學探究： 一所華德福高中的個案研究

謝小芻* 陳佩英** 李哲迪***

摘要

本文探討華德福科學教育的特色並考察其在臺灣的實踐。首先，透過文獻探討，提煉出華德福科學教育三大環環相扣的特點：以歌德觀察法科學進行探究，從學生的內在發展需求決定教育內容、方法與節奏，以及注重與大自然的情感連結及整體性認識。其次，進入一所華德福學校，對其十年級酸鹼鹽及十二年級光學等兩門科學主課程，進行各為期一週的觀課，並訪談兩位授課教師。本文描述個案學校的華德福科教課堂風景，討論三大特點的落實情形、教師的教學實踐思考與所面臨的挑戰，並與主流科學探究式教學進行比較，以期搭架二者的對話橋樑。

關鍵詞：科學探究、華德福教育、歌德觀察法



DOI: 10.6869/THJER.202012_37(2).0003

投稿日期：2020年12月20日，2021年10月5日修改完畢，2021年10月6日通過採用

* 謝小芻，國立清華大學通識教育中心教授，E-mail: hhc@mx.nthu.edu.tw

** 陳佩英，國立臺灣師範大學教育學系教授，E-mail: pychen@ntnu.edu.tw

*** 李哲迪，國立臺灣師範大學科學教育中心副研究員，E-mail: chedi.lee@ntnu.edu.tw

壹、前言

華德福教育（Waldorf Education or Steiner Education）是德國哲學家 Rudolf Steiner（1861-1925）以人智學（Anthroposophy）為理論基礎，所發展出整套結合身心靈成長的課程與教學體系。第一所華德福學校創辦於1919年的德國斯圖加特（Stuttgart）。二戰後華德福教育體系快速發展，至今有超過千所華德福學校遍布於全球60個國家。臺灣於1990年代初期引進華德福教育，2015年實驗教育三法通過後，全臺各地陸續成立多所華德福學校、機構與共學團體。

科學教育方面，Steiner深受德國文豪歌德（Johann Wolfgang von Goethe, 1749-1832）科學觀念的影響。歌德以其文學創作著名於世，較不為人所知的是，他也是一位自然／科學研究者，主張心靈與自然並非二元對立，人是自然的一部分，而自然探究是主體與客體互動共構的過程。¹ 雖然歌德的科學方法論不為主流科學界所接受，卻啟發了Steiner開創獨特的華德福科學教育實踐型態。

隨著華德福學校在全球及臺灣的蓬勃發展，相關研究文獻逐漸豐富，但有關華德福科學教育的探討卻付諸闕如而有待充實。² 本研究團隊與一所華德福學校合作，進入該校科學課堂觀察，訪談授課教師，描繪華德福科學教育在臺灣實踐情形，並討論相關議題。本文首先簡要介紹華德福科學教育特色，其次描述在合作學校兩個科學課程的觀課紀錄及科學教師的教學實踐思考，最後討論華德福科教的價值，教師的反思與所面臨的挑戰，並與主流科學探究法進行比較，以期搭架對話橋梁。

¹ 歌德是歐洲十八、十九世紀出現的科學浪漫主義（Scientific Romanticism）的重要代表人物。科學浪漫主義不滿當時主流科學人與自然分離的世界觀、主客二元對立的認識觀，而提出人與自然一體、主客相互參透的另類科學方法論。可參考Richards（2002）。

² 例如，2020年11月25日以「華德福」為關鍵字搜尋華藝線上圖書館，有期刊35筆；會議論文2筆；碩博士論文40筆，以「華德福+科學教育」搜尋則為0篇。以「華德福」搜尋ERIC高等教育資料庫，有213筆，以「華德福+科學教育」搜尋則為0篇。英文部分，ERIC-Pro-quest中Waldorf education 有22筆；（Waldorf education or Steiner school）+ science education為0筆。

貳、華德福科學教育特色

華德福學校創辦人Steiner年輕時曾在歌德檔案館整理編輯歌德的科學著作，而深受其影響。³ Steiner將歌德科學方法應用在對人類的觀察與理解上，發展出人智學理論，並於1919年於德國斯圖加特創辦華德福學校。Steiner本人並沒有關於華德福教育的專門著作，目前相關出版品主要是後人將Steiner於1919年第一所華德福學校創建之初到1925年過世這段期間，大量的講演紀錄所編輯而成。華德福的科學教育理念散見於相關文獻中，⁴ 茲歸納出下述幾項特點。

一、以歌德觀察法進行科學探究

在華德福學校，教師以歌德式科學方法，引導學生運用感官去觀察與認識自然現象，了解日常生活事物中的科學原理（Rawson & Richter, 2000）。

³ 歌德許多科學討論呈現於友人書信中。以Douglas Miller於1983年所編輯與翻譯的*Goethe: Scientific Studies*一書為例，共收錄關於科學方法、植物學、形態學、動物學、地質學、氣象學、物理學等44篇作品，大多為簡短論述；其中植物形變論（*The metamorphosis of Plants*）共123節，及色彩學（*Theory of Color*）共920節加上結論，是兩部最完整的論著。Steiner於1883年出版德文版*Goethean Science*（英文亦有譯為*Goethe, the Scientist*），1886出版德文版*The Science of Knowing*（英譯亦有*The Theory of Knowledge Implicit in Goethe's World Conception*）等著作。

⁴ 紀錄Steiner講述人的發展階段，課程與教學概念之書籍繁多；其中Steiner於第一所華德福學校開辦之前，為教師們所做系列講演而輯成的三本論述最為基本。其一，芮虎、李澤武、廖玉儀譯（2014），許星涵（Astrid Schroeter）、芮虎、李澤武校正之《作為教育學基礎的人的普遍智識》（另一譯本為嚴維震於2010年翻譯之《人學》。其二，林琦珊譯（2013）之《實用教學指引——華德福學校1～8年級課程的圖像》。其三，Anthroposophic Press於1997年出版，尚無中譯本的*Discussions with Teachers: Fifteen Discussions with the Teachers of the Stuttgart Waldorf School, August 21– September 6, 1919*。Steiner希望保留給教師最大的教學自由，並沒有具體提出完整的華德福科學課程綱要。但面對如此獨特教育理念，華德福老師們非常需要教學參考架構。於是陸續有一些華德福課程綱要出現，大都是集結許多教師的課程設計與教學案例而成。最早一本是由第一所華德福學校教師Caroline von Heydebrand於1925年所編輯的*The Curriculum of the First Waldorf School*（原為德文）以及E. A. K. Stockmeyer於1965年編輯出版的*Rudolf Steiner's Curriculum for Waldorf Schools*，其德文版及英譯版亦流通頗廣。晚近則有Rawson以及Richter（2000）之*The Educational Tasks and Content of the Steiner Waldorf Curriculum*等。目前臺灣華德福學校主要參考的課綱是由Avison以及Rawson（2014）所編輯的*The Tasks and Content of the Steiner-Waldorf Curriculum*，也是本文主要參考來源。

Steiner在其《歌德式科學》（*Goethean Science*）（1883-1897/1988）一書中詳細說明「歌德式科學方法」：⁵ 做為觀察主體的探究者，從一開始以全然不加任何主觀判斷去觀察與感受自然現象，在累積大量感官經驗之後，才根據現象本身加以分類、比較；之後，探究者繼續觀察「由自然現象及探究者對現象的思考」共同構成的第二層次現象；如此持續進行，直到探究者掌握現象背後的本質。過程中，探究主體需要不斷強化其感官與思考的敏察度，才能穿透主與客交織共構成更深層次的觀察對象，而產生最終探究成果。歌德認為自己的科學探究方法就是觀察（von Goethe, 1983: 41），並稱之為「精緻經驗主義」（*delicate empiricism*）（von Goethe, 1983: 307）。

精緻經驗主義的歌德觀察法大致可分為五個階段。準備階段：觀察者要先察覺自己的狀態，以何種狀態進入觀察；第一階段為「精確感受現象（*exact sense perception*）」：觀察者將所觀察的現象視為一個謎，不帶任何假設，用所有感官仔細、充分地經驗感受之；第二階段為「精確的感官想像（*exact sensorial imagination*）」：在累積了相當的純粹經驗感受之後，觀察者運用分析與想像力將所觀察的現象置於時間之流，觀察其變化，將片斷的觀察經驗轉化為圖象，形成融入了主體想像力的第二序、第三序現象；第三階段為「頓悟（*seeing is beholding*）」：觀察者對現象產生靈光乍現的洞見，如心理學所描述的A ha狀態（*Topolinsk & Reber, 2010*），這種洞見並非觀察者想要就能獲得的，而有著現象自我揭露讓觀察者看到的意味；第四階段為「主客合一（*being one with the object*）」：到了這個階段，觀察者本身也被觀察對象所轉化而提升；觀察主體對現象的本質產生直觀的、整體性的認同（*Brooks, 1998; Holdrege, 2005; von Goethe, 1983: 39*）。

