

教育部 111 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱： 校園餘菜水族課程研發及推廣計畫(三)

主持人： 陳柏羽

電子信箱： a0922710685@gmail.com

共同主持人： 黃惠汝

執行單位： 礁溪國中

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？（請擇一勾選） 是 否

2. 執行重點項目（請擇一勾選）：

- 環境科學教育推廣活動
- 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3. 辦理活動或研習會等名稱：魚菜共生課程、水中堆肥研習

4. 辦理活動或研習會對象：學校教師

5. 參加活動或研習會人數：12 場，150 人

6. 參加執行計畫人數：6

7. 辦理/執行成效：

本校舊有的魚菜共生系統常因宜蘭冬季寒流低溫造成魚隻死亡，以致系統運作瓦解。

本計畫將舊有系統修正為「水族生態教學場域」與「蔬果廚餘系統」，可以保存原本戶外養的魚進入室內「水族生態教學場域」成為水族活體教具庫。植物種植養分來源則來自「蔬果廚餘系統」。

改裝系統與成立水族教室的過程皆由師生共同協力建置，過程中培養學生動手實作的能力，也將發展歷程中的內容編寫成有系統的課程教材。學生利用建置過程中，發展「微型底濾培菌魚菜共生系統」榮獲世界青少年發明展銀牌獎，培養學生探究實作能力。

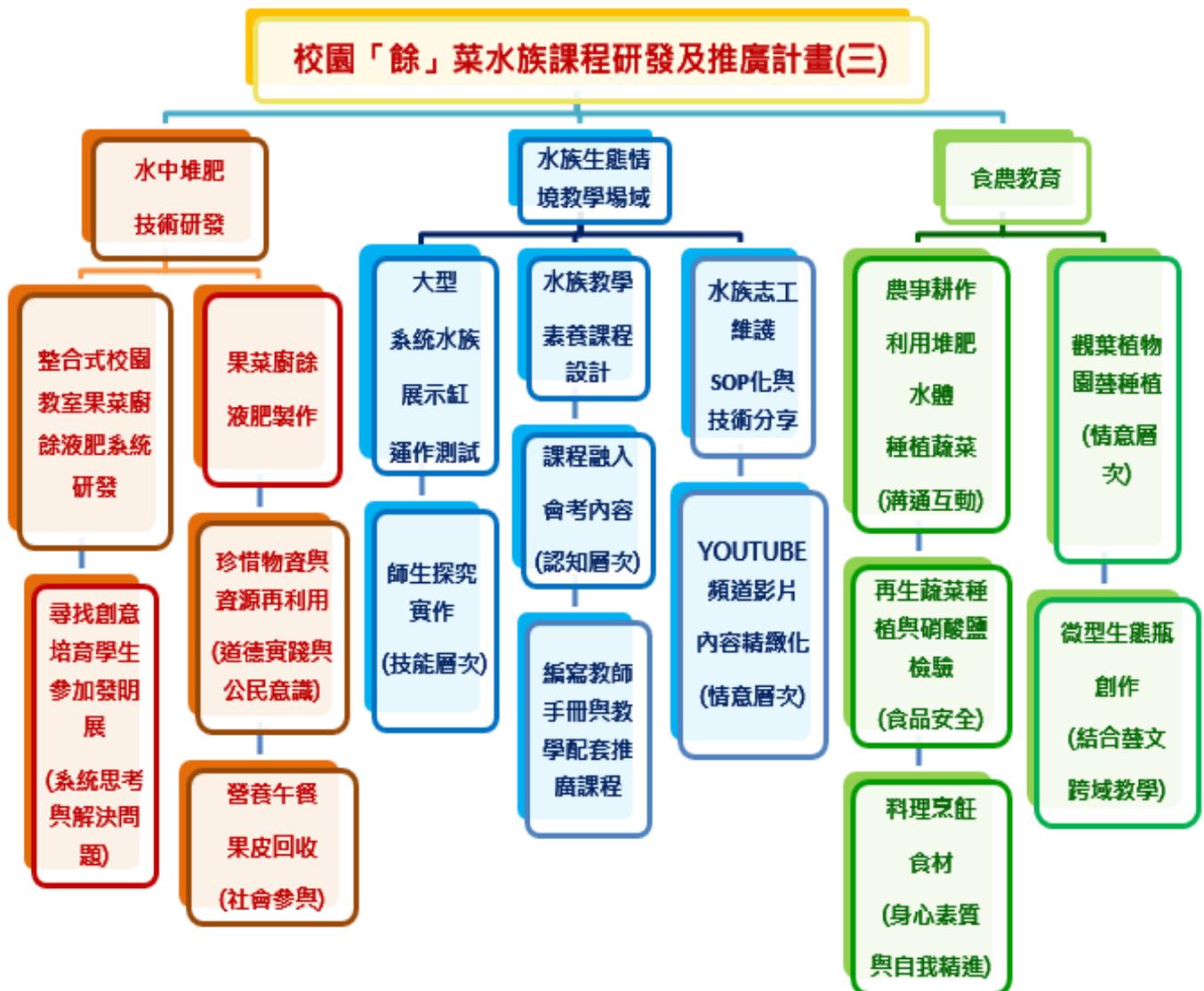
「蔬果廚餘系統」所製作出的蔬果液肥，富含豐富養分與活菌，使植物成長更為健康，也成功解決校園生廚餘的問題。

二、計畫目的

1. 透過問題解決的教學模式，師生合作改良學校現有「魚菜共生系統」運作模

式，設計出符合宜蘭地區適用的魚菜水耕設備

2. 研發改進「水中分解蔬果廚餘堆肥」技術與測量方法
3. 建構「水族生態情境教學場域」成為校園學習生態系的理想模型與活體教具室，建置過程中培養成學生「做、用、想」的能力
4. 開發「校園餘菜水族校本課程」教材與教法，結合食農教育，建立學生的正確飲食觀，落實完整配套教學
5. 校內成立教師共同備課社群，彼此分享教學資源與精進教學能力
6. 推廣「校園餘菜水族校本課程」教學配套與技術提供他校參考



