附件：成果報告格式範例

【附件三】教育部教學實踐研究計畫成果報告格式(系統端上傳 PDF 檔)

教育部教學實踐研究計畫成果報告(封面)

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Cover Page)

計畫編號/Project Number：PGE1080103

學門專案分類/Division：通識(含體育)

執行期間/Funding Period：2019/08/01-2021/07/31

(計畫名稱/Title of the Project)

「仿生與環境」通識課程－期末成果展「DIY 闖關 vs.在地實踐」的合作學習 (II)

The study on combing hands-on science activity into the general education course at university II

(配合課程名稱/Course Name)

國立東華大學「仿生與環境」通識課程

計畫主持人(Principal Investigator)：楊悠娟

共同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立東華大學自然資源與環境學系

成果報告公開日期：

□立即公開 ■延後公開(統一於 2023 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2021.09.17

附件：成果報告格式範例

摘要

本研究將動手做 DIY（Do-It-Yourself）與教中學 TIY（Teach-It-Yourself, LDL, 通過教學來學習）策略整合至跨學科大學通識教育課程的課程設計。2017-2020 年每年開設「仿生和環境」課程總計 4 次。根據探究與實作的基礎，教師實施六個層次的科學探究，並設計「DIY 科學實踐、動手做活動設計、TIY 本土實踐」的三階段探究學習過程。2020 課程的關鍵主題是蓮葉效應。總計 122 名大學生完成課程。研究工具為認知及態度問卷，學生實施課程前後測的認知問卷，進行相依樣本 t 檢定、單因子變異數分析及共變數分析。結果發現：完成三階段探究學習後，學生的科學認知皆有正向的顯著改變。2020 年學生比 2017-2019 年學生的差異更顯著，可能原因是 2020 年實施更新版的三階段探究學習設計。2020 年參與 TIY 活動的民眾 103 人肯定活動的有效性及大學生的科學實作能力。因應疫情的不確定性，2021 年結合 Brick 自主學習及探究學習設計，大學生 4 人體驗開放性更高且合作學習更多的正向成長。

關鍵詞: 大學科學通識課程，探究與實作，科學參與態度，在地實踐，蓮葉效應 DIY

Abstract

This study integrated DIY (Do-It-Yourself) and TIY (Teach-It-Yourself) strategy into the curriculum design for an interdisciplinary university general education course. It is called biomimicry and environment and was open once per year in 2017-2020, 4 times. Based on the inquiry and practice, the teacher implemented the scientific inquiry at six levels and designed a three-stage inquiry learning process of "DIY scientific practices, Design hands-on activity, and TIY local practices". The key topic was the Lotus Effect. A total of 122 undergraduate students participated in this study. The cognitive and attitude questionnaires were used as the research tools. The students took tests before and after the course; the paired t-test, one-way ANOVA, and ANCOVA examined learning effects. After completing three-stage inquiry learning, the students' scientific cognition has a positive and significant change. The students of 2020 have a more substantial difference compared to those of 2017-2019. It could be due to the updated three-stage inquiry learning implemented in 2020. The TIY participants agree with the activity's effectiveness and college students' scientific inquiry ability. In response to the uncertainty in the epidemic, in 2021, combined with independent learning and inquiry learning design, four college students experienced more positive growth with greater openness and more peers' cooperative learning.

Keywords: University science general courses, Inquiry and practice, Scientific participation attitude, Local practice, Lotus effect DIY

目錄

一、 研究動機與目的(Research Motive and Purpose) 1
二、 文獻探討(Literature Review) 1
三、 研究問題(Research Question) 4
四、 研究設計與方法(Research Methodology) 4
五、 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes).....6
六、 建議與省思(Recommendations and Reflections) 10
參考文獻(References) 12
附件.....13

一、研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

大學通識課程提供學生修習非主修專長的機會，以培育學生成為全人為目標。對於科學領域通識課程教師而言，經常面臨的教學困境包含：因其學科知識的專門性，造成學生較高的修課門檻；學生先備知識的不足、學習背景的差異、過去科學學習的負面經驗、對科學態度的消極性。因此科學通識課程改革有其必要性（Johnson, Racliff & Gaff, 2004）。通識課程改革的方向：（1）建立完整且連貫的課程系統（2）改變課程設計；（3）隨時更新以符合時代潮流。通識課程教學的三大重點：（1）以「學生為中心」（2）以「生活經驗為立基」（3）「多元化及互動多」(李柏毅，2013)。提出透過科學實作或「玩科學」活動，可以有效引起學生的學習興趣，並有助於釐清相關概念 (彭森明，1996；許良榮，2004；Yang, 2017）。科學實作搭配探究式教學法，學習者能依照教師不同層次的引導來練習：思考問題、設計方法、操作流程、觀察現象、解釋結果等程序，進而獲得答案來解決問題 (Herron, 1971；Buck, Bretz & Towns, 2008)。

本計畫的研究目的：

探討「DIY vs TIY」融入大學跨領域「仿生與環境」通識課程之課程設計，分析該課程設計對大學生的科學認知與公眾關關者的科學參與態度之影響。

二、文獻探討(Literature Review)

(一)探究與實作教學法 (Inquiry and practice teaching method)

科學發展的過程是觀察現象、動手實作、建立理論，亦即探究過程。因此探究教學法(Inquiry Teaching Method)有助於科學實作（Scientific Practice）的學習。「探究與實作」可融入十二年國教自然科學領域的科學課程，培育學生的科學素養。但是「探究與實作」的課程設計不能僅限於重複已知的實驗活動來驗證原理，更需提供學生對於科學本質的認識，嘗試對科學主題的知識、技能及本質的多元層面建構 (陳世文，2021)。

歷年研究指出：科學探究要素包含：形成問題、搜尋先備知識、建立假設、提供器材、設計實驗、蒐集與分析資料、解釋資料、考驗假設、彙整結論與知識…等。依照開放性由低到高區分為：食譜式/驗證式探究(verification inquiry)、結構式探究(structured inquiry)、引導式探究(guided inquiry)、開放-引導式探究(open guide inquiry)、開放式探究(open inquiry)、真實式探究(authentic inquiry)等層次(Schwab & Brandwein, 1962； Herron, 1971； Staer, Goodrum, & Hackling, 1998； Committee on the Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry & NRC, 2000； Buck, Bretz & Towns, 2008；顧炳宏、陳瓊森、溫嫩純，2011)。Herron (1971)提出一般性探究的四個層次：

