

國家科學及技術委員會補助專題研究計畫報告

成為華德福科學教師

報告類別：精簡報告
計畫類別：個別型計畫
計畫編號：MOST 110-2629-H-007-003-
執行期間：110年08月01日至112年01月31日
執行單位：國立清華大學通識教育中心

計畫主持人：謝小苓

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：薛宇涵
碩士班研究生-兼任助理：賴祥銘
碩士班研究生-兼任助理：林芳如

本研究具有政策應用參考價值：否 是，建議提供機關
(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)
本研究具影響公共利益之重大發現：否 是

中華民國 112 年 05 月 01 日

中文摘要：華德福教育是奧地利/德國哲學家Rudolf Steiner (1861-1925)以其人智學理論 (anthroposophy) 為基礎所發展出的課程與教學體系。華德福科學教育以歌德科學法為基礎，立基於人類與自然的整體性的宇宙觀及主客交融的認識論，採取現象學式的教學實踐，與現今一般學校的主流科學教育多所不同。本研究擬採用深度訪談法，探討華德福科學教師透過怎樣的養成歷程、經歷怎樣的教學挑戰與鍛鍊，成為華德福科教的實踐者；同時本研究將比較男女教師的經驗及其對男女學生學習的觀察，進一步思考此獨特科教實踐的性別意涵。

中文關鍵詞：華德福教育，科學教育，教師，性別

英文摘要：This study aims to explore the cultivation and development of Waldorf science teachers. Based on Goethean scientific epistemology, Waldorf education takes a phenomenological approach towards science teaching, which is quite different from the mainstream practice. This study will carry in-depth interviews on Waldorf science teachers and will compare male and female teachers' experiences and their observations on students', both boys' and girls' learning, to discuss the gender implications of this unique science pedagogy.

英文關鍵詞：Waldorf education, science pedagogy, teacher, gender

國家科學及技術委員會補助專題研究計畫報告

計畫名稱：成為華德福科學教師

報告類別：進度報告

成果報告：完整報告/精簡報告

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSTC 110-2629-H-007-003-

執行期間：110 年 8 月 1 日至 112 年 1 月 31 日

執行機構及系所：國立清華大學通識教育中心

計畫主持人：謝小芬

共同主持人：

計畫參與人員：薛宇涵、賴祥銘、林芳如

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 ___ 份：

執行國際合作與移地研究心得報告

出席國際學術會議心得報告

出國參訪及考察心得報告

本研究具有政策應用參考價值： <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是，建議提供機關_____
(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)
本研究具影響公共利益之重大發現： <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是

中華民國 112 年 4 月 30 日

(包括前言、研究目的、文獻探討、研究方法、結果與討論(含結論與建議、執行計畫過程遇到之困難或阻礙)

壹、前言：計畫之背景與目的

近半世紀以來，女性低度參與科技領域的現象日漸受到重視，學術界亦積極探究影響此一現象的因素，並從主流科學認識論的批判、人才培育過程、友善職場檢視及性別創新科技等方面提出改進對策與方案(謝小芬,2017)。科學學習方面，近年來包括PISA、TIMSS等大型國際數理測驗結果發現，男女學生在科學成就表現差距逐漸所縮小至無分軒輊，而女孩對科學學習態度，包括對興趣、自信與認同，卻持續顯著低於男孩的現象。許多研究文獻指出，主流社會中的性別文化信念、性別角色刻板印象，以及主流科學強調客觀理性、貶抑情感同理的認識論，與男性中心的價值立場等等，是重要的影響因素。學者因此突破男性中心的認識論、將科技發展置於較寬廣的知識發展脈絡中、倡議多元容納式的科學教學策略，希望協助女孩及科學弱勢學生可以想像科學生涯。

第二次大戰後全球快速發展，近年來也在台灣蓬勃成立的華德福教育(Waldorf education 或 Steiner schools)，是由德國思想家 Rudolf Steiner (1861-1925)於二十世紀初以歌德科學方法論為基礎，發展出人智學理論及所建立的教育體系。歌德(Johan Wolfgang von Goethe(1749-1832)及其同僚於十八、十九世紀之交發展出來的科學浪漫主義(Scientific Romanticism)，批判當時代主流啟蒙科學過於強調科學活動中的主客對立與理性至上，科學浪漫主義認為人與大自然是相連結的、欣賞大自然的豐美、主張科學探究過程應由主體感受、詩意與美感及科學思辨，共構對大自然的理解。華德福科學教育在歌德科學的認識論基礎上，主張學生要透過真實深刻的科學探究感受與體驗，精細準確的觀察與廣泛的討論，培養與大自然的連結感，並據以建構科學概念與知識，其終極目標為培養有科學探究能力的獨立個體，而並不強調專業科學家訓練。性別平等雖然並非華德福教育所標榜的目標，但其基於歌德科學/科學浪漫主義的認識論及具體教學實踐，與女性主義科學教育主張有若合符節之處。

華德福教育雖已擴及全球，但學界有關華德福科學教育的研究文獻極為有限，探討華德福教育性別意涵的研究更少，將二者合而論之者幾乎絕無僅有。¹華德福教育特別強調教師作為兒童典範的核心角色，也極為重視教師的養成與持續培訓。本研究擬在前兩期性別與華德福科學教育的研究基礎之上，聚焦於華德福科學教師的養成，探討他們如何整合或協調主流科學與歌德科學認識論，將之落實於教學實踐中，並比較男女科學教師的經驗與其對男女學生學習的觀察，進而探討華德福科學教育的性別意涵及其提升性別平等科學教育的可能性。

貳、文獻探討

¹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。

文獻探討包括兩大部分。第一部分討論性別與科學學習相關議題的研究文獻，包括女性在科技領域的低度參與現象，科學學習成就、學習態度與動機、科學認同的性別差異及其影響因素，以及女性主義對科學教育的反思與建議。第二部分介紹歌德科學與華德福科學教育的特色，報告前一階段兩個科技部專題研究計畫的部分成果，與女性主義科學教育主張對話，並導引出本研究計畫之問題意識。

2.1 女性在科技領域的參與

近半世紀以來，女性低度參與科技領域的現象日漸受到重視，學術界亦積極探究影響此一現象的因素，並從主流科學認識論的批判、人才培育過程、友善職場檢視及性別創新科技等方面提出改進對策與方案(Hills et al., 2010; UNESCO, 2015a, 2015b; 謝小琴, 2017)。雖然整體而言，受高等教育機會的性別差距逐漸減少，但根據聯合國教科文組織 2014-2016 的調查統計，高教階段不到 30% 的女學生選擇科技相關領域，全球女性主修資通領域僅約 3%，主修數理領域者約 5%，主修工程製造領域約 8%。在新冠肺炎肆虐全球近一年之際，聯合國教育、科學及文化組織和聯合國婦女署設定 2021 年 2 月 11 日第六屆婦女和女童參與科學國際日的主題為「在前線對抗 COVID-19 的女性科學家」(2021 Theme: Women Scientists at the forefront of the fight against COVID-19)，除了肯定全球女性科學家在抗疫過程中的貢獻外，也關注疫情惡化了女性在科技領域的處境，由此更顯出積極鼓勵女孩參與科學學習的迫切性與重要性，因為性別平等是地球永續發展的重要策略，而女性的參與亦有助於科技創新，提升人類福祉。²

台灣自 2004 年性別平等教育法實施以來，政府亦積極推動各種鼓勵女性學習科技的方案。107 學年度大專院校學士班有近 5 成為女性，碩士班逾 4.6 成，博士班約 1/3 為女性；但從學習領域來看，107 學年學士班女性在自然科學、數學及統計為 42.5%，資訊通訊科技領域僅 27.0%，而工程、製造及營建領域更僅有 17.8%；到了博士班女性所佔比例則分別下降至 29%，20%與 16%。整體而言，107 學年度高等教育中女性畢業於科學、技術、工程及數學領域比例只佔 24.73%³，女性在高教階段的科技參與率偏低。但值得注意的是，其實在後期中等教育分組分科之前，男女學生的科學素養表現其實無分軒輊。

