

教育部 112 學年度科學教育專案 年度期中報告綱要

計畫編號：96

計畫名稱：具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程研發
與實驗研究(第三年)

主持人：吳和桔 (tg02@nsysu.kksh.kh.edu.tw)

執行單位：國立中山大學附屬國光高級中學

壹、計畫目的及內容-----

貳、研究方法及步驟-----

參、目前研究結果-----

肆、目前完成進度-----

伍、預定完成進度-----

陸、建議與討論(含遭遇之困難與解決方法)-----

柒、參考資料-----

壹、計畫目的及內容

一、計畫目的及內容

(一)研究計畫之背景

由於國內外正以「**素養(Competencies)**」及「**STEAM**」為教育核心，來思考國民教育課程的發展，期兼顧學習者的自我實現及社會的優質發展，例如：OECD(經濟合作與發展組織, 2016)的「**核心素養**」結構模型、我國十二年國民基本教育新課綱所強調的「**核心素養**」及各國「**STEAM**」教育議題...等。

1. OECD (經濟合作暨發展組織, 2016) 所定義素養除了需考量是每位國民都需具備，且其定義內容需與生活面向有關，包括辨識、理解、解釋、創新、溝通、計算、使用不同內容與形式的印刷或書寫文件的能力。更重要的是期使個人能透過不斷學習，持續發展新知識與能力，以達成個人目標並增加社會參與。因此，OECD 將素養能力分成三股(三個面向)，分別為**認知(Knowledge)**、**技能(Skills)**、**態度與價值(Attitude & Values)**，其中**認知**又細分三種：分別為**學科知識**、**跨學科知識與實用知識**；**技能**又細分為：**認知與後設認知技能**、**社會與情緒技能**、**勞動與實用性技能**。OECD 素養即是這三者揉合交織而成，在學習的過程中，透過**行動(Action)**整合學習，不斷地深化探究並厚實素養。

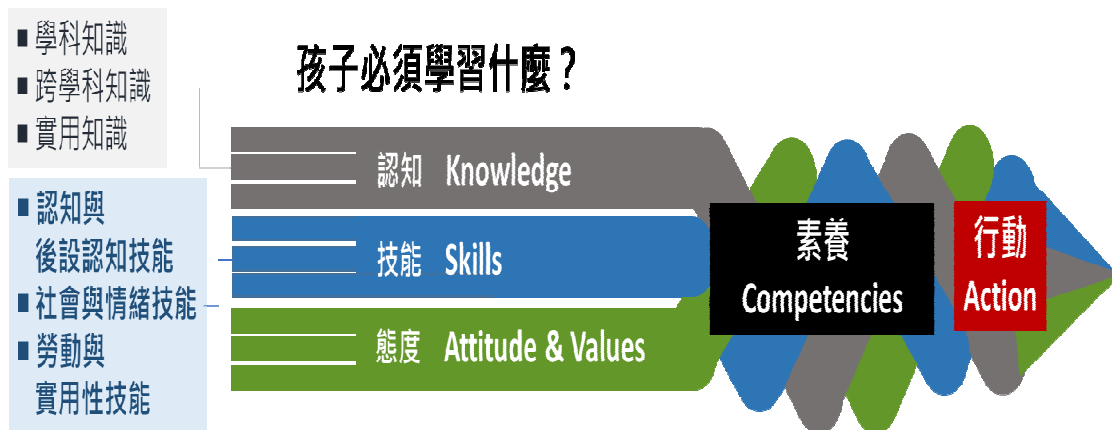


圖2.1: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)(2016)

世界各國 (彙整)	自主	互動	共好
A ttitude態度	品格 自重、毅力、誠實、自省、積極 人我 傾聽、開放、覺知、彈性 未來 好奇、好學、努力、勇氣、目標導向	誠實、關懷、包容、尊重、公平、同理、責任、有彈性	道德、社會正義、愛鄉愛民、關懷自然、參與公共事務、尊重包容多元文化
S kill技能	傾聽、創新、規劃制度、自我管理、自我精進、解決問題	溝通協調、人際關係運用、傳媒、團隊合作	領導能力、社會參與、組織群眾、公眾事務、應用科技擴大社會決策參與
K nowledge 認知	邏輯推理、獨立思考、跨域能力、批判思考、符號運用、系統思考、設計思考、解決問題、生命體悟	媒體識讀、資訊素養、情緒智慧、换位思考、美感素養、符號運用	美感素養、科技倫理、文化鑑賞、公民素養、文化素養、社會規範、環境永續、全球國際觀

圖2.2: 世界各國之素養內容彙整圖表(陳佩英、鄭毓瓊、鄭美瑜整理繪製)

2. 十二年國民基本教育所強調的「**核心素養**」是指一個人為適應現在生活及面對未來挑戰，所應具備的知識、能力與態度。「**核心素養**」強調學習不宜以學科知識及技能為限，而**應關注學習與生活的結合**，透過實踐力行而彰顯學習者的全人發展。



圖2.3: 十二年國民基本教育核心素養之三面九項轉輪圖

(陳佩英、鄭毓瓊、鄭美瑜整理繪製)

3. 十二年國民基本教育**自然科學領域核心素養**的內涵包含：(一) 提供學生探究學習、問題解決的機會並養成相關知能的「**探究能力**」；(二) 協助學生了解科學知識產生方式和養成應用科學思考與探究習慣的「**科學的態度與本質**」；(三) 引導學生學習科學知識的「**核心概念**」。藉由此三大內涵的實踐，培育十二年國民基本教育全人發展目標中的自然科學素養；同時，自然科學領域核心素養中注重觀察、邏輯思考、推理判斷，學生以此為據，進而習得知識規劃實驗操作，以達解決問題能力之培養等內涵，符合「自主行動」之「系統思考與問題解決」、「規劃執行與創新應變」之項目。自然科學領域學習重點涵蓋科學核心概念、探究能力、科學的態度與本質等三大範疇。「探究能力」及「科學的態度與本質」兩個向度為各階段學生的「學習表現」，而「科學核心概念」則呈現各學習階段具體的科學「學習內容」。其中「學習表現」與「學習內容」兩者關係至為密切、互為表裡。前者為預期各學習階段學生面對科學相關議題時，展現的科學探究能力與科學態度之學習表現。後者則展現本階段學生，認識當前人類對自然世界探索所累積的系統科學知識，也是作為探究解決問題過程中必要的起點基礎。自然科學課程應引導學生經由探究、閱讀與實作等多元方式，習得科學探究能力、養成科學態度，以獲得對科學知識內容的理解與應用能力。
4. 根據針對 15 歲學生為評量對象的「國際學生評量計畫」(Program for International Student Assessment, PISA) 定義「**科學素養**」是指「一個人可以運用一定的科學知識來確認問題，獲取新知，解釋科學現象，而且對於一些和科學有關的議題能夠做出以證據為依歸的結論，除此之外，他也應該知道「科學」是一種人類知識與探究的形式，也明白「科學」與「技術」是如何地在形塑我們的物質、知識以及文化環境。PISA 對科學素養定義(三種能力決定科學素養，PISA, 2015):<1>科學地解釋現象(Explain phenomena scientifically) <2>評估與設計科學探究(Evaluate and design scientific enquiry) <3>科學地詮釋數據與證據(Interpret data and evidence scientifically)。

在此同時，十二年國教課程之自然科學領域綱要中，也將「科學素養」定義為「使學生具備基本科學知識、探究與實作能力，能於實際生活中有效溝通、參與公民社會議題的決策與問題解決，且對媒體所報導的科學相關內容能理解並反思，培養求真求實的精神。」。由此可知，「科學素養」除了包括與科學相關的一些重要概念理解之外，也應該具備科學相關的基本語言與文字能力，以便針對相關的議題進行批判思考，與人溝通，甚至參與辯論（Hand, Prain, & Yore, 2001）。Yore和Treagust（2006）也認為，「科學素養」的提昇其實就應該包含人們在各類科學論述當中可以「閱讀與寫作」的能力，因為我們必須熟悉科學語言的使用方式，才能發揮批判思考的能力；也才能進一步了解科學的本質，科學的重要概念，甚至理解科學、技術、社會與環境等向度之間交互作用的相關性（圖2.3）。

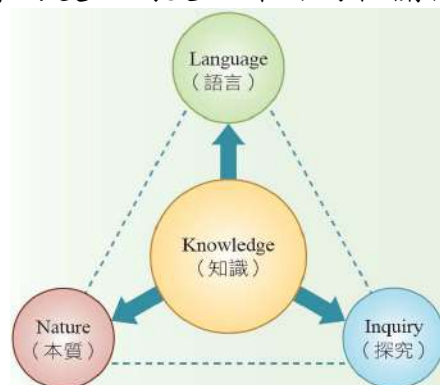


圖 2.4: 科學素養與閱讀素養的 LINK 連結

(Language/Inquiry/Nature/knowledge of Science)

- 近年「翻轉」教育興起，「教學」不再只是老師對學生的知識傳遞，老師的角色也從權威的「指導者」轉化為「引導者」、「促進者」和「協助者」，以啟發學生思維，師生也有更多互動。Borich(1992)指出「提問」能將老師所欲呈現的教學內容和學生的現有理解搭起橋樑。提問是西方教學中最常用且最有效的教學技巧之一(張玉成, 1999)。我國教育學家孔子也總是以提問方式開始師生之間的對話。

引導提問具有多樣性的功能，透過教師的提問能影響學生的態度、思考層次與學習成就。教師也可利用提問來增加學生的興趣和參與的動機、引導學生產生高層次的思考、活化課堂上的氣氛、刺激更多不同思維的可能、集中學生的注意力、診斷學生/檢視學習者，對於基礎知識與延伸知識的擴及程度、幫助學生發展概念或現象之間的關係、回顧或總結課程，以檢核學生的理解、評估學習成就(Martin, Sexton, Wagnef & Gerlovich, 1998)。

- 目前網路的全球化使國際競爭力進入創新能量(innovation)的展現，當我們思考如何培育新世代的創新能力時，回顧傳統教育歷程，常因欠缺「探究與實作」的課程，其也間接影響國家競爭力，因而出現今日的「翻轉」教育與「maker」教育。Maker常翻譯為自造者或創客(有過客之意)，在此特稱之為「自造家」(有專家之意)。Maker風潮-從「想」到「做」是目前最熱門話題，也被視為啟動未來創新的重要角色。「maker(自造家)」不只是DIY，也不只是3D列印或雷射切割與Arduino，它將帶動未來生活型態的改變。這股「探究與實作」及「Maker」風潮正吹向台灣，而台灣深厚的資通訊(Information and Communications Technology, ICT)基礎，可激勵更

多創意和創業的發展，成為產業轉型升級的重要助力。此時，「**探究與實作及應用**」和「**Maker**」精神(研習、創作、分享)與「作(實作)、用(使用/操作)、想(發想/創意)」及「學(自學/共學)、思(思辯)、達(表達/展演)」**教育的落實**，將成為影響未來競爭力的關鍵，並可迎接「**人工智慧大戰，搶攻科技未來**」的挑戰。

7. STEAM

(1)STEAM緣起

STEAM是5大學門Science(科學)、Technology(科技)、Engineering(工程)、Art(藝術)、Mathematics(數學)的縮寫與簡稱，也是當今國內外熱門的新興教育議題與趨勢。

STEAM教育的前身是STEM，起源於1986年美國國家科學委員會(National Science Board)在「Neal Report: undergraduate education statement」提到科學教育的改革。其提出由科學、科技、工程和數學整合的STEM教育模式，其建議系統化地培養科技人才、工程師、科學家及數學家，並作為美國國家競爭優勢的發展方向(國家競爭法案，America COMPETES Act)。所謂「國家競爭法案(America COMPETES Act)」，原文是America Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education, and Science Act(全美積極提升卓越科技、教育和科學法案)；2011年美國Georgette Yakman及Maeda 皆提出STEAM教育，即在STEM 教育的基礎上加入藝術的教育理論，以表現人類獨有的情感和創意，打造機器人搶不走的創造力，於是美國開始STEAM教育(陳怡倩，2017；Ayres, 2011; Maeda,2013)。南韓、新加坡也積極推動STEAM 教育，中國在2015年也將STEAM列為國家教育的重要方針，**台灣也在2018年將STEAM落實於十二年國教之中**(邱紹雯、許家齊、賓靜蓀，2017)。

(2)STEAM本質

STEAM教育的本質在於讓學生在真實的解決問題歷程中，培養創造思考、批判思考及問題解決時所需要的後設認知能力，同時將歷程中為了解決問題而習得的知識持續地進行學習遷移與意義化，其習得的知識與技能是完整且跨領域。亦即STEAM 統整學科知識的分際，將知識的獲取、方法與工具的應用、創新生產的過程以及情感、態度進行了動態的整合，在培養學生創新思維與實踐能力的同時，也展現出一種跨領域的融合創新。此外，由於 STEAM 具有跨領域的融合創新與務實的特性，不但拓展專業領域範圍，也帶動創業與產業創新(張玉山及楊雅茹，2016)。

(3)STEAM 圖像

目前STEM 教學的**實證研究**(Evidence-based research, EBR)顯示，其有助於提高學生的學習意願(Olds, Patel, Yalvac, Kanter, & Goel, 2004)、動機和興趣(Fang, 2013; Feldman, Sternheim, & Adams, 2008)、成績表現(Klein & Sherwood, 2005)、溝通和合作技巧(Zarske, Kotys-Schwartz, Sullivan, & Yowell, 2005)、擬定解決生活問題的計畫和任務(Zarske et al., 2005)、培養創新並與真實世界接軌(Watters & Diezmann, 2013)。

美國教育學者Yakman (2010) 所領導的團隊提出一個五層「金字塔」狀的立體**STEAM 圖像框架**(圖2.5)。此**圖像框架**陳述**STEAM**從最底層的廣域真實情境之具體

內容到最上層的整體最終目標。其各層級由下而上之意分別為：**第一層是具體內容**(content specific)層級，其具有科學、科技、工程、藝術和數學等學科特點的課程內容；**第二層是特定學科**(disciplines specific)層級，主要是深入探討不同領域內容的學科；**第三層是「STEM + A」是多學科**(multidisciplinary) 層級，主要是藝術的融入，以呈現藝術與人文內涵；**第四層是整體綜合層級**(integrative)，強調STEAM 教育在科學、科技、工程、藝術和數學等跨學科視角下，發現問題後，以具有藝術與人文內涵之跨領域整合實踐方案解決問題；**第五層是STEAM教育所設定與期待的整體全面的終極目標**(life-long lifelong holistic)，即培養學生終身學習的知能和情意，以適應社會變化。

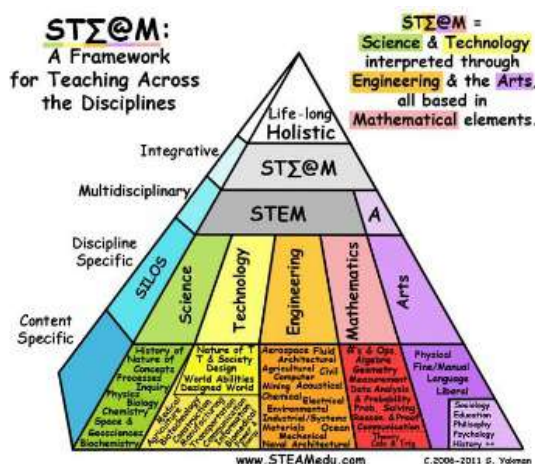


圖 2.5: STEAM 教育圖像框架

資料來源：取自 Yakman (2010)；STEAM Education (<https://steamedu.com/>)

(4)STEAM 教育

目前STEM 教學的**實證研究**(Evidence-based research, EBR)顯示，其有助於提高學生的學習意願(Olds, Patel,Yalvac, Kanter, & Goel, 2004)、動機和興趣(Fang, 2013; Feldman, Sternheim, & Adams,2008)、成績表現(Klein & Sherwood, 2005)、溝通和合作技巧(Zarske, Kotys-Schwartz,Sullivan, & Yowell, 2005)、擬定解決生活問題的計畫和任務(Zarske et al., 2005)、培養創新並與真實世界接軌(Watters & Diezmann, 2013)。

在STEAM 教育中，**科學**支援人們認識世界的規律，**工程和科技**支援人們根據社會需求改造世界，**藝術**說明人們以美好的形式豐富世界，**數學**則為人們發展和應用科學、工程、藝術及科技提供**思維方法**和**分析工具**（趙慧臣、陸曉婷，2016）。

STEAM 與 Maker(創客)已成為目前教育熱搜的關鍵字。STEAM 與 Maker 之間有何異似之處？一般而言，STEAM 與 Maker 最大的相似之處，就是皆強調研習、創新/創造/創作、分享；然而，STEAM 更強調知識的積累、知識的學習與背後蘊含的知識，其是否持續性的創新/創造/創作，根源在於是否有紮實、豐富的學識基礎；若沒有學識(學問知識)作基礎，那就無法持續**四創(創新/創造/創作/創業)**。STEAM 和 Maker 的結合是讓學生在解決問題過程中，探究、精熟解決問題所需要的知識與技能，同時強化自我效能及團體歸屬感的建立(Harvard Graduate School of Education, 2015; Martin, 2015)。因為在解決問題時，學生的思考活動與相應的抽象概念會被解決問題之動機激發，對抽象概念與真實經驗進行反覆驗證並完成概念遷移與概念意義化。

教育家蒙特梭利說：「我聽見了，但忘了；我看到，就記得了；我做過，我就懂了 (I hear, I forget. I see, I remember. I experience, I understand. -Dr. Maria Montessori)」。所以，目前常用的 STEAM 教學方式是以動手做(hands-on)、做中學 (Learning by doing) 或「Maker(創客)」為主，並以專案(或稱專題)導向學習 (Project-Based Learning)或問題導向學習 (Problem-based learning)進行。所謂專案導向學習 (Project-Based Learning) 是指基於建構主義理念的一種學習方式，其目的在消除在學習後知識僵化的現象，藉由專題安排複雜且真實的任務，統整不同學科領域知識的學習，學習者經由一連串的探索行動，以及合作學習的情境，學習問題解決的知能以及知識活用的技能(國家教育研究院)。所謂問題導向學習 (Problem-Based Learning)是指以學習者為中心並利用真實的問題來引發學習者討論，透過老師決定教學目標與進行問題的引導，藉由小組的架構培養學習者的思考、討論、批判與問題解決能力，有效提昇學習者自主學習的動機，並進行目標問題的知識建構、分享與整合(國家教育研究院)。

專案導向學習與問題導向學習的特性，在此兩種教學法中會出現許多子問題或子任務，此時教學者可依學習者的既有知識來新增、刪減、調整子問題或子任務的難度，以達到適性的教學效果。因不同的學生，有不同的先備知識與經驗，所以每個學生在解決問題的歷程中未必需要相同的知識與技能，只有當遇到解決問題困境時，學生才需要主動尋找自己所需要的解決問題之知識或技能。