1. Level 0 食譜式/驗證式探究：學生完全依照教師設計來探究 (提供問題、操作方法、操作步驟及參考答案)，最後能獲得答案來解決教師提供的問題。
2. Level 1 結構式探究：學生大部分依照教師設計來探究 (提供問題、操作方法、操作步驟)，但缺少參考答案，最後能獲得答案來解決教師提供的問題。
3. Level 2 引導式探究：學生僅依照教師設計的方向來探究 (提供問題)，學生必須自己設計方法、選擇步驟，進行操作，最後能獲得答案來解決教師提供的問題。
4. Level 3 開放式探究：教師僅引導學生對主題的探究方向及問題思考，學生必須自己形成問題、設計方法、選擇步驟，進行操作，最後能獲得答案來解決自己提出的問題。

實驗探究與一般探究之差異為何? Buck 等(2008)提出大學實驗課程探究的五個層次：

1. Level 0 食譜式/驗證式探究：學生完全依照教師設計來探究 (提供問題、先備知識、實驗程序、資料分析、詮釋結果及彙整結論)，最後能獲得答案來解決教師提供的問題。
2. Level 1/2 結構式探究：學生大部分依照教師設計來探究(提供問題、先備知識、實驗程序、資料分析)，學生須自己決定如何「詮釋結果、尋求結論」，最後能獲得答案來解決教師提供的問題。
3. Level 1 引導式探究：學生部分依照教師設計來探究(提供問題、先備知識、實驗程序)，學生須自己決定如何「分析資料、詮釋結果、尋求結論」，最後能獲得答案來解決教師提供的問題。
4. Level 2 開放式探究：學生少部分依照教師設計來探究(提供問題、先備知識)，學生須自己決定如何完成「實驗程序、分析資料、詮釋結果、尋求結論」，最後能獲得答案來解決教師提供的問題。
5. Level 3 真實式探究：教師僅引導學生對主題的探究方向及問題思考，學生須自己決定如何「形成問題、先備知識、實驗程序、分析資料、詮釋結果、尋求結論」，最後能獲得答案來解決自己提出的問題。

(二) 探究與實作的探究類型與開放層次

若教師應用探究層次至科學實驗或 DIY，可引導學生由練習的實作開始，嘗試體驗科學家的實際行為；再根據實作結果，學習如何引用科學概念和原理來解釋現象，詮釋實務應用及解決問題。探究學習過程前後，可能改變學生的科學認知、實作技巧及與科學態度。本研究基於上述文獻回顧及科學通識課程的需求，彙整並修改不同探究模式的開放層次、探究要素與探究層次，提出科學探究實作-探究層次表(楊悠娟， 2019)，並滾動式修正(表 1)。

表 1

本研究之科學探究實作-探究類型-開放層次表

探究類型 開放層次	形成問題 先備知識	實驗假設 實驗材料	實驗方法	操作步驟	分析資料	詮釋結果	尋求結論 解決問題
驗證式探究 0	*	*	*	*	*	*	*
結構式探究 1	*	*	*	*	*		
引導式探究 2	*	*	*	*			
開放-引導式探究 I 3a	*	*	*				
開放-引導式探究 II 3b	*						
開放式探究 4							

透過不同的探究過程，學習者能獲得不同的探究經驗來建構知識架構，也能啟發自身的學習興趣 (Cousin, Dembrow, & Molldrem-Shamel, 1997；Schmidt, 1999）。

(三) 蓮葉效應 (Lotus Effect)之探究學習課程設計

如何應用探究層次至科學實作? 本研究以2020大學科學通識課程「仿生與環境」主題之一的蓮葉效應為例：1997年德國植物學家Wilhelm Barthlott以八種植物葉面進行實驗。首先，

附件：成果報告格式範例

傾斜葉面15度，平均鋪灑人造灰塵，以人造雨沖洗15分鐘並觀察灰塵的殘留量。結果發現:四種植物的殘留比例達40%以上，另四種植物殘留比例為5%以下，有明顯的差異性。其次，以掃描式電子顯微鏡觀察葉面構造，使用接觸角測量儀來測量接觸角，研究對象為200種具備自我清潔特性的植物葉面，接觸角皆大於150度。結果發現:由於葉面具有微米和奈米突起，可減少水滴和灰塵等微小物體與葉子的接觸面積，加上突起之間的空氣，有助於降低微小的外來物體與葉面的附著力。此外，水的表面張力導致水滴趨於圓形，易於滾動 (疏水性)，水滴滾動會帶走灰塵，產生自我清潔效果(自潔性)。因為蓮葉的自潔性最佳，故將上述現象命名為蓮葉效應 (Neinhuis & Barthlott, 1997；Ensikat, Ditsche-Kuru, Neinhuis & Barthlott, 2011；Barthlott, W., Mail, M., Bhushan, B., & Koch, K., 2017)。

為引導學生認識蓮葉效應現象及原理，設計「DIY 科學實踐、動手做活動設計、TIY 本土實踐」的三階段探究學習過程，融入六層次「開放性由低至高」的探究學習課程設計(表 2)。

