

探究與實作課程架構

摘要

107 自然領域的課程綱要提出「探究與實作」的新課程，此新課程設計是讓自然領域的教學更貼近自然科學研究發展的精神。以此新課程作為教學變革的切入點，並將「探究與實作」的精神推廣至選修、特色課程和彈性學習的課程，逐步改進教學模式，提升教學效率。自然學科可以期待新課程，讓自然領域的教學可以擺脫考試的束縛，全面提升國民的科學素養。本文提出「探究與實作」教學理念與課程架構，提供高中自然科老師開設新課程的參考。

關鍵詞：探究與實作、自然領域、課程綱要、特色課程

壹、課程理念說明

由於科技日新月異，加上少子化、人口老年化，107 自然領域的課程綱要中提出「探究與實作」的課程¹，希望藉此可以提升人力，加強對基礎科學能力的建立，以利於國家未來的發展。因此自然領域課程綱要以「探究與實作」為切入點，讓自然領域的課程設計和教學更貼近自然科學發展的精神，強調科學素養與解決問題的能力，並將該精神推廣至選修、特色和彈性學習的課程，逐步進行教學方式的改善，進而提升教學效率。自然學科可以期待新課程，讓自然領域的教學可以擺脫考試的束縛，全面提升國民的科學素養，讓高中物理老師們可以教授物理的樂趣。

國外的中小學，經常要進行所謂的”Project”(可以翻譯為計畫、或是企劃)或是”Problem”(可以翻譯為問題、或是議題)的方式進行部分課程，也就是所謂的 Project-based Learning、或 Problem-based Learning 的課程設計。這類的教學方式，適合引入「探究與實作」的新課程中，讓老師和學生共同學習。尤其是參加相關的課程活動，隨時隨地都在發想問題、進行企劃和解決相關問題，也希望「探究與實作」教學模式，可以融入現行的教學課程中。不論是針對教師培訓，或是學生培訓，都可以考量和參酌國際活動的型式，是可以是主題式、或議題式的方式進行學，讓老師和學生針對相關的問題，以討論和辯論的方式，熟習於「探究與實作」的研究歷程。

雖然探究與實作的教學模式也類似於國外的 Project-based Learning 或是 Problem-based Learning 的方式進行教學，但是有礙於客觀的因素(如器材、人力配置和教學環境)，在台灣教學的規劃上可以比較保守，並不一定要完全模仿他人的教學模式與風格。例如自然領域教學研究中心在「探究與實作」課程設計的基本精神是先由傳統實驗進行教學，漸次引進引導式探究教學，最後才希望老師學生都可以進入完全開放式教學。

在探究與實作課程的學生規劃方面，我們建議分小組，儘量以 3-5 人為一組。課程的內容分成為基礎篇、探究之主題訂定篇(主題式、或議題式)、實作篇和評量篇，以下分條列明各篇的培訓內容。

二：基礎篇

「探究與實作」基礎篇是指自然領域各學科共通的基本要求，在此設定有 5 項學習工作，1~3 項為基本需要學習的重要基礎，而 4~5 視探究與實作所選定的主題建議可以選擇教授的課程。5 項學習工作如下所數

1. 現代科學量測的技術(包括實驗的安全介紹)；
2. 數據的處理(不準度的概念)²；
3. 使用紀錄本(實作紀錄、實驗紀錄等)，記錄過程，將所有的探究與實作過程用實體或是雲端方式作記錄。諾貝爾化學獎、和平獎得主 Linus Pauling 教授分享他的研究紀錄，是一個學習使用實作紀錄本的好資料³。

以下的 4~5 項是開放的軟硬體，可以省卻購買軟體的經費。台灣有許多使用這些軟硬體的專家，可以找專家學者來授課，培養老師和學生的基礎能力。由於這些軟硬體可以用於不同的領域，因此也可以藉由這樣的學習、專家的授課，進行跨領域學習，有利於「探究與實作」的跨學科的課程設計。原則上須要視「探究與實作」所選定的主題和議題的需要，並依照執行者(可以是老師、也可以是學生)的特性，來選擇所需要學習之軟體與硬體工具，進行實作的設計。如何選取適當的軟硬體進行學習，也會隨著科技進步，隨之改進，近些年來，開放軟硬體的發展也相當迅速，目前是以電腦、平板和手機和開放軟體進行實務教學。以下僅是依照最近有的相關軟硬體舉例，日後應該會有更新的軟硬體的開放軟體。

