

臺北市十二年國民基本教育  
資優教育創新課程研發  
推動計畫

部定課程調整(自然科學領域)

# 神奇科學家



## 國小一般智能資優跨校專業社群團隊

馮理詮、周秉弘、楊婷雅、林盈君、王千霈、  
王思澄、陳家聲、高翊瑄、王宜菁、顧 薇、  
林家薈、郭亭妤、鄭若予、陳聖文

臺北市資賦優異教育資源中心 印行



臺北市十二年國民基本教育  
資優教育創新課程研發  
推動計畫



部定課程調整(自然科學領域)

# 神奇科學家

**國小一般智能資優跨校專業社群團隊**

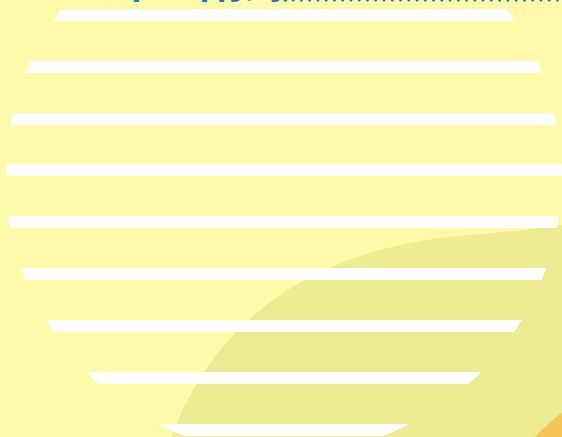
馮理詮、周秉弘、楊婷雅、林盈君、王千霈、  
王思澄、陳家聲、高翊瑄、王宜菁、顧 薇、  
林家薈、郭亭妤、鄭若予、陳聖文

臺北市資賦優異教育資源中心 印行

# 目錄



|                                     |          |     |
|-------------------------------------|----------|-----|
| 序.....                              | 莊智鈞..... | i   |
| 推薦序一.....                           | 吳淑敏..... | ii  |
| 推薦序二.....                           | 林靜雯..... | iii |
| 壹、前言.....                           |          | 1   |
| 貳、基本資料.....                         |          | 9   |
| 參、單元教學活動<br>(教學規劃說明、單元教學活動、實施建議、附件) |          |     |
| 第一單元 - 水系大師 ~ 繽紛的水溶液.....           |          | 25  |
| 第二單元 - 火系大師 ~ 炎炎調查隊.....            |          | 56  |
| 第三單元 - 草系大師 ~ 植物的傳播.....            |          | 79  |
| 肆、附錄.....                           |          | 111 |



# 序

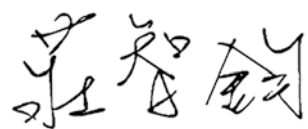
教育部於 103 年 11 月發布《十二年國民基本教育課程綱要 總綱》，揭示：

十二年國民基本教育（以下簡稱十二國教）課程發展，秉持全人教育精神及「自發」、「互動」、「共好」理念，以「成就每一個孩子—適性揚才、終身教育」為願景；且特將特殊教育納入規劃，以符應融合教育趨勢。其後，更於 108 年 7 月發布、110 年 10 月修訂十二國教《特殊教育課程實施規範》及《資賦優異相關之特殊需求領域課程綱要》，揭櫫資賦優異（以下簡稱資優）教育課程應以資優學生之特質及需求規劃，依學生學習功能優異領域 / 科目進行課程調整，並得提供資優相關之特殊需求領域課程及相關支持服務，以協助其適性學習及發展潛能。

為落實十二年國教資優教育課程推動，臺北市政府教育局於 108 年 10 月函頒「臺北市十二年國民基本教育特殊教育（資優）課程綱要磐石學校推動計畫」。另自 111 學年度起推動「臺北市十二年國民基本教育資優教育創新課程研發推動計畫」，鼓勵及補助資優課綱磐石計畫績優學校建立創新資優教育課程研發基地、辦理跨校資優教育教師專業學習社群，研發符應十二年國教特殊教育課程實施規範及資優相關特殊需求領域課程綱要之創新課程模組示例；111-113 學年度，計成立資優教育教師專業學習社群國小、國中各 1 個共計 2 個，參與教師數計 12 校 21 人，透過社群運作共備研發資優教育創新課程。

其中，臺北市內湖區碧湖國民小學自 111 學年度起成立十二年國教資優教育創新課程研發教師專業社群，邀集 7 校 14 名教師共備，逐年系統研發「國小一般智能資優學生部定課程調整—自然科學領域課程模組」。茲將 113 學年度研發成果—高年級適用之「神奇科學家」課程彙整出版，期做為資優教育普通課程調整之典範，並後續推廣運用以嘉惠教學現場資優教育師生，進而實踐十二年國教「成就每一個孩子—適性揚才、終身學習」之願景。

臺北市資賦優異教育資源中心召集人  
臺北市立建國高級中學校長



謹識

114 年 12 月



# 推薦序 1

臺北市政府教育局為落實十二年國民基本教育特殊教育（資賦優異）相關課程實施規範、課程綱要（以下稱十二年國教資優相關課綱）宣導與內涵推動，聘邀學者專家入校指導，支持校內 / 校際資優班教師專業學習社群運作，引領學校創新資優班課程發展，研發及推廣創新資優課程模組示例，特訂定磐石學校推動計畫，鼓勵臺北市高級中等以下設有一般智能或學術性向資優班學校提出申請。臺北市內湖區碧湖國民小學自 108 學年度起參與申請，資優班教師團隊透過專業學習社群運作研發自然科學領域課程「瘋狂科學家」教學模組設計，以科學建模做為課程核心，設計適合資優學生的自然科學專長領域優良教材，樹立創新資優課程模組研發的典範。令人欣喜的是該團隊再接再厲跨校合作共備，持續深耕創作教案「神奇科學家 - 國小高年級資優自然科學模組課程」，裨益資優學生學習。

本課程採 Subotnik 等人 (2011) 所提出的才能發展典範作為課程設計哲學，並參考林靜雯及李宜諺 (2024) 所提建模本位探究教學的步驟為架構，融入 Maker (2009) 問題層次引導，設計繽紛的水溶液、炎炎調查隊及植物的傳播三個單元，培養資優生成為「以專家思維解決問題的實踐者」。本人有幸受邀參與本方案執行過程乃至成果報告提供指導與諮詢，此次跨校團隊包括臺北市碧湖、麗湖、敦化、吉林、石牌、仁愛、士東國小，以及桃園市義興國小，見證國小資優資源班教師專業合作展現創意成果，開啟資優教育更多樣的發展方向。而當初團隊的領導者碧湖國小馮理詮老師，現在則任教國立臺北教育大學特殊教育學系，將來更能領導更多資優教育的教師們跨縣市、跨校繼續協作，一起為資優教育貢獻所長。

未來教師們可依課程需求彈性的使用課程模組，期待本書的出版，能激發更多跨專業領域的學校團隊和師生通力合作，共同激盪出資優教育的火花。

臺北市立大學特殊教育學系

114 年 12 月

# 推薦序 2

在十二年國教自然科學領綱中，「建立模型」（以下簡稱建模）被正式納入探究與實作的核心能力，並被視為學生科學思考發展的重要基礎。這項能力提醒我們：科學學習不僅是動手操作，更是動腦推理，逐步接近科學家建構知識的方式。因此，建模不僅是一種教學策略，更是一種心智工具。

本書的誕生源自多所學校的特教資優教師跨校共備。初期的討論中，許多老師都共同關注到一個現象：建模長期以來被視為較高層次、較具抽象性的教學方式，似乎特別適合資優生。然而，當自然科學領綱將建模界定為「所有學生都應具備的探究能力」時，老師們也開始重新思考：建模究竟適合哪些學生？需要具備什麼條件？學生能否真的在這樣的教學中學會思考？

這段共備歷程提供了重要的答案！

在三個主題的教學設計與實作中，團隊逐漸看見：建模本質上是一種「從學生想法出發」的教學，它尊重每位學生的起點，讓他們帶著自己的預想、假設與迷思，進入科學推理的循環。也因此，建模不僅適合資優生，更適合所有學生。它具有差異化潛能——可以帶領一般學生建立清晰結構，也能引導資優學生邁向更專家化的思考。

本書在設計三個主題的建模課程時，採用了近年林靜雯、李宜諺所提出的「建模本位探究」(modeling-based inquiry) 架構。這一架構強調從現象出發，歸納、演繹、溯因不同的路徑，多輪循環。這樣的循環不僅回應十二年國教自然科學領綱「探究與實作」的核心精神，也提供教師清晰、可操作的「參考地圖」，支持學生逐步學會「像科學家一樣思考」。本書的教案充分展現了此架構如何在真實教室中落地，並轉化為學生能實際操作的學習歷程。

然而，本書最值得珍視之處，不只是教案本身，更是背後體現的教師專業性。要進行建模教學，老師必須同時掌握：科學主題的概念架構與內在關係、科學知識如何隨著證據演化、學生常見的迷思概念、如何從學生的表徵推斷其思考……。這樣的教學要求極高，而本書的教案示例與學習歷程，正展現了特教資優教師跨校協作的深度成果。他們不僅理解建模理念，更能將其轉化為可操作、可複製、貼近真實教室脈動的課程模組。

無論您是自然科教師、資優教育工作者、師資生，或是關心探究教學的教育夥伴，都能在這本教案輯中看到實踐的路徑，並從中獲得啟發。我非常榮幸能參與這群教師的共備歷程，也深深感受到：建模教學的核心，不在於讓學生長成科學家，而在於讓他們「像科學家那樣思考」。

願這本教案輯能成為更多教育者的典範，讓建模的思維方式走進更多教室，陪伴學生學習、推理、探索世界。

國立臺北教育大學 自然科學教育學系

林靜雯

114 年 11 月



# 前言

國立臺北教育大學特殊教育學系助理教授 馮理詮

本次社群夥伴所研發之課程主要分為繽紛的水溶液、炎炎調查隊及植物的傳播等三個單元，分別對應國小高年級自然科學領域中水溶液、燃燒三要素及植物傳播的三個學習主題。課程採 Subotnik 等人 (2011) 所提出的才能發展典範作為課程設計的哲學，架構上參考林靜雯及李宜諺 (2024) 所提出的建模本位探究教學的步驟（以下簡稱「建模本位探究」），融入資優教育中常見的 Maker(2009) 問題層次引導，以此貫串三個單元的課程設計思考及教學歷程，目標在培養學生專家化的思維。以下首先說明才能發展典範中對專家化取向的重視，再討論共備社群成員進行自然科學教學時，採用建模本位探究的原由，並詳細拆解建模本位探究的步驟，最後以 Maker 的問題層次提醒教師可以從情境脈絡的塑造與歷程的提問中，形成學生的問題意識，帶出學生的建模思考。本文旨在說明整體的課程思考，包含課程哲學、方法論的選用及教學策略的實踐說明，詳細內容請參見各單元教案設計。

## 一、踏入自然領域前理解的自然科學教學樣貌

當共備社群初次接觸自然科學領域的教學時，很快的遇到「探究與實作」、「POE 教學策略」、「POEC 教學策略」等關鍵字。面對各具特色的教學策略，團隊夥伴決定先從資優教育工作者的角色出發，尋找資優教育重視的核心價值，再進一步踏入自然科學的教學領域，理解其學科的內容與教學策略，最後採用建模本位探究為資優與自然科學的教學架起溝通的橋樑。

## 二、思考自然科學領域教學在資優班運作的樣態

一個師培歷程及任教生涯中接觸的都是特教專業的老師，在面對自然科學領域教學的挑戰時，應該採取什麼樣的姿態進入，才能夠既保有特教老師的專業性，又能深入的理解自然科學領域的教學本質呢？我們決定先回顧資優教育重視的內涵，再透過對於自然科學學科本質的理解，找出兩者共通之處作為課程設計的理念核心及驅動課程設計的作法。

## (一) 什麼是資優教育重視的

當普通教育從「帶著走的能力」轉移到對「素養」的強調時，資優教育應思考在素養的基礎上更進一步的方向。Subotnik、Olszewski-Kubilius 和 Worrell(2011) 從才能發展典範理論延伸的研究，能提供具建設性的引導（如圖 1 所示）。才能發展是將天賦潛能轉化為高水平的專業知能，最終達到卓越的過程，Subotnik 等人指出不同領域專業化的進程，與才能發展的階段類似，這一過程共有四個階段，分別為：能力、素養、專業、卓越。依循上述才能發展典範，我們認為資優教育的重點應著重在高層次的思考及專家化的取向，在教學上避免知識的堆疊及旁觀視角的表層理解，然而「高層次的思考」及「專家化」的概念，如何落實在自然科學領域的教學呢？這需要回到自然科學的教學專業層面進行討論。

圖 1 才能發展的進程



註：修改自 Subotnik, R. F., Olszewski-Kubilius, P., & Worrell, F. C. (2011). Rethinking giftedness and gifted education: A proposed direction forward based on psychological science. *Psychological Science in the Public Interest*, 12(1), p.34.

## (二) 什麼是自然科學領域重視的

對自然科學領域來說，其所重視的探究學習，與資優教育所強調的思考及專家化徑路的學習方向不謀而合。探究學習強調讓學生像專業科學家一樣使用科學方法建構和實踐知識 (Keselman, 2003)。但 Windschitl 等人 (2008) 認為學校中的探究活動通常不會提供學生資源或經驗來理解研究問題的「目的」，也較少鼓勵學生產生初始模型以指引其形成有意義的研究問題和假設，因此學校的科學研究通常缺乏科學概念的實質內涵。林靜雯、李宜諺 (2024) 也指出，探究的教學方式常讓學生誤以為實驗是進行研究的唯一方法，但舉凡地質學、演化生物學、自然史和天文學等科學領域，幾乎不可能設計對照實驗，最後許多教科書把探究描繪成一個線性的程序，這使探究成了「研究的流程」，而不是「思考的方法」。



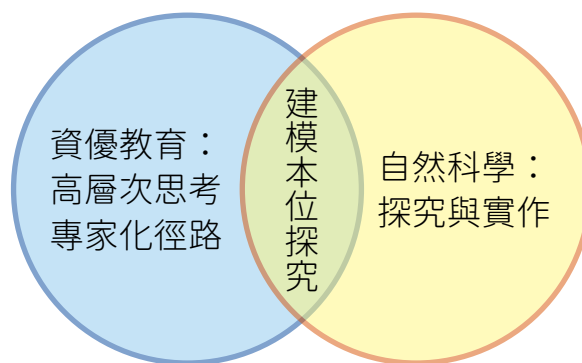
為改善上述的問題，以往在進行自然科學的教學時，教師較常採用的策略是 White 及 Gunstone(1992) 所提出的 POE 教學策略，引導學生先針對事件進行事件結果之預測，並提出理由；預測結束後，讓學生正式且詳細的觀察事件（實驗）過程與結果；最後要求學生對實驗結果進行解釋。在進行 POE 教學策略時，由於預測的結果通常會與觀察結果相反，在這樣的認知衝突中進行學習，對於含有認知衝突情境的教學特別有效（謝秉桓，2014），後續邱美虹在 POE 的教學基礎上，再加上了比較（Comparison）的階段，將學生對其預測的推理與觀察結果中衝突的部分進行比較與討論外顯，成為 POEC 教學策略（邱美虹等，2005）。

### （三）思考資優教育在自然科學領域部定課程中可能的實踐形態

從 POE 或是 POEC 的教學歷程中，可發現這二個模式同樣都重視從認知衝突中引發問題意識，進一步帶領學生深入學習，然而卻較難應用在生物學、自然史及天文學等科學領域。在教學過程中雖然能看出學生的思考運作，但仍難以形成系統性的思考脈絡。林靜雯（2024）在比較 POEC 的自然科學教學策略與建模本位探究時便指出，POEC 與建模本位探究在教學上，同樣都著重學生的先備知識，POEC 的歷程，會引導學生形成一個認知衝突，再不斷的進行探究的深化，而建模本位探究更強調的是「關係」與「表徵」，期待學生從中舉一反三、化簡馭繁。在知識爆炸的時代，如果我們不用模型來學習，知識易處於片段的累積，難以形成系統性的架構，因此建模本位的探究，其實具有一個時代的意義。

我們對於科學課程的想像，並非複製科學家在研究過程中的所有歷程，而是希望學生習得科學家在建構知識的過程中，有關如何生成（generate）及驗證（validate）新想法的科學方法。從上述的討論中可知，「建模本位探究」連結了資優教育的內涵及我們對於自然科學教學的想像（如圖 2），因此我們以此做為此次部定自然科學課程設計的主要核心策略。

圖 2 以建模本位探究連結資優教育與自然科學

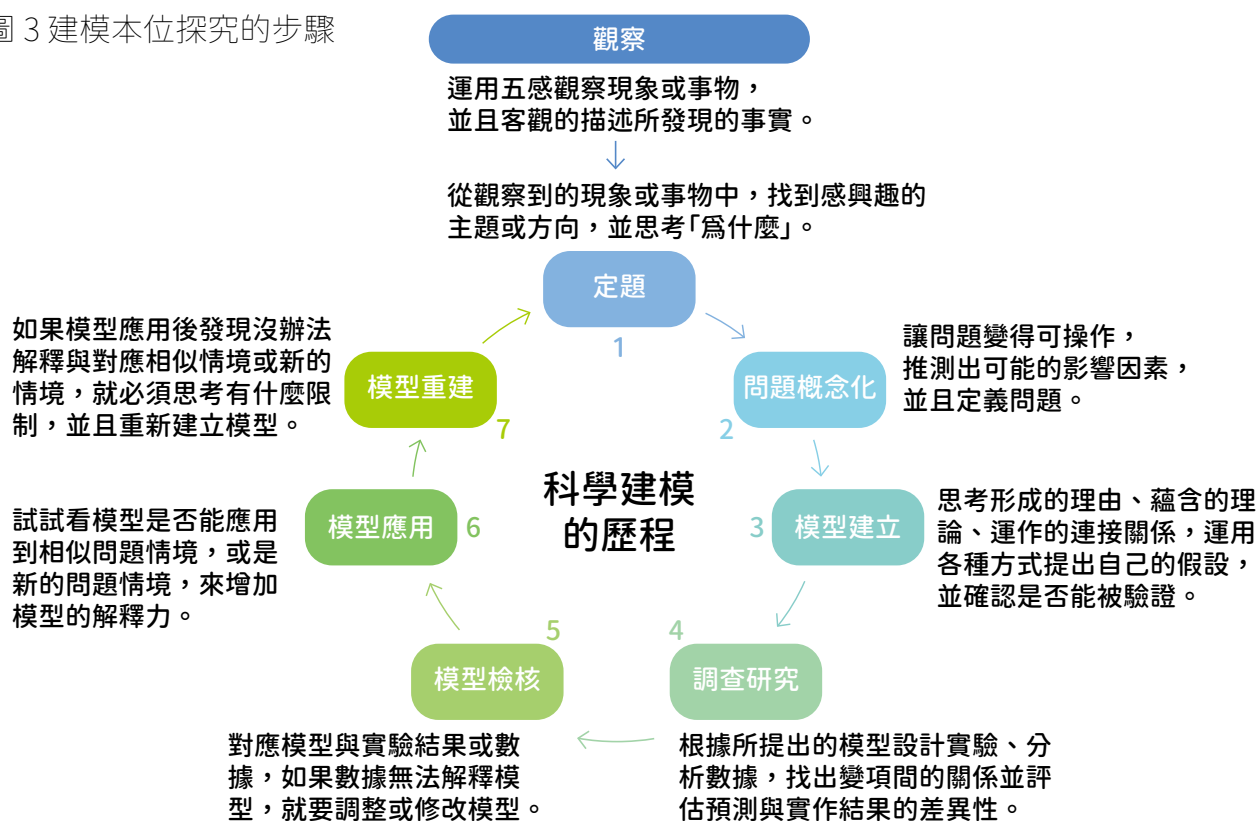


### 三、如何進行建模本位探究的教學

「建模本位探究」從字面上來看，即「以建立模型為核心的探究教學」，強調如何在科學活動中從既有的知識架構主動建構出科學現象的雛形／模型，再逐漸精緻化與反覆測試獲得類科學模型。此處所指的模型，是科學家在進行科學研究時，用以呈現不同變因所形成的複雜現象的形式。其形態依不同的目的包含有實物的模擬、數學模型、圖示或符號等。這些多元表徵的呈現方式涉及變因本身的屬性或關係，而關係又可能組織成一個綿密的複雜系統，這些外顯的表徵用以連結觀察的經驗世界，例如以動畫呈現無法以肉眼發現的水分子運動，就可視為模型（邱美虹，2024）。模型除了形式上的不同外，其功能亦不相同，從描述科學現象、解釋原因和運作的機制到進行科學現象的預測。由此可知，建模本位探究中所指的模型，是科學活動中學習的預期模型，學習者為特定的科學現象建立自己的心智模式；而建模，則是指模型建構的過程中，側重模型的發展、構建、評估和修改，以致完善模型實現對科學本質的認知和實踐（邱美虹，2024）。在建模本位探究的過程，從既有的知識和技能中建構出一個初始待檢驗的模型，就是一種基於背景知識與經驗的選擇，也是一種假設與判斷，再透過實驗的設計進行資料蒐集，發展和精緻化模型以確認該模型的有效性，作為後續運用模型進行問題解決之用，直到所驗證的模型失效時才會面對修正模型的需求和挑戰，過程中有時也會需要不斷修正或放棄原有的假設模型。

我們參考了林靜雯及李宜諺（2024）所提出的建模本位探究的步驟，引導學生在現象觀察後，進行科學建模歷程的教學及引導，如圖 3 所示。

圖 3 建模本位探究的步驟





- (一) 觀察：由教師提供一個現象或是研究的議題，引導學生進行初步的觀察，然後對所見做出簡單的描述；或是從舊經驗中提取，發表過去所學的知識。老師可以透過學生對現象或研究議題不同的反應及描述，了解學生的準備度並引導至下一階段——定題。
- (二) 定題：教師選取某一現象問學生「為什麼會這樣？」，引導學生讓思考初步聚焦。一個現象有很多觀測切入的視角，例如：觀察種子傳播的過程，有些學生可能會好奇種子為什麼會黏在動物身上，有些學生可能會針對種子的形狀及顏色思索，當然也會有學生比較不同種子的傳播方式。定題階段的重點在於教師要引導學生從現象中根據先備「經驗」以及建模「目的」(描述、解釋、問題解決或預測)，提出一系列的驅動問題 (driving questions)，嘗試驅動學生的學習興趣和好奇心，並協助他們訂定探究的主題與方向。
- (三) 問題概念化：教師引導學生確認欲探究的現象中的主要「變因」，形成有意義、可探究的研究問題陳述。實際教學時，教師可透過「是什麼……(What)」、「有哪些因素……」的問題引導學生確立變項，為下一階段的模型建立提取出要素及關係。
- (四) 建立模型：教師引導學生為要探索的現象，生成關於「結構」、「過程」或「系統」的初始模型表徵來表示重點。教師在此一階段可以引導學生用圖畫、文字或是公式對現象原因的假設或是描述進行表述。
- (五) 調查研究：教師引導學生規劃實驗並進行記錄。在學生建立初始模型之後，教師引導學生計畫系統性研究以進行實驗模型，探索證據以構建因果論證或對現有的最佳解釋做出推論，回應研究、假設或測試初始模型。
- (六) 模型檢核：教師引導學生根據蒐集的數據或提供的新訊息進行推理，並透過評鑑初始模型，修正模型。
- (七) 模型應用：模型在檢核過後，有了一定的強韌性，教師可以引導學生將模型嘗試應用在新情境或類似現象的描述、解釋、預測、問題解決，檢測模型的周延性及涵蓋範圍。
- (八) 模型重建：若初始模型的範圍和侷限性變得明顯，無法符合研究目標或不適合新環境，則學生需重新檢視初始模型，增加或減少模型內部組成與關係，或拓展研究的範疇。此階段會出現在模型建立後的各個階段，並使思考成為一個循環。

上述的步驟提供教師在進行建模本位探究教學初期的參考，待教師熟練各步驟操作及建模思考的內涵後，可視教學需求彈性拆解應用。邱美虹 (2024) 認為若能在學生探究的過程當中，引導學生有系統的分析現象、確認問題、建立模型、蒐集證據來

測試模型，最後評估與修改模型，對觀察的科學現象進行解釋與預測，這即可視為建模取向的探究 (modeling-based inquiry)。

#### 四、融入在建模本位探究歷程中的不同問題層次展現

自然科學領綱中明確指出在國小高年級階段，植基於中年級的具體操作經驗，教師應提供思考能力的機會，協助學生進展至下一個學習階段的重點：形成假說，並進行實驗、驗證與修正 (教育部，2018)。由此可知，具體操作、思考及假說的形成與驗證，是國小、國中自然科學學習的重點。

資優學生在自然科學學習中常展現高度好奇心、問題意識與思辨能力，資優班教師則擅長依學生的興趣、學習準備度及學習偏好，有意識的使用問題層次鋪陳情境脈絡及進行課堂提問。我們也發現透過提出問題，可以有效的建構學生的問題意識，並且進一步以此問題意識驅動學生進入建模本位探究歷程的循環。本次課程設計參考 Maker (2009) 所提出的問題層次類型 (如表 1)，作為教學歷程中問題設計的參考架構。根據 Maker 的理論，問題可依其明確度與解決方式的開放程度分為六個層次。資優學生的思考歷程不應僅停留在已有答案或固定方法的操作層次，而應透過開放式問題的歷程，引導其建構模型、修正模型，並遷移模型至新情境中使用，值得注意的是最後一欄模型的樣態，此欄代表課程中教師對學生最後產出的模型的期待，可區分為已經具備要素，結構關連明確的標準模型，或是需要學生運用創意思考，自行提取要素、關聯的無標準模型，這一類的模型可能依不同的問題解決歷程有著不一樣的模型表徵。

表 1 建模本位探究的提問層次

| 問題類型     | 問題結構  | 解決方法   |         | 模型的樣態 |
|----------|-------|--------|---------|-------|
| Type I   | 問題明確  | 方法只有一個 | 學生知道方法  | 有標準模型 |
| Type II  |       |        | 學生不知道方法 |       |
| Type III |       | 有多種方法  |         |       |
| Type IV  |       |        |         |       |
| Type V   |       | 學生自己創造 |         | 無標準模型 |
| Type VI  | 問題不明確 |        |         |       |

修改自 Maker(2009)

在課程設計上，我們將提問安排在初始的問題導入階段、中段的探究發展及觸發高層次思考的延伸挑戰階段 (詳見 P.10 教學理念說明)。課程中的三個單元皆以 Type II 類型問題 (學生知道問題但不知道解法) 作為起點，搭配實驗與探究操作進入 Type III 類型問題 (具多元解法)，最後安排挑戰任務，讓學生面對無標準模型的情境，進入 Type IV 的層次 (甚至在植物的單元部分觸及 Type V (需學生創造問題或解法))。這樣的問題層次設計，不僅可提升學生參與度與思考深度，也與資優教育中強調的高



層次挑戰與創造力發展目標相呼應。

## 五、結語

綜上所述，本次課程單元各有不同的模型表徵及功能，教師在教學時，應注意的重點如下：

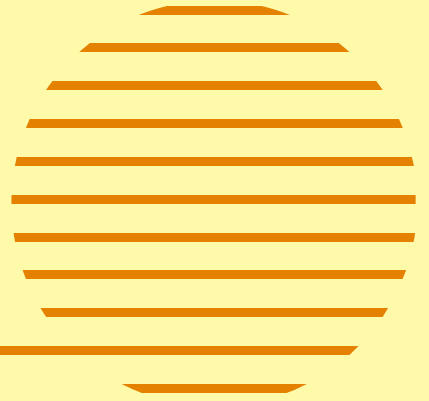
- (一) 預先設想課程中學生應該出現的模型樣態，並進一步的引導其呈現。
- (二) 預先確認課堂中模型的要素應包含哪些。
- (三) 預先確認課堂中模型各要素間的關聯為何，以此掌握學生對於概念的理解程度或是澄清迷思概念。
- (四) 引導學生確認模型的「功能」為何(解釋、預測、後續應用……)，並清楚說明每個模型的限制或範圍。

上述重點皆呈現於每一節教案最起始處(詳各單元教學活動)，方便教師備課時清楚掌握教學要點。此外為提升學生學習興趣，社群夥伴以學生喜愛的寶可夢作為教材的情境鋪陳，帶領學生透過水溶液、燃燒及植物的傳播等三個單元的學習，成為各系的大師。讓學生在有趣的情境脈絡中，以建模的思考歷程進行科學家的專家思維練習，將自然科學領域中重要的探究與實作精神內化為心智模式，從中體驗自然科學學習的樂趣，並期待學生在未來將這樣的思考歷程遷移至其他感興趣的現象探究上。對社群的所有夥伴而言，從資優教育的領域出發，試探資優概念融入學科領域教學的各種可能，這個歷程既新奇又充滿挑戰，在跨領域教授專家的引導下，社群成員彷彿經歷過一種科學的洗禮，我們滿心期待這份教材能帶給老師們教學上的啟發，讓資優班老師更有信心勇敢跨域。

