

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number :

學門分類/Division : 農科

執行期間/Funding Period : 2018-08-01~2019-07-31

STEM 課程模式運用於熱力學—溫溼度感測器於智慧農業的應用—之行動研究
熱力學

計畫主持人(Principal Investigator) : 陳志堅

執行機構及系所(Institution/Department/Program) : 生物機電工程系

繳交報告日期(Report Submission Date) : 2019-08-17

一. 報告內文(Content)

1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

請描述所選擇研究議題的問題挑戰與背景、教學實務現場遇到之挑戰以及該議題的重要性與影響力。

(1) 研究的發想背景：學習是學生在學校生活中最重要的部份，學生的學習意願和學習態度，取決於學生個人對未知知識的需求迫切性。渴望學習者則勤於獲得新知，表現出來的行為則是求知動機強烈、對任何疑問皆不求甚解、主動尋求資料以求更深入的瞭解、將所得的知識應用於實際生活中、利用失敗經驗來補強學習者的劣勢、將知識轉化成常識而終身受用等；反觀學習適應欠佳者，表現出來的行為則是對學習充滿負面的對應方式，表面上呈現出學業成績的不理想，對學科學習的不認同，實質上反映出對生涯規畫的消極面。在傳統式的教學現場中，「以教師為本位」的單向講述式教學是最常使用的方式，教師憑藉著其豐富的專業知識與技能，嘗試將教科書中論述的艱深理論，以較淺顯的口語化說法傳述給學生。教師為求學生在學習過程中能達到學習目標，常常以枯燥的紙筆評量方式鑑別學生的學習成果，雖然評量結果可以反映出學生部分的學習成效，但也間接成為施教者強迫學生為成績而學習的手段。大學已進入專業知識學習的階段，每種學科需要不同的學習方法，學習所費時間及專心程度與學業成績不再成正比，學習所獲得的成就感不容易達到，因此學習的挫折感大增，也降低了學生學習的動機。

(2) 問題意識：技職體系的學生來源大多數屬於基礎學科學業弱勢的學生，這些學生在國中的階段就已經呈現出較大的學科差異性，而通常在國中升學進入職業學校後，基礎學科的修習就開始和普通高中迥然迥異，而且修習的學科內容多以專業技術為主，基礎學理為輔。技職體系的學生升上大學後，面對超過一半學科為傳統基礎學科的延伸時，往往在基礎理論的修習上，大多數的學生會遭遇到某種程度的學習障礙。另外，以生物機電工程系的部分學生而言，其大學的修業科目可能部分或幾乎完全沒有接觸過，這類型的學生在學習過程中往往會心有餘而力不足，不是到學期末勉強獲得一些非常基本的專業知識，就是在學期中提前放棄學習，甚至因此對其後續的學習態度造成負面的影響。以本系學生為例，由於在同一個班級修課學生基礎學理能力的程度差異極大（部分學生為機械類群，部分學生為電子電機類群），通常到學期中便可以發現學生的學習成效和授課教師的期待迥異其趣，最後學生的學習成效難以提升，畢業學生的專業技術能力和產業界對技職大學畢業生的期待永遠存在一定的距離。

(3) 問題重要性：技職院校的畢業生是台灣中小企業的人才來源，學生在大學四年扎實的基礎學理和進階技術訓練攸關企業技術的升級和永續的經營。面對產業界生產模式更新的腳步加快，產業界期待以創新科技導入生產過程以提升產品良率和降低生產成本，技職學生唯有在大學端能延續「動手做」的優勢外，還要能強化基礎學科學理的基本功，整合並應用所學的跨領域學科技能，才有能力在職場上面臨技術不斷更新的挑戰。此時，學習策略就扮演著重要的角色，授課教師

對於基礎學科的授業必須不再拘泥於以理解基礎理論為主的教學方式，在提供資源讓學生能修習基礎理論的同時，也能提供場域讓學生能利用相關工具實際將學習的理論應用到實務，並與產業界所需的技能進行連結，讓學生能體會學習和就業的連動性，以增進學生的學習動機和效能。

(4) 影響及應用層面：學生在「學中做、做中學」的學習歷程中，確實體認到基礎理論的扎根和專業技術的精進是相輔相成的，而自我能力的提升和終身學習的養成，才能讓自己在驟變的產業升級過程中保持本身的技能不斷精進，此對於產業維持全球競爭力的重要性不可言喻。教師須採用適合的教育理念，運用適性的教學計畫，才能有效的改善技職教育體系內學生的學習成效問題，也才能彌補學用誤差；透過完善的教學內容與方法，才能培養技職學生的關鍵基礎能力，也才能提升其在職場的就業能力，如此才能創造高等教育的價值。