三、研究方法

第三年 研究計畫			
研究目的	步驟	成效評估	預定時間
水族生態教學情境場域 整體規劃	1. 資料蒐集、水族專家技術諮詢 2. 校外水族館參訪(暑期縣外水族館校外教學) 3. 師生規劃設計大型系統循環缸	1. 培養本校師生規劃室內水族系統的能力 2. 培養學生深入了解複雜水族飼養系統功能與設計	110年7月 ~110年9月
生物實驗室內水族展示 系統建置	1. 水族循環系統缸建置(共4層) 2. 建置第四層頂部生化過濾區與第一層底部水草栽植區工程	1. 了解水族與水電材料規格，並建置相關資料 2. 培養本校師生規劃與建置室內複雜水族循環系統的能力 3. 驗證利用水草優化自來水成為養殖水的能力，擁有節省水資源與生化藥劑的優點，研究成果	110年9月 ~110年12月

		可提供水族館參考	
改良「水中分解蔬果廚餘堆肥」技術	<ol style="list-style-type: none"> 1. 進行造水與硝化菌種培養 2. 觀測與掌控蔬果廚餘分解下水生系統的生態平衡 3. 探討堆肥分解時水中消耗的氧氣與有效率溶氧的方式 4. 探討水中堆肥最佳碳氮比 	掌握水中堆肥重要參數(碳氮比、溶氧量、溫度)	111年1月 ~111年3月
修改果菜廚餘供肥水耕植栽系統	<ol style="list-style-type: none"> 1. 師生動手實作，動腦解決問題 2. 培養學生安全使用工具技能 3. 了解過去施工缺失部分 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 長時間追蹤觀察以改進「水中堆肥多重過濾系統」運作功能，修正過去施工缺失部分與培養修護保養技術 2. 學生研發「自我清洗」功能的過濾系統，並鼓勵學生以參加宜蘭縣青少年發明展 3. 建置過程完全由學生動手操作，養成學生「做、用、想」的能力 	111年4月 ~111年6月
產出蔬菜硝酸鹽安全檢驗	探究控制碳氮比後的堆肥水體是否可以種植出硝酸鹽含量低的蔬菜	驗證水中堆肥的可行性	111年6月 ~111年7月
食農校本課程開發	<ol style="list-style-type: none"> 1. 食農課程教材設計編寫 2. 教學歷程與心得記錄 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 實施飲食教育和農事教育課程設計 2. 培養學生建立「食當地、食當季」的正確飲食觀 	110年9月 ~111年7月
教學社群共備課程	1. 每個月領域教師開會討	1. 建立完整溝通模式	110年9月

	論，修正課程內容 2. 課程反思檢討	2. 建置教學模式與教學資源 3. 編寫教師手冊與教學配套	~111年7月
主題教學成果分享 校內教師研習	1. 全校性教師研習 2. 研發成果分享	1. 全校教師了解主題課程架構與內容 2. 建立全校校本食農課程教學共識	111年7月

四、研究執行項目

目標項目	執行完成項目說明
水族生態教學情境場域整體規劃	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水族教室建置資料蒐集與文獻探討 2. 校外水族館勘查與水族專家技術諮詢 3. 與總務處協調，決定「水族生態教學情境場域教室」場地位置與水電相關問題 4. 師生合作繪製系統設計圖 5. 完成大型系統缸完成硝化細菌培養 6. 完成大型系統缸過濾方式優化調整 7. 完成水族生態教學場域情境佈置 8. 逐步建立水族生態教室維護 SOP，並持續「滾動式修正」
生物實驗室內水族展示系統建置	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大型水族循環系統缸不銹鋼架架設 2. 建置第四層頂部生化過濾區與第一層底部水草栽植區工程 3. 魚缸 PVC 循環管路配置完成 4. 系統魚缸大型打氣馬達調節供氣裝置安裝完成 5. 建立大型系統缸養殖維護 SOP

	6. 建立「水草過濾系統」
改良「水中分解蔬果廚餘堆肥」技術	<ol style="list-style-type: none"> 1. 資料蒐集、堆肥專家技術諮詢 2. 師生合作繪製改良式過濾系統設計圖 3. 製作小型「水中堆肥過濾系統」模型開始運作，成為學生發明展作品，並榮獲世界青少年發明展銀牌獎 4. 完成小型「水中堆肥過濾系統」中系統過濾槽與沉澱槽運作優化調整 5. 「重力吸引型」過濾系統開始設計完成，將於下年度科教計畫中執行，並首先運用處理教師辦公室蔬果廚餘
修改果菜廚餘供肥水耕植栽系統	<ol style="list-style-type: none"> 1. 搬遷陽台大型魚菜共生系統 2. 課程教學中已培養學生安全使用工具的習慣與動手操作能力，<u>學生熟悉水管裁切與接管、電鑽使用、火槍焊孔、焊接電線等技能</u> 3. 已完成搬遷後水電供給模式
產出蔬菜硝酸鹽安全檢驗	學生已學習檢測方式與熟練檢測程序
食農校本課程開發	<ol style="list-style-type: none"> 1. 已完成主題教學課程盤點，相關教學主題，已融入會考內容 2. 教學主題完成 108 課綱中學習重點(學習內容、學習表現、核心素養) 3. 已開發 STEAM 教學架構整合現有教學主題之探究實作課程教材
教學社群共備課程	已舉辦四次教學共備研習與相關觀議課
主題教學成果分享 校內教師研習	<ol style="list-style-type: none"> 1. 已將教學成果上傳校內雲端硬碟 2. 持續拍攝 youtube 影片，供各界教師參考

	<p>3 已建立社群內觀課紀錄模式</p> <p>4. 已建置完成雲端教學資料庫</p>
--	--

五、研究成果(三年計畫歷程)

(一)師生合作改良學校現有「魚菜共生系統」運作模式，設計出適用裝置設備

經過師生通力合作，將過去的魚菜共生裝置不斷修正改良，建置出符合學校運作與學生容易操作維護的設備模式。由以下的圖示中可以看出新式設備的一體化與模組化，以利學生社團與校本課程實作。

魚菜共生水耕



說明：利用廢棄課桌椅與電腦機殼架設的魚菜共生系統(改良前設備)



說明：魚菜共生設備(改良前設備)



說明：浮筏種植塑膠花盆(改良前設備)



說明：魚菜共生連通系統 (改良前設備)



說明：全新系統種植(改良後設備)

