

# 114學年度科學教育專案年度期中報告綱要

計畫編號：104

計畫名稱：雷印森活·昆蟲新家-結合3D 列印與雷雕之國小生態教育推廣計畫

主持人：陳賢宗

執行單位：國立南科國際實驗高級中學國小部

## 壹、計畫目的及內容：

南科實驗中學位處於臺南科學園區內，坐擁科技創新資源與豐富的周邊自然環境，為一所融合科技導向與素養導向教育理念的實驗型學校。本校長期重視學生科學探究能力與創新思維的培育，並積極推展結合「自然科學」與「科技實作」的跨域課程。面對全球氣候變遷、都市化快速發展與生物棲地減少的問題，培養學生從小具備環境保護意識與行動力已成為當代教育的重要目標。

昆蟲作為自然生態系中不可或缺的成員，負責授粉、分解與生物鏈能量轉移等多重角色，其多樣性與棲地健康息息相關。然而在校園與城市生活中，學生對昆蟲的理解多流於表面，甚至懷有恐懼與排斥。因此，本計畫以「昆蟲旅館」為出發點，導入實作型課程，讓學生從環境觀察與昆蟲認識開始，理解人類與昆蟲的互動關係，進而思考如何以人工棲地協助生態保育。

為提高學習動機與技術能力，計畫將結合3D 列印與雷射雕刻等新興科技工具，融入昆蟲旅館的設計與製作過程。學生將實際參與結構建模、機具操作與材料選擇，並透過設計思考歷程進行創意發想與反覆修正，展現 STEAM 教育的核心價值。此外，課程安排於早自修與課後社團時段，符合彈性學習時間規劃，亦能有效運用學校科技教室設備與師資資源。

本計畫亦呼應十二年國民基本教育課綱中對「探究與實作」、「跨域統整」、「環境素養」之重視，透過生態實踐與科技創作的結合，提升學生的問題解決能力與科學態度。最終階段將辦理校內成果發表與展覽，邀請家長、師長與社區一同參與，深化學生學習意義，並達成科學教育推廣與環境議題倡議的雙重目標。藉由本計畫實施，培養具備在地關懷與全球視野的未來公民，正是本校與本計畫所共同追求的教育使命。

## 貳、研究方法及步驟：

### (一)文獻探討：

#### 1. 昆蟲旅館與生態教育的教學價值

生物多樣性與昆蟲保育已成為當代環境教育的重點議題之一。根據 Müller 等人（2014）針對都市地區設置昆蟲旅館的研究指出，昆蟲旅館不僅有助於提升野生蜂類與其他節肢動物的棲息機會，也有助於推廣都市生態保育的實作經驗。昆蟲旅館為低成本、高參與度的微棲地建設方式，適合導入中小學教育場域。透過學生主動設計與建構昆蟲旅館，能讓學習者理解生物棲地需求、昆蟲行為特性，並在觀察與紀錄過程中深化其科學素養。

Hanski 與 Gyllin（1993）指出，環境教育的成效不僅取決於知識的傳授，更依賴學生是否在真實情境中獲得體驗與意義建構。因此，「以行動促成理解」成為昆蟲旅館實作課程的重要特點。蔡淑君（2019）進行一項國小生態探究課程研究，結果顯示導入昆蟲旅館觀察與紀錄活動後，學生對昆蟲種類辨識能力提升，且對生態議題的關心度與參與度明顯上升。

在台灣，相關計畫也已逐漸推廣至環境教育場域。蔡宗憲（2020）指出，昆蟲旅館可作為低年級學生進行生物分類與棲地認識的起點，提升學習興趣與實際動手參與的機會。由此可知，昆蟲旅

