

# 地科、化學與物理跨科合作之探究與實作課程規劃

張堯婷<sup>1\*</sup>、陳宏銘<sup>2</sup>、莊智鈞<sup>3</sup>、吳致娟<sup>4</sup>、楊明仁<sup>5</sup>

臺北市立大同高級中學<sup>1</sup>地科教師、<sup>2</sup>化學教師、<sup>3</sup>校長、<sup>4</sup>教務主任

<sup>5</sup>國立臺灣大學 大氣科學系教授

## 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，教師應扮演學習引導者之角色，引導學生在學習活動中，觀察現象、發現問題、合理推論、設計驗證、分析對比、歸納統整結論、表達成果等。

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
◎ <b>發現問題</b> 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"><li>● 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。</li><li>● 運用感官或儀器辨識物體和現象的特性。</li><li>● 依據時間或空間的不同以觀察物體和現象的變化。</li><li>● 推測所觀察現象的可能成因。</li></ul>
	- 蒐集資訊	<ul style="list-style-type: none"><li>● 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。</li><li>● 閱讀與理解資訊內容。</li><li>● 整理並提取適當的資訊。</li></ul>
	- 形成或訂定問題	<ul style="list-style-type: none"><li>● 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。</li><li>● 當有多個問題同時存在時，能分辨並選擇優先重要之問題。</li></ul>
	- 提出可驗證的觀點	<ul style="list-style-type: none"><li>● 依據選定的問題提出想法、假說或模型。</li></ul>
◎ <b>規劃與研究</b> 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"><li>● 判定與研究問題相關的影響因素，並分析因素間的關係。</li><li>● 合理的預測探究的可能結果。</li></ul>
	- 擬定研究計畫	<ul style="list-style-type: none"><li>● 依據所提出的問題，計劃適當的方法、材料、設備與流程。</li><li>● 應用或組裝合適的器材與儀器。</li></ul>
	- 收集研究資料數據	<ul style="list-style-type: none"><li>● 正確且安全的操作器材設備。</li><li>● 設計適當的紀錄格式並詳實記錄。</li><li>● 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。</li></ul>
◎ <b>論證與建模</b> 分析資料數據以提出科學主張或	- 分析資料和呈現證據	<ul style="list-style-type: none"><li>● 使用資訊與數學等方法，有效整理資料數據。</li><li>● 依據整理後的資料數據，製作圖表。</li><li>● 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</li></ul>

探究學習內容		實作學習內容
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。	- 解釋和推理	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。 ● 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	● 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	● 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。
◎ <b>表達與分享</b> 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	● 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	● 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	● 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。

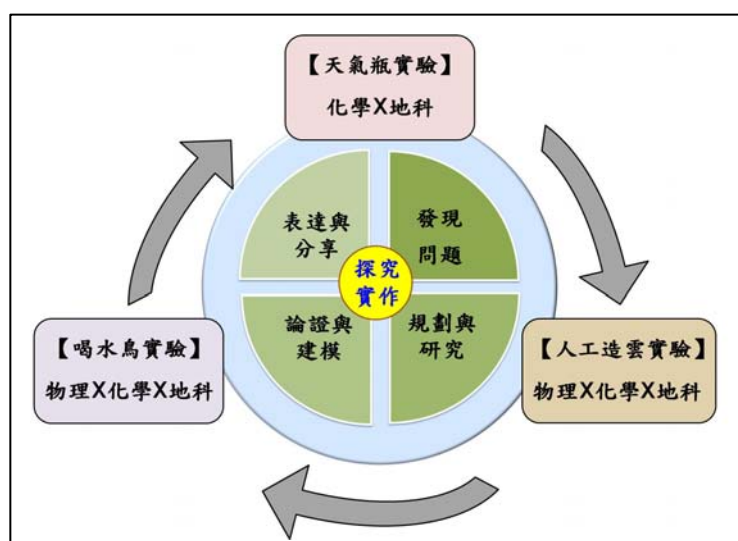
## 貳、課程規畫

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。

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。



圖一：跨科合作的課程規畫示意圖。  
(圖片繪製者：張堯婷 教師)

## 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。

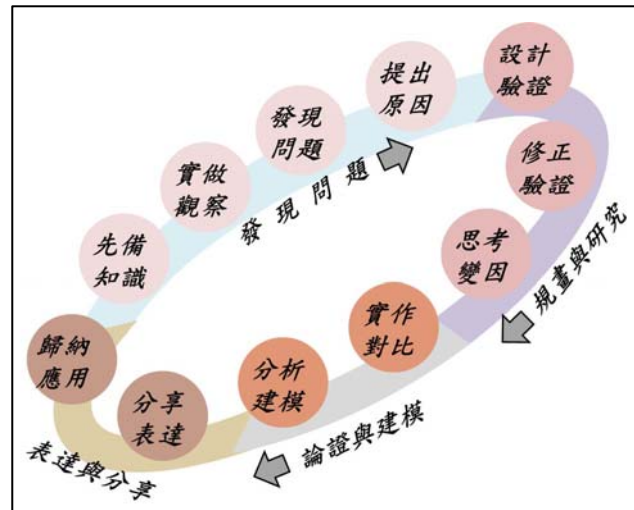
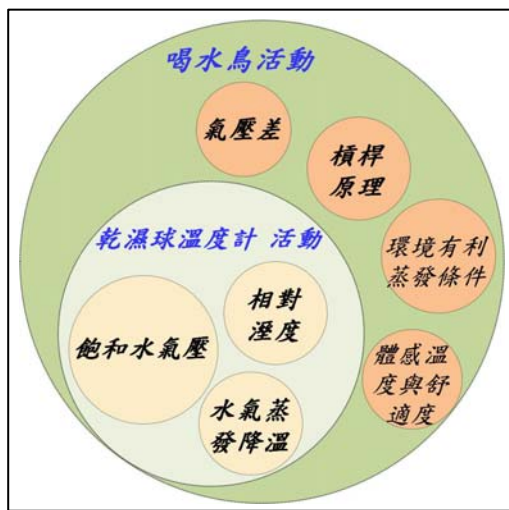
本篇文章以「喝水鳥」的活動設計為例，闡述課程設計理念與模組化的活動流程與內容如下。

### 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)

「乾溼球溫度計」引導活動，讓學生學習〈觀察現象〉、〈發現問題〉、〈推理原因〉與〈思考驗證〉等探究行為，再藉由討論與圖表資訊分析，驗證並修正推論，並且歸納與提出結論。

「喝水鳥活動」的學習內容包含實作觀察、推理、驗證、分析與修正、歸納等等，讓學生能夠體會與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。(如圖三所示)



左圖(圖二)：活動涵蓋的學科知識示意圖， 右圖(圖三)：活動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)

### 活動流程與內容：

#### 1. 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得到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<發現與提出問題>、<推理解釋>、<思考相關影響因素>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。

## 2. 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。

### (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，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。

### 參、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。