2.1.2 科學學習成就、學習態度與動機的性別差異

近年來，大型跨國科學測驗，包括以 15 歲學生為對象的「學生能力國際評量計劃 (Programme for International Student Assessment, PISA) 及以四年級與八年級學生為對象的「國際數學與科學教育成就趨勢調查 Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS)」顯示，整體而言，科學及數學成就平均表現的性別差異日趨縮

²“2021 Theme: Women Scientists at the forefront of the fight against COVID-19”，

<https://www.un.org/en/observances/women-and-girls-in-science-day/>;

”Women and girls belong in science, declares UN chief”，<https://news.un.org/en/story/2021/02/1084412> 擷取日期 20210214。

³ 教育部統計 106-32 高等教育中女性畢業於科學、技術、工程及數學領域比例

https://www.gender ey.gov.tw/gecdb/Stat_Statistics_DetailData.aspx?sn=AzWk52cHcvU4er4xX4!Gzw%40%40&d=m9ww9odNZAz2Rc5Ooj%24wiQ%40%40

小，但一方面男孩比女孩更容易落入低表現群，而另一方面高表現(high performing)群中的男孩比例仍高於女孩。科學及數學成就性別差異的變化趨勢與在不同國家的表現，顯示科學及數學學習不僅受個人先天能力的影響，也深受文化及教育環境與政策的影響(Meinck & Brese, 2019; OECD, 2015)。然而，這些大型跨國測驗也發現，雖然科學成就的性別差異縮小了，但是對於科學學習的情意態度，卻仍明顯地男性高於女性(OECD, 2015; 邱美虹, 2017)。推動辦理 PISA 的「經濟合作暨發展組織」(OECD)對 PISA2012 測驗結果進行性別差異分析並於 2015 出版的專書《教育中性別平等的 ABC: 態度、行為、信心》(*The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence*)指出，整體而言，女孩對解決數理問題的信心水準低於男孩，對數理的焦慮高於男孩，在「像科學家般的思考」(think like a scientist)相關問題中，女孩表現都低於男孩。

邱美虹(2017)分析 2006、2009、2012 及 2015 四次國際 PISA 調查各國男女學生表現，特別是 2006 和 2015 年的科學素養表現，發現在 PISA 2015 的四個情意面向：「學習科學時我通常是開心的」、「我能享受閱科學的樂趣」、「我樂於從事科學相關工作」、「我對學習科學方面的事務感興趣」，女生的同意度皆顯著低於男生。從 2006 和 2015 的比較中，台灣女學生對科學學習、科學閱讀和興趣是下降的。TIMSS 2011 結果顯示，無論四年級或八年級，各項態度測量結果都是男生顯著高於女生；從效果量來看，四年學生科學學習相關態度的性別差異則比八年級小。

余民寧、翁雅芸與張靜軒(2018)統整臺灣 1993 年到 2013 年所發表的學位論文與期刊論文，透過後設分析法探討臺灣學生在數理科學的學習動機、學習興趣與學習態度等情意層面上，是否存在性別差異。整體來說，數理科學學習動機等因素存在著男學生優於女學生的現象。研究者透過調節變項檢定發現，性別差異在國小階段尚不達顯著，但隨著年齡增長，性別差異逐漸擴大，到高中職階段則最為明顯；且 2009 年至 2013 年間，臺灣學生在數理科學學習動機等情意層面的性別差異較過去更為明顯。這個發現，對於自 2004 年實施性別平等教育法且積極推動女孩參與科技學習的教育工作者而言，不僅令人驚訝，也不啻為一警訊，需要更積極關注女孩的數理學習動機。

2.1.3 解釋對科學態度的性別差異

社會心理學者與社會學者指出，以測驗成績為客觀指標的學科能力固然重要，但學生對於自己學科能力的主觀評價，更深刻影響著學生的學科偏好與職涯選擇。

社會學者 Correll (2001, 2004) 從主流社會關於性別的文化信念的角度出發，運用社會學的地位特質理論 (Status Characteristic theory)，強調自我能力概念與興趣偏好，不只受個人特質或能力影響，也深受主流文化蘊含的「性別地位特質」信念所影響，使得個人傾向於高估自己符合文化信念的能力，卻低估自己不符合文化信念的能力，從而影響他／她們對未來工作的期待與抉擇，而呈現了集體層次的「自我應驗預言」的效果。

Eccles 及其團隊 (1999, 2007, 2009) 提出「期望—價值理論」(Expectancy-Value Model of Achievement Related Choices)，強調特定學科的實際課業成就與學生對該學科能力的自我概念，以及對該學科的興趣與學習樂趣，三者之間是環環相扣和相互影響的。人們會把時間精力投資在最有機會成功且認為最有價值的工作項目上，並因此獲得高成就；高成就進一步鞏固甚至提高學生對該學科自我概念與價值認同，進而形成正向循

環。研究者進一步發現，在此模型內，學科能力在自我概念與興趣上仍鑲刻著傳統性別刻板印象：當男女兩性的實際學科成就相當，女孩對數學與運動的自我概念與興趣低於男生，在語文藝術與音樂方面的自我概念與興趣則高於男孩 (Eccles et al. 1999)。Wang and Dego (2013) 以「期望—價值」架構，仔細檢視影響男女選擇科技與數理領域生涯生理層面、心理層面及社會文化脈絡因素的相關研究。有些研究探討荷爾蒙及大腦結構等因素對男女的數理表現的影響；但亦有研究文獻指出，兩性的數理表現已經日益接近，且跨國測驗中各地區數理表現性別差異不同，而主張不同社會的性別文化信念的影響更大。研究文獻亦顯示學校因素，包括班級大小、教師素質、教師教學是否重視提供合作及真實科學探究、師生與同儕關係等，都影響著男女的數理學習成就及興趣；亦有研究顯示女孩比男孩更仍易受學校相關活動影響其對科學的興趣。Wang and Dego 在回顧大量文獻之後指出，「數理是男性活動」的刻板印象不利於女孩發展數理興趣與信心，是眾多研究共同的發現。

Archer, DeWitt, Osborne, Dillon, Willis & Wong (2013) 配合英國對 11-14 歲青少年的大型調查，訪談其中 92 名 10-11 歲女孩，以後結構女性主義視角訪談資料，他們發現，大多數女孩“無法想像”把科學視為未來發展方向，因為抽象、耗腦、冷漠、古怪的科學構念 (science construct) 跟她們所理解及可欲的關懷、行動、正常女孩的陰性氣質構念 (femininity construct) 完全不搭。該研究團隊 (Archer, DeWitt and Willis, 2013) 也訪談 37 名英國男孩，得出「有腦/聰明」及「科學作為具有交換價值的資本」等兩種科學構念；表現出高度學術陽性氣質 (academic masculinity) 的男孩也更具科學生涯傾向，而具一般陽性氣質 (popular masculinity) 的男孩可能喜歡科學，卻不一定傾向選擇科學生涯；顯示「科學生涯的可想像性」在男孩之間也因階級而異。換言之，科學資本的分布並不均等。研究團隊呼籲要開發更細緻的科學教育政策，讓科學更能含納不同性別與階級兒童的參與，從而讓科學成為女孩及勞工男孩可想像的生涯選擇。

上述實證研究一再顯示主流文化中刻板化的性別信念與關於科學的性別刻板印象，影響著女孩以及文化弱勢族群 (如勞工階級) 對科學的興趣、信心與認同，顯示 1980 年代中期以來，女性主義所批判的西方主流科學認識論仍深植於科學教育中。