## 2. STEAM 教育與3D 列印應用於國小階段

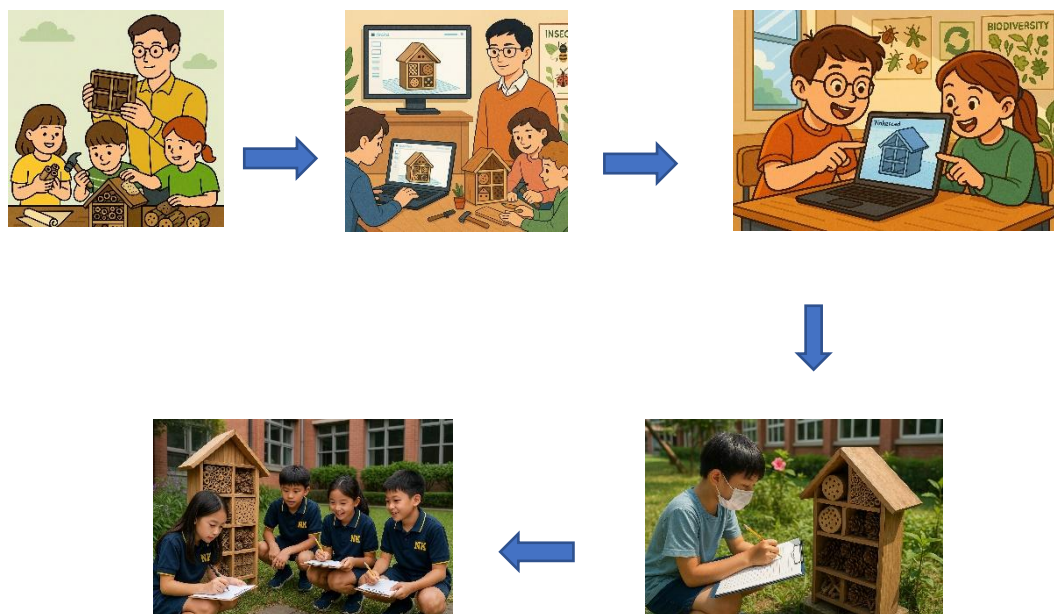
根據台灣教師研究（黃雅惠，2018），在國小自然與科技課程中導入 Tinkercad 建模軟體與3D 列印教學，可顯著提升學生對物件構造理解與創造思維發展。學生在建構過程中主動思考功能與結構需求，並進行反覆修正，符合工程設計流程（Engineering Design Process）的核心精神。

### 3. 教學整合設計與跨領域實作學習的成效

Chang 與 Tsai (2019) 進行一項整合自然科與設計課程的研究發現，學生在跨領域實作課程中表現出更高的參與度與學習滿意度，並能在成果發表中清楚表達自己的設計理念。課程中融入團隊合作、問題分析與簡報分享等活動，也有助於學生溝通表達與自我效能感的提升。

綜上所述，將生態保育主題結合數位製造與設計實作，不僅呼應課綱精神與 STEAM 教育理念，也能有效提升學生科學素養、環境倫理與創意思維，極具推廣潛力與教育價值。

### 昆蟲旅館教學建構示意圖



## 課程內容與科學創意活動的連結性：

本計畫以「昆蟲旅館」為核心創意主題，透過結合自然觀察、生態環境理解與科技應用等多元學習活動，發展具創意性的科學課程。課程設計強調學生動手實作與問題解決歷程，讓學生從「觀察→提問→設計→製作→測試→展示」的學習歷程中，實踐科學探究與創意思維的結合。例如，學生需運用 Tinkercad 建模設計屬於自己的昆蟲旅館，再透過3D 列印與雷射技術製作雛形，最終安裝於校園特定位置進行觀察，並依據昆蟲出現情形與棲地選擇，持續改良旅館結構與材料，充分展現學生主動探索與創造能力。

此外，透過戶外設計與布設、記錄昆蟲旅居情況等實作活動，讓學生能夠在真實場域中實踐科學精神與創新實作能力，培養其科學素養與創意應用能力。課程亦與永續發展議題連結，強調人與自然共處、提升生物多樣性意識，透過「科學創意解方」促進環境關懷與行動。

## 課程的學理基礎與設計架構補充說明：

本課程設計依據教育部108課綱自然科學領域核心素養，包含自-E-A2（提出探究問題）、自-E-B3（實作技能）、自-E-C3（關心環境議題）、ST3（運用科技工具觀察與紀錄）、ST4（規劃與實作）、以及多項跨領域素養如科技應用（科技領域-TC2）、設計思考（綜合活動領域-CC2）、永續發展（議題-永續-ESE2）等。