2. 文獻探討(Literature Review)

請針對本教學實踐研究計畫主題進行國內外相關文獻、研究情況與發展或實作案例等之評析。

杜威 (John Dewey) 為美國實用主義的哲學家，也是進步主義的代表人物，其對近代教育影響深鉅。他認為教育是受教者生活和生長的歷程，生活需要教育，教育也需要生活經驗。如此，經驗的累積能使教育不斷進步，而教育才能使個人或社會生活不斷更新[1]。杜威的教育概念包含了「從做中學」、「從經驗中學習」、「利用現實生活中的各種機會」和「把技能和技術當作直接達到切身需要的手段」等，這些概念代表著教學課程是一個實用的課程，同時課程內容要和生活連結。授課老師在教學時要讓知識成為學生的生活經驗的一部分，教學內容和學生的生活經驗結合，這樣的知識才能成為改進未來經驗的基礎。

STEM 源於美國，它是科學 (Science)、技術 (Technology)、工程 (Engineering) 和數學 (Mathematics) 的縮寫，以基於問題學習、項目學習、工程設計等方式將科學、技術、工程和數學四門學科融合的教育[2]。STEM 教育希望在學科課程中建立一個橋樑，引導學生重新思考科學、技術、工程和數學的內涵及它們與生活之間的關係。近年來，STEM 教育在美國的蓬勃發展，深究其原因，此乃美國實用主義哲學的思想基礎開啟了重要的效應，杜威的「從做中學」思想影響深遠，實用主義哲學重視知識的學以致用，更重視受教者的實際經驗，這也是 STEM 教育的重點。近年來 STEM 相關的研究指出，以整合工程和科學的 STEM 課程，不但能提升學生的概念知識，亦能幫助學生培養應用科學與數學知識以解決問題的能力，並可減少部分學生對科學認知的隔閡[3]。范斯淳和游光昭[2]提出以實用主義之理念為基礎，專題導向的學習應為科技教育的 STEM 課程之主要形式，而課程主題則應來自現今重要的科技與工程議題，運用工程案例進行教學時，可提升學生科學概念的學習成效及綜合分析的能力。Schnittka 和 Bell[4]則是探討工程設計活動課程對中學生的熱傳遞和能量概念的衝擊，他們發現運用具體的實物範例來闡述熱傳遞知識，可以改善學生科學概念的認知。而 Ortiz[5]則是透過樂高機器人課程教學實驗發現，結合數學與工程概念之課程，可以有效地幫助學生學習特定的數學概念知識。

1960 年代，在 Atkin 和 Karplus 進行的 Science Curriculum Improvement Study 課程研究計畫中，他們發展了引導發現 (guided discovery) 教學理論式教學法，他們提出利用學生已有的知識結構與學生的認知結構，在老師的引導下，通過學生自己的探索、發現並獲得新知識的一種教學方法[6]。而 Karplus 和 Thier 對於科學教育提出了提出學習環三階段，包含了「探索 (Exploration)、發明 (Invention)、發現 (Discovery)」三步驟[7]，學習環是「以學生為中心」、「以活動為中心」的探究式教學法。後來陸續有學者提出不同階段的學習環，Trowbridge 和 Bybee[8]在美國 BSCS (Biological Science Curriculum Study) 以建構主義觀點為基礎所發展的 5E 學習環教學模式，其教學階段包括：參與 (Engagement)、探索 (Exploration)、解釋 (Explanation)、精緻化 (Elaboration)、評量 (Evaluation)。而科技教育領域中則由 Burke [9]根據 5E 教學環進行修正，提出 6E 教學模式 (參與 Engage、探索 Explore、解釋 Explain、實作 Engineer、深化 Enrich、評量 Evaluate)，以學生為中心，目的是強化 STEM 教育中的設計與探究能力。姚經政和林呈彥[10]以機器人教學為主軸的 STEM 教育課程，應用 6E 教學模式以培養學生的設計與探究能力，並輔以差異化教學的觀點，進行教學活動的設計。蕭顯勝等人[11]在 Makerspace 環境中使用 6E 參與模式引導學生實作學習，研究結果顯示學生在使用此研究發展之課程後對學生實作能力有所幫助。張玉山和楊雅茹[12]提出 STEM 雖為值得推廣的教學策略之一，但還是須落實機具操作與材料處理的實作教學，才能真正展現 STEM 的教學成果。蔡依帆和吳心昀[13]以 STEM 科際整合教學為基礎，並結合 6E 教學模式，設計一項以空投救援物資為學習情境之實作活動；在活動中教師透過解說以及學習歷程檔案的引導，讓學生使用有限的材料，運用前備知識並發揮小組合作與團隊溝通能力，設計出符合活動要求的裝置。