Holdrege（2005）用談話來比喻哥德式探究（*science as a conversation*），這是一種主客交織對話，需要長期耐心、嚴謹且重視探究倫理的研究取徑。過程中，主體必須隨著探究的進展不斷強化提升自己的觀察能力。而歌德認為，觀察者本身必須高度進化才有可能達到主

⁵ 本書原為德文，Steiner 將其於1883～1897年間所撰寫的論文編輯而成，英文版由William Lindeman所翻譯，書名亦有譯為*Goethe the Scientist*。本文所參考版本為由Mercury Press於1988年所出版。

客合一的最高境界（von Goethe, 1983: 307）。當代學者亦有稱歌德式科學方法為「參與式科學」（Steiner, 1883/2000）、「參與式現象學」（Wahl, 2005），或「經驗觀念論」（Østergaard, Dahlin, & Hugo, 2008: 95）。

歌德觀察法是華德福科學教育的核心教學原則。Steiner在多次講演中，一再強調要引導孩子對於大自然，包括動物、植物、礦物等做仔細與整體性的觀察，避免過多的知識與抽象概念。他提出獨到的認知邏輯三要素：結論、判斷、概念。所謂「結論」，是指人在任何觀察行為中，都會將觀察與自己既有的生命經驗相連結，形成個人暫時性的結論；每個表達與陳述都是那一刻的結論，是鮮活的思維活動。接著就需要對自己的結論做「判斷」，個人將所處的環境納入考慮，評估先前的結論是否具有效力；判斷不僅僅是知性活動，也是一種心智習慣，與個人生存處境、自我認知與存在感密切相關，對青春期青少年而言更有重大意涵。而「概念」則是相對穩定的判斷結果，相對較抽象、具普遍性、但也較缺少與個人生命經驗的連結性。所以，Steiner提醒，老師不要在上課時給學生定義，而是要試著將事物儘可能以多元視角來做為特徵的描述，提供孩子鮮活的結論與判斷活動（芮虎、李澤武、廖玉儀譯，2014：199-218）。高中階段，青少年抽象思考能力發展較成熟，科學教學應該導引學生於耐心與精確地觀察，從觀察中得出結論、判斷、概念與原理；並且感受到自然現象的律則、原理都是原本內涵於大自然中，而不是人們外加到自然界（Dahlin, 2017: 101）。

二、從學生的內在發展需求決定教育內容、方法與節奏

華德福科教的第二個特色，就是從學生的內在發展需求來決定教育的內容、方法與節奏。Steiner認為，「我們應把教育對象看作是不斷成長的、有生命的人類，而不是只去實施一個抽象的教育概念」（潘定凱譯，2014：8-9）。因此，教育工作應該要體悟個人本質、身心靈安頓、及總體的均衡發展，並「讓孩子與現實生活有密切的關連」（潘定凱譯，2014：130）。教育目標則是邁向個人的全人發展與自由。

如何實現這樣的教育目標呢？首先，老師作為學生的典範，自己

要持續發展自己的專業修養與生氣勃勃的靈魂狀態（林琦珊譯，2013：149）。同時，「身為育人者與教學者要意識到：……必須以掌握內在的人為出發來設計課程」（芮虎等人譯，2014：108）。人智學主張人的成長是一種形變過程；兒童發展過程大致以七年為區隔，每個七年各有其成長任務與教育重點：第一個七年（0～7歲）為健康、強勁意志（willing）奠立基礎，第二個七年（8～14歲）以培養藝術與美感的「情感」（feeling）為主，第三個七年（15～21歲）以發展抽象與獨立「思考」（thinking）能力為主；每個重點之間環環相扣、相互影響。華德福教師培訓課程中，極重視運用歌德觀察法以理解兒童言行與身心狀態。理想上，學生一到八年級最好由同一個老師帶領；教師本身是孩子的學習對象，同時也長期觀察並陪伴孩子成長，與老師同儕們進行兒童研討，以期穿透孩子言行舉止的表象，深入理解其內在狀態，並據以設計課程與教學方式。青春期以後學生逐漸有抽象思考能力，邁向個體化過程，老師更要細緻觀察學生，培養其獨立思考與判斷的能力。

華德福學校針對各年段學生的發展需求，設計回應其需求的課程，且文史藝術自然科學等課程相互搭配，稱之為水平式課程。⁶ 教學節奏則配合大自然春、夏、秋、冬，分為四個學季；每個學季安排三至四個「主課程」；每個主課程持續三至四週，週一到週五每天上午約兩小時。主課程的帶狀設計，一方面讓學生有較長時間浸潤在同一主題中，發展出對主題的深刻認識；另一方面，負責主課程的教師也能夠細緻觀察到學生的學習狀況，能夠在三至四週的課程中做相對應的教學調配，而學生亦有寬裕的時間進行歌德式觀察與探究。

華德福學校沒有課本、沒有考試。學生們的學習成果以「工作本」呈現，是學生融合學習內容與自身理解感受的綜合產物，因此展現出作者學習的獨特樣貌。老師必須針對每位學生學習成長情形，進行質性評量，藉以了解學生在學習的歷程所發生的細微變化情形。

⁶ 廣為華德福界參考的Avison以及Rawson（2014）主編之*The Tasks and Content of the Steiner-Waldorf Curriculum*一書即分為兩大部分，第一部分討論兒童每個發展階段的水平課程組成；第二部分討論縱向課程，介紹學科領域在一到十二年級各階段重點。

三、注重與大自然的情感連結及整體性認識

華德福科學教育對青春期前後的孩子有不同的教學重點，而貫穿其間的，則是建立與大自然的情感連結及整體性認識。對青春期前的孩子，Steiner一再提醒要避免抽象概念與過多知識的教導，著重於培養孩子對大自然整體圖像的想像力與情感連結：

當兒童到了九到十歲時，你必須向他們介紹某些外在世界的基本事實，也就是動物與植物世界的真相……你一定要依據兒童的本性所需、所問的來教導他們。你要做的第一件事，就是不要用教科書。……要講植物，必與土地一起講……你要讓孩子清楚明白地感受到地球是一個生命體。（潘定凱譯，2014：43, 46）⁷

對於進入青春期，逐漸發展出抽象思考能力的青少年，華德福學校開始教授當代科學知識，但並非根據學科領域（如生物、化學、物理）的知識結構來安排，而是搭配學生的內在發展狀態與現實生活的連結感來設計。⁸ 例如，由Avison與Rawson（2014）主編的*The Tasks and Content of the Steiner-Waldorf Curriculum*書中提到，七年級學生開始進入青春期，身體出現明顯的變化，一方面渴求獨立，但同時也感受到孤獨、焦慮、情緒更為敏感。因此在七年級課程主題反映學生對外在世界的探索，以及內在世界的旅程，開始鼓勵學生獨立探索與判斷；於是有歷史探索、化學燃燒、機械、聲光熱電、健康營養與衛生等主課程（Avison & Rawson, 2014: 71）。到了十年級，青少年正值身體發育與性意識發展的高峰，身心受各種力量作用而努力尋求平衡，往往情緒起伏變大，老師必須敏銳觀察後以適當的教學回應其需求（Steiner, 1986/1996）。課程方面，除了持續強調美感體驗，也有化學主課程探討酸、鹼兩極及中和結晶為鹽的過程，學生觀察這些自然現象，從中發現

⁷ 亦可參考林琦珊譯（2013），第十、十一講。

⁸ 林琦珊譯（2013），第十二講。又如，化學課在七年級談燃燒現象，十年級談無機化學（酸鹼鹽），十一年級才介紹化學元素週期表。生物課七、八年級偏重健康與營養及人體生理學；十一年及十二年級介紹植物學、動物學以及演化論。物理方面，七年級有聲光熱與簡單機械，九年級談電、熱、聲學等，十年級有古典力學與天文學，十二年級深入討論光學（Rawson & Richter, 2000）。