美國馬里蘭大學的 Michael G. Pecht 教授提出 2 種 STEAM 教育課程模式，分別是相關(或稱為多學科，multidisciplinary)課程與廣域課程(broad field curriculum)或稱為跨學科(transdisciplinary)課程。相關課程是將各科目保留為獨立學科，但各科目教學內容的安排注重彼此的聯繫，以此建立 STEAM 教學模式；廣域課程則取消了學科之間的界限，並以來自真實生活的科技問題融入學生對社會、政治、經濟、國際關係及環境...等議題/問題的學習，不再帶有單一學科痕跡，而將所有學科內容整合到新的學習領域(議題導向)，以此建立 STEAM 教學模式。所謂廣域課程(國家教育研究院)是指比較寬廣的課程領域，其統合較廣知識分支內各科目為課程內容。廣域課程是對傳統學科組織法的一種修正，其目的在打破原有學科組織的界限，消除傳統分科的本位作風，將過去分割的知識融合統整為一體，除讓不同科目的內容建立起關係外，亦可讓學生對於整個較大的知識領域有統合的觀念。

簡言之，STEAM 教育不再強調傳統單一學科的獨立存在，而是將科學、技術、工程、藝術與數學等 5 大學科內容整合到新的學習領域，即以多學科或跨學科的專題(或稱專案)、問題或真實生活的議題為導向，形成可解決真實生活問題功能的有系統組織結構的跨學科教育新模式。

綜上所述，目前教育核心理念與趨勢，就是「素養」與「能力」的教育。各國皆積極推展跨學科整合性的STEAM素養之科學探究與實作教育，藉由提供學生統整性的學習經驗，培養學生解決真實世界問題的知識、能力及素養，並能積極反思、參與全球議題，以提升國際競爭力。

8. STREAMS 素養

傳統教育皆已涵蓋 STEAM 這五門學科，為何再提出 **STREAMS** (**S**cience 科學/學說/學理、**T**echnology 科技/技術/技藝、**R**eading 閱讀文章/文獻回顧/發展方案、**E**ngineering 工程/工作程序/標準作業程序<SOP>最佳化、**A**rt/Aesthetics 藝術/美學/視覺<色彩/造型>/聽覺<音樂旋律/歌曲>/觸覺<人體工學>...**感官知覺...感覺**、**M**athematics 數學、**S**ociety 社會/歷史/人文(文化、語文、故事)/地理/生態/環境)？

計畫主持人 吳和桔老師所提出的 **STREAMS** 教育之「心念(心思念頭)」，主要是有感於學生的文本媒材「閱讀」能力與素養不足及關心周遭「人文社會與生態環境」動力不足，此 **STREAMS** 教育中的 **R**(Reading, 閱讀/閱讀文章/文獻回顧/發展方案)正可**補強**學生的閱讀能力與素養及最後的 **S**(Society 社會、歷史、人文<文化、語文、故事>、地理、生態、環境)正可**喚醒**學生關心周遭「人文社會與生態環境」意念。

STREAMS 素養除了強調這 7 門學科之間的融合外，更著重於「非認知能力」的素養。所謂「非認知能力」是指學科知識以外的能力，例如：毅力、信心、品味、自制力、溝通能力、團隊協作、主動學習，「**運算思維**」也可歸類在「非認知能力」內。這些「非認知能力」也是四創(創意、創造、創新、創業)能力與終生學習及全人教育不可或缺的要素。

STREAMS 素養的獨特價值，不僅是 7 個學門領域範疇的交集(教學起點是學生所熟悉的生活情境問題)，更在於**其有系統有組織地統整跨域知能**，並提供真實生活的學習情境，進行高層次思維與積極情感的投入，解決真實世界的複雜問題，進而全面提升學生知識、能力與情意態度，以適應未知的未來生活與挑戰。其更符合 STEAM 教學圖像框架中的最頂層目標(life-long holistic)，更能**培養學生整體且全面的終身學習之知能與情意和素養**。

綜上所述，本計畫「具 **STREAMS** 素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究」，將以跨領域之**議題導向(Issue-oriented)**為主軸，議題主軸將選定與永續發展息息相關的**環境議題(能源、空污...)**為起始，期將 **STEAM** 再進化擴增為 **STREAMS**，即在 STEAM 已有的「**自然科學(Natural sciences)**」，再加入「**人文社會科學(Humanities and Social Sciences)**」，發展成為兼備「**自然科學(基礎科學與應用科學)**」與「**人文社會科學**」之**科學探究與實作及應用之可解決真實生活問題的教育新模式**，期在教育現場扎根 **STREAMS** 素養內涵，並為下一代的國際競爭優勢鋪路與啟航，以提升國際競爭力。

(二)研究計畫之目的及內容

本計畫屬三年期計畫(110/8/1~113/7/31)，主要計畫內容是延續 107~109 學年度有關“無線電力傳輸(充電)與太陽光電及空氣污染防制淨化…等環境議題相關之**基礎科學探究與實作**”之成果，且其著重在應用科學向度與範疇，並將依前述基礎科學探究與實作之研究成果，進一步緊密融合生活科技的硬體設計與實作及資訊科技之程式設計與實作，**進行真實情境的問題解決(環境議題)**，以完備整個“**科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究**”。此外，本計畫亦將於校內外推廣前期基礎科學探究與實作之成果，並進行**滾動式修正**，以試煉本“**科學探究與實作及應用**”之成果。

今年所申請的 112 學年度計畫為第三年計畫期程(112/8/1~113/7/31)。其主要內容是以**空氣污染**之基礎科學探究與實作為起始，繼續加深加廣其基礎科學探究與實作之科研活動，後續再進行生活科技之**空氣清淨機**硬體設計與實作及資訊科技之**空氣品質監測與淨化**之軟體程式設計與實作，最後完成“**具物聯網功能之空氣品質監測與淨化之科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究**”，以符合真實情境之科學應用，例如：**具物聯網功能之太陽能無線電力傳輸充電供電之空氣清淨機(定點，可裝置於市區路口紅綠燈桿或路燈上，以淨化市區空氣)或空氣清淨車(動點，類似垃圾車動線，以淨化市區空氣)**。

綜觀本計畫三年期程(110/8/1~113/7/31)除延續與試煉 107~109 學年度(108/8/1~110/7/31)之**基礎科學探究與實作**之成果及繼續加深加廣其基礎科學探究與實作之科研活動外，**並將進階發展成應用科學底蘊內涵之計畫**，以解決真實情境問題(環境議題)，即發展一套“**具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究模組**”，以完備整個“**科學探究與實作及應用**”之創新課程研發與實驗研究，並符合真實情境之科學應用(例如：本計畫之環境議題)。

本計畫「**具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究**」，將以「**科學始自觀察**」及「**科技始終來自人性**」和「**問題解決始終來自於找到生命出口**」為理念，並以「**問題解決**」為目標。同時以「**素養**」為導向，輔以「**文本媒材之閱讀視聽**」為起點，並以「**解決真實情境問題**」為主軸，從「**現象觀察及議題探究**」出發，引導學生探究生活周遭的問題，進而解決真實世界的生活問題。課程活動設計將採用「**以終為始**」及「**素養導向**」設計並運用「**POEC**」探究教學法，將學習經驗整合、深化，以達「**學習遷移**」效果。在教學過程中，將以「**學生學習**」為中

心，並適時提供「鷹架」，引導學生建構自己特有的學習歷程樣態，以涵育學生自發(本體觀)、互動(認識觀)、共好(倫理觀)、利他(人際觀)、生活(生命觀)…等素養(素質涵養)，進而培養學生「科學探究」與「科技實作」及「問題解決」能力；計畫進行之同時，隨時進行滾動式修正，以發展校本特色課程，作為微課程、彈性學習課程、加深加廣課程、多元選修課程、社團活動、科學營隊活動…等課程的前導課程，期使學生將「素養」紮根於生活與文化之中並應用「科學探究」與「科技實作」的知能，進行「問題解決」。同時，藉不斷提升「素養」，貢獻於人類世界的經濟成長、社會進步、環境保護三個永續發展面向，以符應聯合國 2030 年永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs) 及聯合國教科文組織(UNESCO) 所提出的 8 項永續發展素養《永續發展目標教育：教學目標》(Education for SDGs: Learning Objectives, 2017)。

簡言之，本計畫「具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究」將整合跨域知識(Science 科學/學說/學理、Technology 科技/技術、Reading 閱讀文章/文獻回顧/發展方案、Engineering 工程/工作程序、Aesthetics/Art 美學/造型/色彩/感覺、Mathematics 數學/數學式/關係式、Society 社會/歷史/人文(語文故事)/生態/環境，STREAMS)，並藉此機會播下「探究與實作」與「maker(創意自造家)」種子，期在校園中萌芽、成長、茁壯，向下扎根，往上發展，提升學生「四創(創意、創新、創造、創業)」能力、涵育學生自發(本體觀)、互動(認識觀)、共好(倫理觀)、利他(人際觀)、生活(生命觀)；並在「主觀、客觀、宏觀、達觀」的生命發展歷程中，成就每一個孩子(適性揚才/終身學習)、啟發生命潛能、陶養生活知能、促進生涯發展、涵育公民責任、永續生態環境，符應 12 年國民基本教育理念(自發、互動、共好)，達成全人教育目標；且在「物性、人性、心性(良心善念)、靈性(靈犀靈感)」的人生感悟歷程中，對「時間的運用」、「生活的重點」、「生命的重心」、「人生的目標」詮釋並體認「生命的意義」與「生活的目的」，享受生命的美好。換言之，本計畫之教學目標是以解決真實情境的「生活問題」為知能目標，並以(1)引燃「終生學習」熱情(2)激發「動手實作」意念(3)享受「解決問題」喜悅(4)實踐「生命出口」信念(5)體現「合作學習」真諦(6)感受「專題作品」成就(7)累積「人生歷程」智慧(8)感悟「正面積極」人生觀與使命感為情意目標(人生觀感)。

綜上所述，本研究計畫之目的簡列如下：

1. 提升教師教學知能與素養

- (1) 提升教師選編科學閱讀文本媒材能力與素養
- (2) 提教師科普文章寫作能力與素養
- (3) 提升教師「STREAMS 素養內涵」之課程設計能力與素養
- (4) 提升教師資訊科技運用能力與素養(程式設計與實作及應用、電腦輔助繪圖設計與製造…)
- (5) 提升教師新興科技的概念與素養(綠色能源科技、物聯網、人工智慧…)
- (6) 提升校本特色課程(STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用)研發能力與素養

2.提升學生學習效能與素養

- (1)提升學生科學文本媒材之閱讀與視聽及寫作能力與素養
- (2)提升學生科學探究與實作及應用能力與素養
- (3)提升學生資訊科技運用能力與素養(程式設計與實作及應用、電腦輔助繪圖設計與製造…)
- (4)提升學生新興科技的概念與素養(綠色能源科技、物聯網、人工智慧…)
- (5)提升學生實作工具、儀器、設備、正確安全使用素養與材料選用能力與素養
- (6)協助學生統整跨域知識 (STREAMS) 能力與素養
- (7)提升學生創意自造(maker)能力與素養
- (8)提升學生四創(創意/創新/創造/創業)能力與素養

3.提升學校行政動能與支援教師創新課程研發及實驗

- (1)建置學校「STREAMS 素養內涵」之科學探究與實作及應用課程網
- (2)建立學校「STREAMS 素養內涵」之科學探究與實作及應用課程評量規準
- (3)彙編學校「STREAMS 素養內涵」之科學探究與實作及應用課程研發與實驗之成果報告
- (4)分享學校「STREAMS 素養內涵」之科學探究與實作及應用課程行政經驗與資源
例如:課程規劃、排課、選修、加退選...等課務行政支援教學活動經驗
- (5)推廣學校「STREAMS 素養內涵」之科學探究與實作及應用課程研發與實驗之成果

(三)研究計畫之特色

本計畫「具STREAMS素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究」之主要特色為「素養」與「STREAMS」整合之「STREAMS素養內涵」之全人教育，是將整個科學教育(基礎科學、應用科學、社會科學)融入全人教育並以科學教育為起點，進而統整各學習領域，以達跨域整合學習之全人教育。其與STEM、STEAM、STEAMS不同，更與"SSI" 及"STS"不同，而非只注重科學、技術和社會三者之間的複雜關係，且實質上，"STREAMS"與"SSI" 及"STS"不同，其兼容人文、藝術、文化…等內容，更易達成全人教育。摘要簡述如下：

本計劃所提出之""STREAMS"為Science 科學/學說/學理、Technology 科技/技術/技藝、Reading 閱讀文章/文獻回顧/發展方案、Engineering 工程/工作程序/標準作業程序<SOP>/最佳化、Art/Aesthetics 藝術/美學/視覺<色彩/造型>/聽覺<音樂旋律/歌曲>/觸覺<人體工學>…感官知覺…感覺、Mathematics 數學、Society 社會/歷史/人文(文化、語文、故事)/地理/生態/環境之英文字首的簡寫。

STREAMS 素養除了強調這7門學科之間的融合外，更著重於「非認知能力」的素養。所謂「非認知能力」是指學科知識以外的能力，例如：毅力、信心、品味、自制力、溝通能力、團隊協作、主動學習，「運算思維」也可歸類在「非認知能力」內。這些「非認知能力」也是四創(創意、創造、創新、創業)能力與終生學習及全人教育不可或缺的元素。

STREAMS素養的獨特價值，不僅是7個學門領域範疇的交集(教學起點是學生所熟悉的生活情境問題)，更在於其有系統有組織地統整跨域知能，並提供真實生活的學習情境，進行高層次思維與積極情感的投入，解決真實世界的複雜問題，進而全面提升學生知識、能力與情意態度，以適應未知的未來生活與挑戰。其更符合STEAM教學圖像框架中的最頂層目標(life-long holistic)，更能培養學生整體且全面的終身學習之知能與情意和素養。

所謂 SSI 是指「社會性科學議題(socioscientific issues; SSI)」的簡稱，它是因科技進步或應用所引起的社會議題，例如核能發電的使用、基因改造食物的種植、電磁輻射的危害與否、生物複製的極限……等。從這些例子我們可以了解到，解決這類問題時，會因觀點不同而有不同的論點出現，進而會衍生出不同的解決方案。

資料來源：<http://sts.org.tw/archives/72>

所謂 STS 是指「科學、科技和社會 (Science, technology and society, STS)」的簡稱，它強調科學教育應注重「科學、科技和社會」的互動，而非只講究科學概念之學習。STS 為 1980 年代以後科學教育家所提出，針對科技所帶來的「社會問題」，為培養具有科學素養能力的公民而發展的科學教育概念。此一學門主要在研究科學與社會間之交互關係，也就是說研究科學對社會的衝擊及社會對科學的影響(Yager, 1984)。資料來源：<http://www.nhu.edu.tw/~society/e-j/63/63-39.htm>

此外，STS 也揭示科學、技術和社會三者之間的複雜關係，研究科學、技術對社會產生的正負效應。其目的是要改變科學和技術分離，科學、技術和社會脫節的狀態，使科學、技術更好地造福於人類。STS 研究和 STS 教育始於 60~70 年代西方發達國家。科學技術迅速發展，帶來了經濟發達、社會繁榮、人們生活幸福，但與科學技術發展有關的重大社會問題（如環境、生態、人口、能源、資源等等）也隨之不斷出現。為瞭解決這些問題，STS 教育應運而生，可說 STS 教育的產生是社會發展的需要。資料來源：<https://wiki.mbalib.com/zh-tw/Sts>

綜上所述，「具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究」之主要特色是「素養」與「STREAMS」整合之「STREAMS 素養內涵」之全人教育，更是將整個科學教育(基礎科學、應用科學、社會科學)融入全人教育並以科學教育為起點，進而統整各學習領域，以達跨域整合學習之全人教育。其有別於 STEM、STEAM、STREAMS、SSI 及 STS，且其出發點並非有另創名詞之用意，亦非只注重科學、技術和社會三者之間的複雜關係，且實質上，STREAMS 與 SSI 及 STS 不同，其兼容人文、藝術、文化…等內容，並兼具「自然科學(基礎科學與應用科學)」與「人文社會科學」，可培養學生整體且全面的終身學習之知能與情意和素養，更易達成全人教育。

貳、研究方法及步驟

研究對象：

1. 國二自然與生活科技領域課程:人數約90人(3個班)，於每週各2節課融入課程。
2. 國三自然與生活科技領域課程:人數約90人(3個班)，於每週各2節課融入課程。
3. 高一多元選修課程:數位元件實作課程學生約40人，於每週一上午第1-2節融入課程。
4. 高二生活科技課程:人數約40人，於每週2節融入課程。
5. 高三加深加廣課程:科技應用之課程學生約40人，於每週各2節課融入課程。
6. 高三多元選修課程:Arduino 玩創客之課程學生約40人，於每週各2節課融入課程。
7. 創意綠色科技社團學生約40人，於隔週星期五下午第5-6節(13:20-15:10)融入課程。

上述校內研究對象合計約380人。

(一)研究方法與步驟

本計畫將採用(1)台灣師範大學陳佩英教授所領導的愛思客團隊所發展的跨領域素養導向課程設計(2)藍偉瑩等人於素養導向課程設計工作坊所提的素養導向課程設計(3)彰化師範大學段曉林教授所主持的全國中小學科學教師探究課程設計與執行能力計畫中所提的素養導向課程設計與科學探究與實作之方法，進行“**具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作之創新課程研發與實驗研究**”。

以下說明本計畫之研究方法與步驟：

1. 科學文本媒材之閱讀與視聽及寫作

首先，教師提供科學閱讀文本與視聽媒材或網路資源，學生以分組合作學習方式進行科學文本媒材之閱讀與視聽及寫作，並採用 ORID 焦點討論法引導學生進行主題討論，輔以引導提問方式進行科學探究。前述焦點討論法 (Focused Conversation Method - ORID) 是加拿大文化事業學會 (ICA, The Institute of Cultural Affairs) 開發的一種借助有效提問推動深入思考、增進有意義學習及增強團隊溝通的討論方法。本計畫科學閱讀的學習單將透過「**關鍵在問**」(The art of Focused Conversation for schools)一書中的部分舉例，針對學生進行科學閱讀可能遇到的情況，應用焦點討論法進行科學閱讀，以提升學生的科學文本媒材之閱讀與視聽及寫作能力。

焦點討論法是由四個層次的問題構成，分別為 O (Objective) 客觀性的層次、R (Reflective/Responsive) 反映/反應性的層次、I (Interpretive) 詮釋性的層次、D (Decisional) 決定性的層次。藉由對團隊成員進行有結構性的提問，讓參與者能夠充分理解其他成員對於此討論主題的理解與感受，並能共同聚焦，深入對話，形成產出。其說明如下表：

表3.1：ORID 焦點討論法問題層次表

問題的層次	目的	說明
<p>O</p> <p>Objective</p> <p>客觀性的層次</p>	<p>得到客觀 訊息</p>	<p>得到主題的客觀訊息，發生的事實、資訊、資料，及對外在現況的感知，讓成員們各自貢獻不同的觀察，讓事實能更完整地呈現。當合宜運用O層次的提問時，可以廣泛地蒐集事實的全貌，掌握參與者對於事實的初步理解；亦能達到邀請所有參與者願意發言的效果。</p>
<p>R</p> <p>Reflective/ Responsive</p> <p>反映/反應性的 層次</p>	<p>反映自身 感受</p>	<p>對於客觀資料立即出現的反應與內在的回應，引導參與者闡述所產生的情緒與反應，與過去經驗記憶作質接性的聯想與連結。當合宜運用R層次的提問時，能夠協助團隊成員說出不易表達的感受，並能協助之後順利形成獨特的觀點。</p>
<p>I</p> <p>Interpretiv</p> <p>詮釋性的層次</p>	<p>呈現多元 觀點</p>	<p>就事情找出其意義與重要性、目標與理由、價值、原則和類別、選擇可能性、推理與方向判斷。當合宜運用I層次的提問時，可協助參與者就討論主題進行詮釋，並接納其他成員不同意見的表達；深入探索意見形成的原因，使參與者對於討論內容有更深入、更廣闊的了解。</p>
<p>D</p> <p>Decisional</p> <p>決定性的層次</p>	<p>產出新的 方案</p>	<p>喚起行動、決定、決心、行為轉變、提出解決方案選擇、共識、實施與承諾具體實踐。當合宜運用D層次的提問時，能夠幫助參與者聚焦談話內容，凝聚形成具體想法或計畫，開啟新的產出或方案。</p>