## 參考文獻

1. 林靜雯、李宜諺 (2024)。模型 / 建模本位探究的階段與循環：回顧與啟示。載於邱美虹 (編)，科學探究與實作之理念與實踐 (75-99 頁)。臺灣師大出版社。
2. 邱美虹 (2024)。科學建模研究與教學實踐。載於邱美虹 (編)，科學探究與實作之理念與實踐 (41-74 頁)。臺灣師大出版社。
3. 邱美虹、林世洲、湯偉君、周金城、張榮耀、王靖璇 (2005)。科學創意實驗書。洪葉文化。
4. 謝秉桓 (2014)。POEC 教學策略之理論與實務。臺灣化學教育，1(4)，447-451。
5. 陳民峰 (2024 年 11 月 14 日)。【教學研究】怎樣用模型來進行推論——已翰林五上水溶液單元溶解現象為例。Facebook 社群蜜蜂老師 ㄟ 蜂窩。<https://www.facebook.com/share/p/16WfFbT3mP/>
6. Keselman, A. (2003). Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 898-921.<https://doi.org/10.1002/tea.10115>
7. Subotnik, R. F., Olszewski-Kubilius, P., & Worrell, F. C. (2011). Rethinking giftedness and gifted education: A proposed direction forward based on psychological science. *Psychological Science in the Public Interest*, 12(1), 3–54. <https://doi.org/10.1177/1529100611418056>
8. White, R., & Gunstone, R. F. (1992). Prediction-observation-explanation. In R. White & R. F. Gunstone, *Probing Understanding* (pp. 44-64). London: The Falmer Press.
9. Maker, C. J. (2009). The DISCOVER assessment and curriculum development model. In J. S. Renzulli, E. J. Gubbins, K. S. McMillen, R. D. Eckert, & C. A. Little (Eds.), *Systems and models for developing programs for the gifted and talented* (2nd ed.) (pp. 253-288). Creative Learning Press

# 基本資料



- **研發團隊：**國小一般智能資優跨校專業社群團隊

國立臺北教育大學：馮理詮

碧湖國小：周秉弘、楊婷雅、林盈君、王思澄、陳家聲

敦化國小：王千霈

麗湖國小：高翊瑄、王宜菁

石牌國小：顧薇

仁愛國小：林家薈

士東國小：郭亭妤

吉林國小：鄭若予

桃園市義興國小：陳聖文

- **課程名稱：**神奇科學家 - 國小高年級資優自然科學模組課程

- **教學年級：**國小五、六年級

- **課程模組屬性：**部定課程調整 ( 單一領域 )

科目 - 自然科學領域

- **課程類型：**全學期課程 ( 共 20 週 ) - 每週 1 節



## ●教學理念說明：

基於 108 課綱以學生為主體的核心概念，在資優班中的有效學習，應是師生共創一種富回應性的教學情境 (Tomlinson, 1994)。在自然科學的資優教學中，教師除了透過課程及教學的設計，回應資優特質所產生的特殊需求之外，因應自然科學領域具備結構性極強的學科特性，教師亦應透過課程回應自然科學的學科特性，引導學生掌握領域學習的重要概念。確認課程設計能夠含納學生及學科特性後，課程設計的思考應向上、向下一層，分別回應現階段課綱中所強調的素養導向原則，及本社群成員所指導的資優生的在地需求，以下分別說明本課程對於各向度的回應內容。

### 一、回應一般資優生學習特質

觀察對於自然科學感興趣的資優生，可以感受到他們具有對於現象強烈的好奇心，急欲尋求解釋，還有充沛的行動力，積極探索對於問題的解答。對於高層次思考及挑戰的渴望，是所有資優生共同的學習特質，故本課程各個單元皆從現象觀察引起學生對於未知的好奇，以此驅動學生完成一次次的建模思考。以第一個單元『繽紛的水溶液』為例，課程中提供現象（分層水溶液），亦提供科學家的思考策略（建模思考）引導學生透過尋找答案的過程，逐步培養專家思維，將探究與實作的內涵實踐於每個學生的思考及實驗之中。

### 二、回應自然科學領域的特性

自然科學領域的學習，旨在讓學生經歷類似科學家的探索與思考歷程來認識科學的本質，以及發展發現科學理論的心智活動（邱美虹，2024）。本課程延伸普通班自然課程，以高年級水溶液、燃燒及植物的傳播為學習內容，持續引導學生練習以建模概念進行科學探究，學生在修習本門課程之前，在中年級資優班課程已學習過以電學為內容的科學建模歷程，因此在高年級的課程中，教學團隊的夥伴們以更多元的現象引起學生的好奇心，引導學生將建模思考的架構進一步內化，並應用於不同情境中，嘗試解決問題。

確認以建模本位學習為課程主要的架構後，在教學歷程的安排上我們參考 Maker (2009) 的問題層次，讓教師有意識的以問題引導學生更加進入建模思考的循環中。在第一單元水溶液中，強調粒子的概念，此概念為自然界中已知的現象，但因粒子屬微觀層次，學生不易光憑想像推導出粒子的概念模型，因此陳民峰 (2024) 在水溶液單元的教學研究中，參考美國 NGSS 自然科學的課程綱要，建議教師可以直接透過教學揭示粒子的概念，再將這個概念遷移到不同的情境中（如溶解、蒸發等現象的解釋）。綜上所述，在進行水溶液教學時，教師一開始應先以 Type I 的問題，建構學生的「粒子觀」，再以 Type II 的問題提供日常生活的蒸發及溶解現象，以 Type III 問題引導學生以蒸發



及溶解的現象練習建立粒子觀的模型，最後採 Type IV 的問題讓學生實作出分層水溶液。

在第二單元燃燒，教師引導學生不斷的進行燃燒三要素的應用，其模型結構明確（即燃燒三要素）。在最後的模型應用中，教師請學生推論噴火龍實際完成噴火動作時，基於燃燒三要素的模型，要達成何種條件，此一任務屬於 Type III 層次，著重燃燒三要素模型的遷移應用，故在模型樣態的分類中，為「有標準模型」的範疇。

在第三單元植物的傳播，學生在學過植物種子的構造、傳播方式與環境的互動後，教師將引導學生設計一款在任何環境中都能傳播的「極限種子」，這樣的任務屬於 Type V 的類型，且在問題解決的過程，學生需要整合課堂所學，運用創造力，提出自己對該種子的想像，因此其樣態屬「無標準的模型」。

表 1 列舉各單元問題層次的對照，教師在使用時宜注意提問的技巧及問題層次，將能更有意識的啟發學生的專家思考。在問題導入的階段，教師主要提出一種現象，透過 Type II 的問題引導學生先進行廣泛的觀察，再聚焦某個面向進行仔細的觀察（定題）；當學生對現象產生好奇後，教師進一步在探究發展的階段以 Type III 的問題，透過 What（是什麼造成……）以及 How（如何……）的提問句型，勾勒出學生對於現象解釋或是想法的概念雛型，接續實驗設計完成後續的建模教學步驟；最後在延伸挑戰階段，教師基於之前課程所學，設計出延伸的問題情境，以 Type IV 或 V 的問題，試圖引導學生體驗一次建模思考的歷程，甚至進行模型的調整或重建。

表 1 提問策略與建模思考的對照

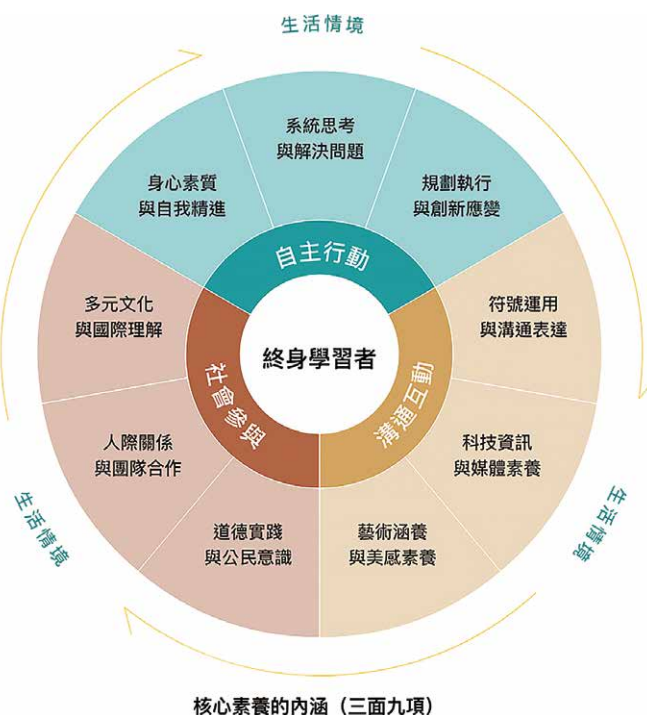
| 問題<br>層次<br><br>單元<br>名稱 | 問題導入                                                                               | 探究發展                                                                                                                                                                                  | 延伸挑戰                                                |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                          | Type I、II 問題，引導學生對現象覺察，及進行有方向的定題。                                                  | Type III 問題，引導學生將問題化為可操作的變因，並形成模型，進一步設計實驗進行模型檢核、應用及重建。                                                                                                                                | Type IV、V 問題，提供延伸性的挑戰，引導學生在不確定模型表徵的情況下，完成一次建模思考的歷程。 |
| 水溶液<br>單元                | Type I：<br>· 水是由粒子組成的嗎？<br>· 水中的粒子會移動嗎？<br>Type II：<br>· 為何水漬會消失？<br>· 為何糖在水中會不見了？ | Type III：<br>· 蒸發現象的模型為何？<br>· 糖的溶解的模型為何？<br>· 墨水滴到水中的擴散模型為何？<br>※上述三個模型的教學過程中，學生可能以鉅觀或微觀的視角產生不同的模型，教師務必引導學生比較：哪個模型的解釋力較佳？各個模型的限制為何？（在進行蒸發、溶解、擴散的模型表徵時，都要進行此提問。）<br>· 攪拌或加熱會如何影響溶解現象？ | Type IV：<br>· 是什麼造成水溶液分層？<br>· 如何製作漂亮的漸層飲料？         |

| 單元名稱         | 問題導入                      | 探究發展                                                              | 延伸挑戰                                                              |
|--------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 燃燒單元         | Type II：<br>· 為什麼火會熄滅？    | Type III：<br>· 如何改變燃燒三要素進行探究實驗？<br>· 一起成為流炎終結者，真的可能用燃燒三要素破解動漫效果嗎？ |                                                                   |
| 植物的傳播單元      | Type II：<br>· 種子為什麼有不同形狀？ | Type III：<br>· 植物的構造如何影響傳播？<br>· 構造與環境如何互動？<br>· 如何設計植物傳播的實驗？     | TypeV：<br>· 如何設計一種能符合各種情境的「極限果實」？                                 |
| 與建模本位教學步驟的對應 | ■觀察<br>■定題                | ■問題概念化<br>■模型建立<br>■調查研究<br>■模型檢核<br>■模型應用<br>■模型重建               | ■觀察<br>■定題<br>■問題概念化<br>■模型建立<br>■調查研究<br>■模型檢核<br>■模型應用<br>■模型重建 |

### 三、回應素養導向的需求

基於自然科學課程的學科領域特性，教師採用建模思考教學的方式，在過程中有意識的引導學生觀察、產生模型、實作評估、調整修正等步驟，學生在學習過程中自然而然的達到了素養導向三面九項內涵中強調的解決問題、規劃執行、溝通表達及人際合作項度。透過教師在課程中的引導，也進一步回應了自主行動、溝通互動及社會參與的面向，形塑學生在自然科學中素養培育的徑路（如圖1所示）。

圖 1 神奇科學家課程透過三面九項達到素養的路徑



### 四、回應社群中資優生的共同需求

觀察本社群夥伴所任教的資優班學生的自然科學學習方式，可發現學生對於自然科學的學習到了高年級後，自主提問的問題變少了，同學們開始在意「課本中對於現象解釋的背誦」。因此本課程的最終目標是形塑自然科學領域專家的思考模式，從普通班課程中進行延伸，引導學生透過提問，讓已知化為未知，再從建模的過程中形成自己對於知識的心像和解釋，喚起同學對自然科學的好奇心，並引導他們掌握探究的思考和方法。



## ● 核心素養、學習表現與學習內容對應情形

| 參考課程綱要 |      | 十二年國民基本教育自然領域課程綱要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 核心素養   | 總綱   | A2 系統思考與解決問題      A3 規劃執行與創新應變<br>B1 符號運用與溝通表達      B2 科技資訊與媒體素養<br>C2 人際關係與團隊合作                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|        | 領綱   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 自 -E-A2 能運用好奇心及想像能力，從觀察、閱讀、思考所得的資訊或數據中，提出適合科學探究的問題或解釋資料，並能依據已知的科學知識、科學概念及探索科學的方法去想像可能發生的事情，以及理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式。</li> <li>· 自 -E-A3 具備透過實地操作探究活動探索科學問題的能力，並能初步根據問題特性、資源的有無等因素，規劃簡單步驟，操作適合學習階段的器材儀器、科技設備及資源，進行自然科學實驗。</li> <li>· 自 -E-B1 能分析比較、製作圖表、運用簡單數學等方法，整理已有的自然科學資訊或數據，並利用較簡單形式的口語、文字、影像、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。</li> <li>· 自 -E-B2 能了解科技及媒體運用方式，並從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體等，察覺問題或獲得有助於探究資訊。</li> <li>· 自 -E-C2 透過探索科學的合作學習，培養與同儕溝通表達、團隊合作及和諧相處的能力。</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 學習重點   | 學習表現 | 繽紛的水溶液                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>· tm- III -1 能經由<u>觀察、定題、問題概念化 (提出變因)</u> 等歷程，探索自然界現象之間的關係，建立簡單的概念模型，並理解到有不同模型的存在。</li> <li>· po- III -2 <u>在觀察現象後，能從各種問題及假設中</u>，初步辨別適合科學探究的問題，並依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，提出適宜探究之問題。</li> <li>· pa- III -2 <u>能從調查研究 / 實驗的結果中，檢核自身建構模型是否正確，並提取出要素及要素間的關聯</u>，探究結果和他人的結果（例如：來自同學）比較對照，檢查相近探究是否有相近的結果。</li> <li>· pc- III -2 能利用簡單形式的口語、文字、影像（例如：攝影、錄影）、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。</li> <li>· an- III -1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。</li> <li>· ah- III -1 利用科學知識理解，<u>並嘗試以模型解釋</u>日常生活觀察到的現象。</li> </ul> |

|      |      |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------|------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 學習重點 | 學習表現 | 炎炎調查隊 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· tr- III -1 能將自己及他人所觀察、記錄的自然現象與習得的知識互相連結，察覺彼此間的關係，並提出自己的想法及知道與他人的差異。</li> <li>· po- III -2 能初步辨別適合科學探究的問題，並能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，提出適宜<u>驗證自身建立模型正確性的探究方式</u>。</li> <li>· pa- III -2 能從所得的資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和他人的結果比較對照，驗證<u>自身思考模型的正確性</u>。</li> <li>· pc- III -2 能利用簡單形式的口語、文字、繪圖或模型等，表達<u>自身建立模型</u>的探究之過程、發現或成果。</li> </ul>                                                                                       |
|      |      | 植物的傳播 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· tm- III -1 能經由提問、觀察及實驗等歷程，探索自然界現象之間的關係，建立<u>簡單的種子與傳播概念模型</u>，並理解到有不同模型的存在。</li> <li>· tr- III -1 能將自己及他人所觀察、記錄的自然現象與習得的知識互相連結，察覺彼此間的關係，並提出自己的想法及知道與他人的差異。</li> <li>· pa- III -2 能從所得的資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和他人的結果比較對照，<u>驗證自身思考模型的正確性</u>。</li> <li>· po- III -2 能初步辨別適合科學探究的問題，並能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，提出適宜<u>驗證自身建立模型正確性的探究方式</u>。</li> <li>· pc- III -2 能利用簡單形式的口語、文字、繪圖或模型等，表達<u>自身建立模型</u>的探究之過程、發現或成果。</li> </ul> |
|      | 學習內容 |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>· INa- III -3 混合物是由不同的物質所混合，物質混合前後重量不會改變，性質可能會改變。</li> <li>· INa- III -8 熱由高溫處往低溫處傳播，傳播的方式有傳導、對流和輻射，生活中可運用不同的方法保溫與散熱。</li> <li>· INc- III -1 生活及探究中常用的測量工具和方法。</li> <li>· INe- III -3 燃燒是物質與氧劇烈作用的現象，燃燒必須同時具備可燃物、助燃物，並達到燃點等三個要素。</li> <li>· INe- III -4 物質溶解、反應前後總重量不變。</li> </ul>                                                                                                                                                              |

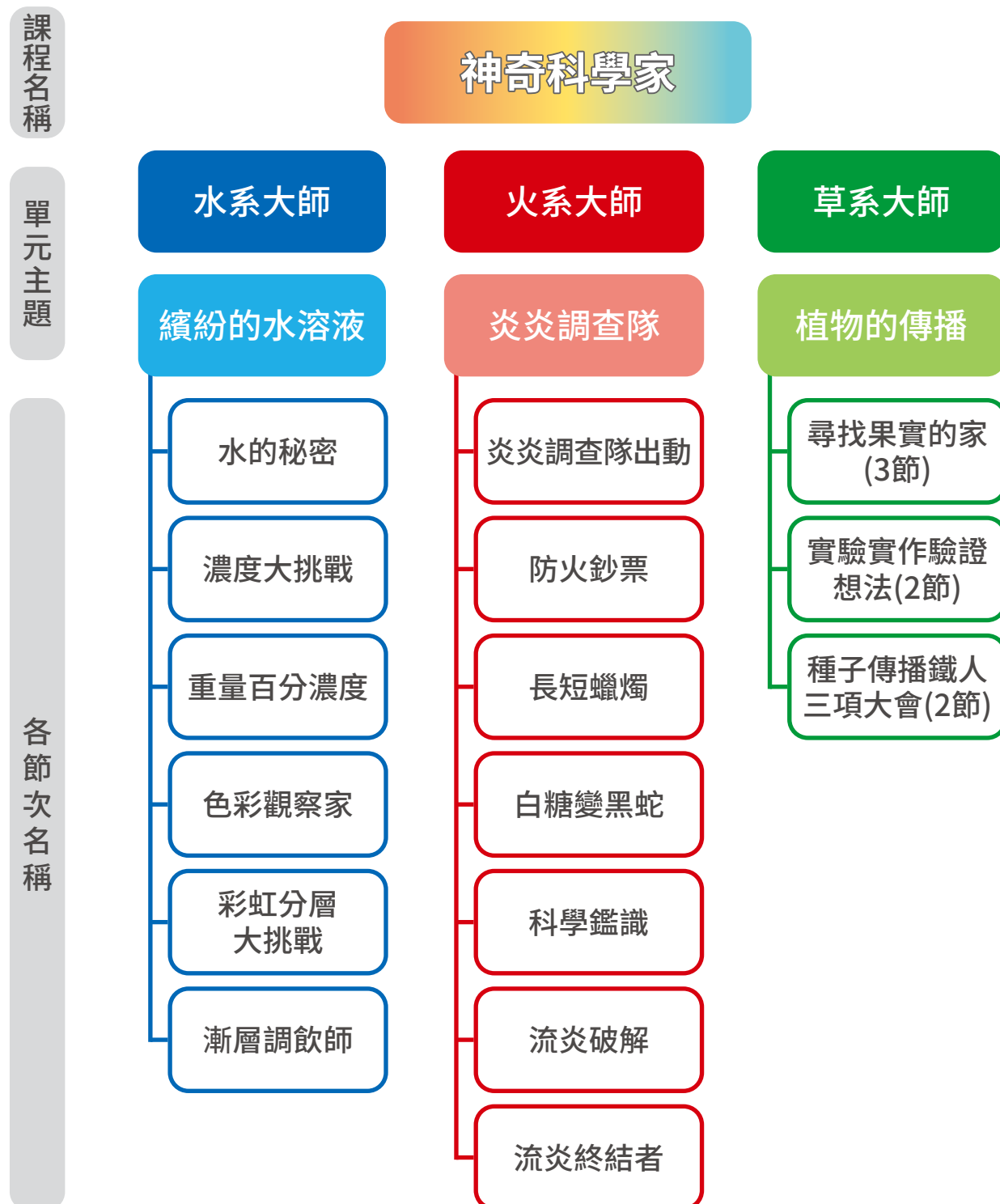
※ 備註：依據資優學生需求調整之學習表現以底線及顏色標示。



- 議題融入：環境教育、能源教育、閱讀素養
- 課程架構說明：

由於本課程內容銜接高年級水溶液、燃燒及植物的傳播等單元，為增加學生學習的趣味性及動機，團隊夥伴將學生的任務設計為神奇寶貝御三家的概念，分為水系、火系、草系的大師任務，引導學生在成為水、火、草系大師的養成階段，培養對於各模型的認識及建模思考方式。課程架構圖如下圖 2 所示。

圖 2 課程架構圖

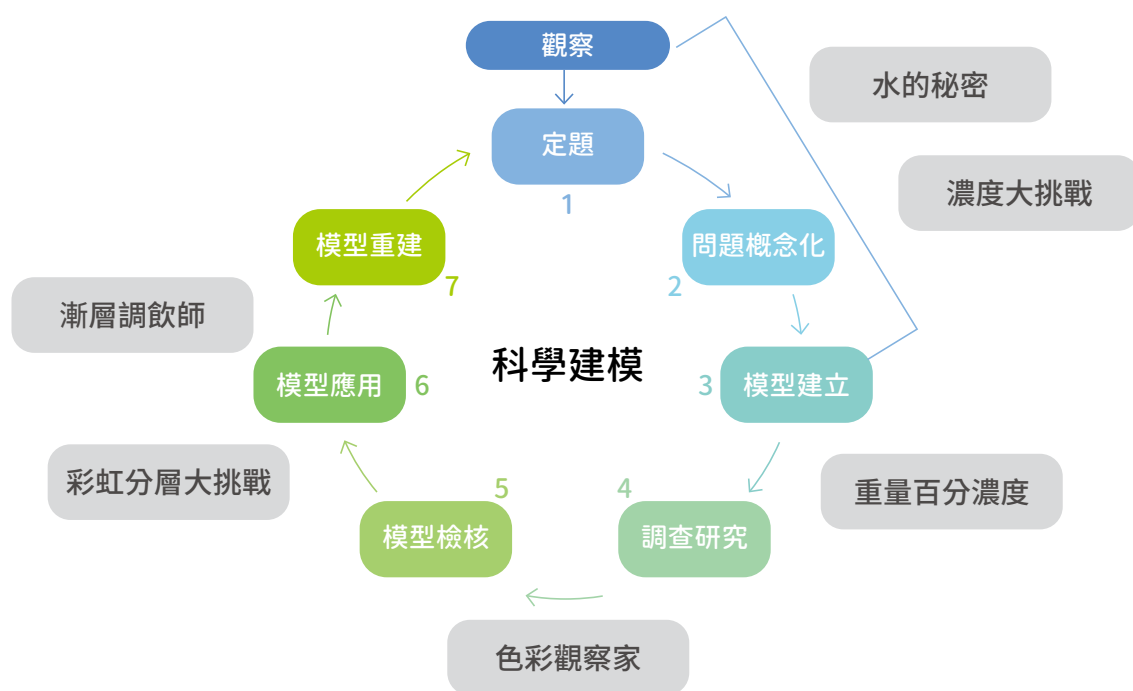


此處接續呈現三個單元中各節次與建模教學的對應以及模型的重點，課程中三個單元皆引導學生進行一次完整的建模思考歷程，從現象觀察出發，確定問題、建立模型，再經過調查研究開啟一系列模型的檢核、應用或重建，各步驟皆有對應的課程教學；此外，為使教學者易於理解各單元重要之模型概念，此處亦提取各單元所產生的模型表徵、模型功能及模型要素進行說明。

## 一、繽紛的水溶液

### (一) 建模教學歷程與各節次的對應

本單元共計六節，依照建模教學的歷程，在第一、二節水的秘密及濃度大挑戰課程，連結學生在普通班的學習經驗，先透過蒸散的現象建構粒子的概念，再以粒子概念帶入水溶液中的擴散作用，建構第一個模型。第三到六節則對應重量百分濃度的概念，將濃度先以公式進行表徵，再進一步探討濃度造成的分層效果，值得注意的是在模型應用與重建的階段，若模型的解釋力不足，教師需要引導學生再次提出假設（調整 / 重建模型），及進行實驗設計與實作，以呈現建模教學中模型不斷調整適應的過程。



### (二) 重要建模概念

水溶液單元包含四個模型，第一個為蒸發模型，用以引導學生產生粒子的概念，教師可以直接教學；第二個為溶解模型，將粒子的概念延伸解釋溶解的現象；第三個為濃度模型，其表徵形式分為公式及圖表，對應水溶液的濃度概念，以及粒子不斷移動的現象，學生透過教師的引導理解兩種不同模型產生的歷程及應用方式，同時亦嘗試啟發學生對於科學建模中模型的概念；第四個為擴散模型，呈現墨



水滴入水中後，由濃度高的區域往濃度低的區域移動的情況。以下分就本單元中模型的表徵、功能、結構與關係進行說明。

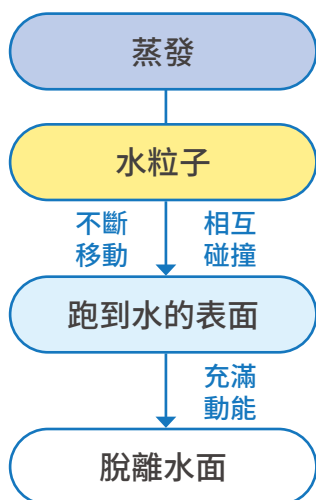
1. 模型表徵：

- (1) 蒸發、濃度、擴散的模型表徵：圖片及文字
- (2) 重量百分濃度的模型表徵：公式

2. 模型功能：四個模型的功能都著重現象的解釋 ( 詳細說明見 P.25 教案說明 ) 。

3. 教學架構：

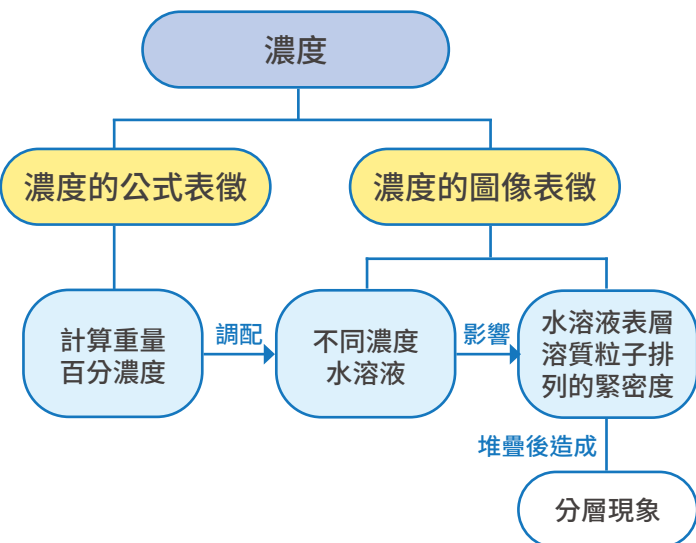
水溶液的教學架構一：蒸發



※教師可以直接呈現蒸發模型並帶入粒子的觀念

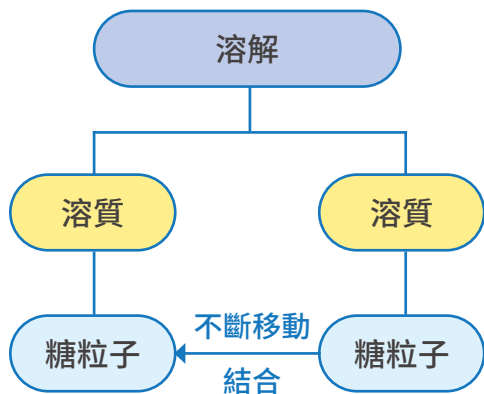
※務必呈現巨觀、微觀模型並說明，引導學生評價並發現其中限制

水溶液的教學架構三：濃度



引導學生以公式、圖畫、文字作為模型表徵

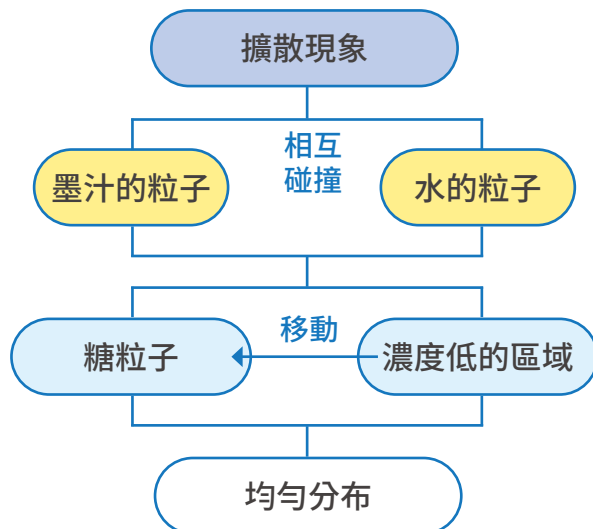
水溶液的教學架構二：溶解



引導學生以圖畫或文字作為模型表徵

※務必呈現巨觀、微觀模型並說明，引導學生評價並發現其中限制

水溶液的教學架構四：擴散



引導學生以公式、圖畫、文字作為模型表徵

※務必呈現巨觀、微觀模型並說明，引導學生評價並發現其中限制

## 4. 專有名詞定義：

| 名詞               | 定義                                | 舉例                                                                    | 備註           |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------|
| 原子<br>(Atom)     | 化學元素的最小單位，不能再以化學方法分解。             | 氫原子 (H)、氧原子 (O)、碳原子 (C)                                               | 基本的化學粒子      |
| 分子<br>(Molecule) | 由兩個以上的原子以化學鍵結合而成，是純物質中能單獨存在的最小單位。 | 水分子 (H <sub>2</sub> O)、氧氣分子 (O <sub>2</sub> )、二氧化碳 (CO <sub>2</sub> ) | 結構穩定、可獨立存在   |
| 粒子<br>(Particle) | 泛稱微小的物質單位，可以是原子、分子、離子、奈米粒子等。      | 水分子、氧原子、Na <sup>+</sup> 、奈米銀粒子                                        | 是一個「籠統但實用」的詞 |

