

地科、化學與物理跨科合作之探究 與實作課程規劃

張堯婷^{1*} 陳宏銘¹ 吳致娟¹ 楊明仁²

¹臺北市立大同高級中學

²國立臺灣大學 大氣科學系

壹、前言

十二年國民基本教育自然科學領域課程，規劃高中課程包含「自然科學探究與實作」共4學分的新領域必修課程。課程設計與執行方式期以跨科合作之模式，進行學科知識整合的主題式探究課程規劃，且課程主題內容應涵蓋自然科學領域的科學核心概念、探究能力、科學的態度與本質等三大範疇之學習關鍵，以呼應探究與實作的「探究學習內容」與「實作學習內

容」兩部分學習重點。

根據國教院公布之自然科學領域課程綱要的「探究與實作」學習重點(如表一)，教師應扮演學習引導者之角色，引導學生在課程活動中進行探究學習與實作學習，例如：觀察現象、形成或訂定問題、提出可驗證的觀點、尋找變因或條件、收集研究資料數據、分析資料和呈現、解釋和推理、提出結論或解決方案、表達與溝通、合作與討論等。

表一：自然科學領域課程綱要的「探究與實作」學習重點(資料來源為國教院網站)。

探究學習內容		實作學習內容
◎發現問題 基於好奇、求知或需要，觀察生活周遭和外在世界的現象，察覺可探究的問題，進而蒐集整理所需的資訊，釐清並訂定可解決或可測試的研究問題，預測可能的結果，提出想法、假說或模型。	觀察現象	<ul style="list-style-type: none">●從日常經驗、學習活動、自然環境、書刊或網路媒體等，進行多方觀察。●運用感官或儀器辨識物體和現象的特性。●依據時間或空間的不同以觀察物體和現象的變化●推測所觀察現象的可能成因。
	蒐集資訊	<ul style="list-style-type: none">●利用報紙、圖書、網路與媒體蒐集相關資訊，並判斷資訊來源的可靠性。●閱讀與理解資訊內容。●整理並提取適當的資訊。
	形成或訂定問題	<ul style="list-style-type: none">●依據觀察所得，經由蒐集資訊、閱讀和討論等過程，提出適合科學探究的問題。●當有多個問題同時存在時，能分辨並選擇優先重要之問題。
	提出可驗證的觀點	<ul style="list-style-type: none">●依據選定的問題提出想法、假說或模型。

*為本文通訊作者

表一(續)：自然科學領域課程綱要的「探究與實作」學習重點(資料來源為國教院網站)。

探究學習內容		實作學習內容
◎規劃與研究 根據提出的問題，擬定研究計畫和進度。辨明影響結果的變因，選擇或設計適當的工具或儀器觀測，以獲得有效的資料數據，或根據預期目標並經由測試結果檢視最佳化條件。	尋找變因或條件	<ul style="list-style-type: none"> ● 判定與研究問題相關的影響因素，並分析因素間的關係 ● 合理的預測探究的可能結果。
	擬定研究計畫	<ul style="list-style-type: none"> ● 依據所提出的問題，計劃適當的方法、材料、設備與流程 ● 應用或組裝合適的器材與儀器。
	收集研究資料數據	<ul style="list-style-type: none"> ● 正確且安全的操作器材設備。 ● 設計適當的紀錄格式並詳實記錄。 ● 有系統性的收集定性或定量的資料數據或檢視最佳化條件。
◎論證與建模 分析資料數據以提出科學主張或結論、發現新知或找出解決方案。發展模型以呈現或預測各因素之間的關係。檢核資料數據與其它研究結果的異同，以提高結果的可信度，並察覺探究的限制。	分析資料和呈現證據	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用資訊與數學等方法，有效整理資料數據。 ● 依據整理後的資料數據，製作圖表。 ● 由探究過程所得的資料數據，整理出規則，提出分析結果與相關證據。 ● 比較自己、同學與其他相關的資訊或證據的合理性與正確性。
	解釋和推理	<ul style="list-style-type: none"> ● 由資料數據的變化趨勢，看出其蘊含的意義。 ● 由資料數據顯示的相關性，推測其背後可能的因果關係 ● 根據探究結果形成解釋。
	提出結論或解決方案	<ul style="list-style-type: none"> ● 由探究所得的解釋形成論點。 ● 依據證據提出合理的解決方案。 ● 由探究結果形成結論、新的概念或問題。 ● 檢核自己、同學的結論與其他相關的資訊或證據的異同
	建立模型	<ul style="list-style-type: none"> ● 嘗試由探究結果建立合理模型以描述所觀察的現象。 ● 察覺模型的侷限性。
◎表達與分享 運用適當的溝通工具呈現重要發現，與他人分享科學新知與想法，推廣個人或團隊的研究成果。	表達與溝通	<ul style="list-style-type: none"> ● 適當利用口語、文字、圖像、影音或實物等表達方式，呈現自己或理解他人的探究過程與成果。 ● 正確運用科學名詞、符號或模型，呈現自己或理解他人的探究過程與成果。 ● 有條理且具科學性的陳述探究成果。 ● 運用各種資源與他人分享科學資訊。
	合作與討論	<ul style="list-style-type: none"> ● 傾聽他人的報告，並能提出具體的意見或建議。 ● 評估同學的探究過程、結果或模型的優點和限制，並提出合理的疑問或提出改善方案。
	評價與省思	<ul style="list-style-type: none"> ● 反思探究成果的應用性、限制性與改進之處。 ● 對各類科學資訊進行評估與判斷，審慎檢視其真實性與可信度。 ● 體驗科學探究重視實作經驗證據的使用、合乎邏輯的推論，以及探究結果的再現性。 ● 了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。