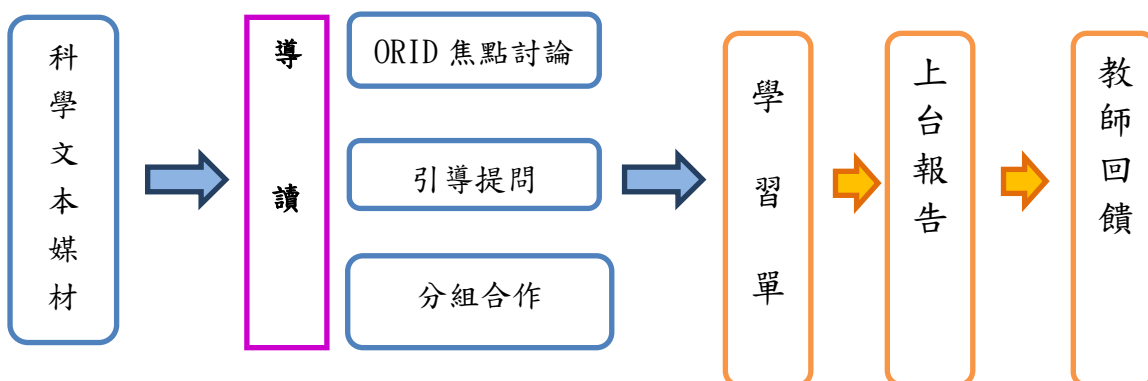


圖 3.1:提升學生科學閱讀素養流程圖

四個課堂常見的問題形式

問題類型	範例	目的	提問次數
吸引式問題	熊熊三兄弟大大、胖達、阿極誰的家會因受地球暖化影響？	引起動機	一次
誘答式問題	植物會行什麼作用來固定碳？	指出單一正確答案	一次
引導式問題	溫室效應造成溫度上升的機制為何？	逐漸引導至正確答案	數次
核心式問題	請估計還要多久，人類才會因全球暖化造成的效應嚴重影響生活？	引起探究 培養態度 培養能力	不斷重複提問

Source :ASK

核心問題的特徵

1. 是開放性問題
2. 能刺激思考和挑戰心智
3. 需要高層次思考
4. 是學科領域裡很重要、可遷移應用的想法
5. 引發另外的問題
6. 要求支持證據和正當理由
7. 隨著學習發展的時間重複出現

Source :ASK



圖 3.2: 提問問題的聯想(ASK)

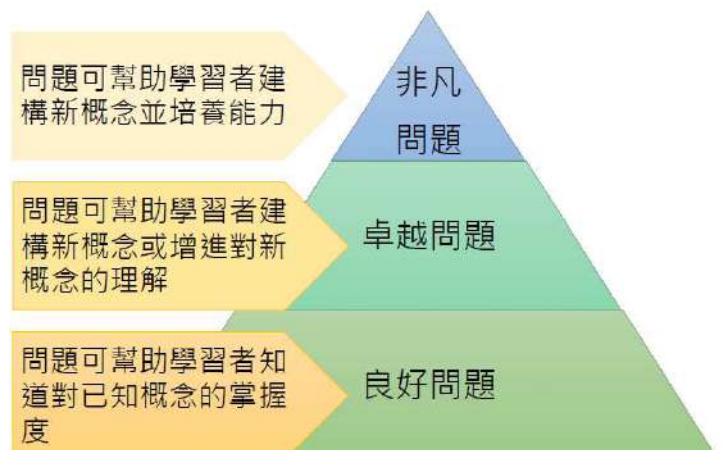


圖 3.3: 教師提問問題層次圖(ASK)

2. 素養導向課程設計

「跨領域素養導向課程設計」是以解決真實情境問題出發，從現象觀察及議題探究作為學習起點的課程設計。在課程類型上，較貼近於問題導向學習

(problem-based learning)、專題導向學習(project-based learning)或是現象導向學習(phenomenon-based learning)，期望培養學生具備自發、互動、共好的核心素養，習得主動探究、解決問題、創意思考、設計思考、批判思考、團隊合作……等等技能，以適應未來環境的急遽變遷。

在傳統教學中，常藉由呈現大量事實(fact)或主題課程(topic/theme)提供學生學習內容。然而，在缺乏脈絡與整合的情況下，學生在學習過程面對眾多的單一現象或零碎知識，再加上陌生且缺乏連貫的情境，學習歷程中往往會產生更多新的問題。當師生在課堂中無法一一釐清、解決這些問題時，學生往往只能流於記憶、背誦、複製教師的想法，非但未能進行深刻的探究學習，更遑論產生解決方案。

因此，如何讓課程設計能跳脫流於零碎、單一情境化的呈現事實或主題課程，便是重要關鍵。藉由完善的課程設計，能讓學生習得更為廣泛且可遷移的大概念(concept)，並將這些概念進行概化、通則化(generalization)，以利未來遷移、轉化、應用到其他未知情境，這是跨領域素養導向課程設計的重要目標。至於**核心問題(essential question)**在課程中的角色便是提供一條連結「事實」、「主題」到「產生概化」的探究路徑。學生能在核心問題所導引出來的探究過程中培養相關認知、技能與態度的素養，並達到「學習遷移」的效果。

若以能源取捨議題為例，在課程設計上可分為若干主題(見下圖)，在「**智慧太陽能無線電力傳輸主題**」中，教師透過事實呈現與親身體驗，引導學生探索人類所製造出來不能循環利用、「永恆」的垃圾(非再生能源)，藉由氣候或生物食物鏈的循環系統，最後影響到人類自己的歷程。在「消費不只買與賣」的主題中，藉由實察與記錄，則是帶領學生體察因個人過度消費而形成過多的資源消耗，所產生的**污染物亦在無形中影響環境生態**，進而提出以責任消費或社會創新的方案與行動。

在主題探究的過程中，「**核心問題**」便是用以引導學生將概念概化的重要關鍵。例如，藉由**核心問題——能源哪裡來、能源如何影響其他生物、人類受空氣污染的影響有多大、我可以從哪個環節找到最好的槓桿解……**，學生透過核心問題的探索，能將重要的概念，如：循環、系統、平衡、永續，加以概化理解，而產生「地球資源有限，生態循環系統如氣候及食物鏈是環環相扣」、「解決問題需要系統思考並共同承擔責任及後果」的認知結果。學生從「**主題事實→概念→概化**」的探究學習歷程，除了能跳脫「**能源危機**」、「**空氣污染**」等等焦點式議題的學習，避免只停留在事實層次的理解，提升學習的層次；更可以藉由概念或是概化的學習歷程，進而將學習經驗遷移到其他議題情境，例如：全球暖化、基因科技發展或是其他新興議題(能源、物聯網、人工智慧…)。如此才能使學習有效串連到真實的生活情境，並為學生裝載具備回應未來世界諸多挑戰的能力與素養(素質涵養)。

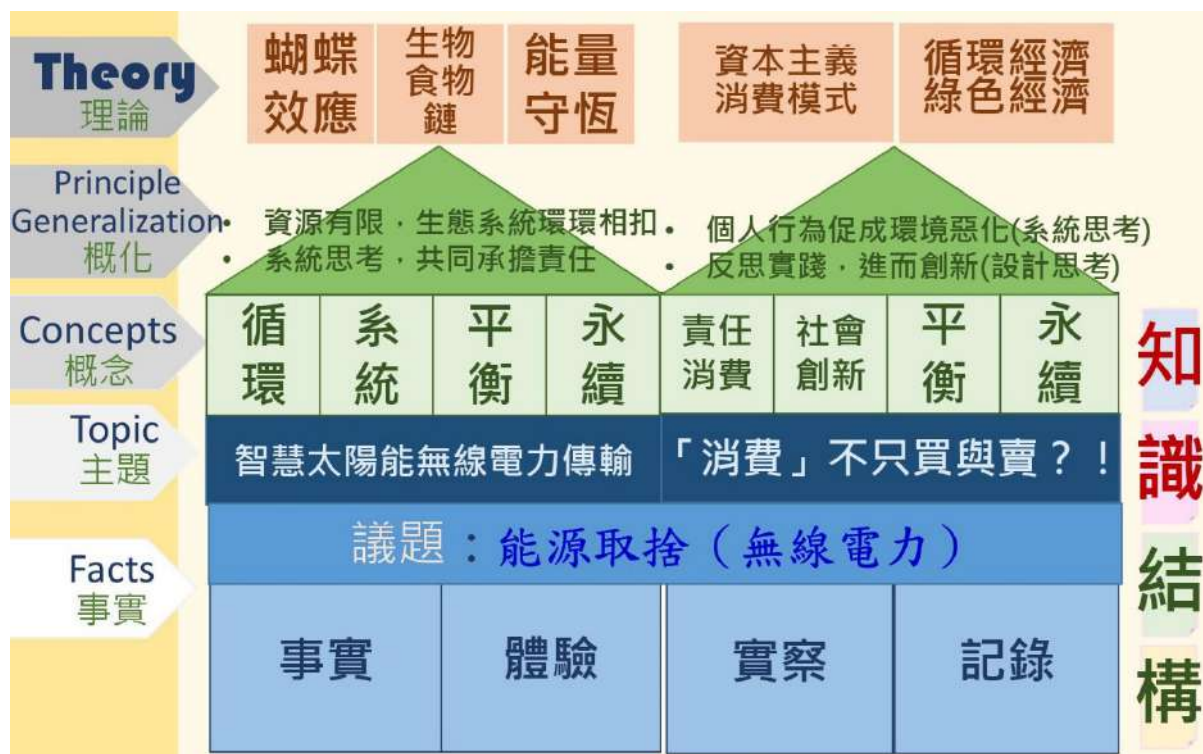


圖3.4: 能源取捨相關議題之知識結構示例(修改自 ASK 資料)

整個跨領域素養導向課程設計的中心點為**核心問題**及**核心素養**。核心問題之所以重要的原因是，它能協助教師畫出貫串學生在整體課程學習中會經驗到的探究路線，一個好的核心問題能引發學生能深入且持續性的探究。至於，核心素養之所以關鍵，它的設定能確保學生在課程結束後，能將所學遷移到解決未來的問題。



圖3.5: 素養導向課程設計核心問題位階圖(ASK、計畫主持人增編)

當課程核心問題與核心素養確定後，即可進行課程定位起點的掃描，也就是關於學生學習起點與特質背景的討論。當然在討論課程時，也須將關注的視角擴大，連結學校的學生圖像、**願景目標**，以及與整體課程學習地圖的關聯性。

當討論課程的工作目標時，則需討論學生在經歷課程後所能產生的具體、可觀察的「學習目標」，並再核對各領綱所寫的「學習表現」與「學習內容」。更需

要有用以評量學生確實達成學習目標、具有真實情境脈絡、用以解決問題的「表現任務」。在將學生應有的「起點」與「輸出」設定完畢，再進行細部的主題設計，如單元概念內容、每個單元主題所設定的多元評量，及選用哪些合宜的學習材料。最後，再評估與擬定適當的教學策略，諸如學習活動、學習策略、團體動力，以促進學生學習的效能；並須考量支援學生主動學習時的軟硬體資源，包括學習資源、媒介工具與環境準備，藉由各種軟硬體設施工具的催化，以引動學生自主探究的熱情與持續學習的精神。

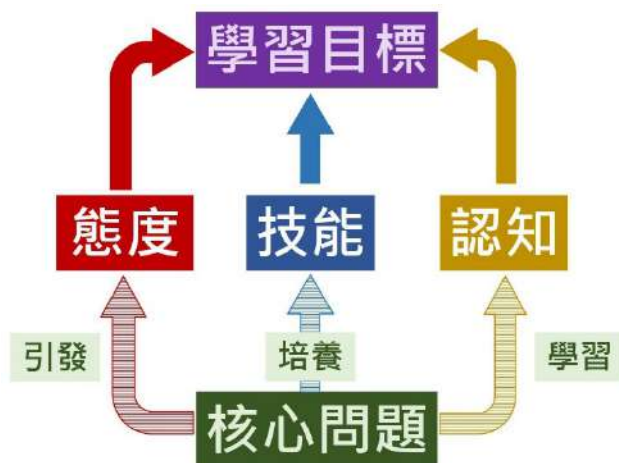


圖3.6: 素養導向課程設計核心問題與學習目標關係圖(ASK)

2.1 素養導向課程設計流程

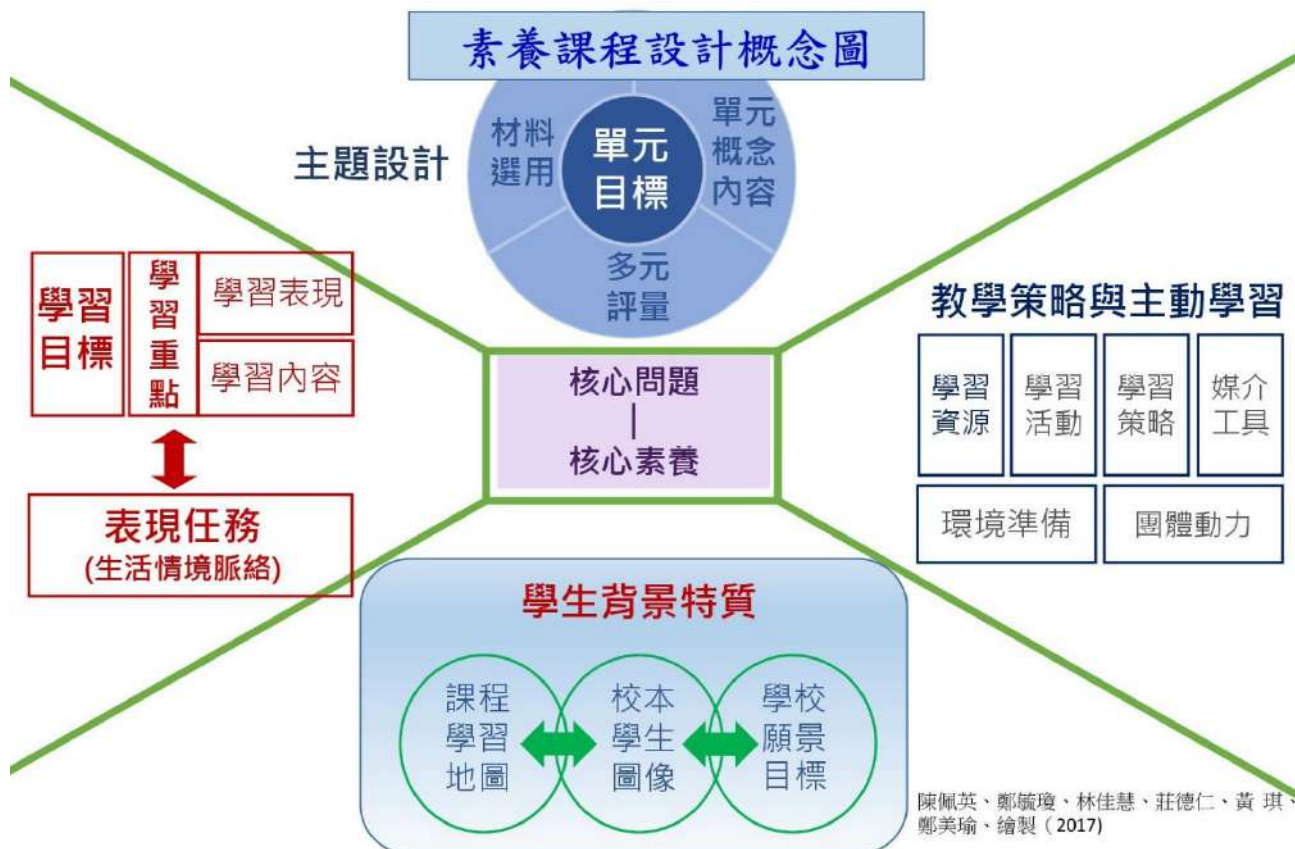
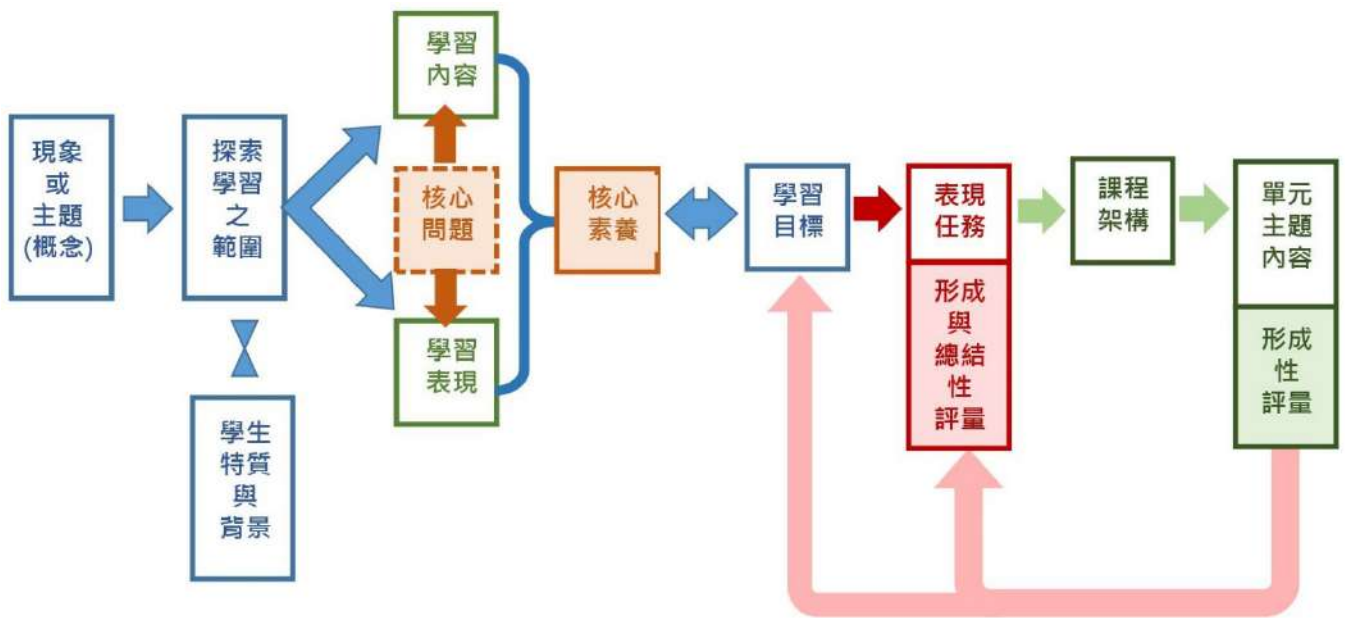


圖3.7: 素養導向課程設計概念圖

陳佩英、鄭毓瓊、林佳慧、莊德仁、黃琪、鄭美瑜、繪製 (2017)



