

# 東海大學資訊工程研究所

碩士論文

指導教授：<sup>1</sup>黃宜豐教授 <sup>2</sup>朱延平教授

3D 印表機輔助教學：以魚菜共生主題教學為例

3D printer assistant teaching: Using the aquaponics Topic Teaching as an example

研究生：高志賢

中華民國一〇五年四月

東海大學碩士學位論文考試審定書

東海大學資訊工程學系 研究所

研究生 高志賢 所提之論文

3D 印表機輔助教學:以魚菜共生主題教學例

經本委員會審查，符合碩士學位論文標準。

學位考試委員會

召集人

羅永康

簽章

委員

員

黃貞豐

王仁澤

朱延平

指導教授

黃貞豐

簽章

朱延平

中華民國 105 年 6 月 16 日

## 摘要

台灣這幾年來，食安問題層出不窮，以臺灣特殊的環境，未來的農業短期內應該發展出以有機性及低耗能為主，為了讓下一代「吃得健康，吃得安心」及兼顧永續家園之理念，魚菜共生系統是一個值得推廣的教育。

大六教學法已被證實能確實提升學生閱讀理解、資訊素養與培養同儕合作學習的教學模式，因此我們以大六教學法進行魚菜共生教學。希望學生能培養資訊科技能力及合作學習的態度，共同完成魚菜共生這項主題課程。

在大六教學法共有六大步驟，其中第五項利用資訊的步驟中，學生將訊整合，並利用所尋找的資料整合出解決的想法，但常常只有想法，並無實際物品可以驗證學生的想法在現實生活中是否能真正解決問題。

透過抽象概念實體化的策略教學活動，能夠有效幫助學生增強其學習動機、學習成效及實作能力。本研究將借助 3D 印表機輔助教學，將學生想法具體化，以達到大六教學法中步驟五整合資訊及步驟六學習評價，以彌補大六教學法不足的部分。本研究將致力於建立 3D 印表機的教學模式及建立 3D 印表機輔助教學的常模，讓教學者可以依循此模式將 3D 印表機融入教學當中。

3D 印表機的市場蓬勃發展之後，將引爆一波波相關技術人才需求，因此將 3D 印表機課程融入教學中，不只讓學生提早學習 3D 印表機的相關知識及技能，也藉此打開孩子創意的思維。課堂中也利用 3D 印表機的來輔助教學，以達到教和學雙贏的局面。

關鍵字：魚菜共生；大六教學法；3D 印表機。

## Abstract

“Foods safety” has been a serious issue in Taiwan in recent years, and Taiwan’s agriculture should focus on its two values of being organic and low energy-consumption. In order to leave our next generation a better dietary environment and keep our homeland resources in sustainable use, Aquaponics is a valuable system that worth promoting.

The teaching model, Big Six Skills (Big 6), has been proved that it effectively enhance the skills of students’ reading comprehension and information literacy, and it also helps a lot in their cooperative learning. Therefore we choose the Big 6 model to do the Aquaponics teaching. We hope the students can cultivate the ability of using information technology and the attitude of cooperative learning.

In Big 6 model, students generate a lot of ideas but we can’t verify if those can really solve the problems in real life.

The teacher uses teaching strategy activities to help the students concretize the abstract concepts, and then the latter reinforce their learning motives, learning effects and ability of doing. With the aid of 3D printers, this research will realize students’ ideas, to make up for the insufficiency of the Big 6 model.

So we incorporate the 3D-printer lessons in teaching, not only advance the time of students learning the related knowledge and skills of 3D-printers, inspire the children’s creative thinking, but also use 3D printers as a teaching aid.

Keywords : Aquaponics ; Big Six Skills ; 3D-printers ◦

# 目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究流程.....	5
第二章 文獻探討.....	8
2.1 大六教學法的相關理念.....	8
2.2 魚菜共生.....	15
2.3 3D 印表機.....	17
第三章 魚菜共生主題課程.....	20
3.1 魚菜共生主題教學教案設計.....	20
3.2 3D 繪圖軟體 TinkerCAD.....	24
3.3 3D 印表機切片軟體 CURA.....	27
3.4 3D 列印材料的選擇.....	31
第四章 建立 3D 印表機教學模式.....	34
4.1 試印.....	34
4.2 設計.....	35
4.3 實際運用.....	36
4.4 3D 印表機的教學模式.....	37
第五章 建立 3D 印表機輔助教學常模.....	38
5.1 研究過程.....	38
5.2 種植蔬菜的浮島的製作.....	39
5.3 捕蚊設備的製作.....	43
5.4 3D 印表機輔助教學常模.....	46
第六章 結論與建議.....	48
參考文獻.....	52

## 圖目次

圖 1：研究流程圖.....	6
圖 2：大六教學法（Big6）進程回饋圖.....	13
圖 3：魚菜共生循環原理.....	16
圖 4：魚菜共生的優點.....	16
圖 5：增加支撐.....	19
圖 6：Tinkercad 註冊畫面.....	25
圖 7：Tinkercad 官方的教學範例.....	25
圖 8：Tinkercad 的使用介面.....	26
圖 9：Tinkercad Group 的使用.....	26
圖 10：3D 圖檔下載成.STL 的檔案.....	27
圖 11：Cura 基本設定.....	28
圖 12：試印的教學流程及目標.....	34
圖 13：學生使用 3D 印表機及展示列印成品.....	35
圖 14：Tinkercad 的教學現場.....	35
圖 15：學生自行設計及列印.....	36
圖 16：3D 繪圖時需要考慮各個角度.....	36
圖 17：藉由反覆驗證達到實際要求.....	37
圖 18：3D 印表機輔助教學流程.....	38
圖 19：第一次種植浮島的設計.....	40
圖 20：浮島實際漂浮狀況.....	40
圖 21：參考市售盆栽，重新設計.....	41
圖 22：單一浮島漂浮狀況.....	41
圖 23：四個浮島相連.....	42
圖 24：增加體積以增加浮島浮力.....	42

圖 25：增加浮島之間的扣環.....	43
圖 26：實際於浮島種植結球萵苣.....	43
圖 27：捕蚊器設計.....	44
圖 28：列印時材料掉落.....	44
圖 29：增加支撐設計.....	45
圖 30：板子因承受不了壓力而斷裂.....	45
圖 31：以束帶取代螺絲.....	46
圖 32：捕蚊器的成效.....	46
圖 33：3D 印表機輔助教學模式.....	47
圖 34：教學成果榮獲家長及媒體肯定.....	48
圖 35：3D 印表機的教學模式.....	49
圖 36：3D 印表機輔助教學常模.....	50
圖 37：3D 列印輔助大六教學.....	50
圖 38：3D 印表機列印時間.....	51

## 表目次

表 1	近年來台灣食品安全事件列表.....	2
表 2	Big6 技能六大階段定義與認知層次及每一階段定義.....	11
表 3	Big6 技能的六大階段與其對應之十二個小階段.....	12
表 4	魚菜共生主題教學教案.....	20
表 5	魚菜共生主題教學活動歷程說明.....	24
表 6	3D 印表機的教學模式.....	37

## 第一章 緒論

回顧過去歷史，人類歷經的工業革命有三個發展歷程：第一次工業革命著重生產力的提升，起源於瓦特改良蒸氣機，使生產由人力轉向機械化，並開啟大規模生產的時代。而第二次工業革命為提升製造效率，開始進行生產線的專業化分工，並重視電力的應用與新技術發展，如：交通工具與通訊技術。如今，第一、二次工業革命成果，已成為傳統工業的製造方式，取而代之的是第三次工業革命。

第三次工業革命致力於製造業的數位化，有別於前兩次工業革命的大量生產，第三次工業革命開始注重客製化，製造流程因而改變，可能使製造業回歸先進國家，結束國際代工關係。為了能以低成本滿足消費者多元的個人需求，最顯著的發展為網路服務、創新生產模式，其中，3D 列印更被視為劃時代的生產技術。

3D 列印的市場蓬勃發展之後將引爆一波波相關技術人才需求，因此將 3D 印表機課程融入教學中，不只讓學生提早學習 3D 印表機的相關知識技能，亦期待藉此打開學生的創意的思維。因此將 3D 印表機融入教學活動是刻不容緩的事情，本研究希望能讓 3D 印表機輔助教學，也期待這樣的課程能讓學生學習 3D 印表機的相關技能，藉此打開學生無限創意的思維。

### 1.1 研究動機

自民國 82 年教育部新課程標準頒佈以來，教育界掀起了一波波教育改革浪潮，從教科書的開放、開放教育到小班教學，直至最近的九年一貫課程將教改列車推向另一波高峰，著實讓每位站在前線的教師面臨極大的衝擊與挑戰[1]。在九年一貫的重大變革之下，身為教師者，必須重新界定自己的角色，提升專業素養與能力，唯有不斷的創新與省思，才能跳脫出傳統教學的僵化與刻板，成為一位新世代的教師。

有鑑於台灣這幾年食安問題層出不窮(如表 1 所示)，加上能源的過度利用，使得台灣人食不安心，環境破壞也日趨嚴重。為了讓下一代「吃得健康，吃得安心」及兼顧永續家園之理念，推行有機性及低耗能的魚菜共生系統有其絕對的必要性[2]。因此我們利用魚菜共生主題教學讓學生了解我們可以利用最少的能源和對環境最為和善的方式，種出乾淨、健康的食物。

表 1 近年來台灣食品安全事件列表

發生時間	事件名稱
2016 年 02 月	過期冷凍雞鴨肉
2015 年 11 月	回收過期肉品、蔬菜再販賣
2015 年 04 月	手搖飲料店的茶類飲料殘留農藥
2015 年 03 月	胡椒粉、胡椒鹽、咖哩粉摻工業用碳酸鎂
2015 年 01 月	玉米殘留農藥
2014 年 12 月	茼蒿農藥殘留超標
2014 年 11 月	營養午餐的「敏豆」殘留農藥

魚菜共生，是指把魚的糞便和水中的雜質分解過濾，主要提取氮的成份供應給魚缸上的蔬菜吸收使用，同時蔬菜的根系把魚缸內的水淨化供給魚來使用，結合水產養殖 (Aquaculture) 與水耕栽培 (Hydroponics) 的互利共生生態系統。在一個魚菜共生系統中，來自一個水產養殖系統的水被輸送到水栽系統，其中副產物是由硝化細菌分解成硝酸鹽和亞硝酸鹽，它們由植物利用作為營養物。最後水再循環回到水產養殖系統[3]。

魚菜共生適用於多種環境氣候，大部分的淡水魚種都可以在這個系統內生存，

系統又能夠達到自我平衡，蔬菜也能藉此系統大量生產，省水省電省勞力更是魚菜共生的優點，不得不說在現今擁擠又充滿污染的世界，為了讓大眾可以食得安心，魚菜共生的確是一個環保、節能的好方法。魚菜共生可以兼顧整個生態系的平衡，減少碳排放量，也能降低對農地的過度使用，不論是對人類健康飲食或者是對地球環境的保育，魚菜共生都是未來值得推行的農、漁業方向。

為求地球資源能夠永續發展並讓大眾食得安心，因此根據許多專家推薦之所謂的「大六教學法（Big Six）」的資訊素養教育來設計魚菜共生的主題教學，依據大六教學法列出解決問題的六大步驟[4]：

- 1.任務定義：定義問題；確認所需要的資訊。
- 2.搜尋策略：確定資源的範圍；選出最佳資源。
- 3.找出資訊：找到資訊資源；取得需要的資訊。
- 4.運用資訊：閱讀、聆聽、或觀看資訊；萃取相關資訊。
- 5.統整資訊：組織各類資訊；呈現綜整後之成果。
- 6.學習評價：檢查研究的過程；評估研究的結果。

藉由所實施的大六教學法六個步驟中，在課程進行中讓學生對學習歷程能加以探索和發現，同時也訓練學生認知思考、批判性思考、反思、資訊搜尋和使用能力、以及資訊科技技能訓練，大六教學法引導學生經驗完整的「研究歷程」，藉以培養資訊素養能力。

大六教學法雖然嚴謹，但教學現場基於各項限制常常只能用說明、圖解、影片、討論等方式進行教學，孩子的想法天馬行空，雖然理論可行，但實際狀況如何卻無人能知，要讓學生能在課堂實際驗證想法是否真的可行，常有其困難度，加上國小的學生理論基礎較為薄弱，難以和周詳的考量現實條件，因此空有想法

卻無法驗證可行與否，實在可惜。因此將 3D 印表機融入教學之中，把學生的想法具體印出來，經反覆驗證，以確定學生想法在現實生活中的可行性。

從過去單向「想」的學習模式，欠缺「實作」的學校課程，到今日創意創新成為競爭主體的時代來到，翻轉了傳統觀念。因為連結了「想」與「做」的過程，有助於找到答案並解決問題，更可能誘發新的創意與發明，是當前開創性動力的來源[5]。近年來創客運動(Maker Movement)盛行，「創客」,是當代潮流趨勢中最被熱烈討論的一環，同時也被視為是啟動未來創新的重要角色，本研究亦希望藉由 3D 印表機來打開學生無限創意，並將這些創意用來解決生活中所遇到的問題，實現「創客精神」。

## 1.2 研究目的

有鑑於台灣這幾年食安問題層出不窮，加上能源的過度利用，使得台灣人食不安心，環境破壞也日趨嚴重。為了讓下一代「吃得健康，吃得安心」及兼顧永續家園之理念，推行有機性及低耗能的魚菜共生系統有其絕對的必要性[2]。因此我們利用魚菜共生主題教學讓學生了解我們可以利用較少的能源和對環境最為和善的方式，種出乾淨、健康的食物。

我們利用 3D 列印輔助大六教學法來進行魚菜共生主題教學，想藉由大六教學法嚴謹的教學模式培育學生閱讀理解、資訊科技的能力及合作學習的態度。因此我們依大六教學法規劃出魚菜共生的課程，卻發現從步驟五整合訊息到步驟六學習評價的過程中，學生雖然整合所尋找的資訊，也提出了解決問題的方式，但因為沒有實際的物品可以佐證解決問題的結果，而使得整個學習在此留下了缺憾。為了彌補這個缺口，的確有需要把 3D 印表機的課程融入教學之中。

3D 列印在近年發展快速，列印物品的成本大幅降低，且容易客製化，本研究將借助 3D 印表機輔助教學，將學生想法具體化，以彌補大六教學法中步驟五整合信息(Synthesis)中不足的部分，並讓步驟六學習評價 (Evaluation) 得以順利

進行，讓整個教學法更加完善。

整個研究希望能達到二個目的：

- (1) 建立 3D 印表機的教學模式：因為要利用 3D 印表機來輔助老師的教學，因此老師需要先教會學生使用 3D 印表機。整個教學不僅僅是 3D 印表機的使用，還包含 3D 繪圖、切片軟體使用、印表機設定。本研究希望能建立一個 3D 印表機的教學模式，讓老師在教導學生使用 3D 印表機時能依循此模式輕鬆的教會學生，並靈活的運用於課堂上。
- (2) 建立 3D 印表機輔助一般教學的常模：學生擁有 3D 印表機的設計使用能力，該如何在一般課堂上搭配使用呢？本研究希望能建立 3D 印表機輔助一般教學的常模，讓老師在教學設計時能清楚知道在那些教學步驟中可以加入 3D 印表機，而不會盲目使用，得不到教學效果。也希望借助 3D 印表機輔助教學，將學生想法具體化，以彌補過去教學上的缺口。