表 2

本研究之蓮葉效應-探究學習課程設計表

實施順序	探究層次	實作名稱	實作步驟 (原理/原則)
I	0	奈米碳黑	紙杯裝水少許，將紙杯底部置於蠟燭火焰上燒烤，使紙杯底部均勻附著黑色的碳微粒。杯底朝上，以滴管滴水，觀察水滴的移動。由於紙杯已經裝水，底部不會燒起來。 (紙杯底部產生奈米尺度的黑色碳微粒，具有疏水性，水滴無法附著在紙杯上。)
II	1	校園植物探查	以滴管及紙杯進行滴水測試法，尋找校園內具有超疏水性、疏水性及親水性的植物。判別標準： • 超疏水性:水滴呈現滾珠狀，葉片傾斜 20 度以上不殘留。 • 疏水性:水滴呈現半圓形狀，葉片傾斜 20 度以上有極少量殘留。 • 親水性:水滴呈現攤平狀，葉片傾斜 90 度以上仍然有明顯殘留。 (殘留物越少，接觸角越大，疏水性越高)
III	2	蓮葉效應 vs.手機顯微鏡	學生採集上次校園植物探查的葉片，以手機顯微鏡觀察其葉面結構。 (葉面的突起越多，疏水性越高。因手機顯微鏡片及手機鏡頭的放大倍率限制，可觀察至微米尺度)
IV	2	奈米布 奈米紙	將疏水性塗料塗佈於布面或紙面，以吹風機吹乾，測試疏水性。 (物體表面結構、材質、疏水性塗料覆蓋程度等因素皆會影響疏水性)
V	3-4	動手做活動設計	學生以小組為單位，依照活動流程來設計實驗、練習解說及預演。 (活動流程:引起動機、實驗示範、實驗操作、說明原理及應用、結論)
VI	0-2	TIY	學生以小組為單位，校外辦理 TIY，活動時間 4 小時，活動預備與場佈時間另計。 (依照公眾背景來講解，內容難度分為基礎級、標準級、專業級。依照遊客年紀來講解，解說用詞分為可愛版、科普版、專業版)

學生以小組為單位，每人皆動手做，合作討論實驗現象及對應原理。因通識課程學生的背景差異較大，同儕合作學習可協助程度較弱或信心不足的學生跟上進度。依照實施的順序，「DIY 科學實踐」的探究層次為 0、1、2，學生逐漸熟悉開放性較高的 DIY。「動手做活動設計」的探究層次為 3-4，依照各組學生可執行的探究能力而定，教師再適度輔佐。「TIY 本土實踐」的探究層次為 0、1、2，因應公眾關關者的科學背景及年紀， 各組適時調整 TIY 的指導程度、內容難度及解說用詞，提供適合參與者的 DIY 探究經驗 (Yang, 2017)。

三、研究問題(Research Question)

配合研究目的，本研究問題為：

1. 「DIY vs TIY」三階段探究學習如何融入大學跨領域通識課程之課程設計?
2. 「DIY vs TIY」對大學生的科學認知之影響為何?
3. 「DIY vs TIY」三階段探究學習對公眾關關者的科學參與態度之影響為何?

四、研究設計與方法(Research Methodology)

(一) 研究架構

本研究假設：「DIY vs TIY」融入探究學習的課程設計，有助於提升大學生的學習成效，以問卷評量為依據。比較大學生的「仿生認知基礎」量表之前、後測差異，學期初實施前測，學期末(TIY 結束後 2 週)實施後測，評估擔任大學生的科學概念理解程度之差異。

第三階段的探究學習由學生分組擔任教師，辦理校外 TIY 活動，每次活動 4 小時，每組 1 次 TIY。活動結束後，公眾參與者填寫「科學參與態度」量表；再以反向題來篩選有效問卷後。分析公眾參與者的態度問卷，以檢視大學生當關主的在地實踐成效。本研究之探究學習及評量架構圖(圖 1)：

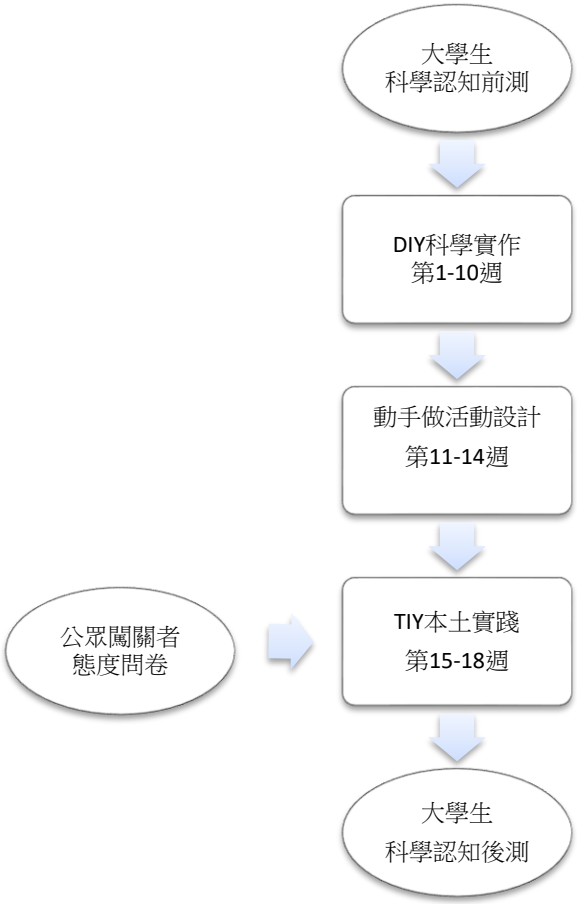


圖 1 本研究之探究學習及評量架構圖

(一) 研究對象

本通識課程「仿生與環境」每年開設一次，開課教師為自然資源學系教師(16 週)及物理系教師(2 週)合授。研究對象為 2020 (108-2 學期) 學生 47 人與 2019 (107-2 學期) 學生 30 人，並比較 2018 (107-1 學期)學生 20 人及 2017 (106-1 學期)學生 25 人 (楊悠娟，2019)，總計 122 人 (表 3)。

(二)研究工具

本研究課程實施的評量工具包含：「仿生認知基礎」量表、「科學參與態度」量表、動手做活動設計作品及同儕互評。本研究採用前二個量表來評量分析，2015 年已經通過信度分析及專家效度審查 (賴珮瑄，2015)：

自編「仿生認知基礎」量表共 34 題，內容效度(content validity)通過 2015 年東部 DH 大學奈米科技中心團隊之專家內部審查，信度(reliability)分析 2015 年預試 124 份問卷之 Cronbach's alpha 內部一致性係數為 .94。本研究再測信度(reliability)，分析 106-1 及 107-1 預試 45 份問卷之 Cronbach's alpha 內部一致性係數為 .82，且無須刪題，具可接受之信度、穩定度與可靠度。

自編「科學參與態度」量表共 12 題，包含二面向的態度問卷:(1)對實驗的態度；(2)對活動的滿意度，每面向各 6 題(5 題正向題、1 題反向題)。 內容效度通過 2015 年東部 DH 大學

