

108課綱之系統思考與問題解決核心 素養融入於探究實作及創客教育活動

張堯婷* 教師

汪殿杰 教師

吳致娟 教師

黃鈴惠 教師

臺北市立大同高級中學

壹、前言

108 課綱不僅強調「系統思考與問題解決」的素養，也同時在高中自然科學領域新增 4 學分「探究與實作」課程，期盼學生能具備探究分析與動手實做能力。而新課綱推行在即，教師也須不斷學習與努力才能跟上教育推新的轉變。規劃本系列活動的目標是試行素養融入探究實作與創客創做活動，期盼教師能力更進步且可帶給學生多種學習經驗，也期許課程教學能貼近新課綱精神。

教學活動在105學年度第一學期開始暖身，以跨科教師合作方式研發與製作教材教具，並且在第二學期實施課程及推廣。活動包含：教師端與學生端的系統思考、問題解決。教師端為運用系統思考整合學科知識、目標訂定、設計活動與成效預估；學生端則以系統思考學習知識、解決活動中的問題挑戰與成果展現。

*本篇通訊作者：張堯婷，通訊方式：changyaoting@ttsh.tp.edu.tw。

貳、系統思考與問題解決於教師與學生兩大面向

一、系統思考與問題解決於教師：課程規劃

教師須轉化課本內容與規劃學習活動，因此教師端也須學習並具備「系統思考與問題解決」的能力，其中包含對「系統思考」的理解。

(一) 系統建立

本課程模組選用高中基礎地球科學上冊的天文單元做為核心知識，其所涵蓋的相關觀念為要素；要素間的關聯與應用為連結；以希望學生透過課程活動而能有系統的理解天體視運動原理為目標。由「要素、連結與目標」建立學科知識系統，再由多個系統建立大系統，例如：學科知識應用於探究實做與創客教育做為要素間的連結，再搭配動手做等活動，達到大系統的課程目標（如圖 1）。

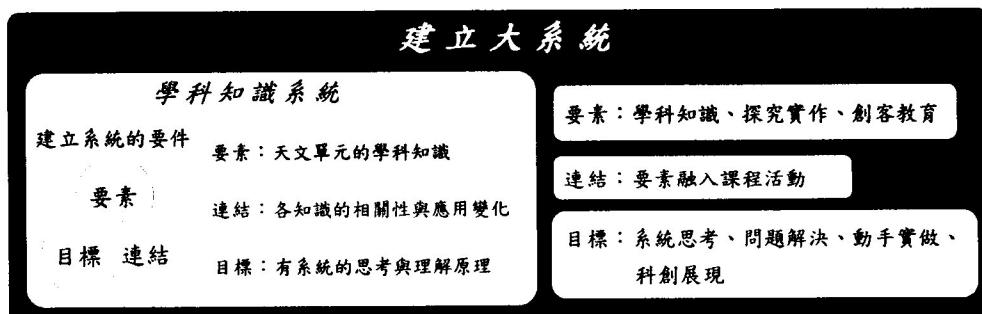


圖1 建立系統的要件示意圖

(二) 活動規劃與評估

教師在構想教學藍圖時，首先會思考對學生的期許，希望學生能學習到哪些經驗與能力（目標），並以學生現階段學習狀態（差距）做為規劃課程活動的依據，並且期盼透過課程讓學生進步，趨近教學目標（如圖 2）。而教師規劃新的學習活動不僅須花費心力、時間，也會遇到瓶頸與困難，例如：對於設計多種教學方式與活動內容，教師如何產生新想法，並且有效與有趣。當有靈感後，又如何能全面考量細節而將想法具體實現。若以系統思考應用於教師規劃活動為例，教師先訂定目標，並設計學習活動，讓學生透過學習而進步，趨近目標（圖 2），但是過程中可能發生日標侵蝕的問題¹。導致目標侵蝕的原因有很多種，例如：目標訂定過高；或活動內容由簡入難的銜接性不足；或學生較習慣教師講述的學習方式等。若以「時間滯延」造成學生學習挫折而影響成效為例（圖3）：當教師期望學生能由被動聽講到參與討論，再到主動探究，但是教師在規劃課