### 1.3 研究流程

整個研究過程以魚菜共生主題教學為主，依照大六教學法的步驟進行，由教師和學生共同定義問題，再讓學生尋求解決問題的策略，利用各項工具找出可用資訊，並以心智圖歸納整理，整合所有資訊並上台分享學生的設計理念，將學生設計以 TinkerCAD 繪製，利用 Cura 切片軟體進行切片，並以 3D 印表機印出實際物品，最後進行魚菜共生實作，以確認成果作為最後評價，

在教學現場，學生經過熱烈討論，難免產生疑問或需求，讓學生自行搜尋探討解決的方式；再將學生的想法進行分析，討論理論上是否可行？如果設計在理論上已有缺陷，則在回頭進行設計討論；若理論上可行，則開始進行實作。實作時先以經驗法則尋找日常生活中是否有相關材料或工具？如果能直接取得，則實際使用，看結果是否可行。若無相關材料工具或者材料工具取得困難，則進行 3D

繪圖設計，並利用 3D 印表機印出成品，實際使用，看結果是否可行。若還不行，則回頭在進行設計(如圖 1 所示)。

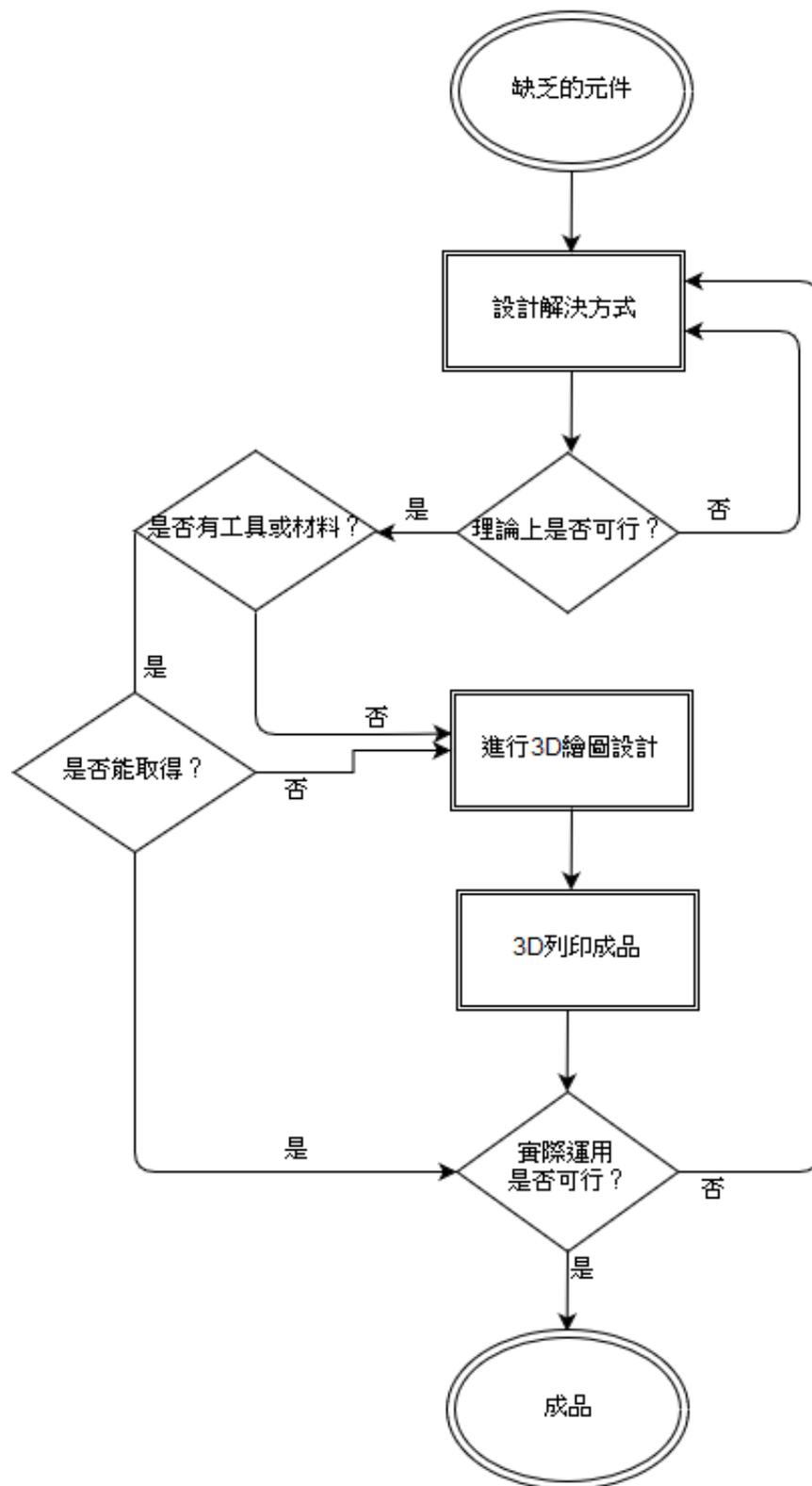


圖 1：研究流程圖

3D 印表機想做到的並不是教學的全部，而是在教學過程中現實環境達不到或者是不易達成的部分，才藉由 3D 印表機來加以實現。因此不是每一項成果都需要以 3D 印表機完成，老師可以視教學實際需要來加以使用。

運用 3D 印表機來輔助教學，可將學生的想法具體化，並從錯誤中反覆思考、反覆驗證，如此可讓學生考慮層面更加周詳、想法更加完善。

本研究希望幫助老師建立 3D 印表機的教學模式，可以依循此模式循序漸進地讓學生學會 3D 印表機的設計及運用。並建立 3D 印表機輔助學常模，讓老師在課堂時，能依據本研究將 3D 印表機融入教學之中。

## 第二章 文獻探討

基於研究所需，本章將針對教師使用 Big6 技能融入教學活動場域的相關文獻進行探討，並作為本研究的背景與知識基礎。再以大六教學法設計魚菜共生主題教學，讓學生探索魚菜共生背後的教育意義，並以 3D 印表機輔助大六教學法中第六步驟：整合評估不足的地方，以落實大六教學法的精神。最後整理與本研究相關的實證研究資料，提供落實在教學上的具體做法。

### 2.1 大六教學法的相關理念

本節在探討有關 Big6 技能意涵、特性與實施所需的資訊能力，並闡述 Big6 技能與課程的關聯以及其教學策略。

#### 2.1.1 大六教學法的方法

Big6 技能是 Big six skills 的簡稱，分別取其代表意義及六大階段的第一或第二個字母以組成 BIG SIX，分述如下[6]：

- (1) **B**e sure you understand the problem. Task Definition 確切地瞭解探究的問題——任務定義。
- (2) **I**dentify sources of information. Information Seeking 確認資訊資源——搜索策略。
- (3) **G**ather relevant information. Location & Access 獲取相關資訊——找出資訊。
- (4) **S**elect a solution. Use of Information 選擇一個答案——運用資訊。

(5) **I**ntegrate the ideas into a product. **S**ynthesis 把觀點整合到作品中——統整資訊。

(6) **eX**amine the result. **E**valuation 檢查結果——學習評價。

此技能之倡導者為 Eisenberg 和 Berkowitz 出版的專書「Information problem solving:The Big Six skills approach to library & information skills instruction」中以「資訊問題解決」為標題，內容詳細敘述 Big6 技能的六大步驟及其組成能力[4]。

Eisenberg 認為 Big6 技能是一種資訊與科技能力的處理模式與課程，在數以千計的幼稚園到更高層級的學校教育中被廣泛的實施[7]。有些人認為 Big6 技能是一種資訊問題解決的策略，因為透過 Big6 技能，學生能夠對任何問題、作業、作決定或者是工作有所掌握。

同時 Berkowitz 表示 Big6 技能可以協助家長有效的獲取資訊以引導他們的孩子完成學校的作業[8]。此外，Barbara 也認為 Big6 技能是一個在一般學校和大學被廣泛使用的資訊問題解決的過程。這種系統能幫助你完成學校的工作、家庭作業和其他任何你所要的資訊需求[9]。

而賴苑玲認為 Big6 技能是一種資訊尋求模式也是對資訊素養的處理途徑，圖書館員、教師與資訊專家認為利用 Big6 技能可以幫助學習者獲得資訊素養，將資訊成功的應用於批判思考與解決問題[10]。

相同的，林昇伶也認為 Big6 技能可以說是一系列生活的技能與過程，也是一種教學或學習的取向，當學生面臨問題時，均可採用此一方式去解決問題，包括學校的課業、考試、報告、計畫、與個人或工作相關的決定，運用此法將有助於學習者在瞬息萬變的今日以因應學習及生活之所需[11]。

此技能早期大部分應用在圖書館推廣教育與資訊問題解決上。近年來由於資訊教育的發達，也是許多專家學者推薦可以協助老師將資訊素養教育課程有效的

融入各科教學的實踐架構之一，並具有良好的學習成效**錯誤! 找不到參照來源。**  
[12]。

唐洪正、許毅維與周百信亦贊成此項看法，因為 Big6 技能步驟明確、易於瞭解及實施，並適合各領域學科與各個年級，是理想的資訊與科技素養教材融入課程之模組。同時，此一模組有助於提昇資訊追求解決問題之效率[13]。

綜上所述，Big6 技能是一套以解決資訊問題為導向的學習模式同時也是一種課程，透過資訊問題解決的六大階段，漸進有序的進行培養問題解決能力，其被廣泛應用於各不同年齡階層的學習情境，能提供有效策略幫助家長與學生對學習的掌握更加得心應手。而此一技能也被推廣應用於教師的教學活動中，以積極回應學生之學習需求，藉此提升學生的學習成效與型塑學生的批判思考能力。

### 2.1.1 大六教學法的內涵

Eisenberg 和 Berkowitz 認為一個成功的資訊問題解決必預要經過六個階段，包括：1.任務定義(task definition)；2.搜尋策略(information seeking strategies)；3.找出資訊(location and access)；4.運用資訊(use of information)；5.統整資訊(synthesis)及 6.整合評估(evaluation)[14]。林菁、賴苑玲與歐陽閻等學者之研究對此六大階段均有提及肯定大六教學法在教育上的貢獻，其中對以上闡述各階段所探討之內涵歸納，如下表 2。

表 2 Big6 技能六大階段定義與認知層次及每一階段定義的探討重點[15]

資訊歷程	內涵定義	認知層次	探討重點
一、任務定義	決定問題的目的及所需的資訊	知識	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.我應該怎麼做？</li> <li>2.我需要解決什麼樣的困難？</li> <li>3.我需要回答什麼樣的問題？</li> <li>4.我需要什麼樣的資訊？</li> <li>5.我需要多少資訊？</li> <li>6.我需要縮小我的研究主題嗎？</li> <li>7.當我完成該項作業時，它是如何呈現的？</li> </ol>
二、搜尋策略	檢視所有可行的方法以獲得符合問題所需的適當資訊	理解	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.我可能用到的資源是什麼？</li> <li>2.我會參考書本、網頁、期刊、電視、與錄影帶等資源嗎？</li> <li>3.我應該用什麼樣的索引資料？</li> <li>4.最適合的參考資源是哪一種？</li> </ol>
三、找出資訊	找到資訊所在的資源並取得所需的資訊	應用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.哪裡可以找到我最需要的資源？</li> <li>2.誰可以幫我找到我需要的資料？</li> <li>3.要如何找到？</li> <li>4.如果我用的是電子資料，我要用關鍵詞來查詢或是用主題來查詢呢？</li> </ol>
四、使用資訊	利用資源以獲得資訊	分析	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.哪些資訊是適切的？</li> <li>2.我要如何記錄我發現的圖形資訊？</li> <li>3.這些引言是否恰當？</li> <li>4.如何有效的呈現我的資料？</li> </ol>
五、整合資訊	從多元的資源中綜合整理出所需的資訊	綜合	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.我如何能從複雜的資源中組織資訊我？</li> <li>2.能刪除那些不能回答問題的資訊嗎？</li> <li>3.我將如何呈現我的研究結果？</li> <li>4.我的結論是什麼？</li> </ol>
六、學習評價	根據一系列的評鑑指標來做決定	評鑑	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.我完成作業的需求嗎？</li> <li>2.是有條理的組織與仔細的校對嗎？</li> <li>3.這是我最好的作品嗎？</li> <li>4.下一次做作業時，我會如何改進？</li> </ol>

經由上表的分析，李佩娟認為 Big6 技能是一個步驟性清晰的資訊問題解決模式，可以幫助教學者具體陳述學生所應具備的資訊應用能力，亦可明確掌握學習者在各階段的能力發展及優缺點，而其六大階段循序漸進的學習歷程剛好有助培養高層次的批判思考能力。這也是為何 Big6 技能能在美國廣為各級學校圖書

館員、教學科技人員所接受與推崇使用的重要原因[16]。

除了上述六大階段之外，Eisenburg 與 Berkowitz 在每一階段下又再細分出兩小階段，研究者整理如下表 3。

表 3 Big6 技能的六大階段與其對應之十二個小階段[17]

步驟	教學方式
1. 任務定義 (Task Definition)	1.1 定義資訊問題的任務 1.2 確認完成這項任務所需的資訊
2. 搜索策略 (Information Seeking Strategies)	2.1 討論研究可能的資源的範圍 2.2 列出資源的優先順序
3. 搜索資訊 (Location and Access)	3.1 查找資源 3.2 從資源裏發現資訊
4. 運用資訊 (Use of Information)	4.1 閱讀資訊 4.2 摘錄資訊
5. 整合信息 (Synthesis)	5.1 從多個資源中組織資訊 5.2 表達資訊
6. 學習評價 (Evaluation)	6.1 評價問題解決的過程 6.2 評價問題解決的結果

Big6 技能六大步驟，依過程而言，多屬循序漸進，然而每一步驟均可隨時回饋道前面任何一步驟，亦即每一技巧（步驟）都相互保持密切聯繫與互動，彼此推演、修正、充實與回饋。其反應情形如下圖 2。