陳佩英、鄭毓瓊繪製 (2017)

圖3.8:課程設計思考流程圖

陳佩英、鄭毓瓊、林佳慧、莊德仁、黃琪、鄭美瑜、繪製 (2017)



圖 3.9:素養導向課程設計的三個部分(藍偉瑩)

2.2 素養導向課程設計原則



圖 3.10:素養導向課程設計四大原則(藍偉瑩)

2.3 素養導向課程設計步驟



圖 3.11: 素養導向課程設計步驟(藍偉瑩)

3. 科學探究與實作及應用

3.1 科學探究與動手做活動、實務操作、科學實驗活動比較

表 3.2: 科學探究與動手做活動比較(段曉林)

科學探究	動手做
嚴謹的觀察，確認自變項與依變項	依據自己的直覺不斷操作物件
進行活動前事先設計研究流程	利用直覺的方式探索可能的原因
依據研究設計執行探究	找到答案或是操作物件，滿足自己的好奇心
系統化的收集資料與分析資料	
由資料中建立發現與結論	

表 3.3: 科學探究與實務操作比較(段曉林)

實務操作	科學探究
提出問題(科學)，確認問題(工程)	提出問題
發展以及應用模型	
設計以及執行探究	設計以及執行探究
分析以及詮釋資料	分析以及詮釋資料
運用數學以及計算的思考	運用數學以及計算的思考
建構解釋(科學)、解決問題的方法(工程)	解釋科學資料
透過證據參與論證的歷程	透過證據參與論證的歷程
獲得、評鑑與溝通所研發出的資訊	獲得與溝通所研發出的資訊

表 3.4: 科學探究與科學實驗活動比較(段曉林)

科學實驗活動	科學探究活動
活動場域：實驗室	活動場域沒限制
實驗問題確認	探究問題自行發掘
實驗步驟與器材已經確認	彈性設計以及執行探究
數據表格已經確認	彈性收集與分析資料
資料收集須按實驗步驟操作	收集與分析資料彈性
解釋實驗資料時驗證課本知識	解釋資料時創造知識
學生學會驗證知識	學生學會主動建構知識

科學始自『觀察』



圖 3.12: 科學始自觀察示意圖(吳月玲)

3.2 探究與實作之 ASK 整合

A.S.K的整合



圖 3.13: 探究與實作之 ASK 整合圖(吳月玲)

3.3 探究教學要點



圖 3.14: 探究教學要點圖(段曉林)

4. 創新課程教材、教具、教案研發方式

本計畫「具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究」之課程所需教材、教具/輔具與教案，將以前期計畫所研發的課程與教學實驗成果及現有的教學資源為基礎，繼續發展與優化並研發本計畫課程所需教材、教具/輔具與教案及相關教學媒材。前期成果與現有教學資源，請參閱附件或成果網。kksh 素養導向之科學探究與實作成果網



<https://tinyurl.com/cj3ebr6e>

簡言之，本計畫之研究步驟流程如下所述：

具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究



問卷將採用修改自彰化師範大學段曉林教授領導團隊所設計的問題

(已獲授權同意使用且僅限於本研究、授權書請參閱附件六)

照片 問卷授權使用同意書 彰師大段曉林教授授權吳和桔使用 107.10.13

https://drive.google.com/drive/folders/1VRp8sH1I5J-ZJKDVSGDt_GcVqqlETpXk?usp=sharing (作者權限，請勿點進)

4.1 課程教材、教案、教學活動設計

下圖為本計畫「具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究」之跨域整合的課程、教案、教學活動示意圖。

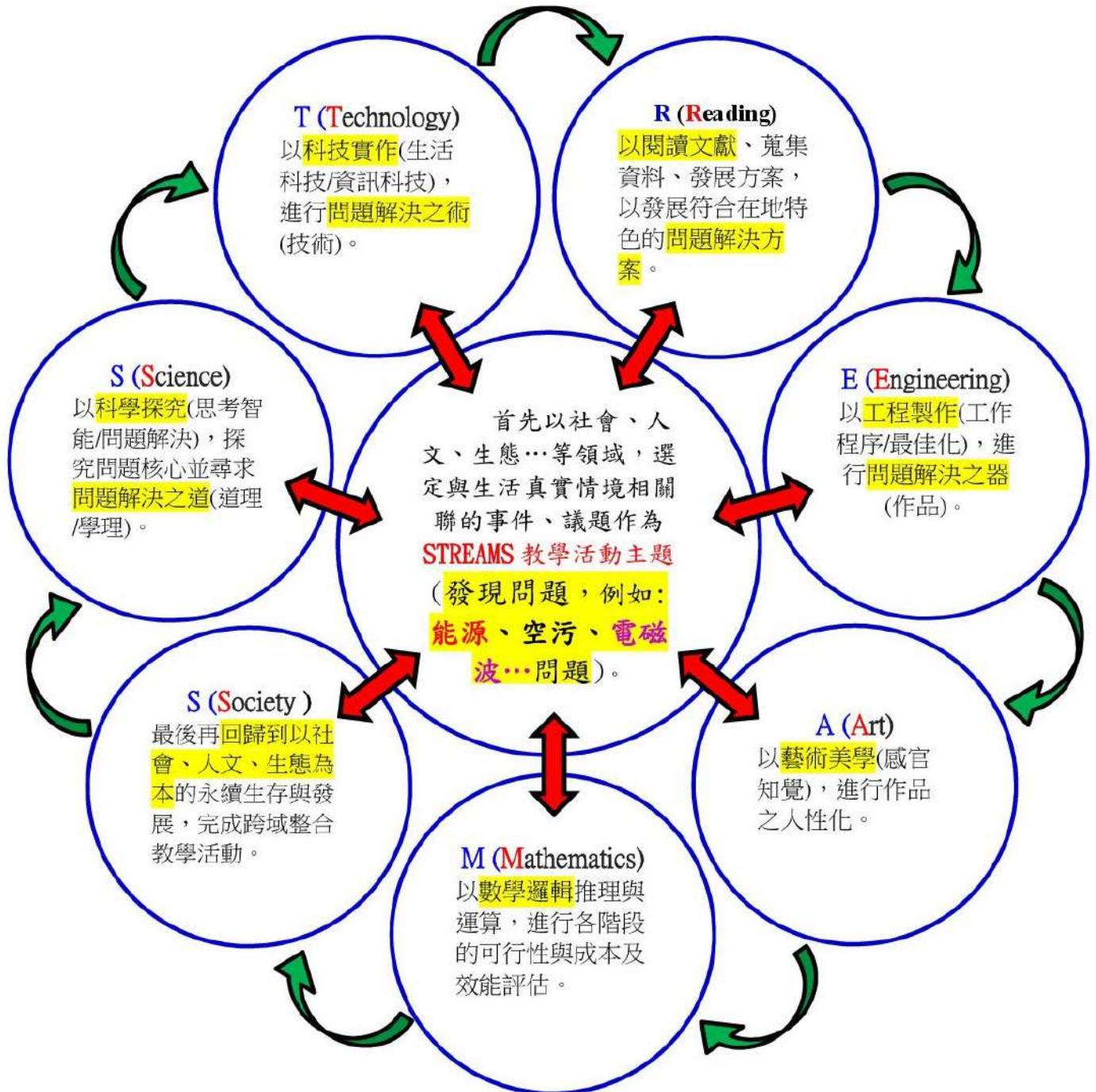


圖 4.1 具 STREAMS 素養內涵之跨域整合課程、教案、教學活動示意圖

<https://drive.google.com/file/d/1OX1hWYIPBHZvzIusgKwWUKJ6m-SkEhCW/view?usp=sharing> (請點擊上圖或左方超連結觀看放大圖)

影片 STREAMS 跨領域課程整合教案說明與教學成果 10810(9 分 17 秒)

YouTube <https://youtu.be/5s5Uv-tfc0>

具 STREAMS 素養內涵之課程教材、教案、教學活動設計簡述如下：

◎ S 問題肇始之端(Start/Society):人文/社會領域-問題覺察之始

以人文、社會領域為起始(Start/Society)，覺察與生活真實情境相關事件(空污、能源...) 議題/問題之端倪，開啟問題之探索。配合「文本媒材」、「學習單」。

例如:空污議題-空氣與生活

- (一)空氣對健康的影響
- (二)空污致病/肺病/罹癌/死亡
- (三)空污調查/專題報導
- (四)空污區域/城市/相關報導
- (五)空污監測
- (六)空污防治/改善
- (七)空氣資源管理
- (八)空氣品質網站/社群/相關單位
- (九)延伸議題與加深加廣活動:水污染(空污酸雨造成水污染)

更多內容請參閱

空氣污染防治(淨化空氣品質)之探究與實作課程網 <https://tinyurl.com/4dbrm2zj>



◎ S(Science, 科學/學說/學理):自然領域-問題解決之道

以自然領域之物理、化學、生物、地球科學...等學理為基礎，探究「空污、能源、環境」...等問題/議題之特性與解決之道。配合「文本媒材」、「學習單」。

◎ T(Technology, 科技/技術):科技領域-問題解決之術

- 一、以「生活科技」為主的創意設計與工程製作之系統化思維(設計思維)，進行「空氣品質」偵測、「空氣清淨機」、「空氣清淨車(機器人)」...等專題作品。
- 二、以「資訊科技」為主的運算思維，進行資通訊(Information and Communications Technology, ICT)實作。

例如：

具物聯網功能之空氣品質監測與淨化、具物聯網功能之空氣清淨機、具物聯網功能之太陽能空氣清淨機、具物聯網功能之太陽能無線充電空氣清淨機。空氣品質(空氣溫度、濕度、濁度<PM2.5>)偵測與回饋，若超標則亮紅燈警示、響蜂鳴器警報、開空氣清淨機過濾髒空氣以潔淨空氣品質，並傳訊息到手機(LINE 群組)且將相關資訊上傳雲端紀錄變化，以預測未來變化與及早因應。

◎ R(Reading, 閱讀)-問題解決之方

即閱讀文章/文獻回顧、蒐集資料、發展方案。亦即以站在前人(巨人)的肩膀上作為探究與實作及應用的起點，並融入在地文化與特色，發展符合在地特色的問題解決方案。

EX.分組合作學習上網搜尋資料



照片 學習單填寫 上網搜尋資料 合作學習 討論 組間巡視 師生互動 高一多元選修

◎ E(Engineering, 工程/工作程序):**工程領域-問題解決之作-產出專題作品**

此階段為工程設計與製作，以合適的工作程序進行作品製作並最佳化專題作品。即先利用 電腦數位輔助繪圖(繪圖軟體)或傳統手工具進行創意設計圖(草圖)，繪製出作品外觀立體圖、三視圖、展開圖。接續再利用電腦數位輔助模擬與製造(例如:機構與結構模擬、3D 列印、雷射切割...等)或傳統手工具進行試作模型或作品後，進行測試、修正、改善、精緻...等工作程序，**產出最佳化作品/產品/商品/藝術品。**

◎ A(Art/Aesthetics, 藝術/美學):**藝術/健體/健護領域-產出人性化作品**

以感官知覺為主的藝術美學之**人性化作品**。例如，視覺(色彩、造型)、聽覺(音樂旋律、歌曲)、**觸覺(人體工學)**...等感官知覺之設計與實作，後續再進行**精緻化與最佳化專題作品(延伸活動)**。

EX1.學生作品



照片 學生成果展示自製吸塵器/空氣清淨機 設計製作



照片 學生作品成果 展示區

EX2. 網路展示學生創意自造作品:kksh 學生作品成果網 <https://tinyurl.com/2p97vj2t>



<https://sites.google.com/nsysu.kksh.kh.edu.tw/kksh-student-works>

◎ **M(Mathematics, 數學): 數學領域-建立模型-提出學說-預測問題之展-防範問題之發**
以數學邏輯推理與運算為主，進行各階段的可行性與成本及效能評估和預測。

◎ **S(Society, 社會/人文/生態/環境): 社會/語文領域 -**
產出「繪本、劇本、行動劇」...省思問題之源
以社會/歷史、人文(文化、語文、故事)、地理、生態為本的永續生存與發展，
作為創意起點。即以創意結合在地人文、社會、地理、生態之特色，發展在地特有的人情風景物意，讓在地事物變成教學最好的素材，師生一起解決問題。例如，空氣清淨小精靈/小天使」之探究與實作桌遊(事件卡、機會卡...); 撰寫「故事繪本」、編寫「影視劇本」、演出「行動劇」...**省思問題之源 (延伸活動)。**

4.2 教學實驗研究策略

具 **STREAMS 素養內涵** 之主要教學策略簡述如下

1. 觀摩學習法

觀摩學習老師/學長姐/同學作品，**合作學習**、同儕學習、協同學習(小老師/助教)/討論、適性輔導、補救教學、差異化教學，建立學習者的社群(例如:LINE 群組-小論文、中山科學節...等討論)。

(1) 分組合作學習(生生互動)

例如:**分組人數最多 4 人:有錢出錢、有力出力、沒錢沒力，精神鼓勵(陪伴、傾聽、交談，組員互動)，群策群力、再接再厲、展現活力(組長、組員互動)**; 學習單作業先由個人書寫後再全組討論彙整成一份; 學生觀摩學習、同儕學習、協同學習(小老師/助教)、互助/互補學習。

(2) 教師組間巡視(師生互動)

例如:教師引導提問、適性輔導、差異化教學...

EX. 建立學習者的社群(LINE 群組-小論文、中山科學節...等討論)



圖:Line 群組討論 kksh109 學年度中山科學節

2. 開放作業學習法(產出學習歷程檔案-檔案評量)

開放式學習單:魚骨圖、心智圖、探究變因表、自變項與因變項之關係表格/關係圖/關係式、建立模型、產生結論、提出學說...

3. POEC探究教學法(科學探究產出專題報告、小論文、科展報告-報告評量)

POEC(Prediction 預測、Observation 觀察、Explanation 解釋、Comparison 比較/Conclusion 結論)

4. 建構式教學法(產出學習歷程檔案-檔案評量):

教師適時提供「鷹架(Scaffolding)」並連結實際的情境脈絡，引導學生建構自己特有的學習歷程樣態(適性發展)。

認證學習成果

學年度 學期 待認證 查詢

班級 科目

全部發佈:0 獲取 111/2開放3年級第一梯次認證日期:2023/03/01 00時~2023/04/07 24時

學年度:	111	學期:	2
科目名稱:	Arduino玩创客	學生:	3年丁班 40號 趙
認證狀態:	通過	認證日期:	112/04/07 13:54:55
送出日期:	112/04/05 21:28:03		
文件檔案:	檢視檔案 (已讀)		
相關簡述:	在製作瓦斯濃度檢測器的過程中，我學到了如何選擇和搭配電子元件，設計和優化電路，編寫軟體，並且注意安全性的重要性。這些學習將對我的工程學習和實踐中大有幫助。		

學年度:	111	學期:	2
科目名稱:	Arduino玩创客	學生:	3年丁班 36號 黃
認證狀態:	通過	認證日期:	112/04/07 13:55:04
送出日期:	112/04/05 16:56:49		
文件檔案:	檢視檔案 (已讀)		
相關簡述:	物聯網與現今的社會有很大的連結，我們將傳統插座加入 Arduino 開發板與繼電器，製作出可使用語音遠端控制的智慧插座。		

學年度:	111	學期:	2
科目名稱:	Arduino玩创客	學生:	3年丁班 26號 蔡
認證狀態:	通過	認證日期:	112/04/07 13:55:14
送出日期:	112/04/02 17:09:13		
文件檔案:	檢視檔案 (已讀)		
相關簡述:	在這門多元選修課程中，我結合在生活科技課中所學的器具使用知識以及在自主學習中所學到的電路板知識，實際製作能夠偵測濕度、溫度、粉塵並同時顯示在LCD面板上的裝置。這次的製作讓我更有信心，更富有創意性。		

圖:產出學習歷程檔案-檔案評量(112.4.7)

6. 創意自造maker教學(科技實作產出專題作品-作品評量)

在「科學探究與科技實作」中，創意/設計/自造專題作品，同時建構核心概念(由淺入深、由具體到抽象，例如:空氣清淨機、空氣品質<溫度/溼度/濁度/PM2.5>…)並建立新的「科學知識(科學探究成果)」與「工程技術(科技實作成果)」，統整跨域知識(STREAMS)，發揮「研習、創作、分享」之創客(maker)精神，將解決問題的專題作品，貢獻於人類社會。

更多/詳細內容請參閱



4.3 教學實驗流程

本計畫之教學實驗流程概述

1. **引起動機**: 首先，教師展演所創意自造(make)的教具，吸引學生注意力。
2. **展示教具**: 教師展演創意自造(make)具物聯網功能之空氣清淨機教具，激發學生探究好奇心。
3. **播放媒材**: 教師播放「影音多媒體影片、照片、文本、簡報」等教學媒材，刺激學生感官，引燃學生「探究與實作及應用」之熱情，激發學生「探究與實作及應用」之意念(有為者亦若是)。
4. **提問引導**: 提問學生-你(妳)、家人、親友是否有使用「空氣清淨機」產品之經驗，以融入生活經驗實例，並喚起既有生活經驗與情境，關心環境議題(**覺察問題之肇始**，**導入跨域整合 STREAMS 教學活動**)，引出學習脈絡。
5. **進行探究與實作及應用歷程**: 提問引導並引出學習脈絡後，學生個人先進行學習單探究學習，接續以分組合作討論方式，進行探究理解「人文社會、環境生態(導入跨域整合 STREAMS 教學活動)」...等之相關課程內容；並順勢促進學生”主動”進行一連串的「科學探究」與「科技實作」及「生活應用」之歷程，提升學生「問題解決」的知能與素養。
 - (1)以「科學探究」理解影響「空污」...等環境議題之特性與因素，進而提出「空污」議題的對策或方案(**問題解決之道**)。
 - (2)以「科技實作」產出作品，即「生活科技」的「做、用、想」與「資訊科技」的「運算思維」，進行創意設計與工程製作(**問題解決之術**)，完成「具物聯網功能之空氣清淨機」之作品或 APP 手遊、線上遊戲(延伸活動)...等之專題作品/產品/商品/藝術品。
 - (3)以前述的「科學探究」與「科技實作」所產出專題作品，解決真實情境的「生活」問題。

6. 評量教學成效

評量內容包含**形成性評量**(課堂表現、師生問答、學習單、動態評量)與**總結性評量**(測驗單、書面報告、專題報告、檔案評量、實作評量、作品評量)及**後設認知**(回饋單、學習檢核表、問卷)。即開放式學習單所產出的**學習歷程檔案-檔案評量**、POEC 探究過程之科學探究所產出的**專題報告-報告評量**、**建構學生特有的學習歷程樣態**中所產出的**學習歷程檔案-檔案評量**、創意自造 make 過程之科技實作所產出的**專題作品-作品評量**、測驗單、學習檢核表、上台專題報告/展演專題作品-展能評量、指定作業(修改/改善/精緻/美化「專題作品」)、資訊科技應用(展演「專題作品」於 YouTube)。

EX. 作品評量規準

創意自造(maker)>**創意改造**>**創意模型(動態)**>**創意造型(靜態)**> 創意組裝(套件、材料包)>創意圖形

肆、目前完成進度

一、已建置並優化本計畫「具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程



研發與實驗研究」專網 <https://tinyurl.com/wwhnrp3m>

二、完成「空氣污染防制與淨化」之相關教材(視聽文本媒材)選編(附件 1)