¹ 本文以將時間滯延結合學習挫折為例。

程時，僅設計一兩堂的課程活動，則可能因為次數過少而無法建立基礎，使學生在短時間內難調適，而無法將具備的能力表現於不同的學習方式中。因此教師規劃課程時，應先考量到此問題，並且調整課程，將其訂定為系列活動；而且各活動的學習內容與能力培養不僅是下一個活動的能力基礎，更屬於螺旋漸進學習，不斷重疊關鍵且延伸學習。例如：學科內容的討論活動是為了建立小組合作的基礎，而後銜接的模型製作活動，則是做為學生創做的根基；讓每次的學習都是下一個活動的應用。但是以〈調整〉的方式，將目標侵蝕轉為目標趨近時，也可能發生「飲鳩止渴」的問題（圖4），例如：系列活動可能會產生學習疲乏、學生特質可能無法積極融入小組合作等，都是教師規劃活動時須考量、評估的項目。

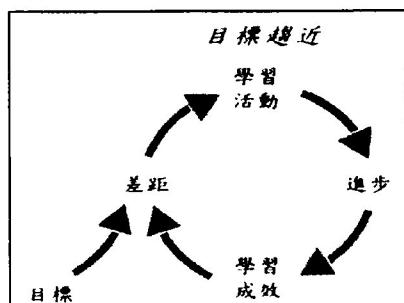


圖2 目標趨近示意圖

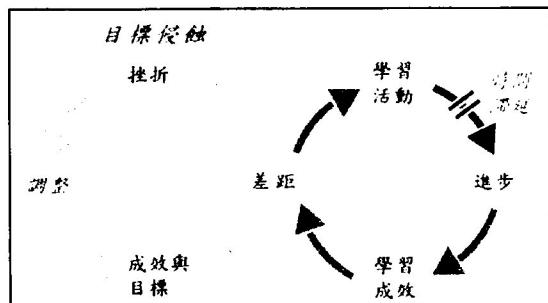


圖3 發生時間滯延與目標侵蝕示意圖

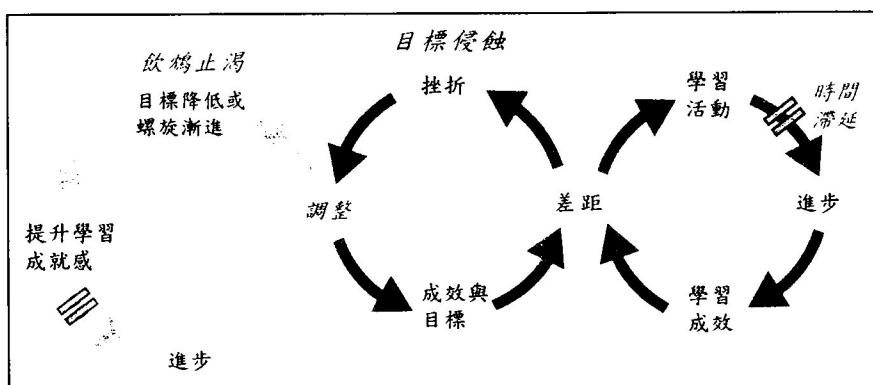


圖4 目標侵蝕與飲鳩止渴示意圖

二、系統思考與問題解決於學生：學習活動

(一) 學科知識

本活動設計選用高中必修基礎地球科學上冊天文領域的恆星視運動單元為主題，並整合知識及組織成適合學習系統思考的架構。以系統思考中，用來呈現系統行為動態性的流量與儲存圖，表示活動單元的各觀念相關性：如圖5所示的「地球自轉」是造成星體周日（視）運動現象的原因，而產生的現象包含星體移動方向與移動軌跡。星體由西

向東的移動方向不僅反映原因——地球由東向西自轉，也能由星體移動時的仰角變化推斷觀測者面對的方向。此外，星體移動軌跡垂直地軸也反映原因——地球自轉的旋轉面垂直地軸，且再依此現象能推斷觀測者所在位置，因為觀測者所在位置會影響地軸與地平面夾角與地軸所指示的天北極與天南極何者在地平面之上。