4. 開放軟體應用教學，例如影片數據處理軟體 Tracker⁴、科學數據繪圖用 SciDAVis 軟體⁵、數據繪圖軟體 Data Tool⁶，Soundcard Oscilloscope 示波器軟體(scope)⁷、Audacity 聲音軟體⁸，影像數據處理軟體 Image J⁹和影像設計 GIMP 軟體¹⁰等，數學運算軟體 GeoGebra¹¹和 Mathics¹²，也還有 VPython¹³、Easy Java Simulation¹⁴和 Phylet¹⁵等模擬軟體等，和製作和拍攝後剪輯影片等相關軟體。
5. 開放硬體教學，如 Arduino¹⁶、Raspberry pi¹⁷，甚至平板、手機、3D 列印測量的硬體等相關硬體的應用教學。

以上為基礎課程的建議，是針對「探究與實作」過程中，所需要的基礎工具與能力。最後如果有必要，可以安排教授科學論文寫作課程，將所有的成果以文字的方式顯現。PDF、PPT 和文書處理軟體也是必要的學習。

叁：探究之主題訂定篇：

探究的活動需要有主題，主題的訂定需要融合生活、課綱等相關內容，或教育的議題。老師可以事先設定好一些主題讓學生選擇，當然可以有同學們提出問題的方式進行。授課活動可以每一小組有不同的主題，但也可以數組做一個主題，彈性的規範，每一組可以有不同切入的角度，進行相互的學習。以下有幾種找題目的建議：

1. 可採用自然領域課綱中所提供之探究與實作之主題(也可以由以往的一些實驗來著手改進)。
2. 也可以採用國內外科展題目、物理辯論賽題目作為探究主題，同時歷屆數理奧林匹亞國內外試題，尤其是實驗相關的主題，有機會轉化成相關的主題和議題來討論。
3. 網路上的數據分析，如 NASA 天文數據、地球暖化、氣候變遷等議題的相關數據，議題式進行討論。
4. 老師們曾經開發的課程；例如高瞻計畫開發之課程轉換為探究主題，或是與大學合作所開發的優質化課程。
5. 生活中有趣的題目，或是新聞中的議題，如食品安全等，或是配合生活中的 3C 裝置，進行簡易實用儀器製作與改進。或實用儀器設備製作與改進，也可以是科學性的玩具開發，都可以成為主題。
6. 自然學科老師討論之合科或是跨校探究主題 (如整條河流污染物的監測、如鳥類觀測等等。Globe Project：如水、空氣汙染等的監測與鑑定，還有目前高雄市執行的環境監測活動等)

主題的產生要合宜，學生和老師都要調適教學模式，另外跨科和合科教學是一個理想，但是不需要牽強，應以教學現場的情況為準，可試著先由分科教學討論開始，再逐漸進入跨科合科教學，在教學現場和行政組織上相互協調，日後教學的發展也比較容易。依此循序漸進，會讓大家比較容易產生合作的主題。基礎篇中的開放軟硬體等對於任何一個學科都很有用，例如 Tracker 和 Image J 就是一些跨學科使用的工作，大家共同切磋。如果老師們從共通軟體教學使用開始，或許跨科教學內容比較容易產生，老師們就可以找到一些合作的議題和主題。

肆：實作篇：

探究的過程中，已經開始實作的構想，因此在實作相關實驗的設計上，同學和老師們應該可以有初步的構想或預測的結果。

進行實作，除了教室、實驗室，也有可能是戶外的開放場域，但無論如何安全是第一，因此在基礎篇中特別提到實驗安全。實驗的場域，尤其是一般學校的實驗室和相關設備和人員有時候都不是很足夠，學校設備組的人員編制也不是很專業，有時候對於很多學校老師會有困擾，因此老師需要考量如何在傳統教室內進行。以下另外提供一些實作的建議：

1. 視主題進行規劃或實驗設計，如是用開放軟體、電腦、Arduino 等相關的物件進行設計。
2. 模擬實作，主要以利用開放或是自由軟體，例如 VPython，和其他相關模擬軟體。(很多科學機構都公佈相關研究數據，也可以用以分析，例如天文的數據等。)
3. 利用金工、或引進 3D 列印，進行儀器裝置的製作，或改進相關器件。