三、完成「空氣污染防制與淨化」之相關學習單設計(附件 2)

四、完成「空氣污染防制與淨化」之相關教具設計與製作(附件 3)

五、完成「空氣污染防制之科學探究與科技實作及生活應用」之回饋單設計(附件 4)

六、完成「空氣污染防制之科學探究與科技實作及生活應用」之問卷設計(附件 5)

詳細內容請參閱:

空氣污染防制(淨化空氣品質)之探究與實作 課程網

<https://sites.google.com/nsysu.kksh.kh.edu.tw/air-pollution-pm25-monitoring>



<https://tinyurl.com/4dbrm2zj>

伍、預定完成進度

一、預定 113 年 1 月 31 日前完成「空氣污染防制之科學探究與科技實作及生活應用」之教材、教具、教案研發。

二、預定 113 年 5 月 31 日前完成「空氣污染防制之科學探究與科技實作及生活應用」之問卷、回饋單資料彙整與統計分析。

三、預定 113 年 5 月 31 日前完成分享與推廣本計畫「具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用課程研發與實驗」之成果。

四、預定 113 年 7 月 31 日前完成彙編本計畫「具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用課程研發與實驗」之成果報告。

五、預定 113 年 7 月 31 日前將研究成果投稿於「科學教育月刊」

計畫主持人 吳和桔老師已於 112.2.23 收到科學教育月刊主編 EMAIL 通知邀稿，本計畫成果「空氣污染防制之科學探究與科技實作及生活應用」將投稿於科學教育月刊。

六、預定進度甘特圖 (Gantt chart) 如下:

工作項目\月份(112-113年)		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
學校 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用 專網優化	預期	[Progress bar]											
	實際	<p>已建置與優化本計畫</p> <p>1. 具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究課程網 專網 https://tinyurl.com/wwhnnp3m</p> <p>2. 科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究成果網 https://tinyurl.com/cj3ebr6e</p>											
STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用之科學閱讀視聽文本媒材選編 (空氣污染防制與淨化)	預期	[Progress bar]											
	實際	<p>已完成空氣污染防制與淨化相關之科學閱讀視聽文本媒材選編</p> <p>詳細內容請參閱:空氣污染防制與淨化之探究與實作及應用課程網 https://tinyurl.com/4dbrm2zj</p>											
空氣污染防制與淨化之探究與實作及應用之教材、教具、教案研發(含硬體設計與實作及軟體程式設計與實作)	預期	[Progress bar]											
	實際	<p>正進行空氣污染防制與淨化之探究與實作及應用之教材、教具、教案研發(含硬體設計與實作及軟體程式設計與實作) 詳細內容請參閱:空氣污染防制與淨化之探究與實作及應用 課程網 https://tinyurl.com/4dbrm2zj</p>											
空氣污染防制與淨化之探究與實作之教學實驗(含硬體設計與實作及軟體程式設計與實作和錄影)	預期	[Progress bar]											
	實際	<p>正進行空氣污染防制與淨化之探究與實作及應用之教學實驗(含硬體設計與實作及軟體程式設計與實作和錄影) 詳細內容請參閱:空氣污染防制與淨化之探究與實作及應用 課程網 https://tinyurl.com/4dbrm2zj</p>											
學生 STREAMS 素養內涵科學探究與實作 專題作品產出 例如: 1.空氣品質監測、雲端紀錄... 2.空氣品質預警、警示、警報 3.空氣清淨機(定點)、 4.空氣清淨車(動點)	預期	[Progress bar]											
	實際	<p>正進行空氣污染防制與淨化之探究與實作及應用之學生 STREAMS 素養內涵科學探究與實作專題作品產出 詳細內容請參閱:空氣污染防制與淨化之探究與實作及應用 課程網 https://tinyurl.com/4dbrm2zj</p>											
師生投稿科學相關刊物 (空氣污染防制與淨化)	預期	[Progress bar]											
	實際	<p>計畫主持人 吳和桔老師 參加科學月刊教案競賽 榮獲第2名(教案名稱:光生電-太陽能與光電效應),本計畫產出之成果,將投稿科學月刊 詳細內容請參閱:科學教案課程網 https://tinyurl.com/mvv55kdp</p>											
STREAMS 素養之科學探究與實作及應用之課程研發與實驗之成果報告彙編	預期	[Progress bar]											
	實際	[Progress bar]											
STREAMS 素養之科學探究與實作及應用之課程評量規準編修	預期	[Progress bar]											
	實際	[Progress bar]											
學校辦理科學教育營隊題材與模式彙編	預期	[Progress bar]											
	實際	[Progress bar]											
分享與推廣學校跨領域 STREAMS 素養之科學探究與實作及應用之成果	預期	[Progress bar]											
	實際	[Progress bar]											

陸、建議與討論：(含遭遇之困難與解決方法)

本研究計畫正進行學生空氣污染防治之視聽文本媒材閱讀與學習單寫作及空氣品質(空氣溫度、濕度、濁度)偵測，後續將進行空氣污染防治之科學探究與科技實作及生活應用。

參考資料

STEAM網路搜尋文章/檢索日期:110.4.1-111.5.8

https://drive.google.com/drive/folders/1_6lrLriyu6iUCJgeUQqOTiKHC0_TPguQ

SSI 是指「社會性科學議題(socioscientific issues)」 <http://sts.org.tw/archives/72>

STS 是指「科學、科技和社會 (Science, technology and society)」

<http://www.nhu.edu.tw/~society/e-j/63/63-39.htm>

<https://wiki.mbalib.com/zh-tw/Sts>

陳佩英與愛思客團隊(2017)。跨領域素養導向課程設計 初階工作坊實踐手冊。

范信賢(2017)。素養導向教學。

藍偉瑩(2017)。素養導向課程設計培力工作坊研習手冊(初階)

藍偉瑩(2017)。素養導向課程設計初階工作坊。

藍偉瑩(2017)。素養導向課程設計進階工作坊

ASK 愛思客(2017)。跨領域素養導向課程設計初階工作坊實踐手冊

ASK 愛思客(2017)。ORID 焦點討論法

呂秀蓮(2017)。十二年國教107課綱核心素養的評量。臺灣教育評論月刊，6卷3期，P1~6。

呂秀蓮(2017)。課綱使用的理論與實例。大衛營文化出版社。

親子天下(2017)。設計思考設計思考：從教育開始的破框思維。親子天下。

李松濤(2016)。科學閱讀的素養表現-科學研習，OCT 2016 No.55-10

段曉林(2017)。教育部探究教學招募會議。

吳月鈴(2017)。科學探究計畫初階場-自然新領綱與素養導向課程。

[科學 Online 高瞻自然科學教學資源平台 http://highscope.ch.ntu.edu.tw/](http://highscope.ch.ntu.edu.tw/)

教育部國民中小學課程與教學資源整合平臺 <https://cirn.moe.edu.tw/>

發問教學法 http://web.thu.edu.tw/s921715/www/new_page_28.htm

科學月刊 空汙程度的變化將影響太陽能發電效率 464 期 2020.8.15

<https://www.scimonth.com.tw/archives/4422>

科學月刊 647 期 202311 月號 P66_PM2.5 與酸雨污染 11211

南臺灣的空汙比北部嚴重？從科學數據看 PM2.5 與酸雨污染現況

/科學月刊 647 期 202311 月號 P66_PM2.5 與酸雨污染現況

<https://www.scimonth.com.tw/archives/7676>

詳細內容請參閱

具 STREAMS 素養內涵之科學探究與實作及應用之創新課程研發與實驗研究課程網

<https://tinyurl.com/wwhnrp3m>



附件 1:視聽文本媒材

「空氣」對健康與社會及環境的影響

https://drive.google.com/drive/folders/1Fd-8GE149r-Asl225T_egeYMI2Y9k-7_?usp=sharing

(一)空氣對健康的影響

1. 空氣污染物對人體的危害？ 教育部 資訊及科技教育司

[首頁](#) [環境及防災教育](#) [校園空氣品質警示及防護措施專區](#) [常見問答](#)

https://depart.moe.edu.tw/ED2700/News_Content.aspx?n=2BEDA811568F6F3C&sms=9E307AB8A28DEB6E&s=37AB572E4A54E331

2. 空氣污染懶人包

http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/ref/%E6%87%B6%E4%BA%BA%E5%8C%85_v3-rev2.pdf

[PDF] [空氣污染懶人包 - 國家環境毒物研究中心 - 國家衛生研究院](#)

3. 空汙的危害超乎想像！還會讓人得這 5 種病 日期：2018-12-09 作者：黃 玫霖 - Heho 健康

<https://heho.com.tw/archives/30203>

111 年國人死因統計結果(衛生福利部 111.6.12) <https://www.mohw.gov.tw/cp-16-74869-1.html>

110年國人死因統計結果(衛生福利部110.6.30) <https://www.mohw.gov.tw/cp-16-70314-1.html>



圖:111 年國人死因統計結果

(二)空污致病/肺病/罹癌/死亡

1. 馬如龍肺腺癌逝／比大腸癌、胃癌死亡數多 為何肺癌成國病？2019-06-09 21:39 聯合報 記者簡浩正、李樹人／報導

<https://health.udn.com/health/story/6024/3860479>

2. 34 歲女路跑族肺癌末期 男夜跑也罹癌 怎麼回事 NG 聯合新聞網 文 聯合新聞網 2018-09-17

https://health.udn.com/health/story/5999/3366416?utm_source=udnnews&utm_medium=fb

2018-09-16 08:43 聯合報 記者趙容萱

<https://www.cw.com.tw/article/5092124>

3. 交通空汙致兒童氣喘 台灣居全球第 4 嚴重

2019-04-12 00:15 聯合報 編譯徐榆涵、張佑生、記者陳婕翎／綜合報導

<https://udn.com/news/story/7266/3751127> NG

<https://health.udn.com/health/story/5978/3751127>

udn/元氣網/醫療/呼吸胸腔 2019-04-12 00:15:05 聯合報／編譯徐榆涵、張佑生、記者陳婕翎／綜合報導

4. 國中女學生跑百米後想吐 醫師檢查發現禍因是空汙 2019年2月23日 上午6:59

https://health.udn.com/health/story/5978/3659813?from=udn-articlemain_ch1005

udn/元氣網/醫療/呼吸胸腔 2019-02-22 22:26:22 聯合報／記者何焜榮／即時報導

5. 空汙！高屏肺腺癌年增率是北部 15 倍聯合報 20190822 NG

<https://udn.com/news/story/120693/4002898> NG

<https://e-info.org.tw/node/219756>

摘錄自 2019 年 8 月 21 日聯合報、風傳媒報導

6. PM2.5 研究：高屏地區肺癌增加率是北部 15 倍 且患者餘命較短 聯合報 1080821 NG

https://udn.com/news/story/7266/4001258?utm_source=linemobile&utm_medium=share

https://drive.google.com/drive/folders/1wg6IxxvK0aLhgQmLoU_N1-82sKP-kpOWk?usp=sharing

<https://health.udn.com/health/story/6024/4001258>

udn/元氣網/癌症/肺癌 2019-08-21 12:23:12 聯合報 / 記者羅真／即時報導

7. 衛福部「國病」肺癌與 PM2.5 有關研究報告 上報快訊 2018 年 10 月 12 日

https://www.upmedia.mg/news_info.php?SerialNo=49229 NG

https://tw.news.yahoo.com/%E7%8D%A8%E5%AE%B6-%E6%86%82%E8%A1%9D%E6%93%8A%E5%B9%B4%E5%BA%95%E9%81%B8%E6%83%85-%E8%A1%9B%E7%A6%8F%E9%83%A8%E6%9C%AA%E5%85%AC%E9%96%8B-%E5%9C%8B%E7%97%85-%E8%82%BA%E7%99%8C%E8%88%87pm2-075600715.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHw6Ly93d3cuZ29vZ2x1LmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAIXr9k1UDB63GAmCGYWXac4SnrvYZfRDJ8DZRD7JdTF7HgIenQoOYBdCGmkn7fx0JLJRXGzs2BZD3ofe90tX-Bc_hdQVSkwhTdZ4A2ffP1mLS-VbDxvbtTyDXbBP24g0XhLUSLyD32-e00td4ik8_9L9c1FRguRqNdmglXhN8q6j

(三)空汙調查/專題報導

1. 柴靜霧霾調查：穹頂之下 PM2.5 動畫

(2:33) 建議觀看

 https://www.youtube.com/watch?v=L80VR_WtE6g

2. 《對岸破億觀看 引震撼的影片》柴靜霧霾調查：穹頂之下

(1:43:56) 有時間可詳細觀看

 https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=BgEpruEOrFg

3. [禁片] 柴靜霧霾調查：穹頂之下完整版 (720p) 全

(1:43:56) 有時間可詳細觀看

 <https://www.youtube.com/watch?v=HaVIwfL1SPU>

5. 誰替台灣換上假藍天? 667 期 2019-02-27 天下雜誌

<https://www.cw.com.tw/magazine/magazine.action?id=1489>

<https://www.cw.com.tw/video/video.action?id=843-%E3%80%90%E5%B0%81%E9%9D%A2%E6%95%85%E4%BA%8B%E6%90%B6%E5%85%88%E7%9C%8B%E3%80%91+%E8%AA%B0%E6%9B%BF%E5%8F%B0%E7%81%A3%E6%8F%9B%E4%B8%8A%E5%81%87%E8%97%8D%E5%A4%A9%EF%BC%9F>



★ 調查報導假數據、真空汙！ ★ 拆解煙囪裡的 6 大造假手法

每三筆空汙排放超標，就有兩筆「被消失」！《天下》首度以大數據分析，追蹤全台 326 根被列管煙囪，揭開台灣天空藏著數據造假、美化的秘密。

【封面故事搶先看】誰替台灣換上假藍天？ 2019-02-26

為何被列管的煙囪，看數據超標都不多，但台灣天空動不動就紅爆、紫爆？


《天下》重磅推出年度調查報導，首度以大數據分析工業污染源連續監測資料，為何被列管的工業煙囪，排廢超標數據三分之二「不存在」？為您揭開藏在台灣天空背後，藏著數據造假、美化的秘密...

2019/03/19, [健康](#)

(四)空污區域/ 城市 / 相關報導

1. 從大氣科學看空污：PM2.5 的「季節性」與「地域性」
從大氣科學看空污_PM2.5 的季節性與地域性_風險社會與政策研究中心 20191030
<http://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/1305>
2. 空汙季報到 西半部空氣拉警報 2018-10-01 04:45 聯合報記者 董俞佳/即時報導 NG
<https://www.storm.mg/article/520654>
3. 北中南全淪陷 62 測站空品達有害等級 Yahoo 奇摩 (即時新聞) 1071108
<https://tw.news.yahoo.com/%E5%8C%97%E4%B8%AD%E5%8D%97%E5%85%A8%E6%B7%AA%E9%99%B7-58%E6%B8%AC%E7%AB%99%E7%A9%BA%E5%93%81%E9%81%94%E6%9C%89%E5%AE%B3%E7%AD%89%E7%B4%9A-005534928.html>
4. 台灣 PM2.5 三大面向：空汙現況多嚴重？要怪中國還是怪自己？
<https://www.thenewslens.com/article/115229>
5. 中山大學研究：高雄冬季 PM2.5 致肝腎毒性 2022-10-31 12:03 中央社／高雄 31 日電
<https://udn.com/news/story/7266/6727421>
6. 空汙危害超乎想像！中山大學研究：高雄冬季 PM2.5 恐致肝、腎毒性
5 週吸入 PM2.5 量，足以導致小鼠肝、腎臟毒性 陳之俊 2022-10-31
https://health.gvm.com.tw/article/95877?utm_source=line&utm_medium=social&utm_content=GV_post&utm_campaign=daily
7. 全球空汙城市 高雄列台灣最髒 自由時報電子報 2019/03/06 09:51
<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2717600>
<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2717600> OK 自由時報 2019/03/06 09:51
8. 紫爆不再！AQI 標準放寬 環保團體批：愚民
記者 譚伊倫 / 攝影 許猛捷 報導  2017/12/18 18:16
<https://news.tvbs.com.tw/world/838057>
<https://news.tvbs.com.tw/politics/838057>
9. 連空氣都含塑化劑 民眾如何自保？2019/10/14 · 作者 / 邱淑宜 · 出處 / Web only NG
<https://www.commonhealth.com.tw/article/article.action?nid=80302>
<https://www.commonhealth.com.tw/article/80302>
10. 【不只食物...連空氣都含「塑化劑」！民眾如何預防 PM2.5？醫傳授 3 招自保】
出處：信傳媒 陳稚華 2019-10-21 08:4
<https://www.cmmedia.com.tw/home/articles/18092>
11. 加濕器別亂加殺菌劑！胸腔科醫師：曾害百人肺纖維化死亡
2020-03-07 10:57 聯合新聞網 / 綜合報導 NG
https://udn.com/news/story/120940/4396043?from=udn_ch2_menu_v2_main_index
12. 比 PM2.5 更恐怖的空汙污染物質-奈米懸浮微粒汙染
<http://tvgh-suvy.blogspot.com/2021/01/pm25.html>
醫界新發現!比 PM2.5 更微小的 PM0.1 "砍樹種電"倒行逆施」
 <https://youtu.be/YTsT4-8HgMA>
13. 鏡頭背後／印度「毒物之城」：德里首都圈的極惡空汙衝擊 2019/11/04 轉角 24 小時 OK
https://global.udn.com/global_vision/story/8662/4143895?direct?from=udn_ch2_menu_main

(五)空污監測

1. 我都在 <https://airbox.edimaxcloud.com/> 看空氣盒子
(可察看高雄與全台及世界各地使用空氣盒子偵測空氣品質 PM2.5 濃度、溫度、溼度數值資料與變化趨勢圖)
2.  https://pm25.lass-net.org/data/show.php?device_id=74DA38F21102
高雄市國立中山大學附屬國光中學 空氣盒子測點(PM2.5 濃度、溫度、溼度數值資料與變化趨勢圖)
3. 空氣盒子 EdiGreen AirBox 即時監測台灣各地區 PM 2.5 空氣品質資訊 作者: Pseric
<https://free.com.tw/edigreen-airbox/>
4. 自己的環境自己救！以空氣盒子監測你家附近的空汙 --- 中央研究院研之有物

<https://research.sinica.edu.tw/pm25-air-box-new/>

5. 如何改善空氣品質預報？先來聊聊大氣邊界層和感測物聯網吧！---中央研究院研之有物

<https://research.sinica.edu.tw/high-resolution-modeling-for-air-quality-diagnosis-and-forecast/>

6. 防PM2.5 桃環局補助寺廟幼兒園裝自動監測器 NG

2019-02-24 15:38 聯合報 記者曾增勳／即時報導

<https://udn.com/news/story/7324/3662291>

7. 室內也要好空氣 環保局加碼補助寺廟及幼兒園裝設空品監測設施

桃園市政府環境保護局 [首頁](#) > 動態中心 > 環保新聞

<https://www.tydep.gov.tw/TYDEP/Message/Detail/3528>

8. 光寶串聯嘉義 啟用智慧聯網路燈 OK

<https://www.chinatimes.com/newspapers/20190801000348-260204?chdtv>

路燈燈桿上特別設有視訊攝影機、空氣品質與水文感測器，能將資料遠端傳輸至「IoT物聯網管理平台」，讓每一盞路燈成為大數據採集的節點，供市府有效蒐集人流、空氣品質、水文資料，制定更理想的政府決策。而路燈現成的聯網接收器，則可望減輕未來5G微基地的佈建成本，成為嘉義市衝刺智慧城市的第一哩路。