學理基礎建構於 STEM 教育架構之上，融入：

建構主義學習理論：學習者透過與環境互動、經驗建構知識，強調學生「做中學」。

問題導向學習（PBL）：學生面對真實生活中的問題，如昆蟲棲地減少，透過資料搜尋、觀察、討論、設計與反思進行解決。

設計思考五步驟（同理→定義→發想→原型→測試）：作為旅館設計歷程之教學架構，讓學生從使用者角度出發，同理昆蟲需求並創新設計。

STEAM 教育導向：除科學與科技外，也強調美感設計與人文關懷，鼓勵學生思考生態美學與設計邏輯的融合。

整體課程採取「循環式螺旋設計」，從基本觀察逐步深入到應用與再設計，呼應布魯納提倡的「學習螺旋進展」。

具體題材課程規劃與實施策略補充說明：

課程共規劃36週，分上下學期，每學期18週，具體規劃如下：

上學期聚焦於：

生態觀察（第1～4週）：包含昆蟲生態與分類觀察。

科技工具操作與設計實作（第5～14週）：學習 Tinkercad 建模、雷射與3D 列印操作，進行旅館建模與製作。

戶外布設與觀察準備（第15～18週）：選定地點、施作旅館並規劃觀察工具與紀錄方式。

下學期聚焦於：

長期觀察與紀錄（第1～6週）：透過觀察日誌、照片紀錄與感測資料收集，分析昆蟲入住情形。

科學探究與數據分析（第7～10週）：引導學生進行數據分類、繪製圖表、歸納趨勢。

改良設計與成果彙整（第11～18週）：依據觀察結果改良旅館設計，撰寫成果報告並進行展覽展示。

實施策略具體措施包括：

多元學習資源使用：運用平板與感測裝置、數位攝影、雲端表單等提升學生觀察與紀錄能力。

合作學習與分組任務：採用小組方式設計任務，學生需共同討論設計與分享觀察結果，強化溝通與合作素養。

跨學科教學合作：邀請自然、資訊、藝術等教師協同備課與指導，落實跨領域素養導向。

成果公開與社群分享：學生設計成果將於校內科學展中展示，亦將彙編成小冊子供未來課程參考。

多元評量設計：納入觀察記錄評量、作品展示評量、同儕互評、自我評量與教師觀察等，促進學生反思與精進。

## 研究方法、步驟及預定進度

### （一）、研究方法

本計畫採用「行動研究」與「設計導向研究（Design-Based Research, DBR）」雙軌並行的方式，作為推動融合新興科技與生態教育課程之主要研究方法，並兼顧教學創新與學習成效評估。透過真實教學情境中的課程設計、反覆實施與修正，促進學生在自然科學、資訊科技與環境素養三大領域的整合學習。以下就本研究方法之架構與步驟說明如下：

#### 1、課程設計與理論架構

本計畫之課程設計以十二年國民基本教育課綱中自然科學與生活科技領域之「探究與實作」、「系統思考」、「科技運用」為核心，融合 STEAM 教育理念（Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics）進行設計。課程主題圍繞「棲地營造」與「永續生態」兩大概念，透過3D 列印與雷射雕刻等數位工具進行昆蟲旅館設計與製作，並搭配昆蟲觀察與資料紀錄活動，促進學生建立人與自然共生的價值觀。

課程以「問題導向學習（Problem-Based Learning, PBL）」為主要教學模式，先透過生活中觀察昆蟲消失的現象，提出「如何幫助昆蟲重建棲地？」的核心問題，引導學生進行觀察、資料蒐集、團隊討論、創意設計與反覆修正。搭配 Tinkercad 軟體教學與簡易雷射操作流程，使學生具備應用科技解決問題的能力。

#### 2、實施對象與教學時程

本計畫以南科實驗中學國小部五年級學生為主要實施對象，預計共招收24名學生，於114學年度上下學期以「早自修」與「課後社團」時段進行，每學期設計18週教學單元，合計36週。上學期重點放在生態概念與設計製作，下學期則強調觀察紀錄、數據分析與成果發表。

每週教學時間約為40分鐘（早自修）或90分鐘（課後社團），內容依課程主題漸進式安排，從基礎昆蟲知識、生態觀察技能，到3D 建模與作品實作，最後導入成果展示與學習檢核。

#### 3、教學策略與活動設計

教學設計將採用以下幾項策略以提升學習成效：

- (1).探究式學習：引導學生從問題出發，自主提出假設與設計方案，發展邏輯思維與實驗精神。
- (2).創客教學法（Maker-Based Learning）：透過實體製作歷程強化學生動手操作與創意發想能力，並讓學習成果具備實用性。
- (3).跨領域整合：結合自然、生態、資訊、藝術與語文等領域，發展學生系統性思維與整合能力。
- (4).同儕互評與教師回饋：課程中穿插小組討論、設計提案發表與成果共學機制，培養團隊合作與表達能力。