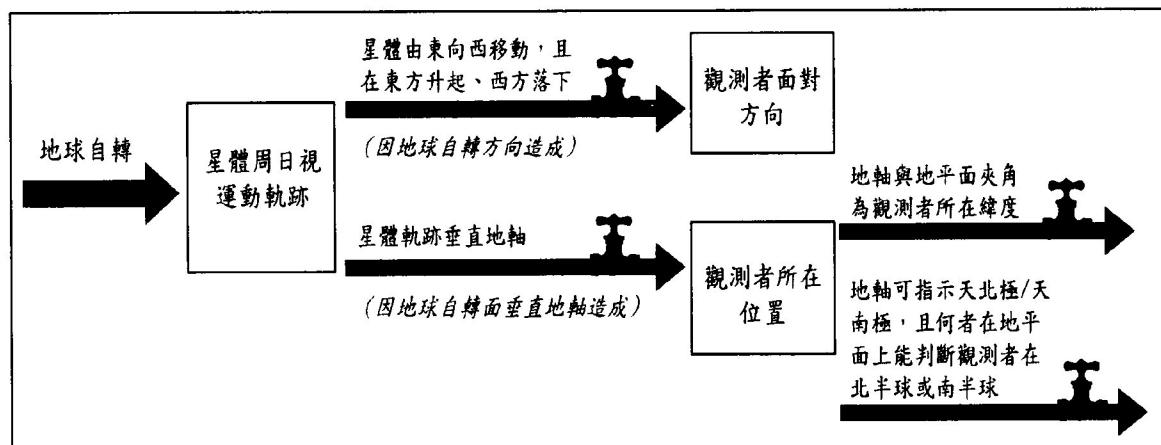


圖 5 學科知識系統思考的流量與儲量圖（水龍頭表示可打開或關閉的調整，在知識應用於情境判斷中，水龍頭代表此學科觀念需使用或不需運用。）

學科知識的學習方式除了運用系統思考提升理解知識的程度外，練習與應用也不可或缺！因此藉由小組討論活動的情境推斷做為釐清迷思概念與能力練習的活動。過程中也須運用系統思考能力，再次檢視對知識的理解，屬於增強型的調節迴路（如圖 6）。

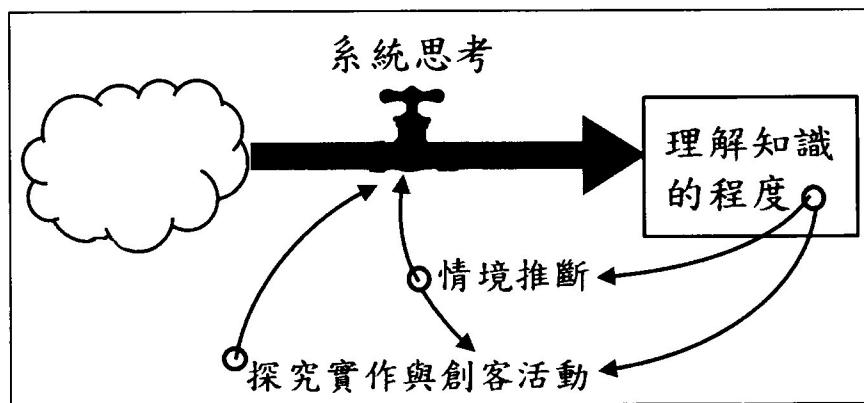


圖 6 課程活動的調節迴路圖（在流量前端的雲朵，代表流量資源）

在調節迴路中，情境推斷的小組合作經驗也能提升學生對探究實作與創客活動的討論成效，而實做與創客活動（如圖 7）本身也會再增強系統思考與知識應用，因此「素養融入探究實作與創客活動」使用多種學習方式對知識理解進行增強調節。



圖 7-1 透過學習單指引，進行小組討論

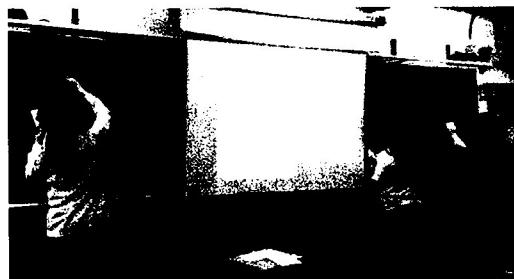


圖 7-2 純予情境判斷並且上臺報告



圖 7-3 上臺解說並小組間訂正（但可能正確答案改成錯誤，過程是讓學生勇敢表達想法。最後教師會做統整與解說）。

圖 7 小組討論活動

(二) 探究實作與創客活動

1. 日晷模型創做活動 I

活動流程是將觀念運用結合動手實做，屬於多系統連結（如圖 8）。活動實施方式為教師給每組學生一份材料，學生搭配學科知識活動中學過的內容，將手邊現有材料製作成日晷，並且繪製設計圖及說明設計原理。