2.1.4 女性主義對科學教育的反思與建議

女性主義科學哲學家 (Harding, 1986; Haraway, 1991; Keller, 1985) 指出，西方十七世紀以來，啟蒙運動 (age of enlightenment) 的認識論認為，人類理性思維是比感受是更穩定的知識基礎，故理性，相較於感官知覺，有著認識論上的優越性。認識論主導著主流科學。理性、冷靜、不涉入情感的特質，與社會文化所編派的「陽性/男性」特質一致；而被主流科學所貶抑的感性與關懷連結等認知方式，多與社會所編派的女性特質一致，致使女性的經驗與觀點也不受主流科學所重視。根據女性主義科學史家 Schiebinger (1999) 的研究，在歐洲，女性積極參與科學有著長遠的歷史，但在十七與十八世紀科學革命之後，隨著大學、學院等專業化科學機構成立，科學活動越來越朝向專業/業餘、公共/私人二元化發展，女性也逐漸被排除在專業科學社群之外。

Harding (1986) 提出「女性主義中的科學問題」，將問題從「女孩為何不能」翻轉為「女孩為何不要」，認為以男性價值為中心的科學活動，難以引發女性的興趣與認同；她進而反省主流科學的歐洲中心、中產階級中心及男性中心等特質，發展出社會建構取徑的立場認識論 (standpoint epistemology)，強調弱勢族群的社會與文化經驗在科學知識版圖

中的重要性(Harding 1997)。

Barton(1998)以其在社區大學與社會弱勢學生互動經驗指出，傳統科學蘊含了「人定勝天」、人主導宰制自然的權力觀，而科學研究需要經費、強調競爭，在在反映了男性中心的模式，而未必是科學活動本身的特質。她提出性別容納式科學教育，主張(1)承認科學知識為社會與文化建構的產物、(2)科學知識應該反映自然整體性(holistic)與互動性(interactive)的複雜特質、(3)應將女性和其他弱勢團體對科學的貢獻納入科學發展的歷史分析中、(4)科學應以多元複數的認知方式來進行，如協作、關懷、同理等。「性別(及階級、族群)容納式的科學」取徑強調教師與學生作為科學活動的行動主體(actor and agency)，有能力挑戰科學在學校科目中的定位、有能力與學習情境互動，建構其科學知識及與科學的關聯性，理解學習科學所蘊含的社會責任，從而鼓勵科學生涯的想像。近年來，將學習被視為一種認知形成的過程，如何協助學生透過科學活動及與社群互動，發展出對科學的認同，是美國科學教育研究的重要議題之一(蔡麗玲, 2014)。深刻的科學探索與發現總是伴隨著熱情與情感，這也是建立科學認同的重要基處，晚近科學教育的文化研究亦開始探索科學教育中的情感、美學與康健(emotion, aesthetics and wellbeing)面向，只是相關研究仍有待開發(Bellocchi, Quigley and Otrell-Cass, 2017)。

綜合前述，男女學生在科學成就表現差距逐漸所縮小至無分軒輊，而女孩對科學學習態度，包括對興趣、自信與認同，卻持續顯著低於男孩的現象，主要受到主流社會中的性別文化信念、性別角色刻板印象，以及主流科學的強調客觀理性、貶抑情感同理的認識論，與男性中心的價值立場的影響。因此翻轉科學的認識論，倡議多元容納式的科學學習，希望協助原本的科學弱勢學生都可能想像科學生涯。至於對學校的具體建議包括，老師要更為敏察自己的性別意識，在教學與師生互動中避免性別刻板印象，發展性別友善的科學課程與教材，將女孩及多元族群的經驗納入科學教學活動中。實驗活動與動手操作的經驗(hands-on experiences)有助於消弭科學學習中的男女差異，並且對女學生在科學學習、科學興趣和科學表現上產生顯著正向效果(Burkam, Lee, & Smerdon, 1997; Freedman, 2002)。更多女性科技教師不但可做為女孩的學習典範，且基於自身學習經驗發展出「身體性的教學洞見」而更能敏察、理解與協助解決女學生的科技學習困難(Hsieh, Chen & Lin, 2017)。

接下來，介紹歌德科學及華德福科學教育，與女性主義科教論述對話，並報告華德福科教在台灣的實踐面貌。

2.2.1 歌德科學及科學浪漫主義

德國文豪歌德(Johann Wolfgan. Goethe 1749-1832)橫跨十八到十九世紀長達八十三年的一生中，不但創作豐富的文學詩歌戲劇作品，也持續不懈地進行動物骨骼、植物、地質、氣象、光與色彩等自然科學探究。他晚年寫道：「如果沒有我在自然科學中做出的那些努力，我就不可能學會認識人的本來面目。」⁴在他諸多自然及科學作品中，以1790年出版的《植物形變論》(The Metamorphosis of Plants)及1810年出版的《色彩學》

⁴ 轉引自 頁 22, 莫光華(2014)〈歌德的形態學發展觀〉，《科學文化評論》11卷4期：19-31。

(The Theory of Color)最為著名。

植物研究方面，歌德經過長期、大量的觀察，得出「所有植物都是從葉子」(all is leaf)的結論。他認為葉子在緩慢發展過渡中漸變，展現出多種多樣形式，而構成一整株植物；每種植物又因著所處的土壤、地質、氣候等等外在因素而發展出諸多不同的特色。歌德認為，要仔細觀察、看到植物發展過程中每個階段的特色，才可能對植物有整體性、本質性的理解。然而，僅憑肉眼其實是不可能看到葉子形變的完整過程。當人們看見一片葉子，通常是其動態過程中某一瞬間的影像，還需要基於對葉子大量觀察所得資訊，再運用想像力去填補葉子形變成長過程間的所有的樣態，方能建構出植物生長完整歷程，而得以看到植物的全貌與本質，也就是原型植物(archetype plant, Urplantz)。植物及任何有機體從一個階段邁向下一階段形式的變化過程，歌德稱之為「形變」(metamorphosis)」，也是他描述自然界一切形態生成與變化過程的核心概念；而對研究現象「原型」的求索，則是其科學研究的動力。

在光與色彩研究中，歌德經由大量繁複的三稜鏡及各種媒介(如不同濁度的水)實驗觀察，逐漸得出「色彩是光與暗相會的產物」的想法，且認為光與色彩必須由視覺感官加以感受才得以展現；也就是說，色彩是眼睛在各種不同漸層的光與暗關係之下所看到的現象。在這個前提下，歌德進行了大量細緻的實驗、歷史與社會考察，在《色彩學》中從人類感官知覺、身心健康、科技進展、知識積累與文化藝術發展等向度，仔細討論光學與色彩學的相關議題。然而，歌德獨特的研究取徑及他對牛頓光學的批評，使得其科學研究成果不見容於主流科學社群。

華德福學校創辦人 Rudolf Steiner 年輕時曾受聘於歌德檔案館，研究並整理歌德科學研究所留下的手稿資料，將之編輯成冊，並發表有關歌德科學方法論專書。Steiner 分析歌德科學的探究歷程，一開始，探究者做為觀察主體以全然開放、不加任何主觀判斷的方式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，而逐漸掌握現象背後的特質。過程中，探究主體與客體持續交織共構為更深層次的觀察客體，而探究主體也需要不斷強化其感官與思考的敏察能力(也就是探究者本身的形變)才可能進行更深層次的觀察，如此無數主客交融推疊，探究主體終於透過直觀的理解而掌握探究現象的本質。當代歌德科學研究者將這種主客體交織的探究方法，稱為現象學式的科學探究 (phenomenological approach to science)或精緻經驗主義(delicate empiricism)(Seamon and Zajonc, 1998)、參與式科學(participatory science)(Barnes, 2000)、參與式現象學(participatory phenomenology, Wahl, 2005)，或經驗觀念論(Ostergaard et al. 2008, p. 95)。