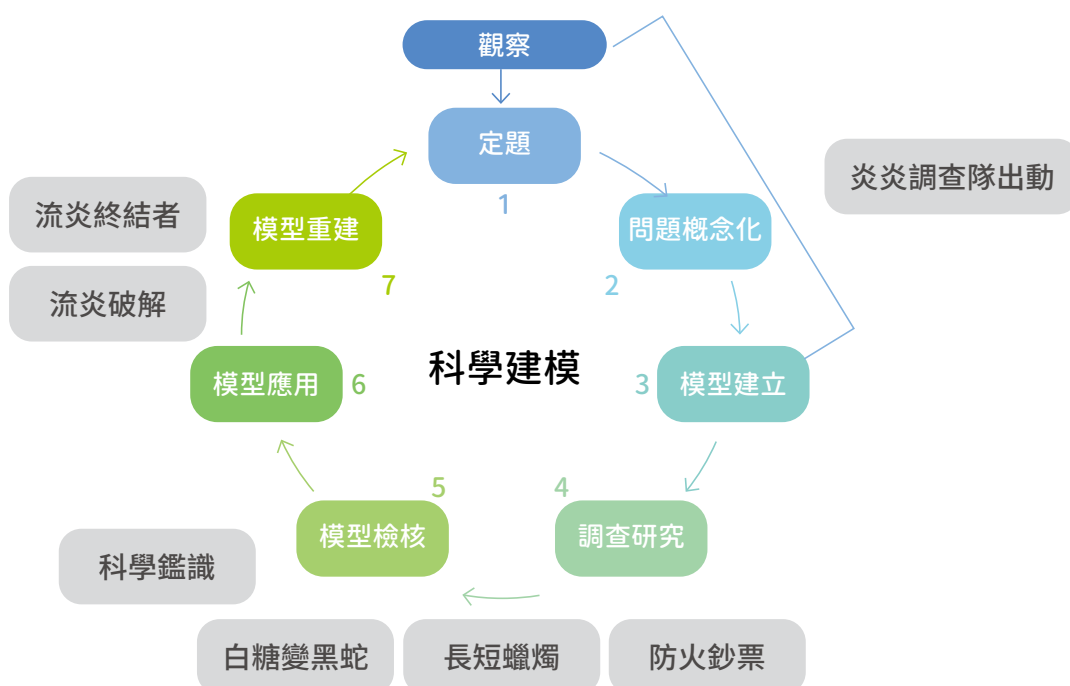
## (三) 評量規準

| 層次<br>評量要素             | 初級                   | 中級                  | 高級                      | 專家級                                     |
|------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| 模型表徵<br>(如粒子圖、濃度圖示、公式) | 模型圖示模糊或錯誤，無法表達科學概念。  | 圖或文字表現不完整，表徵與解釋不一致。 | 能畫出水粒子或濃度模型，部分圖文說明清楚。   | 能清楚繪製並說明水粒子、濃度擴散與重量百分濃度模型，圖像和文字說明一致、正確。 |
| 模型功能<br>(用來解釋現象)       | 無法連結模型與現象的解釋，或只背誦概念。 | 嘗試用模型解釋，但不清楚其功能。    | 能使用模型解釋部分現象，有時能連結到課堂探究。 | 能使用模型解釋濃度變化或預測分層現象，並說明模型如何幫助自己理解。       |
| 模型要素與結構<br>(如溶質、溶劑與分佈) | 難以指出要素，也無法說明關係。      | 能說出一些要素，但關係描述模糊。    | 能指出部分要素，並說明簡單關係。        | 能指出模型中的各要素，並清楚說明它們之間的關係（例如濃度與溶質、溶劑的關聯）。 |

## 二、炎炎調查隊

## (一) 建模教學歷程與各節次的對應

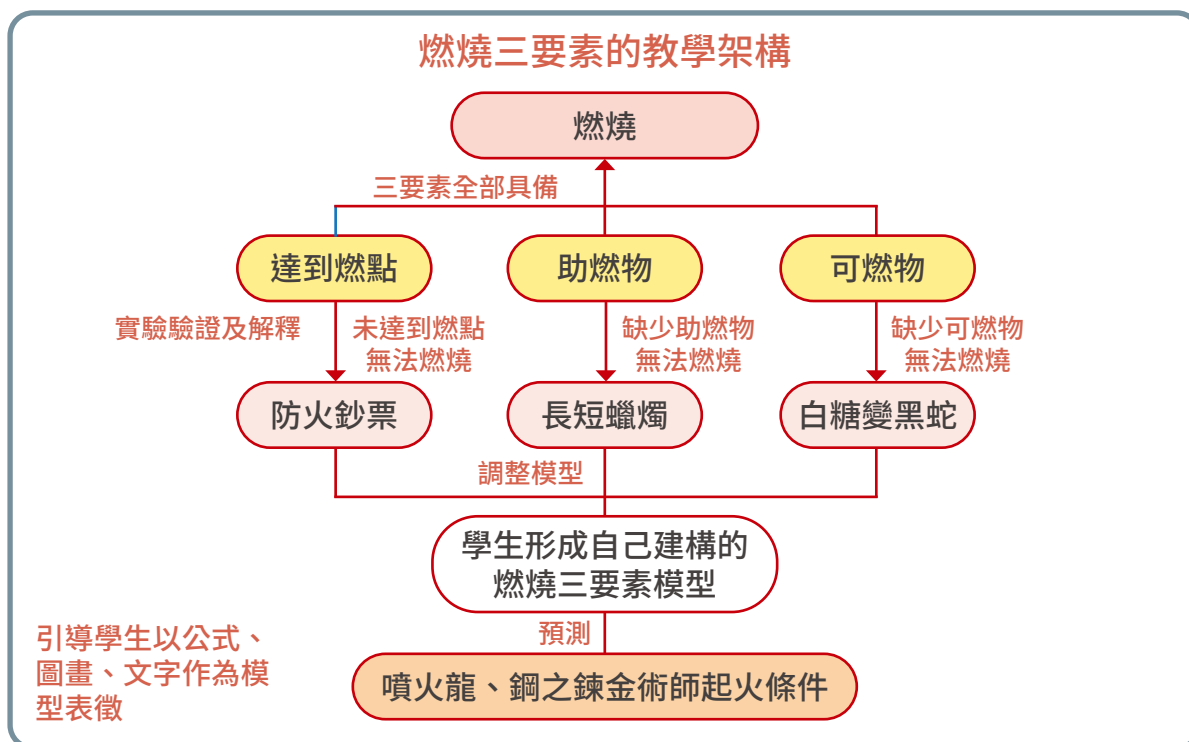
本單元共有七節，學生在課程一開始透過影片觀察現象，結合過去舊經驗，形成燃燒三要素的模型；再分別運用燃燒的三個實驗，探究燃點、助燃物、可燃物對於燃燒情形的影響，並進行模型重建。在了解燃燒三要素對於燃燒的影響後，重新詮釋影片中的現象，透過多元方式建構模型；最後結合學生平時的興趣，以動漫中的燃燒現象為探究範例，請大家破解流「炎」是否能真的實踐，並進行模型的應用。



## (二) 重要建模概念

本單元只有一個清楚的模型，即燃燒三要素的模型。模型使用的方式與水溶液單元不一樣，一開始藉由回顧先備經驗，提取學生在普通班所學的燃燒三要素概念，接著透過拿掉要素，運用模型討論並預測可能會發生什麼事，進而引導學生針對原本提出的三要素模型做進一步的修正。

1. 模型表徵：圖片及文字。
2. 模型功能：作為推論的工具，推論火焰是怎麼產生的。
3. 教學架構：



## (三) 單元評量規準

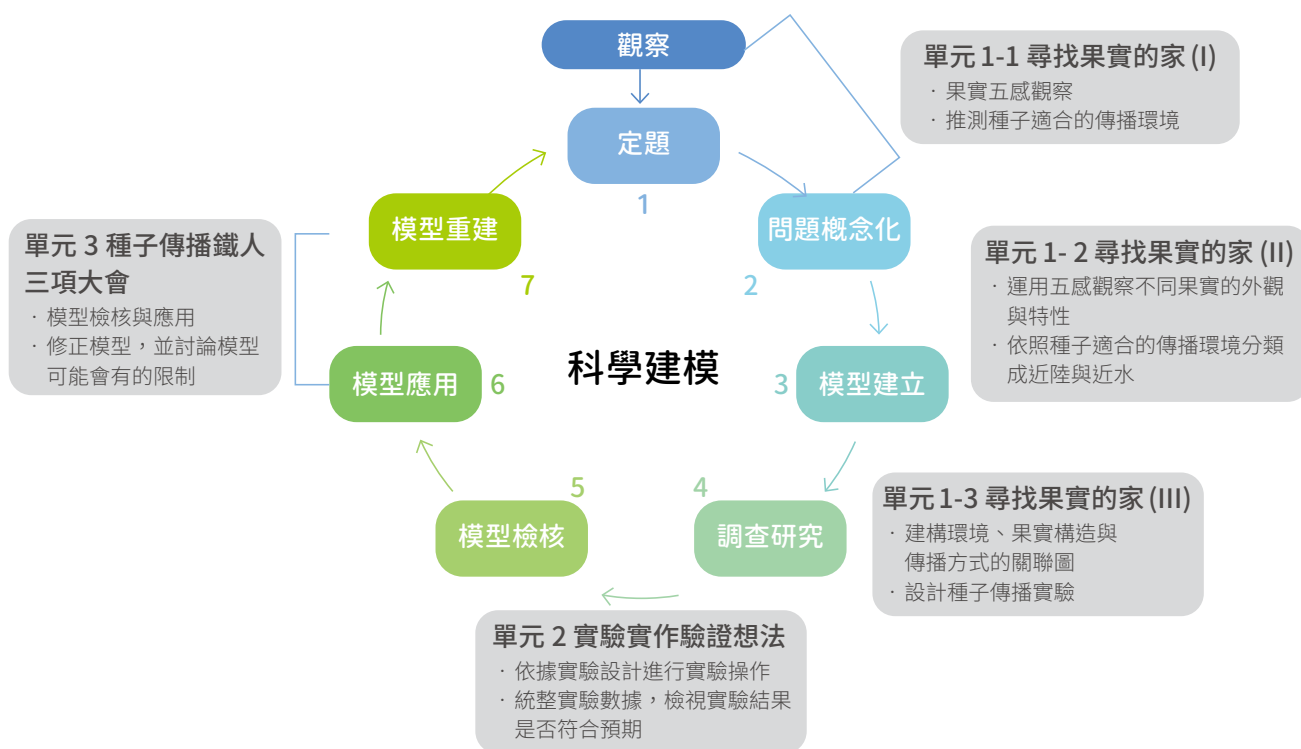
| 層次<br>評量要素              | 初級               | 中級                    | 高級                                 | 專家級                                      |
|-------------------------|------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------------|
| 模型表徵<br>(燃燒三要素圖、圖像解說)   | 無法清楚畫出三要素，或說明錯誤。 | 圖或說明部分正確，但說明不清楚或缺少要素。 | 能畫出燃燒三要素圖並簡單說明各部分內容。               | 能正確畫出燃燒三要素圖(可燃物、助燃物、燃點)並用圖文完整說明。         |
| 模型功能<br>(作為推論工具)        | 不清楚模型能解釋或預測什麼。   | 嘗試使用模型，但功能說明不完整。      | 能用燃燒三要素模型解釋現象，預測少一個要素會發生什麼，並說明為什麼。 | 能用燃燒三要素的模型預測動漫中製造火焰的條件(如：寶可夢噴火龍跟鋼之鍊金術師)。 |
| 模型要素與結構<br>(三要素之間的必要關係) | 難以說明三要素的意義或關係。   | 只記得三要素，無法說出其他關係。      | 能說明三要素的關係，但舉例不完整。                  | 能清楚說明三要素缺一不可，並舉例說明每個要素的角色。               |

## 三、植物的傳播

## (一) 建模教學歷程與各節次的對應

本單元分三階段共七節，以「科學模組建構」為主軸，融入自然科學領域課程綱要中所規範的探究能力，銜接高年級「植物單元」主題，進行教學活動設計，期望藉由科學模型的建立培養學生系統化了解及呈現科學概念。配合普通班高年級植物單元中植物的構造、植物不同繁衍的方式等教學內容，及國小階段生物學習中，對於可具體操作、可觀察之學習內容的重視，本單元以「種子的傳播方式」做為課程主要架構，第一階段藉由植物果實及種子的觀察與實驗，了解自然環境傳播因素及種子構造對種子傳播的影響，推測「近水」、「近陸」種子適合的傳播條件，為模型建立初步的架構；第二階段進行實驗，檢驗第一階段建立之傳播條件是否正確，釐清傳播成功的關鍵要素，以及了解種子構造、環境及傳播方式之間的關係，並以此關係建立模型；第三階段透過自行設計實驗來檢驗模型，利用實驗所得到的資料解釋各種傳播方式的因果關係，確認和原先假設是否相同並進行模型的修正。

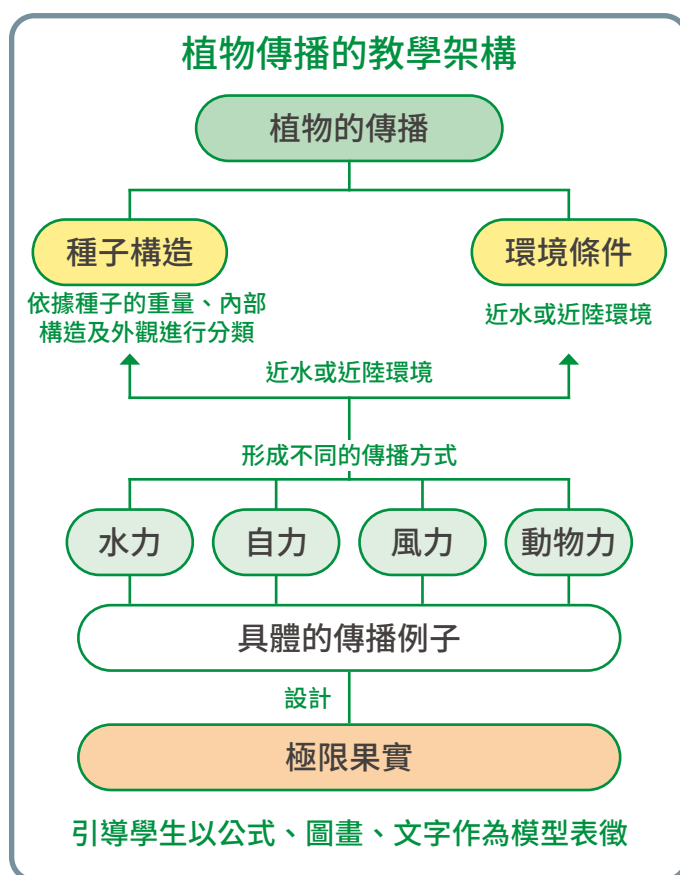
基於探究的需求，教學過程中亦引入分類學的概念。分類學是生物學領域的研究基礎，地球上有多百萬種的生物，分類學的出現，有助於科學家更有效率的進行生物學研究，分類的能力亦可運用於不同學科中(如：數學領域的幾何圖形利用不同圖形的特性差異分類及命名)。因此本單元以模型建立的歷程搭配生物分類學的概念，引導學生解釋所欲探討的現象、理解週遭事物的運作方式以達到教學的理念。



## (二) 重要建模概念

植物單元重視的模型是「構造」與「傳播方式」的配對，在這個單元，模型表徵主要是以「概念圖的形式」呈現學生對於配對的理解，相較前二個單元以圖文或公式的呈現方式，本單元的模型表徵比較沒有那麼明顯，因此在跟學生溝通什麼是模型的時候，教師需要明確指出模型表徵即為概念圖的形式，並且引導學生了解繪製概念圖的重點，並進行概念圖的繪製。

1. 模型表徵：概念圖
2. 模型功能：解釋種子構造如何適應不同傳播環境。
3. 教學架構：



## (三) 評量規準

| 層次<br>評量要素                       | 初級                   | 中級                  | 高級                    | 專家級                               |
|----------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 模型表徵<br>(概念圖、<br>分類圖、圖解)         | 只能口述但缺少種子與傳播方式關聯的表徵。 | 有概念圖但分類錯誤或連線不清楚。    | 能畫出基本概念圖或配對圖，分類大致正確。  | 能清楚繪製種子構造與傳播方式配對的概念圖，圖中邏輯清楚、分類正確。 |
| 模型功能<br>(用來分類、<br>解釋、設計)         | 不太清楚概念圖模型可以用來做什麼。    | 嘗試應用模型但不太清楚分類或設計依據。 | 能用模型解釋部分現象或配對，但未延伸應用。 | 能使用模型分析不同種子如何適應環境，並運用模型設計新型種子。    |
| 模型要素<br>與結構<br>(構造與傳播<br>方式間的關係) | 不清楚種子構造與傳播方式的關係。     | 只記得名稱，無法說明關聯。       | 能指出部分構造與其傳播方式的關聯。     | 能說明構造如何影響傳播(如翅膀型可風傳)，並描述結構與功能關係。  |

## ● 課程調整說明：

## 一、繽紛的水溶液

| 調整項目       | 說明              |                                                                                                                |
|------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 學習內容<br>調整 | 由酸鹼轉向濃度的探討      | 學生在原班的自然課程中，已大致理解物質性質有導電性、酸鹼性，自然科學領域在討論物質的性質時，除了上述二種特性外，常見的還有導熱及溶解性，本單元以溶解性作為切入點，探討濃度的計算，並透過不同濃度的運用延伸完成分層的水溶液。 |
| 學習歷程<br>調整 | 從知識的學習到思考步驟的建立  | 本單元除了課程中舊經驗的複習外，也引導學生透過對現象的觀察，引起問題意識，建模的歷程切分出學生學習科學家思考的步驟，教師可以在各個階段，依據學生表現進行不同的引導與支持。                          |
| 學習評量<br>調整 | 學生從共構的規準中進行自主評析 | 教師課程中與學生共構對於建模思考及科學發表的規準，引導學生在學習過程中核對自身的進步歷程，掌握並調整學習方向。                                                        |
| 學習環境<br>調整 | 富回應性且專注探究的情境安排  | 將教室座位安排成易於討論、合作的場所，讓學生在進行實驗或討論問題時，可以有一個富回應性的教室空間，並鼓勵學生在課堂上踴躍提問、發言與分享小組或自身想法。                                   |



## 二、炎炎調查隊

| 調整項目   | 說明              |                                                                                                                                   |
|--------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 學習內容調整 | 延伸普通班中的燃燒三要素模型  | 普通班的自然課程，於五年級上學期的燃燒與滅火原理單元，曾說明燃燒三要素的原理、火災類型與滅火原理，在認識氧氣與二氧化碳單元中也有介紹助燃物的特性。基於普通班的學習，本單元課程內容旨在引導學生從「現象」進行理論的對應，延伸普通班內容，發展燃燒三要素模型並應用。 |
| 學習歷程調整 | 植基於實驗驗證的學習歷程    | 學生在資優班科學選修課程中，曾在酸鹼檢測單元，學習過酒精燈的操作與燃燒實驗的應用。因此，在歷程的調整上，本單元主要透過實驗，驗證燃燒三要素與滅火原理，以利後續模型建立與修正。                                           |
| 學習評量調整 | 引導模型遷移探討噴火龍的可能性 | 課程的評量，除了學生模型的建構外，亦結合 LIS 情境科學教材，探討寶可夢噴火龍噴出火焰的觸發條件，引導學生進行模型的應用，從模型的解釋力評估學生對於燃燒三要素的遷移情形。                                            |
| 學習環境調整 | 強調安全同時重視操作的實驗情境 | 燃燒三要素涉及明火的使用，所以教師在操作過程中，應確認學生能明確的理解實驗步驟及安全守則，在小組成員皆熟知後，才進行實驗操作。                                                                   |

## 三、植物的傳播

| 調整項目   | 說明                 |                                                                                                                                                                                            |
|--------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 學習內容調整 | 結合種子樣態及傳播方式的學習內容   | 本單元內容奠基於學生在普通班與資優班既有的知識與經驗，進行學科調整，學生在普通班的五年級自然課程中，已學過植物如何繁殖，且認識果實傳播種子的四大方式（風力、水力、自力及動物傳播），對於果實透過不同構造幫助其傳播種子已有先備的知識。因此本課程內容以加深加廣的方式設計，由阿籽博士向學生發出邀請，除了聚焦在果實的觀察外，亦導入情境，引導學生更加理解種子在不同環境中的傳播方式。 |
| 學習歷程調整 | 模擬真實情境實驗種子傳播的歷程    | 學生在資優班的自然選修課程中，已理解操作變因、控制變因與應變變因，具備實驗發想與設計的能力，亦有透過實驗觀察來分析結果的經驗。故在學習歷程中，教師將引導學生結合植物繁殖的傳播方式，模擬真實情境設計實驗建立植物傳播與環境關係，完成模型與修正。                                                                   |
| 學習評量調整 | 打造虛擬的「極限果實」參加植物運動會 | 學生在了解種子樣態與環境的關係後，教師引導學生設計一款「在任何情境都能傳播的極限果實」，並進行鐵人三項運動會，邀請學生一同設計傳播的情境及計分方式作為比賽項目，透過趣味的競賽設計，讓學生的模型得以驗證並修正。                                                                                   |
| 學習環境調整 | 植物運動會場的打造          | 在本單元的學習過程中，每個學生都化身為植物傳播的專家（草系大師見習生），透過角色賦予學生理解種子傳播的學習責任，教室中亦佈置各種植物種子擺設，最後引導學生進行種子運動會的想像及場地的建構。                                                                                             |

## ● 學生能力分析：

學生能力分析涉及學生目前學習準備度的評估，此處以參與本課程之 8 位學生舉例，說明學生學習特質，再依據課程中關鍵概念的評量規準，評估學生適合的學習需求調整方向。

| 學生代號 | 資優學習特質                                                                          | 區分性學習需求調整                                        |
|------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| A    | 1. 對自然科學興趣濃厚。<br>2. 有相當多的背景知識。<br>3. 實驗時候，易過於興奮，而忘記實驗步驟與目標。                     | 小組合作時，引導學生先負責若干實驗步驟，並在實驗完成後說明結果的驗證。              |
| B    | 1. 對於現象觀察經常能提出有意義的問題。<br>2. 擅長歸納自身想法並發表。                                        | 在討論時讓學生歸納小組的想法，並在建模思考的過程中，引導將問題轉為可驗證性的變項或提取關鍵要素。 |
| C    | 1. 在觀察時容易被無關訊息干擾。<br>2. 經常提出無關問題，但偶爾有精準或是出人意料的延伸。<br>3. 口語表達能力不佳，無法歸納想法後有系統的發表。 | 透過追問協助釐清現象間的關鍵要素，引導他使用 5W 的思考技法問問題。              |
| D    | 1. 對建模思考有過去的學習經驗，但仍停留在課程中使用，暫時無法類化。<br>2. 實驗操作設計清楚，善於用文字表達與記錄思考與實驗步驟。           | 在模型應用的步驟，提供他將模型類化到其他情境的挑戰。                       |
| E    | 1. 自然科學背景知識深厚，並有高度的動機。<br>2. 喜歡做實驗，但若不如預期則容易放棄，且不喜歡修正調整。                        | 提醒學生專注在實驗要回應的問題，提供修正參考的視覺提示。                     |
| F    | 1. 易分心，且上課時經常會岔題。<br>2. 擅於使用圖像表達，對於圖表掌握能力佳，但不善組織語言發表。                           | 鼓勵他除了圖像表徵外，可以加上文字敘述清楚呈現自己的想法。                    |
| G    | 1. 能迅速連結普通班所學，以其作為舊經驗回應課堂中的問題。<br>2. 有很好的歸納能力，相較於口語，更擅於文字表達。                    | 引導他使用 5W 的提問技巧，形成對於現象有意識的觀察。                     |
| H    | 1. 對於自然科學的學習動機濃厚，喜歡主動探索宇宙、環境中的現象。<br>2. 歸納能力佳，能清楚表達思考想法，但過於冗長。                  | 針對表達的細節給予正向回饋，討論構成現象要素間的關連，並引導其簡要的說明自身的想法。       |

# 單元教學活動

## - 第一單元 -



# 水系大師～ 繽紛的水溶液



## 壹 教學規劃說明

| 節次                   | 教學內容                                                                                                  | 核心素養             | 學習表現                 | 教學目標                                                                                                                                           | 節數  |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>第一節</b><br>水的秘密   | 1. 透過水的蒸發作用，引入水粒子微觀的粒子概念。<br>2. 以建模思考的歷程，透過文本的閱讀及PhET的操作，引導學生建立一杯水中，水粒子的模型，並應用於解釋蒸發的作用。               | 自-E-A2           | tm-III-1<br>po-III-2 | 1. 能從現象的觀察中，透過對微觀的想像，建立模型，形成水粒子的概念。<br>2. 能用自身繪製的模型，說明蒸發作用的現象。                                                                                 | 1 節 |
| <b>第二節</b><br>濃度大挑戰  | 1. 以不同甜度的糖水作為現象觀察切入點，引導學生結合水粒子的概念，建立擴散作用的模型。<br>2. 結合高年級普通班課程中，對於溶解現象的解釋，用自己繪製的模型進行說明。                | 自-E-A2           | tm-III-1<br>po-III-2 | 1. 繪製出擴散作用的模型。<br>2. 能用擴散作用的模型解釋濃度的概念。<br>3. 能歸納出自己在課程中應用的建模思考。                                                                                | 1 節 |
| <b>第三節</b><br>重量百分濃度 | 1. 從全糖、半糖、微糖的甜度思考在水溶液中各自代表的意涵，認識重量百分濃度，並學會計算的方法。<br>2. 實際調配不同重量百分濃度的糖水溶液。                             | 自-E-B1           | po-III-2<br>ah-III-1 | 1. 認識溶質、溶劑、溶液。<br>2. 認識重量百分濃度。<br>3. 調配相應重量百分濃度的水溶液。                                                                                           | 1 節 |
| <b>第四節</b><br>色彩觀察家  | 1. 學生觀察三色分層水溶液現象並描述結果。<br>2. 探討分層原因，歸納濃度對分層的影響。<br>3. 透過文本了解濃度的概念，畫出低、中、高濃度的圖示並解釋。藉由分享和比較模型，討論各自的解釋力。 | 自-E-A2<br>自-E-B1 | tm-III-1<br>pa-III-2 | 1. 能觀察並描述三色分層水溶液的現象，理解不同顏色在不同層次的分布情況。<br>2. 能提出問題，探索分層現象背後的原理。<br>3. 能透過閱讀文本，理解和掌握濃度的基本概念。<br>4. 能根據所學濃度概念，繪製並解釋溶液中低、中、高濃度的圖示，展示對濃度變化的理解和應用能力。 | 1 節 |



| 節次                        | 教學內容                                                                                                                                                                  | 核心素養             | 學習表現                 | 教學目標                                                                                                                                                                                                       | 節數  |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>第五節</b><br>彩虹分層<br>大挑戰 | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 學生根據上節課所建立的濃度模型，設計實驗調配三種不同濃度的糖水溶液，進行染色分層。</li><li>2. 根據實驗結果檢核模型，若數據不符，需找出原因並修正模型。</li></ol>                                  | 自-E-A3           | pa-III-2<br>an-III-1 | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 能根據所學模型設計並實施實驗，調配出三種不同濃度的糖水溶液，觀察分層現象。</li><li>2. 能計畫和執行實驗，包括溶液調配的計算、流程規劃、必要器材的準備以及操作步驟的設計與執行。</li><li>3. 能檢核和評估模型的有效性，根據實驗結果分析模型的解釋能力，在需要時進行調整和修正模型的設計。</li></ol> | 1 節 |
| <b>第六節</b><br>漸層<br>調飲師   | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 以「漸層調飲師」賦予學生在新的問題情境中的角色及任務，透過模型應用與模型重建的歷程，分辨不同濃度的糖水溶液，並調配出具有漸層效果的飲品。</li><li>2. 學生透過科學發表會分享建模歷程，分析與同儕作品的異同，回顧所學內容。</li></ol> | 自-E-B1<br>自-E-C3 | pa-III-2<br>pc-III-2 | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 能應用先前建立的模型來分辨溶液濃度，進行調製漸層飲品的實作。</li><li>2. 能思考模型的限制，進行模型重建以解決新的問題情境。</li><li>3. 能清楚表達科學建模的歷程，與同儕共同分析與討論各自模型的異同。</li></ol>                                          | 1 節 |