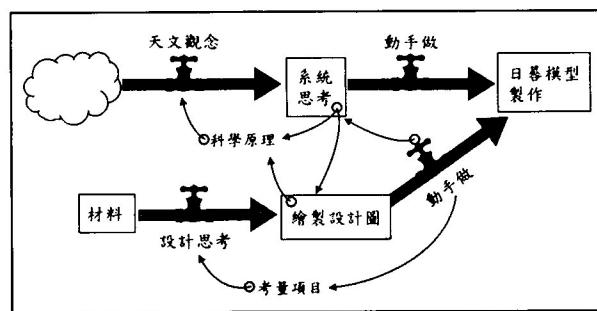


圖 8 創做活動 I 的雙存量系統圖

學生在活動一開始大多是拿著材料隨意嘗試，而後逐漸摸索每個材料的可能用途，同時有些學生會主動翻課本與學習單找尋資源，運用知識推斷材料功用及模型可能的雛型（如圖 9）。在繪製草稿設計圖時，需要條理思考，並將想法以圖文方式創做呈現，同時也加深學生對科學原理的瞭解。最後動手製作模型，練習將想法具體呈現，並且在動

手做的過程中，發現原先規劃的考量不足或缺失處，再次思考有哪些項目需要調整及如何調整（如圖10）。



圖9-1 小組討論材料的用途



圖9-2 模型製作與檢驗想法是否合理

圖9 小組實做活動



圖10-1 學生繪製設計圖並說明想法

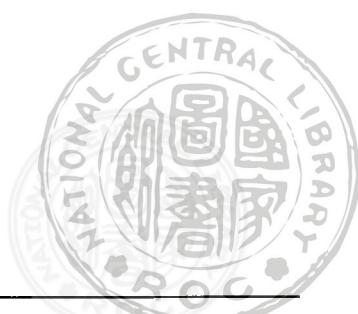


圖10-2 小組根據教師所發的材料製作日晷模型



圖10-3 學生的草稿設計圖投影至布幕上，學生解說設計想法並搭配模型進行上臺報告

圖10 小組作品



2. 日晷模型創做活動Ⅱ

活動Ⅱ是將生活科創實例的觀念解析結合設計創做，也是屬於多系統連結（如圖11）。活動過程先是教師示範教學，列出兩三項生活中的日晷科創實例，例如：建築、小飾品與手錶等，並且說明原理。其後學生再尋找自己喜歡的生活科創產品進行原理分析與解說（如圖12）。