9. 計程車頂燈上安裝監測儀，每三秒獲得PM2.5、PM10數據，生成空氣質量熱力圖

<https://www.facebook.com/groups/pm25opendata/permalink/2275835039345681/>

在20輛計程車頂燈上安裝監測儀，每三秒獲得PM2.5、PM10數據，生成空氣質量熱力圖，紅色為一般，黃色、淺紫色為良好，綠色為優秀。除了市生態環境局官網，市民還可以在其微信公眾號上查詢。以往，城市空氣PM2.5、PM10數據一般來自監測站，其位置固定，數量較少，監測的是較大區域空氣質量的平均狀況，設備離地面約為15米~20米高。而裝在計程車頂燈里的監測儀高度與人呼吸的高度相近，可獲得更高密度的數據來反映局部空氣質量，與固定監測站形成點面結合，並通過多車接力實現24小時連續監測。

10. 科大環境研究所籌備兩年 推實時空氣質素監測程式 OK

<https://inews.hket.com/article/2382433/%E7%A7%91%E5%A4%A7%E7%92%B0%E5%A2%83%E7%A0%94%E7%A9%B6%E6%89%80%E7%B1%8C%E5%82%99%E5%85%A9%E5%B9%B4%E3%80%80%E6%8E%A8%E5%AF%A6%E6%99%82%E7%A9%BA%E6%B0%A3%E8%B3%AA%E7%B4%A0%E7%9B%A3%E6%B8%AC%E7%A8%8B%E5%BC%8F>

11. 空污監測 - Air box 空氣盒子 AirBox 空氣盒子 V3 AI-1001W V3

https://www.edimax.com/edimax/merchandise/merchandise_detail/data/edimax/tw/air_quality_monitoring_semioutdoor/ai-1001w_v3/

12. 影照片 空氣品質監測車 後勁鳳屏宮 1101014

<https://drive.google.com/drive/folders/1rLSqr3kdwv18sRAYegWGPdpUMbpN1bgV?usp=sharing>

13. 影照片空氣品質監測車 中山附中校園

https://drive.google.com/drive/folders/1TMiKap_4S1XKI sfdLEgU9-uMQKCYbjbG?usp=sharing

影片 kksh Air Quality Monitoring vehicle 空氣品質監測車(1:59) 1110929



YouTube

<https://youtu.be/WPxH8XOnXTk>



圖:空氣品質監測車 高雄楠梓區 後勁鳳屏宮 (中油煉油總廠旁) 110.10.14

(六)空污防治/改善

1. 保護健康愛地球減PM2.5 六招食、衣、住、行、育 - 衛生福利部

[首頁](#) [最新消息](#) [焦點新聞](#) [107年衛生福利部新聞](#) [3月新聞](#)

<https://www.mohw.gov.tw/fp-3792-40064-1.html>

2. **行政院農業委員會林務局**

綠化苗木申請

<https://www.forest.gov.tw/0001724>

3. 空氣品質淨化區及環境綠化育苗計畫

https://freshair.epa.gov.tw/Notes_Content.asp?Serino=106

4. 淨化室內空氣之植物 - 空氣品質淨化區及環境綠化育苗計畫 - 環保署

<https://freshair.epa.gov.tw/object/淨化室內空氣之植物-居家生活版-1.pdf>

<https://freshair.epa.gov.tw/object/%E6%B7%A8%E5%8C%96%E5%AE%A4%E5%85%A7%E7%A9%BA%E6%B0%A3%E4%B9%8B%E6%A4%8D%E7%89%A9-%E5%B1%85%E5%AE%B6%E7%94%9F%E6%B4%BB%E7%89%88-1.pdf>

5. 空氣髒透了竟含塑化劑 專家教挑清淨機防護 OK

<https://tw.news.yahoo.com/%E7%A9%BA%E6%B0%A3%E9%AB%92%E9%80%8F%E4%BA%86%E7%AB%9F%E5%90%AB%E5%A1%91%E5%8C%96%E5%8A%91-%E5%B0%88%E5%A%B6%E6%95%99%E6%8C%91%E6%B8%85%E6%B7%A8%E6%A9%9F%E9%98%B2%E8%AD%B7-030900902.html>

(七)空氣資源管理

白曠綾老師 - 空氣資源管理 Air Resources Management

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLj6E8qIqmKfuvCHUmuUKkGUGULYTRcrFE&feature=share>

Chapter 1: 空氣資源管理簡介

<https://www.youtube.com/watch?v=PiJlIcVqSjI&list=PLj6E8qIqmKfuvCHUmuUKkGUGULYTRcrFE>

- 1.1 空氣品質管理 VS 空氣資源管理

- 1.2 空氣品質(資源)管理的歷史

- 1.3 何謂空氣資源管理

授課教師: 環境工程研究所 白曠綾老師 空氣資源管理 YouTube Playlist:

<https://www.youtube.com/playlist?list...> 課程資訊:

http://ocw.nctu.edu.tw/course_detail.... 授權條款: Creative Commons BY-NC-SA 4.0 更多課程歡迎瀏覽交大開放式課程網站: <http://ocw.nctu.edu.tw/>

(八)空氣品質網站/社群/相關單位

[空氣品質監測網](#) <https://airtw.epa.gov.tw/>

1. 環保署

<https://www.epa.gov.tw/mp.asp?mp=epa>

2. [高雄市環保局空噪科:: 空氣污染防制網](http://air.ksepb.gov.tw/)

<http://air.ksepb.gov.tw/>

<http://61.218.233.198/>

3. 室內空氣品質資訊網

<https://iaq.epa.gov.tw/indoorair/>

4. 行政院環保署 環境教育終生學習網

<https://elearn.epa.gov.tw/>

5. [LASS 環境感測器網路系統](http://lass-net.org/)

LASS (Location Aware Sensor System)，顧名思義可知，這是一套「環境感測器網路系統」，而且是開源和公益的定位。<http://lass-net.org/>

6. [LASS-開源公益環境感測網路](https://www.facebook.com/groups/LASSnet/)

<https://www.facebook.com/groups/LASSnet/>

7. [LASS 臉書社群](https://www.facebook.com/groups/LASSnet/about/)

<https://www.facebook.com/groups/LASSnet/about/>

8. 各地空氣盒子測點 <https://airbox.edimaxcloud.com/>

(九) 延伸議題與加深加廣活動：

水污染(空污酸雨造成水污染)

1. 科學月刊 647 期 202311 月號 P66_PM2.5 與酸雨污染 11211

南臺灣的空污比北部嚴重？從科學數據看 PM2.5 與酸雨污染現況/科學月刊 647 期 202311 月號 P66_PM2.5 與酸雨污染 11211

<https://www.scimonth.com.tw/archives/7676>

https://o365kh-my.sharepoint.com/:f/g/personal/tg02portalkh_o365_kh_edu_tw/ErZSVoSCK-xMp-ObihYqi0IBElSbZ2RxjNaNiljJbZ6LHw?e=fEDG8E

2. 環保署首份調查公布 自來水 44%含微塑膠 2018-09-25 23:47 聯合報

記者彭宣雅、董俞佳／台北報導 NG

<https://udn.com/news/story/7266/3387246>

<https://tw.news.yahoo.com/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E9%A6%96%E4%BB%BD%E8%AA%BF%E6%9F%A5%E5%A0%B1%E5%91%8A-44-%E8%87%AA%E4%BE%86%E6%B0%B4%E5%90%AB%E5%A1%91%E8%86%A0%E5%BE%AE%E7%B2%92%E8%B2%9D%E9%A1%9E%E4%B9%9F%E9%81%AD%E6%AE%83-073631373.html> 鏡週刊 2018 年 9 月 26 日

3. 包圍全台！海洋塑膠微粒 八掌溪口最多 NG

<https://udn.com/news/story/7266/3573437>

全台灣域都有塑膠微粒 八掌溪口密度最高

<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2660639> 自由時報 2019/01/03 12:53

3. 科學月刊 空汙程度的變化將影響太陽能發電效率 464 期 2020.8.15

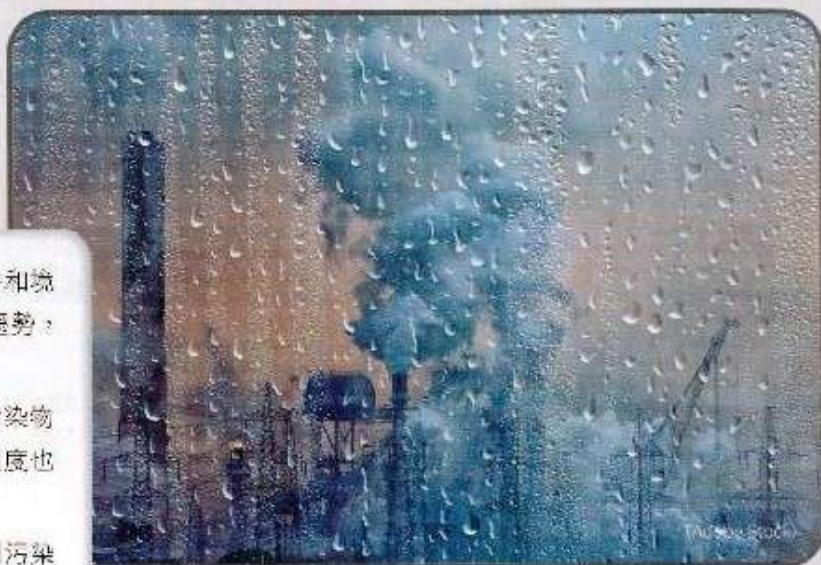
<https://www.scimonth.com.tw/archives/4422>

南臺灣的空污比北部嚴重？

從科學數據看 PM_{2.5} 與酸雨 污染現況

Take Home Message

- 臺灣各地區的 PM_{2.5} 濃度會依氣象條件和境外傳送而異，雖然近五年整體有下降趨勢，但南部的每日濃度仍頻繁超標。
- 空氣污染與酸雨關係密切，當空氣污染物的酸性物質濃度愈高，雨水酸化的程度也就愈強，將進一步影響人類及環境。
- 雖然臺灣目前的現行方法能有效控制污染物排放，使臺北雨水 pH 值逐年上升，但仍需要持續監測、保持。



科技與工業的蓬勃發展為人們帶來便利生活，但也造成環境污染與廢棄物增加。當工業、汽機車等排放的廢氣進入大氣，便會產生空氣品質惡化的問題。近年來細懸浮微粒（PM_{2.5}）污染對空氣品質、能見度和健康皆產生嚴重危害，也引發民眾的高度關注。PM_{2.5} 指的是懸浮於空氣中的粒狀顆粒物，粒徑小於或等於 2.5 微米（ μm ），這類粒徑較小的懸浮微粒被人體吸入後，無法經由鼻腔清除，反而會由氣管、支氣管經肺泡吸收進入人體內部。近年許多病理學研究已證實 PM_{2.5} 對於人體健康造成嚴重影響，包括支氣管炎、氣喘、心血管疾病、肺癌等，且無論長期或短期暴露在這類小粒徑的空氣污染環境之下，皆會提高呼吸道疾病及死亡的風險。



曾偉迪

中央大學大氣科學系博士生，研究領域為降雨化學、雲霧化學與大氣污染物長程輸送等研究。



鄧芳怡

中央大學大氣科學系教授，研究興趣為大氣物理與化學過程、大氣邊界層氣象學、空氣品質模式模擬。



林能暉

中央大學大氣科學系特聘教授，研究領域為大氣污染物長程輸送模擬與監測、空氣污染物擴散的緊急應變模擬、背景大氣化學與物理監測。

臺灣 PM_{2.5} 的時空變化

觀察臺灣各個空氣品質區(註1) PM_{2.5} 年均濃度變化(圖一),可見 PM_{2.5} 濃度由北往南遞增,以北部、竹苗空品較佳,而高屏地區 PM_{2.5} 濃度最高。區域性的空品差異其實來自於氣象條件的影響,夏天盛行的風場為南風加上對流旺盛,因此近地表排放的污染物容易被帶到高層或帶離污染源區,空氣品質也較為良好。進入秋、冬季節,受大陸冷高壓天氣系統影響,臺灣及周圍區域盛行風場為東北季風,造成境外大氣污染物的長程傳送並帶入臺灣;此外,中南部地區因位於背風區域,綜觀風場受山脈阻擋,造成風速微弱,而氣流過山的沉降作用、冬天地表容易形成逆溫層(註2),

這些條件都不利於污染物的擴散,造成局部地區污染物容易累積。每年10月至隔年3月為空氣品質較差的季節,正是由於同時受到境外傳送及本地排放的影響。

註

1. 空氣污染的流通具有流域性質,會跨越縣市界,因此環境部(舊稱為環境保護署)將臺灣依地形、氣候、風向及污染擴散情形劃分為七大「空氣品質區」(簡稱空品區),分別為北部、竹苗、中部、雲嘉南、高屏、宜蘭、花東。
2. 臺灣秋、冬季節期間,逆溫層發生主因為夜間的地表輻射冷卻作用,造成近地面空氣溫度較低,冷空氣在下、熱空氣在上,即為逆溫特性。

圖一 | PM_{2.5} 年均濃度變化

(資料來源:作者提供)

2010 ~ 2022 年期間,臺灣各空品區 PM_{2.5} 年均濃度變化。



圖 2: 南臺灣的空污比北部嚴重? 從科學數據看 PM2.5 與酸雨污染現況/
科學月刊 647 期 202311 月號(P67/P66-71)

不過，從時間尺度上看 PM_{2.5} 濃度變化，2010～2022 年各空品區皆有相當顯著的下降。由於近年來政府積極推動污染物的排放減量作為，使得 PM_{2.5} 前驅物質，例如硫氧化物、氮氧化物及有機揮發物質皆有顯著下降，其中又以硫氧化物的改善最為明顯。硫氧化物的改善原因來自於燃料用油含硫量的嚴加管制、中小型燃煤鍋爐改燃氣鍋爐、燃煤火力發電量占比逐年降低，以及空品不良季節期間降低減煤機組發電，改以燃氣機組補足發電。整體而言，透過多管齊下的減量管制作為，包含上述火力發電廠及重工業的污染排放減量、大型排放污染源防制設備的效率提升、營建

裸露地及車行揚塵的排放改善等，皆能有效降低 PM_{2.5} 年均濃度值。

PM_{2.5} 超標事件

儘管 PM_{2.5} 濃度呈現逐年下降趨勢，然而各空品區仍時有超標事件發生。觀察近五年（2018～2023 年）空污季節（每年 10 月至隔年 3 月）期間，各空品區 PM_{2.5} 日均濃度超標 (> 35 μg/m³) 天數（圖二），發現在北部、竹苗及中部近兩年已下降至 10 天以內，但在空品最差的雲嘉南和高屏地區，空污季節期間 PM_{2.5} 超標問題仍然頻繁發生 (> 30 天)，而這些 PM_{2.5} 超標事件通常伴隨弱

圖二 | PM_{2.5} 空品不良天數

資料來源：作者提供

2018～2023 年每年 10 月至隔年 3 月空污季節期間，臺灣西半部各空品區內超過 1/4 的空品測站，PM_{2.5} 日均濃度超過 35 μg/m³ 的天數。

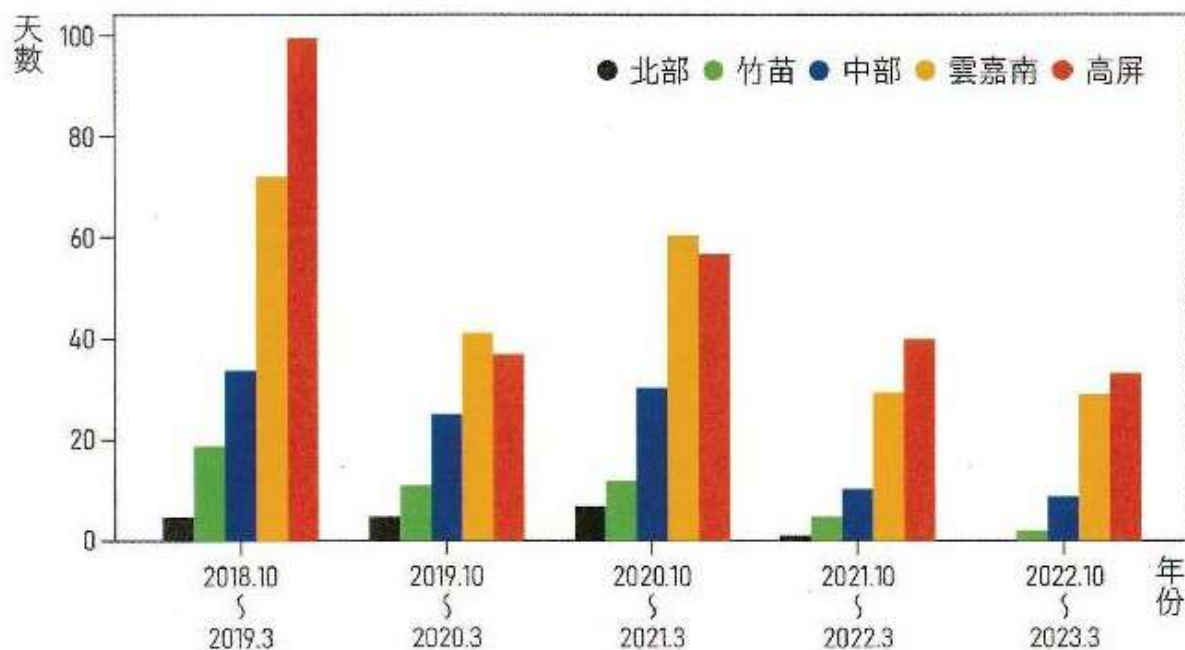


圖 3: 南臺灣的空污比北部嚴重? 從科學數據看 PM_{2.5} 與酸雨污染現況/
科學月刊 647 期 202311 月號(P68/P66-71)

風與非常穩定的大氣條件。這也顯示氣象擴散條件轉差時，現階段的減量作為仍無法避免高污染事件日的發生，也因此需要更積極的減排措施，進一步降低空品不良日的發生。

過去大家多把空氣污染來源指向火力發電廠，然而檢視環境部每三年發布一次的臺灣空氣污染排放清冊 (Taiwan Emission Data System, TEDS)，火力發電廠排放的硫氧化物約占全臺比重 28%、氮氧化物占比約為 11%、非甲烷碳氫化合物小於 0.01%、粒狀物約為 2.5%。再檢視臺灣汽機車污染排放，硫氧化物占比小於 0.5%、氮氧化物占比 51%、非甲烷碳氫化合物占比 18%、粒狀物占比約為 32%。由此可知，除了硫氧化物之外，在其他污染物質的排放中，移動污染源（汽機車）的排放量遠大於電廠。若要進一步改善空氣品質，必須重視移動污染源管制與改善措施，且重要性並不亞於電力業的減排措施。2021 年因疫情嚴峻，實施三級警戒，期間市區以及國道車流量銳減，氮氧化物濃度降低，也可見交通污染排放對空氣品質的顯著影響。因此，臺灣電力業的減排仍要持續推動，而汽機車污染減量方面，則更需要國家訂定適當的策略，以進一步改善空氣品質。