自然律則（Avison & Rawson, 2014: 79-92），這樣的學習過程實有助於覺察與回應自己躁動不安的內在狀態。

如此，華德福的科學課程，透過精細的觀察與開放式的探究，引導學生探索領域知識，發展對「自然真實姿態」（real gestures of nature）（Avison & Rawson, 2014: 313）的觀察能力。歌德認為人本身是最重要的科學探究工具，華德福科教重視提供學生一手的、直接的自然科學觀察機會，老師安排大量實驗活動（甚至有時刻意採用較簡陋的儀器），讓學生親手操作，以觸覺、視覺、嗅覺、聽覺等都浸潤在實驗對象的相遇中，之後再透過課堂討論，建立學生對探究主題的好奇心、想像力、美感、連結感等多層次多面向的感受與認識。這種現象學式的科學學習模式，喚醒孩子與自然現象的情感連結，思考人與自然世界關聯性，連結起主體與客體、意識與自然，甚至能療癒青春期的疏離異化感，發展對內在成長、自然律則及人類生活的平衡感知（Avison & Rawson, 2014: 313-314; Dahlin, 2017: 101）。

簡要介紹華德福科學教育特色之後，本研究希望探討華德福科教在臺灣實踐的情形。老師們如何落實華德福科學教育理念？如何準備教學內容、如何設計教學活動、如何帶領學生實作與討論？他們如何看待自己的教學？遇到哪些挑戰？這些是本研究所擬探討的問題。

參、研究方法

為了深入了解華德福科學課程在臺灣的實踐情形，本研究採質性研究取徑，選擇一所華德福學校為研究場域，入班觀課及深度訪談授課教師。整體研究設計通過學校的研究倫理審查，研究團隊恪守相關研究倫理規範。

考慮華德福體系中與主流學校相近的現代科學課程主要從六年級開始，本研究選擇有六到十二年級，且願意開放校外研究者入班觀課的華德福學校為研究場域。覓得的合作學校為2002年成立的公辦民營華德福學校，2011年成立高中部。本研究進行期間，合作學校小學階段每年級有三個班，國中階段每年級有二個班，高中階段每年招收一班。⁹ 獲得

⁹ 為配合縣政府政策、居民就學需求、又考慮校地限制等因素，該校的班級數持續調整中。

學校守門人、授課老師與學生（及家長）同意之後，研究團隊於2016年冬季學季進入班級觀課。同時，校方請L老師協助本研究相關的溝通協調及行政事宜，L老師也成為本研究的關鍵性報導人（key informant）。考慮校方課表時程、教師被觀課意願，研究資源等因素，與校方仔細討論後，決定觀察七、十、十二年級各一門科學主課程，且每個班的入班觀察時間以一週為宜。

研究團隊與三位開放觀課的老師詳細說明研究目的，討論入班觀課方式。實際入班前，研究團隊成員到課堂向學生說明觀課目的，強調尊重授課老師、家長與學生的參與意願，並發下研究參與知情同意書。十年級與十二年級的觀課，在徵得校方、授課老師、家長、學生的同意，及儘量不干擾課程進行的前提下，架設錄影機拍攝課程進行狀況。七年級學生年齡偏低，經與教師討論，僅錄音與拍照，且拍照時只拍（儘量）不含學生面孔的活動照片。本文囿於篇幅及字數限制，僅呈現十年與十二年級的入班觀課資料蒐集與資料分析結果。

正式入校觀課的前一週，研究成員先入校場勘，了解教室環境（包括每一班的教室與實驗室），與教師討論研究者及攝影機架設位置、電線等相關安排。觀課期間，學校在教師休息室安排一個座位給研究成員使用。研究成員大都提早到校準備器材，每日觀課後也留在教師休息室整理資料，而得以觀察到教師與學生在課前課後的互動，及老師備課情形。合作學校鼓勵教師互相觀課，長期辦理各種華德福師資培訓課程，樂於開放班級給實習教師及校外參訪者。因此學生相當習慣有其他老師、訪客、研究者等入班觀課，休息時段常與觀課成員自然互動。

除了課堂錄音錄影或拍照外，研究成員也同步製作觀課紀錄。所有觀課影音照片資料與觀課紀錄在完成後，皆同步將備份給授課老師留存。觀課的影音資料皆保存在研究主持人研究室內，在團隊討論時才觀看與討論。

2017年上半年研究團隊根據觀課資料，發展訪談大綱，邀請兩位授課老師做深度訪談。訪談前提供訪談大綱，訪談時經教師同意全程錄音，由主持人、共同主持人、協同研究人員、受訪老師一起討論，除參照訪談大綱進行外，也會觀覽課堂影像內容，進一步追問或解說。其中，L老師作為本研究的關鍵報導人，其訪談是在兩次研究團隊工作會

議中進行，並參與C老師的訪談。每次訪談為3~4小時。訪談後謄錄逐字稿，亦提供受訪老師備份。

表1

觀課及訪談一覽表

課程名稱	觀課日期	訪談日期
酸鹼鹽 L老師	2016/11/14-18（第一週）	2017/01/08參與會議
		2017/02/03
		2017/04/03與C老師一起
		2017/06/03
光學	2016/10/11（第一週）	2017/04/03，L老師也參加
C老師	2016/10/17-21（第二週）	

本研究透過觀課筆記、影音紀錄與教師訪談的交叉比對，建立研究資料的信實度。資料分析過程包括整理觀課影音資料與觀課筆記。逐字稿經整理後，以主題編碼從其中提取與課程目的、構思、準備、實施與反思的相關內容；研究團隊成員透過實體會議與線上討論，發展論述重點。引用觀課紀錄時，以觀課日期編碼，如，觀1017，代表10月17日的觀課紀錄。引用訪談資料時，採用以訪談日期，受訪者及訪談逐字稿頁碼所構成之編碼註記，例如，0603L-p5 代表所引用訪談內容在6月3日訪談L老師逐字稿第5頁。

肆、研究發現

本研究入班觀課的順序為十二年級光學、十年級酸鹼鹽。但本文觀課紀錄則循學生發展階段，呈現十年級與十二年級的觀課摘要及每位老師對課程的思考。

合作學校的主課程實施時間為連續3週，每週週一到週五，上午8:40到10:20。學生約八點左右到校。主課程開始前，學生自由活動，班級導師常利用這段時間叮嚀學生各種事項或排練展演等。研究團隊成員也利用這段時間準備好觀課相關事宜。主課程正式上課前，由授課老師帶領

同學進行晨圈儀式，低年段通常是學生圍成一圈進行詩歌韻律活動，高年段主要為背誦Steiner的詩句。我們的觀課也從晨詩開始。

一、十年級酸鹼鹽主課程

本研究觀課的十年級班共有33名學生，17女、16男。學生剛升上高中，約有五分之一是經由會考成績分發進入，而五分之四則由該校兩個國中畢業班學生直升上來，有3名特教生。觀課期間是主課程第1週，L老師不是導師，同學之間、師生之間都還不熟悉。再加上十五、六歲是青少年邁向個體化過程中極具挑戰性的階段，而臺灣的學校的特殊體制，可以想見，更加劇了十年級學生所面臨的學習與生活適應的挑戰。

L老師深知十年級學生的身心發展狀態，她在開學前便跟國中部導師了解直升學生的情形，也觀察到學生對同儕關係特別敏感，

（學生）會互相摸索我應該在這個班上站哪個位置。……他會很擔心自己講出來的話，會影響到別人對他的看法。（0203-p6）

同時，「十年級學習主動性還很弱」（0203L-p3）。因此，L老師特別設計「實作任務」活動與「實作任務評量表」，將學生分為3組，每星期有1組來演示3個實驗，其他同學參與評量，來協助學生了解實驗的關鍵點與關鍵概念。開學前L老師就將整個學季的課程材料都備妥，「我們十五天的課材料都在那裡，……整個課程的大結構就會有大的圖像」（0403L-p13）。實際上課時，再根據學生狀態調整具體教學內容。表2呈現一週觀課摘要。