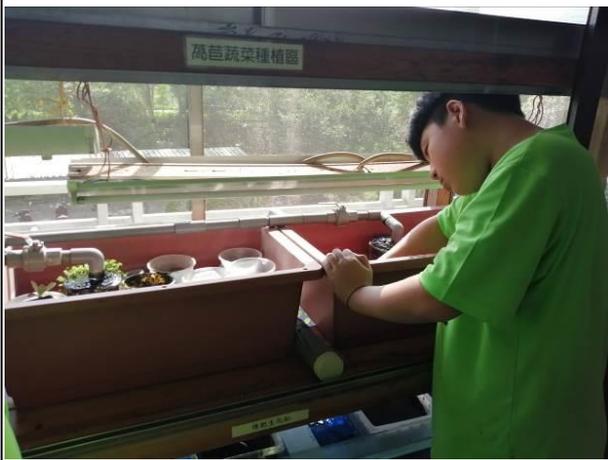


說明：現今專業設備系統(改良後設備)



說明：學生整理花市採購的土盆觀葉植物

說明：學生將土盆水耕植物改種至魚菜共生系統



說明：學生將土盆水耕植物改種至魚菜共生系統

說明：學生將土盆水耕植物改種至魚菜共生系統



說明：學生將土盆水耕植物改種至魚菜共生系統



說明：學生將土盆水耕植物改種至魚菜共生系統



說明：學生將土盆水耕植物改種至魚菜共生系統



說明：學生將土盆水耕植物改種至魚菜共生系統



說明：魚菜共生農場烤肉

利用改良後的魚菜共生設備，師生成功種植了各種葉菜類、辣椒、秋葵、芹菜、蝶豆花。更挑戰了香草類植物與捕蟲植物，證明此系統可以在防蟲害的環境下，成功種植許多土耕植物。由於薄荷產量極大，我們還嘗試提煉出薄荷精油。

水耕蔬菜



說明: 萵苣與皇宮菜



說明: 各式蔬菜缸種過程



說明: 浮筏水耕種植的芹菜，發達的根系

會考融入課程: 植物運輸器官



說明: 西洋芹成長茂盛



說明: 薄荷(魚菜共生農法)



說明: 培育香草植物(甜菊)



說明:自行種植薄荷精油製作,採集薄荷葉



說明:辛苦萃取出薄荷精油



說明:夏天種植蝶豆花



說明:蝶豆花收成



說明:秋葵種子發芽



說明:秋葵開花



說明:秋葵收成



說明:辣椒收成

捕蟲植物



說明：瓶子草成長良好



說明: 瓶子草開花



說明:捕蟲堇開花



說明:捕蟲堇開花

(二)研發改進「水中分解蔬果廚餘堆肥」技術

在計畫期程中，我們研發了「水中分解蔬果廚餘堆肥」技術，將學校營養午餐的生廚餘(不含油類)，皆製成了液肥。也分析了不同廚餘所產生的碳氮比，所產生的液肥，應用於繁殖水耕觀葉植物、仙人掌盆栽與空氣鳳梨。更研發利用廚餘液肥栽植水耕仙人掌技術。

其中液肥成分因富含鐵肥(蘋果、紅菜堆肥)，因此使得紅色植物發色明顯，根系與抗病蟲害效果更好。

獨創水耕技術，使陸生植物在發根過程中不易腐爛，新發根部增生細胞茁壯，使仙人掌與多肉植物也能水耕。

水中堆肥



魚菜共生改良為「餘」菜共生



說明：水中堆肥資材

厭氧性堆肥 (密封式)	好氧性堆肥 (開放式)	水中堆肥
		
透明水族箱上層覆蓋保麗龍，底部鑽洞(讓堆肥水分流出)，密封狀態不翻動。	透明水族箱上層覆蓋紗網(防止蚊蟲)，時常進行土壤翻攪。	堆肥資材投入水中，讓水中分解生物(包含過濾盒內的蚯蚓)進行分解。

說明：水中堆肥資材

金魚藻(60.0g) + 白飯(40.0g)	蕃茄(40.0g) + 枯草(60.0g)	紅蘿蔔(97.0g) + 豆渣(3.0g)	咖啡渣(70.0g) + 樹葉(30.0g)	蘋果核(95.0g) + 鴨飼料(5.0g)
				
				

說明：水中堆肥與傳統堆肥的比較



說明：新式蔬果廚餘堆肥缸

說明：各種不同堆肥組合掌握堆肥碳氮比



說明：大量蔬果堆肥情形，經兩周後可產生營養液肥

繁殖水耕觀葉植物



說明:利用蔬果液肥培育的水耕觀葉植物



說明:利用蔬果液肥培育的水耕觀葉植物



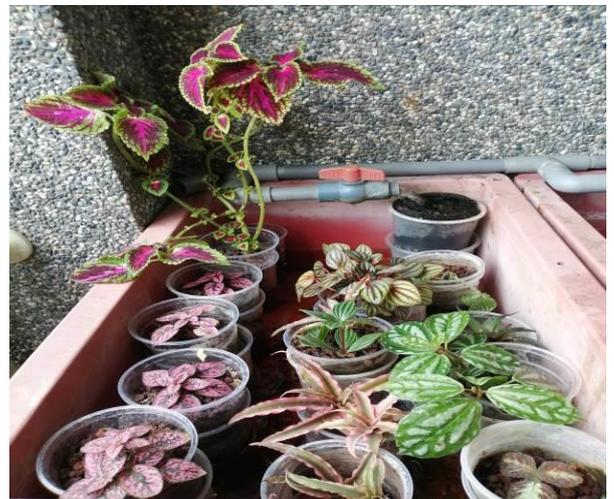
說明: 利用蔬果液肥培育的水耕觀葉植物



說明: 利用蔬果液肥培育的水耕觀葉植物



說明:學生培育的水耕觀葉植物



說明:自製蔬果液肥使紅色系植物顯色特別鮮豔



說明：培育多樣化水耕觀葉植物



說明：培育多樣化水耕觀葉植物

廚餘液肥水耕仙人掌



說明：獨家研發利用廚餘液肥水耕仙人掌



說明：學生利用仙人掌種植於生化棉上



說明：學生利用仙人掌種植於生化棉上



說明：經過 1 個月後仙人掌已從生化棉下長出根系



說明:塑膠盒分別種植不同品種的仙人掌



說明: 廚餘液肥水耕仙人掌組合盆



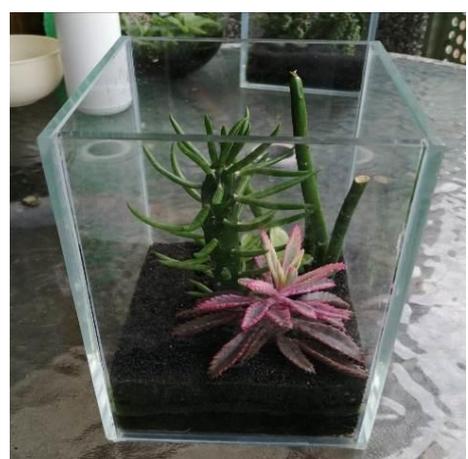
說明:大型廚餘液肥水耕仙人掌與觀葉植物組合盆 (剛種植)