杜威的教育理論基礎代表著生活與教育相互間的實用性、重要性和必需性，唯有教學課程能和生活經驗相結合，才能追求人類生活的進步。杜威的實用主義哲學重視知識的學以致用和受教者的實際經驗，開啟了 STEM 教育的蓬勃發展。STEM 教育讓學生重新思考科學、技術、工程和數學等四種內涵與生活之間的關係，培養學生應用科學與數學的知識，結合科技和工程的方法來解決問題的能力。從相關文獻中可以歸納，STEM 課程之規劃通常應具備以下重要特質：(1) 以真實世界的議題或問題情境為背景；(2) 以問題導向為課程設計之主軸；(3) 具有明確的課程目標、內容範疇及其所依循的能力指標；(4) 提供以學習者為中心的學習經驗；(5) 強調 STEM 各學科知識的連結與整合應用；(6) 重視邏輯思考、問題解決、批判思考等高層次思考能力的培育；(7) 強調課程與職場的連結性等[2]。進而在科技教育中加入 6E 教學模式，引導學生能實際參與學習、深度思考、理性思辨、團隊合作應用所學解決問題和能利用資源提升實作成品精緻度，而讓學生與老師有機會評量學習成效與理解程度。

在此教學實踐研究計畫中，申請人將單一課程熱力學融合 STEM 的四項內涵，在教學現場中進行執行、探究、反省、修正與再執行的循環過程，教師即研究者，課程即研究假設，以解決教學現場所面臨的問題。本計畫將協助學生建構與教學目標一致的生物機電整合知識，並在學生的學習活動給予適時的支持和鼓勵；為

使學生具有熱力學基礎知識和進階技術，能運用電路控制、程式設計和機械加工的能力，將溫溼度感測器應用於智慧農業產業，使其明瞭生物產業發展方向與所需機電工程實務設計技能。

3. 研究方法(Research Methodology)

科技教育的 STEM 課程是一種整合式的教學與學習途徑，此課程著重在實作學習 (hands-on learning) 以及心智學習 (minds-on learning) 的平衡。STEM 課程是以「科技與工程議題」為核心、「工程設計」歷程為架構，而「科學探究」、「數學分析」及「科技工具」為知識整合與應用的要項，在此期望能提升科技大學學生之科學、數學、科技及工程等知識的學習表現。而 6E 教學模式是由美國國際科技與工程教師學會 (The International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA) 在 2013 年提出，而這套以學生為中心的教學模型目的是要強化 STEM 教育中的設計與探究能力的培育。ITEEA 已開始將 6E 教學模式導入美國中小學的理工教育專案裡，此教學模式藉由重覆討論、實際手作與自我評量來加強學生對課程的認知。因此，師生對課程主題需具備基本的認識後，再進行更深入複雜的探索，有助於對課程主題形成更完整性的理解，而達到融會貫通。因此本實踐研究計畫擬參考 6E 教學模式作為教學活動的流程。

「熱力學」課程主要為探討能量、能量轉換以及能量與物質間交互作用的科學，在熱力學的內容裡，能量轉換的現象主要是由於系統之間的溫度差異而產生，是故溫度的量測是研究熱力學最基本且是最重要的一項課題。熱力系統是指一個能和環境透過邊界才能交換物質、功或熱 (能量) 的系統，這樣的系統在日常生活中隨處可見，而且無可或缺，例如自然界的太陽輻射和空氣中水—汽變化，必須是遵循熱力學的原理；在熱力學的工程應用方面，所有動力機械的核心都是將可用能量轉換作功的程序，另外冷卻系統則是作功將熱量移走。而在農業機械工程學和農業設施環境控制等的領域中亦不例外，熱力學在應用與研究方面均是必備的知識。隨著資訊科技的發展與自動化控制系統的應用，農業的經營已逐漸脫離天然環境的控制，藉由先進自動化元件、資料收集分析及環控監控 (溫度、濕度、二氧化碳濃度、土壤酸鹼值、日照、光量子等)，整合成高效率的智慧化環控系統，以自動化技術精確的控制栽種環境，以增加生產的效能。這種智慧化的環控系統就是具有一個非常高效能的熱力系統，而在這樣的智慧化系統中，通過各種無線感測器即時採集農業生產現場參數而進行遠程監控生產環境，其中的溫度和濕度是系統中無可取代的最重要參數。因此本計畫之研究主題為 STEM 教育模式運用於熱力學課程上對教學成效影響之行動研究，操作單元則為物聯網溫溼度感測器於智慧農業的應用，期望學生在做中學的過程中，將 STEM 的四項內涵應用於基本學理的學習，師生之間利用 6E 教學模式方法，完成修習基礎學理而可實際應用於產業的實務操作。