## 貳 單元教學活動

### ● 第一節：水的秘密 ( 共 1 節課，40 分鐘 )

#### ► 模型說明：

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 模型包含的組件 / 要素         | 水中的粒子、水的表面                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 模型要素間的關連             | 水粒子—不斷移動—互相碰撞—到液體表面—跑到空氣中                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 模型功能 ( 解釋、預測、推論、應用 ) | 解釋蒸發現象：少數在液體表面的粒子，能擺脫粒子間的作用力而變成氣態從液體中逃逸的現象。                                                                                                                                                                                                                                     |
| 模型限制                 | 本節課主要在建立學生「粒子」的微觀概念，這個概念由於難以在日常生活中藉由肉眼觀察，因此十分容易產生迷思概念。舉例而言，學生可能對於水的「粒子」概念會畫出下圖三種不同的模型示例，圖 2 的模型便存在著「巨觀的水」( 杯子中藍色矩型顯示液態 ) 與「微觀的水粒子」( 一顆一顆的水粒子 ) 並存的問題，如果是要看微觀的水粒子，其模型應該較偏向圖 3 的模型，全部的水都應該是一顆一顆的粒子狀態，而不會有像「液態」的水的狀態。但對於國小學生而言，圖 2 的模型可能是普遍常見的，故老師要明確的解釋該模型所產生的限制和造成的「巨觀、微觀並存的情形」。 |

#### ► 水中的粒子學生模型示例：

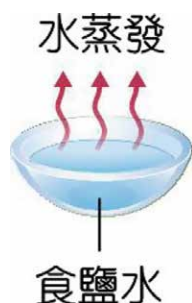


圖 1：巨觀 ( 水的液體狀態 )

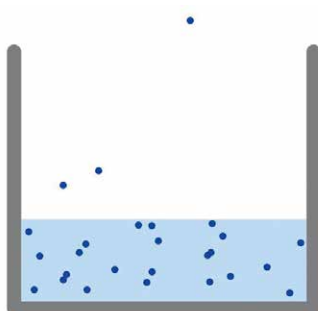


圖 2：巨觀、微觀並存

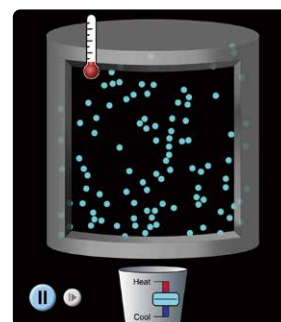


圖 3：微觀 ( 水的粒子狀態 )

#### ► 課前準備

1. 教材：課堂簡報、Javalab 線上實驗操作平台 ( 巨微觀並存的模型示例 )。

[https://javalab.org/en/vapor\\_pressure\\_lowering\\_en/](https://javalab.org/en/vapor_pressure_lowering_en/)

PhET 微觀水粒子模型示例：

[https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_all.html)

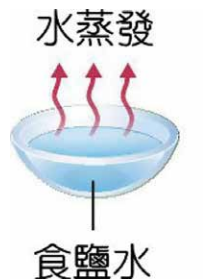
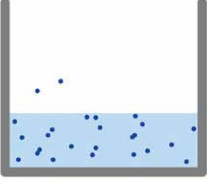
2. 教具：燒杯、縮時攝影機。

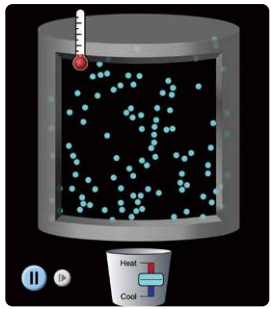
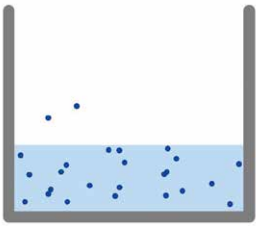
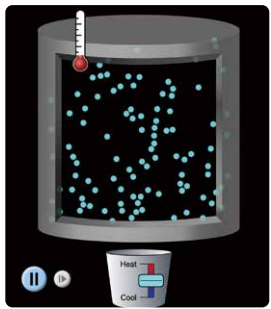
#### ► 本節教學目標

1. 能從現象的觀察中，透過對微觀的想像，建立模型，形成粒子的概念。
2. 能用自身繪製的模型，說明蒸發作用的現象。



## ● 教學流程

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 教學時間  | 教學資源              | 評量方式 / 教學支援   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------|---------------|
| <p><b>一、引起動機：消失的水？</b></p> <p>(一) 日常的反思</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 教師呈現淋雨、桌上的水漬的圖片。</li> <li>2. 詢問同學：有時懶得撐傘，發現淋雨後的頭髮過一陣子就乾了，為什麼會這樣？</li> <li>3. 店員擦完桌子一段時間後，為什麼桌面上的水漬消失了？</li> </ol> <p>(二) 水去哪裡了呢？</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 引導學生觀察情境圖，回憶自己頭髮濕的經驗，以及桌面上的水漬，過一段時間後，水愈來愈少的現象。</li> <li>2. 引導同學連結三年級自然課程中提到的蒸發現象解釋。</li> <li>3. 教師提問：「生活中，還有像水這樣逐漸消失的現象嗎？」可看出學生對於生活中蒸發現象的觀察，及概念的遷移能力。</li> <li>4. 將學生所提的相關現象列舉，並呈現於簡報上。</li> </ol>                                                                                               | 10 分鐘 | 教學簡報、學習單 1-1      | 口頭問答          |
| <p><b>二、發展活動</b></p> <p>(一) 蒸發模型的討論</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 教師發下學習單，進一步提問：我們都知道蒸發的現象，但想像一下，水是如何進到空氣中的呢？</li> <li>2. 引導學生用圖畫加上文字表述概念。將想探討的問題概念化，並試著讓學生的思考想像變得更微觀。</li> <li>3. 學生發表自己對於水蒸發的模型並解釋。學生可能有以下幾種蒸發模型的表徵。</li> </ol> <p>(1) 巨觀<br/>(水的液體狀態)</p> <p style="text-align: center;">  </p> <p>(2) 巨觀、微觀並存<br/>(既有水的液體、又有水的粒子)</p> <p style="text-align: center;">  </p> | 20 分鐘 | 教學簡報、學習單 1-1、實驗器材 | 口頭問答<br>完成學習單 |

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 教學時間 | 教學資源                   | 評量方式 / 教學支援          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------|----------------------|
| <p>(3) 微觀 ( 水的粒子狀態 )</p> <p><a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_all.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_all.html</a></p>  <p>4. 針對學生的模型，教師先將其分為巨觀、巨微觀並存、微觀視角。再進一步的引導學生回想三年級課本中對於蒸發現象的描述：「水在自然情況下會變成水蒸氣，液態水變成氣態水蒸氣的過程，稱為蒸發。」</p> <p>5. 教師務必引導學生評價，他們畫出的三種模型中，哪一個比較能解釋蒸發？結論帶出「巨觀」的模型較難以解釋。讓學生比較模型的「好用度」，形成學生對於模型解釋力的具體感受。</p> <p>(二) 實驗操作</p> <p>1. 教師以 Javalab 線上實驗操作平台對水的蒸發現象進行說明，此處要引導學生思考並發現，「這個模型表示『水中有水粒子』」這樣的想法有沒有問題呢？如果水是由很多很多的水粒子組成的，那應該是很多小小的一顆顆的水粒子模型。</p> <p><a href="https://javalab.org/en/vapor_pressure_lowering_en/">https://javalab.org/en/vapor_pressure_lowering_en/</a></p>  <p>2. 運用 PhET 看水的粒子模型，會不斷的移動，溫度越高，移動得越快。</p> <p><a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_all.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_all.html</a></p>  <p>3. 為了驗證模型中的假設，教師可以拿出準備好的燒杯、記錄紙、橡皮筋、縮時攝影機引導學生設計簡單的實驗，觀察一週後水位是否下降，並將實驗的步驟記錄於學習單中，於一週後公布結果。</p> |      | <p>Javalab 平台、PhET</p> | <p>口頭問答<br/>實驗操作</p> |



| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 教學時間  | 教學資源 | 評量方式 / 教學支援 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-------------|
| <p><b>三、統整活動</b></p> <p>※ 教師總結：引導學生將課程中的歷程對應建模思考過程 (如下圖)。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>一開始老師提供頭髮淋雨後及桌上水漬消失的現象，即為「現象觀察」。</li><li>請同學們各自對於現象做出解釋消失原因，即為「定題」。</li><li>引導同學思考水份蒸發的可能的樣態，並將其思考歷程繪製出來，即為「問題概念化及模型建立」。</li><li>看過 Javalab 後修正，即為「模型重建」(所以模型重建可能發生在建模思考的各個步驟中)。</li><li>引導同學設計一個實驗，一週後觀察水份蒸發的情況，即為「調查研究」。</li><li>隔週對於實驗結果與預期假設的檢視，即為「模型檢核」。</li><li>Javalab 的操作，亦可視為「模型檢核」的一環</li><li>同學在過程中對於模型的調整，即為「模型重建」。</li></ol> | 10 分鐘 | 教學簡報 | 口頭問答        |

**科學建模的歷程**

```
graph TD; 1[觀察] --> 2[問題概念化]; 2 --> 3[模型建立]; 3 --> 4[調查研究]; 4 --> 5[模型檢核]; 5 --> 6[模型應用]; 6 --> 7[模型重建]; 7 --> 1; 7 --> 8[模型重建];
```

如果模型應用後發現沒辦法解釋與對應相似情境或新的情境，就必須思考有什麼限制，並且重新建立模型。

## ● 第二節：濃度大挑戰 ( 共 1 節課，40 分鐘 )

### ► 模型說明：

|                      |                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 模型包含的組件 / 要素         | 水中的糖 ( 紅色 )、水的粒子 ( 藍色 )。                                                                                                                                                                         |
| 模型要素間的關連             | 糖靜置在水中時，水粒子會在糖晶體的表面不斷移動並進入其間的空隙，逐漸削弱糖粒子之間的吸引力，使糖一層層的脫離晶體分散進入水中，最後均勻的分布在整杯水裡，形成溶液。                                                                                                                |
| 模型功能 ( 解釋、預測、推論、應用 ) | 解釋溶解現象：<br>1. 在溶解的過程中，水粒子會進入糖晶體的空隙，並與糖粒子產生作用力，使糖粒子逐漸脫離晶體表面並分散在水中。糖不是被水粒子「帶走」，而是因為水分子干擾了糖分子之間的吸引力，使其解離並均勻分布。<br>2. 當水中已經分散了較多的糖粒子，未與糖結合的水粒子變少，可用來穩定新脫離糖粒子的水粒子也減少，這會讓糖晶體表面糖粒子的解離速度變慢，因此整體的溶解速率會下降。 |
| 模型限制                 | 為解釋糖在水中的溶解現象，學生可能會出現的二種模型如下，教師仍應注意左邊包含液態水及粒子的模型表徵，仍存在著巨觀、微觀並存的情形，在教學過程中應讓學生評價何種模型的解釋能力較佳。                                                                                                        |

### ► 糖溶解在水中的學生模型示例：

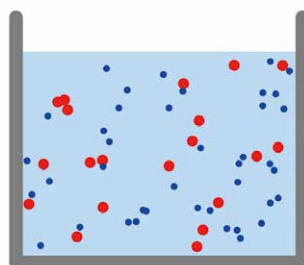


圖 1

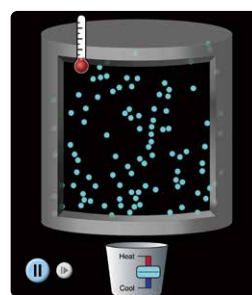


圖 2

### ► 課前準備

1. 教材：課堂簡報、學習單、Javalab 線上實驗操作平台：

[https://javalab.org/en/vapor\\_pressure\\_lowering\\_en/](https://javalab.org/en/vapor_pressure_lowering_en/)

均一平台「水溶液的組成」影片：

[https://www.junyiacademy.org/2024\\_star\\_exploration/star\\_y24\\_topic-02/star\\_y24\\_cooc-sci-juni/v/zbwObD8fWZI](https://www.junyiacademy.org/2024_star_exploration/star_y24_topic-02/star_y24_cooc-sci-juni/v/zbwObD8fWZI)

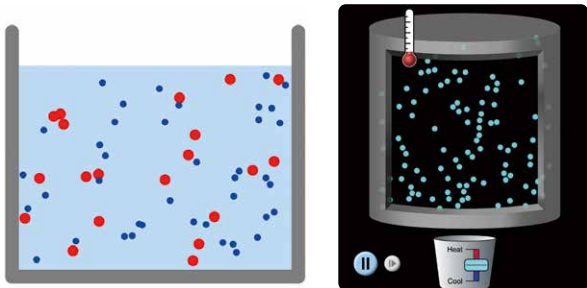
2. 教具：透明燒杯、方糖、開水

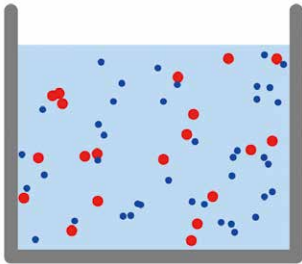
### ► 本節教學目標

1. 繪製出溶解現象的模型。
2. 能用溶解現象的模型解釋濃度的概念。
3. 能歸納出自己在課程中應用的建模思考。



## ●教學流程

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 教學時間                     | 教學資源                                                                            | 評量方式 / 教學支援                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <p><b>一、引起動機：甜度區分</b></p> <p>※ 現象觀察、定題</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 延續上週水的蒸發實驗，上課時先引導學生觀察燒杯中的水是否減少，並複習上週水中粒子的概念。</li> <li>2. 將一顆方糖置入 300ml 的水中，靜置 5 分鐘，並請學生預測 5 分鐘後會發生什麼事。</li> <li>3. 播放均一平台「水溶液的組成」影片，簡短複習舊經驗。<br/><a href="https://reurl.cc/9bnnnn">https://reurl.cc/9bnnnn</a></li> </ol>  <p>像是砂糖 硫酸和氣泡飲裡的氣體</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. 以溶質 + 溶劑 = 水溶液的公式，引導學生區辨，形成：糖 + 水 = 糖水的對應公式</li> </ol> <p><b>二、發展活動：帶出溶解的模型</b></p> <p>(一) 問題概念化、模型建立：引導學生答出溶液中的各種成分「水的粒子、糖」(建模：提取模型的要素)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 觀察水中的方糖，尖角的部分已經變鈍了，詢問學生消失的糖去了哪裡？為什麼會消失？</li> <li>2. 引導學生結合水中粒子的概念，將心中的猜想畫出來並簡單發表。</li> </ol>  <p>針對學生可能產生的模型表徵 (如上圖二種模型)，教師應適時的針對「溶解」的概念，請學生以模型進行解釋，並且在過程中延續上一次上課的內容，指出左邊的模型存在著「巨觀、微觀同時並存的情形」，但因為對同學而言可能「比較好理解」，所以我們先用這個模型表徵進行溶解的說明。</p> | <p>5 分鐘</p> <p>15 分鐘</p> | <p>方糖、<br/>燒杯、<br/>開水、<br/>均一平台、<br/>學習單 1-2</p> <p>學習單 1-2、<br/>Javalab 平台</p> | <p>口頭發表</p> <p>透過觀察<br/>完成學習<br/>單</p> |

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 教學時間  | 教學資源    | 評量方式 / 教學支援   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|---------------|
| <p>3. 教師以 Javalab 線上實驗操作平台的圖片解釋溶解的現象：</p> <p>(1) 糖溶在水裡，不是被水拉走，而是水會跑到糖的縫縫裡，讓糖慢慢一顆一顆散開來。</p> <p>(2) 一開始水很多，糖散得快；但當糖變多時，水分子要顧的糖也變多，速度就會慢下來。</p> <p><a href="https://javalab.org/en/vapor_pressure_lowering_en/">https://javalab.org/en/vapor_pressure_lowering_en/</a></p>  | 10 分鐘 | 學習單 1-2 | 完成學習單<br>實驗操作 |
| <p>(二) 模型重建、模型應用</p> <p>1. 教師從 Javalab 揭示溶解的模型後，引導學生進行模型調整或重建。</p> <p>2. 詢問學生，以現有的模型進行預測，如果將燒杯中的水和方糖進行攪拌或加熱會發生什麼事？(增加溶解速度)</p> <p>3. 請學生建立模型，說明攪拌、加熱會增加溶解速度的原因。</p> <p>4. 讓學生實際置入方糖，驗證其模型是否正確。</p>                                                                                                                                                        | 5 分鐘  |         | 回家作業          |
| <p>(三) 延伸思考</p> <p>引導學生思考：取一杯與上課糖水等量的開水，與今日上課的糖水同時靜置在教室一週，哪一杯蒸發的比較快？為什麼？請學生回家思考後繪製模型並帶來，下週驗證結果。</p>                                                                                                                                                                                                                                                       |       |         |               |
| <p><b>三、統整活動：發表模型</b></p> <p>(一) 反思自身建模思考的歷程</p> <p>1. 一開始老師提供了方糖溶解的現象，即為「現象觀察」。</p> <p>2. 當大家將現象鎖定在方糖的溶解即為「定題」。</p> <p>3. 探究糖水內容物，即為「問題概念化」。</p> <p>4. 將探究思考擴散作用的結果畫出或寫出，即為「模型建立」。</p> <p>5. 將建立的模型用來解釋溶解的現象或是預測攪拌後可能的結果，即為「模型應用」。</p> <p>6. 過程中對於模型的調正及調整，即為「模型重建」。</p>                                                                                 | 5 分鐘  |         | 口頭發表          |



| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 教學時間 | 教學資源 | 評量方式 / 教學支援 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-------------|
| <p><b>科學建模的歷程</b></p> <p>觀察<br/>運用五感觀察現象或事物，並且客觀的描述所發現的事實。</p> <p>↓</p> <p>從觀察到的現象或事物中，找到感興趣的主題或方向，並思考「為什麼」。</p> <p>1 定題</p> <p>↓</p> <p>讓問題變得可操作，推測出可能的影響因素，並且定義問題。</p> <p>2 問題概念化</p> <p>↓</p> <p>思考形成的理由、蘊含的理論、運作的連接關係，運用各種方式提出自己的假設，並確認是否能被驗證。</p> <p>3 模型建立</p> <p>↓</p> <p>根據所提出的模型設計實驗、分析數據，找出變項間的關係並評估預測與實作結果的差異性。</p> <p>4 調查研究</p> <p>↓</p> <p>對應模型與實驗結果或數據，如果數據無法解釋模型，就要調整或修改模型。</p> <p>5 模型檢核</p> <p>↓</p> <p>試試看模型是否能應用到相似問題情境，或是新的問題情境，來增加模型的解釋力。</p> <p>6 模型應用</p> <p>↓</p> <p>如果模型應用後發現沒辦法解釋與對應相似情境或新的情境，就必須思考有什麼限制，並且重新建立模型。</p> <p>7 模型重建</p> <p>科學建模的歷程</p> <p>(二) 帶出下節課的內容：我們都知道，越甜的糖水，裡面的糖就越多，也就是濃度越高，以飲料而言，我們會稱它們為全糖、半糖、微糖，但如何以數字表現濃度？</p> |      |      |             |

### ● 第三節：重量百分濃度 (共 1 節課，40 分鐘)

#### ► 模型說明：

|                    |                                           |
|--------------------|-------------------------------------------|
| 模型包含的組件 / 要素       | 溶質重量、溶液重、運算符號                             |
| 模型要素間的關連           | 以溶質為分子、溶液為分母                              |
| 模型功能 (解釋、預測、推論、應用) | 以數字表徵 (解釋) 濃度的概念，比全糖、半糖、微糖或是很甜、很淡的表徵方式更精確 |

#### ► 重量百分濃度的學生模型示例： ◆ 100 克溶液中所含的溶質克數。

$$\text{◆ 公式：} W\% = \frac{\text{溶質重}}{\text{溶液重}} \times 100\%$$

#### ► 課前準備

1. 教材：課堂簡報、學習單。

#### ► 本節教學目標

1. 認識溶質、溶劑、溶液。
2. 認識重量百分濃度。
3. 調配相應重量百分濃度的水溶液。

## ● 教學流程

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 教學時間  | 教學資源            | 評量方式 / 教學支援 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|-------------|
| <p><b>一、引起動機：甜度計量師</b></p> <p>(一) 複習概念</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 教師複習原班課程中溶質、溶劑與溶液的概念。</li> <li>2. 複習用擴散作用的模型解釋全糖、半糖、微糖及無糖的糖水現象。</li> </ol> <p>(二) 思考討論</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 撥放均一平台「濃度」影片 (前 30 秒)<br/> <a href="https://reurl.cc/9bn9nv">https://reurl.cc/9bn9nv</a></li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 定題：有沒有甚麼方法，可以更準確地描述飲的甜度？</li> </ol> | 5 分鐘  | 教學簡報、影片         | 口頭問答        |
| <p><b>二、發展活動</b></p> <p>(一) 關鍵概念</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 認識重量百分濃度：<br/>             重量百分濃度為每 100 公克溶液中所含溶質的公克數，以百分比 (%) 表示。</li> <li>2. 重量百分濃度的計算</li> </ol> <p>◆ 100 克溶液中所含的溶質克數。</p> <p>◆ 公式：<math>W\% = \frac{\text{溶質重}}{\text{溶液重}} \times 100\%</math></p> <p>(二) 影片挑戰題：<br/> <a href="https://reurl.cc/LQno3K">https://reurl.cc/LQno3K</a></p>                                 | 15 分鐘 | 教學簡報、影片、學習單 1-3 | 口頭問答、完成學習單  |



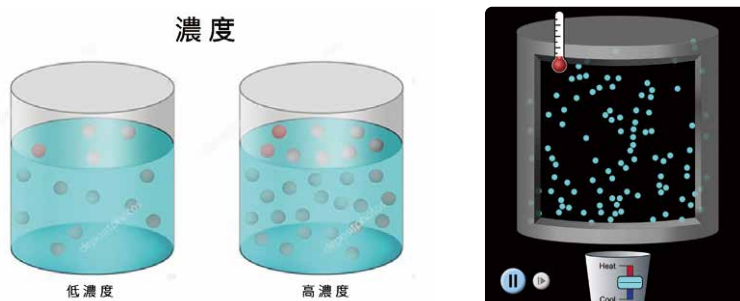
| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 教學時間                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 教學資源     | 評量方式 / 教學支援 |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|----------|----|---|---|----|---|---|------|---|---|------|---|---|------|---|---|-----|--|-----|------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|----------|------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <p>1. 題目：天氣炎熱，小明跟小華去手搖店，小明點了一杯全糖的大杯總重 700g 的珍珠奶茶，小華點了一杯微糖的中杯總重 500g 的梅子綠茶，根據飲料店的糖量表，小明和小華的飲料重量百分濃度分別是多少呢？又誰的含糖濃度比較高呢？</p> <p>(1) 每杯飲料的糖量標示，數字代表全糖情況下，每一杯的方糖數量。</p> <p>(2) 方糖一顆為 5g，不同糖量與全糖相比所佔的百分比情況。</p> <p>2. 運算過後，結果為點大杯的小明含糖濃度比較高喔！</p>                                                        | <div><p>清爽飲料專賣店 糖量標示表<br/>※單位為方糖數(顆)</p><table><tr><th></th><th>中杯<br/>全糖</th><th>大杯<br/>全糖</th></tr><tr><td> 紅茶</td><td>6</td><td>8</td></tr><tr><td> 綠茶</td><td>6</td><td>8</td></tr><tr><td> 梅子綠茶</td><td>7</td><td>9</td></tr><tr><td> 多多綠茶</td><td>7</td><td>9</td></tr><tr><td> 珍珠奶茶</td><td>6</td><td>7</td></tr></table></div> <div><p>★ 方糖 1 顆為 5g，<br/>1g 糖的熱量為 4 大卡</p><table><tr><th colspan="2">糖量表</th></tr><tr><td>正常糖</td><td>10 分</td></tr><tr><td>少糖</td><td>8 分 (80%)</td></tr><tr><td>半糖</td><td>5 分 (50%)</td></tr><tr><td>微糖</td><td>2 分 (20%)</td></tr><tr><td>無糖</td><td>0 分 (0%)</td></tr></table></div> <div><div><br/>濃度 = 1.4%</div><div><br/>濃度 = 5%</div></div> |          | 中杯<br>全糖    | 大杯<br>全糖 | 紅茶 | 6 | 8 | 綠茶 | 6 | 8 | 梅子綠茶 | 7 | 9 | 多多綠茶 | 7 | 9 | 珍珠奶茶 | 6 | 7 | 糖量表 |  | 正常糖 | 10 分 | 少糖 | 8 分 (80%) | 半糖 | 5 分 (50%) | 微糖 | 2 分 (20%) | 無糖 | 0 分 (0%) | <p>15 分鐘</p> <p>教學簡報、學習單 1-3</p> <p>5 分鐘</p> <p>教學簡報、學習單 1-3</p> | <p>完成學習單</p> <p>口頭發表</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 中杯<br>全糖                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 大杯<br>全糖 |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
| 紅茶                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 8        |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
| 綠茶                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 8        |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
| 梅子綠茶                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 9        |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
| 多多綠茶                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 9        |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
| 珍珠奶茶                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 7        |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
| 糖量表                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
| 正常糖                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 10 分                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |          |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
| 少糖                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 8 分 (80%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
| 半糖                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 5 分 (50%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
| 微糖                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2 分 (20%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
| 無糖                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0 分 (0%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |
| <p>(三) 重量百分濃度多杯運算</p> <p>1. 店裡的小杯為 20g，小陳點了三杯 5%、10%、15% 各 20 克的糖水溶液，請問每杯的溶質和溶劑分別是幾克？</p> <p>2. 各杯計算完並以表格統整完成後，說明與討論計算方式。</p> <p><b>三、統整活動</b></p> <p>(一) 發表與紀錄</p> <p>1. 各組發表每杯的溶劑溶質各為多少的同時，也說明如果實際要調配，要如何調配的溶質、溶劑以及溶液比例。</p> <p>2. 觀察各種相同溶液不同重量百分濃度之間的關係，說明自己的觀察。</p> <p>(二) 複習：重量百分濃度的計算方式。</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |             |          |    |   |   |    |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |     |  |     |      |    |           |    |           |    |           |    |          |                                                                  |                          |

## ● 第四節：色彩觀察家 (共 1 節課，40 分鐘)

### ► 模型說明：

|                    |                                                                            |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 模型包含的組件 / 要素       | 溶質、水粒子、水                                                                   |
| 模型要素間的關連           | 溶質會與水粒子結合，以糖為例，水可能會蒸發但糖不會，最後在水溶液表面排列                                       |
| 模型功能 (解釋、預測、推論、應用) | 解釋分層的現象：當糖 (非揮發性溶質) 溶解在水中時，糖的粒子不會蒸發，而是排列在溶液表面，因此當濃度越高，溶質越多，水溶液表面的粒子排列也越緊密。 |
| 模型限制               | 可能仍存在著巨觀、微觀並存的模型表徵，教師需注意此處，並向學生解釋                                          |

### ► 重量百分濃度的學生模型示例：



### ► 課前準備

※ 教材：課堂簡報、學習單及影片文本。

### ► 本節教學目標

1. 能觀察並描述三色分層水溶液的現象，理解不同顏色在不同層次的分布情況。
2. 能提出問題，探索分層現象背後的原理。
3. 能通過閱讀文本，理解和掌握濃度的基本概念。
4. 能根據所學濃度概念，繪製並解釋溶液中低、中、高濃度的圖示，展示對濃度變化的理解和應用能力。

## ● 教學流程

| 教學內容                                                   | 教學時間 | 教學資源 | 評量方式 / 教學支援 |
|--------------------------------------------------------|------|------|-------------|
| <b>一、引起動機</b><br>※ 提供一個三色分層水溶液「現象」，請學生觀察這個現象，並說明看到了什麼。 | 5 分鐘 | 教學簡報 | 口頭問答        |





**濃度**



低濃度                      高濃度

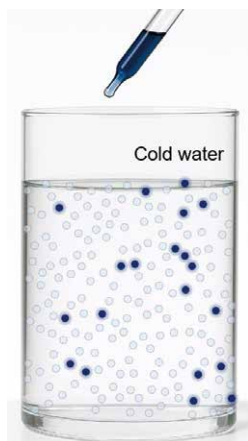
## ● 第五節：彩虹分層大挑戰 ( 共 1 節課，40 分鐘 )

### ► 模型說明：

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 模型包含的組件 / 要素         | 墨水粒子、水粒子                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 模型要素間的關連             | 墨水粒子、水粒子不斷移動，形成均勻分佈                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 模型功能 ( 解釋、預測、推論、應用 ) | <p>解釋：擴散作用是指物質分子在不需外力的幫助下，由高濃度的地方往低濃度的地方移動，最後物質分子均勻分布，達到平衡的現象 ( 例如：在裝有水的燒杯中滴入一滴紅墨水，紅墨水分子會藉由擴散作用而移動，均勻分布到水中，最後整杯水變成紅色 )。當細胞內外濃度不同時，物質會利用擴散作用進出細胞，使細胞內外濃度達到一致。</p> <p>若將墨水滴入水中愈多，水溶液的濃度就愈高。濃度高的地方，粒子數目多，移動時有較高機會往粒子較少 ( 低濃度 ) 處擴散；反之，濃度低的地方粒子較少，往高濃度方向移動的粒子也較少。這樣的移動方向就是從高濃度往低濃度，直到整體達成不斷移動，但維持平衡的現象。</p> |
| 模型限制                 | 巨觀、微觀模型並存的問題。                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