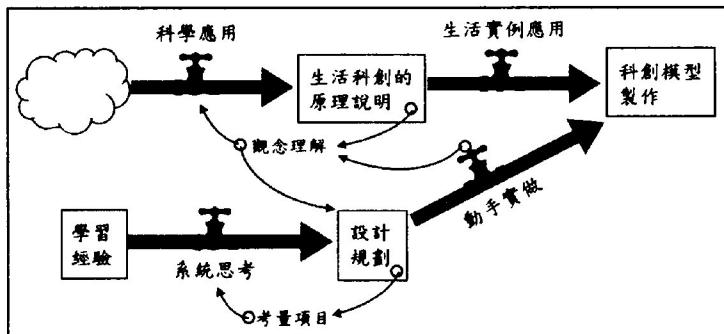


圖11 創做活動Ⅱ的雙存量系統圖

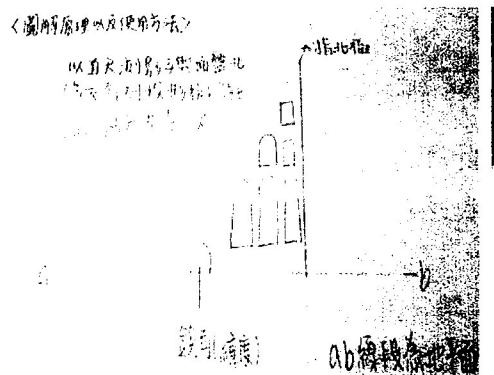


圖 12-1 學生解析生活中的科創日晷原理

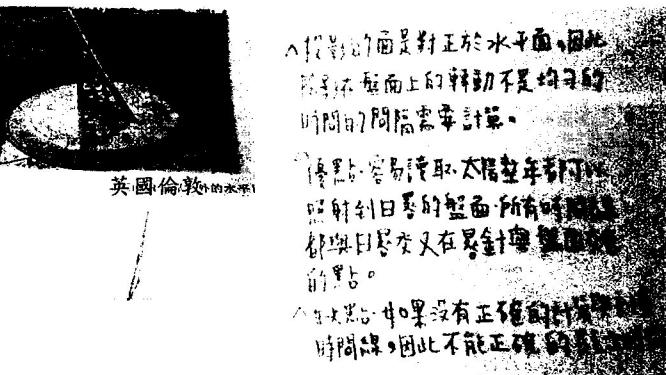


圖 12-2 學生說明英國倫敦日晷建築的科學觀念

圖 12 生活實例解析

此活動希望學生能發現並欣賞生活中的科學與美學，也藉由解說過程再次理解原理。其後學生運用系列課程的經驗與生活實例，設計規劃並製作科創模型（如圖13）。

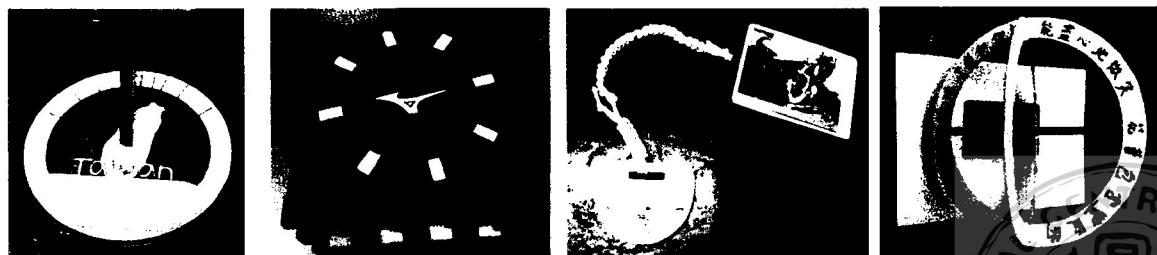


圖 13 學生科創日晷作品

(三) 學生回饋（回饋系統）

大系統中的學科知識、探究實作與創客教育三個子系統（圖1），互相搭配而設計的活動內容，不只讓學生有學習系統思考、動手實做、設計創做與問題解決等經驗，同時也包含各類型的評量方式。測量結果反映學生學習成效與學習活動是否達教學目標，亦提供教師評估課程設計的優缺點，因此評量也屬於圖14所示的回饋系統中的「要素」之一。多元評量的方式包含紙筆測驗、課堂表現、上臺解說、學習單與模型創作等，透過評量測驗與學生意見回饋可呈現：學生課堂表現與參與度；學習成果；學生對學習活動與學習目標的理解與感受等訊息。這些資訊做為要素間的「連結」，透過要素與連結，達到目標：讓教師能有效評估課程設計優缺點、成效與合適性等；同時「目標」也與要素、連結組成回饋系統（如圖14）。

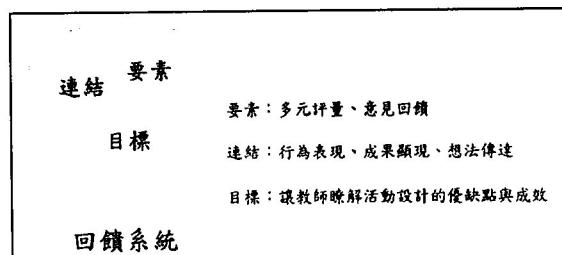


圖14 建立回饋系統的要件示意圖

透過各類型評量反映學生學習表現與能力，因此評量也是學生給予課程回饋的方式。以學習單為例：圖15所示的學習單內容可推知此小組學生在設計規劃方面考量周到，且具有邏輯與應用知識能力，但是在修改與補充方面，卻較無領會。教師可引導這組學生發現不足，例如思考黑色長條紙的位置若要較精確擺放，應該考量哪些項目，以及有哪些方法能完成所考量的項目等。藉由學生所寫的學習單內容，讓教師瞭解各組學生的特色與教師可給予引導、建議的方向。同時也提供教師評估「日晷模型創做活動I」與其包含的「繪製草稿設計圖」活動，是適合學生且課程難度屬中等，不會讓學生難以完成學習任務。

