科學教育學刊
2019, 第二十七卷第一期, 1-24
DOI:10.6173/CJSE.201903_27(1).0001

Chinese Journal of Science Education
2019, 27(1), 1-24

開放式生物探究活動對馬來西亞高二高、低參與度學生之科學探究能力與覺知的影響

林玉蓮[1]　段曉林[2、*]

[1]馬來西亞巴生興華中學
[2]國立彰化師範大學　科學教育研究所

摘要

本研究主要探討開放式生物探究活動，對高二高、低參與度學生，科學探究能力與覺知的影響。研究採用質量合併方式，以高二理科3個班級(共137人)為研究對象，分高、低參與度，共30組，進行5個月的教學研究。透過科學探究能力檢核表(Oregon Department of Education [ODE], 2007)檢核書面計畫內容：I形成探究問題或假說；II探究的設計；III數據的收集與呈現；IV結果分析與詮釋。統計歸類各組報告的優缺點及問題，以探討探究能力精進的情況。並將檢核分數作描述性統計分析，以SPSS 20統計軟體作無母數分析，探討高、低參與度學生其探究能力的變化。此外於研究前與後收集學生探究能力與理解之覺知(Hsieh, Tuan, & Chin, 2010)，並進行*t*檢定分析，以確認高、低參與度學生對探究的覺知差異。研究顯示：高、低參與度學生的探究能力在向度I ~ III有統計差異，向度IV則沒有差異。完成稿的檢核平均分數顯示向度I與II高於向度III與IV。低參與度學生的「探究的理解」；高參與度的「探究能力」覺知向度個別達顯著差異。活動前，低參與度與高參與度學生的「探究的理解」覺知向度達顯著差異。活動後，高、低參與度學生的「探究能力」與「探究的理解」均沒有顯著差異。

關鍵詞：探究能力、科學探究能力檢核表、探究實驗、參與度

壹、緒論

科學探究培養學生探究能力與對探究的理解，同時亦能掌握探究技巧(Abd-El-Khalick et al., 2004)，因此探究導向的課程已成為世界許多國家的課程標準。美國國家研究院(National Research Council [NRC], 1996)強調探究課程提供學生主動建構科學知識的歷程，學生完成中學科學的學習後對自然現象有一定的認識，能用適切的科學方法作決策，有能力應用科學與科技知識，並通過對科學知識的運用，在事業上提升經濟生產力。

亞洲各國也受到探究課程的影響，例如：臺灣於2019年實施的12年國民基本教育課程中，強調國小至高中探究與實作的重要

*通訊作者：段曉林，suhltuan@cc.ncue.edu.tw
(投稿日期：民國107年10月12日，修訂日期：民國108年1月19日，接受日期：民國108年1月21日)

性。並在自然科學領域的課程目標中強調：

> 一、啟發科學探究的熱忱與潛能：使學生能對自然科學具備好奇心與想像力，發揮理性思維，開展生命潛能。
>
> 二、建構基本科學素養：使學生具備基本科學知識、探究與實作能力，能於實際生活中有效溝通、參與公民社會議題的決策與問題解決，且對媒體所報導的科學相關內容能理解並反思，培養求真求實的精神。(國家教育研究院，2018，頁1)

大陸於2012年實施的生物學課程標準(中華人民共和國教育部，2011)以向全體學生、提高生物科學素養和倡導探究性學習3方面為課程基本理念。此外，科學探究也是香港課程發展議會(2002)從小學至高中，強調以科學探究為中心的科學學習範疇，並摒棄「食譜式」的學習模式，以連貫和有系統的推行，使學生累積多年的學習經驗以至高中時更能掌握探究的意涵與能力。

馬來西亞國家教育大藍圖(2013 ~ 2025年)一再強調要培養學生有國際競爭力的思考技能(thinking skill)，並於課程中培養學生探究技能等高層次的思維(Ministry of Education Malaysia, 2013)。2011年開始，推行以高思維(Kemahiran Berfikir Aras Tinggi, KBAT)為方向的小學標準課程(Kurikulum Standard Sekolah Rendah, KSSR)，注重實踐(Hayati Eksplorasi Berfikir Aras Tinggi, HEBAT)，以培養學生懂得賞析、探索、思考為目標，並且以學生為主體，教師為引導者。2017年建立中學標準課程(Kurikulum Standard Sekolah Menengah, KSSM)，其中科學目標是使學生能夠應用探究方法來滿足對科學的好奇心與求知欲。此外從小學至中學五年級的科學標準課程是透過探究的方式培養每一位學生具備科學思維。在KSSM課程下，也規定每一年級至少要進行給定課題中的2項探究實驗活動，並通過檢核表評估學生達成的情況(Ministry of Education Malaysia, 2015)。

科學探究是馬來西亞獨立中學(以下簡稱「獨中」)統一課本初中綜合學科，課程標準中的目標之一(董教總全國華文獨中工委會課程局，2012)。而2015年5月修訂的獨中與高中生物課程標準亦把科學探究安排在課程內容的第一項主題(董教總全國華文獨中工委會課程局，2013)。

一直以來，馬來西亞高中生物課程中，在2節課內完成的實驗多屬於驗證性實驗，即是對研究對象有了一定的瞭解及認識，或提出了某種假說後，為驗證這種認識或假說之正確性所進行的實驗(崔鴻，2010)，但這種實驗可讓學生學得科學方法而不是科學探究(Lederman, Lederman, & Antink, 2013)。而蔡執仲與段曉林(2005)發現，食譜式的實驗隨著學習的進程，國二學生對科學的學習動機有下降的趨勢，反觀進行探究式實驗的學生對科學的學習動機隨著時間的進程仍維持在原有的水平。此外，研究指出學生參與度與其學習表現呈正相關(Carini, Kuh, & Klein, 2006; Gunuc, 2014; Lee, 2014)。有鑑於此，本研究擬在研究者的生物課程中實施開放性探究實驗，探討學生在探究問題的形成、設計探究實驗、數據的收集與呈現、結果分析與詮釋的4部分之探究能力的變化狀況，以及學生對其探究能力和探究理解的覺知變化，最後比較高、低參與度學生在探究能力與覺知上的差異。具體研究問題為：

一、進行開放式探究活動的歷程中，學生的

學習表現與探究能力的變化為何？

二、進行開放式探究活動的歷程中，高、低參與度學生其探究能力的變化為何？

三、進行開放式探究活動前後，高、低參與度學生其探究能力覺知之差異為何？

貳、文獻探討

一、科學探究的意涵

科學探究是學習如何進行科學活動，也是學習科學本質及獲得科學知識的一種方式，它包括：進行觀察、具好奇心，能從現有的知識確定問題、運用科技與數學方法收集證據、結合已有的研究、提出可能的解釋、基於證據發表解說、新證據的增加和解釋及向公衆發表各項目(NRC, 2000)。美國科學教育標準(National Science Education Standards, NSES)提出科學探究包括使學生具備進行科學探究的能力和理解科學的探究2方面(NRC, 1996)。本研究所指的科學探究是依據NRC所述的科學探究，是指：

> 探究是一種具多面向的活動，其中包含進行觀察、界定問題、驗證書本以及其他的資訊來源、瞭解已知的知識、計畫進行探索活動、重複察看實驗得來的證據、使用工具進行收集與分析，以及對資料進行詮釋並提出結果。(1996, p. 23)

探究是科學家研究自然界的多種不同方式，他們提出想法並通過科學研究得到證據以作出解釋的過程，若學生可經歷過與此相同的真實(authentic)歷程，則他們就能體會到科學的探究精神(Hofstein & Lunetta, 2004; NRC, 2011)。

Schwartz, Lederman與Lederman (2008)總結科學探究的本質包括問題引導探究、科學探究的方法是多元的、科學探究是多重目的的、對科學知識的辯護、能夠識別與操縱異常資料，作有效的處理、區分資料蒐集與論證之不同，研究者之間的溝通與評論促進科學的進程等內涵。

因此，科學探究是科學家在尋求問題的答案時的系統思考與行動方式。科學探究除了學習者能夠進行一般的科學實驗的操作外，它亦是一種理解科學的本質和培養科學素養的學習過程。