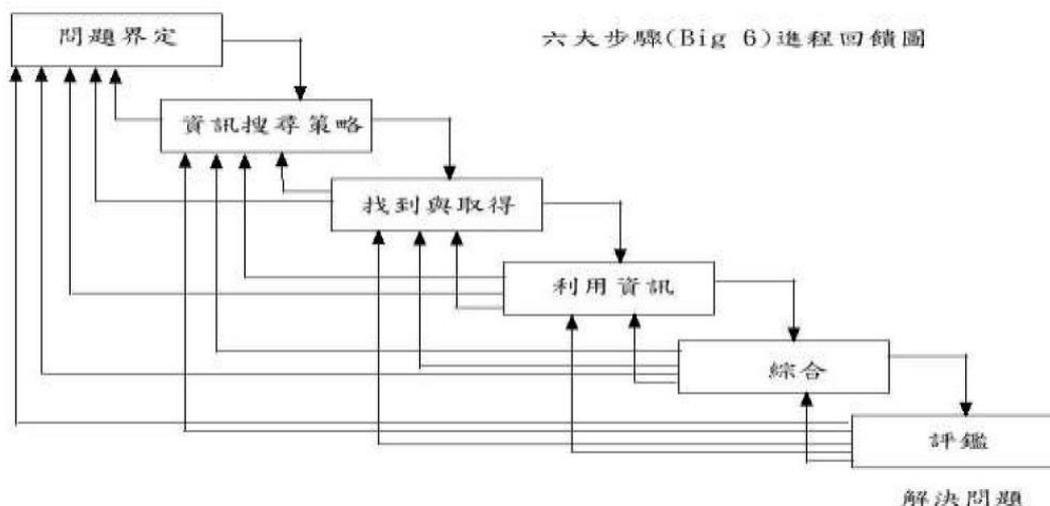


圖 2：大六教學法（Big6）進程回饋圖[18]

綜合上述，研究者對 Big6 技能的特性進行歸納，分述如下：

- 一、Big6 技能能適切的將資訊科技融入於各學習領域與學習階段中雖然各學習領域與各學習階段的學習需求不同，但 Big6 技能在於應用資訊與科技素養幫助學生學習，透過網際網路資料的獲得，能有效的解決所面臨的課業問題，且網路資源的包羅萬象，故能適切的滿足各學習領域與各學習階段的需求。
- 二、Big6 技能的各階段之實施具有彈性，彼此修正回饋，而非一層不變，Big6 技能雖有實施的六大步驟，提供了探索的順序，但並非每次的探索活動定然依步驟而行，有時可跳躍前進，彼此修正回饋，故雖有步驟順序仍保持彈性原則。
- 三、Big6 技能融入電腦與資訊科技，可適合任何資訊情況，Big6 技能的最大優勢在於將電腦與資訊科技融入教學活動中，滿足學童探索課程的需求，故能適合任何資訊情況的解決與考驗。
- 四、Big6 技能可發展學生問題解決、批判思考及資訊管理能力，Big6 技能應用資訊科技詢找資料，解決學生所面臨的學習問題，但面對龐雜紛亂、是非

難辨的網路素材，如何取捨、分辨真偽，對有用資訊進行處理，並進而達成目的，Big6 技能提供了完整有系統的模式，可公學習者依循，故能發展學生問題解決、批判思考及資訊管理能力。

五、Big6 技能能使學生積極運用科技展現自我作品價值，改變學習態度成為自我主導的學習者。Big6 技能強調學童自身經由運用資訊科技的探索，發現解決問題的方法與答案，並透過表達與分享，與同儕形成良好的互動，由於是學童自我努力所得之成果，故對作品能珍視並表現出其個人學習風格。同時，藉由 Big6 技能模式的運用，學童由學習的被動者轉化為學習的主導者，對其學習興趣及學習表現將有提升的效果。

六、Big6 技能協助教師提升教學效能，轉化為引導學習之專家 Big6 技能提供了完整而有系統的資訊尋求模式，能提供教師有計畫的引導學生學習的步驟，因此 Big6 技能能協助教師提升教學效能，轉化為引導學習之專家。[19]

雖然 Big6 嚴謹而有彈性，但在最後一個步驟中卻可以發現，如果沒有實際的物品讓學生實驗證實，教師很難界定學生是否真有解決問題。例如讓學生設計一艘可以浮在水面上的船，雖然計算出浮力大於重量，但有可能因配重不對，導致於翻船，這些結果若無實際進行實驗，很難斷定學生的方法是否真的可以解決問題。大六教學法需驗證問題解決方案的結果，但部分結果需輸出成實物才能驗證結果，因此將 3D 印表機融入教學，將有利於進行 Big6 中的第六步驟學習評價(Evaluation)，將學生的解決方式，利用 3D 繪圖並實際列印成果，並於現實環境中進行實驗，用來評價學生的問題解決的結果。

## 2.2 魚菜共生

由於氣候變遷劇烈及環境過度開發，現代農業生產面臨著生態與資源的危機，種植蔬果也因化肥的大量運用導致土壤嚴重退化，再加上食安問題層出不窮，當前農業的危機正逐漸浮現。

傳統農業生產中養殖漁業是用水量較大的產業，部份養殖業者係採取抽地下水的方式來節省水費，而過度抽取地下水卻造成地層下陷，當遇到重大天災(如八八風災)時便造成嚴重的傷害。而且是以池水或自然水體為生產場所，它的生產性污染也是極大，再加上工業污染與化肥農藥的污染，使得水成為地球污染的重要傳播者，從而又導致漁產的污染，所以現在看似許多地方有豐富的淡水資源，但許多水體已不再適合魚的養殖。

養魚種菜原本是兩項分離的農業技術，但採用魚菜共生方法實現了兩者間的互作組合，形成了共同促進與效益疊加的效果，同時更重要的是，它是一項綜合效益最高的純有機耕作模式，種菜不需再施肥，養魚不需常換水，是一種資源節省型的可迴圈有機耕作模式，魚排泄的廢水及飼料殘渣是蔬菜生長的最好養料，而蔬菜的根系與微生物群落又是水質處理淨化的最佳生物過濾系統，三者所建立的生態關係(植物-微生物-魚)，實現了養魚種菜的可永續循環，是生態農業中一種最完美的結合。

魚菜共生系統(Aquaponics)是由水產養殖(Aquaculture)的這個字和水耕栽培法(Hydroponics)所共同結合的。魚菜共生系統是一種將養魚和植物同時養殖培育的方法。也就是說：將魚類排放之物體及殘餘之飼料經由硝化系統轉換後，成為供給植物成長所需要之養份，而植物再經過根部的養份吸收及過濾後，將魚產養殖水給清潔處理再返回魚池之中，做為一種互惠共生之循環[20]，如圖 3 所示。

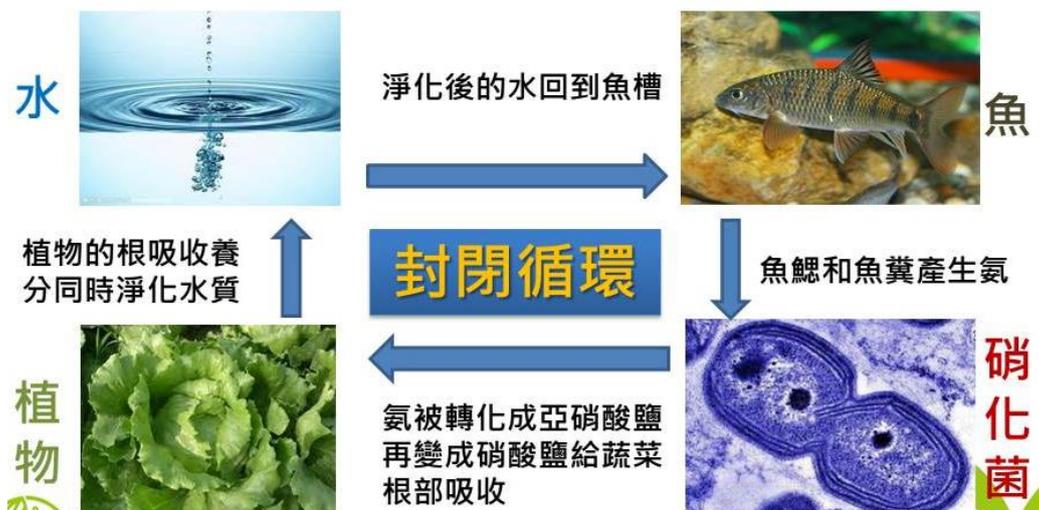


圖 3：魚菜共生循環原理[21]

而且魚菜共生適用於多種環境氣候，大部分的淡水魚種都可以在這個系統內生存，系統又能夠達到自我平衡，另外還有能夠量產、省水省電省勞力等等的優點，不得不說在現今擁擠又充滿污染的世界，魚菜共生是一個環保的好方法，如圖 4 所示。



圖 4：魚菜共生的優點[21]

而魚菜共生模式是結合了工廠化養殖與無土栽培蔬菜技術，是高科技的有機結合所形成的邊緣優勢與綜合累加效益，比單獨的養殖與種菜更省空間與資源，更省設備與成本管理投入。

為了讓下一代「吃得健康，吃得安心」及兼顧永續家園之理念，推行有機性及低耗能的魚菜共生系統有其絕對的必要性[2]。因此我們利用魚菜共生主題教學讓學生了解我們可以利用最少的能源和對環境最為和善的方式，種出乾淨、健康的食物。

## 2.3 3D 印表機

3D 列印的原理其實相當簡單，也就是目前我們使用的印表機 3D 版，將印出來的紙張層層堆疊，就會有個立體 3 維的形狀跑出來。如果將目前的印表機墨水替換成噴出後即可硬化固定的材質，再把噴頭從原本的 2 維移動（噴墨頭左右移動視為 X 軸、紙張饋紙視為 Y 軸），改為 3 維移動（加入噴墨頭高度的 Z 軸），就是目前 3D 印表機的基礎原理。

本研究所使用的 3D 印表機主要原理為 FDM（Fused Deposition Modeling）首先將使用的 PLA 材料加熱到一定的溫度後，形成半熔融狀態，將材料擠出在平面的架子上後迅速回復成固態。如此反覆進行堆疊作業，即可印出立體物件。

要能使用 3D 印表機印出自己設計的成品則需要先學會 3D 繪圖軟體。本研究使用 Tinkercad 線上 3D 繪圖軟體，Tinkercad 是屬於 Autodesk 的雲端 3D 軟體服務項目之一，是目前最簡單易學的 3D 繪圖軟體之一，就算是完全沒有使用過的朋友，也能快速上手。因教學對象為國小學童，因此選擇簡單易學的 Tinkercad[22]。

從相關的論文研究可以發現，有使用「3D 繪圖軟體」與「3D 印表機」讓學生自行設計且輸出教具課程之班級，在學習成效上有明顯的提升，尤其是有自行設計且操作 3D 印表機輸出的班級，學習效果更是高於其他班級[23]。

### 2.3.1 何謂 3D 印表機

3D 印表機在過去幾個月以來吸引了大眾的目光，不論是被媒體譽為新一波工業革命，或是更為新穎的「自造者革命」詞彙，但不可否認的是未來的確是個值得重視的製造技術。本文不批判 3D 列印是否又是另一種商業手段，而是把重

點放在現今的 3D 成型技術介紹。

3D 印表機這個詞彙出現以前，更常被人們所提及的是快速成型 (RP, Rapid Prototyping)，從英文直接翻譯就得知，這是在正式開模大量生產之前所製造的樣品，用於校驗最終設計是否有問題。在 1980 年代，美國和日本的研究者開始紛紛製造出能夠實作快速成型的機器，其中最著名的就是美國 Charles W. Hull 所提出的 SLA (Stereolithography Apparatus) 立體平板印刷技術，同時也建構出目前快速成型經常使用的.stl 檔。

至於為何近期 3D 印表機會被炒作起來，這都得要感謝部分快速成型專利過期以及 RepRap 這個開源專案的進行，使得過去價位高不可攀的機器搖身一變，化為消費者桌上那台小小的機器。

3D 列印的原理其實相當簡單，也就是目前我們使用的印表機 3D 版，將印出來的紙張層層堆疊，就會有個立體 3 維的形狀跑出來。如果將目前的印表機墨水替換成噴出後即可硬化固定的材質，再把噴頭從原本的 2 維移動 (噴墨頭左右移動視為 X 軸、紙張饋紙視為 Y 軸)，改為 3 維移動 (加入噴墨頭高度的 Z 軸)，就是目前 3D 印表機的基礎原理。[24]

### 2.3.2 FDM (熔融沉積成型)

FDM (Fused Deposition Modeling) 又稱 FFF (Fused Filament Fabrication)，名稱不同主要是為了避開專利問題，其核心技術是相同的。首先將使用的材料加熱到一定的溫度後，形成半熔融狀態，將材料擠出在平面的架子上後迅速回復成固態。如此反覆進行堆疊作業，即可印出立體物件。

在比較高階的機器中，藉由多個噴頭和列印材料，可列印出多色物件，甚至是將支撐材料和成型材料分開，由於支撐材料只是提供物件在列印中途的支撐，因此強度不需太高，以方便移除為主。但在一般的消費市場的 FDM 印表機，經常只有 1 個噴頭，只能列印單色物件，也沒有額外的支撐材料，支撐部分就用列印密度較低的成型材料代替。

因為 FDM 的相關建置門檻較低，因此成為目前民用市場頗受歡迎的 3D 列印技術。常見的材料分為 ABS 和 PLA (聚乳酸) 這 2 種，ABS 的強度高於

PLA，可惜的是在列印的加熱過程中會釋出比較毒的氣體，其列印成品的熱脹冷縮也比較厲害，容易產生翹曲導致列印失敗，因此底板需要持續不斷的加熱，3D 印表機最好也要有罩子蓋住避免溫差過大。PLA 的強度較 ABS 弱一些，但若是使用在日常生活中不靠近熱源的應用足堪負荷（PLA 遇熱會變軟），列印過程也比較沒有異味，因此在家庭中較適合使用。

### 2.3.3 支撐

在快速成型時用以支撐半成品的部分，譬如 1 個陀螺若是以一般底部朝下的方式列印，將無法印出或是印出品質不佳（斜邊部分相當於列印在空氣中，沒有地方附著）。此時可在切層軟體中設定支撐，就像是蓋房子的鷹架一樣，支撐物件結構，等到列印完成時即可移除，如圖 5 所示。在快速成型技術中，FDM、DLP、SLA 都需要支撐結構。