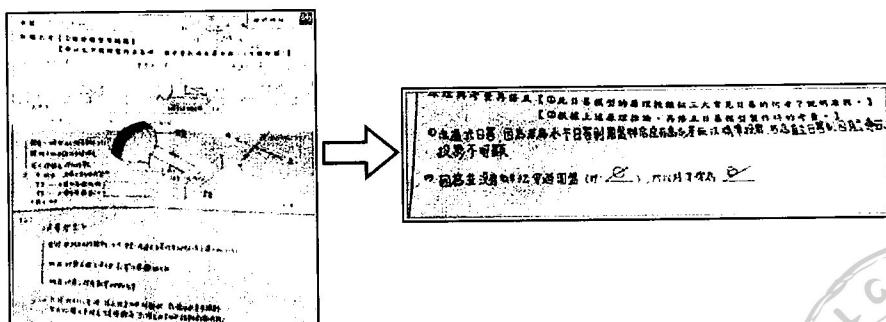
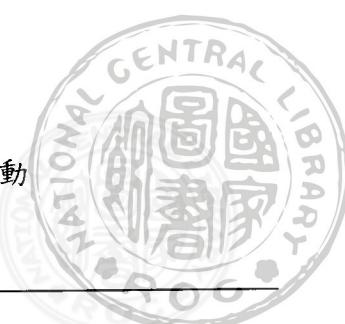


圖15 學生分組進行「繪製草稿設計圖」活動



教師根據活動過程中，各組學生表現與遇到的困難給予不同指導或微調活動外，在系列活動中的各活動結束後，教師可依據學生意見回饋進行課程省思與修正，例如：圖 16 中，學生寫到：「希望以後的實作活動能多點提示。」可讓教師省思是學生對此類型活動的參與經驗不足，在一開始易慌亂、迷惘而希望多點提示；或是「日晷模型創做活動 I」只給材料而不給予過多線索提示，希望讓學生先動腦思考的方式，對於不同學習特性的學生而言，引導資訊不足；或是教師在活動中，給予不同組別差異化指引時，可能對於較內向或不習慣表達的學生，所給予的協助不夠等等。學生意見回饋不僅做為回饋系統中的一環，其內容（如圖 16）傳達學生與同儕合作解決問題，歷經從無想法到有成果的學習過程，讓學生感受到成就感；而學生學習心得與進步也同時是鼓勵教師、支持教師進行教學轉換與活動設計的動力與熱誠！