「物聯網溫溼度感測器實作」的課程是涵蓋多門學科的教學，它包括了基礎物理學、熱力學、控制學、電路學和程式設計等學門，是融合科學、科技、工程、數學的科際整合課程，正可符合 STEM 的教學理念。而教學策略方面是落實杜威的教育理論—「從做中學」、「從經驗中學習」、「利用現實生活中的各種機會」和

「把技能和技術當作直接達到切身需要的手段」，並運用 6E 教學模式，以學生為中心，才能強化 STEM 教育中的設計與探究能力的培育。6E 教學模式運用在本計畫的六大步驟分別敘述如下：

(1) 參與 (Engage)：引起學生的好奇、興趣和投入，並定義問題。教師透過提問以連結學生之前的學習經驗與知識，並點出本單元的重要性，說明初步設計程序，並概述操作技術和評估學生的能力以決定教學策略。學生則先概略認識本單元的主要概念、確認已學到及將學習的內容、設定學習目標、接觸教材及設備。

(2) 探索 (Explore)：輔助學生找尋資料，提供學生建構學習經驗的機會，已發展出解決方案。教師介紹建立模型的概念，利用詰問法引導學生思考問題及鼓勵學生參與討論及小組合作。學生則加入小組討論，進行建模的預測分析（根據小組收集的資料）。

(3) 解釋 (Explain)：向學生解釋所學到的東西，選擇最佳方案，並加以改良。教師解釋系統的概念，複習設計的程序，透過詰問讓學生做更深入的思考，引導小組間的討論，澄清迷失概念，讓學生確保所學概念能與更多情境相連結。學生應用系統相關的概念、原則及理論，使用建模來發展方案，應用更多樣的資訊以及科技與技術。

(4) 實作 (Engineer)：學生將所學自然知識，應用到人造世界，將概念、技術及態度應用到主要問題，製作出原型機，以獲得更深的理解。教師介紹設計與資源的概念及其互動，重申設計的程序，引導學生在設計與探究中學習，提供必要資源給學生進行工程方案的應用，引導學生進行品質控制。學生應用設計的概念、原理及理論，並依資源狀況進行決策，依照設計程序來測試與改良，以獲得最佳的成品。

(5) 深化 (Enrich)：讓學生做更深入的學習，以便將所學應用到更複雜的問題，溝通方案再設計。教師提供資源讓學生將設計概念作新的應用，透過提問的方式，讓學生確認所學可以有更廣的應用。學生了解設計程序，並應用到新情境，擴充工程概念到新情境及新的應用，將原設計進行延伸。

(6) 評量 (Evaluate)：評量的目的在讓師生瞭解教學與學習的效果。教師利用前測工具測知學生的學習需求和不足的地方，確認學生的學習是依照各項課程標準，解釋評分說明給學生理解，提供各項評量的回饋，利用工具評量課程的成效。學生了解工程概念中的設計、建模、資源和系統，用以解決問題確認是否達成學習目標，完成總結性評量。