說明: 大型廚餘液肥水耕仙人掌與觀葉植物組合盆 (種植 1 個月後)



說明: 大型廚餘液肥水耕仙人掌與觀葉植物組合盆



說明:由於廚餘液肥養分充足，因此紅色植物顯色也特別亮麗



說明:利用水耕液肥種植松蘿鳳梨



說明:培育的松蘿鳳梨

(三) 「水族生態情境教學場域」成為校園學習生態系的理想模型與活體教具室

有鑑於先前計畫所設置的魚菜共生設備，遇寒流時在宜蘭校區環境容易凍死，因此在校區選定空間設立「水族生態情境教學場域」，將戶外水生動物移置室內，並以系統化養殖。

「水族生態情境教學場域」的硬體設備、管路與水電配置，皆為師生通力合作完成，也能獨立維修與維護。並搭配系統思考教學，將維護過程 SOP 化，並依據教室環境打造自製換水工具。

教學過程中培育出許多水族養殖人才，並成立「水族服務隊」協助保養與維護學校各處室的水族系統

水族生態教學情境場域



說明:學生製作木質告示牌



說明:學生的木質告示牌



說明:不鏽鋼大型系統缸



說明:學生發揮創意將麻繩纏繞於不鏽鋼大型系統缸外部，增添南洋風味



說明: 學生發揮創意將麻繩纏繞於不鏽鋼大型系統缸外部，增添南洋風味



說明: 學生整理繁殖過剩的水草

說明: 小型系統缸上層擔任檢疫與醫療功能
下層繁殖水草與觀賞蝦



說明: 學生整理繁殖過剩的水草



說明: 整理分株後的茂盛水草缸



說明: 目前繁殖水草種類有 大水蘭、小榕、莫絲、細葉水蘭



說明: 打氣馬達分流編號，以利管理



說明: 打氣馬達分流編號，以利管理



說明:學生自行維護大型系統缸



說明:學生站在梯子上維護系統缸



說明:自製換水工具



說明:自製換水工具



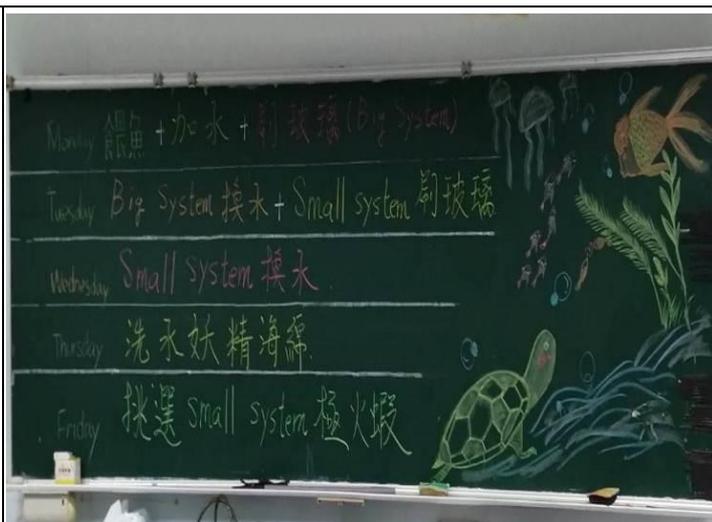
說明:學生替大型系統缸換水



說明:學生替大型系統缸換水



說明：在大黑板上畫上橫線，繪製維護 SOP 表



說明：水族教室日常維護 SOP 工作表



說明：午休期間，每位志工各司其職，執行不同維護工作



說明：虹吸抽換水

水族服務隊平時維護出隊



說明：校長室兩棲生態缸



說明：水族服務隊到校長室幫忙換水整理

在學生細心照顧與校內建置專業水族書籍參考資料庫的知識挹注下，已在學校內成功繁殖數種熱帶魚，並且從卵孵化至幼魚培育一手包辦。其中多色系的彩色米蝦，也能成功繁殖，更培育出水族館也沒有的獨特品種(黑金鋼霸王蝦與水晶雪球蝦)。

熱帶魚繁殖



說明:藍眼鬍子異形魚公魚(帶有大鬍子)



說明:成功繁殖藍眼鬍子異形魚寶寶



說明:藍寶鸚鵡產卵



說明:藍寶鸚鵡母魚護卵行為



說明:藍寶鸚鵡孵化出幼魚



說明:藍寶鸚鵡幼魚長大

彩色米蝦繁殖



說明:學生切胡蘿蔔與水煮菠菜餵養觀賞蝦



說明:利用天然食材餵養觀賞蝦



說明:極火蝦養殖缸



說明:成功繁殖各色彩色米蝦與藍眼鬍子



說明:藍絲絨蝦與黃色金背米蝦養殖



說明:水晶蝦養殖



說明:自行繁殖金背黑色霸王蝦(全新品種),努力進行純化中



說明:成功改良出新品種雪球蝦

(四)開發「校園餘菜水族校本課程」教材與教法，結合食農教育

本計畫將課程內容教材分開為兩部分授課，一部分為全校性的環境教育融入校本課程，另一部分為水族科學社團長期授課課程。希望能長期培養全校學生有生態、環保方面的素養能力，也希望能吸引有興趣與熱忱的學生融入教學情境與氛圍中，打造專業價值觀正確的人材。