表2

十年級酸鹼鹽主課程第一週觀課摘要

週一	8:45	L師依學號點名，認識同學；最後一號同學起立帶領念晨詩。
	8:55	老師介紹課程，發下學習指南與實作任務評量表，說明工作本要求格式；說明3個大任務，需要分成3組（同學決定抽籤分組）每週五有1組上臺做實驗展演，每週間需找老師討論。
	9:30	老師講解「鹽類」特質，介紹實驗。
	9:50	移到實驗室。
	9:55	老師示範過錳酸鉀實驗步驟（靜置）。
	10:10	示範硫酸銅加熱實驗，請各組操作硫酸銅實驗。
週二	10:45	結束前請學生將以飽和溶液集中處理。
	8:45	晨詩。
	8:55	學生回顧昨天過錳酸鉀實驗。
	9:10	學生回顧硫酸銅實驗，過程中老師透過提問與補充，講解飽和溶液、擴散作用、溶解度與化學式。
	9:27	老師提醒工作本要講清楚擴散作用、溶解度、化學名／化學式。
	9:50	移到實驗室，觀察昨日回收經過濾紙過濾後澄清的硫酸銅溶液。
週三	10:05	說明硝酸鉀（KNO ₃ ）實驗，觀察其變化。
	10:15	學生仔細觀察結晶的形成，各組再分享實驗過程的現象觀察。
	8:40	第一節課到實驗室，晨詩。
	8:55	學生回顧硝酸鉀實驗，學生畫結晶圖，部分女同學思考或動筆，男同學都在打鬧聊天，老師點名男生口頭說明。
	9:05	老師取出3種鹽類結晶樣品發給各組，介紹3種晶型、化學名、俗名、化學式、生活中的應用。
	9:10	學生找到這些結晶的形狀，在工作本畫下晶形。

（續下頁）

週三	9:25	老師詢問結晶的晶型，討論結晶的要素。
	9:35	回顧硝酸鉀實驗過程，學生分組討論。
	10:10	學生分組硝酸鉀實驗，進行3次，每次加入不同濃度的硝酸鉀溶液，並記錄每次第一顆結晶出現的溫度。
週四 調至下午上課	15:20	老師發還工作本，講解如何補充內容。
	15:30	回顧昨天實驗內容，說明如何記錄實驗數據。
	15:40	學生在方格紙上標示昨天實驗溶解曲度。
	16:15	老師將各組數據寫在黑板上，討論差異。
	16:25	老師實驗：硫酸銅、硝酸鉀、自來水溶液接直流電，觀察指針、電極、溶液的變化。
	16:40	將實驗交給一名女同學執行，請同學分組來看。同學發現接上硫酸銅溶液碳棒正負極不同現象，而硝酸鉀溶液碳棒正負極現象相同；自來水指針也有變化，顯示出可以通電。
週五	16:45-19:00	下課後老師請明日實作任務的小組留下，了解他們的進度與實驗步驟流程，並且陪伴他們進行實驗探索。
	8:40	晨詩。老師請同學回顧一整週的學習，鹽類、水、溫度的關係。
	9:00	老師講解未飽和溶液、飽和溶液和過飽和溶液在溶解度曲線圖中的位置、結晶在溶液中形狀大小改變的條件等。再回顧昨天實驗步驟、觀察等，帶出導電、陰離子、陽離子等概念，提供回家閱讀文章。
	9:35	老師把稀釋過的鹽酸溶液倒入裝有蛋的杯子中，請學生下課來觀察蛋殼（碳酸鈣）的變化。
	9:45-10:40	第1組做3個實驗：瞬間結冰、速成鐘乳石、暖暖包；一邊演示一邊解說其原理。結束後，老師請同學們鼓掌，並用實作任務評量表評分。

酸鹼鹽主課程的第一週就進行了4種實驗，而負責「實作任務」小組成員又額外執行3個實驗，上課大約有一半時間用於實驗。L老師刻意在第1天安排了「過錳酸鉀」與「硫酸銅」實驗，一方面教授「溶解」概念，也希望在實驗過程中觀察學生、了解其學習起點狀態。她說：

它是一個慢的實驗，……所以不是吸引力很高的實驗。可是只要慢慢看，兩個實驗都很有美感。所以當時把它選在第一天，……試探性地去看看他們是哪一類型的學生。……實驗本身，可以誘發出來的態度是好奇，和實驗歷程當中體會到的所有可能性。（0203L-p27）

我們觀察到，上課第1週，男同學很躁動，注意力常常飄走，似乎不太容易進入課程節奏；女同學則相對沉穩，是執行實驗的主力。老師注意到這情形，週三做「硝酸鉀」實驗時就規定由男生執行女生觀察，但出現男生打翻燒杯的水或攪拌棒狀及燒杯過猛等狀況，女生會忍不住出手處理。L老師也發現有些學生出現學習挫折感，她「就是一直在想要怎麼……換方法。可能每一天用不同的方式跟不同的人上課」（0203L-p27）。

華德福實驗課程當天結束前除了描述過程，並不討論實驗過程中的問題或實驗結果，而是在隔天課程一開始請學生回顧，再進行討論。觀課的第2天，L老師邀請同學分享前一天過錳酸鉀與硫酸銅實驗經驗，但學生們沒甚麼反應。於是老師改用提問方式，點名學生回答。

師：昨天過錳酸鉀實驗用了甚麼材料？甲：用了濾紙。師：還用了什麼？乙：鉛筆、水、（燒杯？）量筒。師：你看到什麼？描述流下去的過程有什麼變化？丙：香菇形狀、一段一段的。師：還有呢？香菇有長大嗎？有沒有人要幫她補充？丁：一開始細線，然後暈開，越下面流越慢。師：上下層有什麼差別？戊：最後整個變成紫色。師：均勻的嗎？戊：漸層。己：濾紙也染成紫色。L老師隨著問答過程中在黑板上畫圖示意（上細線、快→下暈開、慢）→紫色漸層。師：你們預測最後整個溶液會如何？庚：沈澱？均勻紫？漸層紫？老師先把這個問題留在黑板上。接著是硫酸銅的實驗回顧，以類似仔細追問方式，請學生描述硫酸銅加熱過程的顏色形狀變化，談到飽和現象、擴散作用。這時，再回到前面過錳酸鉀實驗問題，老師請學生推測，透過擴散作用，最後量筒內會有何變化？生：成為均勻紫（觀1115）。

我們看到，L老師開始回顧時，見學生沒反應，她沒有生氣，也沒有主動複習內容，而是透過細緻的提問，協助學生回想起實驗細節，

說出所觀察到的現象；經由學生們的接力回應與互相補充，逐漸重新描繪出完整的實驗過程，甚至可進而推導現象的變化。L老師認為，「回顧」有助於學生反芻和建構學習經驗的全整性。她說：

人很容易被引導，……被導引到這個部分就會忽略掉其他的部分；（實驗當天老師）沒有提醒的話，他會整個（經驗）收進去，明天再出來的東西就會很有趣。……那在這樣的積累的過程之中，才會出現我自己對這件事情的完整的認識。那個wholeness是在這裡。（0203L-p30）

因為討論帶動不起來，L老師後來在回顧環節採用類似小考方式，出題讓學生各自作答，之後自己訂正；老師會看學生作答情形，了解學習狀況。

三週課程中，L老師運用密集的實驗活動、隔天回顧、老師上課拋問題、文章閱讀、學生實作任務與評量、撰寫工作本、期末測驗等多元方式，逐漸跟這班學生建立了工作默契。主課程的後半，有學生表示「喜歡小組實驗演示。當我讓他們自己操作實驗的時候，會覺得探索性更高……覺得很滿足」（0203L-p34）。其實，L老師在課後花了許多時間心力與學生討論怎麼準備「實作任務」。但她並不直接主導，「忍著不把所有的話說完」（0304L-p15），陪伴學生討論用甚麼藥品、器材來做實驗，透過不斷試誤，逐漸確定實驗方式及演示與說明的分工，讓學生經歷自主探索的過程。我們也觀察到，學生在準備實作任務時，有一位小組成員身體不舒服，同學們完全沒有顯出「怕被拖累」的顧慮，而是體貼同學的狀況、討論如何互相支援，流露出合作共好的態度。

對於華德福獨特的工作本，L老師認為是經營師生關係很好的媒介。她上課時會讓學生討論工作本的內容或標題，也會選幾個範例讓同學互相學習。她在工作本中，看到每個學生的學習樣貌，並適時回饋學生的學習，也從工作本中看到意想不到的結果。

有一個女生酸鹼鹽的標題畫一個女人，我一開始看不懂，仔細一看每個單元都是一個結晶，眼睛啊，都是一個個結晶。原來她是用這

樣的方式在理解結晶。(0203L-p32)