二、科學探究的教學

探究教學一詞在不同的學者有不同的界定，Anderson (1996, as cited in Anderson, 2002, p. 4)提出新的教學法賦予教師作為引導者或協調者角色而非傳統的知識傳授者，學生則是改變以往只完成教師指導任務的被動知識接受者，為通過自行設計學習任務、分析與討論、問題解決的自我導向學習者，即是由非探究導向轉變為探究導向的教學模式。Wheeler (2000)提出科學探究教學的3面向，其一是學生參與科學活動，但要避免學生只有動手做的迷思；其二是學生參與科學活動的過程要不斷提問並嘗試各種可能性的操作；其三是有主題內容的探究過程，讓學生得以學習新知識。Bybee等(2006)則強調5E探究教學(參與[engagement]、探究[exploration]、解釋[explanation]、精緻化[elaboration]、評量[evaluation])，教師提供情境與議題讓學生參與學習、透過問題的探索進行解釋並加以精緻化，最後教師進行學生學習成果的評量。洪振方(2003)所提出之創造性探究模式(Creative Inquiry Model, CIM)，包括探索(包含形成問題與假設、設計研究和產生數據)、解釋(包含詮釋數據、建立理論)、

交流(包含說服、辯護)及評價(時時評估上述部分落實的情況和收獲)，此教學模式非常強調不斷的進行探究過程中的評價。

探究教學是多面向的，教學過程應有不同的教學策略，對於不同的課題內容或學生應採用適合的教學方法(NRC, 1996, 2000)。根據NSES比較促進探究的重點改變，可知探究教學減少科學現象的證明和知識的灌輸，多著重在探索證據的過程技能、分析結果、探索過程中各層面相互關係的辯護，和溝通表達能力的培養。NSES綜合許多學者提出不同的探究教學模式，列出5個階段的探究教學：

> 階段一：學生參與科學問題、事件、現象，連接與其先備知識或經驗，創造新問題，以引起學習動機。
>
> 階段二：學生通過動手實作的經驗產生想法、形成與測試假設、解決問題和針對所觀察的現象做出解釋。
>
> 階段三：學生分析和詮釋數據，整合想法、建構模型、闡明概念，並能向教師解說或用其他的科學知識做出解釋。
>
> 階段四：學生延伸所獲得的新知識和能力，並應用於新的情境中。
>
> 階段五：學生與教師共同檢視和評估其所習得的、如何學習而得。(NRC, 2000, p. 35)

以上5個階段是漸進的，最初學生能夠從給定的情境中學會如何尋求答案，次之是進行操作和解決實作過程所面對的困難，有了數據後又如何利用數學能力分析並連接原有想法解釋和發表，獲得新知識後要能融會貫通應用之，最後是檢討學習結果和過程。這些重點符合奧瑞岡教育局(Oregon Department of Education [ODE], 2007)所提出的探究能力檢核表的4個向度。因為，高中學生的自治能力與時間管理等都還需要教師關注，進行的過程不能放任只求最後得到結果，每一項的完成有其先後順序與脈絡，它必須在教師引導學生有組織和規劃各階段該完成的部分的時間內逐項進行。

Harwood (2004)採用Reiff, Harwood與Phillipson (2002)，整合不同領域的科學家得

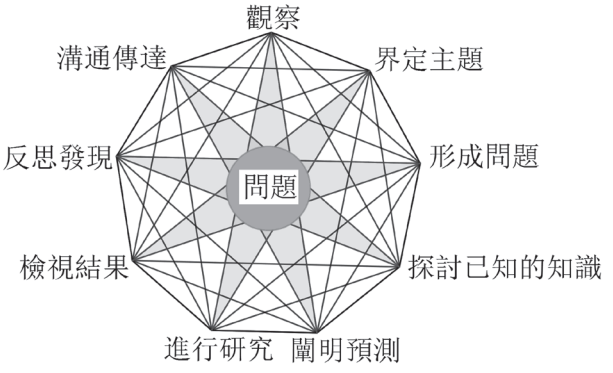

圖1：科學探究的活動模式

資料來源：引自“An activity model for scientific inquiry,” by W. S. Harwood, 2004, *Science Teacher*, *33*(7), p. 45.

出新的科學探究的活動模式，從觀察開始包含10項活動，按順時針進行，它可視情況而在任何一活動中重複循環，如圖1所示，而探究問題的產生是科學探究的核心。

基於教師給予學生提供的引導程度(探究問題，解決方法以及答案的提供與否)，探究教學可區分為4個層次(Bell, Smetana, & Binns, 2005, p. 32)。層次一：驗證性探究，目的在對已知原理的驗證，亦即Bianchini與Colburn (2000)定義的食譜式探究；層次二：結構化探究，依教師提供的問題與步驟進行探究；層次三：引導式探究，依教師提供的問題，學生自行設計探究方法；層次四：開放性探究，學生自行擬定探究課題與設計探究過程。

Wenning (2005)比較食譜式與探究式實驗的不同。食譜式實驗的訓練是基本的、機械式的操作方法，沒有挑戰性，缺乏思維的訓練。但學習是一種嘗試錯誤和經驗累積的過程，學生尚未具備探究能力以前，是需要有驗證性或結構式的探究實驗，以習得儀器使用、實驗技巧和方法。因此，教師要避免掉入NRC (2000)所提及的「所有的科學教學都要通過探究教學」的迷思。另一方面，開放式探究實驗則是從提出探究問題開始，是一種主動發現的學習過程。

綜合上述，NSES對科學探究的步驟比較是一種直線式的流程，一個階段的完成後才進入下一階段，因此，比較看不出不同階段之間的聯繫性；而洪振方(2003)則以評價為探究的核心，探究過程中不斷自我檢視，是一種設計、動手、檢核與行動(Plan, Do, Check, Action, PDCA)的探究模式；Harwood (2004)則以探究問題為核心，其他9項活動都為解決此核心問題而進行，他也是經由反覆評價的活動，在過程中才會產生重複循環的可能性。本研究進行的開放性探究活動，雖然是以ODE (2007)的形成探究問題或假說、設計一個探究問題、數據的收集與呈現、結果分析與詮釋4個階段為步驟，但因為研究者不斷的檢核研究對象的書面報告與實際操作情況，研究對象也依據研究者的建議修正書面報告與進行方式。使研究者與研究對象間，發生了來回評鑑與修正的循環模式。因此進行的過程順序和模式較近似於Harwood的以探究問題為核心的各循環模式，且是研究對象經食譜式實驗的訓練，已有一定的基礎實驗技巧後，給予具創造與批判性思維訓練的探究實驗。

三、學生的探究能力與探究覺知

科學過程技能是從事科學性探究的執行能力，「科學—活動過程教學」(Science-A Process Approach, SAPA)課程中的科學過程技能包括觀察、分類、解釋資料、預測、運用數字、測量、控制變因、進行實驗等(甘漢銧、陳文典，2004)，但根據Lederman等(2013)科學探究不僅僅是發展過程技能，它其實包含傳統的科學過程，並結合科學知識、科學推理和批判思考以發展科學知識。

「科學即是探究」(science as inquiry)的課程標準內容強調，活動應發展學生具備(一)科學探究能力和(二)對探究的理解(NRC, 2000)。NRC (2000)認為9 ~ 12年級的學生具備進行科學探究的基本能力，包括能確認科學研究的問題與概念、能設計與進行科學研究、善用科技與數學以增進研究及互動交流、能提出證據和有邏輯地闡述科學性的解說、能辨認和分析替代的解說和模型、對科學證據可溝通表達與辯護。有關科學探究的理解，包括科學家探索物理的、生命的及設計系統的功能、對數據的收集與操弄、基於

證據的詮釋、科學研究的公開表達與辯護及數學於科學探究的重要性。有關對科學探究能力的覺知，包括學生對科學探究能力以及對探究的理解，在本研究中將用Hsieh, Tuan與Chin (2010)所設計的問卷加以檢測。