全校性校本課程



說明:校本課程生態瓶製作



說明:鋪至生態瓶內細沙



說明:生態瓶製作完成



說明:教學團隊與學生合影



說明:學生進行生態瓶製作教學



學生課程:魚菜共生鬥魚生態瓶製作



說明：製作完成的生態瓶



說明：沐浴乳澆花盆
課程融入理念：環保、創意

水族綠科學社上課情形



說明：開心聚餐



說明：創意疊杯



說明:紙箱烤肉



說明:火槍燒炭



說明: 紙箱烤雞



說明: 紙箱烤蝦



說明:開心烤肉聚餐

說明: 開心烤肉聚餐

本計畫希望打造水族綠校園，並且將研究產出的成果讓學生親身享受到，因此將教學成果以食農教育方式呈現。其中分為魚菜共生水耕蔬菜、再生蔬菜與研發豆苗機自行孵化豆苗。

魚菜共生水耕蔬菜可讓學生見證到自然界的綠循環與資源再利用，再生蔬菜除了減少生廚餘，也能減少資源浪費，利用切除營養器官部分繼續繁殖再生，更讓學生見證到生命生生不息的過程。自行研發的豆苗機效率與維修簡易度遠勝於市售產品，讓學生在努力設計組裝後，能品嚐到自己辛苦的結晶。搭配家政烹飪課更能打造跨領域課程的目標。

食農教育



說明：豐收爆棚的豆芽



說明：教師講解孵化情形



說明：挑選豆芽菜，增加口感



說明：挑選豆芽菜，增加口感



說明：學生親手下鍋炒豆芽



說明：豆芽炒絞肉，營養均衡

再生蔬菜



說明:利用學生家沒用完的紅蔥頭，利用魚菜共生系統繁殖珠蔥



說明:利用學生家沒用完的紅蔥頭，利用室內大型系統缸繁殖珠蔥



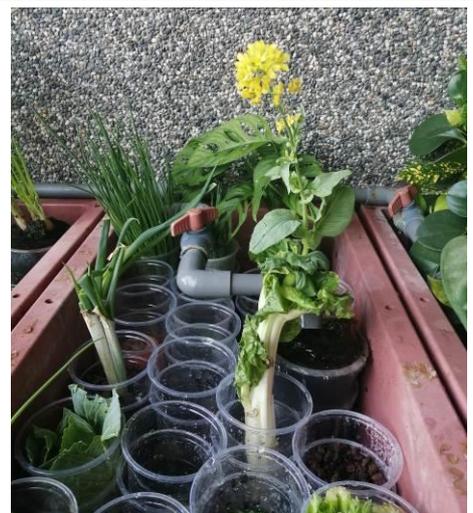
說明:利用學生家沒用完的紅蔥頭，利用魚菜共生系統繁殖珠蔥



說明:珠蔥收成



說明:各式烹飪課切除剩下的蔬菜部位，回種魚菜共生系統



說明:高麗菜回種後，一週後開花



說明:烹飪課用完的三星蔥回種魚菜共生系統



說明:三星蔥收成



說明：種植蔬菜硝酸鹽測試
課程融入理念:食品安全



說明：種植蔬菜硝酸鹽測試
課程融入理念:食品安全



說明：進烹飪教室料理親手採收的農作物



說明：進烹飪教室料理親手採收的農作物

五、校內成立教師共同備課社群，彼此分享教學資源與精進教學能力

校內師資皆非業界人士，許多專業知能需要透過外聘講師協助，透過共同備課、精進教學研習、戶外參訪，皆能讓授課教師團隊有更多的教學支持。

自然社群教師戶外共備研習



說明：邀請「魚菜創造家」公司，魏德軒講師到校傳授專業知能



說明：講師傳授設備架設關鍵技術



說明:本校共備教師群到宜蘭金車水產養殖中心參訪



說明:室內養蝦池



說明:大型海水養殖缸



說明:社群教師努力紀錄學習

顯微鏡教師研習



說明:顯微鏡保養教師研習



說明:顯微鏡保養教師研習

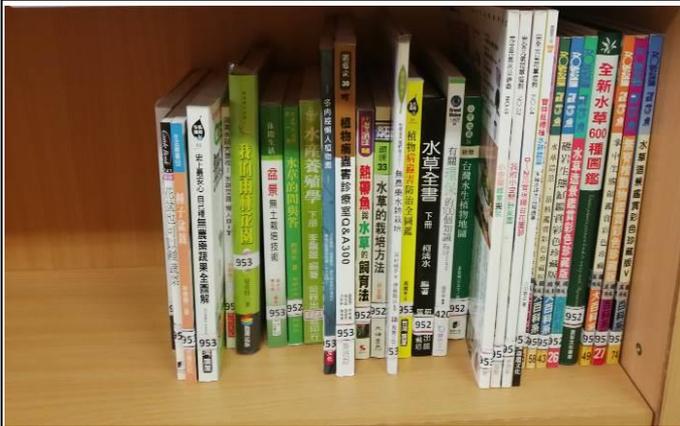


說明:師生在講師指導下學習操作電子式顯微鏡



說明: 師生在講師指導下學習操作電子式顯微鏡

專業教學參考書籍庫



說明:建立水草繁殖與水耕農作參考書籍資料庫



說明: 建立水草繁殖與水耕農作參考書籍資料庫

自然領域教師為發展課程的種子師資，定期於暑期與學期中舉辦全校性教師研習，透過講解與實作研習能讓全校教師了解計畫課程的內涵與上課方式，進而協助支持發展為校本課程。讓餘菜共生、資源在利用的環保觀念落實到全校每一位師生的價值觀中。

全校性教師研習



說明：小型魚菜共生系統解說



說明：有獎徵答



說明：魚菜共生鬥魚生態瓶製作 (教師組)



說明：魚菜共生鬥魚生態瓶製作 (教師組)

(六)推廣「校園餘菜水族校本課程」教學配套與技術提供他校參考

從 107~111 年申請科教專案補助計畫以來，共服務 52 所學校，所辦研習研習教師總人數 608 人，研習主題包括：魚菜共生、水中堆肥、STEAM 與探究實作、科展與發明展指導、生態瓶製作、水中堆肥實務操作。