#### 4、資料蒐集與評量方式

為有效掌握教學實施成效與學生學習狀況，本計畫將採用多元評量與質性、量化並行的方式蒐集研究資料：

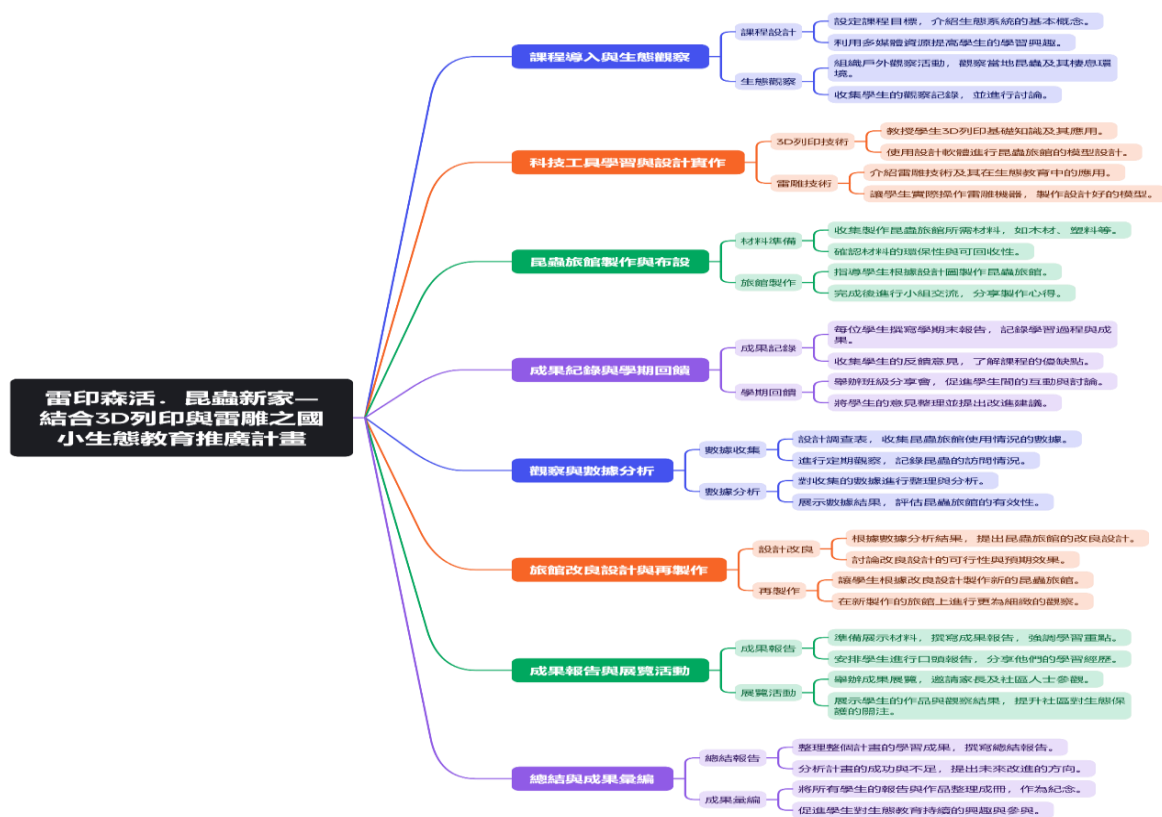
- (1).學習歷程檔案：蒐集學生設計圖稿、學習單、拍照紀錄、昆蟲觀察表與模型草圖，作為學習過程的重要憑證。

- (2).前後測問卷：透過生態素養與科技態度問卷（由研究者自編並參考相關量表設計），於課程前後實施，以評估學生環境關懷與科技運用態度變化。
  - (3).觀察紀錄表：教師於課程進行時使用觀察量表記錄學生的學習參與、合作互動與表現行為。
  - (4).學習者訪談與回饋單：課程中段與期末將進行焦點小組訪談，蒐集學生對課程內容、技術工具與學習方式的觀點。
  - (5).成果展示評量：期末舉辦校內成果展，由學生展示其昆蟲旅館成品與設計理念，並進行簡報發表，結合學生自評與同儕評分。
- 上述資料將進行內容分析與比較分析，以探討課程在培養學生「環境素養」、「科技實作能力」、「設計思考歷程」等面向之具體成效。

## 5、課程修正與回饋循環

本研究採「設計-實施-反思-修正」的行動循環模式（Action Cycle），每學期中段與結束後將由教學團隊進行回顧與課程修訂。依據學生學習成效與回饋調整教學流程、活動時間與指導重點，使課程更能貼合學習者差異與現場教學情境。