ODE (2007)有關科學教與學的標準(teaching and learning to standards in science)，對科學探究的評分包含4個向度，其中：(一)形成探究問題或假說，以具有科學知識背景，能夠以呈現數據的方式回答的問題，並能以科學訊息作明確的解釋；(二)設計一個探究問題，以能提出與科學原理相符，並能產出良好數據的實驗設計，且能與他人溝通具一定程序、可被重複實驗操作的設計；(三)數據的收集與呈現，能記錄具一致性合宜的數據，以準確分析的方式組織數據，並應用適切的統計圖表呈現數據；(四)結果分析與詮釋，使用具科學概念的語彙表達結果，所提供的證據能夠呈現其設計與結果是合理的，且能被重複檢視，能明確分析和討論結果。本研究是一種實作評量，也是學生在探究任務中表現出來的能力，因此，本研究是根據以上4個向度的各等級作為評量學生探究能力的準則。

四、學生的學習參與

研究均指出學生的參與程度對其學習成效(成就、情緒與行為)具有影響(謝慶華、段曉林、靳知勤、陳淑貞，2016；Fredricks, Blumenfeld, & Paris, 2004)。在學習參與的研究中，一般將參與歸類為認知、情緒與行為參與3類。Fredericks等歸納出行為、情緒和認知3項參與的內容如下：行為參與是指廣義的在學校情境中對於學習與學習任務的投入行為；情緒參與是指在教室或是學校中，對學習相關人、事、物的情緒反應等；認知參與是指對於學生在學習的過程中，其認知與心理上的投入程度。謝慶華等將上述的3種參與界定為在自然科課室中的行為、情緒與認知上的參與。Guncu (2014)則針對學習者在學習歷程中，是否主動積極、同儕合作情況、與教師互動交流的情況、按進度完成與否建立學習參與度的指標，學習參與和學生的學業表現有顯著相關。

Fredricks等(2004)發現學生的學習參與度越高其學業成就越佳。謝慶華等(2016)的調查研究發現國二高中低成就生在科學科目的參與度中，在認知及行為參與方面，高中低成就生呈現顯著的差異，成就越高的學生在認知與行為的參與度越多。此外其他研究學者也提出高參與度的學生相較於低參與度學生會持續參與課室中的活動，能理解教材，並與老師進行更多的提問互動等 (Newmann, Wehlage & Lamborn, 1992; Skinner & Belmont, 1993)。因此研究者預測高、低參與度學生在進行探究的活動中，其參與度的不同會造成學生探究能力與覺知的差異。

五、探究教學實證性研究

實徵研究發現不同探究式教學類型對高、中、低探究能力學生的影響有所差異，且開放式探究能增進高探究能力學生的「計畫」能力(白佩宜、許瑛玿，2011)。陳佩渝(2012)進行5E探究教學模式後，學生的探究能力提升，且學生對自己的探究能力、對探究的理解持正向的看法。洪振方(2010)的研究發現，思考導向探究式學習比教科書實驗教學，較能提升學生的科學探究能力。詹秀雯與張芳全(2014)對國民中學學生的研究發現，積極的學習態度、同儕互動及師生互動越好，則學習成就表現越好。上述的研究雖指出探究教學的效果，但是並未提及不同參與度學生其探究能力的差異；此外，甚少研

究同時檢核學生的探究能力以及探究知覺，因此本研究將針對過去文獻所欠缺的部分進行探討。

參、研究方法

一、研究對象與情境

本研究的個案學校在馬來西亞巴生南區，全校皆為常態分班。該校強調教學方法多元化，各年級有不同的專題製作，重視動手做實驗能力與探究精神的培養，鼓勵學生在課餘使用實驗室進行自主性實驗研究。而高二生物課堂一學年內既定的生物課堂實驗平均有10次，是2堂課內完成的食譜式實驗，本研究的對象是在這樣的實驗教學模式下習得實驗技能。

研究對象為高中二年級其中3個理科班，以甲、乙、丙代表之。3個班級中，2班人數各為46人，另1班為45人，每班男女生人數約相同。此3班的班風各不相同。其中，高一生物2次期末考成績的平均值相差1.5 ~ 2分，第一學期期末考成績的F值為0.39 (p = .85)；第二學期期末考成績的F值為0.91 (p = .47)，二者均未達.05的顯著差異，滿足變異數同質性假設，所以3班的程度是相仿的。在分組方面，由於學生經過一年的相處，有了一定的瞭解，採取學生自行分組。最有效的小組大小約是4 ~ 6人是Cohen 等在1994年所提出的(Cohen, Johnson, Johnson, & Holubec, 1994，引自郝永葳，2007，頁370)。因此，本研究以4或5人為一組，男女人數各半，進行分組，共30組。

二、研究設計

本研究以質性為主量化為輔的研究法，研究時間為5個月。利用課後進行，即在校上課期間2次各35分鐘的休息時間，以及放學後下午3 ~ 5點的時段，這段時間學校開放實驗室設備提供學生進行探究活動。在探究活動前研究者為學生解說課後探究活動的注意事項，例如：使學生清楚知道自己的角色和應有的態度、活動方式、與老師的互動方式等，並規劃時間表(見表1)，讓學生計畫性地逐步完成各項。

根據Harwood (2004)以探究問題為核心的循環模式進行，本研究採取層次四「開放性探究」(open inquiry) (as cited in Bell et al., 2005)專題實驗，給予學生自行擬定他們有興趣且自認能勝任的題目，須與生物相關，同時也要考慮學校的客觀條件(實驗材料與設備)。然而，因為學生沒有這類探究專題實驗的訓練，所以過程中未能滿足ODE檢核表的探究能力，仍需研究者引導，使之漸進達成。除此之外，也觀察學生實驗進行的過程，拍照記錄。掌握各組實驗過程，隨機評估或給予必要的引導。

活動結束後，研究者依各組別在整體活動期間，組員們的學習態度，包括每一階段

表1：學生分階段呈交活動進行的時間表

日期(月／日)	項目
1/4 ~ 2/4	A實驗題目與原理。
	B實驗觀察的對象及具體實驗指標(包括3種變量)。
2/4 ~ 3/4	C實驗設計、數據收集記錄的表格(設計實驗，進行模擬實驗)。
3/4 ~ 4/8	D進行實驗，收集數據，記錄過程現象。
4/8 ~ 4/29	E分析數據，結論與檢討。
5/20	F交報告(包括每一組的心得)。

的完成是否主動積極、同儕合作情況、與研究者互動交流的情況、按進度完成與否總結評論各組的表現，而這些學習表現皆屬於學習參與度其中的指標(Gunuc, 2014)。書面報告的評分以呈交書面計畫的ODE檢核評分4個向度(I ~ IV)各別完成稿分數達到5、6分者得1.5分；達4分者得1分；達1 ~ 3分者得0.5分。

依據各組的評論記錄，若達到主動積極、同儕合作、與研究者互動交流、按進度完成，則各得1分。又，Gunuc (2014)的研究發現，學生的學術表現與其學習參與度有顯著相關性，因此，再加上書面報告分數共5部分的分數加總計分，滿分為10分，共5個向度的表現，達8分或以上者歸為高參與度；反之，則歸為低參與度。這5個向度是環環相扣的，尤其學習態度中若缺主動積極，則其他向度也會欠佳。因為每一階段書面計畫的呈交，除了依研究者給定的時間表外，更需要各組自行掌握時間進度。而研究者在當天即完成批閱發還，學生修訂後又再呈交。每一次發還書面計畫時都要求全組一起與研究者互動，通過表達交流使研究者掌握研究對象的學習情況。因此，歸類的結果，得高參與度15組，其中甲班5組、乙班7組及丙班3組，其餘為低參與度共15組。另，也請同組教師進行其有評析的20組的高、低參與度的歸類。歸類的方式主要是2位評分者分別依據學生的報告，研讀裡面的內涵，建構出報告內的特質，例如：2人評估後以Spearman相關係數，進行評分者間的信度評估，得相關係數.91 ($p < .01$)，達高度相關性。