提供研習推廣之外，也有建立 LINE 群組平時提供諮詢，給有心發展相關主題的學校，提供資源與輔導。

校外研習服務



說明:壯圍圖書館生態瓶線上課程



說明: 壯圍圖書館生態瓶線上課程

壯圍鄉立圖書館
6小時 · 🌐

今天早上生態瓶材料都裝好了，等著主人來帶牠們回家啦🥰

#鬥魚：帶回家後慢慢換水，一天換一些（每天1/3），至第三天後即可將魚寶移入生態瓶！

#生態瓶：倒入石頭於植栽小萵，植栽包覆海綿🥰，加水入瓶中至淹到石頭，照光（自然光或燈光）三天後，魚寶寶即可入厝🥰

#餵食：餵食前請寶貝輕輕敲打瓶身引起魚兒注意，然後一顆一顆投入飼料慢慢餵食，讓魚兒習慣小主人的呼喚，制約其餵食行為🥰

#水草..... 查看更多



說明:壯圍暑期線上科學營 FB 分享

壯圍鄉立圖書館
7月29日上午9:06 · 🌐

🌟活動簡報🌟

科學，科學是什麼？科學為一可反覆檢驗之知識體系，不像人心難測，不像另一半反覆無常

好劇不難測，來看看今天要說什麼～

今年許多活動受到防疫影響，都停辦或延期，而我們最受大小讀者喜愛之暑期科學活動「科學玩一玩」，擴充改變方式辦理，讓喜愛科學實驗的你重新燃起熱情的玩樂，熱心的學習～

#線上課程可反覆觀看，實驗，沒有人數，時間限制

#參加半瓶瓶，觀察水中小世界，養護孩子大眼

#課程內還有互動時間，可於觀看後回問，給與一下返收到的知識，有助於認知能力的提升啦！

#半瓶瓶材料包包含活體（鬥魚），後續會公佈索取方式，請耐心等待🥰

1水族造景(參加生態瓶課程系列一)

<https://www.youtube.com/watch?v=WFP14qw0ck>

2水族生態操作(參加生態瓶課程系列二)

<https://www.youtube.com/watch?v=ZBIMqacRUI>

3水族科學研究(參加生態瓶課程系列三)

<https://www.youtube.com/watch?v=w1ej070154>

4小型水質生態(參加生態瓶課程系列四)

<https://www.youtube.com/watch?v=4hdts9PqNY>

5生態瓶照顧(參加生態瓶課程系列五)

<https://www.youtube.com/watch?v=MyUReyuDks>

6生態瓶製作課程(參加生態瓶課程系列六)

https://www.youtube.com/watch?v=BaKn_BsTxF8

暑期暑期線上科學營課程表
歡迎參加10年應多元閱讀計劃
推廣應用，壯圍學童暑期
採線上課程，在家學習更便
提升學習效能。
期：暑期課程
期：壯圍學童
期：線上課程
點：居家學習
容：

課程內容	講師
1. 生態瓶內的奧妙	陳怡
2. 生態瓶製作	陳怡
3. 生態瓶的維護	陳怡
4. 探索世界地圖	陳怡

詳情請點：水質、鬥魚、材料

你和其中58人

58個留言 6次分享

說明: 壯圍圖書館生態瓶線上課程



說明:服務武陵高中魚菜共生論文群組



說明:桃園山腳國中小型潮汐系統製作



說明:新北市五峰國中教師到校參訪



說明:致贈感謝狀



說明:協助台南新市國中架設校園廚餘蔬果系統



說明:協助台南新市國中架設校園廚餘蔬果系統



說明：桃園市草漯國中分享生態瓶製作經驗



說明：桃園市草漯國中分享生態瓶製作經驗

本課程計畫為了將研發心得與實務技巧分享給各界，特別成立 *Youtube* 頻道，訓練學生將實驗室的運作方式與經驗，製作成精美的課程影片，方便界上
網查詢。

Youtube 影片製作



說明：暑假期間舉辦「影片製作營」



說明：外聘網紅教師旗山農工戴逸群老師擔任講師



說明：練習拍攝 youtube 影片



說明：練習拍攝 youtube 影片



說明：學生製作剪輯 youtube 影片



說明：建立 youtube 上水族教學課程

(七) 培養成學生「做、用、想」的能力，並指導學生參加發明展

本計畫課程採用問題的學習模式 (problem-based learning)，強調把學習設計在複雜、有意義的問題情境中，透過學生合作解決融入於真實情境中的問題或與真實世界相關的問題，促進學生對所學知識的理解與建構，從而學習到隱含於問題背後的科學知識，形成解決問題的技能 and 自主學習的能力。

學生在課程中學習到水電實作技巧與安全操作平常不可能用到的工具(例如電鑽、砂輪機、往復式電鋸)，希望學生培養DIY動手實作能力。

實用技能訓練



說明：學生使用電鑽鑽孔

培養技能:電鑽使用



說明：使用鋸子切割水管

培養技能:鋸子使用

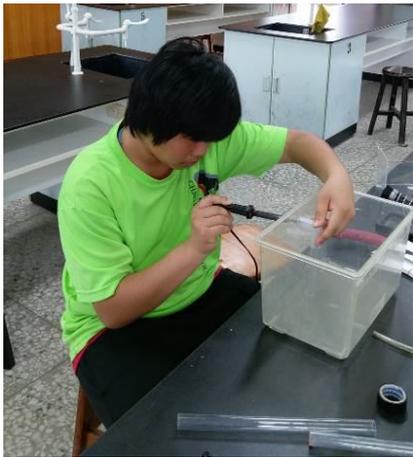


說明：水管鑽孔(火槍烙孔)

會考融入課程:有機化學熱塑性聚合物(鍊狀聚合物)



說明：搬遷後安裝，重新安裝插座



說明：安全使用焊槍燒焊



說明：電鑽使用



說明：大型系統缸角鋼安裝



說明：大型系統缸角鋼安裝



說明：使用鋸子



說明：電器維修 DIY



說明:利用撥線鉗撥線連接電線



說明: 利用撥線鉗撥線連接電線

創意 DIY



說明:學生利用泡麵修復破裂的行動電源外殼



說明:學生利用泡麵修復破裂的行動電源外殼



說明:學生拍攝利用泡麵修復破裂的行動電源外殼
youtube 影片



說明:學生拍攝利用泡麵修復破裂的行動電源外殼
youtube 影片

在計畫課程執行過程中，培育學生的創意與動手做能力，充分發揮到平日的研發創想，利用實驗室的材料與設備，自力設計製作水族作品，並參與宜蘭縣與全國青少年發明展，屢獲佳績(得獎相片如下)。