奈米科技中心團隊之專家內部審查，信度分析2015年完成課程後填答的91份問卷，Cronbach's alpha 內部一致性係數總計 .94，對實驗的態度 Cronbach's alpha 係數 .83，活動滿意度 Cronbach's alpha 係數 .87，皆具有相當好的信度、穩定度與可靠度。因態度問卷代表公民科學素養，所以可適用於各年齡層，無須再重測 (賴珮瑄，2015)。

(三) 資料分析

關於認知問卷，本研究以相依樣本 t 檢定 (Paired Samples t-test)、單因子變異數分析 (One-way ANOVA) 和共變數分析 (ANCOVA) 來檢驗 2017-2020 年學生前測及後測的差異。關於公眾參與者的態度問卷，比較李克特 5 點量表 (5-point Likert scale) 平均值來檢驗活動的有效性和大學生的科學探究能力。

五、 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

(一) 教學過程與成果

教學過程與成果分成三階段(如圖 1)，以 108-2 學期為例：

1. 第一階段「DIY 科學實踐」約占全學期 55%，主題包含：仿生入門、仿生設計、蓮葉效應、微觀世界、奈米合金、貝殼結構、奈米碳家族、壁虎效應、生物磁、仿生獸、環境因子測量等 11 主題。教學成果為學生的動手實作經驗與回饋，每週皆有實作，學生分組，每人皆動手做，互相討論合作完成。課後學生回饋，依照不同主題，提供認知概念或態度認同或教學改進的回饋。

2. 第二階段「動手做活動設計」約占全學期 23%，主題包含：動手做設計示例、「校外成果展」主題設計、解說技巧、預演等 4 主題。教學成果為學生的動手做設計經驗與回饋。教學成果為學生的動手做設計，學生分組，每組選定一個主題，分工合作設計：動手做實驗設計單、海報、解說稿、教具、問卷(學習單)各 1 份。課後學生回饋，對於預演，提供形成性的組內同儕互評及組間同儕互評。依照不同主題，提供認知概念或態度認同或教學改進的回饋。

3. 第三階段「TIY 本土實踐」約占全學期 22%，主題包含：校外成果展、闖關檢討、校內成果發表會等 3 主題。教學成果為學生的本土實踐經驗與回饋。108-2 學期共計 8 組，每組舉辦 1 關，共計 8 關；因應疫情可能的影響，分成 2 場，每場活動 4 小時，另活動前場佈及活動後撤場 3 小時，總計每場活動耗時 7 小時。活動後學生回饋，製作成果報告每組 1 份：對於校外成果展的闖關教學部分，提供 TIY 教學流程、導覽案例、活動心得及小組反思；對於校外成果展的活動執行部分，提供檢討、建議及分工表。再透過校內成果展，發表各組的成果報告，並進行總結性的同儕互評(組內、組間)。

另有學期初的認知前測、期末的認知後測及公眾闖關者的態度問卷，作為檢視教學成果的參考。

(二) 教師教學反思

1.「DIY 科學實作、動手做活動設計、TIY 本土實踐」探究學習三階段的課程設計，能提升不同背景學生的認知及態度，累積活動辦理及公眾互動的經驗。「開放性由低至高」的主題性探究，能更顯著提升學習的正向效果，例如：108-2 學期實施的蓮葉效應(表 2)。

2. 每週實作的材料準備與課堂指導，校外成果展的活動設計與執行指導，皆需耗費許多時間、人力及物力。優質的 TA 支援是主要的助力，以 108-2 學期為例：2 名 TA 協助 50 名學生，每週跟課 3 小時，另加上課前、課後協助，平均每周約 10 小時 TA 經費支出；學校支援 30%，教師須自行負擔 70%經費；另有材料費及活動經費支出等，所費不貲。感謝教學實踐計畫挹注，嘉惠師生，成就課程順利完成。

(三)學生學習回饋

1. 學生背景變項分析

2020 修課學生 50 人，有效問卷填答者 47 人；2019 修課學生 33 人，有效問卷填答者 30 人 (表 3)。2020 男生約 68%，女生約 32%。年級主要分佈：大一約 66%，大二約 23%，佔 89%。學院主要分佈：環境學院約 49%，理工學院約 32%，佔 81%。可能原因為：本課程是選修的跨領域科學通識課程，非科學領域的學生可能覺得陌生或困難而不會嘗試。比較 2017、2018 與 2019 的學生背景，大致與 2020 相近。分析 4 次修課總計 122 人，可推估本課程的學生背景分佈：男生約 60-75%，女生約 25-40%，大一及大二約 75-90%，自然領域 (理工、環境)約 80-90%。

表 3

研究對象之背景資料比較表 (2017/N=25，2018/N=20，2019/N=30，2020/N=47)

年份	男	女	大一	大二	大三	大四	人文社會	理工	管理	教育	藝術	原住民	環境
2017	19	6	14	4	2	5	0	22	1	0	0	1	1
2018	14	6	2	13	1	4	3	13	0	0	0	0	4
2019	17	13	21	3	4	2	1	4	5	0	0	0	20
2020	32	15	31	11	4	1	4	15	2	0	3	0	23
Total	82	40	68	31	11	12	8	54	8	0	3	1	48

2. 學生認知問卷分析

(1) 相依樣本 *t* 檢定分析

本研究「仿生認知基礎」量表共 34 題。比較前期 2017、2018 (楊悠娟, 2019) 及新增 2020 學生的前、後測成績。以相依樣本 *t* 檢定分析發現 (表 4)：

2017 前測和後測平均值有顯著差異，$t(24) = -4.02$，$p = .000$，$d = .88$。後測成績 ($M = 146.20$, $SD = 13.56$) 顯著地大於前測成績 ($M = 129.80$, $SD = 22.52$)。

2018 前測和後測平均值有顯著差異，$t(19) = -2.31$，$p = .032$，$d = .54$。後測成績 ($M = 147.50$, $SD = 11.87$) 顯著地大於前測成績 ($M = 138.75$, $SD = 19.46$)。

2019 前測和後測平均值有顯著差異，$t(46) = -6.62$，$p = .000$，$d = 1.26$。後測成績 ($M = 156.92$, $SD = 11.96$) 顯著地大於前測成績 ($M = 127.34$, $SD = 30.89$)。

表 4

課程前測和後測之認知差異 *t* 檢定 (2017-2020)