貳、課程規畫

為了落實探究與實作的課程精神，並且培養學生學習科學知識應用與探究能力及具備科學素養，因此我們規畫以自然環境為主題的「地科、化學與物理跨科合作之探究與實作課程」。

圖一是跨科合作的課程規畫示意圖。系列課程是由「天氣瓶」、「人工造雲」與「喝水鳥」等三大活動單元所組成。每個活動單元都是獨立的課程模組(如圖二)，各自都涵蓋探究實作的學習內容：包含<發現問題>、<規畫與研究>、<論證與建模>、<表達與分享>的四個自然科學探究與實作課程學習重點(如表一)。

三大活動單元內容皆以「溫度、溼度、氣壓」為核心學科觀念，使獨立的課程模組能互相呼應。且活動的模組化流程(如圖三)讓探究活動的學習重點與內容，能夠透過各單元活動而不斷地練習與修正。

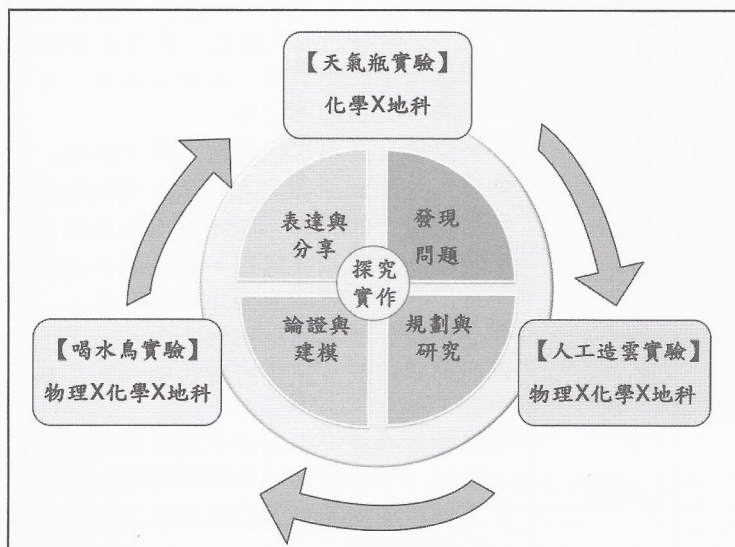
參、課程內容--以喝水鳥為例

跨科合作的系列課程，其單元活動皆以「實驗」為主軸，並且轉化過去的實驗流程，設計為引導學生思考、推理與分析的探究活動。期盼建立在「轉化實驗架構」的設計想法，能夠減少教師對於自然科學探究與實作新領域課程的擔憂與負擔，進而提升對於課程轉化的創意與動力。