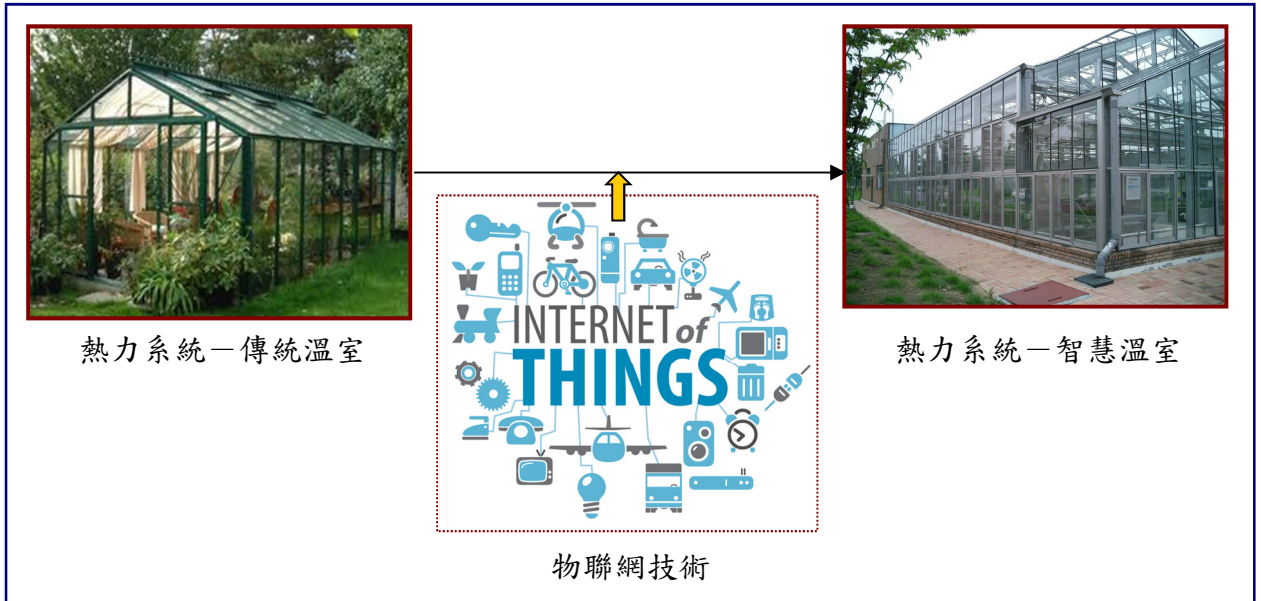
是故本研究申請人採用 STEM 的教育法來從事行動研究，使用一種問題解決和探索發現式的教學法，讓學生在課堂中，主動積極參與，才能獲得專業上的知識和帶的走的能力。

4. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果

(A) 參與 (Engage)：申請人運用學生在熱力學的先備知識和舊經驗來激發學生的興趣，並介紹目前最熱門的物聯網科技，讓學生透過連結先備知識或經驗，引起對「物聯網溫溼度感測器」製作課程的好奇與學習動