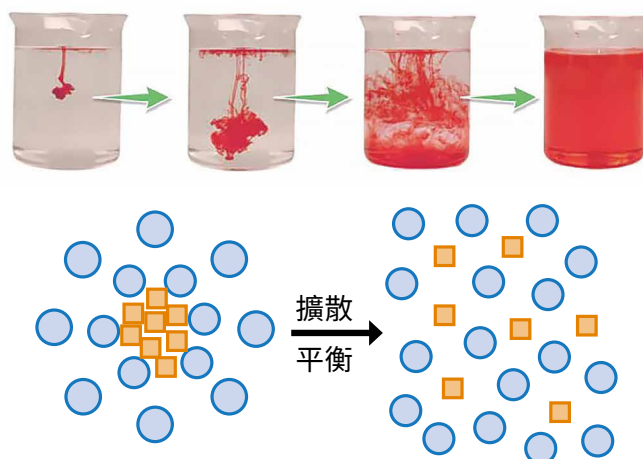
### ► 學生模型示例 ( 本節課學生共需產生二種模型 )：

#### 1. 糖的溶解模型。



#### 2. 墨水擴散作用的模型。

溶解模型為上節課的概念遷移，在此僅呈現擴散作用的模型。



### ► 課前準備

1. 教材：課堂簡報、學習單。
2. 教具：粗試管、細試管、燒杯、滴管、玻棒、色素、水、糖、電子秤、秤量紙。



### ► 本節教學目標

1. 能根據所學模型設計並實施實驗，調配出三種不同濃度的糖水溶液，觀察分層現象。
2. 能計畫和執行實驗，包括溶液調配的計算、流程規劃、必要器材的準備以及操作步驟的設計與執行。
3. 能檢核和評估模型的有效性，根據實驗結果分析模型的解釋能力，在需要時進行調整和修正模型的設計。

### ● 教學流程

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                        | 教學時間  | 教學資源            | 評量方式 / 教學支援 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|-------------|
| <b>一、引起動機</b><br>(一) 複習模型：複習上節課所畫的濃度模型與實驗設計。<br>1. 複習上週依據文本畫出的濃度模型。<br>2. 引導學生思考與三色彩虹漸層水溶液的關聯以及如何設計實驗步驟。<br>(二) 觀賞影片內容：認識「擴散作用」<br>播放 Javalab 影片，協助說明擴散作用。<br><a href="https://reurl.cc/3bMQAj">https://reurl.cc/3bMQAj</a> | 5 分鐘  | 教學簡報、學習單 1-5、影片 | 口頭發表        |
| <b>二、發展活動</b><br>(一) 調查研究：根據所提出的模型來設計實驗、分析數據，找出變項間的關係並評估預測與實作結果的差異性。                                                                                                                                                        | 5 分鐘  | 教學簡報、學習單 1-5    | 口頭發表        |
| (二) 實驗規劃與操作：引導學生依據上一節課所建立的模型，做出圖中所呈現的現象：調配出三種不同濃度 5%、10%、15% 各 20 克的糖水溶液，染色後分層滴入試管。<br>1. 配出三種濃度的糖水溶液分別需要多少溶質與溶劑？請學生設計表格記錄，並說明計算方式。<br>2. 規劃實驗流程與步驟。<br>3. 寫下實驗所需的器材。<br>4. 依照規劃操作實驗。                                       | 20 分鐘 | 教學簡報、學習單 1-5    | 實作評量、完成學習單  |

| 教學內容                                                                                                                                                 | 教學時間 | 教學資源         | 評量方式 / 教學支援 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------|-------------|
| (三) 模型檢核：對應模型與實驗結果或數據，如果數據無法解釋模型，就要調整或修改模型。<br>1. 如果實驗結果與所建立的模型相符，記錄實驗結果並寫下發現：實驗有哪些需要注意的事？有哪些比較容易成功的小技巧？<br>2. 如果實驗結果與所建立的模型不相符，請找出原因並修正，且重新規劃與操作實驗。 | 5 分鐘 | 教學簡報、學習單 1-5 | 實作評量、完成學習單  |
| <b>三、統整活動</b><br>(一) 實驗器材管理：清潔與整理所使用的實驗器材。<br>(二) 教師總結：預告下次課堂將會進行模型應用，挑戰科學任務。                                                                        | 5 分鐘 | 教學簡報         | 口頭發表        |

## ● 第六節：漸層調飲師 (共 1 節課，40 分鐘)

### ▶ 課前準備

1. 教材：課堂簡報、學習單。
2. 教具：粗試管、細試管、燒杯、滴管、玻棒、色素、電子秤、5 種不同濃度的糖水溶液。

### ▶ 本節教學目標

1. 能應用先前建立的模型來分辨溶液濃度，進行調製漸層飲品的實作。
2. 能思考模型的限制，進行模型重建以解決新的問題情境。
3. 能清楚表達科學建模的歷程，與同儕共同分析與討論各自模型的異同。



## ●教學流程

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 教學時間  | 教學資源         | 評量方式 / 教學支援 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------|-------------|
| <b>一、引起動機</b><br>※ 分享交流：學生互相分享上一堂課調查研究以及模型檢核的成果。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 5 分鐘  | 學習單 1-5      | 口頭發表        |
| <b>二、發展活動：</b><br>(一) 發佈後測任務：漸層調飲師<br>我們班收到了來自飲料店的委託，請大家一起運用這幾週的所學，想想辦法！<br><div style="border: 1px solid #00a0e3; padding: 5px; margin: 10px 0;">             本店有販售許多好喝的飲料，但最近發現漸層飲料非常流行，希望能委託各位調飲師應用所學的科學知識，協助我們用現有的飲料來研發出繽紛又漂亮的漸層調飲。           </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 教師準備 5 種不同濃度的糖水溶液，在不同濃度的溶液中滴入不同濃度的色素。</li> <li>2. 請學生從這 5 種未知濃度的溶液中，選擇至少三種不同的溶液，調配出漂亮的漸層飲品。</li> </ol> | 5 分鐘  | 教學簡報、學習單 1-6 | 實作評量、完成學習單  |
| (二) 模型應用：試試看模型是否能應用到相似問題情境，或是新的問題情境，來增加模型的解釋力。<br><ol style="list-style-type: none"> <li>1. 教師詢問學生：如何分辨出這 5 種溶液的濃度高低？</li> <li>2. 請學生思考是否能應用先前所建立的模型來解決新的問題情境，並寫出分辨溶液濃度的方法。</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                    | 10 分鐘 | 教學簡報、學習單 1-6 | 實作評量、完成學習單  |
| (三) 模型重建：如果模型應用後沒辦法解釋與對應相似或新的情境，就必須思考有什麼限制，並且重新建立模型。<br><ol style="list-style-type: none"> <li>1. 如果之前的模型無法分辨出溶液的濃度，請學生重新建立模型。</li> <li>2. 依據重建的模型規劃出實驗步驟。</li> <li>3. 進行漸層調飲實作，記錄實驗結果與注意事項。</li> </ol>                                                                                                                                                                                                   | 10 分鐘 | 教學簡報、學習單 1-6 | 口頭發表        |
| <b>三、統整活動</b><br>(一) 同儕分享<br><ol style="list-style-type: none"> <li>1. 請學生輪流發表各自的科學建模歷程。</li> <li>2. 聆聽其他同儕的發表，分析並比較每位同學科學建模歷程的異同。</li> <li>3. 同儕發表結束後可以提問，並給予回饋與建議。</li> </ol> (二) 單元總結：引導學生回顧單元所學的內容，總結知識概念的重點。                                                                                                                                                                                         | 10 分鐘 | 教學簡報、學習單 1-6 | 口頭發表        |

### 一、模組成效評估

#### (一) 學生省思

1. 這堂課有教到「水粒子」和動態平衡，老師也有用 PhET 裡面的模型讓我們實際觀察與操作水粒子的運動狀態，使我印象深刻。
2. 我覺得這堂課很有趣，而且可以親手嘗試各種實驗，例如：喝糖水、製作水溶液等，我最印象深刻的是觀察水的蒸發，溫度不用過高水量隔幾天真的有變少！
3. 在這堂課我學到了新的知識，例如重量百分濃度的計算，也順便複習了一些百分比的計算過程，更重要的是未來我就能看懂一些飲料店裡面的糖量是少了。
4. 這堂課有做實驗、看影片，還有學數學公式，更有很多手作以及試喝體驗，我最喜歡試喝糖水，因為實際體驗過濃度的差別後讓我對濃度加倍感興趣。

#### (二) 教師省思

1. 碧湖國小林盈君老師：在水溶液的單元中，我發現學生透過建立模型能有效加深對科學概念的理解，藉由設計實驗和繪製模型，學生能更清楚的理解抽象的科學現象，並將理論與實務結合。在引導學生建構模型時，使用問題引導和視覺化工具（如 PhET 平台）能使學生對微觀概念的理解更為直觀。然而，當學生面對較複雜的計算與實驗操作時，仍需要更多的指導與練習，未來可以加強這些部分的練習設計，幫助學生將所學知識應用於實際生活中。
2. 敦化國小王千霈老師（時任碧湖國小）：水溶液是個有趣的單元，但在設計課程時，結合自然專業內容並讓學生理解並不容易，我們調整了很多次才確定最終版本。在教案發想與撰寫過程中，不僅建立了學生的學習模型，也透過主題提升課程檢核的效率。這次經驗讓我深刻體會到，模型的實際運用以及在專業知識與學生理解之間取得平衡，都是課程設計的一大挑戰。
3. 桃園市義興國小陳聖文老師：
  - (1) 水粒子模型在建立的時候，蒸發的觀察尤其有感，因為學生一開始都會認為溫度沒到不會蒸發，但在實際觀察後，學生會更能理解 PhET 裡面水粒子模型的樣態、運動以及動態平衡。
  - (2) 學生在水溶液重量百分濃度的計算，常常需要被提醒溶液為水加上溶質，溶劑為水，計算時容易在分母的溶液的總重直接判斷成只有溶劑，另外在給予重量百分濃度做水溶液的調配時，也很容易將水的重量（溶劑）帶入為溶液的重量而出錯。



#### 4. 石牌國小顧薇老師：

- (1) 在「水的秘密」單元中，因「水粒子」的概念對國小學生而言較為抽象，故教學設計中以文本閱讀搭配 PhET 平台模擬操作，期許能協助學生理解並建立水粒子的微觀模型。但對於水粒子在不同濃度的溶液中移動的動態概念仍較為模糊，未來建議也可加入「類比模型」進行教學，讓學生思考生活中有哪些例子可以說明或解釋水粒子的屬性與關係，以提升學生對於水粒子概念的清晰度與完整性。
- (2) 在「漸層調飲師」單元中，學生需應用濃度模型調製出具分層效果的飲品，活動設計能有效評估學生將科學概念應用於生活情境的能力。目前的教學設計為從五種溶液中選出三種進行調飲，若學生程度較佳，未來可視學生能力調整為應用四至五種溶液，提高任務挑戰度。同時，對於漸層調飲的評量標準亦可更具體量化，例如加入「分層數量」、「界線清晰度」、「維持時間」等指標，讓學生能從結果中回饋模型適用性，進而深化對模型重建的理解。

5. 國立臺北教育大學特殊教育學系馮理詮助理教授：建模教學的歷程在學生熟練後，教師可以發現學生的思考經常是非線性的過程，尤其是在資優學生熟悉建模的思考後，透過觀察、定題、概念化及建模的步驟，經常一下子就形成內在的心像，此時教師要注意引導學生記錄這些珍貴的模型靈感，再輔以實驗設計的實作及驗證形成後續的延伸應用或修正。綜上，為形成資優生科學導向的專家思維，建議在教學之初，教師務必引導學生確認每次學習所產生的「模型表徵」（圖表、文字、公式、實物微縮…）、「模型功能」（解釋、預測、推論、應用）以及「模型中的要素和關係」（重要架構）。最後熟練後再依學生個人的思考風格，建構屬於他自己的專家建模思考。

## 二、模組使用建議

本單元的教學中，以普通班學習經驗為基礎，引導學生看到兩種模型的表徵（水溶液：圖文形式；濃度：公式形式），且都具有解釋的功能，打開學生對於模型的想像，及引導學生嘗試以模型實際應用在解釋現象上。因此在每一次建模教學之後，教師務必在綜合活動中引導學生回顧他們在課堂上形成了什麼樣的模型？功能為何？讓學生建立對模型在科學應用上正確的概念。

### 三、學生作品示例

5716

**神奇科學家之水系大師：繽紛的水溶液學習單 1**

姓名：\_\_\_\_\_

- 在課堂中，我們發現了無論是桌上的水漬或是濕的頭髮，過一段時間後就會乾掉，想一想，這是什麼原因呢？  
 水蒸發了因為溫度上升。  

- 想一想日常生活中，還有類似的現象嗎？  
 ① 魚缸水過一周減少了因為牠一下子就乾了  
 ② 杯子的水過一天減少了
- 請用圖片加上文字說明，你認為「水是如何逃到空氣中的呢？」（請注意水散逃到空氣中的現象，需要有的「要素」以及「要素間的關係」喔。）  

- 在閱讀完「水分子的秘密後」，請修正你一開始的猜想(思考模型)。請注意水散逃到空氣中的現象，需要有的「要素」以及「要素間的關係」喔。  


神奇科學家之水系大師：繽紛的水溶液學習單 2

姓名：\_\_\_\_\_

1、請各位同學用敏銳的味覺，由高到低排列出不同杯子中液體的「甜度」。(填上杯子代號)

最甜----->最不甜

A  >  B  >  C  >  D

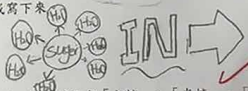
2、想一想，一杯甜的液體中，最少要包含哪些「要素」才能讓液體變成甜甜的呢？(看完影片後，區分出溶質、溶劑及溶液。)

| 溶質   | 溶劑 | 溶液   |
|------|----|------|
| 紅茶葉糖 | 水  | 泡末紅茶 |

3、思考一下，溶質、溶劑和溶液的「關係」，可以用什麼方式來表示呢，請將它畫或寫下來。



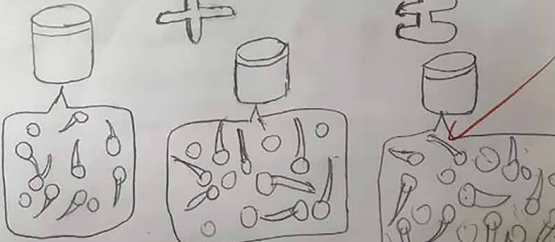
4、在知道了水分子的概念後，想一想溶質放到水里，它會跟水產生什麼作用？將你的想法畫或寫下來。



5、看完了擴散作用的說明，請試著完成「全糖」、「半糖」、「微糖」的溶液中，糖與水的互動關係。

$\bigcirc = H_2O$      $\bigcirc = \text{Sugar}$

微      半      全



神奇科學家之水系大師：繽紛的水溶液學習單-重量百分濃度

姓名：\_\_\_\_\_

◆100 克溶液中所含的溶質克數。

◆公式： $W\% = \frac{\text{溶質重}}{\text{溶液重}} \times 100\%$ 。

1、在課堂影片中，按照清炎飲料店的標示，小明和小華喝的飲料比較濃呢？把你的計算過程和答案記錄下來。

$$7 \times 1 = 7$$

$$7 \times 0.2 = 1.4$$

$$7 > 1.4 \text{ 小明} > \text{小華} \quad A = \text{小明}$$

$$100\% \text{ 珍} > \text{小明} > \text{全糖} > \text{冰} > \text{水}$$

$$\text{珍重} = \frac{7}{100} \times 100\% = 7\%$$

$$30g \text{ 小華} > \text{微糖} > \text{少冰}$$

$$\text{微重} = \frac{1.4}{100} \times 100\% = 1.4\%$$

$$A = 5\%$$

$$A = 1.4\%$$

$$\left. \begin{matrix} A = 5\% \\ A = 1.4\% \end{matrix} \right\} A = \text{小明比較濃}$$

| 清炎飲料專賣店 糖量標示表 |          |          |
|---------------|----------|----------|
| * 單位為公克(gram) |          |          |
|               | 中杯<br>全糖 | 大杯<br>全糖 |
| 紅茶            | 6        | 8        |
| 綠茶            | 6        | 8        |
| 梅子綠茶          | 7        | 9        |
| 多多綠茶          | 7        | 9        |
| 珍珠奶茶          | 6        | 7        |

本方糖1顆重5g  
1g糖約熱量為4大卡

| 糖量表 |         |
|-----|---------|
| 正味糖 | 10分     |
| 少糖  | 8分(80%) |
| 半糖  | 5分(50%) |
| 微糖  | 2分(20%) |
| 無糖  | 0分(0%)  |

2、挑戰題，店裡的小杯為20g，小陳點了三杯5%、10%、15%各20克的水溶液，請問每杯的溶質和溶劑分別是？g

| 神奇科學家 - 水系大師       |     | 學習單 1-1 |
|--------------------|-----|---------|
| 水的秘密 < 展現定題、提取變因 > | 班級： | 姓名：     |

1. 在課堂中，我們發現無論是桌上的水漬或是濕的頭髮，過一段時間後就會乾掉，想一想，這是什麼原因呢？



2. 想一想日常生活中，還有類似的現象嗎？
3. 請用圖片加上文字說明，你認為「水是如何進到空氣中的呢？」（請注意水散逸到空氣中的現象，需要有的「要素」以及「要素間的關係」。）
4. 在你發表後，依據同學和老師的建議，你有沒有新的想法呢？請修正你一開始的猜想（思考模型）。請注意，這一次修改的模型，要針對水散逸到空氣中的現象，寫出或畫出構成這個現象的「要素」以及表現出這些「要素間的關係」。

| 神奇科學家 - 水系大師        |     | 學習單 1-2 |
|---------------------|-----|---------|
| 濃度大挑戰 < 展現定題、提取變因 > | 班級： | 姓名：     |

1. 請各位同學用敏銳的味覺，由高到低排列出不同杯子中液體的「甜度」。  
( 填上杯子代號 )

最甜 -----> 最不甜

\_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_

2. 想一想，一杯甜的液體中，最少要包含哪些「要素」才能讓液體變成甜甜的呢？在看完影片後，區分出溶質、溶劑及溶液。

| 溶質 | 溶劑 | 溶液 |
|----|----|----|
|    |    |    |

3. 思考一下，溶質、溶劑和溶液的「關係」，可以用什麼方式來表示呢，請將它畫或寫下來。

4. 在知道了水粒子的概念後，想一想溶質放到水裡，它會跟水產生什麼作用？將你的想法畫或寫下來。

5. 看完了擴散作用的說明，請試著完成「全糖」、「半糖」、「微糖」的溶液中，糖與水的互動關係。

| 神奇科學家 - 水系大師         |     | 學習單 1-3 |
|----------------------|-----|---------|
| 繽紛的水溶液 < 展現定題、提取變因 > | 班級： | 姓名：     |

一、重量百分濃度的定義：

◆ 100 克  中所含的  克數。

◆ 公式： $W\% = \frac{\text{溶質克數}}{\text{溶液克數}} \times 100\%$



二、挑戰題 1：在影片中，按照清爽飲料店的標示，小明和小華誰喝的飲料含糖克數比較重呢？誰喝的飲料重量百分濃度比較濃呢？把你的計算過程和答案記錄下來。

| 清爽飲料專賣店 糖量標示表 |          |          |
|---------------|----------|----------|
| ● 單位為方糖數(顆)   |          |          |
|               | 中杯<br>全糖 | 大杯<br>全糖 |
| 紅茶            | 6        | 8        |
| 綠茶            | 6        | 8        |
| 梅子綠茶          | 7        | 9        |
| 多多綠茶          | 7        | 9        |
| 珍珠奶茶          | 6        | 7        |

★ 方糖 1 顆為 5g，  
1g 糖的熱量為 4 大卡

| 糖量表 |         |
|-----|---------|
| 正常糖 | 10分     |
| 少糖  | 8分(80%) |
| 半糖  | 5分(50%) |
| 微糖  | 2分(20%) |
| 無糖  | 0分(0%)  |

三、挑戰題 2：今天小陳來到神奇飲料店，點了三杯重量百分濃度為 5%、10%、15% 的小杯糖水溶液，小杯飲料的重量為 20 克，請你試著用表格整理這三杯飲料的溶質、溶劑以及溶液重量分別是幾克呢？



| 神奇科學家 - 水系大師        |     | 學習單 1-4 |
|---------------------|-----|---------|
| 色彩觀察家 < 模型建立、調查研究 > | 班級： | 姓名：     |



請你仔細觀察左圖這個現象，  
並以科學鑑模的方式思考與探究。



一、觀察：運用五感觀察現象或事物，並且客觀的描述所發現的事實。

※ 我觀察到：

二、定題：從觀察到的現象或事物中，找到感興趣的主題或方向，並思考「為什麼」。

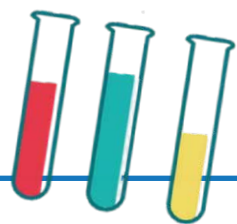
### 三、問題概念化：讓問題變得可操作，推測出可能的影響因素，並定義問題。

※ 是什麼造成分層的現象？

### 四、模型建立：「濃度」是什麼？

思考形成的理由、蘊含的理論，試著用各種方式（例如：文字、圖片、表格、肢體或圖表等）表現濃度的概念。

※ 呈現溶液中濃度低、中、高的模型，並用文字解釋。



|                     |     |         |
|---------------------|-----|---------|
| <b>神奇科學家 - 水系大師</b> |     | 學習單 1-5 |
| 彩虹分層大挑戰 < 模型檢核 >    | 班級： | 姓名：     |

## 調查研究

根據所提出的模型設計實驗、分析數據，  
找出變項間的關係並評估預測與實作結果的差異性。

要調配出哪三種濃度的糖水溶液？分別需要多少溶質與溶劑？  
請設計表格記錄，並說明計算方式：

※ 我的實驗步驟是：

※ 我的實驗器材有：



## 模型檢核

對應模型與實驗結果或數據，  
如果數據無法解釋模型，就要調整或修改的模型。

※ 實驗的結果跟我預期的一樣嗎？

☐ 與預期一樣：請記錄你的實驗成果，並寫下發現

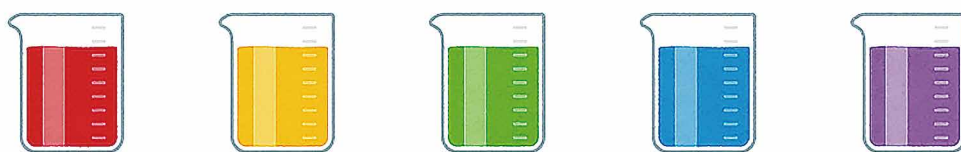
☐ 與預期不一樣：修正假設，思考哪裡可能有問題

|                     |     |         |
|---------------------|-----|---------|
| <b>神奇科學家 - 水系大師</b> |     | 學習單 1-6 |
| 漸層調飲師 < 模型應用 >      | 班級： | 姓名：     |

## 模型應用

試看模型是否能應用到相似問題情境，  
或是新的問題情境，來增加模型的解釋力。

來自彩虹飲品店的委託：在這 5 種未知濃度的溶液中，請至少選擇出 3 種不同的溶液，調配出漂亮的漸層飲品。



- 如何辨識出這五種水溶液的濃度高低？
- 請思考是否能應用先前所建立的模型來解決這個新的問題情境，規劃出實驗步驟並實作。

※ 根據之前所建立的模型，我認為辨識水溶液濃度高低的的方法是：

※ 我的實驗步驟與所需器材：

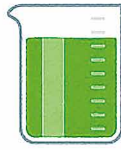
## 模型重建

如果模型應用後發現沒辦法解釋與對應相似情境或新的情境，  
就必須思考有什麼限制，並且重新建立模型。

※ 我發現原本模型的限制是：

※ 我重新建立的模型是：

## 漸層調飲實驗結果紀錄



※ 根據實驗結果，這五種溶液的濃度高低是：

※ 根據實驗結果，我研發的漸層調飲配方為：( 請寫出你選用哪些溶液並畫出圖示 )

※ 在調配漸層飲品時，我發現需要注意以下事項：

# 單元教學活動

## - 第二單元 -



# 火系大師～ 炎炎調查隊

Blank lines for writing notes or observations.





## 壹 教學規劃說明

| 節次                    | 教學內容           | 核心素養             | 學習表現                             | 教學目標                                                                        | 節數  |
|-----------------------|----------------|------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>第一節</b><br>炎炎調查隊出動 | 探討火焰的產生並提出預測   | 自-E-B2           | po-III-2<br>pa-III-2             | 1. 能透過火災相關影片與先備經驗，提出燃燒的原因。<br>2. 能根據實驗了解燃燒三要素缺一不可。<br>3. 能建立燃燒三要素模型。        | 1 節 |
| <b>第二節</b><br>防火鈔票    | 探討燃點對於燃燒的影響    | 自-E-A2<br>自-E-C2 | tr-III-1<br>pa-III-2             | 1. 能透過實驗了解「是否達到燃點」對燃燒的影響。<br>2. 能正確設計及執行實驗。<br>3. 能透過燃燒模型提出預測，並透過實驗驗證及修改模型。 | 1 節 |
| <b>第三節</b><br>長短蠟燭    | 探討助燃物對於燃燒的影響   | 自-E-A2<br>自-E-C2 | tr-III-1<br>pa-III-2             | 1. 能透過實驗了解「助燃物」對燃燒的影響。<br>2. 能正確設計及執行實驗。<br>3. 能透過燃燒模型提出預測，並透過實驗驗證及修改模型。    | 1 節 |
| <b>第四節</b><br>白糖變黑蛇   | 探討可燃物對於燃燒的影響   | 自-E-A2<br>自-E-C2 | tr-III-1<br>pa-III-2             | 1. 能透過實驗了解「可燃物」對燃燒的影響。<br>2. 能正確設計及執行實驗。<br>3. 能透過燃燒模型提出預測，並透過實驗驗證及修改模型。    | 1 節 |
| <b>第五節</b><br>科學鑑識    | 瞭解建立模型的方式與模型製作 | 自-E-B2           | po-III-2<br>tr-III-1<br>pa-III-2 | 1. 回顧前三週討論燃點、可燃物與助燃物對燃燒的影響。<br>2. 觀看燃燒現象的動漫作品，分析動漫中是如何點燃火焰，燃燒三要素的變化與角色為何。   | 1 節 |
| <b>第六節</b><br>流「炎」破解  | 運用模型應用在其他情境中   | 自-E-B2           | po-III-2<br>pa-III-2<br>pc-III-2 | 1. 挑選最想破解的流「炎」來進行分析。<br>2. 選用適切模型來分析探討燃燒三要素與燃燒的結果。<br>3. 分享發表模型並修正。         | 1 節 |
| <b>第七節</b><br>流「炎」終結者 | 運用模型應用在其他情境中   | 自-E-B2           | po-III-2<br>pa-III-2<br>pc-III-2 | 1. 能針對自己選擇的情境進行模型發表<br>2. 能運用三要素檢核所組的模型<br>3. 能將重建模型概念應用於不同的情境              | 1 節 |

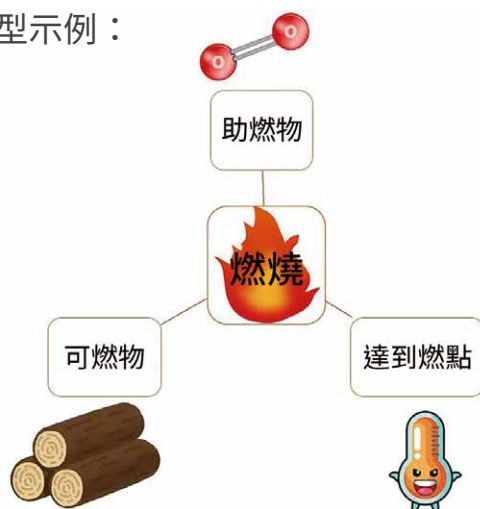
## 貳 單元教學活動

### ● 第一節：炎炎調查隊出動 ( 共 1 節課，40 分鐘 )

#### ► 模型說明：

|                      |                                                   |
|----------------------|---------------------------------------------------|
| 模型包含的組件 / 要素         | 可燃物、助燃物、燃點                                        |
| 模型要素間的關連             | 三個要素連起來即形成燃燒條件。                                   |
| 模型功能 ( 解釋、預測、推論、應用 ) | 解釋：說明燃燒現象達成的必要條件。<br>預測：實驗操作中，以此模型預測會發生什麼現象       |
| 模型應用範圍               | 燃燒三要素的模型解釋範圍較適用在一些生活中「生火」的情況，但一些極端的情況如「粉塵」燃燒則不適用。 |

#### ► 燃燒三要素的學生模型示例：



#### ► 課前準備：課程簡報、學習單、實驗用具。

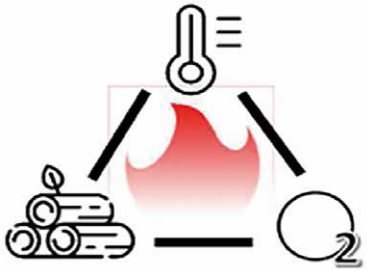
#### ► 本節教學目標

1. 能透過火災相關影片與先備經驗，提出燃燒原因。
2. 能根據實驗了解燃燒三要素缺一不可。
3. 能建立燃燒三要素模型。

### ● 教學流程

| 教學內容                                                                                          | 教學時間  | 教學資源   | 評量方式 / 教學支援        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------------------|
| <b>一、引起動機：火災新聞的悲歌</b><br>(一) 教師播放火災新聞相關影片，請學生思考並說明火災發生的原因。<br>(二) 展現台灣火災發生相關數據，引導學生探討火災發生的原因。 | 10 分鐘 | 影片、投影片 | 口頭評量：<br>能根據議題進行討論 |



| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 教學時間  | 教學資源                                                  | 評量方式 / 教學支援    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|----------------|
| <b>二、發展活動</b><br><b>(一) 燃燒成因</b><br>1. 教師引導學生探討造成燃燒的原因，請學生思考導致燃燒現象產生的要素。<br>2. 教師結合討論內容，帶出「燃燒三要素」概念，並以此概念請學生討論如何避免燃燒。<br><b>(二) 實驗驗證</b><br>1. 根據前述活動討論結果，嘗試證明：移除一項要素即無法燃燒。<br>2. 移除助燃物：嘗試用蓋子將酒精燈熄滅；用腳去踩燃燒中的紙屑。<br>3. 降低燃點：將燃燒中的紙屑放入水裡。<br>4. 移除可燃物：將燃燒的紙屑丟在桌上，燒完紙後即無法繼續燃燒。  | 15 分鐘 | 投影片、學習單 2-1<br><br><br><br><br><br><br>酒精燈、打火機、影印紙、水箱 | 小組討論與分析        |
| <b>三、統整活動</b><br><b>(一)</b> 根據上述實驗操作，討論與統整燃燒三要素中的關聯。<br><b>(二)</b> 請學生建立模型<br>1. 請學生進行建模分享。<br>2. 根據學生建模作品進行討論與建議。                                                                                                                                                                                                                                             | 15 分鐘 | 投影片、學習單 2-1                                           | 實作評量：完成學習單建模任務 |