學生在工作本的創意顯示科學學習能與學生的「自我」發生連結，在知識學習的同時也有情感的滿足。這令L老師感到欣慰，也激勵著她發展更多能與學生經驗連結的教學設計。

二、十二年級光學主課程

十二年級是學生在校的最後一年，華德福學校期待學生在走過水平與縱向課程，對生活世界的各種運作方式有基本掌握，發展出有關於人類、社會與自然的整合性理解；而為期一整年的畢業專題製作及成果發表，是十二年級學生自我理解、自我挑戰的頂石課程（capstone course）；各領域的縱向課程具有階段性收束性質，也強調社會責任的培養。自然科學方面，華德福學校希望學生透過對周遭現象的仔細觀察與討論分析，練習歸納與演繹思考，培養清明的判斷能力（Avison & Rawson, 2014: 322）。

十二年級的光學主課程由C老師教授。這個班級有25名學生，14女11男。華德福學校雖有選修課，但主課程都是全班一起學習。這班學生，有不少從幼稚園就開始同學，即便是少數高中階段才來就讀的「轉學生」，也已經共同學習兩年，彼此都相當熟悉。我們在主課程第一天入班場勘同時觀課，然後第二週入班觀課五天，表3呈現觀課摘要。

表3

十二年級光學主課程觀課摘要

第一週 8:40 晨詩。

第一天 8:50 老師發下主課程說明單，請學生簽章後收回。

9:10 全班起立，回想對光的經驗；想好的坐下並寫下關鍵字。全班分享光的經驗。

9:50 學生自行找3~5人一組，重現或設計光的實驗。

10:10 老師說明第三週分六組上臺報告六個實驗：光速的測量、眼睛、全反射、彩虹、乙太實驗（光的二元性）、

（續下頁）

	錯視。學生自行尋覓小組成員。
第二週、	8:40 晨詩。
週一	8:50 學生起立，逐一分享上週學習，老師適時追問，學生補充說明，完成後坐下。
	9:15 老師補充概念、講解回家作業，如何推算全身鏡的最小長度與擺放位置（幾何代數）；光進入透明壓克力的路徑、折射定律和反射定律（圖）。
	9:35 學生使用歌德三稜鏡觀察歌德黑白圖形，標示彩虹位置與顏色順序。
	10:00 學生2~3人一組討論觀察到的現象、整理顏色出現法則。
週三	8:20 晨詩。
	8:50 老師出3題小考，學生拿白紙解題，之後老師解答，學生自己批改討論。
	9:25 老師示範實驗，並解說歌德光學。
	10:05 學生解釋針孔成像的裝置；老師解釋實驗方式。同學於課後自行實驗。
	10:18 學生分4組實驗針孔成像，都很積極投入。
週四	8:40 晨詩。
	8:50 回顧：學生逐一分享，老師適時追問。老師問為何三稜鏡看黑白相間圖形會出現彩色？學生互相解釋。
	9:10 提問解答；老師說歌德光學告一段落，學生做工作本紀錄。
	9:30 老師介紹斯乃耳定律、折射率、補充三角函數。
	9:50 學生分組計算／針孔成像裝置，並重新回想昨天的實驗過程。下午老師到實驗室備課，準備明天實驗的材料，花了許多時間將4支雷射筆固定成平行光束，搭配噴水器，做凹透鏡與凸透鏡實驗，看光束行進路線。
週五	8:40 晨詩。學生自由舉手回顧昨天課程。
	9:10 學生展示用鞋盒改造的針孔實驗，老師補充細節。
	9:42 到實驗室，老師先讓學生摸透鏡，然後操作雷射筆與凸透鏡實驗：噴水看見光的路徑與焦距，以及打在窗簾上的成像大小變化。
	10:18 回教室說明作業學生根據折射規律畫出光穿過兩個不同大小厚薄透鏡的路徑。

C老師在華德福學校教學8年，他深刻感受到：「一堂課上得鮮不鮮活，孩子是直接從他臉上的表情，他的眼神回饋給你，……你無時無刻都在接受孩子的回饋。」學生問：「老師，光為什麼會這樣？光從哪裡來？」C老師過去很少想這些問題，「那是孩子帶著我去經歷這些事情。所以後來就開始進入科學史的理解」（0403C-p4）。

十二年級光學的學習指南包括：1. 知識學習：從實驗中統整現象、歸納光學原理（反射與折射）、面鏡與透鏡成像、牛頓光學、歌德色彩學、干涉與繞射；2. 應用與意義：從生活與歷史中認識光學在生活中的應用及人在光學發展中的角色；3. 學習責任：主動的參與課堂，有效運用時間，能參與課程回顧、現象重述的討論，並在期限內製作完整的主課程學習檔案。作為一個從歷史與生活中探問科學的華德福老師，C老師則期許自己「不惜一切引發學生對知識的驚嘆感受」（觀1011）。

光學主課程第一天，C老師花了約40分鐘：

做整個的回顧，一方面是帶孩子進入情境，另一方面是我試圖了解孩子身上還留下些什麼，或是哪些是他們印象比較深刻。（0403C-p20）

老師請全班站起來，想一想過去在國中小時學習光的內容或是對光的感覺與經驗，想好了就可以坐下，約3～5分鐘後請所有人坐下。請11號學生開始分享，老師在黑板上記錄學生分享內容的關鍵字，過程中會問學生「怎麼知道的？」，或是要更精確說明。所有學生輪完一輪後，老師邀請所有人再自由補充。學生分享時多落落大方，大部分同學都專注聆聽並做筆記，同時會有驚嘆、大笑等反應，整體學習氛圍和諧專注（觀1011）。

C老師以起立與坐下的儀式，定調談話的節奏。過程中，學生分享自身經驗，看到同學多樣的觀點，回味一些共同的記憶。40分鐘的回顧，不只探測知識的準備度，也讓每位學生表達自我、相互理解，同時連接下一個由學生自行設計實驗的活動，是主課程的「暖身與準備」。

觀課期間有歌德三稜鏡觀察與針孔成像兩大組實驗。C老師說，華德福強調讓現象說話，事先不去指導學生看甚麼，僅提醒學生仔細觀

察。例如，主課程第二週的周一開始上歌德光學，C老師說：「今天我們要用三稜鏡來重新看待這個世界。」老師發給每個學生一只歌德三稜鏡，請同學注意稜鏡的使用方式（尖端朝上或朝下、與眼睛的關係等），說明實驗過程中如何在歌德黑白圖形上標示出透過稜鏡看到的色彩，如何記錄顏色的位置與順序，可用色鉛筆上色，或用顏色代號，紅（R）橙（O）黃（Y）綠（G）藍（B）靛（DB）紫（P）標註。說明結束後，由學生自行觀察。學生大都在座位上觀察，偶爾移動到走廊，然後陸續開始交談討論，到後來形成幾個討論群。過程中，老師四處巡視，加入學生討論或回應學生提問。實驗約進行25分鐘後，老師請學生自己找2~3人一組，比對紀錄，找出顏色出現的規則。老師給兩個提示：1. 顏色出現的排序是固定的；2. 會形成兩兩一組的關係。最後，黑板上記錄下來的法則有：(1) 越接近黑色的地方，顏色越深；(2) 色彩出現在黑白相間處；(3) 色塊與稜鏡角度相同；(4) 近看色塊是細的，遠看色塊是粗的；(5) 綠出現在黃和藍交界處。最後老師請大家回座位，宣布下課（觀1017）。

第二天回顧時，老師以小考方式請學生寫出透過歌德稜鏡所看到的冷暖色系。之後老師以藍天與夕陽為例，從光源（太陽）與觀察位置、觀察角度的關係，講解歌德光學原理；第三天再請學生回顧，並且請比較懂的同学講解給不懂的同学聽（觀1017-觀1019）。

我們看到，歌德光學課程進行過程中，C老師一開始準備好工具（三稜鏡與歌德黑白圖），說明基本操作方式後，沒有指導要看甚麼，而是讓學生直接觀察、記錄、互相觀摩、找尋其中的規則。學生們透過實作看到歌德近三百年前所看到的光的現象，歸納出接近歌德光學的規則，重歷一部分歌德光學之旅。

當年歌德獨自進行光學探究，現在華德福學生則有每天的回顧與討論。C老師運用多元形式做回顧，包括全班起立個別分享後座下、小考後老師解答學生自己批改、自由發言等等。課堂中全班討論的時間也很多。學生討論所觀察到現象時，

……孩子會感覺到大家都在講同一件事情，但每個人的描述、用的語言都很不一樣，……這個時候我感覺到的是，他們是在渴求專有

名詞的出現。(0403C-p11)