機，進而能主動參與。



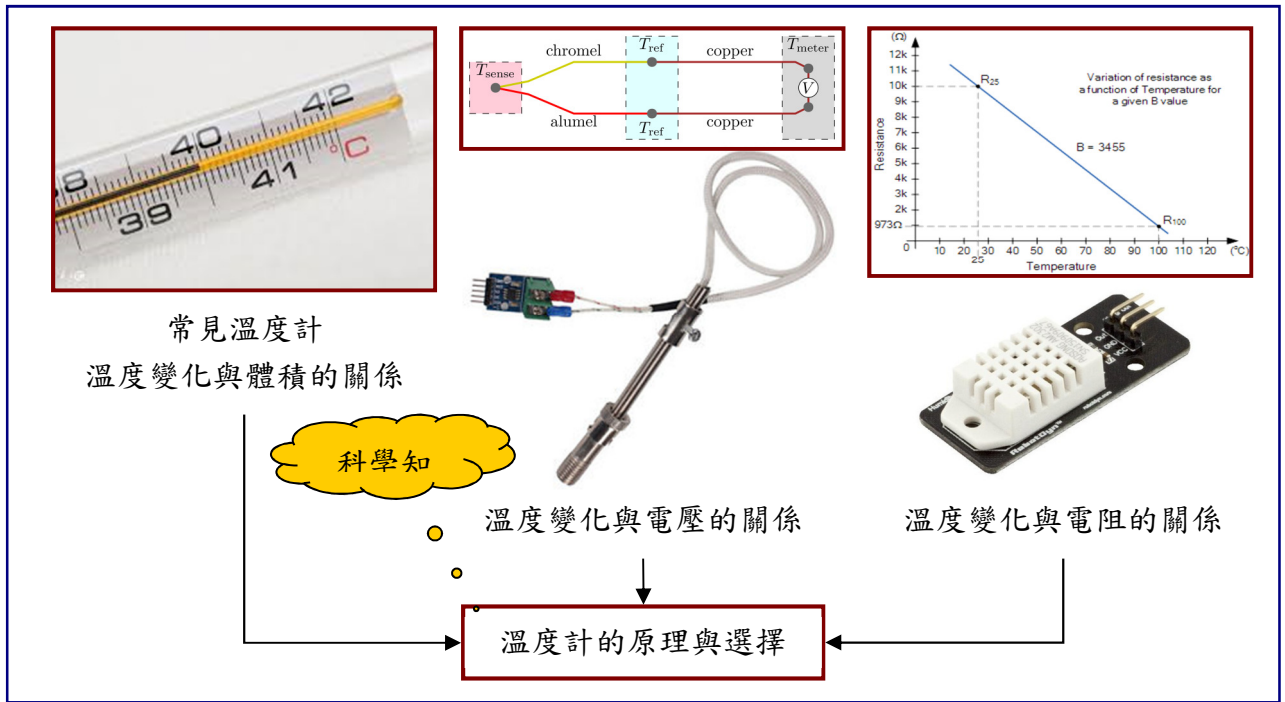
工作事項：

- 你們所想像的“智慧”家庭、“智慧”醫院或“智慧”溫室是甚麼？
- “智慧”溫室需要甚麼裝置？和傳統溫室有何不同？
- 到底需不需要“智慧”溫室？

學生在課堂中進行分組討論，撰寫個別實驗筆記、學習單和學習回饋單，並上台說明。師生課堂上直接進行回饋。



(B) 探索 (Explore)：申請人協助學生組成小組，進行對課程的探索，提供學生深入探索熱力學相關理論的機會，像溫濕度計設計理論的認知、資料蒐集與分析、小組討論和腦力激盪，從學生的討論中，引導其探索更深入的理論觀念，試圖讓學生能自主建構對課程的學習經驗。



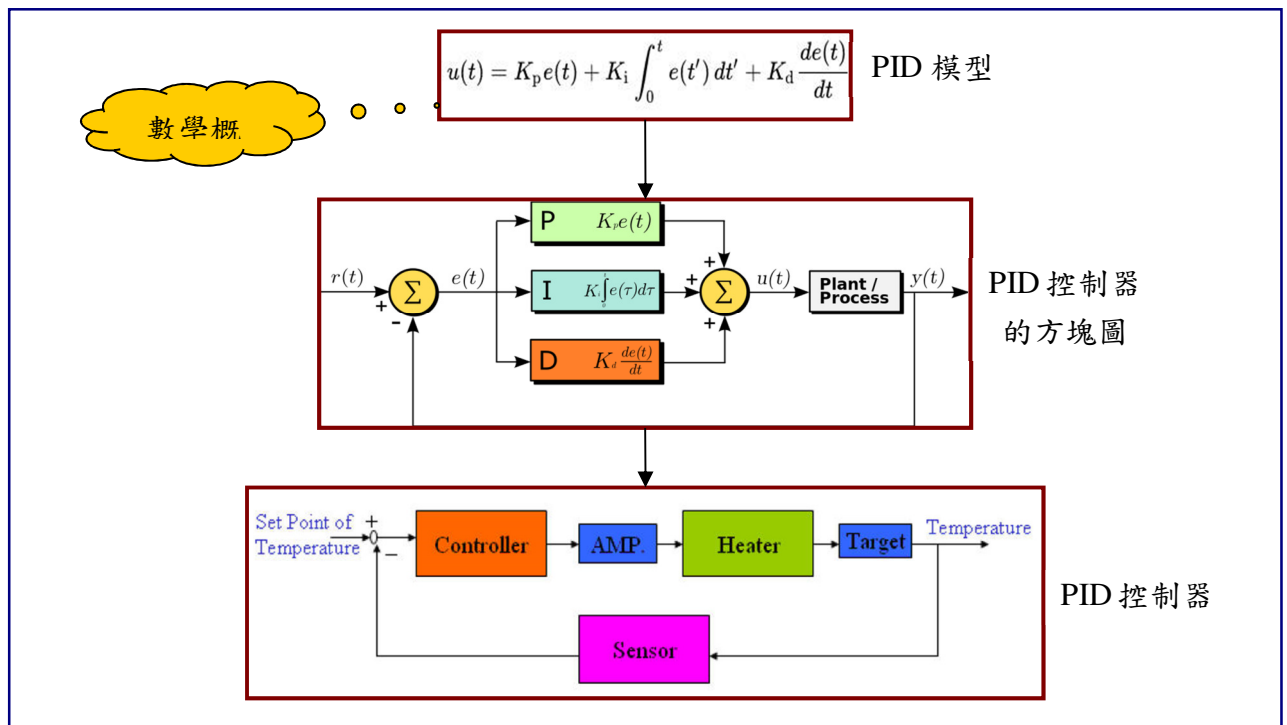
工作事項：

- 溫度計的溫度如何量得的？
- 量得的參數要如何收集？
- 溫度計和物聯網的關係。

學生在課堂中進行分組討論，撰寫個別實驗筆記、學習單和學習回饋單，並上台說明。師生課堂上直接進行回饋。



(C) 解釋 (Explain)：申請人引導學生利用所查的資料，分析溫濕度計感測器本體（外觀造型、操作方式和控制方式），劃出控制電路圖，引導學生並討論溫濕度計機構設計草圖，從 STEM 的觀點提出合理性的說明，讓學生複習溫濕度的設計原理以及比例-積分-微分控制器（proportional - integral - derivative controller, PID controller）對溫度控制的操作方式，對學生的設計進行評估，並讓學生選擇最佳方案。