新式水族系統研發



說明:自行研發免開孔底部過濾加裝套件



說明: 自行研發免開孔底部過濾加裝套件

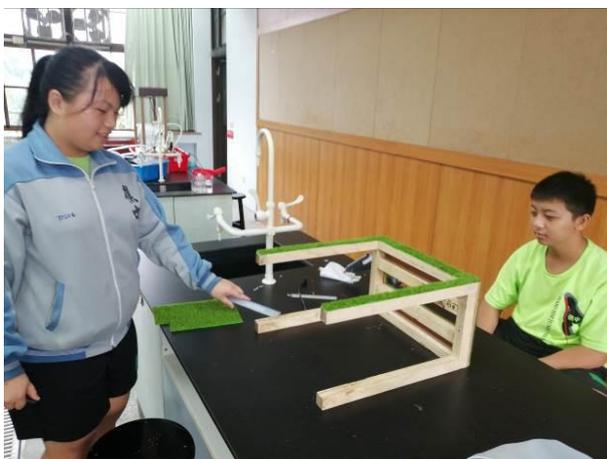


說明:測試自行研發免開孔底部過濾加裝套件



說明:開發成功，使魚缸具有大面積過濾的空間

發明展訓練



說明:學生製作發明展作品



說明: 學生製作發明展作品



說明：學生發表發明展作品給學生



說明：學生解釋創作作品功能



說明：比賽前請校長試聽



說明：比賽前請蘭陽女中學姊試聽，提供建議

青少年發明展



說明：2019年宜蘭縣發明展農耕技術類第一名



說明：2019年宜蘭縣發明展綠能科技類第三名



說明: 2021 年榮獲世界青少年發明展銀牌獎
「微型底濾培菌魚菜共生系統」



說明: 2021 年榮獲世界青少年發明展銀牌獎

(八) 培養高學習成就學生成為研究人才，，並指導學生參加科展

有別於發明展的評審方式，科展更強調對現象原理的深入探究，以本校學生的程度較適合高學習成就的學生。因此本計畫採分流方式培訓，提供高學習成就具批判思考能力的學生參與科展比賽。在計畫執行歷程中，也屢獲佳績。

科展指導



2019 年科展題目:改良式魚菜共生農法~校園模組化串並聯水耕系統之探討
榮獲宜蘭縣應用科學科展最佳創意與最佳團隊合作獎



2019 年科展題目:創新式水中堆肥之探討
榮獲宜蘭縣生物科展第二名

六、討論及建議

(一) 比較「水中堆肥」與傳統堆肥之間的不同

1. 研究方法

(1) 選擇透明水族箱，以三明治堆疊法一層固定堆肥資材鋪上一層土(5公分)，撒上活菌粉，進行厭氧性堆肥

(2) 以相同堆肥資材，放入透明水族箱中，進行開放式堆肥(不密閉，時常翻動)

傳統堆肥製作	
	
收集多樣堆肥資材	三明治堆疊法將堆肥資材平均分布

(3) 以相同堆肥資材，放入水中堆肥水族箱進行水中堆肥

厭氧性堆肥 (密封式)	好氧性堆肥 (開放式)	水中堆肥
		
透明水族箱上層覆蓋保麗龍，底部鑽洞(讓堆肥水分流出)。密封狀態不翻動。	透明水族箱上層覆蓋紗網(防止蚊蟲)。時常進行土壤翻攪。	堆肥資材投入水中，讓水中分解生物(包含過濾盒內的蚯蚓)進行分解。

(4) 利用定期測量溫度、試紙檢測 PH 值、土壤肥力測試計、氣味、握土手感、三星蔥種子發芽率，判斷三種堆肥方式方式完熟時間，並比較其優缺點
堆肥完熟判斷

堆肥完熟判斷



定期利用土壤肥力測試計，測試土壤 EC 值



利用堆肥溫度計測量堆肥土體溫度



水中堆肥檢測



三星蔥種子在堆肥水體中發芽

(5) 利用種子發芽率判斷堆肥完熟方式：

取堆肥樣品置入於植栽盆鉢內，裝填至約 9 分滿。於盆鉢內放入固定數量 20 顆三星蔥種子(較敏感)，再慢慢補充乾淨水，使種子維持濕潤，靜待種子發芽。14 日後調查計算種子發芽率(%)。計算法： $(\text{現幼苗存活數} / \text{原先種子數}) \times 100\% = \text{種子發芽率}(\%)$ 。試驗盆鉢內之種子發芽率達到 60-70%以上，觀察期間並無明顯臭味產生或誘引蒼蠅滋生等現象，則可視為達到腐熟的階段。

2. 研究結果

	厭氧性堆肥 (密封式)	好氧性堆肥 (開放式)	水中堆肥
菌種	厭氧菌	好氧菌	水中硝化菌
操作	不接觸空氣	接觸空氣	水中高溶氧量
排水	需要	無 勝	無 勝
注意土壤濕度	無 勝	水分含量保持 60 %	無 勝
翻耕方式 溫度控制	無 勝	需要	無 勝
半熟肥	35 天	20 天	7 天 勝
引來蚊蟲	無 勝	容易	無 勝
夏天完熟時間	約 4 個月又 10 天	約 1 個月又 2 天	約 13 天 勝
冬天完熟時間	約 9 個月又 2 天	約 2 個月又 5 天	約 18 天 勝
完熟判斷方式	容易	不易	最容易 勝
PH 值	6.3	7.1	6.7
種子發芽率	73%	76%	78%
萵苣生長情形	26cm/21 天 1.43cm/天	24cm/21 天 1.15cm/天	27cm/21 天 1.33cm/天

3. 討論

1. 蔬菜在三種不同堆肥方式下成長差異不大，但堆肥完熟時間卻有很大不同：從實驗數據可看出萵苣在三種堆肥方式下成長高度差不多，但水中堆肥大約 3 週就能達到完熟，但厭氧性堆肥幾乎需要半年時間，在時效性上水中堆肥極具優勢。
2. 傳統堆肥完熟期不易判斷，水中堆肥容易檢測：傳統堆肥的製成可分為四個階段：中溫期(Mesophilic stage)，嗜熱期(Thermophilic stage)，冷卻期 (Cooling down stage)與完熟期(Maturing stage)。從開始到冷卻期，只需幾個星期即可完成，但最後的完熟期，卻需要數個月來生成穩定的腐植質與腐植酸。