### (1)、計畫心智圖



## (二)、步驟

### 1. 課程導入與生態觀察

本階段旨在引發學生對「昆蟲與棲地」議題的興趣，建立基本的生態系概念與觀察意識。透過問題導向的方式導入課程，例如「你覺得昆蟲的家在哪裡？我們能幫助牠們蓋家嗎？」，搭配昆蟲圖鑑、影片與生態互動教學，引導學生觀察校園周邊環境，記錄常見昆蟲與其活動空間，強化學生日常觀察與環境敏感度。



## 2. 科技工具學習與設計實作

本階段培養學生基礎的數位製造工具操作技能，透過實作課程進行 Tinkercad 3D 建模與雷射雕刻技術學習。課程由淺入深，學生將練習繪圖、尺寸估算、簡單建模與設計組件製作，並了解材料應用與加工流程，建立科技應用與工程設計的基本能力。

## 3. 昆蟲旅館製作與布設

本階段強調生態知識與科技工具的實作整合，學生以小組合作方式進行旅館設計草圖繪製、建模、列印與加工。完成作品後，於校園生態角或戶外指定區域進行布設與固定，並設計標示說明牌。過程中融入設計思考歷程，從需求定義到原型測試皆由學生參與。

## 4. 成果紀錄與學期回饋

本階段協助學生回顧學習歷程與成果，建立學習反思與整理能力。學生將彙整學習單、觀察紀錄表、設計稿與旅館照片製作學習檔案，進行期末簡單回顧問卷與自評活動，教師則提供個別回饋，作為進入下一學期任務的準備。

## 5. 觀察與數據分析

本階段為長期觀察與資料蒐集重點，學生每週定點記錄昆蟲種類與活動情形，進行時間統計與天氣對照。教師指導學生製作長條圖、折線圖等基本統計圖表，進行資料分析與解讀，理解昆蟲行為與環境因素的關聯。

## 6. 旅館改良設計與再製作

根據前期觀察結果，學生進行問題討論與改良方案設計，聚焦於功能性與適應性的提升。小組提出改良建議，例如改善排水結構或更換吸引特定昆蟲的材料，並進行二次建模、列印與加工實作，提升設計修正與創新能力。

## 7. 成果報告與展覽活動

學生彙整各階段成果資料，進行簡報設計與發表練習，佈置成果展覽空間並展示昆蟲旅館、設計圖、觀察記錄與宣導海報。過程中鼓勵學生口頭表達與創意思考，強化對外呈現與知識傳播的能力。

## 8. 總結與成果彙編

課程末階段進行全案總整，教師彙整教案、照片、學生設計與觀察紀錄，製作成果彙編或數位學習歷程檔案。學生亦參與部分資料整理與回顧，完成課程反思與學習收尾，提供作為未來課程延續與展示依據。

### (三)、課程大綱

本計畫期程為114年8月1日至115年7月31日，分為上下學期執行，每學期設計18週課程，依據教學主

題與學習目標安排探究與實作活動，具體進度如下表所示：

週次	項目	活動內容
第1週	課程引導	介紹計畫目標與學習歷程，啟發學生對昆蟲與棲地的興趣
第2週	生態概念建立	認識昆蟲在生態系的角色，討論棲地與人類活動關係
第3週	昆蟲觀察	校園實地觀察昆蟲活動與種類紀錄
第4週	昆蟲分類	介紹常見昆蟲分類方法與辨識技巧
第5週	昆蟲旅館介紹	探索不同型態昆蟲旅館及其設計理念
第6週	設計思考導入	小組討論：如何設計對昆蟲友善的人工棲地
第7週	Tinkercad 教學1	訓練基本3D 建模技巧，認識界面與簡單操作
第8週	Tinkercad 教學2	製作簡單結構與拼接模型
第9週	雷雕概念與操作	介紹雷雕機原理，實作練習
第10週	結構安全與材料選擇	討論戶外使用與環保材料的考量
第11週	旅館雛形設計	分組提出設計草圖並討論改進方案
第12週	建模與修正	根據草圖進行3D 建模與檢討
第13週	列印與雷雕加工	完成3D 列印與雷雕零件製作
第14週	組裝測試	旅館組裝與結構測試
第15週	戶外布設前準備	進行命名、說明卡片製作與防水處理
第16週	校園布設	將作品設置於校園自然角或花圃區域
第17週	觀察紀錄	紀錄初步使用狀況與昆蟲活動
第18週	階段回饋	學生反思與回饋，教師統整學期成果