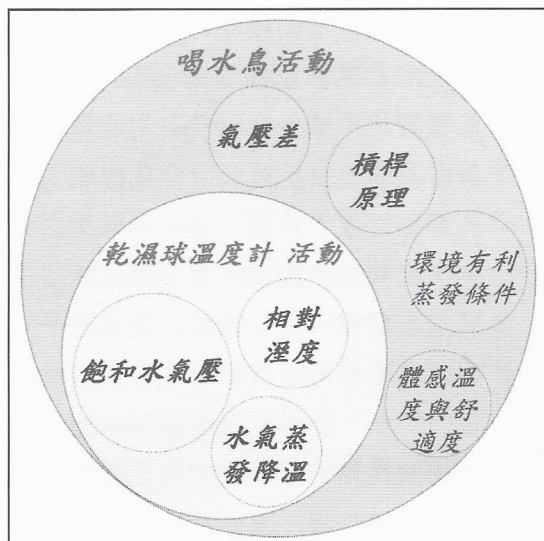
本篇文章以「喝水鳥」的活動設計為例，闡述課程設計理念與模組化的活動流程與內容如下。

一、活動設計理念

以「自然環境」為主題，選用<飽和水氣壓>、<相對溼度>、<水氣蒸發帶走熱量>為核心觀念，並以「乾溼球溫度計活動」做為引導活動，其後再以「喝水鳥活動」做為彼此核心觀念間的銜接。喝水鳥的活動不僅包含三大核心觀念，並且融入氣壓差、槓桿原理、有利環境蒸發條件、體感舒適度的概念。(如圖二所示)



圖一：跨科合作的課程規畫示意圖。(圖片繪製者：張堯婷 教師)



圖二：活動涵蓋的學科知識示意圖
(圖片繪製者：張堯婷 教師)

「乾溼球溫度計」引導活動，讓學生進行〈發現問題〉、〈規劃與研究〉、〈論證與建模〉、〈表達與分享〉的探究學習內容(如表一)，並且具備學習「探究學習活動」的經驗。

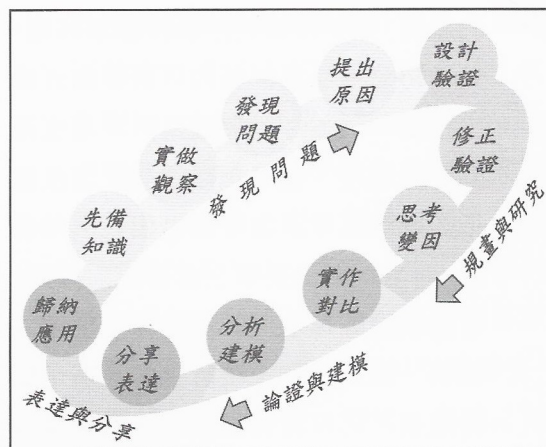
教師根據學科特性與活動規劃流程等考量因素，將表一所示的「探究學習內容與實作學習內容」彈性調整為圖三所示的「課程教學目標及其涵蓋的探究學習與實作學習內容」。並且讓學生在「喝水鳥活動」的活動中能夠再次學習並且理解探究活動的必要過程，以及探究活動需具備「客觀觀察、提出問題、檢視與修正」等基本科學態度與素養。

二、活動流程與內容

(一) 乾溼球溫度計活動：

1. 先備知識

自然科學探究與實作新領域課程，大



圖三：課程教學目標及其涵蓋的探究學習內容、實作學習內容。
(圖片繪製者：張堯婷 教師)

多認知是強調觀察、發現、提問與分析等，而非給予學生實驗步驟與結論，再進行實驗觀察。因此在活動中，先給予學生先備知識，可能會讓人覺得與探究實作的理念矛盾。但是經由思考與評估後，事先給予適當的先備知識，是讓學生學習如何在眾多知識中掌握關鍵概念，並且將關鍵概念應用於實際生活中或應用於問題解決；同時給予先備知識，也能讓教師確認學生具備能進行探究活動的基礎知識概念。

在乾溼球溫度計活動中，教師提供「飽和水氣壓」與「相對溼度概念」做為先備知識，並以先備知識學習單或是口頭問答方式，檢視學生是否明確理解知識內容。

2. 實作觀察

根據乾溼球溫度計的實作活動，學生觀察乾球溫度計的溫度與溼球溫度計

的溫度，察覺兩者的差異而發現問題，其後再思考溫度差異的可能原因而提出推論。例如：乾球溫度計的溫度值為環境溫度，但是溼球溫度計溫度值低於乾球溫度計溫度值是觀察所得現象，而溫差原因是學生應提出的問題；並且依據乾球溫度計與溼球溫度計的差異，推知溼球溫度計上的溼布是關鍵因素，再推論得知溼布上的水蒸發會帶走熱量，進而使溼球溫度計測量的溫度值較乾球溫度計測量的溫度為低。