因此，當老師介紹專有名詞時，彷彿是「專有名詞駐入他們的生命經驗」，學習的主體與知識客體就此產生連結。這樣的教學方式，

可以容納更多元不同面向的孩子，……在同一個學習脈絡裡面進行學習。孩子跟學習的客體，比如說……他跟聲光熱這件事情的連結，……每個學生連結的緊密程度會不一樣，這跟他個人的狀態比較有關係。(0403C-p12)

準備課程時雖有規劃進度，但實際上課則會配合學生狀態而調整進度。C老師提到原本安排在較後面的主題，有時會因應學生討論就跳到前面，或長出課程支線，偶而難免有「調味料變主菜」，科學課變成歷史課的情形(0403C-p14)。也因此，C老師表示，在華德福學校上課挑戰性高，因為老師需要隨時備課和調整上課內容，不斷提升專業素養，持續堆疊經驗，才能彈性適切回應學生的狀況，維持教學的生命力。

為了能參加主流體制的繁星入學管道，高中生需要有課業的分數等第。C老師觀察到，華德福高中理解分數等第是檢核學習成果的方式之一，而工作本則是自己的學習紀錄和自我探索旅程(0304C-p20)。

訪談時，C老師帶了幾份學生工作本。他指著其中一本說，

我看到這封面就太感動了！……她的封面就已經反應了我們在光學裡面談到的黑暗跟光的關係，以及在談到實像跟虛像的時候兩者是上下顛倒左右相反的關係，這個封面……是用一種很感性、很藝術的方式去呈現她想要表達的東西。……這個孩子從六年級我就帶著她，……她在使用專有名詞的時候常會使用錯誤，但是她畫的圖你都會知道他在那個學習的脈絡裡面。(0403C-p25)

這個學生高中會考成績不好，但C老師在工作本中看到她其實理解光學重要概念。

另一位學生(辛)工作本的學習心得交織著情感與思考，完全呼應

了C老師的期待：

從主課程一開始的回顧，就如一趟旅程的起始，追溯過去所習得的，別有一番樂趣，同時，讓我看見自己在學習光學歷程中，國小、國中至高中的轉變——不知不覺，但真的很神奇，我發現自己遇見相同的實驗現象，在過去，我多只停留於眼前的驚奇，與同學之間的討論也都只在分享自己所觀察；上了高中，強烈感覺到自己放更多注意力在思考原理，似乎更是從感受轉移至思考，同樣的，同學之間的對話轉變成討論原理較多。一切是自然而然發生，也讓我聯想到，我在學光學的成長，好似人類與光的關係之轉變。……課程中，最享受的是推敲歌德光學的過程。……光學之旅讓我對藍天、彩虹、看見與看不見、色彩及光與介質的關係等等平時習以為常的事物有更深一層的體悟、感受與讚嘆，我發覺，主課程後我竟時常不自覺呆望天空，尤其藍天，並深自內心吶喊：「哇！」原來，眼前所見的事物，都因光，僅因光，就能有如此美麗的解釋。

【擷取自學生（辛）的工作本】

伍、討論與結論

本研究是一個尋訪另類科學教育的探索過程。

研究者綜合整理華德福教育創辦人Steiner的講演資料及相關文獻，歸納出華德福科學教育的三項環環相扣的特點：歌德觀察法、從學生的內在發展需求決定教育內容與方法、以及注重與大自然的情感連結與整體性理解。歌德觀察法是歌德對自然世界現象學式的探究方法，華德福自然與科學教育運用歌德觀察法，導引孩子以開放的態度觀察自然現象，建立與大自然的互動方式、情感連結與整體性理解，協助孩子在科學、藝術與社會責任之間的平衡發展，成為獨立自由的個體。為了解華德福科學教育理念在臺灣的具體實踐情形，研究團隊進入合作學校，觀察了十年級「酸鹼鹽」與十二年級「光學」等兩門主課程各為期一週，並訪談授課的L老師與C老師對於課程與教學的思考。接下來進一步討論華德福科學教育的落實情形與所面臨的挑戰。

一、歌德觀察法的實施

L老師與C老師教學過程中都很有意識地在兩個層面運用歌德觀察法：一為課程與教學的設計與實施；二是在課程進行中觀察學生狀態，隨時調整配合當下的教學內容與節奏。我們先討論老師如何以歌德觀察法進行教學。

首先，歌德觀察法是一個需要長期耐心、嚴謹與尊重客體的探究過程。充裕的時間是執行歌德觀察的必要條件。華德福主課程連續十五天、每天二小時的設計，提供了歌德觀察的時間條件。前面提到，歌德觀察法包括五個階段。華德福學校每天主課程開始前的晨圈或晨詩活動／儀式，具有調整學生身心，導引進入學習狀態的功能；「回顧」則進一步將學生的注意力聚焦到學習，相當於歌德觀察的「準備階段」的作用。

華德福教育假設孩子的成長歷程有如人類文明發展史，而科學學習則有如孩子親自經歷科學發現之旅。L老師與C老師都很有意識地為學生布置「親歷發現」的學習情境，讓學生對現象有一手的接觸、觀察與感受。在布置實驗時，經常把實驗放大，讓學生容易觀察到、感受到細節，不只是讓學生看到形狀、色彩，還有聲音、溫度、氣味，盡量讓學生用全部的身體感官來經驗這個現象，引起好奇，「好美呀！這是甚麼？為什麼會這樣？」的感受，進而轉化為探究的動力。實驗前，除了必要的說明，老師很有意識地不指導、不提示、不介入實驗的過程，讓學生用自己的方式去觀察與感受現象，相當於歌德觀察法的第一階段精確感受現象（*exact sense perception*）。

實驗後隔天一早的回顧環節，學生們回顧前一天的純粹觀察感受，透過表述與討論，有時也會繼續觀察實驗變化（如十年級的過錳酸鉀實驗），或是同一主題多個實驗的觀察、回顧與討論。這個階段的探究，包含了記憶力，也運用歸納、分析與想像力，接近歌德觀察法的第二階段精確的感官想像。當探究持續到某個程度，突然間靈光乍現、茅塞頓開，有了深一層的洞見與喜悅。例如C老師提到學生們討論到一個程度，會「渴求」專有名詞的出現，專有名詞一出現「彷彿注入他們的生命」，這種狀態就比較接近歌德觀察法的「頓悟」階段。

「回顧」具有將連續十五天帶狀課程承先啟後地作有機連結，是實施歌德觀察的關鍵。學生從語言陳述、到聯想、到應用，呈現對前一天經驗的多層次理解，有助於老師了解學生學習狀況；而日復一日的課堂回顧，持續鍛鍊著學生觀察、整理、反思與表達的能力。觀課期間，我們看到兩位老師綜合考慮課程進度、學生當天狀態、或前一天學習狀態等因素，來決定回顧的形式，包括：自由發言、老師點名接力回顧、小組討論再派代表對全班報告、老師提一個概括性的問題引起同學討論、小考（老師講解後學生互改或自己改）、學生各自寫關鍵字然後小組分享等等；過程中，老師常透過追問，請學生更仔細地描述或是釐清想法。如何讓回顧發揮最大的教學功效，則考驗著老師對專業知識的掌握、對學生言說理解的敏銳度、以及班級經營的靈活度。

綜合上述，在歌德式觀察的科學主課程中，老師布置各種實驗活動，學生透過實作，連結既有的經驗與知識，發展出對現象初步的「結論」（conclusion）。隔天回到課堂，「回顧」前一天經驗，分享自己的觀察、經驗與關注點。透過回顧過程，師生們連結起彼此間的經驗，做出有意識、帶有情感性地階段性「判斷」（judgement）。經由全班的討論與老師的引導，學生得以找到實驗現象背後的律則；同一主題經過三至四週每天深入的探討，逐步長成鮮活的「概念」（concept），也擴展了對世界的理解。結論、判斷、概念，形成華德福教學獨特的節奏與方法，呼應歌德的科學觀（Schieren, 2010）。

如果試著評估歌德觀察法在本研究所觀察的課堂中實施到甚麼程度？由於歌德觀察法的執行與探究主體本身的觀察敏銳度與認知成熟度密切相關，我們發現，兩個課堂都相當落實準備階段與第一階段，討論現象有時進展到歌德觀察的第二階段；或許部分學生在學習過程中經驗了「Aha！」頓悟的喜悅（如十二年級的辛同學）。