科學史學者 Richards(2002)在其《浪漫主義的生命觀：歌德時代的科學與哲學》(The Romantic Conception of Life: Science and Philosophy in the Age of Goethe)一書中指出，十六、十七世紀以還，強調人為主體、大自然為客體，以理性研究自然的啟蒙科學長期主導科學界；到了十八世紀的德國與英國逐漸有一些人不滿意啟蒙科學機械式的宇宙觀與認識論，他們對大自然的豐盛美好懷抱熱情，認為大自然與人(自我)存在著相互照映的有機關係，主張需要想像力與創造力，詩、美學，還有科學探究，共構對大自然整體性的理解，並同時了解自我。這樣的思潮被後世稱為科學浪漫主義，歌德則是

德國科學浪漫主義重要代表人物。Richards 認為科學浪漫主義關於「生命」及有機體的研究，深刻影響著後續生物學的發展，也啟發了達爾文演化論。

以啟蒙科學為批判對象的歌德所屬(或所引領)的科學浪漫運動，與兩世紀以之後的女性主義科學，在認識論似乎有著相互呼應之處。事實上，科學史學者 Koerner (1993) 的論文〈歌德的植物學：一種陰性科學的教習〉(*Goethe's Botany: Lessons of a Feminine Science*)，便稱歌德植物學是一種「女性或陰性氣質 (feminine) 的植物學」。她認為歌德進行植物研究時，拒絕業餘/專業、思考/經驗的二元劃分，重視直覺、整體論、業餘性、自發性，以及對詩性和心靈的追求、自然崇拜等，都與西方傳統觀念裡的女性氣質相符；而西方文化長期預設了女性與自然的連結(相對於於男性與文明的連結)，都使得歌德植物學展現出陰性科學的特質。但 Koerner 強調，歌德研究植物並無平復女性在科學邊緣地位之意圖，故也稱不上是女性主義植物學。

1983 年諾貝爾生理醫學獎得主 Barbara McClintock 因發現玉米中的轉位因子 (transposon) 而獲頒殊榮，但因其研究方式獨特，使得她的發現被埋沒了將近三十年，才獲得學界的認可。為 McClintock 著作傳記 *A Feeling for the Organism* 的科學史學者 Fox Keller (1983) 認為，McClintock 的特殊性在於她做科學的方法；她與觀察對象玉米的關係，是一種融會式的相互理解。Keller 並沒有將此特殊的研究方法賦予任何性別詮釋，台灣科學史學者傅大為 (1999) 則明確指出 McClintock 的科學方法，是一種「非男性」科學觀，與傳統宰制自然的男性科學觀迥然不同，「不僅僅因為她是女性，而因為她在方法論上是個異端... 科學家需要去"仔細聆聽萬物"、"尊重她的複雜性"，不能把自然塞進設定好的教條中。」(p. 3) 雖然 McClintock 未曾提過歌德，但我們可看出二者方法論有著某些相近性。這也意味著歌德科學/科學浪漫主義的探究法具有某種普遍性。

Hadzigeorgiou (2014) 認為科學浪漫主義對大自然豐美現象的欣賞，重視人與大自然的連結感，強調美感、道德感與詩性在科學探究與建構知識過程中的重要性，都有助於學生感受大自然之美，更能覺察大自然及生態課題與自我的關係，而產生對環境的責任感。這種觀點在而 R. Steiner 在 100 年前便已開始將歌德科學方法論轉化實踐於華德福教育中。

2.2.2 華德福科學教育

Steiner 深受歌德科學影響，並將歌德科學方法應用在對人類發展的觀察與理解上，發展出人智學理論。人智學主張，人的成長是一種形變過程。兒童發展過程有幾個重要的轉變，其節奏與順序大致以 7 年為區隔，每個七年各有其教育重點：第一個七年(0 到 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；每個面向之間環環相扣，前一階段發展的結果構成後一階段發展的基礎：「情感從意志轉化中升起，或是從意志中發展出來，就像花瓣是綠葉的轉化；同樣的，思想從情感中發展出來。我們所認知的意志，基本上，有如年輕孩子般的狀態，然後隨著年齡漸

長而逐漸轉化為思想。⁵」

Steiner 認為教育工作，應該要體悟個人本質與身、心、靈安頓及總體的均衡發展，並建構在「讓孩子們了解實際生活」，按照實際生活、生命本質與真實社會目標，「讓孩子與現實生活有密切的關連」⁶。最終，則是邁向個人的全人發展與自由⁷。

如何實現這樣的教育目標呢？首先，教師要理解學生及其發展，老師自己也要持續發展自己的專業修養與生氣勃勃的靈魂狀態(p. 194, 實用)。

Steiner 一再提醒「始終極其重要的是，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」(p. 108 in…普遍智識)。如何看到孩子的內在和充分理解他的成長過程呢？Steiner 說，「每一所好學校都應該竭盡全力遵循—並在許可的情況下，讓老師及學生盡可能地長久待在一起…光憑這種方式，就能進入生命的節奏。…能進入於使整體生命歷程在節奏性的重複上，這是很好的事…。」(pp. 86-87 實用…)於是，華德福教師培訓課程中，歌德觀察法與兒童觀察鍛鍊極為重要；學生一到八年級都由盡量由同一個老師帶領；透過兒童觀察與研討，及長期陪伴孩子成長變化的過程，教師得以穿透孩子的言行舉止，深刻理解其內在狀態，同時老師也要是兒童學習的典範。

其次，課程進行配合大自然的節奏，分為四個學季，並融入許多搭配季節的慶典活動。每個學季安排三至四個「主課程」，也就是持續三至四週，週一到周五每天上午約兩小時的「帶狀課程」，讓學生有較長時間浸潤在同一知識性主題中，發展出對該主題的深刻認識。在中午與下午進行副課程，則是以每週固定節數和固定時段規律性的進行，泥塑、編織、形線畫、木工、體育課、優律司美、農耕等課程，多是以肢體為主、需要重覆練習的課程。

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，因此每一份工作本都展現出作者獨特樣貌。老師針對每位學生學習成長情形，進行質性評量。

自然與科學課程也對準孩子的成長階段與發展重點而展開。⁸ 幼兒園至小二階段，孩子主要透過自然故事及在大自然中的活動（如散步和郊遊），來認識與感受周遭的自然世界，

⁵中文筆者翻譯。此篇施泰納講稿收錄於 John Barnes 英譯編輯 *Nature's Open Secret: Introductions to Goethe's Scientific Writings*，本書收錄施泰納所寫的部分歌德科學作品集結出版。由於華德福教育在歐洲發展相當成熟，網路資源豐富。亦可於 Steiner 線上資料庫搜尋閱讀下載，網址：[http://www.rsarchive.org/搜尋 lecture of October 18, 1917](http://www.rsarchive.org/搜尋/lecture%20of%20October%2018,%201917)。

⁶斯坦納著，潘定凱譯（2014）。《童年的王國（簡）》，頁 130。深圳報業集團出版社。

⁷介紹 Steiner 如何講述人的發展階段與概念之書籍繁多，可參考如：《從靈性科學觀點看兒童教育》（財團法人智學教育基金會譯，2015）、《人學》（嚴維震譯，2010）等。

⁸ 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。但面對這麼獨特理念，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 所編輯(1925)的 *The Curriculum of the First Waldorf School*(原為德文)，E.A.K. Stockmeyer(1965)編輯出版的 *Rudolf steiner's Curriculum for Waldorf Schools*，德文版及英譯版亦流通頗廣。晚近則有 Rawson and Richter (2000) *The Educational Tasks and Content of the Steiner Waldorf Curriculum* 等。目前台灣華德福學校主要參考的課綱是由 Avison and Rawson(2014)所編輯的 *The Tasks and Content of the Steiner-Waldorf Curriculum*。後二者為本文主要參考來源。

讓孩子感受到土地、植物、動物與人類之間的關聯性；在孩童內在養成「衷心地凝視」的姿態，之後會成為探問的好奇心與對世界的興趣。

根據人智學，兒童約九到十歲左右開始能區別自己與周遭、分辨出內在和外在世界。農耕、建築等主課程幫助他們調適自己和環境的新關係，透過學習測量、稱重、解決簡單的問題。⁸ 四年級的動物課、五年級的植物課、六年級的岩石與礦物，由近而遠的依序將人類與世界的其他組成連繫起來，讓孩子看到萬物之間息息相關卻又各司其職，奠定兒童對自然的內在崇敬感。