經由發現問題與提出推論後，再進一步思考相關原因與影響因素(變因)，例如：溼布水氣蒸發的原因為何？在何種條件下蒸發量大？若蒸發量較大，對溼球溫度計溫度值的影響為何？在循序漸進的引導學生提問與討論，而得到環境相對溼度會影響溼布的水氣蒸發，且在相對溼度較小的乾燥環境下，溼布蒸發量較大而使溫度降低幅度較明顯。最後再引導學生試著提出驗證方式，例如：如何驗證環境較乾燥時，溼球溫度降低幅度會較大。

3. 思考討論

在「實作與觀察活動」中，已經進行簡單的〈觀察現象〉、〈形成或訂定問題〉、〈提出可驗證的觀點〉等探究活動。在「思考討論的活動階段」，教師給予適當的圖表資訊，讓學生進行數據分析，並再進一步統整。例如：教

師給予乾球溫度與乾溼球溫度差的查表及飽和水氣壓曲線圖(參考資料二)兩樣資訊，學生利用已有的乾球溫度與乾溼球溫度差數據，經由查表可得到露點溫度，再運用飽和水氣壓曲線圖，找到相對溼度。其後將乾球溫度計溫度數值、乾溼球溫度差數值、相對溼度數值等數據進行比對，歸納出環境溫度、乾溼球溫度差與相對溼度的相關性以及對比時的錯誤盲點。最後再根據結論，重新檢視原先所提出的驗證方式與推論是否正確，或者是否有需再修改與補充之處。

4. 分享發表

若課程時間有餘，可在「實作與觀察活動」結束後，讓學生個別進行簡易的口頭問答與分享，不僅教師能核對學生在此階段的推論方向與內容是否合理，教師也可以給予初步的指引，讓學生先行思考自己的推理是否合宜，以及規畫的驗證方式是否可行。若課程時間緊湊，則在討論活動後，讓小組進行發表。

(二) 喝水鳥活動：

1. 先備知識

在喝水鳥活動中，教師提供「體感溫度與舒適度」、「槓桿原理」與「乙醚飽和水氣壓與相關特性」做為先備知識。(乙醚飽和水氣壓可查詢於參考資料二)

2. 觀察對比

給予學生一組能自動喝水的喝水鳥以

及一組無法自行喝水處於靜置狀態的喝水鳥做為對照，讓學生觀察、對比與思索：為何一組能自動喝水？其差異因素為何？發現此差異因素是喝水鳥實驗的首要步驟，其後再思考如何驗證想法，以及延伸推想喝水鳥的機制原理。例如：藉由兩組對照實驗，觀察到自動喝水的實驗組是因為喝水鳥頭部已沾溼，推知「頭部溼潤」是首要關鍵因素。再引導學生思考「溼潤」會產生何變化？讓學生寫下推論與其可能原因，並且簡單寫出驗證方式。之後再觀察與紀錄喝水鳥的喝水週期，並寫下觀察到的相關現象。

3. 思考討論

教師再給予學生每一組一個裝有酒精溶液的燒杯，讓喝水鳥由用水沾溼改為用酒精溶液沾溼。藉由觀察與紀錄週期，思考為何溶液不同，喝水鳥的喝水週期會不同？再由水與酒精溶液的特性推論造成週期差異的原因。最後思考此實驗目的為何？

4. 設計與修正驗證

由「思考討論」活動，推知其活動之實驗目的是驗證喝水鳥頭部溼潤為關鍵步驟。當喝水鳥頭部用水沾溼後，水蒸發帶走熱量，使頭部溫度降低，而溫度變化是實驗的驅動力。實驗驗證對照組即是利用較易蒸發的酒精溶液對比水溶液，並且得到以酒精溶液沾溼喝水鳥頭部的自動喝溶液週期較短，其結果得以做為驗證。最後再以