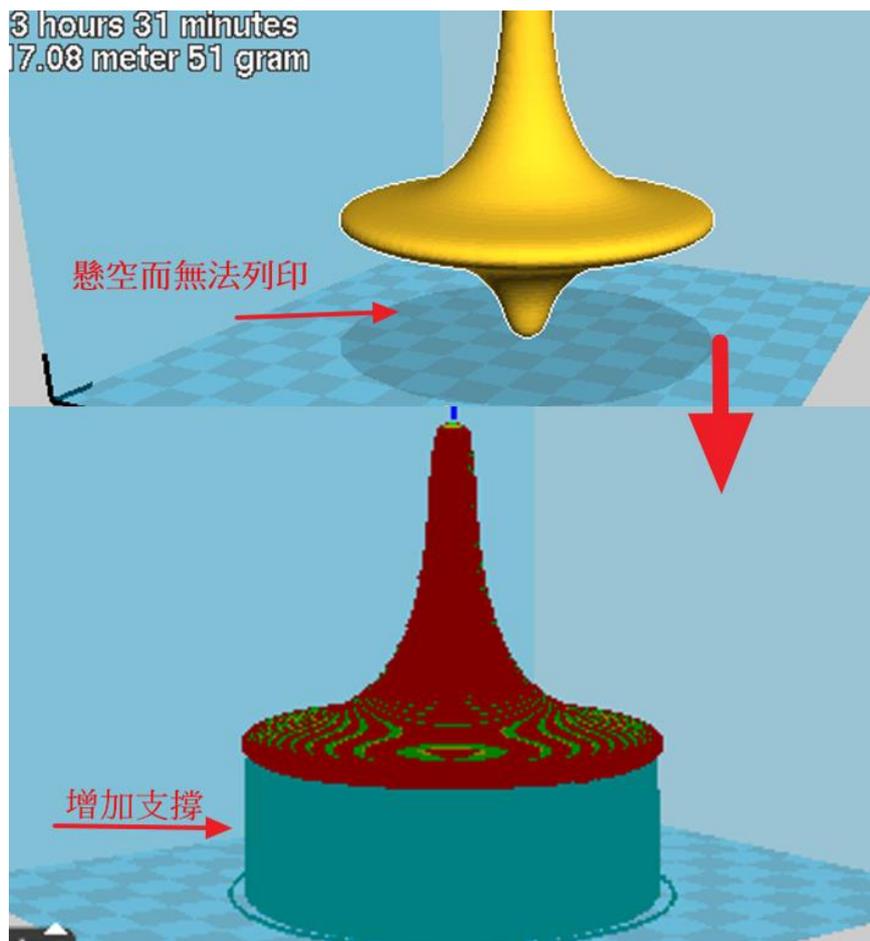


圖 5：增加支撐

## 第三章 魚菜共生主題課程

### 3.1 魚菜共生主題教學教案設計

本研究由魚菜共生主題教學開始，以大六教學法為主，配合學校自然、資訊及語文課程設計教案內容，魚菜共生主題教學教案(如表 4 所示)。

表 4 魚菜共生主題教學教案

一、設計者	高志賢
二、服務學校	南投縣僑光國民小學
三、主要領域	自然
四、統整領域	資訊、語文
五、單元名稱	魚菜共生主題教學
六、適用年級	六年級
七、行動載具 作業系統	Android 系統
八、能力指標	<p>1-3-1-1 能依規劃的實驗步驟來執行操作。</p> <p>1-3-5-4 願意與同儕相互溝通，共享活動的樂趣。</p> <p>1-3-5-5 傾聽別人的報告，並做適當的回應。</p> <p>2-3-3-1 認識物質的性質，探討光、溫度、和空氣對物質性質變化的影響。</p> <p>2-3-5-1 知道熱由高溫往低溫傳播，傳播的方式有傳導、對流、輻射。傳播時會因材料、空間形狀而不同。此一知識可應用於保溫或散熱上。</p> <p>4-2-2-1 體會個人生活和科技的互動關係。</p> <p>4-3-1-2 瞭解機具、材料、能源。</p> <p>4-3-2-4 認識國內、外的科技發明與創新。</p> <p>6-3-3-1 能規畫、組織探討的活動。</p> <p>6-3-2-3 面對問題時，能做多方思考，提出解決方法。</p> <p>7-3-0-4 察覺許多巧妙的工具常是簡單科學原理的應用。</p> <p>〈環境教育議題〉</p> <p>5-3-2 執行日常生活中進行對環境友善的行動。</p> <p>5-3-3 主動參與學校社團和社區的環境保護相關活動。</p> <p>9-3-1 能依自己所觀察到的現象說出來。</p>

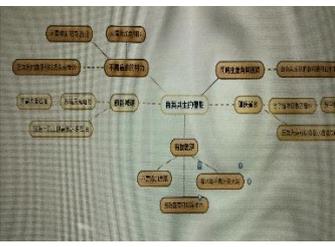
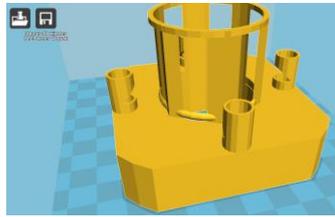
	9-3-4 列舉全球面臨與關心的能源課題，並提出問題解決的途徑。		
九、關鍵能力	團隊合作能力、問題解決、溝通分享能力、獨立思辨能力、創造力		
十、行動學習教學策略	<input checked="" type="checkbox"/> 圖形輔助策略 <input type="checkbox"/> 測驗輔助策略 <input checked="" type="checkbox"/> 同儕互評策略 <input type="checkbox"/> 遊戲學習策略 <input checked="" type="checkbox"/> 即時回饋策略 <input type="checkbox"/> 線上互動討論策略 <input checked="" type="checkbox"/> 報發表策略 <input type="checkbox"/> 動畫輔助策略 <input checked="" type="checkbox"/> 資料蒐集策略 <input checked="" type="checkbox"/> 影片教學策略 <input type="checkbox"/> 其他_____ (請填寫)		
十一、行動學習教學方法	<input type="checkbox"/> 數位說故事學習法 <input checked="" type="checkbox"/> 網路探究學習法 <input type="checkbox"/> 問題導向學習法 <input type="checkbox"/> 探究式教學法 <input checked="" type="checkbox"/> 專題導向學習法 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>BIG6 IA<sup>+</sup>+MAPS 教學法</u>		
種類	教學設計與流程	使用軟體、數位資源	行動載具使用情境
一、課前備課	1.教師到教育雲之「教育大市集」找尋關於心智圖、水耕植物、魚菜共生等相關資料。 2.教師先進行心智圖的教學，指導學生如何將資訊轉化為簡潔的心智圖。 畫心智圖 <a href="https://market.cloud.edu.tw/resources/web/509143">https://market.cloud.edu.tw/resources/web/509143</a> freemind 教學 <a href="https://market.cloud.edu.tw/resources/web/566139">https://market.cloud.edu.tw/resources/web/566139</a> 什麼是魚菜共生 <a href="http://www.techbang.com/posts/22609-aquaponics">http://www.techbang.com/posts/22609-aquaponics</a> 魚菜共生維基 <a href="https://zh.wikipedia.org/wiki/魚菜共生">https://zh.wikipedia.org/wiki/魚菜共生</a>	教育雲 ppt 簡報	準備 28 台平板
二、引起動機 BIG6 1.定義問題 <b>獨立思辨</b>	<b>定義問題-教師揭示任務：查尋魚菜共生的相關資料資料，並能轉化為心智圖，再依此來撰寫導覽腳本。</b> 1. 魚菜共生的原理為何？ 2. 魚菜共生的優缺點？ 3. 依學校目前環境，該如何發展魚菜共生？	ppt 簡報 Quick Mark	教師利用 QR CODD 揭示問題

<p>三、教學過程 BIG6 2.尋求策略</p> <p>溝通 團隊 合作 能力</p>	<p><b>尋求策略-與學生討論尋找策略的方法</b> 請學生討論資訊來源與方法，圖書館、網際網路、專家都是很好的資源。由於我們有行動載具，因此初步是以搜尋網際網路的資料為主，再以圖書館收集資料、拜訪專家尋求其意見為輔。</p>	<p>平板記事軟體</p>	<p>利用載具記事</p>
<p>BIG6 3.找出資訊</p> <p>獨立 思辨</p>	<p><b>找出資訊-教師將學生適當分組，進行資訊搜尋策略。</b> 教師向學生介紹教育雲-教育大市集、維基百科，請學生從中查尋魚菜共生的相關資料，如果找不到的話，可至Google搜尋引擎以關鍵字來尋找。並將收集到的資料分類儲存，方便後續應用。</p>	<p>1.教育雲-教育大市集、維基百科 2.緯創行動載具Google chrome</p>	<p>請學生利用行動載具至教育大市集或GOOGLE尋求相關資訊。</p>
<p>四、形成性評量 BIG6 4.使用資訊 使用A+ 閱讀理解策略</p> <p>獨立 思辨</p>	<p><b>使用資訊-學生利用閱讀理解策略將資料轉化。</b> 1. 學生利用閱讀理解策略的能力，心智圖(mind mapping)、大意摘要(Abstract)等能力，獲得資訊、解讀資訊並進行資料分類並擷取關鍵字，來製作心智圖。 2. 完成心智圖之後，進行同儕互評，老師進行回饋，讓學生能夠精益求精。</p>	<p>1.學習單或圖畫紙 2.緯創行動載具以及管理平台 3.心智圖 Simple Mind 4.非常好色</p>	<p>運用行動載具記錄學生學習過程-心智圖</p>
<p>五、總結性評量 BIG6 5.整合資訊</p> <p>創造力 溝通 能力</p>	<p><b>整合資訊-進行體驗活動並且各組報告所查尋得來的資料內容</b> <b>體驗活動-進行田野觀察活動與魚菜共生農場參訪活動</b> 1. 觀察校園周遭農田耕作情形，並訪問當地農夫，記錄農夫耕作過程。 2. 探訪魚菜共生農場，訪問農場主人，紀錄進行魚菜共生的緣由及耕作過程。 3. 請學生收集相關資料並進行拍照以及錄影。 4. 探訪校園，並決定以何種方式進行魚菜共生。 <b>整合資訊、尋找解決方式</b> 1. 各組將搜尋出來整理的報告內容進行組內分享，小組長執行組內的任務的統整與分配。</p>	<p>1.緯創行動載具以及IRS課程管理平台 2.兒童塗鴉APP 3.XMIND</p>	<p>運用行動載具進行鏡射分享</p>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. 各組將整合的資訊內容進行分組報告。</li> <li>3. 學生對各組進行分享、評論與建議。</li> <li>4. 學生將各組報告彙整，並討論該如何進行魚菜共生。</li> <li>5. 學生決定場所及進行魚菜共生的方式。</li> </ol>		
<b>BIG6</b> <b>6.學習評價</b> 創造力 溝通能力 團隊合作 能力	<b>評價與修正-教師各組報告的內容進行評價與修正，修正完畢進行魚菜共生實作。</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 教師與學生共同修正魚菜共生方案，確定場所及種植方式。</li> <li>2.學生開始製作魚菜共生的相關器材。</li> <li>3.學生以 3D 繪圖軟體-TinkerCAD 進行繪圖，並利用 3D 印表機將產品印出。</li> <li>4.實際進行魚菜共生活動，觀察及記錄。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.XMIND</li> <li>2.GOOGLE BLOG</li> <li>3.TinkerCAD</li> <li>4.Cura</li> <li>5.3D 印表機</li> </ol>	以 3D 印表機製作相關器材
<b>六、其他體驗活動</b>	<b>進行田野觀察體驗活動統整於「BIG6 5.整合資訊」當中</b>		

魚菜共生主題教學的過程，依照大六教學法的步驟進行，由教師和學生先定義問題，再尋求解決策略，並找出可用資訊，利用心智圖歸納整理，整合所有資訊並上台分享學生的設計理念解決方式。將學生設計以 TinkerCAD 繪製，利用 Cura 切片軟體進行切片，並以 3D 印表機印出實際物品，最後進行魚菜共生實作，以確認成果作為最後評價，整個過程如表 5 所示。

表 5 魚菜共生主題教學活動歷程說明

		
<p><b>BIG6-1 定義問題</b> 教師利用 QR CORD 揭示問題。</p>	<p><b>BIG6-2 尋求策略</b> 學生小組討論並將尋找資料的方式列出優先順序</p>	<p><b>BIG6-3 找出資訊</b> 教師將學生適當分組，進行實際資訊搜尋策略</p>
		
<p><b>BIG6-4 使用資訊</b> 閱讀資訊與摘要資訊，進行心智圖製作</p>	<p><b>BIG6-5 整合資訊</b> 上台分享並說明設計理念</p>	<p><b>3D 印表機教學</b> 以 TinkerCAD 繪製設計圖</p>
		
<p><b>3D 印表機教學</b> 利用 Cura 切片軟體進行切片</p>	<p><b>3D 印表機教學</b> 利用 3D 印表機列印學生作品</p>	<p><b>BIG6-6 學習評價</b> 實際進行魚菜共生活動，進行最後評價</p>

### 3.2 3D 繪圖軟體 TinkerCAD

要能使用 3D 印表機印出自己設計的成品則需要先學會 3D 繪圖軟體。本研究使用 Tinkercad 線上 3D 繪圖軟體。Tinkercad 是屬於 Autodesk 的雲端 3D 軟體服務項目之一，是目前最簡單易學的 3D 繪圖軟體之一，就算是完全沒有使用過的學生，也能快速上手。Tinkercad 是一套線上軟體，學生只要打開瀏覽器即可直接使用，因此學生不論在學校或是在家，都能夠輕鬆地使用 Tinkercad。因教學對

象為國小學童，因此選擇簡單易學的 Tinkercad[22]。

進入 Tinkercad 網站後，點右上的 Sign up 鈕，再輸入一些個人的基本資料就可完成註冊，如圖 6 所示。

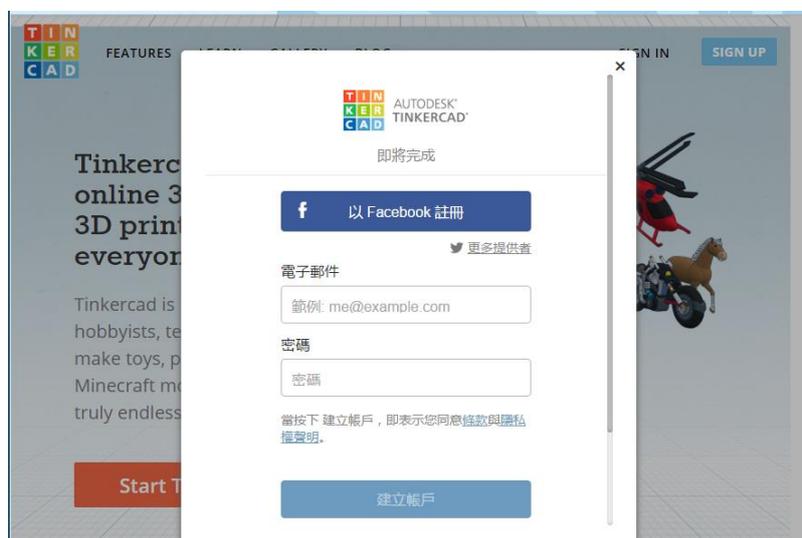


圖 6：Tinkercad 註冊畫面

完成註冊後，就可開始使用了，接著就會出現官方的教學範例，如圖 7 所示，學生可以藉由教學範例先熟悉軟體的使用方式。

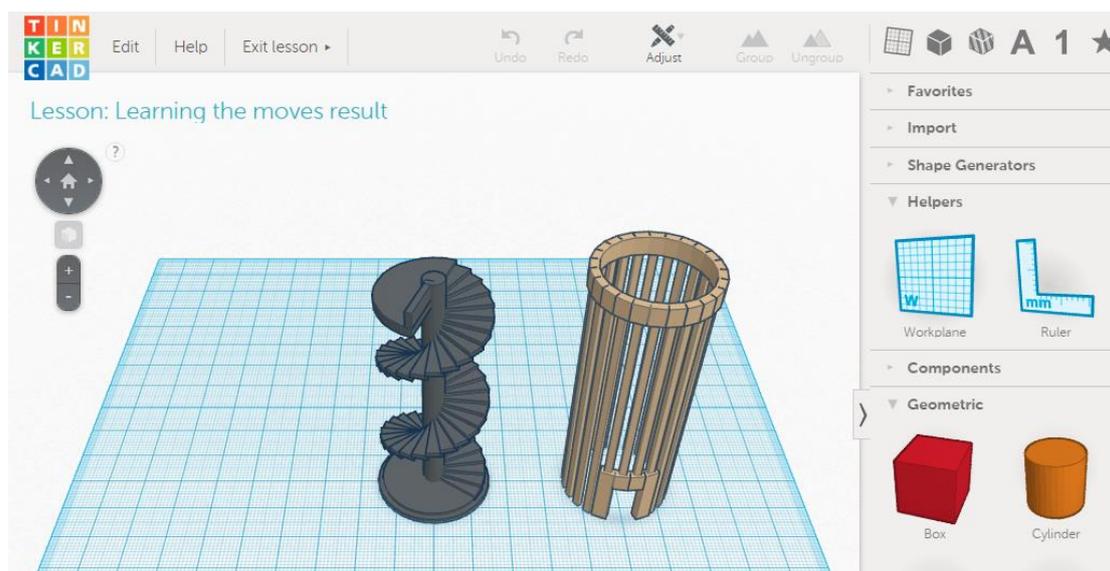


圖 7：Tinkercad 官方的教學範例

Tinkercad 畫面很平易近人，沒有一般 3D 軟體密密碼碼的框線與圖示，而畫面就一分為二，左邊是工作區域，右邊有是現成的 3D 物件模組，接著按住右邊的物件，就可將物件拖拉到工作區中，再將尺規拖拉到工作區，便可知道物件的尺寸大小，如圖 8 所示。