## ● 第二節：防火鈔票－燃點 (共 1 節課，40 分鐘)

### ► 課前準備：

1. 準備實驗器材：鈔票便條紙、酒精、水、打火機、鑷子、平板電腦。
2. 準備課堂簡報及學習單。

### ► 本節教學目標

1. 能透過實驗了解「是否達到燃點」對燃燒的影響。
2. 能正確設計及執行實驗。
3. 能透過燃燒模型提出預測，並透過實驗驗證及修改模型。

## ● 教學流程

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 教學時間  | 教學資源                                                                               | 評量方式 / 教學支援                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>一、引起動機：火焰預測家</b><br>(一) 教師提問：酒精跟紙都是容易燃燒的物質，請問你覺得如果鈔票便條紙沾滿酒精後，直接點火會發生什麼變化？<br>(二) 教師請學生將預測的結果寫在學習單上。<br>(三) 教師實際點火燃燒鈔票便條紙，並詢問學生是否跟預測的結果相同。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 10 分鐘 | 實驗材料、教學簡報、學習單 2-2                                                                  | 完成學習單                                        |
| <b>二、發展活動：神秘的液體</b><br>(一) 教師提問：現在要在酒精裡面加入某種液體，讓浸進去的鈔票便條紙變成防火鈔票，請問你覺得這時便條紙點火後會有什麼變化？<br>1. 教師引導學生預測並記錄答案於學習單。<br>2. 教師引導學生猜猜看加入的是什麼液體。<br>(二) 教師實際操作實驗並進行觀察記錄。<br>1. 教師將酒精與水以 1:1 的比例混和。<br>2. 教師將鈔票便條紙完全浸入混和水的酒精中。<br>3. 教師將鈔票便條紙點燃，請學生觀察燃燒的狀況。<br>(三) 教師回顧預測結果，討論實驗狀況。<br>※ 教師說明：點燃鈔票便條紙後，鈔票便條紙本身並未燃燒，燃燒的僅有酒精，酒精燒完後，便條紙完好無損。<br>(四) 由實驗狀況說明原理。<br>1. 教師回顧燃燒三要素：物質能燃燒起來需要達到一定的溫度，這個溫度就稱為物質的燃點，不同的物質燃點也不同。<br>2. 教師說明酒精本身具有可燃性，但酒精的燃點遠低於紙。<br>3. 學生一開始加入酒精的液體是水，點火時酒精會燃燒，但燃燒產生的熱量會被水吸收。教師引導學生探討酒精、水與紙的燃點排序，以及說明為何造成此現象。<br>4. 教師說明因燃燒產生的熱量被水所吸收，導致紙所吸收的熱量沒辦法讓溫度上升到紙的燃點，因此無法燃燒。<br>5. 教師請學生將原理重點記錄於學習單。 | 15 分鐘 | 實驗材料、教學簡報、學習單 2-2<br><br>實驗材料、教學簡報、學習單 2-2<br><br>教學簡報、學習單 2-2<br><br>教學簡報、學習單 2-2 | 完成學習單<br><br>完成學習單<br><br>完成學習單<br><br>完成學習單 |



| 教學內容                                                                                                                                                                                                               | 教學時間  | 教學資源                                                       | 評量方式 / 教學支援            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>三、統整活動：神奇的燃點</b><br>(一) 將實驗原理與生活中的事物做概念連結：<br>1. 教師播放日本動畫「中華一番」中，小當家燃燒紙火鍋的片段。<br>2. 教師說明紙火鍋之所以不會燒起來，也是因為燃燒時的熱量被鍋中的水所吸收，讓紙無法達到燃點。<br>(二) 延伸討論：常見物質的燃點<br>※ 教師請學生利用平板電腦，查出以下物質的燃點分別是多少℃，並將答案寫在學習單上：紙、酒精、氫氣、氣球、黃磷。 | 15 分鐘 | 實驗材料、<br>教學簡報、<br>學習單 2-2<br><br>實驗材料、<br>教學簡報、<br>學習單 2-2 | 完成學習單<br><br><br>完成學習單 |

### ● 第三節：長短蠟燭－助燃物 ( 共 1 節課，40 分鐘 )

#### ▶ 課前準備：

1. 準備實驗器材：長短不同，但粗細相同的兩隻蠟燭、燒杯、打火機 ( 火柴 )、碼錶。
2. 準備課堂簡報及學習單。

#### ▶ 本節教學目標

1. 能透過實驗了解「助燃物」對燃燒的影響。
2. 能正確設計及執行實驗。
3. 能透過燃燒模型提出預測，並透過實驗驗證及修改模型。

## ● 教學流程

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 教學時間  | 教學資源                  | 評量方式 / 教學支援   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------|---------------|
| <b>一、引起動機</b><br>(一) 在真正進行實驗之前，先進行長短蠟燭實驗的演練。演練步驟如下： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 滴蠟油將蠟燭固定在桌上，兩支長短不同的蠟燭位置需鄰近便於罩上燒杯。</li> <li>2. 預計同時點燃長短蠟燭，並待火焰穩定（此時並未演示點火）。</li> <li>3. 將燒杯緩慢由上往下罩住蠟燭，請勿碰觸到燭火。</li> <li>4. 燒杯口碰到桌面，完全罩住兩根蠟燭時，開始計時並觀察火焰及燒杯內煙霧狀況。</li> <li>5. 長短兩根蠟燭燭火各自熄滅時，記下燭火熄滅秒數。</li> </ol>  | 10 分鐘 | 蠟燭、燒杯、打火機（火柴）、碼錶、教學簡報 | 完成學習單         |
| (二) 引導學生預測結果 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 回顧第一節課所建之模型，討論燃燒的概念：蠟燭燃燒消耗燒杯中的氧氣、產生二氧化碳，影響「助燃物」這個要素。</li> <li>2. 請學生預測並記錄答案於學習單：                             <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 蠟燭燃燒後，燒杯裡的氧氣及二氧化碳會如何分布？為什麼？</li> <li>(2) 將燒杯蓋住後，長短蠟燭會熄滅還是繼續燃燒？為什麼？</li> <li>(3) 如果蠟燭會熄滅，是哪根蠟燭會先熄滅，或是同時熄滅？為什麼？</li> </ol> </li> </ol>                                            |       | 學習單 2-3               | 實作評量<br>完成學習單 |
| <b>二、發展活動</b><br>(一) 請學生領回實驗器材，做好實驗前準備。<br>(二) 實際操作長短蠟燭實驗並進行觀察紀錄。<br>(三) 回顧預測結果，討論實驗狀況。 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在蠟燭燃燒時，產生的二氧化碳隨著熱空氣上升會在容器的頂部累積，原本在下層的空气由於尚未被燃燒，含有較多氧氣含量，所以長蠟燭會先被上層具有較多二氧化碳的空氣包圍。</li> </ol> 備註：二氧化碳的分子量比氧氣重，在常溫下比較容易下沉。但在該實驗中，燃燒區域的上方，會逐漸聚集較多二氧化碳，因為它是產物，並被                                                                                                  | 15 分鐘 | 學習單 2-3、教學簡報          | 完成學習單         |



| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 教學時間  | 教學資源            | 評量方式 / 教學支援           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|-----------------------|
| <p>熱流帶上去。而蠟燭下方的空氣如果還沒被燃燒，就會有較多氧氣。</p> <p>2. 將燒杯蓋住燃燒一陣子後，長短蠟燭都會熄滅，熄滅後可以看到略有黑煙往上飄。</p> <p>3. 不管蠟燭粗細如何（實驗準備的是粗細一致的蠟燭，也可嘗試粗細不同的蠟燭，但不管粗細是否一致，實驗結果都會相同），均是由較長的蠟燭先熄滅，較短的蠟燭後熄滅。</p> <p>(四) 由實驗狀況說明原理。</p> <p>1. 溫度上升時，氣體分子間的距離變大（熱漲冷縮）而密度降低，熱空氣往上。</p> <p>2. 蠟燭在燃燒時產生了二氧化碳，而熱的二氧化碳上升導致長蠟燭先熄滅。</p> <p>3. 含氧量較高的冷空氣仍殘存燒杯底部，不會上升而留在底部。因此，短蠟燭可燃燒較久至底部的氧氣用盡。</p> <p>(五) 請學生將原理重點記錄於學習單，並畫出圖示表示二氧化碳流動造成長短蠟燭相繼熄滅。</p> <p><b>三、統整活動</b></p> <p>(一) 實驗總結：長短蠟燭在燃燒時，燭火在杯中位置旁的氣體是氧氣或二氧化碳，將影響火焰是否熄滅；而氧氣在燃燒三要素中屬於「助燃物」的角色。</p> <p>(二) 將實驗狀況與實際火場逃生狀況做概念連結。</p> <p>1. 播放由「新北消防發爾麵」（由新北市消防局成立的 YOUTUBE 帳號）發佈的影片「你真的知道火場逃生重點嗎」（影片長度 1 分 29 秒）。</p> <p>2. 提示火場逃生之所以需要趴低，與長短蠟燭實驗原理相同。</p> <p>(三) 請學生就已知原理進行比較推論</p> <p>1. 請問你認為若蓋上燒杯後 3 秒再打開會發生什麼事？為什麼？</p> <p>2. 請問能用什麼方法讓長短蠟燭同時熄滅？為什麼？</p> <p>(四) 收拾實驗器材與環境。</p> | 15 分鐘 | 學習單 2-3<br>教學簡報 | 實作評量<br>完成學習單<br>實作評量 |

## ● 第四節：白糖變黑蛇—可燃物 (共 1 節課，40 分鐘)

### ▶ 課前準備：

白糖、紅糖、黑糖、小蘇打粉、沙子、電子秤、酒精、滴管、蒸發皿、打火機、課堂學習單、教學 PPT。

### ▶ 本節教學目標

1. 能透過實驗了解「可燃物」對燃燒的影響。
2. 能正確設計及執行實驗。
3. 能透過燃燒模型提出預測，並透過實驗驗證及修改模型。

## ● 教學流程

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 教學時間  | 教學資源            | 評量方式 / 教學支援                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|----------------------------|
| <b>一、引起動機：科學觀察師</b><br>(一) 實驗示範：教師先準備一顆方糖、與方糖等重的小蘇打粉，分別置於蒸發皿中，倒入酒精後請學生進行實驗預測。<br>(二) 預測與觀察思考 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 教師提問：如果以點火槍在白糖上點火，會發生什麼現象呢？</li> <li>2. 教師帶領學生進行討論後，將實驗完成。</li> <li>3. 教師提問：方糖與小蘇打粉焦黑的地方是什麼？</li> </ol>                                                                                                                                                         | 10 分鐘 | 方糖、小蘇打粉、學習單 2-4 | 觀察<br>小組討論<br>實作評量<br>實作評量 |
| <b>二、發展活動</b><br>(一) 實驗準備 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 請學生分組後，依序領取所需材料。</li> <li>2. 教師複習實驗安全守則：燃燒三要素減少其中一項即無法燃燒。</li> </ol> (二) 實驗操作 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將白糖與小蘇打粉以重量比 1：4(5g：20g) 比例混合。</li> <li>2. 在蒸發皿中加入 2/3 的沙子後鋪平，在中間挖一個半徑 1cm 的小洞。</li> <li>3. 將白糖與小蘇打混合物捏成圓柱狀後，置於裝有沙子與酒精的蒸發皿中央。</li> <li>4. 用滴管倒入 3ml 的酒精，將混合粉末沾濕。</li> <li>5. 請學生點燃白糖和小蘇打混合物並觀察。</li> </ol> | 20 分鐘 | 學習單 2-4、教學 PPT  | 完成學習單                      |





| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 教學時間  | 教學資源           | 評量方式 / 教學支援   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------|---------------|
| <p>(三) 實驗討論</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 教師提問：請問加小蘇打和白糖的用意為何？可以產生什麼效果？</li> <li>2. 請學生畫下或寫下實驗結果，並比較和之前預測結果的差別。</li> </ol> <p><b>三、統整活動：可燃物的秘密</b></p> <p>(一) 教師提問</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 黑蛇是什麼成分組成的？</li> <li>2. 為什麼黑蛇會停止燃燒？</li> </ol> <p>(二) 請學生就已知原理進行比較推論</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 是否可將白糖替換成其他糖類？</li> <li>2. 如何能使黑蛇長度更長？</li> </ol> <p>(三) 收拾實驗材料與整理。</p> | 10 分鐘 | 學習單 2-4、教學 PPT | 實作評量<br>完成學習單 |

### ● 第五節：科學鑑識 ( 共 1 節課，40 分鐘 )

▶ 課前準備：影片 (LIS 噴火龍火焰解析、泛科學朗基奴斯之槍投上月球)

▶ 本節教學目標

1. 回顧前三週的燃點、可燃物與助燃物對燃燒的影響。
2. 觀看燃燒現象的動漫，分析動漫中是如何點燃火焰，三要素的變化與角色為何。

### ● 教學流程

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                      | 教學時間 | 教學資源        | 評量方式 / 教學支援 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|-------------|
| <p><b>一、引起動機：噴火龍的秘密</b></p> <p>(一) 回顧前面三堂課所探索的燃燒三要素影響結果，包含了以下三個例子</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 防火鈔票 - 不同物體的燃點不同。</li> <li>2. 長短蠟燭 - 助燃物與冷熱空氣上下升之影響。</li> <li>3. 白糖變黑蛇 - 可燃物與反應後物體之狀態。</li> </ol> <p>(二) 教師進行小結，要達成燃燒，燃點、助燃物、可燃物缺一不可。</p> | 5 分鐘 | 已完成學習單、學習成果 | 小組討論        |

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 教學時間  | 教學資源       | 評量方式 / 教學支援               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|---------------------------|
| <b>二、發展活動</b><br><b>(一) 燃燒鑑識 1：</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>撥放寶可夢動畫噴火龍使用噴射火焰的片段。</li> <li>發下學習單，引導學生從燃燒三要素來思考是否符合科學？為什麼？</li> <li>學生可重覆播放影片，觀察現象、寫下要素，並觀察是否有燃燒？可燃物是什麼？燃點可能是多少？助燃物是否足夠？並鑑定影片是 TRUE 或是 FALSE。</li> <li>播放 LIS 情境科學教材－噴火龍火焰解析影片，評析用科學鑑識的方法說明燃燒建模的過程。<br/> <a href="https://reurl.cc/9bnjWV">https://reurl.cc/9bnjWV</a> </li> </ol> | 15 分鐘 | 影片、學習單 2-5 | 提出觀點                      |
| <b>(二) 燃燒鑑識 2：</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>播放鋼之鍊金術師動畫中「上校彈指點火」的影片。</li> <li>請學生觀察影片並完成學習單。</li> <li>老師引導重點為：                             <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 分析點火的方法？</li> <li>(2) 是否有成功燃燒？</li> <li>(3) 燃燒三要素分別為何？學生繪製關係圖解釋產生了什麼樣的現象與變化？將所有現象的原理記錄下來。</li> </ol> </li> </ol>                                                                                                                               | 5 分鐘  | 影片、學習單 2-5 | 口頭評量<br>紙筆評量              |
| <b>三、統整活動</b><br><b>(一) 發表時間</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>學生先判斷情境是否可能發生？是正確或錯誤，並依照正反方進行討論。</li> <li>請學生觀察老師提供的情境，試著用自己建立的概念模型進行解釋發表。</li> <li>教師總結，並釐清學生的模型是否還有迷思概念。</li> </ol> <b>(二) 發布任務：</b> 請學生回去從動畫、漫畫或電影中，找一個爆炸或激烈燃燒的畫面，作為下次的正確和錯誤的問題文本探討素材。                                                                                                                                                                                 | 15 分鐘 | 投影幕        | 口頭評量<br>展示規準<br>< 內容與發表 > |



## ● 第六節：流「炎」破解 ( 共 1 節課，40 分鐘 )

▶ 課前準備：影片 ( 泛科學解析動漫文本 )、燃燒圖片、點火器

▶ 本節教學目標

1. 挑選最想破解的流「炎」來進行分析。
2. 選用適切模型來分析探討燃燒三要素與燃燒的結果。
3. 分享發表模型並修正。

## ● 教學流程

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 教學時間  | 教學資源        | 評量方式 / 教學支援 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|-------------|
| <b>一、引起動機：流「炎」破解</b><br>( 一 ) 回顧上次課程所鑑識的兩個燃燒模型。<br>( 二 ) 說明學生需要選定一個真實或假想情境中的燃燒情形，分析並說明這個情境為正確或錯誤。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 5 分鐘  | 已完成學習單、學習成果 | 口頭評量        |
| <b>二、發展活動</b><br>( 一 ) 說明破解流言的建模規準為何 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 情境重點為是否在燃燒。</li> <li>2. 提供之資料須能夠觀察燃燒情境之三要素。</li> <li>3. 三要素都有被討論到。</li> <li>4. 須符合科學或是搬到現實生活中 ( 如果是假設情境 ) 中的情況。</li> <li>5. 允許用多元形式來製作模型。</li> </ol> ( 二 ) 教師提供模型範例說明：文字模型、概念圖模型、影片模型、教具模型等 ..... 。<br>( 三 ) 選擇文本與模型建立的方式 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 口說影片錄製－ LIS 噴火龍火焰解析。</li> <li>2. 科學文本撰寫、建模大師作品、閱讀泛科學 ( 解析零號機將朗基奴斯之槍投上月球需要多大力？ )</li> <li>3. 概念圖報告－燃燒三要素簡述圖。</li> <li>4. 教具模型製作－點火器操作與原理分析。</li> </ol> | 10 分鐘 | 學習單 2-6     | 小組討論        |
| <b>三、統整活動</b><br>( 一 ) 各組文本與資料蒐集 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 各組可從教師所提供的多元素材文本進行挑選與破解，也可以根據自己的經驗或觀察到的現象進行流炎破解。</li> <li>2. 選擇想要破解的流炎情境</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 5 分鐘  | 文本資料<br>影片  | 口頭評量        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 10 分鐘 | 學習單 2-6     | 實作評量        |

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                         | 教學時間  | 教學資源 | 評量方式 / 教學支援 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-------------|
| <b>(二) 流炎破解</b><br>1. 確認並蒐集想破解情境所需要的資料，必須包含： <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 分析點火的方法？</li> <li>(2) 是否有成功燃燒？</li> <li>(3) 燃燒三要素分別為何？</li> <li>(4) 產生了怎麼樣的現象與變化？</li> </ul> 2. 選擇想要建立模型的方式，要以影片、文字、圖片、教具，或混合方式產生模型。 | 10 分鐘 | 選擇模型 | 多元評量        |

● **第七節：流「炎」終結者 < 模型重建 > ( 共 1 節課，40 分鐘 )**

- ▶ 課前準備：泛科學文章 ( 解析動漫文本 )、燃燒圖片、點火器
- ▶ 本節教學目標
  - 1. 能針對自己選擇的情境進行模型發表。
  - 2. 能運用三要素檢核所組的模型。
  - 3. 能將重建模型概念應用於不同的情境。

● **教學流程**

| 教學內容                                                                                                                                         | 教學時間  | 教學資源       | 評量方式 / 教學支援 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|-------------|
| <b>一、引起動機：流「炎」終結者</b>                                                                                                                        |       |            |             |
| <b>(一) 確認各組要破解的流炎</b><br>1. 流炎是否有提供足夠的觀察要素。<br>2. 流炎是真實情境或是假設情境。                                                                             | 5 分鐘  | 模型與文本      | 口頭評量        |
| <b>(二) 教師說明核對規準</b><br>1. 設定情形是否在燃燒。<br>2. 提供之資料須能夠觀察燃燒三要素。<br>3. 燃燒三要素都有被討論到。<br>4. 設定情形須符合科學或是搬到現實生活中 ( 如果是假設情境 ) 中的情況。<br>5. 學生須針對情境進行報告。 | 5 分鐘  | 投影幕        | 組內討論        |
| <b>二、發展活動</b>                                                                                                                                |       |            |             |
| <b>(一) 各組學生進行情境播放與模型展現</b><br>1. 先播放要破解的流炎情境。<br>2. 各組學生先討論該情境之發生可能性。                                                                        | 10 分鐘 | 投影幕、<br>平板 | 作品評量        |



| 教學內容                                                    | 教學時間  | 教學資源  | 評量方式 / 教學支援 |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|-------------|
| 3. 報告組展現模型，說明小組對於該則流炎可行性的結論，並說明為什麼。                     |       |       |             |
| (二) 師生共同針對模型討論                                          | 10 分鐘 | 模型與文本 | 共同討論        |
| 1. 各組可以對模型進行提問。                                         |       |       |             |
| 2. 組員可以進行辯論。                                            |       |       |             |
| 3. 教師可以提供問題、資料或是意見。                                     |       |       |             |
| 4. 組員記錄並修改模型。                                           |       |       |             |
| 5. 各組輪流完成模型的報告。                                         |       |       |             |
| 三、統整活動                                                  | 10 分鐘 | 模型與文本 | 實作評量        |
| (一) 模型修正                                                |       |       |             |
| 1. 回顧這個單元所探索的所有燃燒情境給學生觀察與思考。                            |       |       |             |
| 2. 確認自己的模型是否還有要調整的地方。                                   |       |       |             |
| (二) 其他模型分享：提問燃燒的模型能不能應用在其他模型中呢？或是有沒有類似情形的？將模型展示給其他同學分享。 |       |       |             |

### 一、模組成效評估

#### (一) 學生省思

1. 在本次以建模為核心的自然課程中，我逐步理解燃燒必須同時具備可燃物、助燃物與燃點三項條件。透過火災影片分析、防火鈔票與長短蠟燭實驗，我能將觀察到的現象轉化為模型，並依據證據修正原本的預測。這樣的學習方式讓我體會到，科學並不是背誦結論，而是透過反覆驗證，使推論更加合理與嚴謹。
2. 從白糖變黑蛇到各種燃燒實驗，我對每一個「為什麼」都充滿興趣。課程中，我學會將直覺想法轉化為假設，並透過建模來檢驗是否成立。即使結果與原本想像不同，老師引導我們重新調整模型，讓我理解失敗也是重要的學習歷程。這門課讓我更勇於提問，也更願意不斷嘗試與修正。
3. 在分析動漫火焰場景的單元中，我感受到科學與創意之間的連結。過去我只憑感覺判斷畫面是否合理，現在能運用燃燒模型，從可燃物、助燃物與環境條件進行分析。這樣的學習讓我發現，建模不會限制想像，反而能幫助我用科學方式說明創意，使想法更具說服力與深度。
4. 透過七節課的循序學習，我逐漸理解建模是一種整理思考與解釋現象的工具。從建立燃燒模型到應用於不同情境，我必須不斷檢視模型是否完整，並思考哪些條件需要調整。這讓我學會從多角度看問題，也更能反思自己的推論是否合理，對我未來進行科學研究或解決問題都有很大幫助。

#### (二) 教師省思

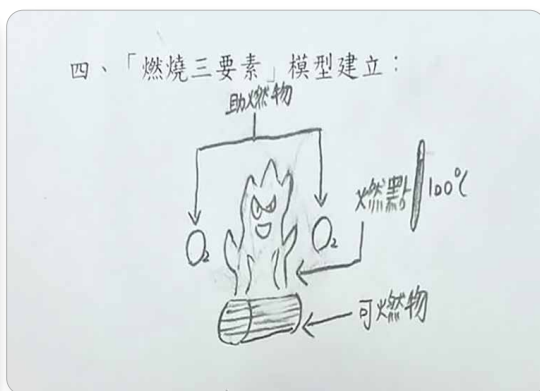
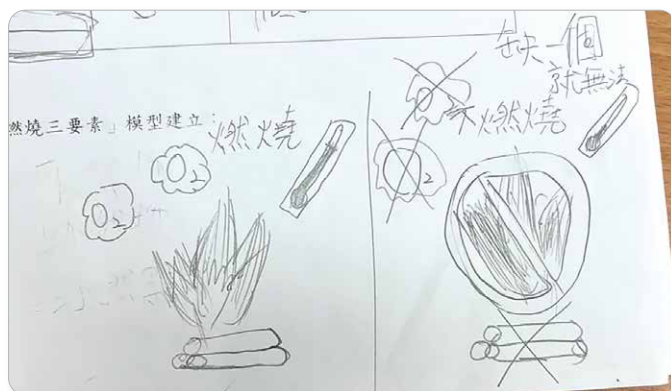
1. 碧湖國小楊婷雅老師：透過模型的建立，可以讓教師在安排實驗及課程時，更有意識的選擇適當的議題、評估實驗的適當性、是否有延伸可討論的迷思，讓整體教學更有結構。在這次教案的發想與撰寫過程，不僅是學生模型的建立，也讓我依據模型主題的訂定，增加課程篩選的依據，更有效率的對課程進行檢核。
2. 碧湖國小周秉弘老師：燒燃是一個回饋很立即且快速的單元，火焰的效果也讓學生很感興趣，但同時在班級常規、安全宣導上更需要老師與同學事前建立好規則，嚴禁危險的動作。部分實驗可以透過加入一些食鹽讓火焰的效果更明顯，學生更容易觀察。學生一開始聽到要建模都以為要做一個實體模型，教師在建模的過程中，也可以不斷引導，讓學生透過口語、文字、圖畫等方式建立模型，並驗證自己的模型。
3. 碧湖國小王思澄老師：燃燒是一種相當吸引人的自然現象，燃燒的實驗除了容易引起學生動機之外，同時也能讓學生更加了解用火的安全。透過燃燒三要素的建模，更加深了學生對於如何燃燒以及如何防止燃燒的觀念，教師也能更清楚的檢



核學生的學習歷程以及自己的教學歷程，達到教學相長的效果。

4. 碧湖國小陳家聲老師：燃燒單元是最能引起學生興趣的單元，本課程融入建模概念，搭配生活經驗，引導學生將課本的單元，於資優班課程中實踐。在課程中，我們會用實驗的過程去驗證每一個理論，並透過小組分享與討論，進行模型的建立與修正，讓學生可以從實際操作的過程中深入學習。

## 二、學生作品示例



|                       |     |                |
|-----------------------|-----|----------------|
| <b>神奇科學家 - 火系大師</b>   |     | <b>學習單 2-1</b> |
| 炎炎調查隊出動 < 展現定題、提取變因 > | 班級： | 姓名：            |

一、常見的火災類型：

二、如何導致燃燒現象：

三、如何避免燃燒現象：

| 實驗方式 | 原理 |
|------|----|
|      |    |
|      |    |
|      |    |

四、「燃燒三要素」模型建立：

|                    |     |         |
|--------------------|-----|---------|
| 神奇科學家 - 火系大師       |     | 學習單 2-2 |
| 防火鈔票 < 模型建立、調查研究 > | 班級： | 姓名：     |

## 1. 用火守則：

✓ 燃燒三要素：

✓ 圖解：

✓ 模型建立：

## 2. 實驗：防火鈔票

### Mission 1( 實驗預測 )

✓ 請問你認為將鈔票便條紙沾滿酒精後直接點火會發生什麼變化？

✓ 酒精裡面加入某種液體後，請問你覺得便條紙點火後會發生什麼變化？

### Mission 2( 實驗觀察 )

✓ 請畫下或寫下你的實驗結果

### Mission 3( 實驗討論 )

✓ 酒精具有可燃性，但酒精 \_\_\_\_\_ 遠低於紙。

✓ 點火時酒精會燃燒，燃燒產生的 \_\_\_\_\_ 會被 \_\_\_\_\_ 吸收。

✓ 紙所吸收的熱量沒辦法讓溫度上升到 \_\_\_\_\_ 。

### Mission 4( 延伸討論 )

✓ 常見物質的燃點

| 物質             | 紙 | 酒精 | 氫氣 | 氣球 | 黃磷 |
|----------------|---|----|----|----|----|
| 燃點<br>( 單位：℃ ) |   |    |    |    |    |

|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| <b>神奇科學家 - 火系大師</b> |     | <b>學習單 2-3</b> |
| 長短蠟燭 < 模型建立、調查研究 >  | 班級： | 姓名：            |