此活動引導學生檢驗設計驗證，並修正驗證方式與口頭討論。例如：在「觀察對比」活動中，學生寫出驗證方式，再根據「思考討論」活動的驗證實驗引導，學生修正原先提出的方法或是重新設計新方式。假若根據「思考討論」活動的架構，學生提出運用易蒸發溶液作為對照，教師可以引導學生，越容易蒸發的溶液，其喝水週期必定越短嗎？降溫的反應時間是否需要考慮？或是設計驗證的實驗中，是否還有其他影響變因存在呢？

5. 延伸討論與分析

實驗過程中，有許多現象是彼此影響而相繼發生，例如：蒸發帶走熱量而降溫是關鍵因素(蒸發帶走熱量而降溫可查詢於參考資料三)，但非唯一影響因素，也非實驗中唯一可觀察到的現象，因此須引導學生再觀察喝水鳥於反覆自動喝水過程中，是否還有其他變化？例如：仔細觀察喝水鳥瓶中乙醚溶液的位置變化，思考位置變化的原因以及影響，並且思索如何驗證推論。最後再反思為何要使用乙醚溶液？

驗證過程中，教師再給予網路資料(網址：<http://ppt.cc/Omoys>，或掃右方 QR Code)讓學生查詢各種溶液在不同溫度條件下的飽和蒸氣壓。讓學生練習資料查詢與分析。並且藉由資料分析得到：環境溫



差相同，例如環境溫度 20°C 與 10°C 的差異，乙醚飽和蒸氣壓差大於水的飽和蒸氣壓差。因此喝水鳥瓶內的內部溶液使用乙醚溶液而非水的原因，是乙醚飽和蒸氣壓隨溫度變化大，並且呼應喝水鳥頭部因蒸發而降溫時，瓶內乙醚溶液的飽和蒸氣壓明顯下降，瓶內乙醚蒸氣轉為液態，瓶內氣壓下降，使乙醚溶液由下往上逐漸移至頭部。乙醚溶液移動使重心位置改變，進而導致喝水鳥的頭部逐漸往下低，直到再碰到外部溶液時，喝水鳥再次抬頭並進入週期性的喝水狀態。除了資料分析外，也可以再討論支點位置改變對實驗結果的影響，將<槓桿原理>融入實作活動中。

6. 環境變因討論

討論與建模<喝水鳥的原理與內部影響因素>後，教師可再引導學生思考外部環境的影響因素與可能的變化結果。例如：理解「喝水鳥頭部溼潤，其後因蒸發而降溫」是關鍵步驟，可再歸納出「蒸發」與「溫差」是兩項重要的環境變因，也呼應「飽和觀念與乾溼球溫度計活動」。

7. 分享發表

統整喝水鳥活動中的實作對比、討論、因素分析、論證與建模等活動內容，建立完整架構，進行成果報告與分享。

(三) 補充活動：

若學期課程有較充裕的時間，可規畫在喝水鳥單元，再增加 DIY 動手自製

的活動。例如以塑膠滴管、竹筷等簡易材料自製喝水鳥，並且更換內部溶液，例如將乙醚更換為水，其實驗結果也可做為對照。若能有 DIY 動手做的活動，不僅能融入科學創做精神，也可進一步分析自製器材產生的變因以及對實驗結果之影響等，可讓探究實作課程更加多元。

肆、展望

期盼以「轉化食譜式實驗」的方式，規畫跨科合作的探究實作課程，做為探究與實作的初步課程模組。學習重點內容模組化，讓教師掌握課程架構，也讓學生由系列課程學習探究與驗證的關鍵能力。

學科知識以「溫度、氣壓、溼度」做為核心概念，不僅能結合物理、化學與地球科學知識，也能將學習所得應用於生活環境，並且理解自然科學與環境變化息息相關。最後本探究與實作課程規劃，希望培養學生關懷自然環境、重視生活科學的態度，並且透過跨科知識與小組合作，培養學生團隊合作的精神。

參考資料

- 國家教育研究院官方網站 十二年國民基本教育課程自然科學領域課程綱要草案。(2017.3.20) (http://www.naer.edu.tw/files/15-1000-10469_c1174-1.php?Lang=zh-tw)
- 各溶液飽和蒸氣壓查詢 (<http://ddbonline.ddbst.com/AntoineCalculation/AntoineCalculationCGI.exe>)
- Rogers, R.R., Yau, M.K., 1989. A Short Course in Cloud Physics, third ed., Pergamon Press, Oxford, p. 293.