二、以回應學生發展為目的，決定教育的內容與方法

歌德觀察法是歌德作植物觀察時發展出來的探究方法，試圖理解動植物等有機體發展過程中的形貌變化及其內在動力。Steiner將之用於對人類發展的觀察；在華德福教師培訓中「歌德觀察法」、「兒童觀察」

更是重點課程。隨時以歌德觀察法敏察學生狀態，據以調整教學內容與節奏，是華德福老師的日常功課。L、C兩位老師都高度認同華德福教育原則，不約而同地強調，學生的學習狀態是他們最優先的教學考量。華德福學校許多學生從幼兒園便入學就讀直到九年級，甚至到十二年級，將學生的表現置於其成長脈絡中來觀察，故能對其一言一行做深入的解讀而有極大的包容性，並隨時敏覺回應其需求。兩位老師都表示，上主課程時，他們會事先準備好15天的大主題與材料，實際上課時就全心投入關注並回應學生當下的學習狀況。

懷抱著這樣的教學態度，老師們根據學生的狀態與課程主題，竭盡所能引導學生投入科學探究之旅。例如，L老師發展特質及班級同學組成的複雜性，除了課前多方了解學生外，在第一週第一天刻意安排了變化較緩慢但極具美感的實驗，一方面吸引學生，一方面也觀察學生反應、了解學生，並設計「實作任務」與「實作任務評量表」導引學生觀察實驗重點，也隨時調整回顧的形式。C老師在上課第一天，用了40分鐘的時間讓學生回想並分享對「光」的經驗，以了解學生還掌握多少六、七年級曾經上過的內容；同時在第三週安排小組實驗演示，給學生合作與互動、發揮與展示的舞臺。

由於從現象出發，學生與學習材料、老師及同學之間的互動，常帶出非教師所預期的學習支線。老師以開放的態度讓學生主導學習路徑，配合學生狀況，不斷調整課程內容、進度與進行方式。兩位老師回看華德福走過的路，感覺這種師生互動狀態很像是共學者：

我不是把我會的東西教給你，而是我跟你同時長出我們會的东西。
對，跟學生同時長出會的东西。所以一個課會上得好，是學生感受到老師是我的伙伴。（0403L-p.13）

L老師這番感受獲得C老師的高度共鳴。當老師分享學生意想不到的表現時（如學生的工作本），我們感受到老師所傳達「原來她是這麼想的」的洞察與喜悅。

三、關注與大自然的情感連結與整體性理解

「旅行」是老師們常用的比喻，一門科學課像一趟科學探究之旅；而連續15天帶狀課程的時間架構，得以轉化為寬闊的探索空間。老師們事前規劃完整，過程中做許多鋪陳、醞釀與準備，並且特別重視創造「美感經驗」與驚嘆感，建立實驗與情感／情緒的連結，以歌德觀察法培養學生細膩而深刻的觀察力。學生經過觀察、感受、描繪、分享、討論，將消化後的知識與感受，以多元方式綜合性地呈現主客交融後的產出——「工作本」。就如辛同學的光學工作本，呈現了對自我學習過程的反思、對自我成長變化的觀察、對知識深入的掌握、以及經由光學課程產生對藍天、彩虹、光、介質等大自然現象的讚嘆與深情。

四、反思與挑戰

主流科學教育有以建構主義為理論基礎的「探究式教學」。與Steiner同時代的美國實用主義、進步主義教育哲學家杜威（John Dewey, 1859-1952）主張，教育就是經驗重組的過程，最好的方法就是「從做中學」。在科學教育方面，根據Tschaep（2012），杜威也主張應該鼓勵學生有如哲學家—科學家一般（student as philosopher-scientist），跟著科學家，運用觀察、反思、實驗、檢測（假設）等方法，參與科學探究，建構自己的科學解釋與科學概念。在如哲學家—科學家般實作探究的過程中，學生自然發展出高層次思考能力，例如反思、抽象、提問、建構假設、比喻等，不僅僅有助於培養解決問題的能力，也是民主社會重要的公民能力。

1950到1960年代，英美等國科學教育的學術界逐漸強調探究教學的重要性。美國科學促進學會（American Association for the Advancement of Science, AAAS）1985年推動改革K-12科學教育的2061計畫，提出將科學本質（nature of science）和科學史作為培養美國公民科學素養的方式。1996年全美科學研究協會（National Research Council, NRC）公布美國國家科學教育標準（National Science Education Standards）（NRC, 1996），強調科學探究（scientific inquiry）的概念，即

科學探究是科學家們透過多種途徑對自然界研究，並根據證據提出解釋。科學探究也是指學生們透過學習活動，以發展知識、理解科學觀念，並認識科學家們研究自然界所用的方法。（NRC, 1996: 23）

這個定義將科學家的研究與學生的科學學習連結起來。

在學生參與探究時，需要描述物體和事件，提出問題，做出解釋，根據科學知識對所做出的解釋加以檢驗，運用判斷思維和邏輯思維，考慮各種可能的解釋，並能表達自己的看法。如此，學生可以把科學知識、推理和思維技能結合起來，從而獲得對科學的認識（王晶瑩，2011）。亦有學者認為，除了具備執行科學探究的能力之外，還要能反思科學探究的意義和了解科學探究的趨勢，並認識科學探究的「本質」（Lederman, 2007; NRC, 2000）。相關實徵研究顯示，探究為本的教學（inquiry-based teaching）有助於學生的科學學習；在多樣的探究形式中，教師導引的探究比學生自主探究的效果更好（Furtak, Seidel, Iverson, & Briggs, 2012）。

科教學者劉湘瑤（2016）回顧文獻後，整理出科學探究過程包含了4個學習項目：1. 發現問題；2. 根據問題蒐集資料與分析，擬定可行的研究計畫；3. 針對資料進行分析統整、呈現證據和推理、做出解釋、提出結論或解決方案，也就是形成科學主張或科學知識；4. 表達與分享探究的結果。

主流教育的科學探究活動與華德福科學課程活動的安排頗有類似之處。在以概念教學為目標的探究式教學模式中，兩者都期待學生經由探究、觀察等活動，對觀察的現象已經有所認知後，老師才說出專有名詞，例如，「密度」。歌德式觀察著重讓現象在意識中重現，而華德福教育強調認知者對現象的情感覺察，這兩點可補主流教育科學概念教學的探究活動的不足，使抽象科學概念紮根在豐富而多面向的意識經驗中。

主流學校的探究活動大都在兩小時之內完成；相對而言，華德福教育的主課程的時間結構，容許學生進行五、六個小時的觀察與探究，在回顧中學習從生活語言轉成科學語言，且較有機會表達自我和開展出

學習的主體性。在教育哲學層次上，華德福教育重視整體圖像，強調課程要呼應孩子不同階段發展的特質。老師們備課時會考慮課程的知識結構，但實際上課時並不堅持在一定時間內解決所設定的問題，而是有意識地配合學生狀態調整活動，讓學生有寬廣的探索空間。回顧與工作本作業也讓學生較有機會練習使用科學語言來表達所見所思所學。華德福科學教育方式可說相當徹底落實科學探究式教學。

上述華德福獨特的科學教育實踐，在臺灣社會的時空脈絡下，也不免面臨挑戰。

首先，雖然學生在主課程能對該主題有相當完整的學習，但如想進一步深入與精煉，則仍需更多的協助。C老師提到，六到八年級的科學學習，很大的功課是：讓科學語言從孩子的生活語言中長出來。華德福教育強調現象學式的教學，從學生看得到、聽得到、感受得到的現象、美感經驗等引發學生探究的好奇。孩子先用主觀的生活語言去描述觀察到的客觀現象，在眾多生活語言的描述中會出現共通性，這些共通性便成為科學語言的基礎。高中以前科學課程多為學生感官感受到的生活現象，學生以對實物的畫圖、測量或以生活語言描述來呈現所觀察到的現象。隨著科學課程進入微觀現象，科學表徵從概念圖或統計圖，表格、數據，數學符號，到公式、模型，越來越抽樣與脫離生活經驗。從生活經驗語言，轉化為科學性語言，是一個複雜的主客轉化辯證過程，需要老師很有意識地導引，也需要很多練習。華德福學校的活動多，科學老師發現學生浸泡在科學的時間仍然不足。因此，如何給予對科學有興趣的學生有更多機會探究，以及如何採用更有效的教學方法，協助學生從自我的經驗表達中結晶出科學語言與知識，是值得努力的方向。