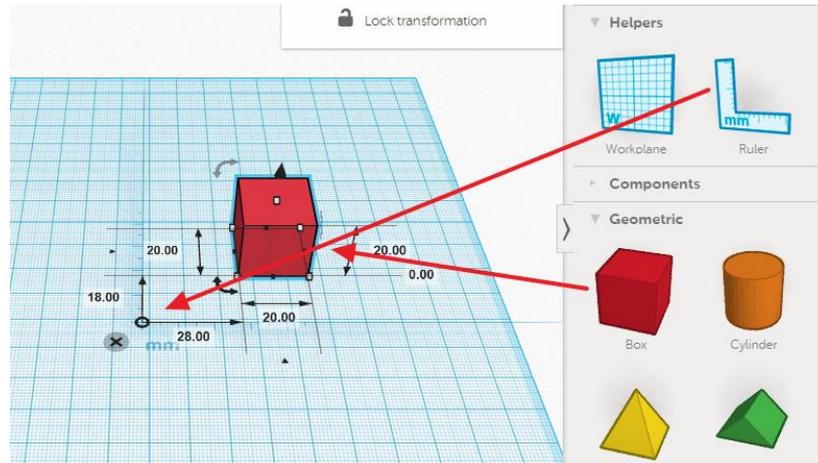


圖 8：Tinkercad 的使用介面

再利用多個物件 Group 的功能，可以對物件做組合、切除的動作，以達到學生要的圖形，如圖 9 所示。

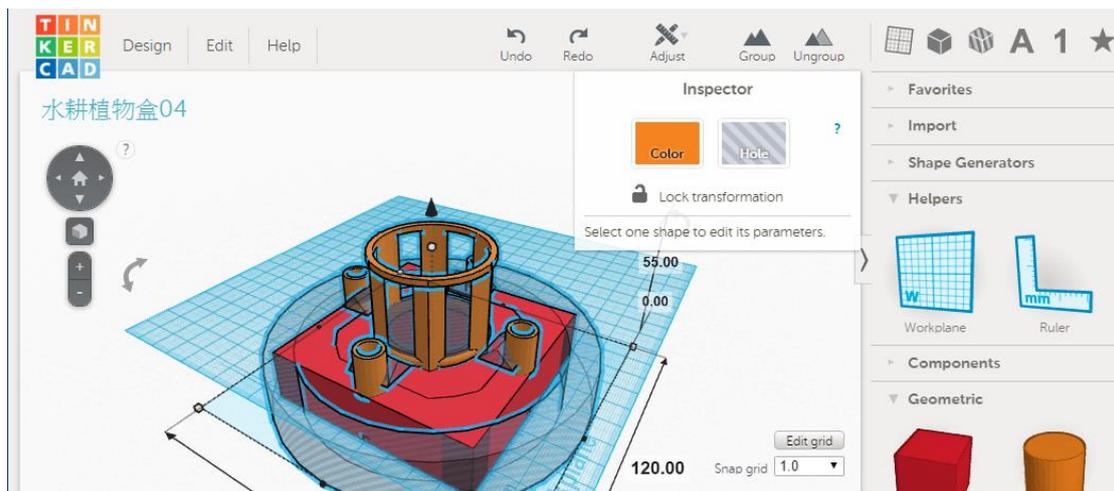


圖 9：Tinkercad Group 的使用

將繪製好的 3D 圖形，下載成 .STL 的檔案，如圖 10 所示，便可以將 .STL 的檔案交給 Cura 切片軟體進行切片，然後進行列印工作。

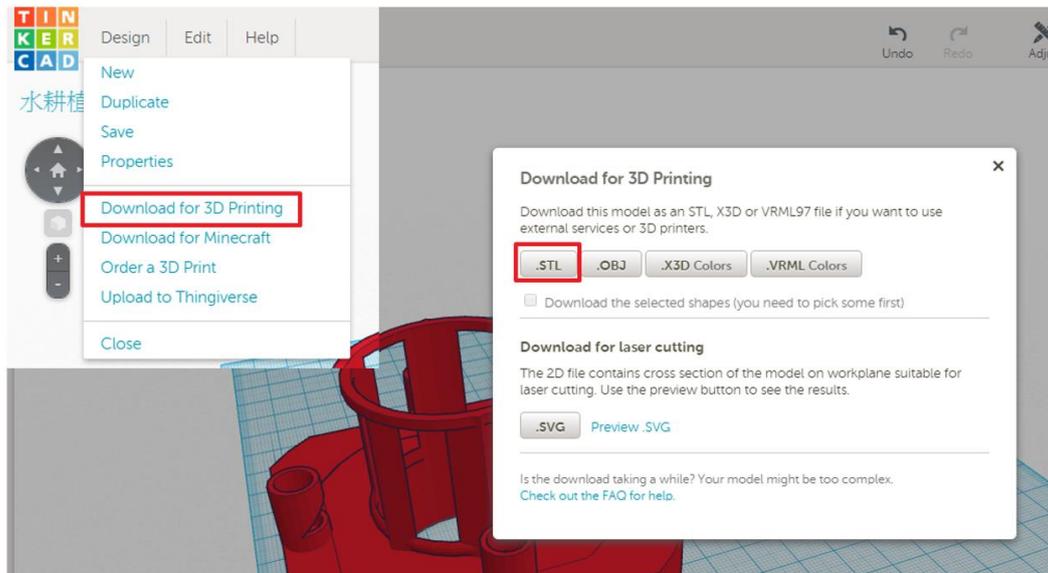


圖 10：3D 圖檔下載成.STL 的檔案

藉由如此簡便的使用介面，學生可以輕鬆繪製出想要的 3D 圖形，並實際進行 3D 列印。

### 3.3 3D 印表機切片軟體 CURA

設計好的 3D 圖形是無法讓 3D 印表機直接列印，需經過切片軟體，將 3D 圖形轉換成 G-code，才能讓 3D 印表機列印。本研究選擇 Cura 切片軟體，因 Cura 介面簡單，適合小學生學習使用。

Cura 是 Ultimaker 公司設計的 3D 列印軟體，可以先將以繪製好的 3D 圖檔轉成 .SLT，再經由 Cura 轉換成 G-code。G-Code 為一種指令，將路徑訊息數位化後，送至 3D 印表機，由 3D 印表機的控制器送出命令來驅動 XYZ 軸的步進馬達及擠料馬達，開始列印。Cura 它包含了基本 3D 列印需要的功能，有模型切片以及印表機控制兩大部分[25]。

目前 Cura 可以免費下載使用，而且也可以控制 REPRAP 系列的列表機。其相關設定介面(如圖 11 所示)及解說如下：

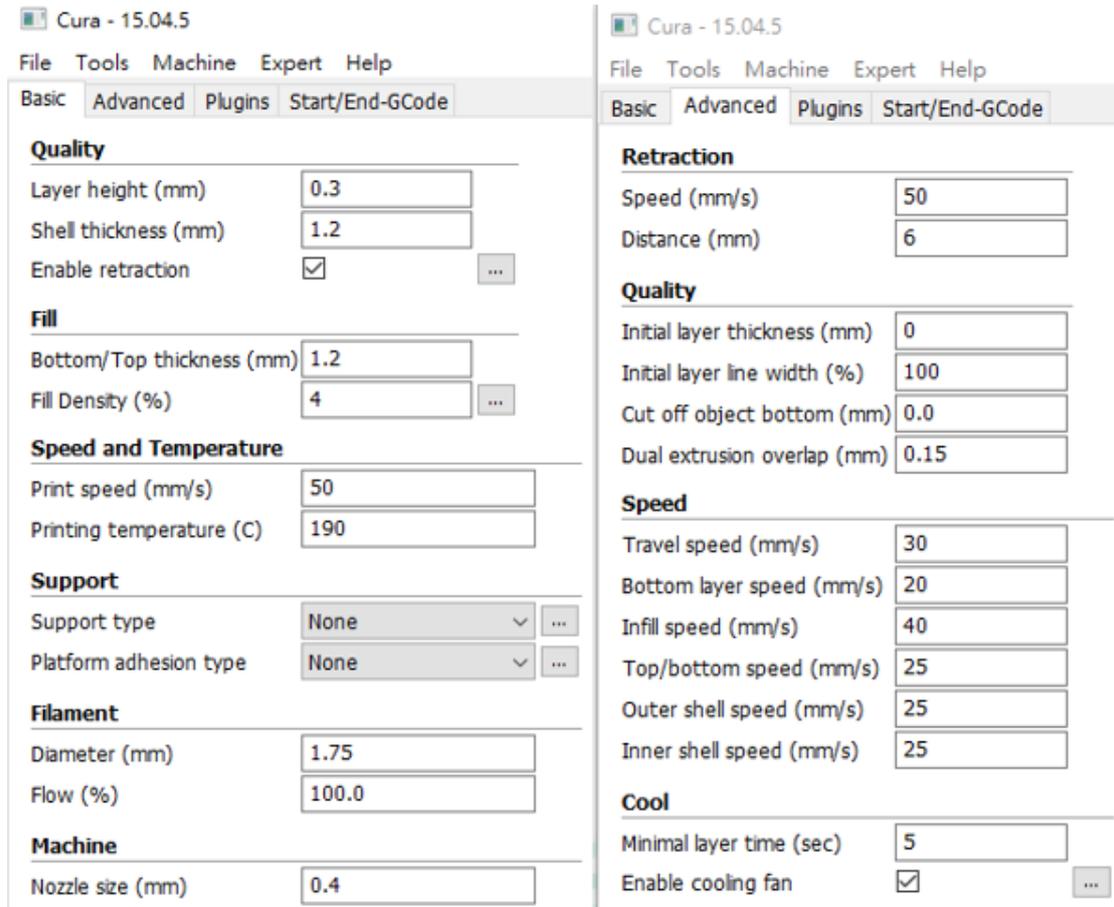


圖 11：Cura 基本設定

基本設定介紹：

Quality：品質

Layerheight(mm)：層高，每次堆疊時Z軸的高度

Shellthickness(mm)：側面殼厚

Enableretracton：啟動倒抽(防止牽絲)

Fill：內部填充

Bottom/Topthickness(mm)：封頂/封底殼層厚度

FillDensity(%)：內部填充百分比

Speed and Temperature -> 列印速度/溫度

print speed (mm/s) : 列印時噴頭移動的速度

Printing temperature (°C) : 加熱頭溫度，會因材料的不同會有不同的操作溫度。

PLA 操作溫度約在 190 °C ~ 210 °C ; ABS 則是在 220 °C ~ 240 °C 之間。

Support : 支撐

Support Type : 支撐型態

-None : 不使用支撐

-Touching build plate : 僅支撐底面，大多使用於底面積大的物件，避免底部翹曲所使用。

-Everywhere : 所有斜側面都產生支撐，由於部分物件會有懸空列印的狀況產生，因此要開啟此選項作為橋接

Platform adhesion type : 最底層與工作臺黏合的型態

-None : 直接黏合

-Brim : 產生延伸的邊緣

-Raft : 產生棧板

Filament : 塑膠線材

Diameter (mm) : 線材直徑。市面上販售為 1.75mm 與 3.00mm 為主。

Flow (%) : 擠出量微調。由於線材為抽拉或是擠壓製造，會在成再現材直徑上面有誤差，因此需要微量調整。

Machine：機器相關設定

Nozzlesize(mm)：擠出頭孔徑目前市售機器為 0.4mm 與 0.3mm 為主

Retraction：塑料倒抽設定(防牽絲設定)。回抽速度過快或距離過長或造成斷料，但是回抽速度太慢或過短則是效果不佳。

Speed(mm/s)：倒抽速度，建議設 10mm/s

Distance(mm)：倒抽長度，建議設 1.5mm

Quality：列印品質設定

Initiallayerthickness(mm)：模型第一層得層厚。稍微厚一點的底層可以容許平台上的凹凸不平。但是建議不要超過擠出頭孔徑的 3/4。

Cutoffobjectbottom(mm)：讓模型最低點低於平台，犧牲印不出來的部分，換取較大的平台接觸面積。如果模型接觸列印台的面積太小，才需要考慮使用這個功能。

Dualextrusionoverlap(mm)：如果是雙擠出頭的機器，兩種材料接合處增加一些些重複的擠出量。

Speed：列印速度

Travelspeed(mm/s)：空跑沒擠料時，擠出頭移動的速度。在不會發生失步的前提下，越快越好。

Bottomlayerspeed(mm/s)：底層列印速度。最底層與列印台接觸的地方，慢慢印有助於印出完整而且穩固的底層，對於列印翹邊的問題有些幫助。建議設定在 20~30(mm/s)之間。

Infillspeed(mm/s)：內部填充時的列印速度。內部填充稍微印差一些，不會

影響整體外觀，所以可以稍微印快一些。設 0 代表跟 Basic 裡面設定的列印速度用相同的值。

Cool：自動降溫

Minimallayertime(sec)：當列印該層所需要的時間，低於這個設定，就會減慢列印速度，拖長列印時間，以免工件來不及散熱就要承受更高層材料的重量，而產生變型。

EnableCoolingfan：啟動降溫風扇的功能。

### 3.4 3D 列印材料的選擇

3D 列印的材料我們選擇對環境相對友善的 PLA，製作 PLA 的主要原料來至於玉米、甜菜、小麥、甘薯等澱粉或醣份等經過發酵、去水、聚合等過程製造而成，無毒性。在生產過程中並不會產生污染，而且原料為生物降解材料，實現在自然界中的循環，因此 PLA 是一種理想的綠色高分子材料。