三、研究工具與資料收集

本研究通過探究能力檢核表、每一階段各組的總結與反思、晤談、教師反思日誌，蒐集質性資料；量化研究的工具則是Hsieh等(2010)所研發工具的前2個向度。

(一)探究能力檢核表

本研究修改自丁素雯(2008)參考ODE (2007)的科學教與學的標準，所翻譯的科學探究的評分指導。檢核各組書面報告的內容，評估研究對象各階段的探究能力變化情形。此檢核表包含4個向度，即向度I形成探究問題或假說；向度II探究的設計；向度III數據的收集與呈現；向度IV結果分析與詮釋。每向度又分為6個層次(1 ~ 6分)，根據ODE提出的分數標準，得分若高於4分(含4分)則表示具備相當的探究能力，5 ~ 6分則能力更佳，1 ~ 3分則表示沒有展現該項能力或能力不足。依此檢核表，研究者根據各組每一階段呈交的書面計畫所達到的探究層次給予評分，並引導研究對象發現問題或不足之處，以作為第一次的修訂，繼之，研究者再對修訂稿所達探究層次，再次給予檢核評分，直到書面計畫有達探究標準至少4分或以上為止。檢核評分的同時，須記錄報告中的優缺點與常犯錯誤。

為使評分具有信度，有三分之二的組別亦經由另一位高二同組教師，進行每一次的檢核評分和完整報告的評分，若出現與研究者的評分落差較大的部分，則進行討論，提出彼此觀點，以達成一定的共識。2人評分後以Spearman相關係數進行評分者間的信度評估，得相關係數介於.70 ~ .94之間。研究者記錄每一次檢核評分時各組書面計畫呈現的狀況。各向度評分結束後，將各組報告的初稿至完成稿的優缺點及出現的問題加以歸類，並統計每一項目出現的頻率。為求信度，研究者在進行如此歸類後，間隔至少2週後再次重新歸類，以第二次歸類的結果與第一次作比對，還有不相符的部分，則2週後作第三次

的分類，如此進行到分類完全為止，以便後續的質性分析，更具體掌握各組探究能力漸近的變化情形。

(二)各組的總結與反思

完成每一階段的書面計畫後，每一組進行總結與反思並填入研究者設計好的表格中，主要使研究對象把學習過程中的實際情況與面對的困難作記錄與省思，以便研究者更能掌握各組進行情況，作為質性分析。填寫日期分別為2/13 ~ 17 (I形成探究問題或假說) ；3/13 ~ 17 (II探究的設計)；5/8 ~ 15 (III數據的收集與呈現)；5/22 ~ 26 (IV結果分析與詮釋)。

根據本組情況，自我評估本階段的困難程度等級(1 ~ 5)，數字越大表示越困難，因此研究者定義平均值介於1.00 ~ 2.67為低困難度；平均值介於2.68 ~ 3.34為中困難度；平均值介於3.35 ~ 5.00為高困難度。

(三)晤談資料

活動完成後，進行結構性晤談，其中5 ~ 10題參考自侯香伶(2002)，內容主要有省思對探究的理解、探究能力的提升情況、探究能力如何展現在學習上、科學探究能力等4個向度的習得情況，以瞭解學生對探究活動的認知程度。

(四)教師反思日誌

記錄研究對象出現的問題與研究者引導策略的有效性。

(五)探究能力與理解覺知收集

本研究採用Hsieh等(2010)設計問卷中的前2個向度即學生的探究能力(Students' Inquiry Competence, SIC, 10題)；學生的探究理解(Students' Understanding of Inquiry, SUI, 6題)作為探討實施探究教學前後，研究對象對其探究能力的覺知的影響。問卷的Cronbach's α值為.95，2個向度的α值分別為.90與.88。本研究的信度分析，2個向度前測的α值分別為.76與.68，後測α值分別為.83與.76。問卷的填答方式採用李克特(Likert)五分等第區分，分別為：非常同意(5)、同意(4)、無意見(3)、不同意(2)、非常不同意(1)。於1月分活動前及5月分活動結束後進行施測。

四、資料分析

(一)質性資料分析

記錄每一次檢核評分時各組書面計畫呈現的狀況，將各組報告的初稿、一修稿、二修稿及完成稿的優缺點及報告中所出現的問題做歸類，例如：提供數據卻沒有整合結果等敘述(參見表2 ~ 6)，並統計4次分類的每一項目出現的頻率。透過將質性資料轉變成量化數據，以歸納研究對象在探究活動的4個向度中所呈現的問題及修訂改變的學習過程。

針對初稿、一修稿、二修稿及完成稿書面報告檢核評分分數，作各向度的描述性統計，以探討低參與度、高參與度組別在活動中探究能力的變化情形。又，ODE檢核表的每一向度由低到高層次為1 ~ 6分，屬於次序尺度的變項，低、高參與度為2獨立樣本，各只有15組，屬於小樣本。二者4個向度的同質性檢驗p值都大於.05，屬於同質性，因此適合採用無母數統計的「曼—惠特尼U考驗」(Mann-Whitney U test)作2獨立樣本檢定(two-independent-samples tests)，以分析高、低參與度檢核過程中，初稿至完成稿的分數是否達顯著差異。為了幫助讀者理解研究發現，也提供具有說服力的訪談對話，例如：「SI

乙(8)20170626」，代表結構性晤談乙班第8組學生在該年月日的訪談，或摘取各組總結與反思的回饋，以代號總思(I)表示「向度I-班(組)年月日」作為說明。另外，也呈現研究者在教學過程中的教學記錄，以代號教師(IV)表示向度IV及相關年月日記錄之。

(二)量化分析

研究對象在活動前、活動結束，分別進行學生科學探究能力與理解覺知向度(Hsieh et al., 2010)的前測和後測，並以SPSS 20統計軟體，做為統計分析工具。以高、低參與度作為自變項，前測、後測結果作為依變項，進行各向度的成對樣本*t*檢定、獨立樣本*t*檢定，比較前測與後測的平均值(*M*)、標準差(*SD*)、顯著性，以找出參與度不同進行開放式探究活動前後探究能力的改變情形及探究能力成長的差異。

肆、研究結果與討論

一、學生的學習表現與探究能力的變化

以下依序以形成探究問題或假說、探究的設計、數據的收集與呈現、結果分析與詮釋，4個向度探討研究問題一。

(一)向度I：形成探究問題或假說

歸納探究題目形成過程，學生遇到的困難有：想要探究的題目卻又是能力不及或學校無法提供所需條件、組員意見不同、無所適從，不知如何是好、題目多次給研究者否決。

> 不知從何處下手，需要不停地想，或者上網找資料，有時候還要考慮實驗是否能進行，才能決定題目。(總思(I)-丙(6)20170217)

> 在想題目時必須考慮到各種因素，包括實驗進行的難度和材料準備。因為我們學到的知識有限，經費有限，所以在選擇題目上會遇到困難，而且又必須選擇全組有興趣的題目，這樣大家才會投入。(總思(I)-丙(7)20170220)

根據各組總結與反思的自我評估題目，擬定的困難程度得平均值為3.43，標準差為1.00，由此判斷這部分對學生而言屬中等困難。因此，探究題目的形成對高二學生而言是有難度卻又是能力可及的。

研究者歸納初稿中，探究題目的表達出現了有：題目不明確、範圍太廣不聚焦、題目不完整等的問題。如：「xx對植物的影響」是指什麼植物，影響是要探究哪一方面的影響，反應又是指哪一方面等類別問題。

探討已知的知識(investigating the known)即探詢相關文獻資料，是Harwood (2004)科學探究活動模式的第四項活動，也是本研究的探究活動基於各組探究主題之下的原理撰寫部分。

根據各組總結與反思自我評估原理的撰寫，其困難程度得平均值為3.63，標準差為0.67，因此，這部分對研究對象而言屬高困難。

評閱書面計畫，加上與研究對象互動的過程中，研究者根據NRC (1996)以從中掌握研究對象的科學(生物學)概念、想法及科學(生物學)知識之間的串聯，給予必要的引導，以使研究對象瞭解對應其主題的原理撰寫該達到的程度，以至每一次的修訂更趨於科學探究能力的培養過程，即ODE的4分以上。表2為總結初稿至完成稿各組呈現的問題。