其次是來自臺灣升學制度的挑戰。華德福以發展獨立自主的個體為教育目標，學習評量方面以多元質性方式描述每個個別學生學習狀態，不做學生之間的評比與競爭。因著華德福高中無法容納所有國中畢業生，以及主流教升學制度的篩選機制，使得華德福學校不得不從國中開始採用一些評比方式。如何發展適切的評比機制，避免其可能造成學生間競爭比較及功利思考等負面影響，挑戰著老師們對各種評量方式的掌握能力。

第三，L老師反思自己的教學，如何同時兼顧連結學生經驗，開放

學生自主探索，以及所設定的教學目標，是教學一大考驗。而高中階段學生已逐漸發展為獨立自主的個體，對於學習更有自己的想法，也對老師教學有自己的判斷，教學挑戰更為艱鉅。因此，老師們必須不斷提升知識與教學專業，「展現一個持續成長的人的樣貌給孩子們看」（0304C）。

陸、研究限制與未來研究建議

本研究選擇兩門華德福高中科學主課程，每班觀課一週，得以呈現兩門科學主課程面貌並提取其中共相；但未能完整觀察科學探究旅程的全貌及學生「親歷發現」消化吸收的學習過程，是本研究的限制之一。未來如能完整觀察一門主課程，將更能深入描繪現象為本的歌德式科教實踐面貌。本文記錄兩位華德福科學老師的教學實踐。華德福老師經常反思自己的教學，以符合華德福科學教育本質。他們也經常接受科學教學研習及參與校內聯合備課，加上學生特質不同，科教面貌與教學實踐會持續演進，值得持續觀察。此外，學生觀點的科學學習是理解華德福科學教育不可或缺的一環。本文受限於篇幅限制無法處理，有待另文討論。

臺灣108年開始實施十二年國民教育新課綱，自然科學課程領域以「探究與實作」為貫串各學習階段、整合各學科內容的核心素養，並且是普通高中的「領域必修課程」。這項規定提供了華德福與主流學校科學教育相互交流、觀摩與學習的契機。「探究與實作」在兩種教育體系中的實踐情形異同比較，也是有待進一步探究的課題。

謝誌

本研究為科技部補助專題計畫「另類教育中的性別與科學學習——以一所華德福學校為例」（MOST 104-2629-H-007-001-MY3）之部分成果，感謝科技部之經費補助。感謝合作學校師生在研究團隊入校觀課期間，無私地分享與熱情地支持與協助，使得研究得以順利進行；感謝朱彥柔、郭晏輔、陳柳如研究期間悉心協助田野資料的收集、記錄與整

理；最後，感謝匿名審查者及本刊編輯的指教與建設性修改建議，大幅提升本文的嚴謹性與可讀性。

參考文獻

- 王晶瑩（2011）。國際理科教育中科學探究理念的發展路徑。亞太科學教育論壇，12(1)。取自https://www.eduhk.hk/apfslt/v12_issue1/wangjy/index.htm
- 【Wang, J.-Y. (2011). The development research of scientific inquiry in the area of international science education. *Asia - Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 12(1). Retrieved from https://www.eduhk.hk/apfslt/v12_issue1/wangjy/index.htm】
- 林琦珊譯（2013）。實用教學指引——華德福學校1~8年級課程的圖像（原作者：R. Steiner）。臺北市：洪葉。（原著出版年：2005）
- 【Steiner, R. (2013). *Erziehungskunst: Methodischi-Didaktisches* (C.-S. Lin, Trans.). Taipei, Taiwan: Hung Yeh. (Original work published 2005)】
- 芮虎、李澤武、廖玉儀譯（2014）。作為教育學基礎的人的普遍智識（原作者：R. Steiner）。宜蘭縣：財團法人人智學教育基金會。（原著出版年：2005）
- 【Steiner, R. (2014). *Allgemeine Menschenkunde als Grundlage der Paedagogik* (H. Jui, T.-W. Li, & Y.-Y. Liao, Trans.). Yilan, Taiwan: Anthroposophy Education Foundation. (Original work published 2005)】
- 劉湘瑤（2016）。科學探究的教學與評量。科學研習，55(2)，5-11。
- 【Liu, S.-Y. (2016). The teaching and assessment of scientific inquiry. *Science Study Monthly*, 55(2), 5-11】
- 潘定凱譯（2014）。童年的王國（簡）（原作者：R. Steiner）。深圳市：深圳報業集團出版社。（原著出版年：1924/1982）
- 【Steiner, R. (2014). *Kunst des Erziehens aus dem Erfassen der Menschenwesenheit. Kindom of Childhood* (D.-K. Pan, Trans.). Shenzhen, China: Shenzhen Press Group. (Original work published

1924/1982)】

- Avison, K., & Rawson, M. (Eds.). (2014). *The tasks and content of the Steiner-Waldorf curriculum*. Glasgow, England: The Floris Books.
- Brooks, I. (1998). Goethean science as a way to read landscape. *Landscape Research*, 23(1), 51-69.
- Dahlin, B. (2017). *Rudolf Steiner: The relevance of Waldorf education*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329.
- Holdrege, C. (2005). Doing Goethean science. *Janus Head*, 8(1), 27-52.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: The National Academies Press. Retrieved from <https://doi.org/10.17226/9596>
- Østergaard, E., Dahlin, B., & Hugo, A. (2008). Doing phenomenology in science education: A research review. *Studies in Science Education*, 44(2), 93-121.
- Rawson, M., & Richter, T. (2000). *The educational tasks and content of the Steiner Waldorf curriculum*. Forest Row, England: Steiner Waldorf Schools Fellowship.
- Richards, R. (2002). *The romantic conception of life: Science and philosophy in the age of Goethe*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Schieren, J. (2010). Conclusion, judgement, concept: The quality of understanding. *Research on Steiner Education*, 1(2), 5-14.
- Steiner, R. (1988). *The Goethean science* (W. Lindeman, Trans.). Liverpool,

- England: Murcury Press. (Original work published 1883-1897)
- Steiner, R. (1996). *Education for adolescents* (C. Hoffmann, Trans.). Hudson, NY: Anthroposophic Press. (Original work published 1986)
- Steiner, R. (2000). *Nature's open secret: Introductions to Goethe's scientific writings* (J. Barnes & M. Spiegler, Trans.). Great Barrington, MA: Anthroposophic Press. (Original work published 1883)
- Topolinsk, S., & Reber, R. (2010). Gaining insight into the “Aha” experience. *Current Directions in Psychological Science*, 19(6), 402-405.
- Tschaepe, M. D. (2012). The student as philosopher-scientist: Dewey's conception of scientific explanation in science education. *Education & Culture*, 28(2), 70-80.
- Von Goethe, J. W. (1983). *Goethe: Scientific Studies* (D. Miller, Ed. & Trans.). New York, NY: Suhrkamp Publisher.
- Wahl, D. C. (2005). “Zarte Empirie”: Goethean science as a way of knowing. *Janus Head*, 8(1), 58-76.

Subject and Object Dialogue in Scientific Inquiry: A Case Study of a Waldorf High School

Hsiao-Chin Hsieh* Pei-Yin Chen** Che-Di Lee***

Abstract

This study aims to explore the characteristics of the scientific pedagogy of Waldorf education and its practice in Taiwan. A literature review was utilized to identify three interconnected characteristics of Waldorf science education: that Goethean observation is the primal scientific inquiry methodology; that the curriculum outline takes its cues from the students' inner development; and that holistic understandings of—and emotional connections with—nature must be emphasized in science teaching. Then, using data collected from class observations of two science main courses in a Waldorf high school—Salt, Acids, and Bases in 10th grade and Optics in 12th grade—and interviews with the two relevant teachers, this paper described how Waldorf science education is being practiced in these two courses and discussed its strengths and challenges in the context of Taiwanese education. Finally, certain similarities and differences between the Waldorf scientific pedagogy and the scientific inquiry method used by mainstream schools were discussed in the hope of facilitating further dialogue between the two.

Keywords: scientific inquiry, Waldorf education, Goethean observation



DOI : 10.6869/THJER.202012_37(2).0003

Received: December 20, 2020; Modified: October 5, 2021; Accepted: October 6, 2021

* Hsiao-Chin Hsieh, Professor, Center for General Education, National Tsing Hua University,
E-mail: hhc@mx.nthu.edu.tw

** Pei-Yin Chen, Professor, Department of Education, National Taiwan Normal University,
E-mail: pychen@ntnu.edu.tw

*** Che-Di Lee, Associate Researcher, Center for Science Education, National Taiwan Normal University, E-mail: chedi.lee@ntnu.edu.tw