PM_{2.5} 與酸雨的關係

空氣污染與酸雨也有著密不可分的關係。一般來說，自然界大氣中所含的二氧化碳溶解於雨水中，並且達到氣液相平衡後，大自然的雨水酸鹼值 (pH 值) 約為 5.6，呈現酸性 (pH < 7)，也就是雨水本來就是酸性的。但是，在大自然中仍存在其他致酸物質，例如火山爆發所噴出的硫化氫、

海洋所釋放出的二甲基硫、高空閃電所導致的氮氧化物



(NO_x) 等，均會使雨水進一步酸化，使得 pH 值降至 5.0 左右。

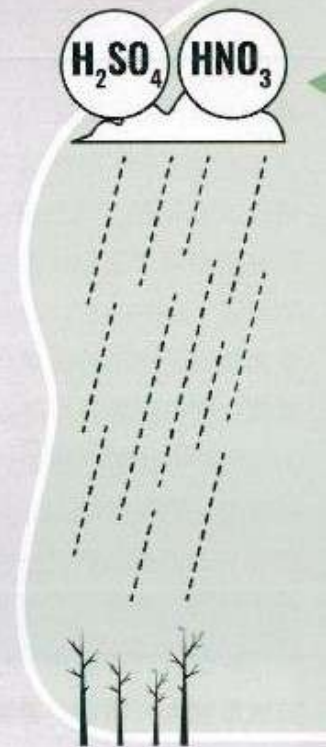
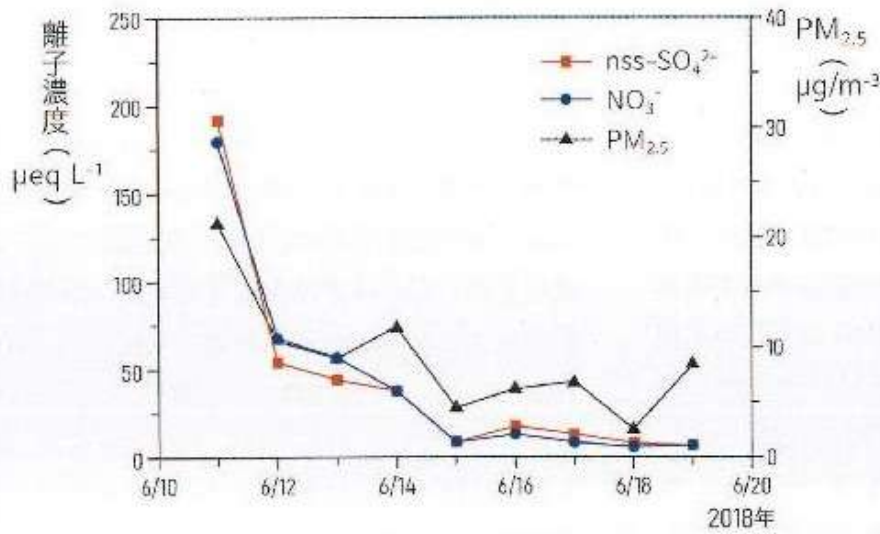
在人為方面，當酸性的空氣污染物被雨水洗刷、沉降至地面時，就會形成酸雨，且空氣污染物中的酸性物質濃度愈高，雨水酸化程度也就愈強。人為排放的致酸污染物主要為二氧化硫 (SO₂) 及氮氧化物，這些污染物排放至大氣經化學反應溶於雨水後，會轉變成硫酸根離子 (SO₄²⁻)、硝酸根離子 (NO₃⁻) 等酸性離子，也會使得雨水 pH 值降低。此外，分析 PM_{2.5} 的成分後發現，它的成分主要為硫酸鹽、硝酸鹽及銨鹽，其中硫酸鹽和硝酸鹽經雨水刷除後同樣會進一步導致雨水酸化，危害我們生存的環境與生態的破壞。依據國內外研究及臺灣環境部的現行定義，當雨水的 pH 值小於 5.0，即為受人為排放影響而造成的「酸雨」。

2018 年的研究報告指出，在夏季（較不受境外污染物影響）的連續降雨中，雨水中的致酸離子，例如非海鹽性硫酸根離子 (nss-SO₄²⁻)、硝酸根離子濃度，與鄰近空氣品質測站監測的 PM_{2.5} 濃度變化有高度相關 (圖三)，顯示空氣品質與雨水酸化程度有著緊密的關係 (請見延伸閱讀 1)。若降雨初期的降雨量小，更可能導致雨水中致酸離子濃度升高的情況發生。所以在久未降雨後的第一場降雨，應格外注意酸雨的影響，之後因連續且較強降雨的不斷洗刷，空氣中 PM_{2.5} 濃度與雨水中致酸離子的濃度才可能大幅降低。

圖三 | 雨水致酸離子與 PM_{2.5} 濃度高度相關

(資料來源：江仲旭編訂)

2018年6月11日~6月19日降雨期間，臺北酸雨站雨水致酸離子濃度與萬華空氣品質測站 PM_{2.5} 濃度資料比較圖

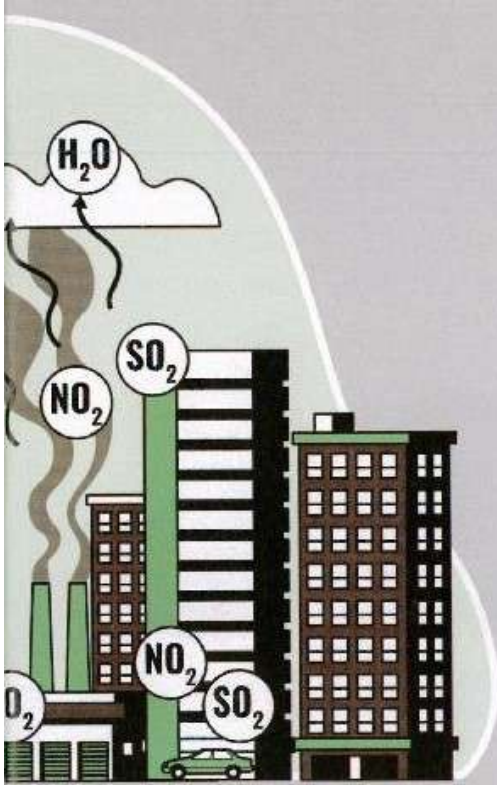


減緩酸雨危機

當酸雨落到地表，會直接或間接對生態及環境帶來影響。雨水中的硫酸根離子與硝酸根離子會進行淋溶作用，取代土壤中的鈣 (calcium, Ca) 和鎂 (magnesium, Mg) 等離子，造成礦物質大量流失，進而影響樹木生長；同時，酸雨也會讓土壤中的金屬氧化形成離子態 (如鋁離子) 而影響植物生長。再者，當上述這些因酸雨而淋溶的礦物質進入到湖泊、河川等水體中，也會影響水生生態環境，例如氧化後的鋁 (aluminum, Al) 離子經由沖刷進入湖中，將可能導致湖中魚類死亡。此外，酸雨也可能改變水域的 pH 值，當 pH 值小於 6，將影響水中生物的生存或繁殖。

有鑑於酸雨帶來的影響甚鉅，環境部自 1990 年代起開啟大規模酸雨監測與研究。而若要改善酸雨的問題就必須由改善空氣品質著手，科學調查與監測結果則可以作為空氣污染防治策略訂定的依據。目前，臺灣對二氧化硫與氮氧化物的排放量控制已有正面效益，使得雨水中致酸離子的濃度降低，尤其以硫酸根離子濃度下降趨勢最為明顯。以萬華空品站為例，二氧化硫與氮氧化物年平均濃度皆有大幅下降 (圖四)。位於臺北站的 pH 值監測數據顯示 pH 值由 1991~2021 年期間有顯著的上升 (4.84 上升至 5.42)，顯示改善空氣污染的同時也改善了酸雨問題。

圖 5: 南臺灣的空污比北部嚴重? 從科學數據看 PM_{2.5} 與酸雨污染現況/
科學月刊 647 期 202311 月號 (P70/P66-71)

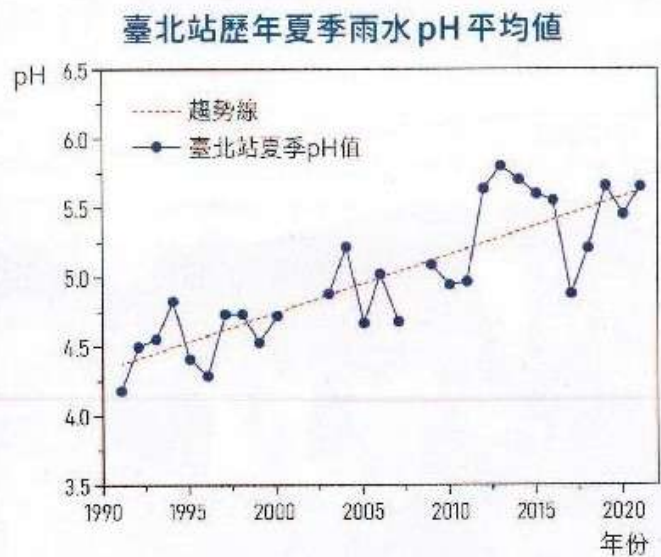


(Image by storyset on Freepik)

雖然臺灣空氣品質與酸雨問題已逐年獲得改善，但近年來因受疫情、俄烏戰爭、能源轉型等事件影響，造成產業供應鏈、原物料、交通、航空、船舶的變動，連帶使得污染物排放量結構產生改變。不僅如此，全球暖化、氣候變遷也與空污問題密不可分。因此，未來我們仍需要持續關注這些問題，並且更全面性審視污染物對人們造成的影響。

延伸閱讀

1. 呂世平、林能輝 (2018)。全國酸雨監測及成分分析計畫 (第二年) 學術工作計畫，行政院環境保護署。
2. 林能輝等 (2022)。110年度全國酸雨監測及成分分析計畫，行政院環境保護署。



萬華空品站二氧化硫與氮氧化物監測資料(上)，年平均濃度皆有大幅下降；臺北酸雨站夏季雨水 pH 值於 1991 ~ 2021 年間的變化(下)，歷年 pH 值有顯著的上升(4.84 上升至 5.42)，顯示改善空氣污染的同時也改善了酸雨問題。

(資料來源：環境保護署)

圖 6: 南臺灣的空污比北部嚴重? 從科學數據看 PM2.5 與酸雨污染現況/
科學月刊 647 期 202311 月號(P71/P66-71)

附件 2: 學習單

學習單 (空污防制之探究與實作及應用 1/3)

「空氣污染」對健康與社會及環境的影響

班級：_____ 姓名：_____ 座號(小組)：_____

單元: STREAMS 之 R(Reading 閱讀)與 S(society 社會)- 「空氣污染」對社會和環境的影響

文本媒材資料: 閱讀「空氣與生活」對社會與環境的影響之參考文本媒材

https://drive.google.com/drive/folders/1Fd-8GE149r-Asl225T_egeYMI2Y9k-7_?usp=sharing

111 年國人死因統計結果(衛生福利部 111.6.12) <https://www.mohw.gov.tw/cp-16-74869-1.html>

1. 請問「空氣污染」對健康有何的影響?
2. 請問「空氣污染」對社會(例如:人文、經濟社會)有何影響?
3. 請問「空氣污染」對生態環境有何影響?
4. 請問如何知悉「空氣品質」?
5. 請問如何改善「空氣品質」?
6. 請依上述妳/你的回顧或認知, 妳/你覺得我/我們該怎麼做?可以讓我們的社會與環境會更好。

學習單(空污防制之探究與實作及應用 2/3)

以曼陀羅九宮格(心智圖、魚骨圖、樹狀圖…)進行多階段設計思考發展專案(專題):
並以「空氣污染防制之探究與實作及應用」為例

示例/DEMO

班級: _____ 座號: _____ 姓名: _____

主題(定題): 「空氣污染防制之探究與實作及應用」

<p>社會環境議題</p> <p>1. 空氣污染對健康的影響 2. 空氣污染對環境的影響 3. 空氣污染對社會的影響 4. 室內、室外空氣品質… 解決方案/設計方案</p>	<p>科學探究</p> <p>空氣組成、 污染來源、種類與 淨化空氣原理</p> <p>1. 物理式淨化 2. 化學式淨化 3. 生物式淨化 解決方案/設計方案</p>	<p>科學探究</p> <p>空氣污染防治方法</p> <p>1. 空氣污染源頭減量 2. 空氣污染流動減量 3. 空氣污染淨化減量 解決方案/設計方案</p>
<p>生活應用</p> <p>空氣清淨機、空氣清淨車</p> <p>1. 路口交通空氣品質改善 2. 垃圾車空氣品質改善 3. 廟會/出巡空氣品質改善… 解決方案/設計方案</p>	<p>空氣污染防制之 探究與實作及應 用</p>	<p>科技實作</p> <p>硬體空氣品質監控與改善</p> <p>1. 空氣品質監測、警示、警報 2. 空氣清淨機、 3. 空氣清淨車、 解決方案/設計方案</p>
<p>問題解決</p> <p>路口交通空氣品質改善 垃圾車空氣品質改善 廟會/出巡空氣品質改善… 解決方案/設計方案</p>	<p>科技實作</p> <p>空氣品質資訊顯示與紀錄</p> <p>空氣溫度、濕度、濁度(PM2.5)、濁 度影像、CO、CO2、… 解決方案/設計方案</p>	<p>科技實作</p> <p>軟體程式控制與紀錄</p> <p>1. 空氣品質(溫度、濕度、 濁度、TVOC…)數據監測、 2. 空氣品質手機傳賴 LINE、 3. 空氣品質雲端紀錄、 4. 空氣品質環境影像紀錄 解決方案/設計方案</p>

TVOC(Total Volatile Organic Compound) 總揮發性有機化合

學習單 (空污防制之探究與實作及應用 3/3)

班級：_____ 姓名：_____ 座號(小組)：_____

一、請就妳/你的生活經驗或直覺/猜想，分組討論「空氣盒子」、「空氣清淨機」、「空氣清淨車」應具備哪些功能？

(可以心智圖、魚骨圖、樹狀圖或條列方式呈現，若版面不足，請書寫於背面)

ANS: 「空氣盒子」參考解答如下

1. 基本功能

- (1)可顯示空氣溫度
- (2)可顯示空氣濕度
- (3)可顯示空氣濁度(PM1.0/PM2.5/ PM10)

2. 延伸加深加廣活動

- (1)可顯示環境照度
- (2)可顯示環境大氣壓力
- (3)可顯示環境紫外線強度
- (4)可顯示環境總揮發性有機物(TVOC, Total Volatile Organic Compounds)濃度
- (5)可顯示環境二氧化碳 CO2 濃度
- (6)可顯示環境一氧化碳 CO 濃度
- (7)可記錄空氣/環境狀態變化(ThinSpeak、Google Sheet)
- (8)可傳送空氣/環境超標危害警示(亮紅燈、響警鈴、傳賴 Line...)
- (9)可傳送當下空氣/環境景象(拍照、即時影像)到手機
- (10)其他

附件 3: 教具及示範影片-空氣品質監測與淨化(空氣清淨機)模組

詳細內容 請參閱 [空氣污染防治\(淨化空氣品質\)之探究與實作 課程網 NEW](#)

<https://sites.google.com/nsysu.kksh.kh.edu.tw/air-pollution-pm25-monitoring>



短網址 <https://tinyurl.com/4dbm2zj>

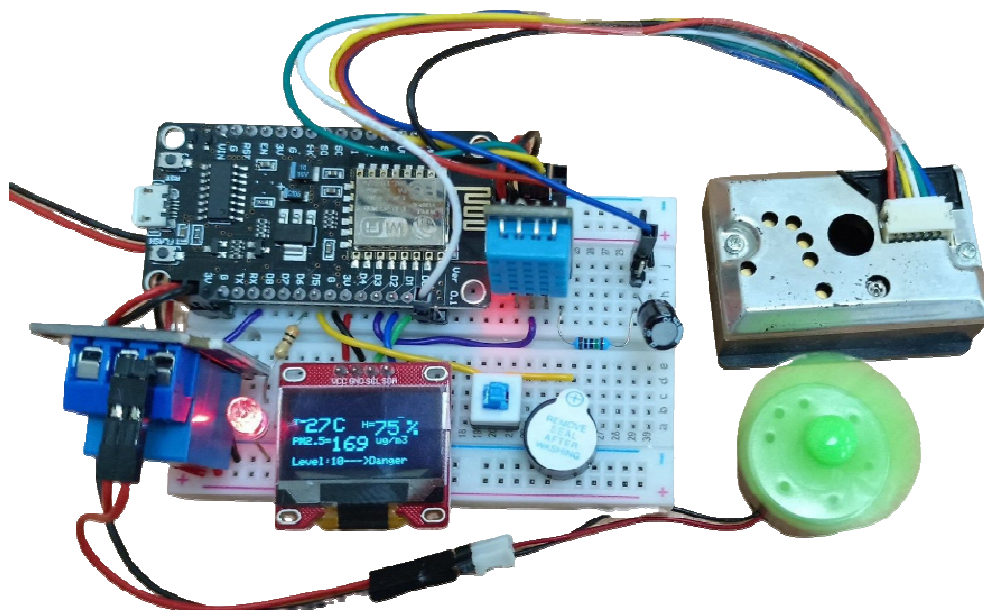
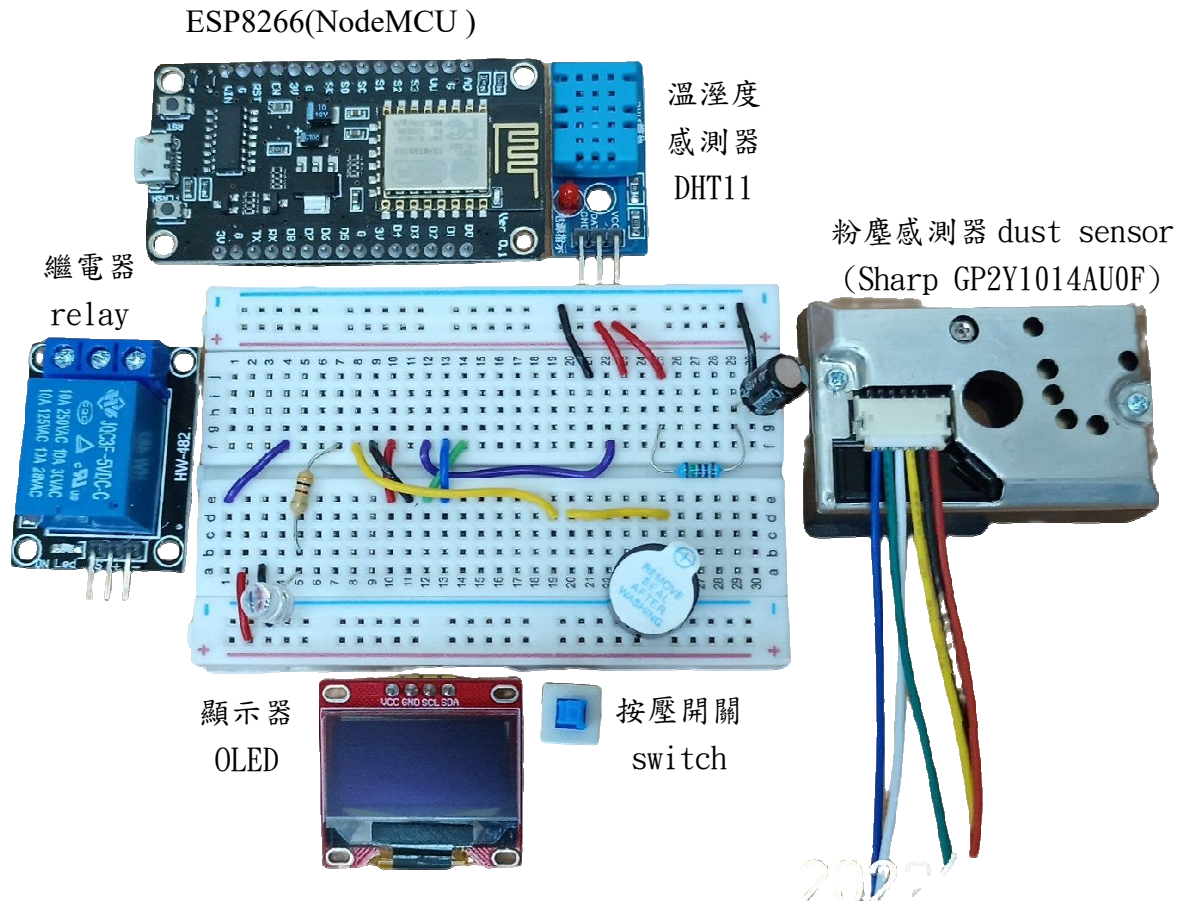