因此，研究者需要重新省思課堂實驗的

模式，因為本校自編的高中實驗手冊中，都只有目的、材料、方法和結果，沒有相關的原理。研究對象在這樣的訓練下進行課堂實驗。

(二)向度II：探究的設計

茲將各組進行實驗設計所呈現的問題歸類，並統計分類每一項目在初稿至完成稿出現的頻率，得表3。

一修稿出現的問題更集中了，而二修稿所呈現的問題也相對減少。多數只需補足遺漏的部分。

表4為根據各組總結與反思自我評估這階段困難程度的平均值，其中(3)要觀察的項目(收集那些方面的數據)是所有自評項目中平均值是最高的，不過它仍屬於中困難度。這與表3所示的問題統計結果中有15組缺數據收集的方法是相當吻合的。這說明實驗設計的當下研究對象對實驗操作與實驗可能產生的結果變化是較無法掌握的，也想像不到具體要收集什麼數據。

食譜式實驗使學生忽略了實驗設計的細節，所呈現的問題頻率相對高於另3個向度。可見由於平時課堂實驗都是實驗室助理替學

表2：向度I形成探究問題或假說的問題歸類統計結果

次序	問題	組數
初稿	缺原理(只有方法，題目產生的原因)。	6
	原理不完整(泛泛之談)。	12
	原理與實驗無關。	4
	原理只說明事實、現象，沒有解釋。	10
	抄網路。	2
一修稿	原理不完整或不詳細。	18
	原理與實驗無關。	4
	原理只說明事實、現象，沒有解釋。	6
	抄網路。	2
二修稿	原理不完整或不詳細。	15
	內容過於複雜，可刪。	2
完成稿	不完整。	1

表3：向度II探究的設計的問題歸類統計結果

次序	問題	組數
初稿	實驗操作不清楚，看不懂。	10
	實驗步驟不詳細(缺少：裝置的大小、試劑濃度、測量方法)。	24
	缺數據收集的方法。	15
	樣本數量太少或不明確。	10
	缺實驗次數、樣本數量。	8
一修稿	設計簡略，操作步驟不詳細。	22
	實驗設計無法提供可靠數據。	21
	樣本數量太少或不明確。	10
二修稿	操作步驟不完整。	17
	記錄的表格不完整。	9
	實驗設計無法提供可靠數據。	5
完成稿	不完整。	3

生準備好，使得研究對象要獨立設計實驗時不知道要寫得如此詳細。關於實驗取樣太少或數據收集不足的問題，研究者認為因為課堂實驗進行一次就交報告完成，實驗結果都是個別單一的數據，使得研究對象沒有用統計求平均值看整體的概念，更忽略了樣本數量與產生誤差之間的關係，也沒有個體差異對實驗結果造成影響的概念。由此可見，擴增課堂實驗中的數據收集量，強調多樣本數量的實驗結果，以統計分析表達實驗結果必須加以落實。

ODE (2007)科學探究的探究設計中強調能否展示對於相關科學原理和過程的應用，NRC (1996)有關設計與進行實驗探究需要掌握相關知識。

> S2：初三的聲波、耳朵構造，初二頻率。(SI乙(8)20170626)

> S2：高二學過化學溶液濃度，本實驗需要比較精確的調配。比較多的部分都需要自己去設計，不能照課本。生長素方面課本有。(SI丙(2)S20170725)

> S3：我們定的那些溫度都是根據以前我們學過的對黴菌活躍程度的溫度，我們才定下那幾個特定的溫度。(SI丙(5)20170714)

表4：向度II探究的設計自評困難程度的平均值

項目	*M* (*SD*)
1.操作的可行性(科學性)	3.03 (0.74)
2.與原理的契合度	2.96 (0.84)
3.要觀察的項目(收集那些方面的數據)	3.32 (1.06)
4.裝置的設計	2.89 (1.20)
5.材料的取得	2.93 (1.15)
6.環境的需求	3.07 (1.21)
7.記錄的表格設計	2.86 (1.11)
整體	3.01 (1.05)

> S2：我們初中有學過短期和長期記憶，就結合了初中的知識和高中知識。(SI丙(3)20170719)

由此可知大部分研究對象在擬定探究題目或設計實驗時都與其先備知識有關。可見學習經驗的累積是一種隱形的能力培養，無形地幫助著個人往後的學習。

> S1：根據我們要找的東西，我們有討論，所以應該是切題……因為我們的題目是不同音頻，所以我們用了不同頻率的聲效，還有不同質感的音樂還有噪音之類的。(SI甲(8)20170727)

從晤談中，瞭解到研究對象能針對探究題目、實驗的3種變量做出實驗設計，有的雖然參照網路資料，但會因實際操作情況而做修正，以符合自己客觀條件與實驗要求。也有因為結果有回應到假設或經過彼此的討論而肯定自己的設計是切題的。

由此可見，完成此活動後，研究對象對於進行實驗設計，是滿足了ODE中，能與他人溝通一定程序的設計且具邏輯的、詳細的程序，並可被重複實驗操作的。以及NRC (1996)在設計和進行科學探究要掌握探究題目的意涵和各種變量的要求，明確知道其探究實驗的方向。

(三)向度III：數據的收集與呈現

研究者原以為研究對象能善用在初中數學學過的基礎統計學，而相關學習內容是足以應付本探究實驗數據分析的部分。可是呈交數據分析的書面報告中，卻出現了表5的問題。

完成了數據的收集與呈現的書面報告後，根據所收集到各組的總結與反思報告

表5：向度III數據的收集與呈現的問題歸類統計結果

次序	問題	組數
初稿	給原始數據，沒有整合處理。	13
	數據沒整合，也沒有以統計圖呈現數據。	11
	有統計圖，但只呈現各別變量的實驗結果。	7
	沒有按原實驗設計完成，取樣比原有的少，數據不夠全面。	8
一修稿	有統計圖，但只呈現各別變量的實驗結果。	10
	不同變量的實驗結果已整合在一曲線圖。	5
	沒有整合數據。	7
	無統計圖。	4
二修稿	統計數據的計算沒有表達清楚。	2
	有統計圖，但不完整表達結果。	5
完成稿	不完整。	3

中，瞭解到研究對象已掌握了數據呈現方式的重要性。並學會了應用適當的方式呈現數據以具體、清楚看出實驗的變化規律，並能凸顯實驗結果做出結論，或發現錯誤須重複實驗。

> 能讓數據有理化、可視化。我們選擇用圖表來呈現我們2大實驗所收集的數據，因為這不只可以方便讀者瞭解數據，也可以間接地表現出數據之間的差異以作為比較。選擇正確的呈現方式，數據就會變得簡單易懂又不繁瑣。(總思(III)-甲(2)20170629)

> 其重要性為了讓沒有參與實驗者可以看得懂實驗的結果，以最簡潔、一目了然又存在細節的方式呈現。(總思(III)-甲(3)20170705)

> 優良的呈現可以帶來更完善的表達，使報告能夠給讀者帶來更好的說服力，也可以節省讀者閱讀所花費的時間。(總思(III)-丙(9)20170711)

由各組總結與反思的回饋中，自評數據／結果的組織或歸類的困難程度平均值為3.24，標準差為0.83，屬中困難度；對數據／結果的呈現方式的困難程度平均值為3.48，標準差為1.06，為高困難度。根據各組回答關於面對所收集的一大組數據／結果之初，要如何操弄所面對的困難，研究者判斷主要是：數據之多他們不知從何開始；無法評估用哪一種統計圖才可契合實驗目的；有的組別因為收集數據的過程沒有處理好，或不熟悉電腦作統計圖的操作，而導致後續要花很大心力。正如梁松榮(2003)指出，大量複雜的數據學生難以分析與做出結論，然而以描述性呈現結果的組別則完全沒有面對困難。所以有能力使用必要的工具以進行測量，並能應用科技、數學圖表以表達探究結果(NRC, 1996, 2000)，是在教學上必須加以培養的，它是探究能力的其中一部分。

> 面對的困難是無從下手，開始時完全不知道該如何比較和規劃，需要有老師的陪同和建議。(總思(III)-甲(10)20170710)

> 其實我們沒有什麼困難的，因為我們的數據主要是以描述的方式帶出老鼠對各個音頻的反應。所以我們比較不需要數字化的處理數

據，進而方便很多。(總思(III)-乙(8)20170630)