課程 (*N*)	平均值(標準差) 前測	平均值(標準差) 後測	自由度	*t* 值	*P*(單尾)	效果量(*d*)
2017 (25)	129.80(22.52)	146.20(13.56)	24	-4.02	.000	.88
2018 (20)	138.75(19.46)	147.50(11.87)	19	-2.31	.032	.54

2019 (30)	121.00(35.17)	142.67(16.12)	29	-4.51	.000	.79
2020 (47)	127.34(30.89)	156.92(11.96)	46	-6.62	.000	1.26

整體而言，前、後測的差異顯示：實施探究學習後，學生的認知呈現正向差異，2018 達到中度效果量(d > 0.5)，2017 及 2020 皆為大效果量，2019 近乎大效果量(d > 0.8)。

(2) 單因子變異數分析

比較 4 課程之間的認知效果，以單因子獨立樣本 ANOVA 分析不同課程對認知前測及後測之是否有顯著差異? 首先比較前測 (表 5)，結果發現：在變異數同質的前提下，不同課程在學生的認知前測上沒有顯著差異，F (3, 118) = 1.54，p = .21，η_p^2= .038。

表 5

課程在認知前測上之 ANOVA (2017-2020)

變異來源	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
課程	3879.74	3	1293.25	1.54	.21	.038
誤差	99130.30	118	840.09			
總和	103010.04	121				

接著比較後測 (表 6)，結果發現：在變異數同質的前提下，不同課程在學生的認知後測上有顯著差異，F (3, 118) = 8.04，p = .000，η_p^2= .170。Sheffe 事後比較顯示：2017 與 2018 沒有顯著差異 (p = .99)，2017 與 2019 沒有顯著差異 (p = .81)，2018 與 2019 沒有顯著差異 (p = .67)。2020 顯著大於 2017 (p = .018) 與 2019 (p = .000)。 2020 與 2018 沒有顯著差異 (p = .08)，但是 Turkey HSD 事後比較顯示：2020 顯著大於 2018 (p = .047)。ANOVA 檢定效果量是大效果 (η_p^2 > .138)。

表 6

課程在認知後測上之 ANOVA (2017-2020)

變異來源	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
課程	4333.56	3	1444.52	8.04	.000	.170
誤差	21203.33	118	179.69			
總和	25536.89	121				

(3) 共變數分析

進行共變數分析，了解排除前測之後，對於學生認知後測的影響 (表 7)。由於表 5 極表 6 顯示：2019 與 2017、2018 的前後測無顯著差異，僅比較 2017、2018 與 2020 的共變數效果。首先，進行獨立樣本迴歸斜率同質性檢定，結果發現：課程(固定因素)與前測(共變量)的交互作用不顯著 (p = .14)，表示符合同質性假設，可進行共變數分析。接著，進行單因子獨立樣本 ANCOVA，結果發現：在變異數同質的前提下，排除前測(共變項)之後，不同課程在學生的認知後測上有顯著差異，F (2, 86) = 3.89，p = .02，η_p^2 = .083。ANCOVA 檢定效果量是中效果(.058 ≤ η_p^2 < .138) 。估計的邊際平均值之事後比較顯示：2017 (M = 146.34, SD = 2.34) 與 2018 (M = 144.96, SD = 2.86)沒有顯著差異 (p = .70)、2020 (M = 157.18, SD = 1.72)顯著大於 2017 (p = .000) 與 2018 (p = .000)。

表 7

控制前測後各課程在認知後測上之 ANCOVA (2017、2018、2020)

變異來源	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
COV前測	1799.85	1	1799.85	13.14	.000	.133

課程	1065.78	2	532.89	3.89	.02	.083
課程*COV	551.19	2	275.60	2.01	.14	.045
誤差	11782.48	86	137.01			
總和	16047.83	91				

3. **公眾闖關者態度問卷分析**

以 2020 TIY 活動為例：總計辦理 2 場，公眾闖關者填寫「科學參與態度」量表，以反向題篩選有效問卷但不列入分析，累計有效問卷共計 103 份 (表 8)。

表 8

TIY 參與者的科學參與態度之描述統計(2020)

N=103

	平均值	標準差
一、對實驗的態度		
1. 我覺得這個活動的實驗很有趣	4.78	.49
2. 我覺得這個活動的實驗很容易	4.49	.84
3.我了解這個活動實驗的原理	4.51	.88
4.我可以操作這個活動的實驗	4.68	.63
5.我覺得這個活動使我更了解仿生科技	4.61	.76
二、對活動的滿意度		
1.我覺得這個活動安排的內容很充實	4.76	.50
2.我覺得這個活動的講解很清楚	4.69	.67
3.我覺得這個活動的實驗器材很安全	4.83	.48
4.我覺得這個活動安排的時間剛剛好	4.75	.57
5.我想向別人推廣這個實驗活動	4.69	.64

態度問卷採用李克特 (Likert-type)五點量表，每題的平均分 4.49~4.83 分，介於「非常同意」5 分與「同意」4 分之間，顯示闖關者的正向態度。分析「對實驗的態度」：平均值最低 4.49「我覺得這個活動的實驗很容易」，對照平均值最高 4.78 「我覺得這個活動的實驗很有趣」，代表實驗難度適中，能鼓勵闖關者對科學的興趣。分析「對活動的滿意度」：平均值皆高於 4.69，表示闖關者認同活動的講解清楚、內容充實、安全性高、時間恰當、想推薦。顯示大學生的 TIY 能協助闖關者 DIY，學生的實作及解說能力皆獲得高度正向的回饋。

4. 學生自主學習態度分析

評估疫情變化的可能影響，可能不利於第三階段的 TIY 本土實踐，因此 109-2 學期調整課程設計，變更為「Brick 自主學習-仿生與環境」的通識課程，採取 5 人以內的小班教學方式，共 4 人修課。學生提出自主學習計畫，包含學習及實踐層面；教師義務授課(無鐘點費，無授課學分)；完成在地實踐之後，期末成果發表會由評審決議，每學生依照其學習表現，可獲得 1-3 個通識學分。學生提出的自主學習計畫，亦遵循「DIY 科學實作、動手做活動設計、TIY 本土實踐」探究學習三階段，且更傾向開放性高的探究層次，更多的獨當一面 vs 同儕合作的學習機會。目前已完成 10 週 22 小時的校內小組學習，主題聚焦於「仿生與環境」與「餐桌上的科學」，皆由學生自主決定、輪流擔任教師、助教，教師依照其探究層次，適時提供協助。待疫情穩定後，預計於 2021 年 11 月前舉辦校外的在地實踐活動及校內的期末成果發表會，完成本課程。整理 4 名學生對課程的部分質性回饋(表 9)：