伴隨著青春期的生理成長變化，學生開始能掌握因果律則，也逐漸發展出抽象思考的能力，開始有科學課程。學習主題會在不同年級重複出現，但卻以更深入、更廣泛的方式螺旋型成長。例如，化學方面七年級化學談燃燒現象，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。生物學方面，七年級談健康與營養，八年級開始討論人體生理學，陸續談解剖學(骨骼)，及人體各系統平衡運作，十一年級時再次以現代科學的視角認識植物學，十二年級則介紹動物學以及演化論。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，十二年級再深入討論光學。教師要引導學生以歌德式科學方法，運用所有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，認識科學世界與生活世界的整體性 (Rawson and Richter, 2000)。

在帶狀的主課程中，老師佈置各種實驗活動，學生操作、觀察、感受實驗過程中的種種現象，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，呼應歌德科學認識論。(Schieren, 2010)。

華德福課程僅有大致的課綱，沒有明確的教材與細部教學指引。為了解華德福科教在台灣實踐的情形，我們在 2016-18 年間與一所華德福學校合作，進行質性探究。研究成果已撰寫為論文投稿中，以下摘要報告。

2.2.3 華德福科學課程的實踐

華德福課程僅有大致的課綱，沒有明確的教材與細部教學指引。為了解華德福科教在台灣實踐的情形，研究者在 2016-17 年間與一所華德福學校合作，進行質性探究。

考慮在華德福體系中，與主流學校相近的現代科學內容主要從六年級開始，故本研究規劃進入六年級以上的科學課堂觀課。獲得合作學校守門人、授課老師與學生(及家長)同意之後，入班觀課。經與校方討論後，決定觀察七年級的「聲光熱電磁」、十年級「酸鹼鹽」與十二年級「光學」等三門主課程，每個班的入班觀察時間為一週(即連續 5 天，每天 2 小時)，之後並訪談授課老師。

我們觀察到，老師的教學都極盡可能設計各種與生活連結的實驗活動，至少一半的課程時間是由學生動手操作、仔細觀察與充分討論的探究機會。老師切關注學生的學習狀態。每天依上課，先透過「回顧」，請同學們分享與討論前一天實作、觀察、體驗的種種，幫

助學生連結學習經驗，也藉此掌握學生狀況，調整課程進度。三位科學老師不約而同地強調，學生的學習狀態是他們教學最優先的教學考量。華德福學校許多學生從幼兒園便進入學，讀到國中畢業，甚至高中畢業，有一群一起長大的夥伴。老師們一路陪著學生成長，對學生的發展變化過程有豐富的觀察與理解。在教學時，老師有意識地了解到學生承載著過去的成長經驗，包括其家庭、老師、同學的互動關係、生命中的重大事件等，因此對學生學習時的行為舉止言談表現有著極大的包容性的理解，並且隨時敏覺回應學生的需求。

華德福教育假設孩子的成長歷程有如人類文明發展史，而科學學習則是呼應孩子的理解程度，親自經歷科學發現之旅。老師們都極力為學生創造豐富的學習經驗，在選擇教材與操作實驗時，特別重視「美感經驗」，經常把實驗放大，讓學生容易觀察到、感受到細節，不只是讓學生看到現象而已，有聽覺、有溫度，盡量讓學生用全部的身體經驗到這個現象，引起「好美呀！這是甚麼？為什麼會這樣？」的感受，再轉化為進一步探究的動力。「旅行」是老師們常用的比喻。一門科學課像一趟旅行，老師們事前都有非常完整的行程規劃，過程中做許多鋪陳、醞釀與準備，但實際執行時卻很少給指導語，讓學生在老師布置的情境中自己去感受、觀察、發現，在三週的課程中對學習的主題建立起完整的經驗。

華德福科教與主流科學教育中的探究式教學頗為類似。探究式教學也是鼓勵學生經由探究、觀察等活動，對觀察的現象已經有所認知，再由老師提供概念。但因為主流學校的探究活動傾向於用科學知識結構來導引活動設計，且大都在兩小時的課程內完成，限制較多。華德福科學教育容許學生更開放更徹底的科學探究，但也面臨許多挑戰。華德福教育不以科學知識體系，而以兒童內在發展需要來架構科學課程，實際上課時又以學生學習狀態優先於預定課程目標，這可能使得學生科學知識與能力的學習落差大。到了高中科學偏重數理模型，學生要從巨觀體驗感受轉換到微觀模式理解，老師教學與學生學習都是一大挑戰。

華德福教育重視個體自由、完整、充分的發展。當百年前第一所華德福學校創立時，Steiner 強調不同階級背景與不同性別的孩子應該一起上課，而且女孩男孩同樣要學編織、農耕、機械…，這在當時德國社會是革命性的做法⁹，也意味著華德福教育具有追求不同階級、不同性別平等受教育機會的企圖。Steiner 有關性別的論述極少，但在其最早(1894)的哲學奠基之作《自由的哲學》中，即曾經表達：「如果將種屬¹⁰概念作為評判的基礎，那麼就不可能完全理解一個人。在依據種屬作評判的過程中，最難打破的就是涉及人類性別的問題。…在實踐生活中，這一點對女性的傷害比對男性要大。…婦女僅僅是合於他們現在所從事的職業，如果這一點是真的，那麼他們就幾乎無法超越自身去企及其他職業。但她們必須要有能力自己去做出決定，適合她們本性的東西甚麼…如果某些社會狀態中一半人的存在沒有人的尊嚴，那麼這些社會狀態恰好亟需改善。」(pp. 245-246)該書 1894 年出版後，這番言論立即遭到許多反對聲浪。但 Steiner 不為所動，在該書 1918 年再版時特別提到他堅持關於性別的立場。

一世紀以前「性別平等」尚未成為社會追求的價值，Steiner 有關性別的命題在後續華德福教育相關論述及師資培訓課程中幾乎不曾受到關注。在二十一世紀，性別平等已經受

⁹ 可參考 Steiner 著陳修平譯(2019)《華德福學校的精神》。三元生活實踐社出版。

¹⁰ 註：如種族、性別等。

到普遍關注，青少年性及性別認同也成為華德福教師們需要面對的真實課題¹¹；而在性別與科技議題脈絡中，我們或許可以這麼說，協助更多女性、勞工階級、少數族群(如原住民)學生能想像科學生涯可以與自己有所關聯，從而做最適合的選擇，是華德福科學教育可以努力的方向。本研究即希望透過與台灣華德福科學教師深度訪談進一步探討此一問題。

參、研究方法

華德福教育的獨特人觀、教育理論與教學實踐模式，雖然已有從幼教到十二年級相當完整的課綱，但並無任何現成的教材，全靠教師做課程設計、教材收集整理、以及課堂實作。也就是說，華德福教育非常依賴老師，老師要對其教學負完全的責任，而教學實踐任務又遠遠比主流學校老師更為複雜。那麼，如何培育老師，可說是華德福教育成敗之關鍵，值得進一步著墨。

華德福教育雖蓬勃發展，但在世界各國都非屬主流教育，成為華德福教師可說是一種獨特生命道路的選擇。成虹飛與張維國(2018)以「課程對焦」為譬喻，說明三位參與其研究的華德福教師如何將課程教學與自我生命密切結合，融會成一個和諧的整體。

華德福科學教師，相對於其他領域的華德福教師，所面對的挑戰更為尖銳：需要從主流科學理性主義認識論，轉換至不為主流科學界所接受的歌德科學/科學浪漫主義認識論，此一認識論典範轉移，可能意味著更複雜「課程對焦」的探索過程，而對於男女教師及不同專業領域的教師可能也有所不同(如生物或地科專業背景老師的轉換衝突可能比物理背景教師較低)。