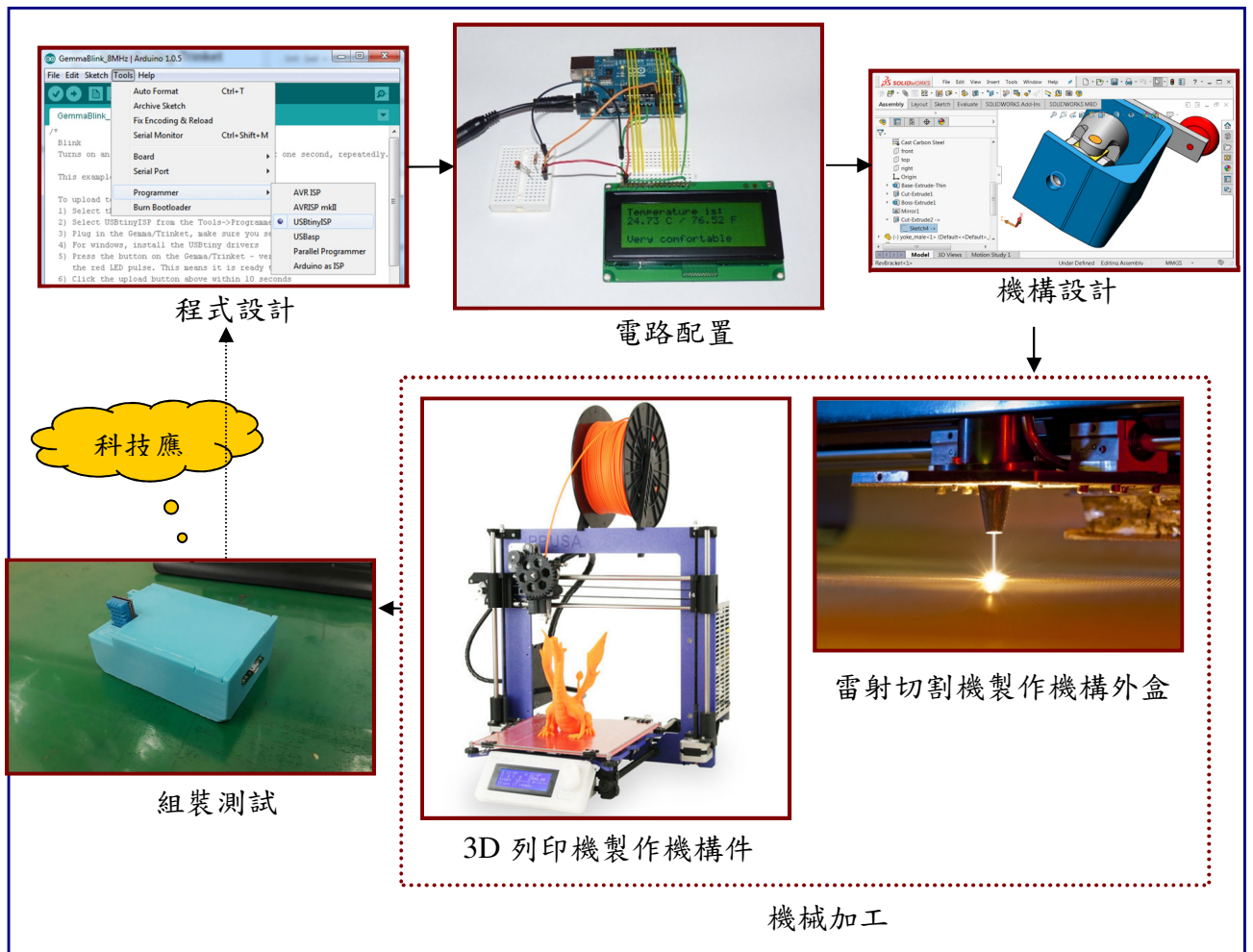


工作事項：

- 何謂“溫度控制”？
 - 如何達成溫度控制的目的？
 - 為什麼要用“PID”方法達到溫度控制的目的？其他的方法有何優劣？
- 學生在教學平台中觀看課程錄影影片，課堂中撰寫個別實驗筆記、學習單和學習回饋單，課堂結束前進行紙筆測驗。