## 1. 模型重建

## 2. 實驗：長短蠟燭

### Mission 1：( 實驗預測 )

✓ 請問你認為將燒杯蓋住長短蠟燭會熄滅還是繼續燃燒？為什麼？

### Mission 2：( 實驗觀察 )

✓ 請畫下或寫下你的實驗結果

✓ 模型建立：

### Mission 3：( 實驗討論 )

✓ 蠟燭燃燒時產生 \_\_\_\_\_ (      )，而熱的 \_\_\_\_\_ (      ) 上升導致長蠟燭先熄滅了。

✓ 溫度上升時，氣體分子間的距離變大而密度 \_\_\_\_\_，造成熱空氣往上 ( \_\_\_\_\_ )。

✓ 冷空氣仍殘存燒杯內，不會上升而留在底部。因此，短蠟燭可燃燒較久至底部的 \_\_\_\_\_ (      ) 用盡。

✓ 圖解

### Mission 4：( 延伸討論 )

✓ 請問你認為若蓋上燒杯後 3 秒再打開會發生什麼事？

✓ 請問能用什麼方法讓長短蠟燭同時熄滅？

|                     |     |         |
|---------------------|-----|---------|
| 神奇科學家 - 火系大師        |     | 學習單 2-4 |
| 白糖變黑蛇 < 模型建立、調查研究 > | 班級： | 姓名：     |

## 1. 模型重建

## 2. 實驗：白糖變黑蛇

### Mission 1：( 實驗預測 )

✓ 請問加小蘇打和白糖的用意為何，可以產生什麼效果？

### Mission 2：( 實驗觀察 )

✓ 請畫下或寫下你的實驗結果

### Mission 3：( 實驗討論 )

✓ 糖含大量蔗糖，燃燒受熱會產生大量 \_\_\_\_\_。

✓ 小蘇打受熱會產生 \_\_\_\_\_ ( )，使燃燒後的糖產生 \_\_\_\_\_，  
將剩餘的碳逐漸推出，看起來就像產生一條黑蛇一樣。

✓ 碳粒 \_\_\_\_\_，所以黑蛇部分可保留，無法燃燒。

### Mission 4：( 延伸討論 )

✓ 嘗試使用不同的糖，看看是否有不同效果？

✓ 可以把小蘇打粉換成什麼？

|                     |     |                |
|---------------------|-----|----------------|
| <b>神奇科學家 - 火系大師</b> |     | <b>學習單 2-5</b> |
| 科學鑑識 < 模型檢核 >       | 班級： | 姓名：            |

- 燃燒三要素：溫度 ( 達到燃點 ) 、助燃物 ( 氧氣 ) 、可燃物
- 根據我們探究的結果，可以知道滅火原理是「隔絕氧氣」、「降溫」、「降低燃點」

### 1. 分析 Analysis

※task 1：試著說明馬斯坦古上校如何殺死人造人的？並說明情境中的燃燒三要素有哪些？

※task 2：請把情境中的三要素畫出來，觀察之間的關係

### 2. 解釋 Explanation

※ task 1：根據上圖產生了怎麼樣的現象與變化？請你將放火的過程發生的所有現象與原理記錄下來！

※ task 2：情境中的狀況是有可能在真實生活中複製的嗎？要滿足哪些條件？說說看你的做法？

|                     |     |         |
|---------------------|-----|---------|
| 神奇科學家 - 火系大師        |     | 學習單 2-6 |
| 白糖變黑蛇 < 模型建立、調查研究 > | 班級： | 姓名：     |

## 1. 觀察 Observation：

請觀察影片 / 現象，挑選一個最感興趣的流炎，運用科學解釋破解看看，並且說明是否合理！

我選擇的案件是：

- ☐ 巨人化後的燃燒
 ☐ 獵人飛坦的防火裝
 ☐ 炎炎消防隊用腳移動  
☐ 安德瓦的鬍子不燃燒
 ☐ 岩漿能貫穿火焰
 ☐ 炎之呼吸
 ☐ 火球術

## 2. 解釋 Explanation

# 單元教學活動

## - 第三單元 -



# 草系大師～ 植物的傳播



## 壹 教學規劃說明

| 節次                                | 教學內容                                                                                                                          | 核心素養<br>(代號) | 學習表現<br>(代號)                     | 教學目標                                                           | 節數  |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----|
| <b>第一階段</b><br>尋找果實的家             | 1. 運用五感觀察果實的構造，記錄、說明果實的外觀與特性，並推測其合適的傳播環境，說明近水的原因與具備的要素。<br>2. 分組畫出環境、果實構造與傳播方式的關聯圖(傳播建模)，並設計實驗驗證種子傳播的可行性、規劃實驗變因、步驟與器材，預測實驗結果。 | 自-E-A2       | tr-III-1<br>tm-III-1<br>po-III-2 | 1. 能依據植物的果實構造推測種子適合傳播的自然環境。<br>2. 能連結生活常見植物的果實構造、傳播環境與傳播方式之關係。 | 3 節 |
| <b>第二階段</b><br>實驗實作<br>驗證想法       | 1. 各組依據實驗設計，進行實驗操作，並確實的記錄數據。<br>2. 各組統整實驗數據，檢視實驗結果是否符合預期，並將不同之處記錄於學習單，作為檢核種子傳播模型的依據。                                          | 自-E-A3       | pa-III-2                         | 能藉由實驗建立不同環境下果實構造與傳播方式的模型。                                      | 2 節 |
| <b>第三階段</b><br>種子傳播<br>鐵人三項<br>大會 | 1. 引導學生進行模型檢核與應用，並修正種子傳播方式與環境、果實構造的模型。<br>2. 繪出修正後的模型，並討論模型可能的限制。                                                             | 自-E-B1       | pc-III-2                         | 1. 能根據植物果實的構造類推傳播方式。<br>2. 能理解果實構造與傳播方式模型的限制。                  | 2 節 |



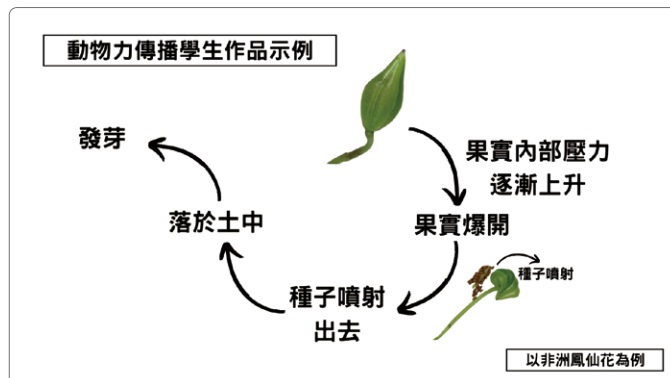
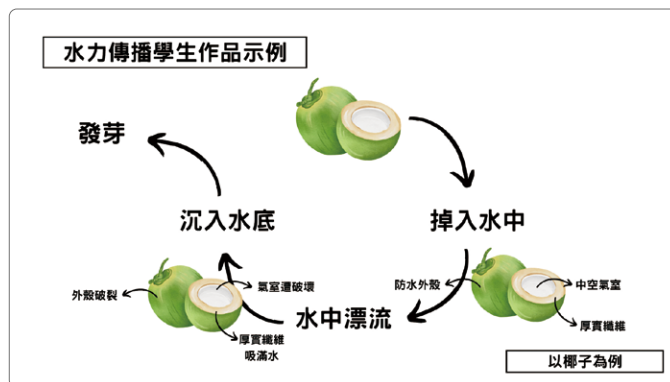
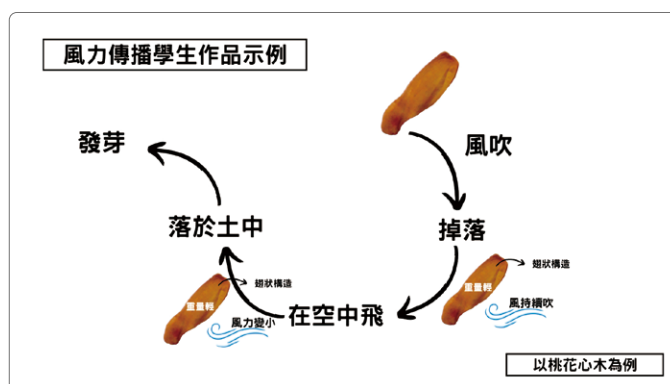
## 貳 單元教學活動

### ● 第一階段：尋找果實的家 (共 3 節課，120 分鐘)

#### ► 模型說明：

|                      |                                                                |
|----------------------|----------------------------------------------------------------|
| 模型包含的組件 / 要素         | 種子構造、環境、動作 ( 傳播方式 )、發芽                                         |
| 模型要素間的關連             | 種子構造與環境的互動連接形成傳播的方式                                            |
| 模型功能 ( 解釋、預測、推論、應用 ) | 解釋植物種子傳播的方式                                                    |
| 模型限制                 | 在本單元中所提出的傳播模型 ( 動物力、風力、水力及自力 ) 各僅列舉一種具體的示例，可鼓勵學生尋找更多具體的實例進行發表。 |

#### ► 植物種子構造與環境互動產生的學生模型示例：



#### ► 課前準備：

1. 教材：課堂簡報、學習單。
2. 教具：不同傳播方式的果實。

## ● 教學流程

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                        | 教學時間  | 教學資源             | 評量方式 / 教學支援  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------|--------------|
| <b>【第一節課】</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |       |                  |              |
| <b>一、引起動機</b><br>教師布達課堂任務：草系訓練家協會阿籽博士邀請學生加入草系訓練家行列，要考驗各位學生（鐵人三項培訓教練）觀察種子的外觀、動手摸摸看，判別種子的傳播方式。<br>任務信：<br> <p>各位親愛的草系見習生們：<br/>歡迎大家來我的「神秘植物研究室」，請各位厲害的觀察家來幫幫忙，幫我找找種子是怎么傳播的？</p> <p>阿籽博士留</p> | 5 分鐘  | 任務信              | 觀察評量         |
| <b>二、發展活動</b><br>(一) 五感觀察家：教師說明五感觀察的重點與記錄方式，並在學生觀察過程中，適時引導學生觀察的重點。<br>1. 運用五感觀察果實的特性與構造，記錄下來。<br>2. 以椰子為例（教師可依季節或情況做其他選擇，但建議選擇具備明顯傳播特徵的果實）說明如何用五感觀察果實的外觀與特性。<br>教師引導 / 提問：<br>● 請大家運用五感仔細觀察果實的特性與構造，並詳細記錄下來！                                                                | 15 分鐘 | 不同植物果實、學習單 3-1-1 | 實作評量<br>紙筆評量 |
| (二) 合適的傳播環境：教師引導學生從觀察的現象進行推測。<br>1. 運用觀察到的事實推測其可能合適的種子傳播環境。<br>2. 說明適合在此環境的原因與具備的要素。<br>3. 依照果實構造推測適合的種子傳播方式。                                                                                                                                                               | 10 分鐘 | 不同植物果實、學習單 3-1-1 | 口語評量<br>實作評量 |
| <b>三、統整活動</b><br>(一) 分組討論：教師請各組學生分享自己觀察到的果實構造，並統整說明適合果實傳播的要素條件，其他組針對發表內容進行提問與建議。<br>教師引導 / 提問：<br>● 從你觀察到的果實構造與外貌特徵中，有哪些會影響到種子的傳播過程？<br>● 這些特性或構造會如何影響傳播的結果？                                                                                                                | 10 分鐘 | 學習單 3-1-1        | 口語評量<br>實作評量 |



| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 教學時間  | 教學資源      | 評量方式 / 教學支援  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|--------------|
| <p>(二) 統整特性：教師適時協助統整與引導學生將觀察到的具體現象轉化為科學性的說明。果實傳播條件，以水力傳播果實為例：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 傳播方式：果實成熟後掉入水面，藉由水流傳播。</li> <li>2. 種子特性：傳播外層含有蠟質可防水、密度低（內部富含纖維質或氣室）。</li> <li>3. 環境條件：水。</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                    |       |           |              |
| <b>【第二節課】</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |       |           |              |
| <p><b>一、引起動機</b></p> <p>教師布達新任務：阿籽會長要請大家觀察不同的果實及判別種子的傳播方式。</p> <div>  <p>親愛的各位觀察家們：<br/>恭喜各位通過第一項考驗！上次大家的筆記看起來都很厲害，所以我今天我要請大家實際運用自己的筆記來進行種子分類，看看哪一組能夠最正確的分類種子吧！<br/>阿籽博士留</p>  </div>                                                                                                            | 5 分鐘  | 任務信       | 觀察評量         |
| <p><b>二、發展活動：分類大挑戰</b></p> <p>(一) 教師發下果實（棋盤腳、盒果藤、海欖果、水筆仔、蒲公英、桃花心木、葡萄、大花咸豐草、非洲鳳仙花），請同學觀察果實的外觀及特性。</p> <p>(二) 推測與分類</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 請學生依照觀察的結果進行分類，推測種子適合的傳播方式。</li> <li>2. 教師提示不同傳播方式所要具備的條件要素。</li> </ol> <div> <p>教師引導 / 提問：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 植物生長的環境粗略可分為近水或近陸，請仔細觀察這些果實，並依據他們的傳播方式進行初步的分類。</li> <li>● 教師須提醒孩子從「植物」的角度思考，如何引發成功傳播（例：不要說植物聞起來香香的，但可以說，植物的味道有一種吸引動物接近的香氣，可能可以增加傳播的機會）。</li> </ul> </div> | 25 分鐘 | 學習單 3-1-2 | 紙筆評量         |
| <p><b>三、統整活動</b></p> <p>各組發表分類成果、分類依據及傳播途徑的必備要素。</p> <p>※ 教師可參閱種子傳播模型（如下圖），此模型是最後第三單元的設計成品。建議在學生第一次的模型建立完成後，可以適時提醒學生模型的功能，逐步引導學生產出合適的模型。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 10 分鐘 | 學習單 3-1-2 | 實作評量<br>小組討論 |

# 神奇科學家



| 教學內容                                                                     | 教學時間 | 教學資源      | 評量方式 / 教學支援 |
|--------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-------------|
| <b>三、統整活動</b><br>各組發表小組討論種子在近水傳播方式的可能關鍵要素，並詳細說明自己的實驗設計與方法，教師給予實驗步驟與表格建議。 | 5 分鐘 | 學習單 3-1-4 | 口語評量        |

● **第二階段：實驗實作驗證想法**（共 2 節課，80 分鐘）

▶ 課前準備：

1. 教材：學習單。
2. 教具：實驗器材（依據學生設計實驗準備之相關器材）、果實。

● **教學流程**

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                         | 教學時間  | 教學資源                                        | 評量方式 / 教學支援          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------|----------------------|
| <b>【第四 - 五節課】實驗實作驗證想法</b>                                                                                                                                                                                                                                                    |       |                                             |                      |
| <b>一、引起動機</b><br>各組進行實驗設備器材的前置準備。教師說明實驗操作與數據紀錄的分工，並確認各組實驗設計是否有更動與調整。                                                                                                                                                                                                         | 5 分鐘  | 實驗器材                                        | 觀察評量                 |
| <b>二、發展活動</b><br>※ 分組建議實驗實作建議分為兩組學生（一組近水傳播，另一組從近陸傳播擇一傳播方式），以利課程後續討論進行兩組實驗比較。                                                                                                                                                                                                 |       |                                             |                      |
| <b>（一）實驗實作</b><br>1. 實驗實作一：近水的傳播（水力）<br>(1) 教師請學生各組依據實驗設計，進行實驗操作，並確實記錄數據。<br>a. 進行實驗之種子至少需要五種果實。<br>b. 檢測各種果實的漂浮力，並記錄實驗結果。<br>c. 檢測各種果實的防水力，並記錄實驗結果。<br>(2) 實驗統整：教師請學生依據實驗的結果統整數據。<br>a. 統整實驗數據。<br>b. 依實驗結果推測種子的傳播方式。<br>c. 檢核實驗結果是否與預期「近水傳播方式」的結果相符，如果不相符請找出原因，並修正模型或實驗設計。 | 45 分鐘 | 實驗器材<br>學習單 3-2-1<br>學習單 3-2-2<br>學習單 3-2-3 | 實作評量<br>紙筆評量<br>口語評量 |
| 教師引導 / 提問：<br>● 實驗的結果有符合你們的預期嗎？                                                                                                                                                                                                                                              | 20 分鐘 | 學習單 3-2-3                                   | 紙筆評量<br>口語評量         |

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 教學時間    | 教學資源                                                     | 評量方式 / 教學支援          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------|----------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● 如果沒有是因為什麼原因呢？</li> <li>● 可以如何調整你們的實驗設計？</li> <li>● 可以把與預期不相符的地方記錄下來，並思考如何用於傳播模型的建構。</li> </ul> <p>2. 實驗實作二：近陸的傳播（風力、動物力、自力）</p> <p>(1) 教師請各組學生依據先前實驗流程，設計檢測近陸傳播途徑的方法。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>至少需要五種果實進行種子傳播實驗。</li> <li>從近陸環境中三種傳播方式思考，列出各別需要的環境與果實構造條件，並依此來將種子分類建模。</li> <li>依據風力與動物力傳播方式個別需要的條件來設計實驗，剩下的果實則為自力傳播。</li> <li>檢測各種果實的滯空時間，並記錄實驗結果。（風力）</li> <li>分解各種果實的內部構造其有無果肉，並記錄實驗結果。（動物力 - 採食）</li> <li>檢測各種果實的附著狀態，並記錄實驗結果。（動物力 - 附著）</li> </ol> <p>教師引導 / 提問：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 實驗中有哪些可能影響結果的步驟？</li> <li>● 實驗中有哪些種子特性未被考量到而應調整？</li> </ul> <p>(2) 實驗統整：教師請學生依據實驗的結果統整數據。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>統整實驗數據。</li> <li>依實驗結果推測種子的傳播方式。</li> <li>檢核實驗結果是否與預期「近陸傳播方式」的結果相符，如果不相符請找出原因，並修正模型或實驗設計。</li> </ol> <p>教師引導 / 提問：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 實驗的結果有符合你們預期嗎？</li> <li>● 如果沒有是因為什麼原因呢？</li> <li>● 可以如何調整你們的實驗設計？</li> <li>● 可以把與預期不相符的地方記錄下來，並思考如何用於傳播模型的建構。</li> </ul> | (45 分鐘) | 實驗器材<br>學習單 3-2-4<br>學習單 3-2-5<br>學習單 3-2-6<br>學習單 3-2-7 | 實作評量<br>紙筆評量<br>口語評量 |
| <p>三、統整活動</p> <p>學生整理實驗紀錄與實驗額外發現，回報實驗紀錄並收拾器材，。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 10 分鐘   | 學習單 3-2-9                                                | 紙筆評量<br>口語評量         |

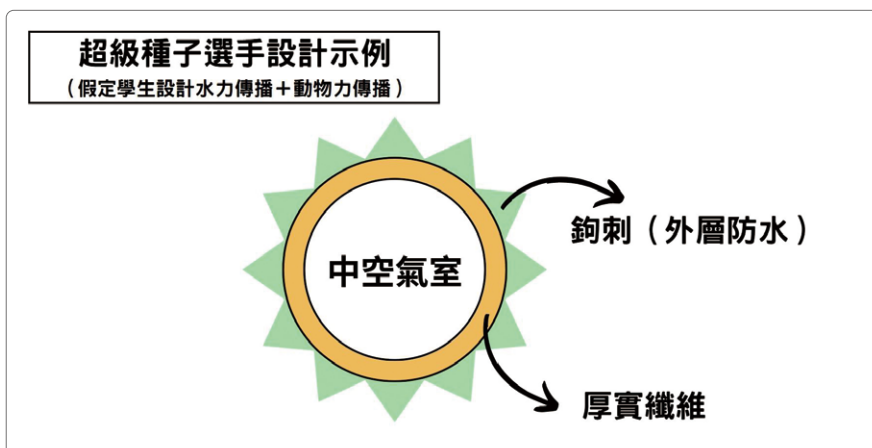


### ● 第三階段：種子傳播鐵人三項大會 (共 2 節課，80 分鐘)

#### ▶ 模型說明：

|                    |                                   |
|--------------------|-----------------------------------|
| 模型包含的組件 / 要素       | 依據不同情境可以用上的種子構造                   |
| 模型要素間的關連           | 思考不同的種子特徵如何結合成「一顆種子」              |
| 模型功能 (解釋、預測、推論、應用) | 預測、應用：想像不同的傳播方式的種子特色可以如何連結成「一顆種子」 |

#### ▶ 植物種子構造與環境互動產生的學生模型示例：



#### ▶ 課前準備：

※教材：課堂簡報和學習單。

### ● 教學流程

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                     | 教學時間  | 教學資源            | 評量方式 / 教學支援          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|----------------------|
| <b>【第六 - 七節課】種子傳播鐵人三項大會</b>                                                                                                                                                                                                                              |       |                 |                      |
| <b>一、引起動機</b><br>教師統整學生實驗發表的結果，引導學生提取植物「特徵」與「環境傳播」的關連性，例如： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在近水植物中，植物種子特徵中的氣囊、有蠟，就與漂浮和防水性有關。</li> <li>2. 風力傳播主要是看滯空時間，所以植物種子的特徵便是有翅膀或重量輕。</li> <li>3. 動物力傳播的植物特徵為沾黏性或是色香味。</li> <li>4. 自力傳播的植物特徵為彈力。</li> </ol> | 15 分鐘 | 簡報              | 紙筆評量                 |
| <b>二、發展活動</b><br>(一) 設計「極限果實」參加鐵人三項競賽<br>傳播環境測試概念，對應鐵人三項 (如：游泳—水力傳播、跑步—風力傳播、腳踏車—動物力傳播)，以驗證學生的種子傳播模型。                                                                                                                                                     | 30 分鐘 | 學習單 3-3-1<br>簡報 | 紙筆評量<br>口語評量<br>實作評量 |

| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 教學時間                                                         | 教學資源      | 評量方式 / 教學支援          |                            |       |                                                     |      |                                                              |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|----------------------------|-------|-----------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------|--|--|--|
| <p>教師引導 / 提問：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● 我們都知道了種子的特徵與環境間的對應，現在請你們設計一個「極限果實」，這個果實必需要能參加鐵人三項運動（水、風、動物力），看誰的果實傳播效果最好。</li></ul>                                                                                                                                              |                                                              |           |                      |                            |       |                                                     |      |                                                              |  |  |  |
| <p>(二) 極限果實運動會</p> <p>1. 教師布置好各種不同傳播方式的場地，並引導學生討論出比賽規則，該控制哪些變因，再改良過去的記錄表登錄成績。</p> <p>2. 風力測量滯空時間、水力測量漂浮及防水性、動物力用電動玩具狗測試沾黏的種子數量（所以種子不能只有一個）。</p>                                                                                                                                            | 15 分鐘                                                        | 學習單 3-3-1 | 紙筆評量<br>口語評量<br>實作評量 |                            |       |                                                     |      |                                                              |  |  |  |
| <p>(三) 種子模型重建</p> <p>1. 各組依據實驗結果，修正種子傳播方式與特性關係的模型。</p> <p>2. 教師依據學生種子傳播模型等級（如下表），提供修正建議。</p>                                                                                                                                                                                               | 10 分鐘                                                        | 學習單 3-3-2 | 紙筆評量<br>口語評量         |                            |       |                                                     |      |                                                              |  |  |  |
| <table><tr><th>等級</th><th>種子傳播模型</th></tr><tr><td>草系訓練家</td><td>能運用循環圖呈現種子傳播過程中如何受到種子特性影響。</td></tr><tr><td>草系研究員</td><td>能運用循環圖呈現種子傳播過程與種子特性的關係，並發現種子傳播過程可能會受環境影響，導致傳播成功或失敗。</td></tr><tr><td>草系大師</td><td>能運用循環圖呈現種子傳播過程與種子特性的關係，分析種子傳播成功率與環境的關係，並思考策略來調整環境因素，提高種子傳播率。</td></tr></table> | 等級                                                           | 種子傳播模型    | 草系訓練家                | 能運用循環圖呈現種子傳播過程中如何受到種子特性影響。 | 草系研究員 | 能運用循環圖呈現種子傳播過程與種子特性的關係，並發現種子傳播過程可能會受環境影響，導致傳播成功或失敗。 | 草系大師 | 能運用循環圖呈現種子傳播過程與種子特性的關係，分析種子傳播成功率與環境的關係，並思考策略來調整環境因素，提高種子傳播率。 |  |  |  |
| 等級                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 種子傳播模型                                                       |           |                      |                            |       |                                                     |      |                                                              |  |  |  |
| 草系訓練家                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 能運用循環圖呈現種子傳播過程中如何受到種子特性影響。                                   |           |                      |                            |       |                                                     |      |                                                              |  |  |  |
| 草系研究員                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 能運用循環圖呈現種子傳播過程與種子特性的關係，並發現種子傳播過程可能會受環境影響，導致傳播成功或失敗。          |           |                      |                            |       |                                                     |      |                                                              |  |  |  |
| 草系大師                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 能運用循環圖呈現種子傳播過程與種子特性的關係，分析種子傳播成功率與環境的關係，並思考策略來調整環境因素，提高種子傳播率。 |           |                      |                            |       |                                                     |      |                                                              |  |  |  |
| <p>(四) 極限果實運動會複賽（若時間允許可再進行第二次）：學生修正種子後，進行複賽。</p>                                                                                                                                                                                                                                           |                                                              |           |                      |                            |       |                                                     |      |                                                              |  |  |  |
| <p>三、統整活動</p> <p>(一) 種子傳播模型分享：各組分享修正後的種子傳播模型。（可參閱下圖種子傳播模型）</p>                                                                                                                                                                                                                             | 10 分鐘                                                        |           | 口語評量                 |                            |       |                                                     |      |                                                              |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                              |           |                      |                            |       |                                                     |      |                                                              |  |  |  |



| 教學內容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 教學時間 | 教學資源 | 評量方式 / 教學支援 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-------------|
| <p>(二) 總結：教師引導學生回顧單元所學的內容。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 種子特性與種子傳播方式之關聯性：種子或果實的構造、特性在植物繁衍的過程中，佔有很重要的地位，亦是生物演化的結果。</li><li>2. 模型限制：<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 種子傳播過程並非在人為設計的環境中進行，因此並非所有種子都能完美依照模型的步驟進行傳播。</li><li>(2) 科技的進步讓種子傳播的途徑增加不同可能性，現今出現許多基因改造的植物，讓植物不再只能透過原始的種子傳播進行繁衍（例如：麝香葡萄）。</li><li>(3) 有些植物的傳播方式因其果實構造或特性，而可能出現不只一種傳播方式（例如：毛柿可水力或動物力）。</li></ol></li><li>3. 延伸補充～模型的建構與分類學的關係</li></ol> <p>教師透過帶領學生重新回顧整個單元的學習歷程，引導學生思考模型建構歷程所運用的關鍵能力：「分類」。分類的能力有助於在不同領域上的學習，像是幾何圖形的分類，正是運用不同幾何圖形的特性差異進行分類，來幫助學習者更有效地進行學習。（若教學時間足夠，亦可給學生觀看 LIS 情境科學教材影片：林奈為生物學名訂下的設計理念是？ <a href="https://reurl.cc/8bb7Vb">https://reurl.cc/8bb7Vb</a>）</p>  |      |      |             |

### 一、模組成效評估

#### (一) 學生省思

1. 這次上課可以做很多實驗，我覺得很開心！以前自然課大多是看課本、聽老師講解，但這次我們可以自己動手做風力傳播、水力傳播的實驗。當我看到自己做的種子模型真的能飛得很遠時，覺得好有成就感。原來科學不只是背課本，而是可以自己去做、去玩、去發現的！
2. 剛開始我覺得這個單元很難，因為要認識好多好多植物，每種植物的果實和種子都長得不一樣。但是老師教我們用構造、環境和傳播方式來分類之後，我慢慢發現其實有規律可以找。雖然還是要記很多東西，但現在我看到植物就會想：「它應該是用什麼方式傳播的？」感覺自己變厲害了一點！
3. 我最喜歡做實驗的部分！不管是測試哪種翅膀飛得最遠，還是看種子在水裡會不會浮起來，每個實驗都超好玩的！我希望以後可以做更多實驗，像是測試更多不同的種子，或是自己設計新的傳播方式。做實驗的時候我會一直想：「如果這樣做會怎麼樣？」然後就很想趕快試試看！
4. 去校園觀察植物、採果實真的很好玩！平常經過那些植物都不會特別注意，這次仔細看才發現原來有這麼多不同的果實和種子。有些種子有翅膀、有些有刺、有些毛茸茸的，每一種都好特別。而且我現在走在路上看到植物，都會想要停下來看看它的種子長什麼樣子，想猜猜它是怎麼傳播的。
5. 我很喜歡可以實際去採果實！摸摸看、剝開來看裡面的種子，比只看圖片有趣多了。像鬼針草的刺會黏在衣服上，我就真的感覺到它怎麼黏住動物傳播；昭和草的種子毛毛的，拿在手上輕輕吹就飛走了。自己動手做之後，我更能理解為什麼植物要長成這個樣子，覺得大自然真的很聰明！
6. 做實驗的時候真的很好玩！我們會先猜測哪種種子飛得比較遠，然後實際測試看看，有時候跟我想的一樣，有時候完全不一樣，這時候就要想：「為什麼會這樣？」老師說這就是在建立模型、修正模型。雖然聽起來有點難，但其實就是把我們看到的、想到的整理起來，然後看看對不對，不對就再改，我覺得這樣學習很有趣。
7. 觀察不同植物的種子真的很有趣，我看到有翅膀的種子、會彈射的種子、還有帶鉤刺的種子，每一種都好特別。我最喜歡的是蒲公英，輕輕一吹就飛得到處都是，好像很多小降落傘飄在空中。現在我知道，植物長成這樣都是有原因的，就是為了讓種子可以傳播到更遠的地方。以後看到不認識的植物，我就會先看它的種子，想想它是用什麼方式傳播！