由於相關統計學的知識，在高二課程之前，也只在初中大略講解過，因此對整理數據的方法不是很熟悉，導致花費大量時間。除此之外，因為不熟悉統計圖的應用也使數據的整理方法不是很合適。(總思(III)-丙(9)20170711)

進行結果分析以前，研究對象要有能力比對所得數據是否是合理，否則就必須重新進行實驗(Harwood, 2004)。從晤談中得知，研究對象會善用網絡資料作實驗結果的對照，有的組別則因有謹慎處理實驗步驟，或結果符合原理，而判斷所收集的數據是合理的。發現結果有所偏差者，時間上允許都會重新做過實驗，他們也能夠檢討其中原因，作出解釋。

S2：因為每次測量時我們都一起測啦，人多眼睛也多，大概應該不會錯，結論的話我們上網找到的資料是類似的，2個都一樣的話，應該不會錯。(SI乙(5)20170707)

S1：因為我們自己試過，時間是夠的，那些字都看得很清楚。(SI丙(3)20170719)

S3：就根據我們初中學過的那些知識，我們對比過後雖然結果有一些誤差，但大致上還在那範圍裡面。(SI丙(5)20170714)

(四)向度IV：結果分析與詮釋

茲將各組呈現的問題做歸類，得表6。

一修稿一般沒有與初稿有太大差別，因為研究對象仍抓不到曲線圖要如何呈現才能看出各別處理的結果不同，所以沒辦法解釋與分析實驗結果。經過引導，二修稿才有了整合的曲線圖在一座標內，再引導才能配合原理寫出結果分析。(教師(IV)-20170528)

因為不恰當的統計呈現方式，使其看不出數據間的有趣變化。可見能否利用很好的證據來說明探究結果，統計圖的應用大大影響了分析的視角。課堂實驗欠缺了這部分，多只需簡單回答幾道問題，也沒有多個實驗變量的操作與比較。

根據各組總結與反思自我評估的困難程度，得表7。除了結論的撰寫屬中困難度外，其餘雖屬中困難度但平均值是偏高的。如此看來這一面向對研究對象而言是感困難的。

表6：向度IV結果分析與詮釋的問題歸類統計結果

次序	問題	組數
初稿	只說明不同變量產生的實驗結果，沒有比較不同變量產生的差異。	10
	只說明結果，沒有分析數據變化和原理。	16
	說明的用詞不具體、不明確(有時、一陣子、有變化、比較多)。	6
一修稿	只說明不同變量產生的實驗結果，沒有比較不同變量產生的差異。	8
	有分析數據變化，但沒有根據原理作分析。	14
二修稿	結論寫成結果分析。	2
	不完整。	5
完整稿	結論寫成結果分析。	1
	沒有配合原理。	3

表7：各組總結與反思的自我評估這階段要完成的各部分的困難程度

項目	*M* (*SD*)
1.數據分析	3.34 (0.86)
2.結果分析	3.34 (0.90)
3.結論的撰寫	2.97 (1.05)
4.拓展問題的提出	3.55 (1.15)
整體	3.32 (1.01)

這部分的撰寫需要研究對象應用統計圖表的能力、洞察能力、分析能力、文字表達能力、知識背景的豐富與否，也有賴所收集的實驗數據的量與精確度。研究者認為這些能力可經由學習經驗而累積。丁素雯(2008)以探究式教學提升學生探究能力與學習動機之行動研究，在循環3階段的探究教學下，探究能力「分析結果」面向，前中測差異不太大，後測才漸上升。

> 有些數據並不是如我們所想的那樣，所以我們要多花一些時間去找出差異和原因，但網上的內容並不足夠解釋，這就是我們組遇到的最大困難。(總思(IV)-甲(8)20170705)

> 修訂過程非常艱難，一直想不到怎麼表達數據分析及結論推測，可影響整個報告的結果。(總思(IV)-乙(2)20170717)

完成了數據的收集與呈現這部分後，根據所觀察到的數據結果，實驗流程所面對的問題、實驗原理、網上資料，以及我們討論出來的推斷，是各組研究對象在總結與反思時，針對如何撰寫數據與結果分析所表達的。又從晤談中得知，各組的探究結果是根據原理或上網找更多相關資料、實驗數據、統計圖以符合題目和假設作出解釋的。如此，也滿足了Harwood (2004)的反思發現過程(reflecting on the findings)。

二、學生探究能力的變化情形

分別將形成探究問題或假說、探究的設計、數據的收集與呈現及結果分析與詮釋等4個向度的檢核評分分數，進行描述性統計分析與無母數統計曼—惠特尼U考驗二獨立樣本檢定，得低、高參與度組初稿至完成稿的等級平均數差異的情形。

統計分析顯示，高參與度組初稿至二修稿的等級平均數是大於低參與度組且達顯著差異的。但完成稿高、低參與度組在向度I形成探究問題或假說這一向度的探究能力是相同了(表8)。研究對象的同質性考驗是沒有顯著差異，屬同質的。所以低參與度與高參與度組別在這一向度的探究能力的起點呈現顯著差異，可能是學生學習態度使然，非能力不及所致。

表8：低參與度與高參與度組在向度I形成探究問題或假說之Wilcoxon符號等級檢定摘要表

對象	組別	組數	*M* (*SD*)	等級平均數	等級總和	*Z*	*p*
初稿	低參與度	15	1.80 (0.68)	11.67	175.00	-2.51	.01
	高參與度	15	2.67 (0.98)	19.33	290.00		
一修稿	低參與度	15	3.20 (1.01)	11.70	175.50	-2.47	.01
	高參與度	15	4.13 (0.92)	19.30	289.50		
二修稿	低參與度	11	3.82 (0.87)	6.82	75.00	-2.66	.01
	高參與度	6	5.00 (0.00)	13.00	78.00		
完成稿	低參與度	15	5.20 (0.56)	13.73	206.00	-1.28	.20
	高參與度	15	5.47 (0.51)	17.27	259.00		

由此可見，研究對象經過3或4次的引導修正後，高、低參與度在II探究的設計(表9)、III數據的收集與呈現(表10) 2向度的探究能力是沒有達到相同的。然而這一向度的總結與反思的自我評估的困難程度屬中、高困難度皆有，但每一項進行獨立樣本*t*檢定的結果沒有顯著差異($p > .05$)，所以低參與度與高參與度組在這一向度的能力是同質的，但探究能力的表現卻始終呈現顯著差異。

這一部分各組的一修稿後均達到ODE探究能力的要求進階至完成稿，以致沒有二修稿。從表11得知，雖然3次書面報告的*Z*值皆為負值，表示高參與度組的等級平均數大於低參與度組，但無論低參與度組或高參與度組別，在這一向度的探究能力始終是相同的。

比較低、高參與度組的檢核結果不同，除了少部分組別因組員合作情況比較不理想外，更多的是低參與度者對自我要求不高，達到4分後就不想再精進修改至更好。整體而言，向度III與向度IV完成稿的檢核平均分數只達到4分，而向度I與向度II則達到5分，可見向度III與向度IV對研究對象而言是比較困難的。雖然在III、IV兩向度的探究能力最終有達到4分或5分，但達至最高等級6分的，卻只有高參與度的一組而已。研究者認為向度III與向度IV的進行比較沒有如向度I與向度II有多方面的資料可參照(本章第一節有論述)，它反而是需要學習者更多的自主性，還要加上數學能力、批判思維、整合與分析和文字表達能力，是綜合能力的展現。

三、不同參與度學生其探究能力的覺知之差異

(一)不同參與度學生在探究活動前後其探究能力的覺知差異

從表12得知，低參與度SUI向度的$t = 2.53$，達顯著差異($p < .05$)，表示活動後學生

表9：低參與度與高參與度組在向度II探究的設計之檢核分數與Wilcoxon符號等級檢定摘要表

對象	組別	組數	*M* (*SD*)	等級平均數	等級總和	*Z*	*p*
初稿	低參與度	15	1.47 (0.74)	11.43	171.50	-2.75	< .01
	高參與度	15	2.13 (0.52)	19.57	293.50		
一修稿	低參與度	15	2.33 (0.82)	10.77	161.50	-3.16	< .01
	高參與度	15	3.47 (0.99)	20.23	303.50		
二修稿	低參與度	15	3.13 (0.99)	10.70	160.50	-3.11	< .01
	高參與度	15	4.33 (0.72)	20.30	304.50		
完成稿	低參與度	15	4.33 (0.72)	10.10	151.50	-3.68	< .01
	高參與度	15	5.40 (0.51)	20.90	313.50		