表 9

BRICK 自主學習課程之學生回饋表(2021)

課程特色	回饋意見
價值性	學生們學習如何小組之間互相合作。在老師不再是課程主導者的狀態下，自主學習、討論，我認為有助於學生們更能夠獨立思考及獨當一面。
	獲取很多經驗，例如：如何策劃並舉辦活動，對不同年齡層的不同解說方式等，對我日後有很大的幫助。
	我以前的課程對象都是國小、幼稚園學生，沒有設計過公民或國、高中的科學活動，是很新奇的經驗。
	使全民知道科學原理，不再是理工科的專利。
生職涯發展性	推行科普可以讓科學變得生活化，減少一般民眾對科學的距離感。
	學生們不斷轉換角色，從講師、學生、小幫手，甚至是課程籌備者，能訓練學生們適應未來擔任不同職務。
	知道自己對這樣的學習方式最感興趣， 日後的學習也能更容易吸收老師所教的知識。
	之後我會修中等教育師培課程，是很好的體驗。
	可作為經驗，日後可派上用場。
持續發展性	我認為像這樣的自主學習社群，會越來越盛行，而且不只是大學生適用，高中生一定也可以嘗試！
	讓民眾更容易學習科學知識，也讓小朋友有更早接觸科學的機會，增加他們的興趣。
	做完實作後，可以帶出一些觀念與大道理，讓小朋友不只是學到科學內容，對品格的提升也能有所幫助。
	仿生為科技趨勢，對於延續人類文明有碩大幫助。
	推行科普教育可以增加民眾對科學的興趣，使他們學習科學，進而推動科普教育，造成良性循環。

六、建議與省思(Recommendations and Reflections)

(一)結論

整體而言，本研究實施「DIY 科學實作、動手做活動設計、TIY 本土實踐」探究學習三階段課程設計，能顯著增加大學生的科學認知、關關者的科學參與態度及大學生的科學探究實作能力，對學生及關關者的科學素養皆有助益。2020 年學生比 2017-2018 年學生的差異更顯著，可能原因是 2020 年實施更新版的三階段探究學習設計：以蓮葉效應為主題，依照「探究程度由低至高」整合科學實作，並兼顧科學發展過程的要素-觀察現象、解釋現象、實務應用及解決問題，能協助背景分歧的通識課程學生之科學學習。

因應疫情變化，2021 年採取 Brick 自主學習課程，依照 Brick 標準模，學生人數 3-5 人，學生的正向回饋提供探究學習三階段應用的另一種可能性。

(二)建議

未來將持續「DIY 科學實作、動手做活動設計、TIY 本土實踐」探究學習三階段課程設計之行動研究，發展不同主題的課程設計，累積更多樣本，比較在不同變因(性別、年級、科系、主導者-教師或學生)下，探究學習設計對學生的科學學習成效之差異。

致謝

感謝各方支持並促成本研究。首先感謝教育部教學實踐研究計畫的經費補助(計畫名稱：

附件：成果報告格式範例

「仿生與環境」通識課程-期末成果展「DIY 闖關 vs.在地實踐」的合作學習 II)；其次感謝參與課程的教師、助教及學生的合作，研究團隊協助分析；最後感謝審稿委員的指正與建議。本研究的任何發現、意見、結論或建議均為作者的觀點，不一定反映中華民國（台灣）教育部的觀點。

參考文獻(References)

李柏毅 (2013)。通識教育核心課程學生學習成效初探－以中央大學核心課程為例。**通識教育學刊**， (11)，67-93。

許良榮 (2004)。從科學遊戲到科學教學。**國教輔導，44**(2)，6-11。

陳世文 (2021)。從科學哲學觀點探討十二年國教科學課程 [探究與實作] 之意涵。 **科學教育月刊**，(437)，11-22。

彭森明（1996）。實作評量（Performance Assessment）理論與實際。**教育資料與研究，9**，44-48。

楊悠娟 (2019)。科學探究闖關實作融入大學通識課程設計之行動研究。**崑山科技大學人文暨社會科學學報，7**，149-162。

賴珮瑄 (2015)。**東台灣生奈奈米科普課程發展歷程及其成效分析之研究**。未出版之碩士論文。花蓮縣: 國立東華大學。

顧炳宏、陳瓊森、溫媺純 (2011)。從學生的表現與觀點探討引導發現式教學作為發展探究教學之折衷方案角色的成效-以密度概念為例。**科學教育學刊，19**(3)，257-282。

Barthlott, W., Mail, M., Bhushan, B., & Koch, K. (2017). Plant surfaces: structures and functions for biomimetic innovations. *Nano-Micro Letters, 9*(2), 23.doi:10.1007/s40820-016-0125-1

Buck, L. B., Bretz, S. L., & Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, *38*(1), 52-58.

Committee on the Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry, & National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.

Cousin, P. T., Dembrow, M. P., & Molldrem-Shamel, J. (1997). Inquiry about learners and learning: Thinking about teaching through inquiry. *The Reading Teacher*, *51*(2), 162-164.

Ensikat, H. J., Ditsche-Kuru, P., Neinhuis, C., & Barthlott, W. (2011). Superhydrophobicity in perfection: the outstanding properties of the lotus leaf. *Beilstein journal of nanotechnology, 2*(1), 152-161.

Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *The school review*, *79*(2), 171-212.

Johnson, D. K., Ratcliff, J. L., & Gaff, J. G. (2004). A Decade of Change in General Education. *New Directions for Higher Education*, *125*, 9-28.

Neinhuis, C., & Barthlott, W. (1997). Characterization and distribution of water-repellent, self-cleaning plant surfaces. *Annals of botany, 79*(6), 667-677.

Schmidt, P. R. (1999). KWLQ: Inquiry and literacy learning in science. *The Reading Teacher*, *52*(7), 789-792.