為了環境永續，依此實驗用的材料也選擇和綠色材料，也希望藉此教育下一代，更加友善對待我們的地球。

#### 3.5.1 什麼是 PLA

聚乳酸（英語：Polylactic Acid 或 Polylactide，縮寫：PLA），是一種熱塑性脂肪族聚酯。生產聚乳酸所需的乳酸和丙交酯可以通過可再生資源發酵、脫水、純化後得到，所得的聚乳酸一般具有良好的機械和加工性能，而聚乳酸產品廢棄後又可以通過各種方式快速降解，因此聚乳酸被認為是一種具備良好的使用性能的綠色塑料[26]。

### 3.5.2 PLA 的應用

聚乳酸已經廣泛應用在生物醫學工程上，用作手術縫合線、骨釘和骨板等。使用聚乳酸做的手術線無需拆線，可以緩慢水解為乳酸被身體代謝掉。一般的降解時間需要半年到兩年。骨板的理想要求是能夠逐漸降解，使骨頭能夠一步步承受起逐漸增加的應力，而聚乳酸的逐漸降解的性質非常適合製作骨板。不足之處是純乳酸降解時的機械強度性質下降太快，所以一般需要加入纖維形成有較高強度的複合材料。

聚乳酸的應用現在已經超出醫學的範圍，廣泛應用於一些常見的物品，如：包裝袋、農作物用薄膜、紡織纖維和杯子。聚乳酸所制的包裝材料起初造價較高，但如今已經成為最常見的包裝材料之一。通過擠出、注塑和拉伸等加工處理，聚乳酸可以製成纖維和薄膜。聚乳酸薄膜的透水透氣性都比聚苯乙烯薄膜要低。由於水和氣體分子是通過聚合物的無定形區擴散的，所以可以通過調節聚乳酸的結晶度來調節聚乳酸薄膜的透水透氣性。

聚乳酸的玻璃化轉變溫度較低，可以用於形狀記憶聚合物的研究上其低玻璃化轉變溫度也被用於 RepRap 和 Makerbot 等 3D 印表機的研究，作為產品的進料材料也是塑造臉部輪廓的產品的主要組成部分。加入 D-乳酸之後所生產的抗熱聚乳酸可以用於微波爐加熱用器皿、盛放熱液體的容器甚至工程材料[27]。

### 3.5.3 PLA 的回收

聚乳酸的塑膠分類標誌是 7。廢棄的聚乳酸產品有多種廢棄物處理方式，如自然分解、堆肥、焚化處理。由於聚乳酸的分解溫度較低（約為 230-260°C，與結晶度有關），乳酸焚化產生的熱量較傳統塑膠低，產生的氣體主要為一氧化碳、二氧化碳、乙醛等。聚乳酸主要降解形式是水解，可以和熱降解同時進行，水解速率同樣和結晶度有很大關係。聚乳酸水解生成的羧酸會催化其進一步的水解，

即自催化效應。通過和別的聚合物共混或共聚可以提高聚乳酸的使用性能，但同時也降低了其優良的降解性[28]。

聚乳酸不容易被微生物攻擊而降解，也不像其他的聚酯一樣容易在酶的作用下降解，但仍有一些酶比如鏈酶蛋白酶和菠蘿蛋白酶可以促進其降解。伽馬射線和電子束也會使聚乳酸鏈上產生自由基，從而造成輻射降解。輻射降解的效率和聚乳酸的殘餘端基有關，對於帶芳香環的聚乳酸共聚物，輻射降解的效率也會提高。

## 第四章 建立 3D 印表機教學模式

為了能讓 3D 印表機可以融入教學現場，讓學生學會如何設計及如何使用 3D 印表機是非常重要的。本研究透過教學現場實際觀察並記錄，整理出一套教學模式，讓老師可以藉由此教學模式讓學生輕鬆學會如何使用 3D 印表機。

### 4.1 試印

在試印的過程中主要是要讓學生學會如何將 3D 物件檔案以 3D 印表機列印出來。學生必須下載別人分享的 3D 物件，並利用切片軟體將檔案轉換成 3D 印表機才看得懂的 G-code 檔案，3D 印表機再將 G-code 中的指令一一完成列印工作，如圖 12 所示。



圖 12：試印的教學流程及目標

目前有許多網站可供學生下載別人分享的 3D 物件成品，如 Thingivers、Autodesk 123D、SketchUp 3D Warehouse、打印啦等網站，學生可以自行搜尋喜愛的 3D 物件，下載後進行列印。

在列印的過程中學生必須學會 Cura 切片軟體的使用、了解 3D 印表機的設定、熟悉 3D 印表機的操作並知道 3D 印表機的限制(如圖 13 所示)，學生才能利用 3D 印表機印出作品。



圖 13：學生使用 3D 印表機及展示列印成品

## 4.2 設計

要能使用 3D 印表機印出自己設計的成品則需要先學會 3D 繪圖軟體。本研究使用 Tinkercad 線上 3D 繪圖軟體，Tinkercad 是屬於 Autodesk 的雲端 3D 軟體服務項目之一，是目前最簡單易學的 3D 繪圖軟體之一，就算是完全沒有使用過的朋友，也能快速上手。Tinkercad 是一套線上軟體，學生只要打開瀏覽器即可直接使用，因此學生不論在學校或是在家，都能夠輕鬆地使用 Tinkercad。因教學對象為國小學童，因此選擇簡單易學的 Tinkercad 錯誤! 找不到參照來源。]。

因此在 Tinkercad 的教學上，教會學生如何註冊登入 Tinkercad 的網頁，並學會尺規的應用以及 3D 物件的加減方法，學生便可輕鬆的使用 Tinkercad 來繪製自己的 3D 圖形(如圖 14 所示)。



圖 14：Tinkercad 的教學現場

在設計這個階段主要讓學生學會如何使用 3D 繪圖軟體，一開始使用 Tinkercad 並不用限制學生設計方向，讓學生自由設計，並將成品列印出來(如圖 15 所示)，在整個設計及列印的過程中，學生須熟悉 3D 繪圖軟體 Tinkercad 的

操作，並了解 3D 繪圖的限制及注意事項。例如在真實環境中，物品不可能懸空，必須有所支撐；3D 繪圖是三度空間的繪圖，不是平面繪圖，繪圖時必須每個角度都考慮進去(如圖 16 所示)。

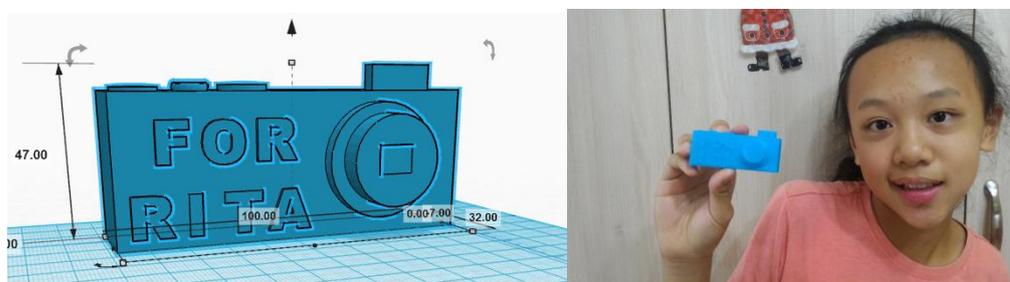


圖 15：學生自行設計及列印

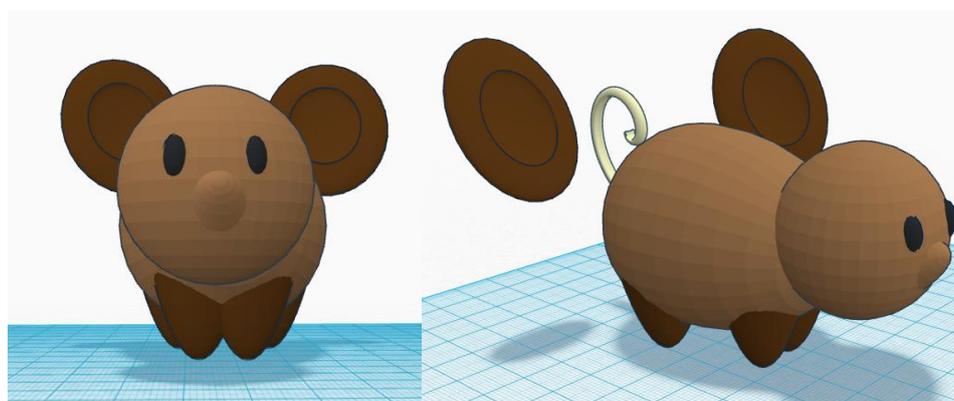


圖 16：3D 繪圖時需要考慮各個角度

### 4.3 實際運用

當學生已經熟悉 3D 印表機的操作以及 3D 繪圖軟體的使用，接下來便要給于學生實際任務，並加以完成。當學生為了某項目的，進而以 3D 繪圖設計開發，然後印出成品，並可實際運用，整個過程便是將學生的想法具體化，為了可以實際運用，學生須考慮的面向更多了，如物品的尺寸、列印時是否需要支撐、繪圖時立體空間的合理性，都是學生考量的重點。更重要的是當列印的物品無法實際使用時，學生必須能夠從設計上修正自己的錯誤，藉此反覆驗證，以達到要求(如圖 17 所示)。



圖 17：藉由反覆驗證達到實際要求

#### 4.4 3D 印表機的教學模式

藉由以上實際的教學操作，我們建立出一套 3D 印表機的教學模式，由試印、設計到實際運用，每一步驟都有學生該習得的能力，藉由這些能力的累積，學生可以按部就班學會如何設計及使用 3D 印表機(如表 6 所示)。

表 6 3D 印表機的教學模式

教學進程	教學內容	學習的能力
1. 試印	列印別人設計好的物件	下載別人分享的成品，進行列印。 學習 Cura 切片軟體。 熟悉 3D 印表機的操作。 了解 3D 印表機的限制。
2. 設計	列印自己設計好的物件	依自己想法設計，並加以列印。 熟悉 3D 繪圖軟體 TinkerCAD。 了解設計及列印限制。
3. 實際運用	為了某項目的，進而學習設計開發，印出成品，並實際運用	依自己想法設計，功能、尺寸皆需符合實際需求。 遇到問題可以加以修正。

## 第五章 建立 3D 印表機輔助教學常模

本研究透過教學現場實際觀察並記錄，藉此了解 3D 印表機在教學現場如何協助老師進行大六教學法中步驟六學習評價(Evaluation)的過程。在魚菜共生主題教學過程中，學生經由步驟一任務定義、步驟二搜索策略、步驟三搜索資訊、步驟四運用資訊、步驟五整合信息，此時便會對所負責的任務設計出解決方式，進而進入步驟六學習評價。再依學生所提的解決方式，討論如何進行 3D 繪圖並實際以 3D 印表機列印，最後再觀察是否能完成任務。透過此教學模式將建立 3D 印表機如何輔佐教學的常模。

### 5.1 研究過程

在教學現場，學生針對任務經過資料的收集及整合所收集到的資訊，會提出自己的解決方式，並將學生的解決方式進行分析，先行討論在理論上是否可行？如果設計在理論上已有缺陷，則再回頭進行設計討論；若理論上可行，則開始進行實作。實作前先以經驗法則尋找日常生活中是否有相關材料或工具可以使用？若無相關材料工具，或者是相關材料或工具取得困難，則進行 3D 繪圖設計，並利用 3D 印表機印出成品，整個流程如圖 18 所示。

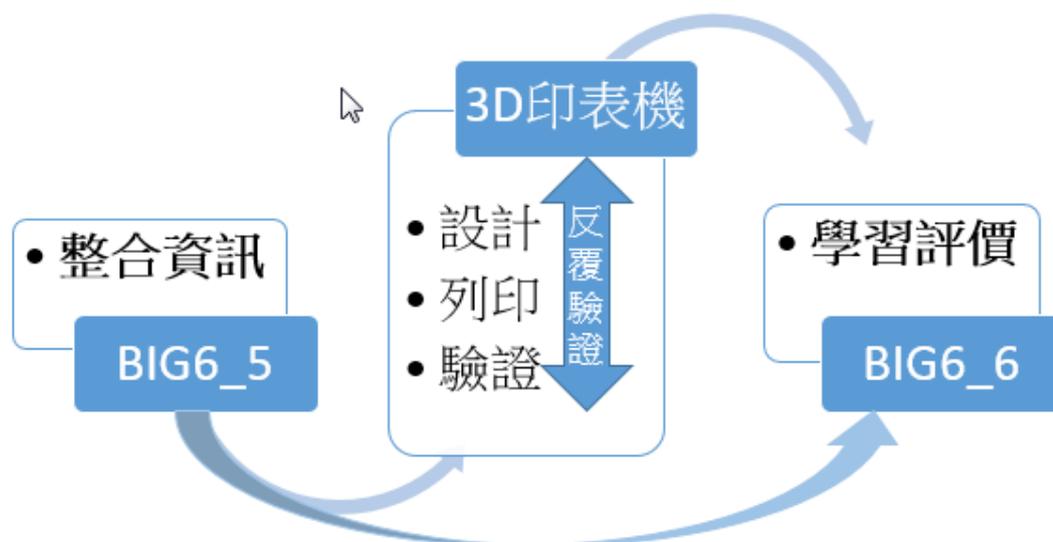


圖 18：3D 印表機輔助教學流程

在魚菜共生主題教學的過程中，產生問題及需求相當的多，進而使用 3D 印表機協助問題解決的有二項：

- (1)魚菜共生系統中，需要讓蔬菜漂浮於水面上，因此設計種植蔬菜的浮島。
- (2)魚菜共生系統中，因為水耕種植，產生的蚊子孳生問題，因此設計出補蚊設備。

本次研究所使用的 3D 列印材料，特別選擇對環境相對友善的 PLA，製作 PLA 的主要原料來至於玉米、甜菜、小麥、甘薯等澱粉或醣份，經過發酵、去水、聚合……過程製造而成，整個製造環保而且無毒。在生產過程中並不會產生污染，而且原料為生物降解材料，實現在自然界中的循環，希望藉此教育下一代，更加友善對待我們的地球。

## 5.2 種植蔬菜的浮島的製作

適合水耕種菜的浮島市面上選擇並不多，一般多使用保麗龍代替，但保麗龍對於自然環境太不友善，在教學過程中決定捨棄保麗龍，改尋找其它對環境相對友善的材質，因此選擇對環境相較為無害的 PLA，來製作種植蔬菜的浮島。

要能在水面上種植蔬菜須符合以下條件：

- 1.能穩定的飄浮在水面上。
- 2.要有一個能承載植物及讓植物成長的空間。
- 3.植物的根需要水分也需要呼吸空氣，因此需要和水面保留一段空間，讓植物的根亦進行能呼吸作用。