本研究採用深度訪談法，來理解「成為華德福科學教師」的歷程，並透過不同性別教師敘說的比較，進一步探討華德福科學教育的性別意涵。由於台灣華德福科教老師人數不多，故透過已認識的華德福教師介紹，運用電子郵件(附訪談大綱與知情同意書)，並以滾雪球方式邀約教師參與本計畫。訪談時徵得參與研究者同意，進行錄音，並於訪談結束後謄錄為逐字稿。同時並製作訪談摘要或備忘錄紀錄訪談重點。每一個訪談內容的主題類型分析，意義提取與詮釋之外，並且做不同參與者訪談內容之比較，且特別著重性別分析。

本研究之執行，嚴謹遵守研究倫理規範。首先，申請並通過國立清華大學研究倫理辦公室之研究倫理審查。其次，邀請參與計畫時，同步提供知情同意書供研究參與參考。訪談時，請研究參與者簽署知情同意書，尊重參與者的參與意願與資料運用方式。訪談後，妥善保存所收集資料，在資料處理及發表過程中皆以匿名處理為原則，以保護參與者之個資為最優先原則。

本計畫於執行期間，總共訪談了分別任教於三所華德福學校的7位具有4年以上華德福科教經驗的老師，4位女性，3位男性，其專業養成領域包括生物、地科、化學、物理、電機，全部皆具有研究所學位，6位碩士，一位博士。他們任教於華德福學校的年資從

¹¹ 如 Palmer (2018) Understanding and educating transgender youth in the Waldorf school. Research Bulletin • Autumn/Winter 2018 • Volume 23 • #2

19 年到 4 年不等。2 位年資達 19 年的老師，教學對象以中低年段學生為主，其他 5 位則以教中高年段學生為主。2 位研究參與者在進入華德福學校之前有多年業界服務的經驗，另 5 教師的則曾在公立學任教多年。訪談方式有到參與者任教學校或其安排學校附近場所之實體訪談，亦有於疫情期間運用視訊訪談，每人訪談至少 2 小時，其中三位共訪談兩次。研究參與者基本資料彙整於表一。

表一 研究參與者資料一覽表

教師	性別	專長領域	學歷	學校	華德福年資	教學對象	訪談日期	訪談時間
A	女	生物	碩	甲	19	G1-G7	21/12/03	2 hr.
B	男	地科	碩	甲	19	G4-G9	21/12/03	2 hr.
C	女	化學	碩	甲	12	G7-G9/ G10-12	21/12/04 21/12/25	1.5hr. 2hr
D	男	電機	碩	乙	6	G6- 12	22/09/13 22/11/09	2 hr. 2 hr.
E	女	生物	碩	甲	4	G10-11	22/12/06 22/12/15	2 hr. 2 hr.
F	女	物理	碩	甲	4	G10-12	22/12/08	2 hr.
G	男	物理	博	丙	8	G6-12	23/01/10	3 hr.

肆、研究結果

由於訪談資料之細部分析仍在進行中，這一部份呈現最初步之整理結果。

一、為了孩子的教育而成為華德福老師。

研究參與者中，除了 E 老師之外，都從為孩子尋找理想的幼兒園教育，開始接觸到華德福教育。E 老師則是因為弟弟因孩子就讀華德福學校而結緣。由於華德福教育重視親師關係，積極推動家長讀書會，希望家長在家亦以華德福精神與孩子互動，鼓勵家長參加師資培訓。另一方面，研究參與者大都原本是學校老師，有興趣進一步認識華德福教育，而主動參加基礎師訓。華德福學校的教師來源有限，學校遇到認同華德福教育理念的公立學校老師，也會積極邀請來授課。因此，研究參與者大都兼具學校教師與家長的雙重身分。

此外，研究參與者大都原本就對主流教育多所反思。1990 教改年代時，B 老師為研究生，接觸到教改團體與相關論述，深受震動，而開始追尋理想教育。C 老師原本就對於社區營造、農業 CSA 等感興趣，而有機會接觸重視農耕與大自然教育的華德福學校。D 老師在業界擔任主管，觀察到學歷優異的員工仍然被動、不會提問、缺乏創意，而思考是否教育養成過程中是否有出了甚麼問題。E 老師在原本學校感受到工作倦怠與困頓，積極參加各種課程，華德福重視精神靈性修練的重視，正符合 E 老師當時的興趣與需求。

研究參與者很積極參與各種華德福師資培育課程，早期以國外老師來台短期教授的課為主，亦有連續超過十年亞洲華德福聯盟的暑期師資課程，B, C, D 更積極到紐西蘭、澳洲、英

國、德國參加課程研習。近年來如慈心華德福教育基金會、新竹教育大學(現併入國立清華大學)華德福教育中心提供系統性的三年師資培訓，則成為進修的主要管道。

現今華德福學校蓬勃發展，各式各樣短期課程以及暑假教師聯備課程繁多。不過 E 老師與 G 老師對於短期師培課程品質與效果保持保留態度。

二、 華德福教學經驗分享

研究參與者皆提到出任華德福教師，在教學上充滿挫折。事實上，華德福年資較淺的 E 老師與 F 老師在受訪時，對自己的教學仍然感到很多不確定性。A 老師雖然大學與研究所主修生物領域，但也熱愛文學，華德福的低年段教學以說故事為主，A 老師從小一帶起，似乎相當得心應手，並沒有遇到太多困難。B 老師主要教中年段，大約在教學的第二年以後便較能掌握教學。C 老師主要教高年段，表示大約教學的第七年開始才突然感到得心應手。D 老師原本就很積極進修、認真備課；在一次去德國進修觀課之後，突然領悟華德福教育「對準孩子發展需求進行課程設計」的要旨，而發展出對學生發展有幫助的課程與教學。以下是幾位研究參與者分享的教學案例。

B 老師的教學經驗

但我不知道是第一年還是第幾年，我自己有意識到一件事情，我在這個課堂裡面真正能產生改變，或能夠帶給這一個教室、這一個團體，真正能夠改變的人是我，不是他們。是我才能夠安排整個流程，是我才能夠決定整個的...不管是老師跟學生，還是學生跟學生的互動關係。這個...這個教室裡面的一切...是我應該處理的，而且我是唯一可以引導、產生改變的人。不管那個過程多辛苦，自己有一種...強烈的動力：我想幫助這班上的二十幾個學生，每一個都能夠...好好地往前、好好的學習、好好的成長。

好奇是越多越好。那這個是小學階段最核心的東西，所以我們很強調這種各式各樣的感官經驗，尤其在科學課程上，那具體的一個跟科學現象的關係，會在六年級開始，六年級會從岩石與礦物跟聲光熱、電池開始。那岩石與礦物是很經典的一個課，這是我非常有興趣。從整體到部分，然後就是去談岩石跟孩子的關係。我那時候才會恍然大悟，我想說六年級的這個年紀，你談地表上具體的東西...喔我才一個頓悟說阿其實重點是...我們如何讓這一類的岩石跟人類或著跟他自己的意義，生活的關聯性，或著他的價值。而不是從地科本位說，從地科的角度看到的特質、特性。阿所以那個是一個很大的轉變。

D 老師的課程經驗

光學... 光這個東西是什麼，每個人類的時間點都不一樣。所以後來我就知道，我們其實應該要從整個歷史脈絡去看，課程怎麼去設計，怎麼去呼應孩子這個時候的身心發展。這是我...最大的一個啟示。對，就是從科學性的歷史發展史去看課程脈絡的歷史性怎麼去呼應孩子的身心發展狀態。我想就以光學來講，十二年級的這個光學，但其實光學就是在高一高二他會提一下，但他沒辦法把整個人類光學的發展脈絡，帶給孩子有一個整體的人類的光學發展史的概念。那，我