下學期（115年2月至7月）：

週次	項目	活動內容
第1週	重新檢視目標	複習上學期成果並說明下學期任務
第2週	紀錄工具介紹	教導學生觀察紀錄與圖表記錄方式
第3週	長期觀察啟動	安排每週紀錄表單與拍照任務
第4週	生態環境變化	分析不同天氣對昆蟲旅館使用的影響
第5週	昆蟲活動類型分析	蒐集數據進行初步統計與圖表製作
第6週	中期成果檢視	小組分享觀察結果，討論問題與修正
第7週	改良設計提出	根據觀察數據提出改良旅館設計構想
第8週	再建模與列印	選定1-2組進行改良設計實作
第9週	科技與永續議題討論	連結 SDGs、探討環境保護行動
第10週	宣導資料設計	製作宣導海報、資訊圖卡
第11週	成果報告撰寫1	彙整數據與圖片，進行分組報告初稿撰寫
第12週	成果報告撰寫2	完成簡報與報告文書排版
第13週	模擬發表練習	口頭報告練習與同儕回饋
第14週	展覽場地布置	布展設計、作品擺設與檢查
第15週	校內成果發表	辦理展示與簡報分享活動
第16週	問卷調查與評估	施測後測與回饋問卷
第17週	總結回顧	教師與學生共同檢討整體學習歷程
第18週	成果彙編製作	彙整學習歷程、作品、觀察紀錄等成冊

#### (四)、預定進度

	八月	九月	十月	十一月	十二月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月
課程導入與生態觀察												
科技工具學習與設計實作												
昆蟲旅館製作與布設												
成果紀錄與學期回饋												
觀察與數據分析												
旅館改良設計與再製作												
成果報告與展覽活動												
總結與成果彙編												

#### 參、目前研究結果：

##### 01\_獨居蜂初探



##### 02\_3D 建模



##### 03\_3D\_昆蟲旅館列印





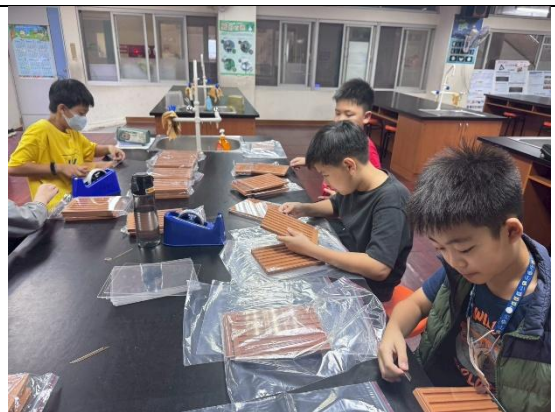
04\_木製昆蟲旅館



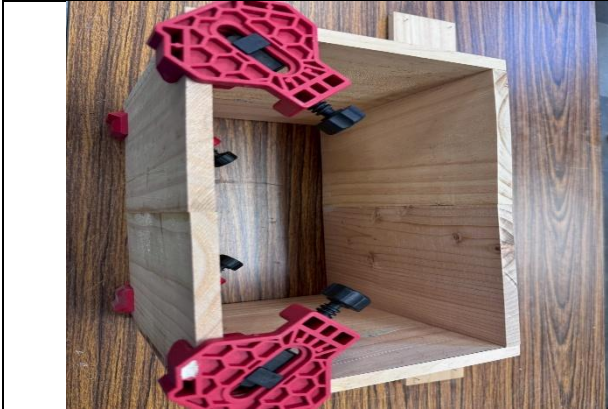
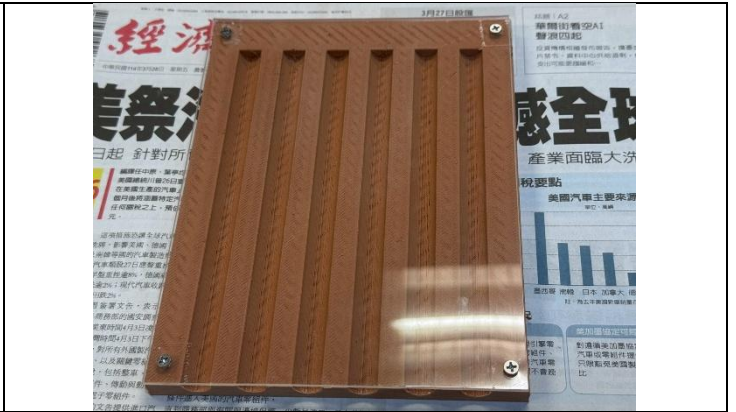