表10：低參與度與高參與度組在向度III數據的收集與呈現之Wilcoxon符號等級檢定摘要表

對象	組別	組數	*M* (*SD*)	等級平均數	等級總和	*Z*	*p*
初稿	低參與度	15	1.67 (0.72)	12.13	182.00	-2.23	.03
	高參與度	15	2.47 (1.06)	18.87	283.00		
一修稿	低參與度	13	2.46 (0.78)	9.88	128.50	-1.17	.24
	高參與度	8	2.88 (0.99)	12.81	102.50		
完成稿	低參與度	15	3.80 (0.86)	12.00	180.00	-2.33	.02
	高參與度	15	4.53 (0.74)	19.00	285.00		

註： 表10中，一修稿只有21組，是因為另9組的報告不必再修改，也已經達到檢核分數的5分以上，直接進入了完成稿階段。此外，二修稿只有5組，因此省略二修稿的分析。

表11：低參與度與高參與度組在向度IV分析與詮釋結果之Wilcoxon符號等級檢定摘要表

對象	組別	組數	*M* (*SD*)	等級平均數	等級總和	*Z*	*p*
初稿	低參與度	15	2.00 (1.00)	13.33	200.00	-1.44	.15
	高參與度	15	2.53 (1.13)	17.67	265.00		
一修稿	低參與度	15	3.27 (1.03)	14.17	212.50	-0.88	.38
	高參與度	15	3.60 (0.99)	16.83	252.50		
完成稿	低參與度	15	4.13 (0.74)	13.87	208.00	-1.10	.27
	高參與度	15	4.47 (0.74)	17.13	257.00		

表12：高、低參與度學生探究能力覺知前後測平均值相依樣本*t*檢定摘要表

參與度	人數	類別	*M*	*SD*	*t*	*p*
低參與度	70	SIC				
		前測	3.37	0.38	1.01	.32
		後測	3.43	0.43		
		SUI				
		前測	4.09	0.43	2.53	.01
		後測	4.24	0.46		
高參與度	67	SIC				
		前測	3.43	0.43	2.61	.01
		後測	3.57	0.56		
		SUI				
		前測	4.26	0.48	-0.54	.59
		後測	4.22	0.51		

對探究的理解是有顯著差異的，可見知道與經歷過的體會不同。高參與度SIC向度的t = 2.61 (p < .05)，達顯著差異，表示學生在活動後的探究能力有顯著提升，對自我的認知及學習能力更有信心了。

活動結束後，從晤談得知無論是高參與度或低參與度的學生探究能力或對探究的理解是有所提升的。

> S2：雖然沒有提升很多，不過是對探究實驗要怎麼做有所瞭解，知道該如何下手。(SI丙(5)20170714)

> S4：我覺得我提升了70%，因為從開始到結束嘛，我們學到怎樣觀察，然後我們先有考量到那些因素等的，這是以前沒有過的。(SI丙(6) 20170712)

> S1：會想要知道這個東西背後有什麼在操縱它，以前就好奇而已，而現在會去瞭解，找原因。(SI乙(2) 20170713)

> S1：因為學校實驗很少這樣的，因為一份報告都是整理出來步驟有了的，然後觀察結果又是很簡單，只要填填就可以了。對往後的實驗會想要進一步去瞭解。(SI乙(5) 20170707)

> S3：我覺得這探究實驗是很不一樣的體驗，算是，因為我們要全部自己去發現，自己去做。(SI甲(6) 20170718)

(二)比較高、低參與度學生在探究活動前後其探究能力覺知之差異

從表13得知，活動前，低參與度與高

表13：高、低參與度學生探究活動前後探究能力覺知差異之獨立樣本*t*檢定摘要表

	低參與度(n = 70)		高參與度(n = 67)					
	探究前	探究後	探究前	探究後	探究前(低vs.高)		探究後(低vs.高)	
向度	*M* (*SD*)	*M* (*SD*)	*M* (*SD*)	*M* (*SD*)	*t*	*p*	*t*	*p*
SIC	3.37(0.38)	3.43(0.43)	3.43(0.43)	3.57(0.56)	0.84	.40	1.73	.09
SUI	4.09(0.43)	4.24(0.46)	4.26(0.48)	4.22(0.51)	2.12	.04	-0.23	.82

參與度的SUI向度t = 2.12，達到顯著差異(p < .05)，說明高參與度學生對探究本質理解的原先認知是比低參與度學生高的。研究者判斷，對於高參與度學生，可能也因此對活動中依賴老師的心態是相對低的，也比較認同整體活動中，研究者的探究教學方式。另外，高參與度的SIC向度是優於低參與度，研究者認為因為高參與度學生對課後探究實驗各方面的態度是比較主動積極，通過小組合作，很多方面都可以自主完成，反而低參與度學生是常常需要研究者提醒和催促，才趕上進度。這也應證了NRC (2000)中所述，探究教學中學生自我導向的部分越多則其認知發展及科學推理能力的增進越多。

伍、結論與建議

本研究通過檢核書面報告探討研究對象科學探究的學習進程，並探討高、低參與度學生其探究能力、對探究的理解在研究前後期的差異。經由5個月的研究過程，本研究發現研究對象在沒有參與過開放式探究活動的經驗下，透過此次的活動後，其探究能力產生了變化。總結如下：

一、在形成探究問題或假說，可看出學生由初始階段的混亂模糊、倚賴過去學科的學習經驗，逐漸變化到產生具體、明確的探究題目，也能寫出完整且切題的原理。在設計探究的過程中，由簡略的實驗步驟與對取樣數量的重要性沒有概念，變化為設計出符合邏輯的、有信度的程序，並能聯結探究題目的意涵和各種變量要求的實驗設計。在數據的收集與呈現方面，由缺乏整合數據、應用統計圖，到最後理解了適當應用數據呈現方式的重要性，也因此在結果分析與詮釋方面，由開始的只寫數據分析、敘述變化的情況，或者只有依原理解釋現象，而沒有數據分析，進階到能聯結探究問題、探究結果、作出分析與提出結論。

二、探究內涵的提升層次有賴學生的參與度。本研究也發現透過3次的具體修正過程，高參與度學生的探究能力能進階到較高的層次，所以學生的探究精神深深影響科學探究的學習成效。

三、活動結束後，透過質性分析，低參與度學生自覺其探究能力是有提升的，知道探究實驗該如何進行和解決問題的方法，增加了好奇心與求知的動機。產生探究問題、撰寫原理、確定變量與設計實驗、進行實驗收集數據、整合數據、分析與討論，這樣的學習流程是有助於高參與度學生提升對探究的理解及探究能力的。

探究活動對高參與度學生進行科學探究的信心，有顯著的正增強作用。對低參與度學生則由經歷中的體會，而更能理解探究的本質。

基於以上的研究結論，研究者提出以下兩方面的建議供參考。

一、探究教學實驗的推行

本研究是以研究對象在一貫食譜式實驗的學習經驗，進入另一完全不同學習模式的探究過程，因而無法滿足科學探究的要求。然而，通過真實情境的學習活動後，卻能提升了探究能力和對探究的理解。因此建議教學從課堂實驗開始，摒除食譜式實驗，以分階段予學生做不同面向的探究學習，漸近達到高層次的探究能力，同時強調多樣本的數據收集和統計分析，以能應用數學做出完整的探究實驗報告。

二、對未來研究的建議

本研究發現高參與度學生的探究能力(SIC向度)是有顯著提升，而低參與度學生則否。從質性資料分析，高參與度學生在向度II探究的設計和向度III數據的收集與呈現2向度的完成稿所達成的探究能力層次是顯著優於低參與度學生，且在向度I形成探究問題或假說的初稿至二修稿也如是。故研究者建議未來可探討學生內在動機與科學探究能力學習成效的變化關係。