### 5.2.1 第一次種植浮島的設計

第一次種植浮島的設計秉持著前一節所提的三項條件，能穩定漂浮、要有植物的成長空間及要讓根部有呼吸的空間，因此設計出一個中空的立方體，中間空心部分為一個直徑 30mm 的圓柱空間，底部放上一個支撐架，可以承載植物亦可讓植物微微脫離水面（如圖 19 所示）。

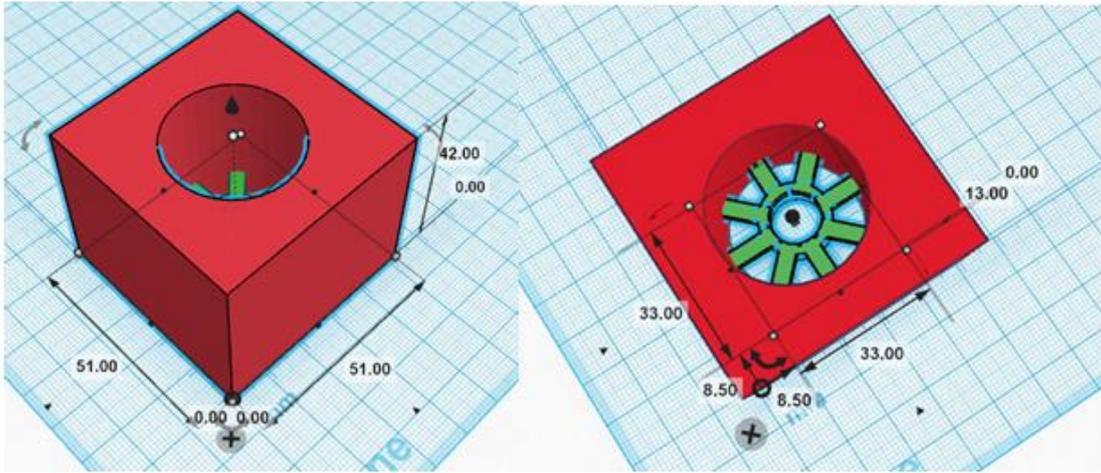


圖 19：第一次種植浮島的設計

實際放入水中，發現浮島歪斜，且吃水過多，實在不適宜當作種菜的浮島。整個物體太重了，必須減重且注意平衡才能達到要求（如圖 20 所示）。

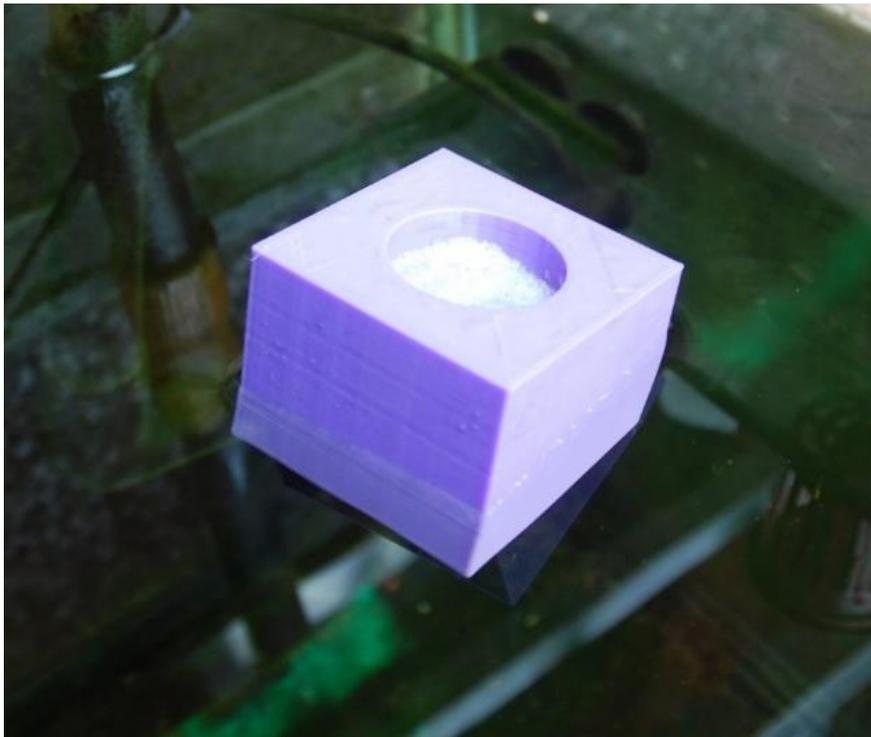


圖 20：浮島實際漂浮狀況

### 5.2.2 第二次種植浮島的設計

依據上一次的缺失，並且參考市面上育苗盆栽的設計，因此有了新的想法和改良方式。為了減輕重量將承載植物的空間，另外獨立出來在浮島之上，如此不僅可以大量減少重量，也可以讓植物的根輕鬆的呼吸到空氣（如圖 21 所示）。

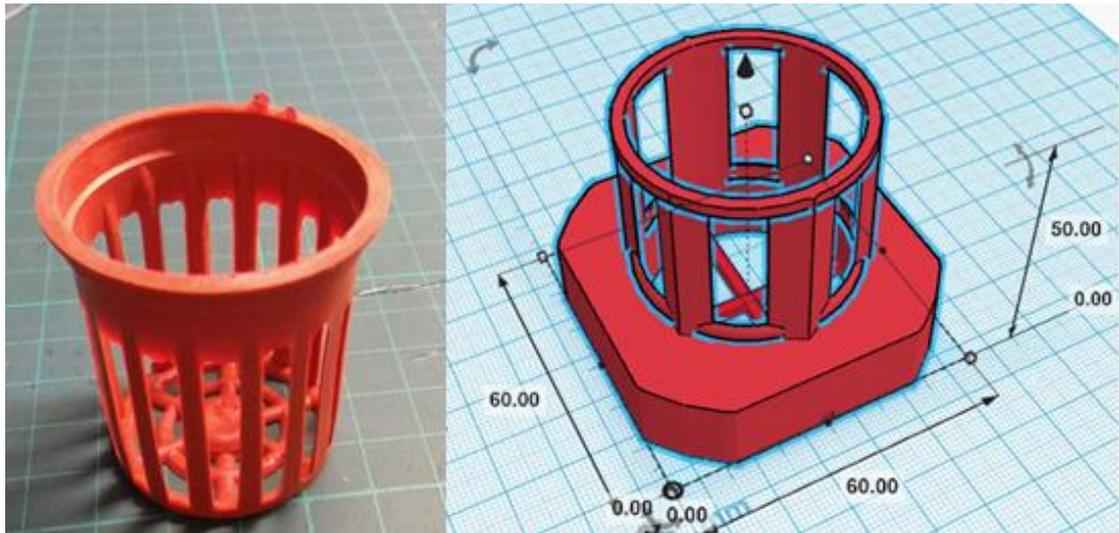


圖 21：參考市售盆栽，重新設計

實際放入水中，單一個浮島漂在水面上仍然不穩，整個漂浮面積過小，浮力不足，水面上左搖右擺的狀況依然嚴重，而且吃水也過深（如圖 22 所示）。



圖 22：單一浮島漂浮狀況

一個浮島無法穩定漂浮，若有多個浮島，以連環船的方式連接再一起，整體的穩定性必可大大提升。於是利用保麗龍膠將四個浮島連接，再度測試。穩定性雖然提升了，但吃水的深度仍然太深，也就是說整體的浮力依然不足，需再增加浮島的浮力（如圖 23 所示）。



圖 23：四個浮島相連

### 5.2.3 第三次種植浮島的設計

本次的設計重點在於增加浮島的浮力以及設計出一個方便浮島和浮島之間可以快速連接的結構。加大漂浮的體積，以增加整體浮力，我們將長寬由原來的60mm增加為80mm，希望能夠提高浮島的浮力。在四邊也增加設計扣環，方便浮島互相連接（如圖24所示）。

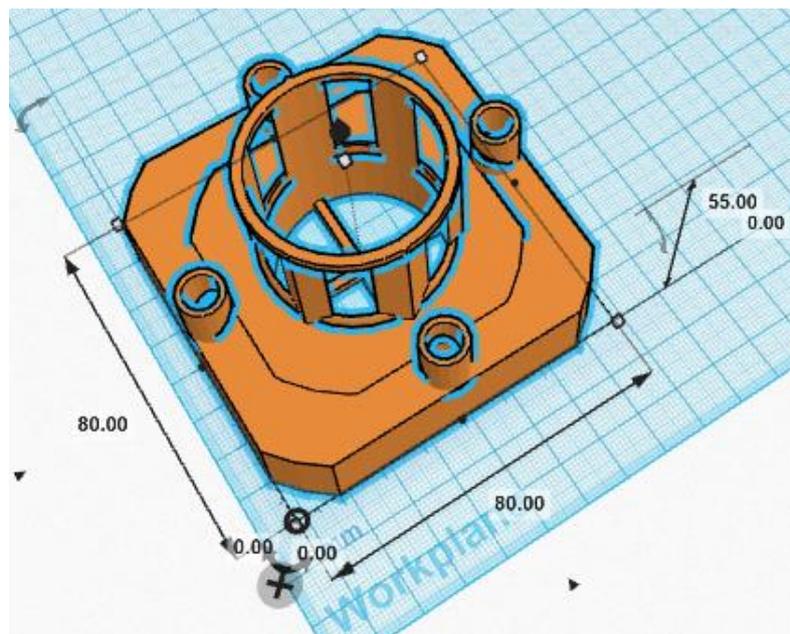


圖 24：增加體積以增加浮島浮力

在設計時也想到，如果沒有扣環，那直接拿條橡皮筋也可以將浮島連接起來，因此設計出一個凹槽，方便網綁橡皮筋（如圖 25 所示）。



圖 25：增加浮島之間的扣環

實際進行魚菜共生—水耕種植，在校園中的生態池實際種下結球萵苣，效果相當好（如圖 26 所示）。



圖 26：實際於浮島種植結球萵苣

### 5.3 捕蚊設備的製作

有水就容易滋生蚊子，尤其在魚菜共生的環境中，水是不可以缺少的重要元素，雖然魚池中有魚，可以協助消滅子子，但大環境中總難免有漏網之魚，因此決定設計出一個捕蚊設備來協助捕捉蚊子。



於是在設計上增加一段支撐，支撐離本體上有 0.5mm 的距離，在成形之後要拆除支撐也可輕鬆拆除（如圖 29 所示）。

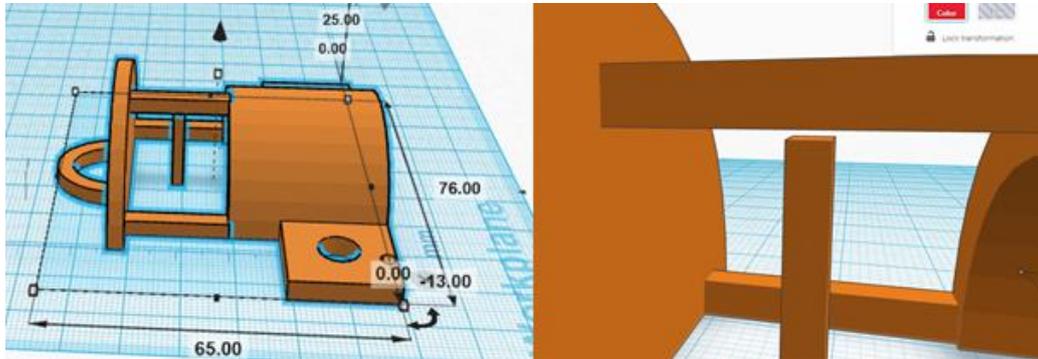


圖 29：增加支撐設計

實驗過程，將成品鎖上寶特瓶，螺絲一鎖，旁邊兩塊鎖螺絲的板子因承受不了壓力，立即斷裂（如圖 30 所示），擔心這種情況會持續發生，討論過後決定更改設計。

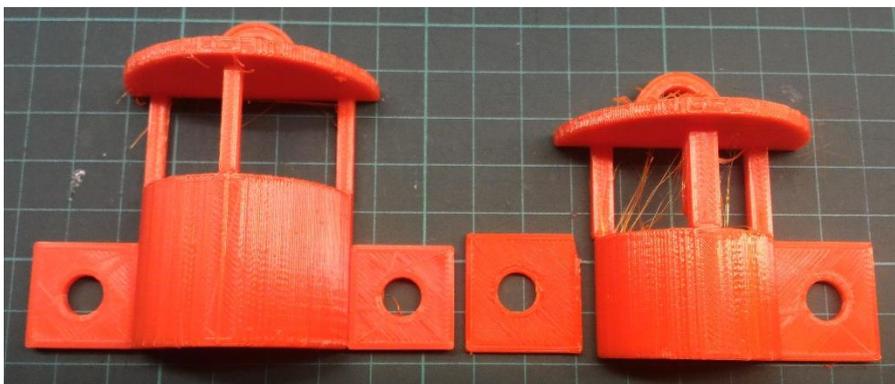


圖 30：板子因承受不了壓力而斷裂

和學生討論後，學生發現用 PLA 材質印出的物品無法承受過大的壓力，於是學生決定更改設計，以避免同樣的情況再度發生，更改後的設計決定去掉脆弱的板子，在側邊多設計一個凹槽，方便束帶直接網綁，以取代原有的螺絲（如圖 31 所示），如此的設計也更加簡潔更加方便。



圖 31：以束帶取代螺絲

將成品放在水池邊，希望能吸引到不少蚊子，也希望能藉此消滅附近蚊子。三天後再來觀察，果然有了成效，也捕捉到不少蚊子（如圖 32 所示）。



圖 32：捕蚊器的成效

#### 5.4 3D 印表機輔助教學常模

本研究利用大六教學法明確的六項步驟，讓學生依循這六個步驟來解決問題，並在步驟五「訊息整合」後加入 3D 印表機，將學生討論的想法利用 3D 印表機來具體呈現，接著進行步驟六「學習評價」（如圖 33 所示），因為已經將學生的想法具體呈現，因此在評價的過程中我們可以明確的看出問題是否真的被解決或者是仍有缺失尚待改進，如此可以讓老師級學生完全理解學習評價後