## (二) 教師省思

1. 士東國小郭亭妤老師：種子傳播模型建模上，因實際的植物種子或果實並非以固定的傳播方式進行傳播，有可能隨著環境的不同，或構造上的略微差異，使得該種子以學生學習認知外的方式進行傳播（例：蘋果的種子傳播分類屬於自力傳播，但隨著人類採食，也能以動物力傳播）；此外，由於植物並非在人為控制的環境下進行傳播，因此也潛藏許多影響傳播結果的因素，而出現模型限制，老師進行課程時可以再留意。
2. 麗湖國小王宜菁老師：隨著與夥伴教師們深入討論，發現種子的建模真不容易！從一開始分類時，發現關聯性較弱的問題，到後來建立垂直的關係，再到確立種子的水平及垂直關係。我們在課程設計的過程中，也曾卡關、摸不著頭緒，不斷思考種子的結構特性是如何因應不同的環境進行傳播，當該種子不只有唯一的傳播方式時，又該如何進行分類？我們最後得出共識：種子沒有絕對的傳播方式，但因應它的特性與結構，有相較適合的傳播方式，這樣的可能性也是值得我們與學生討論的模型限制。
3. 麗湖國小高翊瑄老師：在種子傳播模型建模上，發現看似簡單的傳播方式及分類，越討論越能夠發現它的奧妙之處，可能這就是大自然厲害的地方，同樣一種果實可能有兩種以上的傳播方式。雖然過程中討論卡關了一陣子，但每位夥伴教師都有著非常強大的決心想要修改到盡善盡美，透過課程的實驗也想要讓學生從模擬大自然的方式中學習，並得到更多的經驗！
4. 仁愛國小林家薈老師：透過跟團隊夥伴以及專家多次的討論，發現要建立植物的傳播模型十分不容易，尤其在構思水平與垂直之間的關聯性，且生物現象影響的因素千變萬化，不是所有的植物傳播都能清楚的分界，例如毛柿雖然生長地點近水，但果實密度比水大，屬於自力傳播，同時也可能被動物採食，以動物力傳播。因此植物傳播模型上有其限制在，但可與孩子在過程中探討植物在不同環境下，可能會適合那些傳播方式來進行繁衍。
5. 吉林國小鄭若予老師：實際使用模型設計課程真的不是件容易的事情，在討論模型時和夥伴們發現，雖然課本當中有明確寫出四種不同的傳播類型，且每個種子都有其所屬的類別。但若要將傳播類型建模，會發現生態中有太多的因素會影響種子傳播，縱向與橫向的關係，或是因果關係都無法很清楚的呈現出來，這讓我們在設計課程時數度卡關。不過很開心我們最後產出了一個可以讓學生透過觀察、實驗，並可以系統化產出成果的建模課程！也期望自己能將這個概念延伸，運用在不同課程設計當中。

## 二、模組使用建議

實際的種子傳播是在非人為環境下進行，因此建議教師須引導學生思考模型限制：

- (一) 種子傳播過程並非在人為設計的環境中進行，因此並非所有種子都能完美依照模型的步驟進行傳播。
- (二) 科技的進步讓種子傳播的途徑增加不同可能性，現今出現許多基因改造的植物，讓植物不再只能透過原始的種子傳播進行繁衍（例如：麝香葡萄）。
- (三) 有些植物的傳播方式因其果實構造或特性，而可能出現不只一種傳播方式（例如：毛柿可水力或動物力）。
- (四) 部分課程考量實驗時間，建議運用 2 節課的時間連續上課，較利於學生有足夠時間進行實驗，且有利於教師進行實驗後的討論。

## 三、學生作品示例

| 單元主題：尋找柚子的家                                                                                                                            |  | 姓名： |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----|
|  <p>歡迎大家來我的「神秘植物研究室」，請各位厲害的觀察家來幫幫忙幫我找找種子是怎么傳播的。</p> |  |     |
|  <p>觀察看看，柚子的外觀有什麼特色？</p>                            |  |     |
| <p>外觀：類似昆蟲 觸：粗粗的<br/>氣味：苦苦的<br/>味道：好吃 黏黏的</p>                                                                                          |  |     |
|  <p>想想看，適合柚子傳播的環境需要有哪些關鍵要素？</p>                     |  |     |
| <p>土，動物，香味，甜</p>                                                                                                                       |  |     |
| <p>構造<br/>粗粗的 的的地方軟軟的</p>                                                                                                              |  |     |
| <p>傳播要素<br/>動物</p>                                                                                                                     |  |     |
| <p>傳播條件<br/>甜，香，好吃</p>                                                                                                                 |  |     |

| 單元主題：柚子迷路了                                                                                                                                                    |      | 姓名： |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|-----|
|  <p>各位厲害的觀察家，你們已經通過了第一階段的任務，接下來就是更困難的挑戰了</p>                               |      |     |     |
| 1.                                                                                                                                                            | 2.   | 3.  | 4.  |
| 羊蹄甲                                                                                                                                                           | 銀葉板根 | 海欖果 | 水黃皮 |
| 5.                                                                                                                                                            | 6.   | 7.  | 8.  |
| 桃花心木                                                                                                                                                          | 葡萄   | 火焰木 | 蓖麻  |
| <p>請觀察並寫下以上8個果實的外觀及特性</p> <p>① 卷卷的 ② 圓圓硬硬的 ③ 有紋路<br/>④ (掉落) ⑤ (水力) ⑥ (水立)<br/>⑦ 像雞蛋(果) ⑧ 像落葉(果) ⑨ 像船(直立?)<br/>⑩ 像雞蛋(果) ⑪ 白</p> <p>根據觀察到的資訊試著分類並推測是否適合近水傳播</p> |      |     |     |
| <p>任務一</p>                                                                                                                                                    |      |     |     |
| <p>任務二</p>                                                                                                                                                    |      |     |     |
| <p>任務三</p>                                                                                                                                                    |      |     |     |
| <p>試著列出近水環境傳播所要具備的條件要素</p>                                                                                                                                    |      |     |     |



112 學年度士東國小資優班選修課《野趣觀察》

| 單元活動 | 種子分類賽 | 姓名 |
|------|-------|----|
|------|-------|----|



親愛的各位觀察家們：

歡迎你們來到我的神秘植物研究室，為了要考驗你們是不是有能力成為我們研究室的一員，因此要先考考大家，是否能從外觀上判別出這些神秘種子是以哪種方式進行傳播的呢？

阿籽博士留



| 傳播種類 | 植物種子             | 分類依據                    | 種子特性                      |
|------|------------------|-------------------------|---------------------------|
| 水力   | 水黃皮、金果藤、海欖果、銀葉板根 | 果實可以浮在水面                | 有氣室比水輕<br>有翅或毛            |
| 風力   | 水欖木、印度紫檀、香楓      | 果實有翅或毛                  | 很輕、有翅或毛<br>能飛             |
| 自力   | 羊蹄甲、龍眼           | 因為沒有任何其他特別部位<br>其他種子比較重 | 果實會捲裂<br>種子本身有傳播<br>有一定重量 |
| 動物力  |                  |                         |                           |

112 學年度士東國小資優班選修課《野趣觀察》

| 單元活動 | 種子分類賽 | 姓名 |
|------|-------|----|
|------|-------|----|



親愛的各位觀察家們：

歡迎你們來到我的神秘植物研究室，為了要考驗你們是不是有能力成為我們研究室的一員，因此要先考考大家，是否能從外觀上判別出這些神秘種子是以哪種方式進行傳播的呢？

阿籽博士留



| 傳播種類 | 植物種子             | 分類依據                         | 種子特性                        |
|------|------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 水力   | 水黃皮、金果藤、海欖果、銀葉板根 | 有硬壳保護<br>防水(纖維)<br>漂浮(密度比水小) | 果實比水小/有氣室                   |
| 風力   | 水欖木、香楓、印度紫檀      | 很輕/果實薄<br>有像翅膀<br>在空中飄       | 重量輕<br>有像翅膀                 |
| 自力   | 羊蹄甲、龍眼           | 非重力                          | 有一定重量<br>種子本身傳播<br>傳播時出部份果實 |
| 動物力  |                  |                              |                             |

112 學年度士東國小資優班選修課《野趣觀察》

| 單元活動 | 種子傳播再現 | 姓名 |
|------|--------|----|
|------|--------|----|



親愛的各位觀察家們：

恭喜你們順利破解第一個任務《種子分類賽》！看來你們已經對種子傳播的特性有基本的認識了～不過接下來這個任務可就不那麼容易，請你找到夥伴組成不同的種子傳播組，設計一個可以驗證種子傳播種類的實驗吧！

阿籽博士留



## ❖ 1 定題—種子傳播組募集：

| 傳播種類 | 種子特性                            | 植物種子   |
|------|---------------------------------|--------|
| 風力   | 種子較輕、通常有翅或毛、能飛、在空中停留較久、與葉子大小較小。 | 青楓、蒲公英 |
| 自力   |                                 |        |

## 2 問題概念化—影響種子傳播的可能原因

播種高度、風力、空氣流動會改變種子飛行方向。

## 3 模型建立—說明種子特性與種子傳播方式的關係



112 學年度士東國小資優班選修課《野趣觀察》

## ❖ 種子傳播再現實驗：

## 4.1 調查研究—實驗步驟

1. 測風力落地秒數。選擇指定高度。
2. 測不是風力種子落地秒數。
3. 把兩樣種子落地時間秒數做比較。

## 4.2 調查研究—預期實驗結果

風力會比較落地。

晚

## 4.3 調查研究—實驗記錄（至少重複進行3次實驗）

| 種子   | 水欖木  | 桃心木    | 銀葉板根               |
|------|------|--------|--------------------|
| 第一次  | 6.11 | 1.9    | 0.51               |
| 第二次  | 5.36 | 2.06   | 0.56               |
| 第三次  | 5.93 | 2.62   | 0.54               |
| 平均秒數 | 5.99 | 2.1377 | 0.5366666666666666 |

## 5 模型檢核－實驗結果與討論

- ☐ 實驗結果與我們的「4.2 調查研究－預期實驗結果」相同
- ☐ 實驗結果與我們的「4.2 調查研究－預期實驗結果」不同，我們發現……

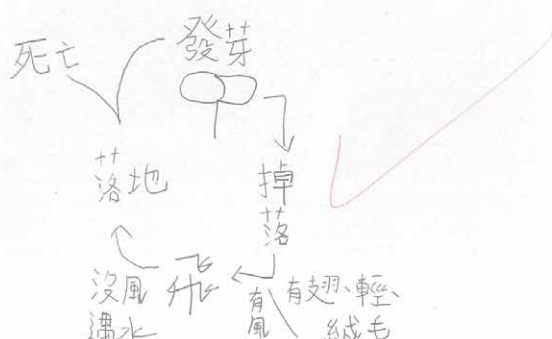
## 6 模型應用－運用其他傳播類型種子檢核模型

實驗過後，我們發現……風力種子

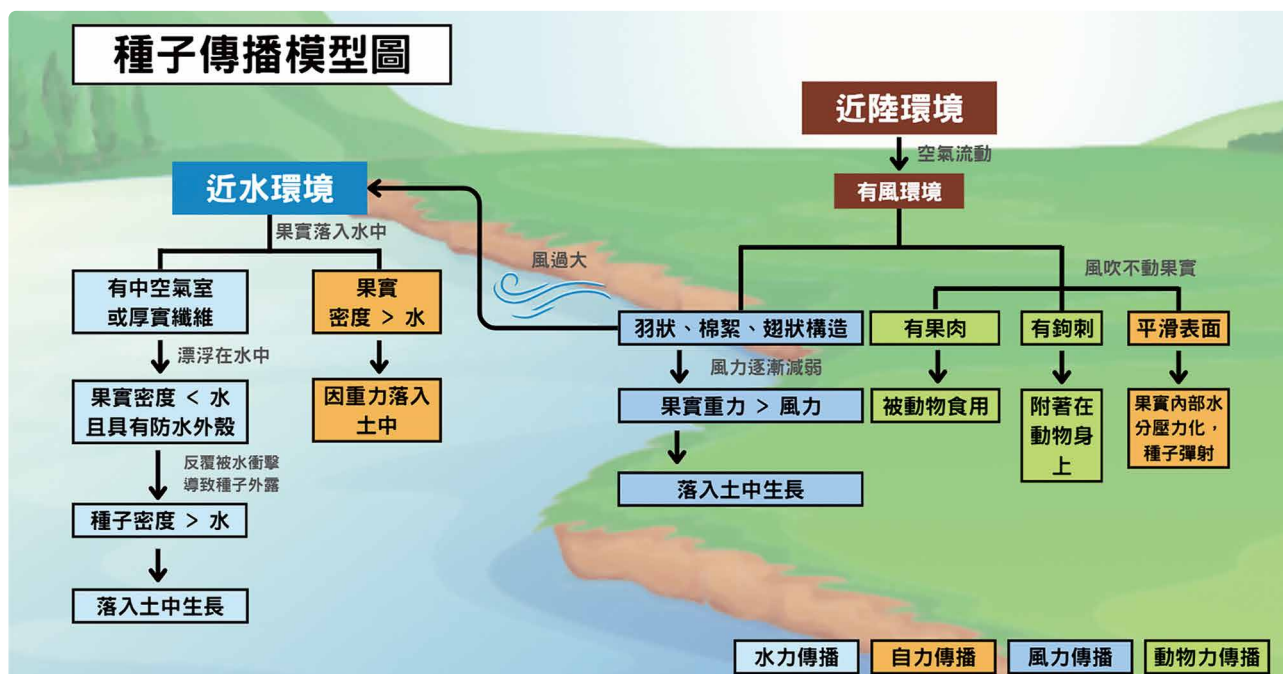
- ① 比較輕、薄、小 → 可以飛比較久
- ② 有翅/毛
- ③ 通常遇到水就飛不起來

❖ 種子傳播再現 2.0：

## 7 模型重建－種子傳播再現 2.0



## 四、種子傳播模型圖



## 神奇科學家 - 草系大師

學習單 3-1-1

尋找果實的家

班級：

姓名：



歡迎大家來我的「神秘植物研究室」，  
請各位厲害的觀察家  
幫我找找種子是什麼傳播的。



觀察看看，果實的外觀有什麼特色？

想想看，適合果實傳播的環境需要哪些關鍵要素？



果實

構造

傳播要素

傳播條件

## 神奇科學家 - 草系大師

學習單 3-1-2

分類大挑戰

班級：

姓名：



各位厲害的觀察家  
你們已經通過了第一階段的任務，  
接下來就是更困難的挑戰了



|      |     |       |       |
|------|-----|-------|-------|
| 1.   | 2.  | 3.    | 4.    |
| 棋盤腳  | 盒果藤 | 海欖果   | 水筆仔   |
| 5.   | 6.  | 7.    | 8.    |
| 桃花心木 | 葡萄  | 大花咸豐草 | 非洲鳳仙花 |

任務一：請觀察並寫下以上 8 個果實的外觀及特性

任務二：根據觀察到的資訊試著分類，並推測是否適合近水傳播

任務三：試著列出近水環境傳播所要具備的條件要素

|              |     |           |
|--------------|-----|-----------|
| 神奇科學家 - 草系大師 |     | 學習單 3-1-3 |
| 種子傳播再現       | 班級： | 姓名：       |



了解近水傳播的關鍵要素之後，  
接下來要試著設計傳播實驗，  
讓我們一起讓種子傳播再現吧！



試著整理出近水傳播需要的要素有哪些：

| 關鍵要素 | → | 關鍵要素 |
|------|---|------|
|      |   |      |

將以上討論出的要素及原因轉化成關聯圖：

請確認每個要素及原因是否都有出現在關聯圖中喔！

|              |     |           |
|--------------|-----|-----------|
| 神奇科學家 - 草系大師 |     | 學習單 3-1-4 |
| 再現傳播實驗       | 班級： | 姓名：       |



根據之前討論過的關鍵要素去思考  
如何設計模擬近水傳播的實驗！



### 一、傳播實驗設計

測試場地

實驗道具

實驗方法

### 二、漂浮實驗設計

操作變因

控制變因

方法設計

### 三、防水實驗設計

操作變因

控制變因

方法設計

# 神奇科學家 - 草系大師

學習單 3-2-1

實驗實作 - 漂浮

班級：

姓名：



各位科學家你們好，要開始進行實驗囉！  
這個階段必須小心再小心，仔細再仔細，  
加油！



## 一、近水實驗記錄 - 漂浮實驗

實驗  
果實

記錄五種果實

實驗  
步驟

預期  
結果

實驗  
記錄

至少進行 3 次實驗並記錄結果

結果  
討論

有哪些可能會影響結果的步驟？有哪些種子特性沒有被考量到？

# 神奇科學家 - 草系大師

學習單 3-2-2

實驗實作 - 防水

班級：

姓名：



各位科學家你們好，要開始進行實驗囉！  
這個階段必須小心再小心，仔細再仔細，  
加油！



## 一、近水實驗記錄 - 防水實驗

實驗  
果實

記錄五種果實

實驗  
步驟

預期  
結果

實驗  
記錄

至少進行 3 次實驗並記錄結果

結果  
討論

有哪些可能會影響結果的步驟？有哪些種子特性沒有被考量到？

|              |     |           |
|--------------|-----|-----------|
| 神奇科學家 - 草系大師 |     | 學習單 3-2-3 |
| 實驗實作 - 修正    | 班級： | 姓名：       |



各位科學家你們好，要開始進行實驗囉！  
這個階段必須小心再小心，仔細再仔細，  
考驗你們耐心的挑戰正要開始，加油！



## 二、近水實驗結果討論 & 修正

實驗  
結果

根據前兩項實驗統整數據，並簡短敘述 5 種果實的實驗結果

推測  
傳播  
方式

請根據實驗結果推測出果實的傳播方式

檢核  
結果

請根據近水傳播要素檢核

是否符合  
預期結果

☐ 符合

☐ 不符合

實驗  
修正

請找出與預期結果不相符的原因，並修正設計

|              |     |           |
|--------------|-----|-----------|
| 神奇科學家 - 草系大師 |     | 學習單 3-2-4 |
| 實驗實作 - 近陸    | 班級： | 姓名：       |



根據設計近水傳播的實驗經驗去思考  
如何設計模擬近陸傳播的實驗！



### 一、近陸實驗設計

| 測試場地 | 實驗道具 | 實驗方法 |
|------|------|------|
|      |      |      |

### 二、風力 - 滯空實驗設計

| 操作變因 | 控制變因 | 方法設計 |
|------|------|------|
|      |      |      |

### 三、動物力 - 採食實驗設計

| 操作變因 | 控制變因 | 方法設計 |
|------|------|------|
|      |      |      |

### 三、動物力 - 附著實驗設計

| 操作變因 | 控制變因 | 方法設計 |
|------|------|------|
|      |      |      |

|              |     |           |
|--------------|-----|-----------|
| 神奇科學家 - 草系大師 |     | 學習單 3-2-5 |
| 實驗實作 - 滯空    | 班級： | 姓名：       |



各位科學家你們好，要開始進行實驗囉！  
這個階段必須小心再小心，仔細再仔細，  
加油！



### 一、近陸實驗記錄 - 滯空實驗

實驗  
果實

記錄五種果實

實驗  
步驟

預期  
結果

實驗  
記錄

至少進行 3 次實驗並記錄結果

結果  
討論

有哪些可能會影響結果的步驟？有哪些種子特性沒有被考量到？

|                     |     |           |
|---------------------|-----|-----------|
| <b>神奇科學家 - 草系大師</b> |     | 學習單 3-2-6 |
| 實驗實作 - 採食           | 班級： | 姓名：       |



各位科學家你們好，要開始進行實驗囉！  
這個階段必須小心再小心，仔細再仔細，  
加油！



## 二、近陸實驗記錄 - 採食實驗

實驗  
果實

記錄五種果實

實驗  
步驟

預期  
結果

實驗  
記錄

至少進行 3 次實驗並記錄結果

結果  
討論

有哪些可能會影響結果的步驟？有哪些種子特性沒有被考量到？

# 神奇科學家 - 草系大師

學習單 3-2-7

實驗實作 - 附著

班級：

姓名：



各位科學家你們好，要開始進行實驗囉！  
這個階段必須小心再小心，仔細再仔細，  
考驗你們耐心的挑戰正要開始，加油！



## 三、近陸實驗記錄 - 附著實驗

實驗  
果實

記錄五種果實

實驗  
步驟

預期  
結果

實驗  
記錄

至少進行 3 次實驗並記錄結果

結果  
討論

有哪些可能會影響結果的步驟？有哪些種子特性沒有被考量到？

|              |     |           |
|--------------|-----|-----------|
| 神奇科學家 - 草系大師 |     | 學習單 3-2-8 |
| 實驗實作 - 修正    | 班級： | 姓名：       |



各位科學家你們好，要開始進行實驗囉！  
這個階段必須小心再小心，仔細再仔細，  
考驗你們耐心的挑戰正要開始，加油！



## 二、近陸實驗結果討論 & 修正

實驗  
結果

根據前三項實驗統整數據，並簡短敘述 5 種果實的實驗結果

推測  
傳播  
方式

請根據實驗結果推測出果實的傳播方式

檢核  
結果

請根據近陸傳播要素檢核

是否符合  
預期結果

☐ 符合

☐ 不符合

實驗  
修正

請找出與預期結果不相符的原因，並修正設計

|              |     |           |
|--------------|-----|-----------|
| 神奇科學家 - 草系大師 |     | 學習單 3-2-9 |
| 實驗實作 - 統整發現  | 班級： | 姓名：       |



實驗完成了，請各位科學家共同討論近水及近陸實驗的結果是否都符合你們的預期，並試著記錄兩種傳播方式的不同之處



一、在近水傳播中我發現…

二、在近陸傳播中我發現…

三、兩種傳播方式不同的地方有哪些？

四、在實驗中發現了哪些特別的地方

## 神奇科學家 - 草系大師

學習單 3-3-1

種子鐵人三項大會

班級：

姓名：



歡迎來到阿籽學校的鐵人三項大會，已經和各種果實培養那麼久的感情，相信你們一定很熟悉果實能力了，請各位科學家選擇你們信任的果實選手吧！



### 一、選手技能挑選

游泳



跑步



腳踏車



### 二、超級種子選手設計

- 請依據所勾選的技能，設計一個超級種子選手吧！  
(請以圖文說明選手的外觀與相對應的傳播功能。)

### 三、選手測試結果

- 選手的傳播類型與其他類型的實驗結果有什麼差異？

- 選手的哪些特性導致實驗結果的不同？

- 選手能成功進行傳播的關鍵因素及特性為何？

## 神奇科學家 - 草系大師

學習單 3-3-2

種子模型重建

班級：

姓名：



根據之前的應用及實驗，請各組思考如何進行種子的傳播方式及特性關係的模型建立！



請簡述此模型是否有應用上的限制

# 附錄

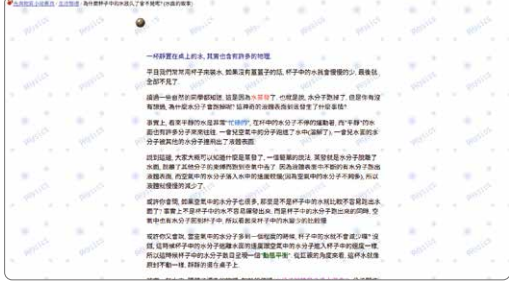


## ● 自編教材－教學簡報

|   |                                                                                |                                                                                       |
|---|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 第一單元：水系大師～繽紛的水溶液 <a href="https://reurl.cc/DbOQ60">https://reurl.cc/DbOQ60</a> |    |
| 2 | 第二單元：火系大師～炎炎消防隊 <a href="https://reurl.cc/ZlN5jg">https://reurl.cc/ZlN5jg</a>  |   |
| 3 | 第三單元：草系大師～植物的傳播 <a href="https://reurl.cc/2lQkD9">https://reurl.cc/2lQkD9</a>  |  |

● 參考資料

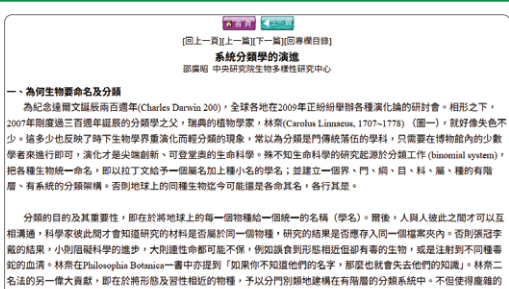
第一單元：水系大師～繽紛的水溶液

|   |                                                                                                                |                                                                                     |                                                                                      |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | LIS 情境科學教材—<br>彩虹分層糖漿<br><a href="https://reurl.cc/0aWbWY">https://reurl.cc/0aWbWY</a>                         |    |    |
| 2 | PhET 線上實驗操作平台<br><a href="https://reurl.cc/yKAbND">https://reurl.cc/yKAbND</a>                                 |    |    |
| 3 | 如何引導特教學童實作化學實驗 - 以變色的蝶豆花為例。<br>台灣化學教育期刊第 24 期<br><a href="https://reurl.cc/laYbxq">https://reurl.cc/laYbxq</a> |   |   |
| 4 | 光與物質小站—<br>科學閱讀「水面的故事」<br><a href="https://reurl.cc/W8OZzL">https://reurl.cc/W8OZzL</a>                        |  |  |
| 5 | 均一教育平台—<br>「水溶液的組成」<br><a href="https://reurl.cc/9bnnnn">https://reurl.cc/9bnnnn</a>                           |  |  |
| 6 | 均一教育平台—「濃度」<br><a href="https://reurl.cc/9bn9nv">https://reurl.cc/9bn9nv</a>                                   |  |  |

第二單元：火系大師～炎炎調查隊

|   |                 |                                                               |                                                                                       |
|---|-----------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 熔漿真的能貫穿火焰嗎？     | <a href="https://reurl.cc/ORRL7v">https://reurl.cc/ORRL7v</a> |    |
| 2 | 超大巨人怎麼散發熱風的？    | <a href="https://reurl.cc/7bbLQb">https://reurl.cc/7bbLQb</a> |    |
| 3 | 防火裝有辦法擋住太陽的高溫嗎？ | <a href="https://reurl.cc/EbbL01">https://reurl.cc/EbbL01</a> |    |
| 4 | 火球術是可行的嗎？       | <a href="https://reurl.cc/2lly2a">https://reurl.cc/2lly2a</a> |  |
| 5 | 小當家紙火鍋          | <a href="https://reurl.cc/7bbL5l">https://reurl.cc/7bbL5l</a> |  |

### 第三單元：草系大師 ~ 植物的傳播

|   |                                                                                                                  |                                                                                     |                                                                                      |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 康軒數位高手 - 自然 5 下<br>電子書第 3~4 單元。<br>康軒出版社 (2023)<br><a href="https://reurl.cc/0aalLM">https://reurl.cc/0aalLM</a> |    |    |
| 2 | 水力傳播。<br>農業主題館種子世界館 (2009)<br><a href="https://reurl.cc/rKK4NN">https://reurl.cc/rKK4NN</a>                      |    |    |
| 3 | 種子的旅行。<br>科學少年 (2016 年 9 月)<br><a href="https://reurl.cc/8bbLrM">https://reurl.cc/8bbLrM</a>                     |   |   |
| 4 | 我能當分類學家嗎？<br>會面臨什麼挑戰？<br>科學月刊第 608 期<br><a href="https://reurl.cc/W887ry">https://reurl.cc/W887ry</a>            |  |  |
| 5 | 系統分類學的演進。<br>特有生物中心期刊 (2009)<br><a href="https://reurl.cc/xKKA1Z">https://reurl.cc/xKKA1Z</a>                    |  |  |
| 6 | 林奈為生物學名訂下的<br>設計理念是？<br><a href="https://reurl.cc/5bbzMv">https://reurl.cc/5bbzMv</a>                            |  |  |

## 國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

臺北市十二年國民基本教育資優教育創新課程研發推動計畫：  
部定課程調整 ( 自然科學領域 )：神奇科學家 / 馮理詮，周秉弘，  
楊婷雅，林盈君，王千霈，王思澄，陳家聲，高翊瑄，王宜菁，顧  
薇，林家薈，郭亭妤，鄭若予，陳聖文作。-- 臺北市：臺北市資賦  
優異教育資源中心，民 114.12

面； 公分

ISBN 978-626-410-118-9 ( 平裝 )

1.CST: 科學教育 2.CST: 資優教育 3.CST: 課程規劃設計  
4.CST: 小學教學

**523.36**

**114019387**

臺北市十二年國民基本教育資優教育創新課程研發推動計畫  
部定課程調整－自然科學領域  
神奇科學家

發行人：莊智鈞

總編輯：王曼娜

作 者：馮理詮、周秉弘、楊婷雅、林盈君、王千霈、王思澄、陳家聲、  
高翊瑄、王宜菁、顧 薇、林家薈、郭亭妤、鄭若予、陳聖文

執行編輯：許 婷、駱湘儒

出版者：臺北市資賦優異教育資源中心

地 址：臺北市中正區南海路 56 號

電 話：(02) 2332-7125

傳 真：(02) 2304-6696

承印者：藝形實業有限公司

電 話：(02) 2366-1988

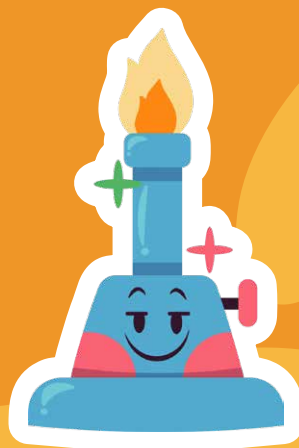
出版日期：中華民國 114 年 12 月





臺北市資賦優異教育資源中心

Taipei Resource Center for the Gifted and Talented



ISBN 978-626-410-118-9



9

786264

101189