## 05\_組裝3D 昆蟲旅館







06\_組裝昆蟲旅館







#### 肆、 目前完成進度：

第1週	課程引導	介紹計畫目標與學習歷程，啟發學生對昆蟲與棲地的興趣
第2週	生態概念建立	認識昆蟲在生態系的角色，討論棲地與人類活動關係
第3週	昆蟲觀察	校園實地觀察昆蟲活動與種類紀錄
第4週	昆蟲分類	介紹常見昆蟲分類方法與辨識技巧
第5週	昆蟲旅館介紹	探索不同型態昆蟲旅館及其設計理念
第6週	設計思考導入	小組討論：如何設計對昆蟲友善的人工棲地
第7週	Tinkercad 教學1	訓練基本3D 建模技巧，認識界面與簡單操作
第8週	Tinkercad 教學2	製作簡單結構與拼接模型
第9週	雷雕概念與操作	介紹雷雕機原理，實作練習
第10週	結構安全與材料選擇	討論戶外使用與環保材料的考量
第11週	旅館雛形設計	分組提出設計草圖並討論改進方案
第12週	建模與修正	根據草圖進行3D 建模與檢討
第13週	列印與雷雕加工	完成3D 列印與雷雕零件製作
第14週	組裝測試	旅館組裝與結構測試
第15週	戶外布設前準備	進行命名、說明卡片製作與防水處理

註：本期已完成事項（截至第15週）



完成第1–4週：課程引導、生態概念建立、校園昆蟲觀察、昆蟲分類。

完成第5–6週：昆蟲旅館介紹、設計思考導入（小組討論友善棲地）。

完成第7–8週：Tinkercad 教學（基本建模與拼接模型）。

完成第9週：雷雕概念與操作練習。

完成第10週：結構安全與材料選擇討論。

完成第11–15週：旅館雛形設計、建模修正、列印與雷雕加工、組裝測試、戶外布設前準備（命名、說明卡、防水處理）。

## 伍、預定完成進度：

第16週	校園布設	將作品設置於校園自然角或花圃區域
第17週	觀察紀錄	紀錄初步使用狀況與昆蟲活動
第18週	階段回饋	學生反思與回饋，教師統整學期成果

註：下期預定完成事項（第16–18週；並銜接下學期）

第16週：校園布設—完成旅館固定設置於校園自然角/花圃區域。

第17週：觀察紀錄—啟動初步使用狀況與昆蟲活動紀錄，形成後續長期觀察基準點。

第18週：階段回饋—學生反思回饋、教師統整本學期成果，完成進入下學期「長期觀察與數據分析」之準備。

## 陸、建議與討論：(含遭遇之困難與解決方法)

一、行政時程與資源到位（公告時程、採購交期、課程銜接）

### (一) 遭遇之困難

1. 入選名單公布較晚，致前期整備（採購、排課、耗材、機具維護）時間壓縮，連動影響「設計實作」階段推進效率（上學期第5–14週為科技工具學習與設計實作核心）。
2. 設備/材料採購與到貨期具不確定性，易造成學生完成建模後需等待列印或加工之情形，影響學習節奏與進度控管。

### (二) 解決方法（已採行）

等待期間改採「雙軌任務」：同步進行觀察紀錄工具訓練、說明牌/宣導素材製作、設計修正與分組發表，以降低等待造成的學習空轉。

### (三) 建議作法（後續精進）

1. 建置「入選未公告前之先備作業清單」（課程模組、耗材規格、採購文件、維修窗口、排程表），使設備到位後可立即銜接製作流程。
2. 課程採「模組化可調度」設計：觀察→設計→製作→布設→紀錄分析→改良再製作→成果展，以利因應採購/維修延宕而前後挪移。

二、3D 列印與材料限制（木質纖維 PLA、維修時間、產能）

### (一) 遭遇之困難

使用木質纖維 PLA 進行列印時，噴頭磨耗/堵塞風險較高，需進行維修或零件更換；維修與等待期間將影響列印產出與組裝時程。

3D 列印速度較慢且產能有限，同時間僅能處理少量零件，造成各組完成時間落差、整體進度易受影響。

### (二) 解決方法（已採行/可列入報告之現場作法）

1. 建立列印工作排程（列印順序、預估工時、交付日期），並以分組方式共作，降低「每人一套」造成之產能壓力。
2. 將等待列印期間導入「設計修正—小樣測試—再上機」流程，符合設計導向研究/行動循環之精神，避免一次到位造成反覆重工。

### (三) 建議作法 (後續精進)

1. 推動「材料分級」：原型階段採一般 PLA 快速打樣；正式戶外版本再使用木質纖維 PLA，以降低停機風險與維修頻率。
2. 建置「列印維修與失敗案例紀錄表」(材料、噴頭、參數、失敗原因、處置方式)，作為 DBR 循環修正之依據。