Schwab, J. J., & Brandwein, P. F. (1962). The teaching of science: *The teaching of science as inquiry*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Staer, H., Goodrum, D., & Hackling, M. (1998). High school laboratory work in Western Australia: Openness to inquiry. *Research in science education*, *28*(2), 219-228.

Yang, Y.-C. (2017). Science Fun Hualien. *EASE (East-Asian Association for Science Education) Newsletter*, *10*(2), 13-16.

附件

附件一、評量工具-「仿生認知基礎」量表

題號	例如：1 公尺等於 100 公分。	☑正確	□錯誤
1	奈米比池上米還好吃。	□正確	□錯誤
2	「奈米」是一種長度單位。	□正確	□錯誤
3	1 奈米等於十萬分之一公尺。	□正確	□錯誤
4	人的身高可能為二十億奈米。	□正確	□錯誤
5	生物的 DNA 及各種病毒的大小都是奈米等級。	□正確	□錯誤
6	1 奈米(nm)＜1 毫米(mm)＜1 微米(μm)。	□正確	□錯誤
7	費曼先生是第一個提出奈米理論的科學家。	□正確	□錯誤
8	「奈米技術」是指發展物質的尺寸在 1～100 奈米之間的技術。	□正確	□錯誤
9	想看見 1 奈米大小的物體，必須使用非光學顯微鏡，例如:原子力顯微鏡…等。	□正確	□錯誤
10	表面摸起來滑滑的就叫做蓮葉效應。	□正確	□錯誤
11	出淤泥而不染的蓮葉表層覆蓋著奈米級的含蠟絨毛。	□正確	□錯誤
12	二氧化矽可以用來製作具有自潔功能的衣服。	□正確	□錯誤
13	壁虎能在牆壁上爬行是因為牠在牆上移動的速度很快，所以才不會掉下來。	□正確	□錯誤
14	壁虎是因為凡得瓦(爾)力才可以爬牆。	□正確	□錯誤
15	壁虎或蜘蛛的腳上都有奈米結構，讓他們可以在牆上自由移動，不會掉下來。	□正確	□錯誤
16	蝴蝶翅膀的樹枝狀奈米結構是彩蝶效應產生的主要原因。	□正確	□錯誤
17	不同角度的光照射在蝴蝶的奈米細微樹枝構造上，會反射產生光波重疊作用。	□正確	□錯誤

18	彩蝶效應的產生主要是因為光線的透射。	□正確	□錯誤
19	蝴蝶、金龜子或蛋白石的絢麗色彩，都來自於其獨特的奈米結構。	□正確	□錯誤
20	海龜不會迷路是因為體內有 GPS (全球衛星定位系統)。	□正確	□錯誤
21	燕子、蜜蜂、螞蟻、海龜和龍蝦等生物，體內都有奈米磁性粒子，能感應地球磁場；離家千里後，依然能找到回家的路。	□正確	□錯誤
22	台灣所有的大理石都產於花蓮。	□正確	□錯誤
23	添加光觸媒的石材可以抗菌。	□正確	□錯誤
24	二氧化鈦是目前被大量使用的光觸媒材料。	□正確	□錯誤
25	材料的大小由毫米等級改變成奈米等級時，會有不同的排列結構。	□正確	□錯誤
26	奈米材料具有與一般材料不同的性質，如光學、磁性、熱傳導、擴散以及機械等性質。	□正確	□錯誤
27	奈米碳管是目前人工合成最細的管子，具有優良的導熱性和抗蝕性。	□正確	□錯誤
28	12 個五邊形、20 個六邊形所圍成的圓球體才是 奈米碳 60 (巴克球)的結構。	□正確	□錯誤
29	物質顆粒在奈米化後，使整體表面積明顯減少。	□正確	□錯誤
30	「合金」(例如:鋁鎂合金)可應用在電腦、通訊相關產品、自行車類、氣壓閥等。	□正確	□錯誤
31	奈米無機顆粒在人體體溫作用下，可產生遠紅外線放射。	□正確	□錯誤
32	奈米科技的相關產品具有較高的產值。	□正確	□錯誤
33	在生活中，只要是宣稱含有奈米技術的產品，都有著神奇的功效。	□正確	□錯誤
34	具有奈米標章的產品，它的奈米功能是值得信賴的。	□正確	□錯誤

附件：成果報告格式範例

附件二、評量工具-「科學參與態度」量表

第一部份 對實驗的態度 ■請塗黑答案

1. 我覺得這個活動的實驗很有趣。 □ □ □ □ □
2. 我覺得這個活動的實驗很容易。 □ □ □ □ □
3. 我了解這個活動實驗的原理。 □ □ □ □ □
4. 我可以操作這個活動的實驗。 □ □ □ □ □
5. 我覺得這個活動使我更了解仿生與環境。 □ □ □ □ □
6. 我不喜歡這個活動。 □ □ □ □ □

第二部份 對活動的滿意度

1. 我覺得這個活動安排的內容很充實。 □ □ □ □ □
2. 我覺得這個活動的講解很清楚。 □ □ □ □ □
3. 我覺得這個活動的實驗器材很安全。 □ □ □ □ □
4. 我覺得這個活動安排的時間剛剛好。 □ □ □ □ □
5. 我想向別人推薦這個活動。 □ □ □ □ □
6. 我不會推薦這個活動。 □ □ □ □ □

第三部分 基本資料 填答說明：■請塗黑符合您個人資料的方格及提供意見。

1. 性 別： □ 男 □ 女
2. 年 齡： □ 1-6 歲 □ 7-12 歲 □ 13-15 歲 □ 16-18 歲 □ 19-25 歲
   □ 26-35 歲 □ 36-50 歲 □ 51-65 歲 □ 66 歲以上
3. 教育程度：□ 幼稚園以下 □ 國小 □ 國（初）中 □ 高中（職）
   □ 專科 □ 大學 □ 研究所以上
4. 活動前對科學的看法？ □無聊 □不太喜歡 □ 可接受 □ 有趣 □ 很好玩
5. 活動後對科學的看法？ □無聊 □不太喜歡 □ 可接受 □ 有趣 □ 很好玩

◆建議：

附件：成果報告格式範例

附件三、校外成果展範例及學生回饋(主題：蓮葉效應)(2020)