們在... 從他們感受到慢慢移上去，我發現他們會更理解，我們是需要很多自由的框框，孩子就會有一種能力就是，我感覺啦，更容易說去從不同角度去看一件事情，甚至有自己推翻自己之前的想法。那其中有一位孩子他是在上完課之後他一個男孩子他寫信說，他之前以為物理是世界運作的規則。他上完課後他覺得，才知道不是這樣，而是物理是解釋世界運行規則的一種方法。

光學給十二年級的班上我覺得這個時機點剛剛好，可以呼應他們內在的一個狀態。

他們十二年級其實對未來其實... 你看他們經過九、十、十一的階段，現在他們有一些判斷的想法，可是，他們又很不確定，因為會有不同的角度去切入，他們要確認他們的像法是對的這件事情。那，在光學的課程當中也是要帶給他們說，這個會跟你的時間點、跟你的環境有關係。光學史的對光學的認識不一樣就是因為時間不一樣，你使用的器材已經不一樣，你認識事物的本質會不一樣。所以研究一件事情的絕對性就不一定那麼容易去下定論。你要考量時間跟環境因素。

那這點接下來他們要踏入... 就是下個階段，不管是大學、職場還是科大也好，他們會比較，他們心會比較穩，我感覺啦。因為他發掘了這件事情之後，他有自己的判斷或準確度，其實就比較能夠... 不會那麼緊，而是比較鬆一點。相對就比較有勇氣去面對未來的世界跟生活。

C 老師的課程經驗

我...我覺得華德福的目的比較在於認識物質。就是我透過各個不同的層面，感官層面，然後跟物質工作的就是...就是所謂的檢驗或是呢...對，就是我有許多很多測試的方式然後去知道這個物質有哪一些特性。然後我用...就是盡量的去充分的認識這個物質，然後就是...接下來沒有那麼多強調利用或著運用。

..舉例來說，因為我最近在上有機化學，九年級的那個課。對，然後這個有機化學的課，呢...他談的就是碳，碳元素。那碳元素呢...應該是一個很...就是它是一個我們生命，生命存在一個最核心的元素，嗯。然後碳會跟氫跟氧組成碳水化合物嘛，或是跟碳氫組成那個烴類，就是那個石化燃料的那些東西，對。那或者是它會變成貝殼，貝殼的那個碳酸鈣，好。或者它變成樹木中的一些纖維素，我們燒出來會變成木炭的東西。好。那，我們...我們也看到說燃燒這些東西，不管是來自於哪裡，最終燃燒，如果是一種完全燃燒的狀態，它是變二氧化碳，然後又回到空氣中。那單單只是一個碳元素它穿梭在有生命的世界跟無生命的世界，然後他組成了整個看到生命界的那個物質的基礎，對。然後它，呢...它可以...呢...從二氧化碳，空氣中的二氧化碳透過植物又被累積成生命中的一環喔，就是光合作用進來之後它又會變成呢...能夠成為澱粉啊葡萄糖啊纖維素啊，它又變成動物的食物，對。就其實它這個是一個 cycle，一個很漂亮的 cycle 這樣，然後在九年級談這個 cycle 的時候它就在生命界跟無生命界，對。就是所謂的大氣圈與水圈、岩石圈，然後生物圈，嘿，這四個圈裏面碳它轉換成什麼樣貌。

那我們在上課的時候啊我們...我們一開頭，因為是冬天，那我的開場其實就請他們先認識呢...我請他們先認識蜂蠟，做蠟燭。那...呢...我們就從蜂巢裡面拿出蜂蠟來...

那我們就有大概一周的時間在探討這個過程。那這裡就有很多很多的實驗，你可以去看那個蠟燭點燃後燭火在...就是整個燭火不同的位置，它就出現不同的化學反應，啊那我可以

一個一個一個實驗去檢驗那個東西是什麼.....

對，第二周一開始的時候。對。那醇類大概是兩天左右，那我會讓他們也開始...也認識實驗室裡面常常看到的甲醇乙醇。啊以醇其實就是我們喝的酒精，對，然後丙醇丁醇。

那醇類介紹完之後我們就把同樣一瓶東西，也是鳳梨，可是我現在把它改成蓋紗布，原來我是蓋密封的那個...那個保鮮膜和塑膠袋。我要隔絕空氣，因為要做氧...那個...醇類的發酵我必須是厭氧的，必須要沒有氧氣的狀態這樣子。可是我現在同樣的一瓶東西我把它換成蓋紗布讓氧氣流通以後他其實久了以後就會變成醋....

三、對學生學習的觀察與反思：

華德福教育重視動手做與仔細觀察，對於孩子小學階段的學習很有幫助。

G 老師認為：

華德福的教法，是從感官體驗，經由身體學習。

所以在小學的數學會搭配動作、詩歌、味覺、觸覺、聽覺、溫暖覺、視覺、身體移動（像是我們玩的棍子遊戲）等等。這要花時間內化，所以學習很慢，但是在小學的時很好，那時候不用記得那麼多東西。

不過，這種學習法需要內化，運用要越來越純熟，學的東西要越來越多。因此，在小學階段要打好這個基礎。運用這方式來學習，不是被這方法限制住。教學的內容，學生學會了，熟悉到某個程度（例如六七成），就可以繼續前進。

研究參與者都指出，中高年段的「現代科學」需要較紮實的數學基礎，但華德福教育似乎在這一部分較為薄弱。C 老師指出，學生從四年級的分數運算便開始卡關。D 老師發現學生欠缺代數基礎，便很難進入科學公式的學習，於是 D 老師試著設計一些數學練習題，分別提供六、七、八、九年級的學生練習適合的題目，有助於為學生打底。

C、D、E、F、G 老師不約而同地提出，在華德福學校，關於數學與科學題材的練習過於單薄，師資方面自然科學領域的老師太少，不易支撐完整紮實的課程；另一方面文史、社會、藝術方面的老師較多，藝術、戲劇等課程吸引學生且會擴張而影響其他科目的時間，造成學生學習時間的失衡。根據人智學人的發展理論，華德福教育在高中階段強調「理性思考」，數理學習正是培養理性思考能力的途徑，但在台灣的華德福高中卻未能充分發展。這是值得華的福學校深思之處。

伍、參考書目

- 王雅玄(2012)。主宰性別主宰科技？科技性別化現象分析。《科學教育學刊》，20(3)，241-265。
- 成虹飛、張維國(2018)〈生命脈絡與課程的意義：以三位華德福教師為例〉。《清華教育學報》，36(1)，57-78。
- 余曉清、林煥祥主編(2017)。《PISA 2015 臺灣學生的表現》。台北：心理出版社。
- 余民寧、翁雅芸、張靜軒(2018)〈數理科學的學習動機有性別差異嗎？一個來自後設分析的證據〉。《當代教育研究季刊》第二十六卷 第一期，頁 045-075。
- 李哲迪(2012)。〈研究成果：八年級科學〉。載於張俊彥(主編)，《國際數學與科學教育成就趨勢調查 2007 國家報告》(頁 227-279)。台北市：國立臺灣師範大學科學教育中心。
- 邱美虹(2017)〈國際 PISA 調查報告中男女學生表現之評比〉。《性別平等教育季刊》80: 24-34。
- 教育部國教署。我國參與國際學生能力評量計畫(PISA) 2012 成果。
<http://www.edu.tw/pages/detail.aspx?Node=1088&Page=21949&wid=ddc91d2b-ace4-4e00-9531-fc7f63364719&Index=1> (擷取日期 20191220)
- 楊文金(2014)。〈八年級學生科學成就及其相關因素探討〉。載於林陳涌(主編)，《國際數學與科學教育成就趨勢調查 2011 國家報告》(頁 246-312)。台北市：國立臺灣師範大學科學教育中心。
- 蔡麗玲(2014)。認同與性別觀點應用在科技文化與科學研究之回顧與前瞻。國科會專題研究計畫結案報告。
- 謝小苓(2017)。〈從量變邁向質變 科技領域的性別研究〉，《性別平等教育季刊》80: 52-59。
- 簡晉龍、任宗浩(2011)〈邁向科學之路？臺灣中學生性別對科學生涯選擇意向之影響〉。《科學教育學刊》，19(5): 83-103。
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2013). 'Not girly, not sexy, not glamorous': primary school girls' and parents' constructions of science aspirations. *Pedagogy, Culture & Society*, 21(1), 171-194.
- Archer, L., DeWitt, J., & Willis, B. (2013). Adolescent boys' science aspirations: Masculinity, capital, and power. *Journal Of Research In Science Teaching*, 51(1), 1-30. doi: 10.1002/tea.21122
- Baldwin, F., Gerwin, D., & Mitchell, D. (2005). *Research on Waldorf Graduates in North America Phase I*. Wilton NH: Research Institute for Waldorf Education.
- Barton, A. C. (1998). *Feminist Science Education*. NY: Teachers College Press.
- Bellocchi, A., C.F. Quigley, and K. Otrell-Cass (2017) (eds.) Exploring Emotions, Aesthetics and Wellbeing in Science Education Research, *Cultural Studies of Science Education 13* (a special issue).
- Bettinger, E., & Long, B. (2005). Do Faculty Serve as Role Models? The Impact of Instructor Gender on Female Students. *American Economic Review*, 95(2), 152-157.
- Bortoft, H. (1996/2013) *The Wholeness of Nature: Goethe's Way toward a Science of Conscious Participation in Nature*. Edinburgh: Floris Books.
- Brickhouse, N. W., & Potter, J. T. (2001). Young women's scientific identity formation in an urban context. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(8), 965-980.
- Brickhouse, N. W., Burkam, D. T., Lee, V. E., & Smerdon, B. A. (1997). Gender and science learning early in high school: Subject matter and laboratory experiences. *American*