參考文獻

1. 丁素雯(2008)。**以探究教學提升學生探究能力與學習動機之行動研究**。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化市。
2. 中華人民共和國教育部(2011)。**義務教育生物學課程標準**。北京市：北京師範大學出版社。
3. 白佩宜、許瑛玿(2011)。探討不同探究式教學法對高一生科學探究能力與學習環境觀感之影響。**課程與教學季刊**，**14**(3)，123-156。
4. 甘漢銧、陳文典(2004)。科學過程技能。收錄於國立臺灣師範大學(編著)，**九年一貫課程自然與生活科技學習領域科學素養的內涵與解析**(頁35-58)。臺北市：教育部。
5. 侯香伶(2002)。**科學探究活動中的科學本質面貌對國一生科學本質觀之影響**。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化市。
6. 洪振方(2003)。探究式教學的歷史回顧與創造性探究模式之初探。**高雄師大學報**，**15**，641-662。
7. 洪振方(2010)。思考導向的探究式學習對國二學生科學探究能力的影響。**科學教育學刊**，**18**(5)，389-415。
8. 香港課程發展議會(2002)。**科學教育：學習領域課程指引(小一至中三)**。查詢日期：2017年10月2日，檢自https://www.edb.gov.hk/attachment/tc/curriculum-development/doc-reports/guide-kla-gs-primary-curriculum/guide/se/ScKLA-c.pdf。
9. 郝永葳(2007)。**有效教學法**。臺北市：五南。
10. 陳佩渝(2012)。**探究教學對八年級學生學習動機與探究能力影響之行動研究**。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化市。
11. 梁松榮(2003)。**高中學生進行開放式科學探究活動之研究**。未出版之碩士論文，國立彰

化師範大學科學教育研究所，彰化市。

12. 國家教育研究院(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(草案)**。新北市：作者。
13. 崔鴻(2010)。**新理念生物教學技能訓練**。北京市：北京大學。
14. 詹秀雯、張芳全(2014)。影響國中生學習成就因素之研究。**臺中教育大學學報：教育類**，**28**(1)，49-76。
15. 董教總全國華文獨中工委會課程局(2012)。**初中綜合科學課程標準**。加影：董總。
16. 董教總全國華文獨中工委會課程局(2013)。**高中生物課程標準**。加影：董總。
17. 教育部(2003)。**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。
18. 蔡執仲、段曉林(2005)。探究式實驗教學對國二學生理化學習動機之影響。**科學教育學刊**，**13**(3)，289-315。
19. 謝慶華、段曉林、靳知勤、陳淑貞(2016)。國中自然與生活科技學習參與量表的發展與相關因素之探討。**科學教育學刊**，**24**(3)，249-273。
20. Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., et al. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, *88*(3), 397-419.
21. Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, *13*(1), 1-12.
22. Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction: Assessing the inquiry level of classroom activities. *The Science Teacher*, *72*(7), 30-33.
23. Bianchini, J. A., & Colburn, A. (2000). Teaching the nature of science through inquiry to prospective elementary teachers: A tale of two researchers. *Journal of Research in Science Teaching*, *37*(2), 177-209.
24. Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., et al. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS.
25. Carini, R. M., Kuh, G. D., & Klein, S. P. (2006). Student engagement and student learning: Testing the linkages. *Research in Higher Education*, *47*(1), 1-32.
26. Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope*, *23*(6), 42-44.
27. Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, *74*(1), 59-109.
28. Gunuc, S. (2014). The relationships between student engagement and their academic achievement. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, *5*(4), 216-231.

29. Harwood, W. S. (2004). An activity model for scientific inquiry. *Science Teacher*, *33*(7), 44-46.
30. Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, *88*(1), 28-54.
31. Hsieh, C. H., Tuan, H. L., & Chin, C. C. (2010, January). *The development of a questionnaire to measure students' inquiry competence in relation to teacher's inquiry teaching*. Paper presented at the 6th International Conference on Science, Mathematics and Technology Education. Hualien.
32. Lederman, N. G., Lederman, J. S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, *1*(3), 138-147.
33. Lee, J.-S. (2014). The relationship between student engagement and academic performance: Is it a myth or reality? *The Journal of Educational Research*, *107*(3), 177-185.
34. Ministry of Education Malaysia. (2013). *Malaysia education blueprint 2013-2025 (preschool to post-secondary education)*. Putrajaya, Malaysia: Kementerian Pendidikan Malaysia.
35. Ministry of Education Malaysia. (2015). *Kurikulum standard sekolah menengah sains, dokumen standard kurikulum dan pentaksiran (DSKP) tingkatan 1*. Putrajaya, Malaysia: Kementerian Pendidikan Malaysia.
36. National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
37. National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: The National Academies Press.
38. National Research Council. (2011). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
39. Newmann, F. M., Wehlage, G. G., & Lamborn, S. D. (1992). The significant and sources of student engagement. In F. M. Newmann (Ed.), *Student engagement and achievement in American secondary schools* (pp. 11-39). New York: Teachers College Press.
40. Oregon Department of Education. (2007). *Teaching and learning to standards in Science*. Washington, DC: National Academy Press.
41. Reiff, R., Harwood, W. S., & Phillipson, T. (2002, January). *A scientific method based upon research scientists' conceptions of scientific inquiry*. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. Charlotte, NC.
42. Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2008, March). *An instrument to assess views of scientific inquiry: The VOSI questionnaire*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Baltimore, MD.
43. Skinner, E. A., & Belmont, M. J. (1993). Motivation in the classroom: Reciprocal effect of

teacher behavior and student engagement across the school year. *Journal of Educational Psychology*, *85*(4), 571-581.

44. Wenning, C. J. (2005). Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes. *Journal of Physics Teacher Education Online*, *2*(3), 3-12.
45. Wheeler, G. F. (2000). The three faces of inquiry. In J. A. Minstrell & E. H. van Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (pp. 14-19). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

科學教育學刊
2019, 第二十七卷第一期, 1-24
DOI:10.6173/CJSE.201903_27(1).0001

Chinese Journal of Science Education
2019, 27(1), 1-24

The Influence of Implementing Open Inquiry Biology Project on the Science Inquiry Competency and Perception of the 11th Graders With High and Low Engagement in Malaysia

Yoke Lin Lim[1] and Hsiao-Lin Tuan[2,*]

[1]Hin Hua High School, Malaysia
[2]Graduate Institute of Science Education, National Changhua University of Education

Abstract

This study aimed to investigate the influence of implementing open inquiry biology project on the science inquiry competency and perception of the 11th graders with high and low engagement in Malaysia Chinese Independent School. Mixed qualitative and quantitative methodology were applied in the study, a total of 137 students (30 groups) from three science classes were classified into low and high participant. This study started in the beginning of academic year and lasted for five months. The scientific inquiry scoring guide (Oregon Department of Education [ODE], 2002): I. forming a question or hypothesis, II. designing an investigation, III. collecting and presenting data, IV. analyzing and interpreting results, was applied to assess inquiry proposal. The scores analyzed through descriptive statistics were then analyzed through nonparametric statistics by using SPSS20. The problems raised in the proposal were collected to study the improvement of inquiry competency. A questionnaire analyzed by *t*-test was conducted before and after the study to measure students' perceptions of Inquiry Competency (Hsieh, Tuan, & Chin, 2010). The results indicated that performance of high participant groups was better than low participant groups in facets I, II, III and the difference was significant. Final scores in I and II were higher than III and IV. The questionnaire result showed significant difference in students' perceptions of understanding of inquiry (SUI) of low participant groups, significant difference in students' inquiry competence (SIC) of high participant groups, whereas pre-test indicated significant difference between low and high participant groups in facet SUI but not significant difference in facets SIC, SUI of post-test.

Key words: Inquiry Competency, Scientific Inquiry Scoring Rubrics, Inquiry Experiment, Engagement

* Corresponding author: Hsiao-Lin Tuan, suhltuan@cc.ncue.edu.tw