請參考簡報檔

學生活動成果報告

蓮葉效應　目標 & 原理

了解植物葉子親疏水性，奈米碳黑的相關知識及現象

活動亮點

小朋友看到水滴都很驚訝，有些小朋友會怕火

活動關鍵詞

親水性

疏水性

自潔性

光觸媒(奈米碳黑)

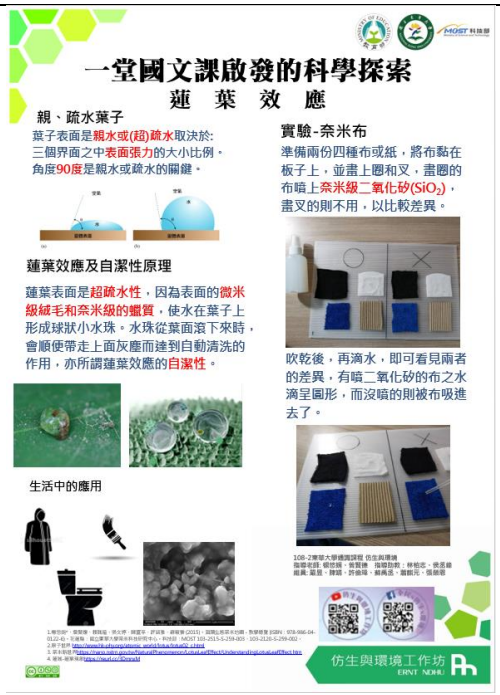
課程：通識-仿生與環境-108-2

活動日期: 2020年6月6日

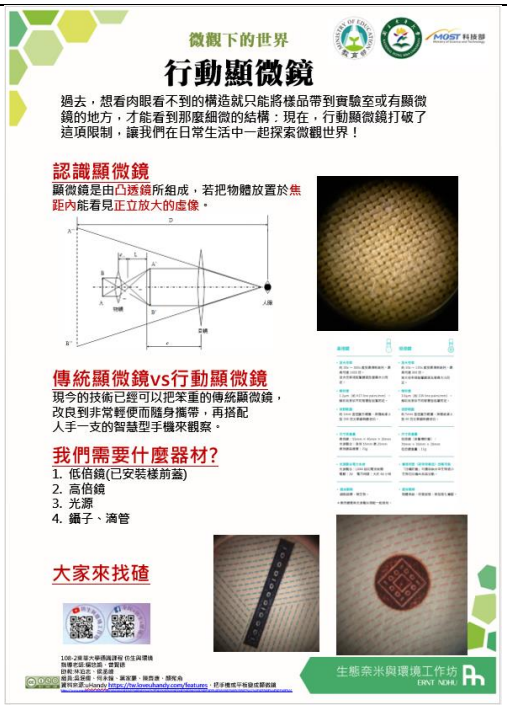
生態奈米與環境工作坊 ERNT NDHU

附件：成果報告格式範例

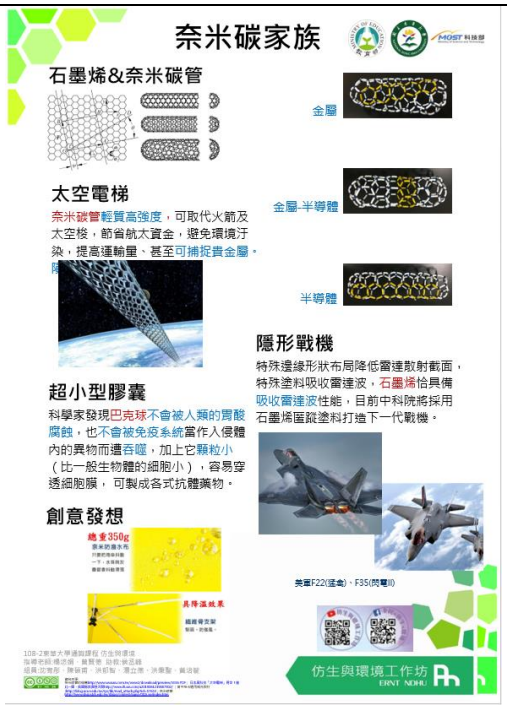
附件四、校外成果展海報(8 關)(2020)



第一關 －
一堂國文課啟發的科學探索-蓮葉效應



第二關 － 微觀下的世界-行動顯微鏡



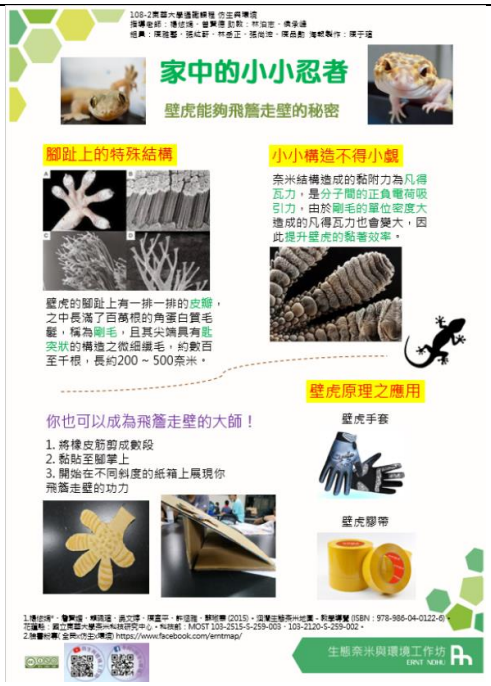
第三關 － 奈米碳家族-石墨烯、奈米碳管

第四關 － 鑄刀的奧秘?奈米合金

附件：成果報告格式範例

第五關 － 留不住的水滴-蓮葉效應的妙用

第六關 － 奈米碳家族-巴克球、奈米碳球



第七關 － 家中的小小忍者-壁虎效應

第八關 － 貝殼堅硬的奧秘-貝殼效應

附件：成果報告格式範例

附件五、校外成果展媒體報導(3 篇)(2020)

【PChome新聞】109/06/08
防疫玩科學-「仿」自然大探險 科普遊戲
揭秘日常仿生科學

【教育廣播電台】109/06/08
防疫玩科學 東華大學仿自然大探險

【東華新聞】109/06/08
防疫玩科學-「仿」自然大探險 科普遊戲
揭秘日常仿生科學

仿生與環境工作坊
ERNT NDHU