Educational Research Journal, 34(2), 297–331.

- Correll, S. (2001). Gender and the Career Choice Process: The Role of Biased Self-Assessments. *American Journal Of Sociology*, 106(6), 1691-1730.
- , (2004). “Constraints into preferences: Gender, status, and emerging career aspirations.” *American Sociological Review* 69(1): 93-113.
- Dahlin, B. (2007). *The Waldorf School – Cultivating Humanity? A report from an evaluation of Waldorf schools in Sweden*, Karlstad University Studies.
- Eccles, Jacquelynne S., Bonnie L. Barber and Debra M. Harnandez Jozefowicz, 1999, “Linking gender to educational , occupational, and recreational choices: Applying the Eccles et al. model of achievement-related choices.” Pp. 153-192 in *Sexism and Stereotypes in Modern Society: the Gender Science of Janet Taylor Spence*, edited by W.B. Swann, Jr. J. H. Langlois, and L. A. Gilbert. Washington D. C.: American Psychological Association.
- Eccles, Jacquelynne. S., Denissen, Jaap J. A. and Nicole R. Zarrett, (2007). “I Like to Do It, I’m Able, and I Know I Am: Longitudinal Couplings Between Domain-Specific Achievement, Self-Concept, and Interest.” *Child Development* 78(2): 430-447.
- [Eccles](#) , J. S and [Robert W. Roeser](#) (2011) Schools as Developmental Contexts During Adolescence. *Journal of Research on Adolescence*, 21(1)[Special Issue: Decade in Review](#), :225-241.
- Freedman, M. P. (2002). The influence of laboratory instruction on science achievement and attitude toward science across gender differences. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 8(2), 191–200.
- Goethe, W.J.; *Scientific Studies*, translated by D. Miller (1988). NY: Suhrkamp Publishers.
- Goldshmidt, G. (2013) How Waldorf School graduates cope with the challenges they face during military service: a ten-year overview. *Research on Steiner Education*, 3(2), pp. 99-110.
- Yannis Hadzigeorgiou(2014) book review: Robert Richards:The Romantic Conception of Life:Science and Philosophy in the Age of Goethe. *Sci & Educ* 23:2149–2151
- Hill, C., Corbett, C., & St Rose, A. (2010). *Why so few? Women in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington, DC: American Association of University Women. Retrieved from <http://www.aauw.org/files/2013/02/Why-So-Few-Women-in-Science-Technology-Engineering-and-Mathematics.pdf>
- Hsieh, H. C., Chen, P. Y., & Lin, T. S. (2017). Girls’ and Boys’ Science Choices and Learning in Upper-Secondary Schools in Taiwan. *Asian Women*, 33(3), 41-64.
- Lowery, P., & Schultz, K. (2000). What Kind of a Girl Does Science? The Construction of School Science Identities. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(5), 441-458.
- Masters , B. (1992). Science in Waldorf education: General Survey. *Science in Education - Waldorf Curriculum Studies*(10- 37) , Lanthorn Press.
- Mitchell, D. & Gerwin, D. (2007). *Survey of Waldorf Graduates, Phase 2*. Research Institute for Waldorf Education. Wilton, New Hampshire.
- Mitchell, D. & Gerwin, D. (2008). *Survey of Waldorf Graduates Phase III*. Wilton NH: Research Institute for Waldorf Education.
- Jelinek, D. & Sun, L.L. (2003) *Does Waldorf offer a viable form of science education?* Sacramento,

- CA: CSU College of Education.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Meinck, S and Brese, F. (2019) Trends in gender gaps: using 20 years of evidence from TIMSS. *Large-scale Assessments in Education*, 7 8 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40536-019-0076-3>
- OECD (2015). *The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence*. PISA, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264229945-en> (擷取日期 20201220)
- Ostergaard, Edvin; Dahlin, Bo; Hugo, Aksel (2008) Doing phenomenology in science education: a research review. *Studies in Science Education*, vol.44, No.2, 93-121.
- Palmer, J., (2018). Understanding and educating transgender youth in Waldorf school. *Research Bulletin*, 23(2). Retrieved 2008, from https://www.waldorflibrary.org/images/stories/Journal_Articles/rb23_2.pdf
- Richards, R. (2002) *The Romantic Conception of Life: Science and Philosophy in the Age of Goethe*. Chicago: University of Chicago Press.
- Schiebinger, L.著，柯昀青譯 (1999/2016)。女性主義改變科學了嗎？台北：國家教育研究院。
- Shanahan, M.C. and Nieswandt, M. (2011). Science student role: Evidence of social structural norms specific to school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(4), 367-395.
- Steiner, R. 著，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》。台北：洪葉文化。
- Steiner, R. 著，潘定凱譯 (2014)。《童年的王國》(簡)。深圳報業集團出版社
- UNESCO (2015a). Closing the gender gap in STEM: drawing more girls and women into science, technology, engineering and mathematics women in science. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002457/245717E.pdf>
- UNESCO (2015b). A complex formula: girls and women in science, technology, engineering and mathematics in Asia. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002315/231519e.pdf>
- Wang, M. T. and Degol, J. (2013). Motivational pathways to STEM career choices: Using expectancy–value perspective to understand individual and gender differences in STEM fields. *Developmental Review*, 33(4), 304-340.
- Wilson, M. (1992) Goetheanism and the science method. *Waldorf Curriculum Studies* (42-47), Lanthorn Press

110年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：謝小苓		計畫編號：110-2629-H-007-003-			
計畫名稱：成為華德福科學教師					
成果項目		量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)	
國內	學術性論文	期刊論文	0	篇	2021年台灣科技與社會研究學會年會論文：從歌德科學到在地自然教育——所華德福學校的植物課
		研討會論文	1		
		專書	0	本	
		專書論文	0	章	
		技術報告	0	篇	
		其他	0	篇	
國外	學術性論文	期刊論文	0	篇	
		研討會論文	0		
		專書	0	本	
		專書論文	0	章	
		技術報告	0	篇	
		其他	0	篇	
參與計畫人力	本國籍	大專生	0	人次	本計畫前後邀請三名碩士生擔任研究助理，協助訪談相關事宜。
		碩士生	3		
		博士生	0		
		博士級研究人員	0		
		專任人員	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士級研究人員	0		
		專任人員	0		
其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)					