本研究歸納出以下判別方式：

完熟判斷	厭氧性堆肥 (密封式)	好氧性堆肥 (開放式)	水中堆肥
氣味	無惡臭 具有泥土芬芳	無惡臭 具有泥土芬芳	無惡臭
手感	略為潮濕，但擠壓泥土時 不會擠出水	不會結成一團，容易弄 鬆，不黏手	無
溫度	不易觀察	翻堆後溫度不再上升 維持 40~45 度	恆溫
PH 值	6.3	7.1	6.7
主要判斷方式	液肥顏色呈黑褐色	溫度	NH ₄ /NH ₃ 濃度降至 0.1ppm TDS 濃度降至 200 以下 黑殼蝦數目

3. 水中堆肥速度較不受限於季節變化:當溫度低於 20 度時，水中生物(蘋果螺與黑殼蝦)食慾下降，分解速度會變慢，但可利用加溫器控制溫度，但氣溫對傳統式堆肥完熟影響就十分明顯。

(二) 研究「水中堆肥」在不同堆肥資材(碳氮比)組合下的植物生長情形

1. 研究方法:

(1)選擇 5 種不同有機資材組合，依據堆肥材料碳氮比參考資料，將 5 組有機資材在相同質量下，利用 EXCEL 軟體設計程式，計算出碳氮比 25:1 理論組合比例

堆肥資材	碳氮比	堆肥資材	碳氮比
蘋果核	30:1	枯草	80:1
鴨飼料	5:1	金魚藻	45:1
紅蘿蔔	27:1	白飯	15:1
豆渣	6:1	咖啡渣	20:1
蕃茄	12:1	乾樹葉	60:1

(2)選擇 1 尺水族箱，分別放入 50 隻蘋果螺、20 隻黑殼蝦，10 隻蚯蚓放入過濾器出水口，並放入 100g 不同堆肥資材組合放入高溶氧量水中，並利用加溫器控制水溫 28 度

(3)觀察食材的分解速度，並於 3 周後測量水中 NH_4/NH_3 、TDS(溶解性固體總量)、PH 值

(4)利用 Fe^{2+} 離子測試劑測試水中 Fe^{2+} 離子

(5)利用以上實驗的堆肥水體將萵苣進行水耕種植，觀察生長情形

2. 研究結果

堆肥資材 組合 碳氮比 25:1	蘋果核(95.0g) + 鴨飼料(5.0g)	金魚藻(60.0g) + 白飯(40.0g)	蕃茄(40.0g) + 枯草(60.0g)	紅蘿蔔(97.0g) + 豆渣(3.0g)	咖啡渣(70.0g) + 樹葉(30.0g)
PH	6.0	6.8	6.3	5.4	6.5
TDS	280	260	420	360	540
NH ₄ /NH ₃	0.18	0.23	0.48	0.25	0.32
NO ₂ 濃度 (ppm)	0.32	0.34	0.42	0.36	0.48
NO ₃ ⁻ 濃度 (ppm)	368	263	168	285	152
Fe ²⁺ (ppm)	2	0.5	0.5	1.5	0
蘿蔓生長	23cm /21 天 1.09cm/天	17cm /21 天 0.81cm/天	18cm /21 天 0.86cm/天	20cm /21 天 0.95cm/天	15cm /21 天 0.71cm/天
植物根系 長度	18cm	16cm	16cm	17cm	12cm
萵苣口感	青翠鮮甜	略帶苦味 葉面泛黃	略帶酸味 葉面泛黃	無酸苦味 葉面稍泛黃	帶酸苦味 葉面泛黃 1/3

3. 討論

(1) 蘋果堆肥有助於提升水中鐵質: 近年來興起的魚菜共生農法, 常因為魚飼料中缺乏鐵離子, 而必須外加化學鐵肥, 不夠天然, 也會造成魚的傷害。本實驗經過測試發現蘋果堆肥的確有助於提升水中鐵離子, 使種植出的蔬菜, 葉片不會發黃, 口感也不會有苦味。

(2) 豆渣容易發臭, 不適合水中堆肥: 雖然本實驗依照堆肥材料碳氮比參考資料將比例調製在碳氮比 1:25, 但豆渣因為殘渣細, 極容易溶於水, 腐敗速度很快, 使得水中短時間內 NH₄/NH₃ 濃度大幅提高, 使分解生物死亡。

(3) 浮水性植物腐化速度快, 很適合作為水中堆肥資材: 像水芙蓉、金魚藻、布袋蓮等浮水植物, 本身含水量較高, 所以比陸生植物更容易腐壞, 可作為水中堆肥調配碳氮比的最佳選擇之一。

(三) 本研究適用於新課綱中的「探究與實作」式的學習 (inquiry- and practice-based learning)

臺灣學生在科學學習上的特點是習慣套用公式, 直線單向地計算出標準答案。過多的紙筆測驗, 養成依循課本理論推演的思考方向。然而在實驗教學中, 食譜式步驟實驗操作, 讓學生只是在實驗中驗證課本上所發生的現象。

在新課綱中的「探究與實作」課程提供學生體驗科學實踐歷程以及整合應用各科知識的學習經驗。自然科不完全是知識的學習，「探究與實作」及素養導向學習都非常重要。學習自然科學需要比數學透過更多動手實驗與實作的機會與心中假設預測磨合激盪，才能悟透大自然的運作規則，否則研究學習的知識可能難以完整。

認知發展理論（theory of cognitive development）主張學習者實際上是靠自行建構獲得知識，而不是來自外在灌輸。本教學實作課程單元設計的目標具有以下特點：

1. 利用生活經驗與實境問題解決引發科學熱情
2. 新舊知識概念連結實作
3. 培養實驗技巧
4. 導入應用技術與工具使用方法
5. 實施多元評量。

本教學課程利用實驗、實作訓練學生與自然定律溝通、學習科學研究需要的過程性技能、熟悉實驗驗證並分析問題的方法，同時建構新的知識。

（四）實作課程可以搭配協同教學，也是最容易進行多元評量的課程

國中生實作課程中，狀況很多，有時是不能靜下心來專心聽講，有時是對工具好奇拿起來互相打鬧，容易發生危險。教學執行中，往往需要一位老師在旁協助督導，並催促學生跟緊進度。

由於宜蘭縣府教育處要求每次定期評量成績中必須佔有 20% 的多元評量成績。在實作課程中，常會需要學生用到紙筆計算以外的能力，因此多元評量的機會非常多，是一個訓練學生認知與技能相互結合的好機會。過程中也發現有些成績非常好的學生，在操作能力上非常薄弱，相對的一些學習成就較差的學生，操作技術卻非常熟練，因此實作課程是一個可以讓每種程度學生都能參與的教學課程。