的結果，排除老師在教學中因看不到結果而無法正確給予學習評價的困擾。

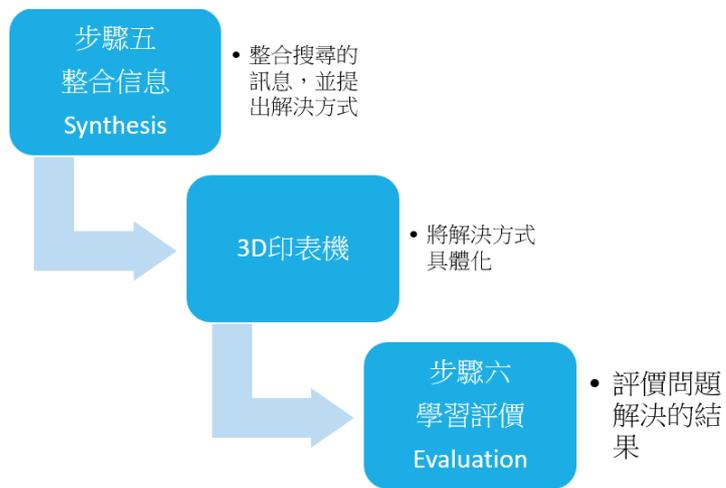


圖 33 : 3D 印表機輔助教學模式

## 第六章 結論與建議

本研究是利用大六教學法來進行魚菜共生主題課程，並讓學生運用 3D 印表機來完成大六教教學法最後兩個步驟，期能藉此培養學生實際解決問題的能力。

在整個教學過程中，研究者一步一步帶領學生完成魚菜共生的主題教學，課程中加入了 3D 印表機的教學。研究中借助 3D 印表機完成課程中種植蔬菜的浮島以及簡易的捕蚊燈，學生因為有了 3D 印表機得以將自己的想法實踐，並在實踐的過程中不斷的改進缺失，證明自己的想法在現實中是可以被運用的，如此的教學方式不緊激發學生的想法並建立學生的自信心，也獲的家長及媒體的肯定(如圖 34 所示)。



圖 34：教學成果榮獲家長及媒體肯定

本章根據研究發現，進而提出結論與建議作為參考。

利用 3D 印表機輔助教學現場，我們發現有以下幾個優勢：

- (1)是以學生為主體的教學方式：老師是將學生的想法藉由 3D 印表機呈現出來，而不是老師設定好的想法。
- (2)學生能發揮主動性：因列印的物品是將學生的想法在現實環境中具體化，學生渴望看到自己的想法被實現，學習也就更積極努力。

(3)學生能完全了解自己的作品：產品是自己構思設計，優缺點在哪裡自己一目了然。

(4)學生能展現解決問題的能力和自信：失敗後根據缺失再改進，各方面的考量一次比一次周詳。

根據本研究我們順利建立一套 3D 印表機的教學模式，藉由試印、設計、運用三個步驟，其中每一個步驟都有學生應學習的能力，讓學生以循序漸進的方式學會如何設計及使用 3D 印表機(如圖 35 所示)。

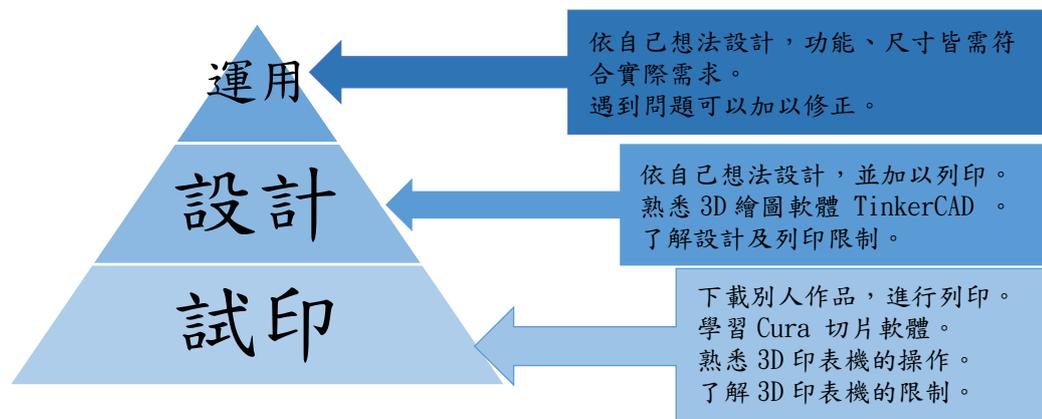


圖 35：3D 印表機的教學模式

根據研究結果我們發現 3D 印表機對於彌補大六教學法中，步驟五整合信息 (Synthesis)到步驟六學習評價 (Evaluation) 的過程中，有具體的物品可以加以評價，甚至可以根據缺失回頭加以改進，讓整個教學法更加完善。如此不只實質提升教學的效果，亦可讓教學結果更趨完整。因此本研究利用大六教學法成功的建立 3D 印表機輔助教學的常模 (如圖 36 所示)，希望此教學常模的建立能協助老師輕鬆的將 3D 印表機融入自己的教學之中。

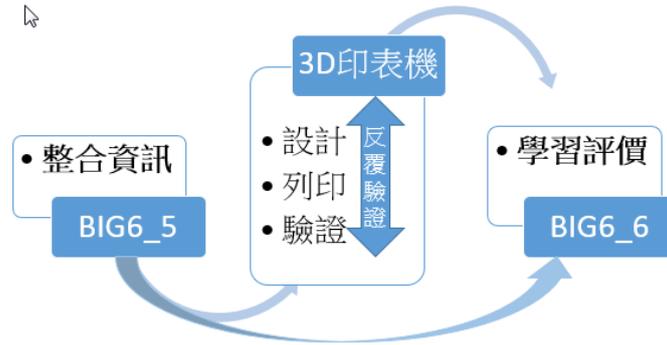


圖 36：3D 印表機輔助教學常模

本研究藉由 3D 印表機來輔助大六教學法，藉由反覆驗證的過程，學生可因解決問題的成就感而增加的信心來提升學習興趣，藉著這種反覆性的正增強學習，讓學習的興趣一直延續下去。由研究過程的知，當步驟六學習評價 (Evaluation) 不如預期時，學生可能回到步驟五統整資訊(synthesis)重新整理訊息，可能回到步驟四運用資訊(use of information)，可能回到步驟三找出資訊(location and access)重新查找資料，可能回到步驟二搜尋策略(information seeking strategies)重新考量資料的來源，也可能回到步驟一任務定義(task definition)必須重新定義任務。為了完成任務，學生必須反覆進行大六教學法的六項步驟，其中若無 3D 印表機融入教學，一部分的學習評價將無法順利進行，學生也就失去重新思考及驗證的機會。因此本研究也建立出 3D 列印輔助大六教學的程序(如圖 37 所示)，大六教學法需驗證問題解決方案的結果，本實驗利用 3D 列印輸出實物來驗證結果，學生為了修正結果而重新進行各項步驟，以達到教學的目的。

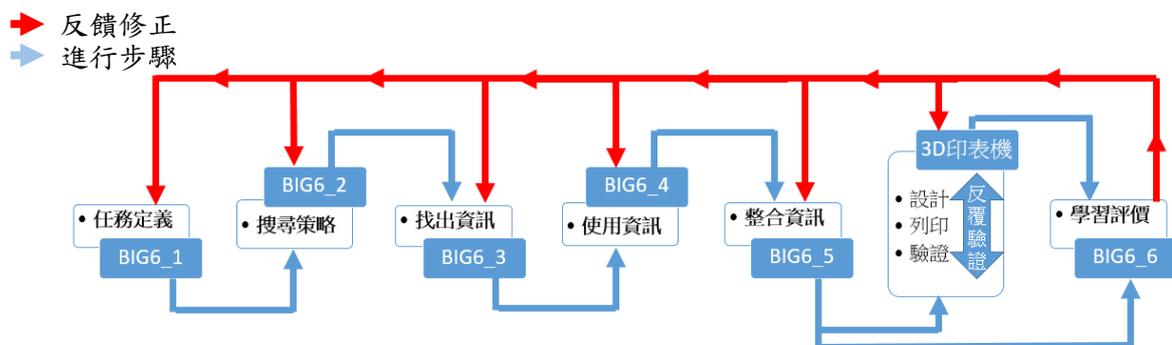


圖 37：3D 列印輔助大六教學示意圖

在整個教學過程中也發現，要能利用 3D 印表機輔助教學，學生必須先學會 3D 繪圖軟體，Tinkercad 雖然是一個簡單易學的軟體，簡單的幾何圖形可以在短時間內迅速完成，但較為複雜的圖形就難以用 Tinkercad 繪圖；功能較為完整的 3D 繪圖軟體，如 AutoDesk 123D，雖可完成較為複雜的圖形，但不易讓小學生在短時間內了解並能利用。因此得根據設定的教學目的加以選擇不同的繪圖軟體。

使用 3D 印表機亦有多項限制，如列印的最大範圍、列印的精細程度、列印的速度等等，在教學準備時應將這些限制列入考量，如本研究使用的印表機列印範圍為 100mm\*130mm\*100mm，在繪圖設計上便不可超出此範圍。

在整個教學過程中也發現，學生的思考是飛速的，但印表機列印的速度是緩慢的，常常一件作品都要花費不少時間列印。以一個種菜用的浮島為例，列印時間就將要 4 個小時以上(如圖 38 所示)；而一個自製捕蚊器，列印時間也要 2 個半小時。3D 印表機的速度經常無法追上學生想的速度，因此加快 3D 列印的速度亦是未來非常重要的課題。

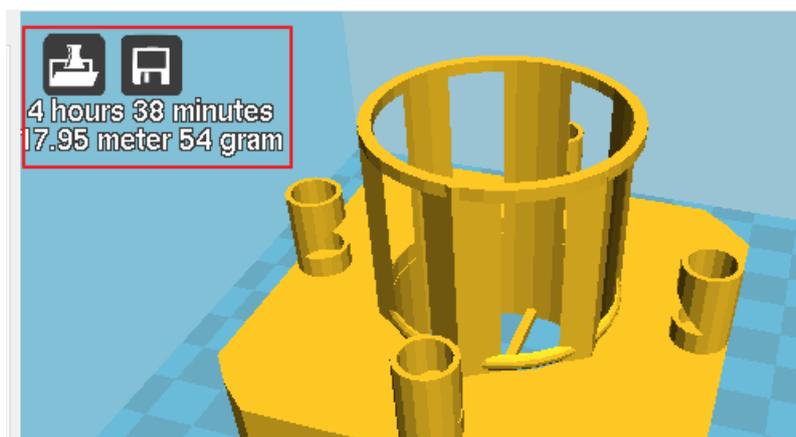


圖 38：3D 印表機列印時間

## 參考文獻

- [1] 吳思穎, "國小四年級數學美感教學之行動研究", 碩士, 課程與教學研究所, 國立臺北教育大學, 台北市, 2011。
- [2] 周昱宏, "魚菜共生系統應用於都市永續校園之研究", 碩士, 建築與都市設計研究所, 國立臺北科技大學, 台北市, 2014。
- [3] 蕭志欣, "太陽能電池應用於魚菜共生系統之建構與測試", 碩士, 冷凍空調系, 國立勤益科技大學, 台中市, 2010。
- [4] M. B. Eisenberg and R. E. Berkowitz, Teaching information & technology skills: the Big6 in secondary schools. Worthington, OH: Linworth Pub., 2000.
- [5] 林誠展, "互動設計結合創客運動之研究", 碩士, 互動設計系碩士班(碩士在職專班), 國立臺北科技大學, 台北市, 2015。
- [6] M. B. Eisenberg, R. E. Berkowitz, and M. B. Eisenberg, The definitive Big6 workshop handbook, 3rd ed. Worthington, Ohio: Linworth Pub., 2003.
- [7] M. B. Eisenberg and R. E. Berkowitz, The Big6 workshop handbook: implementation and impact, Fourth edition. ed. Santa Barbara, California: Linworth, 2011.
- [8] A. Wolinsky, Internet power research using the Big6 approach. Berkeley Heights, NJ: Enslow Publishers, 2002.
- [9] B. A. Jansen, The Big6 in middle school: teaching information and communications technology skills. Columbus, Ohio: Linworth Books, 2007.
- [10] 黃惠芬, "國小六年級學生資訊素養評量發展之研究", 碩士, 社會科教育學系碩士班, 國立臺中教育大學, 台中市, 2010。
- [11] 林羿伶, "在 Big 6 教學活動中利用擴增實境技術以提升學習者問題解決能力之研究", 碩士, 科技應用與人力資源發展學系, 國立臺灣師範大學, 台北市, 2013。
- [12] 顏仁德, "資訊素養融入主題探究學習成效之長期研究", 碩士, 數位學習設計與管理學系研究所, 國立嘉義大學, 嘉義市, 2014。
- [13] 唐洪正, 許毅維, and 周百信, "從資訊素養模組探討主題式教學設計" presented at the 2001 資訊素養與終身學習社會國際研討會, 逢甲大學, 2001。
- [14] B. A. Jansen, The Big6 goes primary!: teaching information and communications technology skills in the K-3 curriculum. Columbus, Ohio: Linworth Books, 2009.
- [15] 辛武震, "運用 Big6 技能於國小六年級自然與生活科技領域以提升學生學習成效之研究—以「熱、資源與環保」為例", 碩士, 教育學系課程與教學澎湖碩士班, 國立臺南大學, 台南市, 2010。
- [16] 李佩娟, "大六技巧網路輔助教學環境對提昇大學生資訊問題解決能力、批判思考意向與能力之研究", 碩士, 科技發展與傳播研究所, 國立臺南大學, 台南市, 2006。

- [17] M. B. Eisenberg, R. E. Berkowitz, and L. I. Robinson, The Big6 collection : the best of the Big6 newsletter. Worthington, Oh.: Linworth, 2000.
- [18] 程良雄，淺談公共圖書館讀者的資訊素養 vol. 書苑 48 期，2001。
- [19] 紀鴻章，"大六教學法應用於社會學習領域主題教學之行動研究－以臺北市某國小五年級為例"，碩士，歷史與地理學系社會科教學碩士學位班，臺北市立教育大學，臺北市，2013。
- [20] 宋敏惠，"居家魚菜共生系統作物之硝酸鹽含量研究"，碩士，土木工程與環境資源管理系碩士在職專班，明新科技大學，新竹縣，2015。
- [21] Wendy. (2015, 04/28). 帶你認識什麼是「魚菜共生」，自己動手組建小小農場。 Available: <http://www.techbang.com/posts/22609-aquaponics>
- [22] 鄭加菲，"科學玩具結合數位遊戲輔助能源教育之研究"，碩士，數位科技設計學系(含玩具與遊戲設計碩士班)，國立臺北教育大學，台北市，2015。
- [23] 童兆迪，"3D 列印技術應用於風力能源教具製作對國小學童再生能源知識學習成效評估之研究" 碩士，科學教育與應用學系環境教育及管理碩士在職專班，國立臺中教育大學，台中市，2016。
- [24] 陳柏升，"探討以資源回收物作為 3D 列印材料的可行性"，碩士，自然科學教育學系，國立臺北教育大學，台北市，2015。
- [25] 謝弘進，"PLA-Cu 複合材料應用於 FDM 3D 列印的物理性質研究"，碩士，材料科學與工程研究所，國立臺北科技大學，台北市，2015。
- [26] 陳政宏，"PLA 材料應用於 3D 列印的機械性質研究"，碩士，電腦應用工程研究所，遠東科技大學，台南市，2015。
- [27] 林耀鵬，"研究 PLA/PC 與 PLA/Nano-PA6 之機械性質研究"，碩士，機械工程研究所，遠東科技大學，台南市，2012。
- [28] 王永泰，"以熱裂解方法探討 PLA 與 PET 廢容器混合回收之可行性研究"，碩士，環境與安全衛生工程研究所，國立高雄第一科技大學，高雄市，2013。