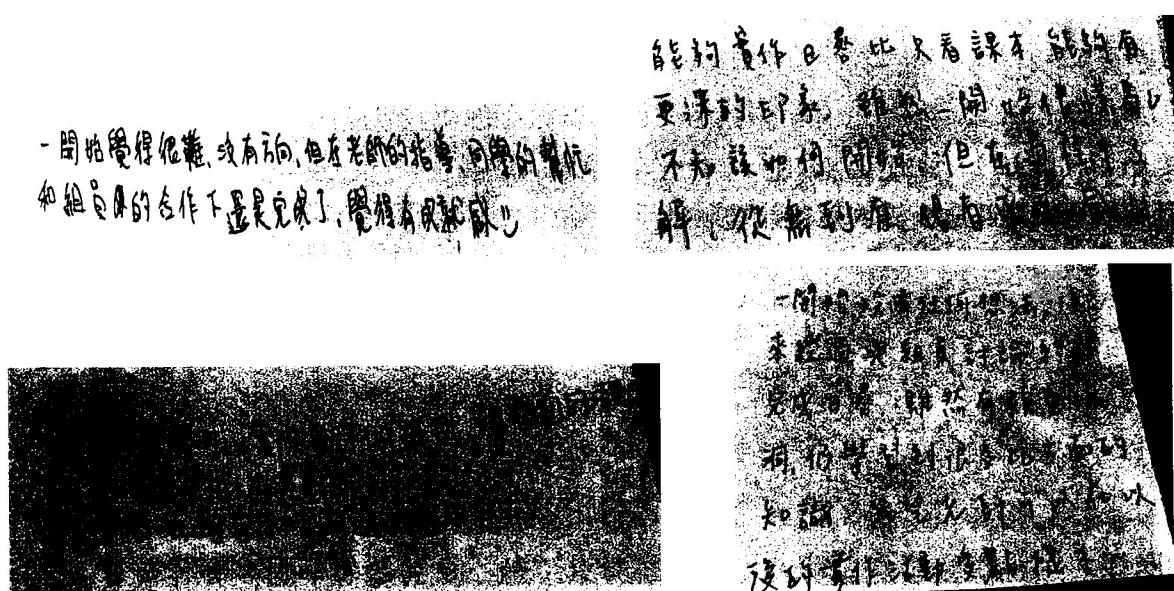


圖 16 學生意見回饋

參、展望

一、跨科教師合作與氛圍營造

本課程活動雖然執行於地科課程，但是活動規劃與教材教具研發是由生活科技與地球科學科教師跨科合作而完成。過程中，物理科教師也參與討論教材教具的科學原理與概念應用（圖 17）。能與不同領域的教師一起努力讓學習活動更有效、有趣，並且提升學生對合作學習、動手實做的興趣與主動學習的活力，也是教師對自我成長與課程教學的熱情與期盼。



圖 17-1 生活科技科教師汪殿杰與
地球科學科教師張堯婷討論教材教具的製作



圖 17-2 生活科技科教師汪殿杰、
物理科教師趙家興及地
球科學科教師張堯婷討
論教材教具科學原理

圖 17 跨科教師合作

學校執行科技部高瞻計畫使高中數學、物理、地球科學與生活科技科目及國中理化與生活科技科目有機會跨科交流與合作，而本課程活動的研發、執行與推廣也是因為教師參加學校計畫為契機。在計畫內容不僅包含教師進行教學活動，也辦理跨科教師增能研習（圖18），營造校內教師一同合作的氛圍；成員也一起在校外進行成果發表，並且與現場民眾互動，讓民眾也能體驗動手學習的樂趣（如圖19）。



圖 18 以物理電學為主題，校內創客研習活動「會唱歌的筆創客實作研習」。



圖 19 學校高瞻計畫成員到松山文創園區參加「2017 科技松」高瞻計畫成果展
出，也與現場民眾互動。



二、素養融入課程與建立課程模組

在課堂教學時，教師們使用教師講述、資訊融入、學生小組合作等教學方法，目的都是希望能提高學生學習效果。而在大多數的教學過程中，不論是教師端或是學生端都已經涵蓋系統思考與問題解決，只是差異在這些素養是否有被清楚顯現。期望透過本活動，試著將教師備課準備與學生學習過程所運用的系統思考內涵具體呈現，並逐漸建立素養融入課程的活動系列；因此與不同科目教師交流（圖20）以及請教專家學者進行課程諮詢（圖21），也都能幫助教師們有效建立課程模組。



圖 20-1 數學科教師何敏華與地球科學科教師張堯婷討論活動設計以及課程交流

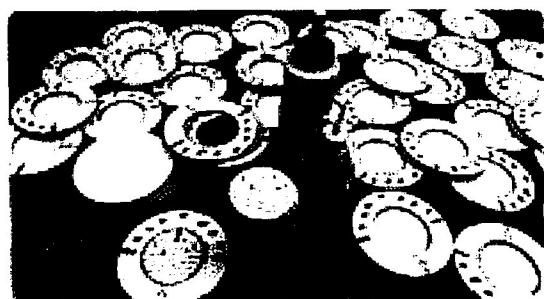


圖 20-2 地球科學科課程活動的教具製作：
滿滿教具海_教師動手做

圖20 素養融入課程交流



圖21 計畫成員到臺師大與專家學者進行課程諮詢