### 三、木作與組裝能力差異 (教師支援量、作品一致性)

#### (一) 遭遇之困難

學生木作手作能力與工具熟練度有限，涉及精準切割/鑽孔/固定等工序時，需教師投入較多協助，以確保安全與成品結構穩定。

#### (二) 解決方法 (已採行/可納入)

1. 採「任務分工」：學生負責量測、標記、打磨、上螺絲與組裝；高風險或高精度工序由教師或成人支援。
2. 以治具/模板 (定位孔、直角輔助) 降低加工門檻，提升成品一致性。

#### (三) 建議作法 (後續精進)

於「結構安全與材料選擇」後增列「基本木作技能微課程」(量測、直角、預鑽、砂磨、固定)，提升學生可獨立完成之比例。

### 四、課程成效與推廣 (學習動機高、設備提早到位可放大效益)

#### (一) 觀察到之成效

學生由 Tinkercad 建模、列印/加工到組裝昆蟲旅館之學習動機與參與度高，符合 PBL 與跨域實作設計之預期。

#### (二) 建議作法 (後續精進)

1. 若設備與耗材可提早到位，可加速完成「製作—布設—觀察」閉環，並更有效推動校園環境生態教育之常態化。
2. 後續可延伸辦理昆蟲旅館相關研究 (如科展/行動研究) 與教師研習分享，擴大計畫推廣效益，並形成校本課程資源庫 (教案、SOP、評量規準、觀察表單)。

### 五、他校交流參訪與跨域資源連結 (新增建議)

#### (一) 交流目的

透過跨校觀摩與技術交流，縮短試錯時間 (列印參數、材料選用、戶外耐候設計、維護機制)，提升作品穩定度與課程推動效率。

#### (二) 建議作法 (可列入下期工作)

1. 參訪具數位製造資源之學校/場域 (FabLab、創客中心、科技中心)：聚焦3D 列印維護、木質纖維 PLA 列印經驗、雷雕安全與排程管理。
2. 參訪已建置昆蟲旅館與生態觀察課程之學校：交流布設位置、巢材配置、維護巡檢、觀察紀錄表設計與社群推廣方式。
3. 辦理「跨校共備/共展」：以「昆蟲旅館成果聯展」或「共同觀察週」方式進行學生發表與同儕互評，提升學習動機與傳播效益。
4. 邀請外部專家 (如昆蟲/野生蜂、環境教育、數位製造) 進行短講或工作坊，補足物種辨識、棲地友善與機具操作等專業面向。
5. 規劃跨校交流參訪 (至少1場參訪+1場線上/實體交流)，並整理可移轉之技術與課程 SOP。

## 柒、參考資料：

1. Blikstein, P. (2013). *Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention*. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (Eds.), **FabLab: Of Machines, Makers and Inventors** (pp. 203 - 222). Transcript Publishers.
  2. Chang, Y.-S., & Tsai, C.-C. (2019). *Integrating science and design: Effects on students' motivation and self-efficacy in maker-based learning*. *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 222 - 234.
  3. Hanski, I., & Gyllin, M. (1993). *Microbial ecology and environmental education: A case study with insect hotels*. *Environmental Education Research*, 19(4), 565 - 577.
  4. Huang, Y.-H. (黃雅惠) (2018)。〈應用 Tinkercad 於國小自然科技課程之研究〉。科技教育研究，26(1)，55-76。
  5. Liu, C.-H., & Chuang, H.-H. (2020). *Enhancing environmental education through community-based design projects in elementary schools*. *International Journal of Environmental & Science Education*, 15(2), 140 - 155.
  6. Müller, A., Mehr, M., Bieri, M., Brühl, C. A., Hothorn, T., & Entling, M. H. (2014). *Insect hotel effectiveness: A contribution to native bee conservation?* *Basic and Applied Ecology*, 15(6), 607 - 615. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2014.09.011>
  7. 蔡淑君 (2019)。《以昆蟲旅館為主題之自然探究課程對學生生態敏感度之影響》。國立臺中教育大學環境教育研究所碩士論文。
  8. 蔡宗憲 (2020)。〈國小學生參與昆蟲旅館建置教學之學習成效研究〉。臺灣生態教育學刊，13(2)，25 - 42。
  9. 林志恆 (2020)。〈STEAM 課程設計與教學實踐之行動研究〉。科技與工程教育，87，35 - 50。
- 教育部 (2018)。《十二年國民基本教育課程綱要—自然科學領域》。台北：教育部。