探究的主題會影響實作的設計，相關科學大數據的模擬與整合也是很好的主題。建議先以簡單的主題入手，日後如果有可能再擴大為各式議題。

伍：評量篇：

此課程建議的評量方式是主要以口語、影像和文字表達為主；紙筆測驗為輔。實驗報告是一個常見的練習，讓學生整理實驗的結果做成報告¹⁸；但學生如何整理其實作的結果？尤其是當探究與實作課程設計是好幾周的學習、或是一兩個月的研究，甚至是一整個學期的學習工作。此時就需要教學生使用實作紀錄本，將每周的實驗結果、想法和網路查詢的資料，以及和相關學者、老師和同學討論的內容，都須詳實記錄。學生經由整理實作紀錄本的資料，成為實驗報告的內容，以利於進行撰寫。實驗紀錄本的內容也是評量的一個重點，尤其是每次可以從記錄本中追蹤學生學習的情況，有益於老師對於學生的了解。所有影像和文字的記錄都可以是學生學習的歷程，如果大學端能夠思量他們的招生特色，招收有興趣的學生申請入他們的學系。以下建議可以讓學生進行的學習：

1. 科學論文寫作，如同寫科學論文，而非報告型式。
2. 以中、英語進行成果發表、或參加校外活動，如主題式和議題式的辯論活動。
3. 影片拍攝，以針對探究的主題，以英語進行影片拍攝，類似於程的發表，必須是一個完整的說明。

最終的評量，是要讓學生們能夠有自信和能力將其探究的主題能夠闡述清楚，利用國內外的平台，如校內外成果發表、國內外科展、物理辯論賽、奧林匹亞競賽等，讓學生展現其學習的效果和成果。自然領域教學研究中心或可如同國外的研討會一般，舉辦全國性的成果發表，如高中成果發表會、科學相關研討會等；也可以舉辦全國性的

網路科展，video 競賽等。另外也可以將比較好成果，邀請至物理教育聯合會議、(或是物理年會)、科學教育年會、化學教育年會、地球科學聯合學術研討會、環境教育年會等各學科的研討會中，實際給予探究與研討報告，對於學生也是很大的鼓勵，是可以嘗試。

參考文獻

1. 107 自然領域課綱：<http://12basic-forum.naer.edu.tw/sites/default/files/%E5%9C%8B%E6%B0%91%E4%B8%AD%E5%B0%8F%E5%AD%B8%E5%8F%8A%E6%99%AE%E9%80%9A%E5%9E%8B%E9%AB%98%E4%B8%AD-%E8%87%AA%E7%84%B6%E7%A7%91%E5%AD%B8%E9%A0%98%E5%9F%9F%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E7%B6%B1%E8%A6%81%E8%8D%89%E6%A1%88Q%26A.pdf>
2. 實驗數據的處理與分析 - 國立臺灣師範大學物理學系
(www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/Notes/dataProcess.html)
3. Linus Pauling Research note：<http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/rnb/>。
4. 影片數據處理軟體 Tracker，<http://www.opensourcephysics.org/webdocs/Tools.cfm?t=Tracker>。
5. 數據處理之開放軟體 SciDAVs：<https://sourceforge.net/projects/scidavis/>，或
<http://scidavis.sourceforge.net/>。
6. 數據繪圖軟體 Data Tool，<http://www.compadre.org/osp/webdocs/Tools.cfm?t=Datatool>。
7. Soundcard Oscilloscope 示波器軟體(或聲音量測)，https://www.zeitnitz.eu/scope_en。
8. Audacity 聲音軟體，<https://sourceforge.net/projects/audacity/>。
9. 影像數據處理軟體 Image J，<https://imagej.nih.gov/ij/>。
10. 影像設計 GIMP 軟體，<https://www.gimp.org/>。
11. 數學運算軟體 GeoGebra，https://www.geogebra.org/?lang=zh_TW。
12. 數學運算軟體 Mathics，<http://mathics.github.io/>。
13. 動畫模擬軟體 VPython，<http://vpython.org/>。
14. 動畫模擬軟體 Easy Java Simulation，<http://www.compadre.org/osp/webdocs/Tools.cfm?t=EJS>。
15. Phylet 模擬軟體，http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/illustration2_1.cfm。
16. Arduino 開放硬體，<https://www.arduino.cc/>。
17. Raspberry pi 開放硬體，<https://www.raspberrypi.com.tw/>。
18. Claudia Haagen-Schuetzenhoefer, "Improving the Quality of Lab Reports by Using Them as Lab Instructions", The Physics Teacher 50, 430 (2012); doi: 10.1119/1.4752052.