圖: 麵包板與零件配置及實體電路位置

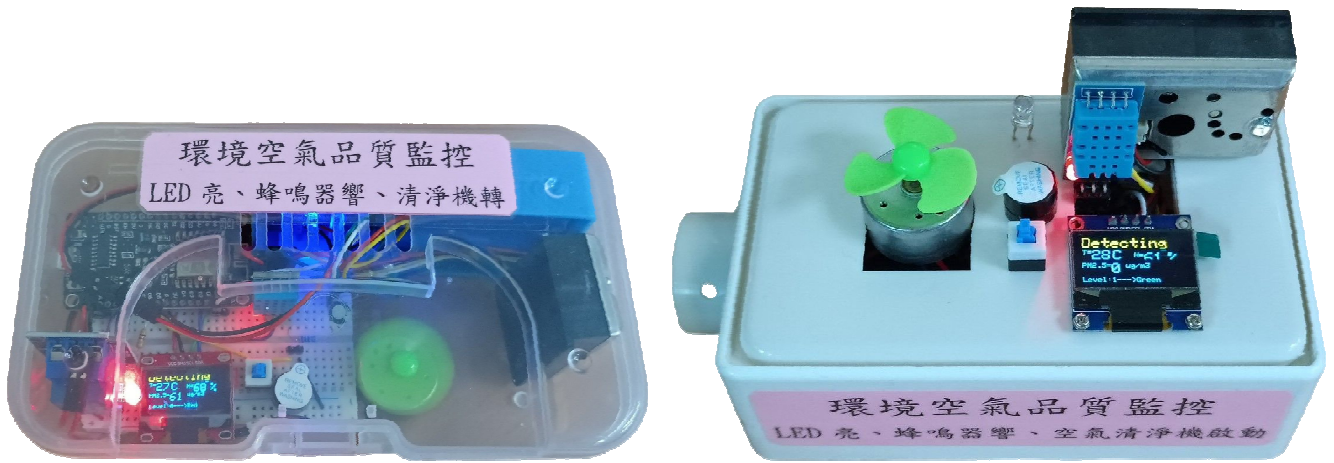


圖:教具-空氣品質監測與淨化(空氣清淨機)模組

影片 IOT air pollution monitoring 環境空氣品質監控 PM2.5、LED亮、蜂鳴器響、清淨機轉 1111027

YouTube https://youtu.be/3_kfy8tQpoA

影片 IOT_PM2.5_monitoring_with_sharp_DHT_OLED_thingspeak_Line_空氣品質監測 1111010ok

YouTube <https://youtu.be/qjldkpJwJ48>

範例影片

影片 Smart Home Air Quality monitoring air box DIY with sharp dust sensor 超標傳賴 LINE 雲端紀錄結果 (計畫主持人示範)

YouTube <https://youtu.be/rv4III5YPIQ>

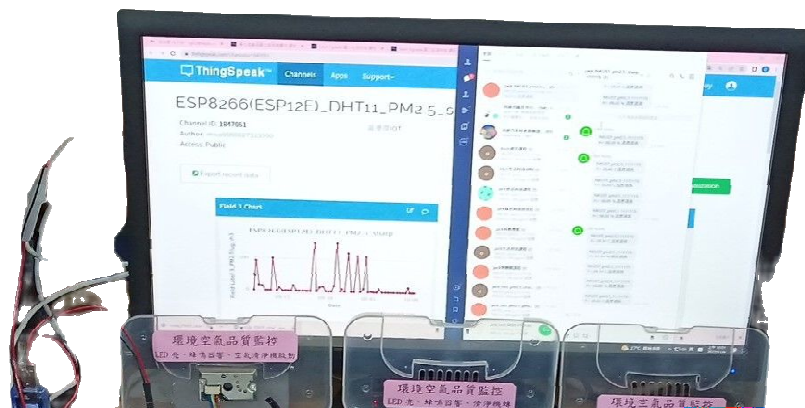




圖:國三 6 班 30 號學生 ThingSpeak 溫度、濕度、空氣品質 PM2.5 監控結果 112.12.14

詳細內容請參閱:kksh 9grade 國三生活科技 課程網

<https://sites.google.com/nsysu.kksh.kh.edu.tw/kksh-9grade-living-technology>



短網址 <https://tinyurl.com/5ejn5rph>

附件 4: 回 饋 單

回 饋 單(空污防制之探究與實作及應用 1/5)

活動內容：後設認知階段(回顧/省思/探究與實作及應用歷程)

班級：_____ 姓名：_____ 座號(小組)：_____

一、請敘述妳/你在「空氣污染防制之探究與實作及應用」課程中，我最大的收穫？

說明：下列引言是提供寫作靈感、下筆參考，可挑選認同項目或自由發揮表述(表達/敘述/論述)。

- (1) 我了解「空氣」對生活與健康及環境的影響
- (2) 我與○○○同學感情/關係更密切(主動關心/被關心)
- (3) 我學會使用工具儀器(最難使用/最熟練工具儀器是…等)
- (4) 我學會設計與製作「空氣盒子」、「空氣清淨機」、「空氣清淨車」
- (5) 我瞭解我(們)所設計製作的「空氣盒子」、「空氣清淨機」、「空氣清淨車」之優缺點或特點是…
- (6) 我瞭解「空氣盒子」、「空氣清淨機」、「空氣清淨車」的構造與原理。
- (7) 我學會如何以科學探究及科技實作方式，進行生活問題解決

ANS:(注意!!!不能寫數字代號，否則不計分，需以文字敘述)

回 饋 單(空污防制之探究與實作及應用 2/5)

活動內容：後設認知階段(回顧/省思/探究與實作及應用歷程)

班級：_____ 姓名：_____ 座號(小組)：_____

二、請敘述妳/你在「空氣污染防制之探究與實作及應用」課程的心得/感想？

說明：下列引言是提供寫作靈感、下筆參考，可挑選認同項目或自由發揮表述(表達/敘述/論述)。

- | | |
|------------------------|------------------------|
| (1) 引燃「科技(科學/技術)探究」熱情 | (2) 啟發「能源科技」心智 |
| (3) 激發「科技創新」意念 | (4) 理解「科技(科學/技術)探究」內涵 |
| (5) 變化「科技(科學/技術)探究」觀感 | (6) 認同「科技(科學/技術)探究」理念 |
| (7) 堅定「科技(科學/技術)探究」信念 | (8) 神遊「科技(科學/技術)探究」意境 |
| (9) 豐富「科技(科學/技術)探究」情感 | (10) 提升「科技(科學/技術)探究」素養 |
| (11) 導正「科技(科學/技術)探究」態度 | (12) 蘊釀「科技(科學/技術)探究」動能 |
| (13) 構建「科技(科學/技術)探究」架構 | (14) 釐清「科技(科學/技術)探究」迷失 |
| (15) 精緻「科技(科學/技術)探究」概念 | (16) 回歸「科技(科學/技術)探究」本質 |
| (17) 整理「科技(科學/技術)探究」思緒 | (18) 享受「解決問題」喜悅 |
| (19) 體現「合作學習」真諦 | (20) 感受「專題作品」成就 |
| (21) 累積「科技(科學/技術)探究」智慧 | (22) 發展「科技(科學/技術)探究」新知 |
| (23) 實踐「生命出口」信念 | (24) 累積「人生歷程」智慧 |
| (25) 感悟「正面積極」人生觀與使命感 | |

ANS:

回饋單(空污防制之探究與實作及應用 3/5)

活動內容：後設認知階段(回顧/省思/探究與實作及應用歷程)

班級：_____ 姓名：_____ 座號(小組)：_____

三、在「空氣污染防制之探究與實作及應用」課程活動中，我覺得我要給自己或同學建議或鼓勵是…?

說明：下列引言是提供寫作靈感、下筆參考，可挑選認同項目或自由發揮表述(表達/敘述/論述)。

- (1)我自己或○○○同學在…方面的努力/付出很多，例如：…
- (2)我瞭解我(們)所設計製作的「空氣盒子」、「空氣清淨機」、「空氣清淨車」之最大問題點是…
(學而後知不足)
- (3)我覺得需要再加強/充實的知識/技能是…
- (4)我要感謝○○○同學協助/教導我瞭解…
- (5)我要感謝○○○同學的協助/教導我使用…工具/儀器設備…得以順利完成作品
- (6)我很欣賞/羨慕/肯定自己或○○○同學在方面的表現/成就
(例如：認真的女孩最美麗/認真的男孩最有魅力…)…

ANS:(注意!!!不能寫數字代號，否則不計分，需以文字敘述)

回饋單(空污防制之探究與實作及應用 4/5)

活動內容：後設認知階段(回顧/省思/探究與實作及應用歷程)

班級：_____ 姓名：_____ 座號(小組)：_____

四、在「空氣污染防制之探究與實作及應用」課程活動中，我覺得我要給老師的建議或鼓勵是…?

說明：下列引言是提供寫作靈感、下筆參考，可挑選認同項目或自由發揮表述(表達/敘述/論述)。提示：例如，希望老師繼續類似 **STREAMS 跨領域課程整合教學活動**

- (1)影音多媒體教學活動 (2)教具操作/展演活動 (3)工具/儀器/設備操作活動
- (4)分組合作學習活動 (5)同儕學習活動 (6)同儕補救教學活動
- (7)差異化教學活動 (8)適性輔導活動 (9)科學/技術探究教學活動
- (10)多元評量活動 (11)創意自造 make (DIY, Do It Yourself)
- (12)共創共榮 (DIT, Do It Together)

ANS:

回饋單(空污防制之探究與實作及應用 5/5)
活動內容：後設認知階段(回顧/省思/探究與實作及應用歷程)

班級：_____ 姓名：_____ 座號(小組)：_____ 指導老師：_____

5. 請簡述您/妳在「**空氣污染防制之科學探究**」活動中，對「**基礎科學**」之心得或感想？

ANS:

6. 請簡述您/妳在「**空氣污染防制之科技實作**」活動中，對「**工程科學**」之心得或感想？

ANS:

7. 請簡述您/妳在「**空氣污染防制之生活應用**」活動中，對「**應用科學**」之心得或感想？

ANS:

8. 請簡述您/妳在「**空氣污染之社會環境議題**」活動中，對「**社會科學**」之心得或感想？

PS:社會科學 (social science) 是用**科學**的方法，研究**人類社會**的種種現象。廣義的「社會科學」，作為自然科學(以自然為研究對象)的對應物，是對所有以人和社會為研究對象的實證與跨學科研究及**人文學科**的統稱。「社會科學」的概念起源於1930年出版的《社會科學百科全書》(Encyclopaedia of the Social Sciences)。

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A4%BE%E4%BC%9A%E7%A7%91%E5%AD%A6>

<https://pansci.asia/archives/43460>

ANS:

附件 5:問卷

問卷(空污防制之探究與實作及應用)

問卷:「空氣污染防制之科學探究與科技實作及生活應用」之創新課程與實驗研究問卷(初稿)

問卷-科學探究與科技實作及生活應用

同學好:

此問卷主要的目的是了解你進行"科學探究與科技實作及生活應用"課程活動後的學習的情形。本份問卷沒有標準的答案,請將您認為最適當的認同程度圈起來。謝謝作答!

此問卷修改自 國立彰化師範大學科學教育研究所 段曉林教授的問卷

問卷題目共 10 題

1.我能找尋「科學探究與科技實作及生活應用」的議題。

認同程度	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
配分	1	2	3	4	5

2.我能運用各種方法搜尋「科學探究與科技實作及生活應用」資料。

認同程度	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
配分	1	2	3	4	5

3.老師能引導學生,從生活或社會議題中,尋找可「科學探究與科技實作及生活應用」的主題。

認同程度	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
配分	1	2	3	4	5

4.老師能指導我們進行「科學探究與科技實作及生活應用」相關活動。

認同程度	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
配分	1	2	3	4	5

5.在「科學探究與科技實作及生活應用」課程活動中,我認識「基礎科學」並學會「科學探究」。

認同程度	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
配分	1	2	3	4	5

6.在「科學探究與科技實作及生活應用」課程活動中,我認識「工程科學」並學會「科技實作」。

認同程度	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
配分	1	2	3	4	5

7.在「科學探究與科技實作及生活應用」課程活動中,我認識「應用科學」並學會「生活應用」。

認同程度	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
配分	1	2	3	4	5

8.在「科學探究與科技實作及生活應用」課程活動中,我認識「社會科學」並關心社會與環境議題。

認同程度	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
配分	1	2	3	4	5

9.在「科學探究與科技實作及生活應用」課程活動中,我認識「STREAMS 素養」並具備「科學素養」。

認同程度	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
配分	1	2	3	4	5

10.我喜歡「科學探究與科技實作及生活應用」課程活動。

認同程度	非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
配分	1	2	3	4	5

學習單

「空氣」對健康與社會及環境的影響

班級：一乙 姓名：童俊瑜 座號(小組)：13

單元：STREAMS 之 R(Reading 閱讀)與 S(society 社會)- 「空氣污染」對社會和環境的影響

文本媒材資料：閱讀「空氣與生活」對社會與環境的影響之參考文本媒材

https://drive.google.com/drive/folders/1Fd-3GE149r-As1225T_egeYM12Y9k-7?usp=sharing

111 年國人死因統計結果(衛生福利部 111.6.12) <https://www.mohw.gov.tw/cp-16-74869-1.html>

1. 請問「空氣污染」對健康有何的影響？

造成心血管疾病、增加患癌風險、造成氣喘、胸痛、咳嗽，還會造成中風、糖尿病等。

2. 請問「空氣污染」對社會(例如：人文、經濟社會)有何影響？

污染導致人類早死，全球經濟損失、人民健康指數全面下降。

3. 請問「空氣污染」對生態環境有何影響？

懸浮微粒會使葉佈滿灰塵，影響植物光合作用。

空氣污染物會隨風飄散，影響每一個地方。

污染造成全球暖化，~~造成~~力嘍氣候變遷。

4. 請問如何知悉「空氣品質」？

上網查看政府的「空氣品質指標」

注意校門口的「污染旗」。

5. 請問如何改善「空氣品質」？

多搭乘大眾運輸工具、節能用電、多種植樹、多用電動車、少用普通汽油車。

6. 請依上述妳/你的回顧或認知，妳/你覺得我/我們該怎麼做？可以讓我們的社會與環境會更好。

我覺得我們可以多推廣綠能風、水力發電又環保又容易生電，政府應多給予補助，鼓勵企業使用綠能。

學習單

「空氣」對健康與社會及環境的影響

班級：204 姓名：謝有霖 座號(小組)：_____

單元：STREAMS 之 R(Reading 閱讀)與 S(society 社會)- 「空氣污染」對社會和環境的影響

文本媒材資料：閱讀「空氣與生活」對社會與環境的影響之參考文本媒材

https://drive.google.com/drive/folders/1Fd-8GE149r-As1225T_egeYMI2Y9k-7?usp=sharing

111 年國人死因統計結果(衛生福利部 111.6.12) <https://www.mohw.gov.tw/cp-16-74869-1.html>

1. 請問「空氣污染」對健康有何的影響？

可引發心血管病、呼吸道疾病以及肺癌

2. 請問「空氣污染」對社會(例如：人文、經濟社會)有何影響？

勞動人口過早失去勞動力，甚至提早死亡

3. 請問「空氣污染」對生態環境有何影響？

影響植物生長造成土壤及湖泊酸化

4. 請問如何知悉「空氣品質」？

多看有關空氣品質的學術文章

5. 請問如何改善「空氣品質」？

多綠化環境節約用電、少吸煙

6. 請依上述妳/你的回顧或認知，妳/你覺得我/我們該怎麼做？可以讓我們的社會與環境會更好。

多搭乘大眾運輸工具

學習單

「空氣」對健康與社會及環境的影響

班級：高二丙 姓名：黃國強 座號(小組)：11

單元：STREAMS 之 R(Reading 閱讀)與 S(society 社會)- 「空氣污染」對社會和環境的影響

文本媒材資料：閱讀「空氣與生活」對社會與環境的影響之參考文本媒材

https://drive.google.com/drive/folders/1Fd-8GE149r-As1225T_egeYMI2Y9k-7?usp=sharing

111 年國人死因統計結果(衛生福利部 111.6.12) <https://www.mohw.gov.tw/cp-16-74869-1.html>

1. 請問「空氣污染」對健康有何的影響？
PM10: 過敏性鼻炎, 引發咳嗽、氣喘
PM2.5: 易附著致癌物深入人體中
O₃: 對呼吸系統刺激, 亦可造成頭痛、疲倦的狀況
SO₂: 引發呼吸系統及肺部的發炎
2. 請問「空氣污染」對社會(例如: 人文、經濟社會)有何影響？
NO₂: 輕者刺激, 重者影響肺部及呼吸系統抵抗, 增加相關疾病發生
CO: 低濃度易成頭痛、暈眩及疲倦, 吸入高濃度可能失去協調能力甚至死亡
因追求經濟成長用健康與健康受損而帶來企業經營拖累
Ex: 2018年空氣污染使全球經濟損失29兆美元, 占當年3.3%
增加醫療支出, 空氣污染暴露與地區經濟條件的空間上不平等。
GDP
3. 請問「空氣污染」對生態環境有何影響？
動植物的生長, 健康狀況, 加速瀕危動物的滅絕。
4. 請問如何知悉「空氣品質」？
參加相關講座, 一起保護環境, 和環保人士一同推廣理念。
5. 請問如何改善「空氣品質」？
政府的政策推廣與企業達成共視, 在追求經濟成長的同時, 攜手保護環境。
6. 請依上述妳/你的回顧或認知, 妳/你覺得我/我們該怎麼做? 可以讓我們的社會與環境會更好。
現今為了經濟發展是企業與所在區域要達成共視的, 我們除了可以參加遊行及推廣活動, 並做好自己能為環境所做的就足夠了。



圖：學生填寫學習單「空氣污染」對健康與社會及環境的影響 社團活動 112.12.8



圖：生活科技課程 木工砂磨機加工木料作品時 環境空氣品質偵測 112.12.12



圖:生活科技課程 木工砂磨機加工木料作品時 環境空氣品質偵測 112.12.12(續)