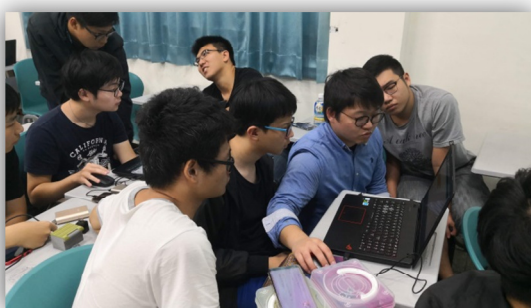
(D) 實作 (Engineer)：申請人指導學生利用材料與工具將方案原型製作出來，找出待改良之處，並記錄所遭遇的問題，與同學或是老師討論，從 STEM 的觀點提出問題與改善方法，並將成品加以改良、精緻化。



工作事項：

- 學過“程式設計”嗎？簡單說明程式設計的應用範圍？
- 學過“電路配置”嗎？簡單說明電路配置的目的？
- 為什麼要用 Arduino？

業師輔助教學，學生在教學平台中觀看課程錄影影片，課堂中撰寫個別實驗筆記、學習單和學習回饋單，小組團隊討論工作內容，課堂結束前進行結果檢視。



(E) 深化 (Enrich)：申請人與學生討論原型機沒有成功的原因，並進行改善或重新設計，使其能符合教學目標。再將原型機運用到物聯網的系統，規劃建置到無線檢測系統架構，將溫濕度資料利用無線感測器網路送至閘道器，閘道器

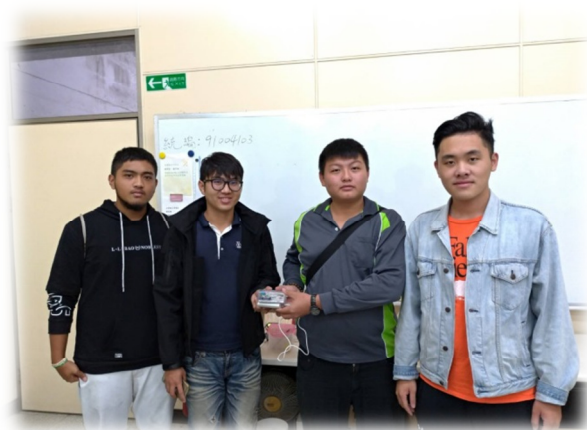
再將感測資料送至網頁伺服器，經網頁應用程式儲存至資料庫。更進一步，也引導學生建置網頁，讓使用者可利用網頁用戶端的瀏覽器至網頁伺服器管理與讀取檢測資料。



工作事項：

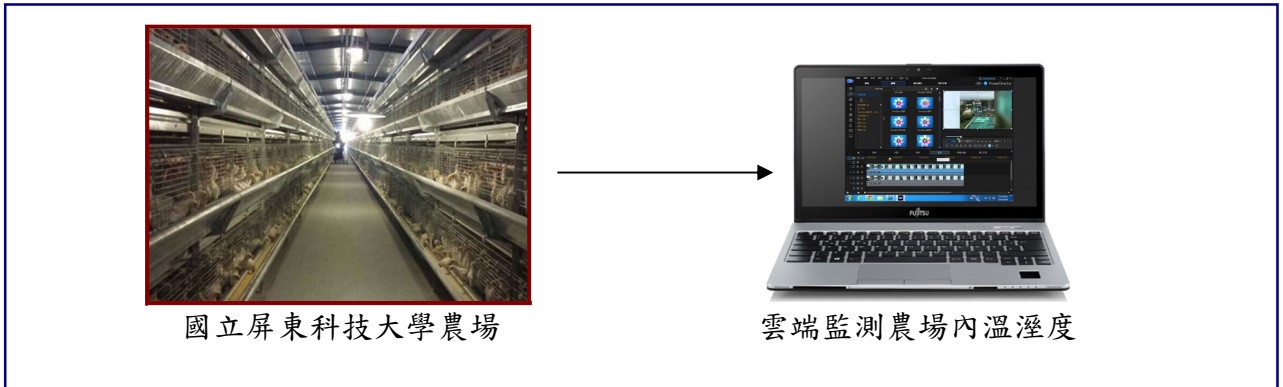
- 如何知道溫度量測的結果？
- 網路資料傳輸的優缺點？
- 為什麼要用物聯網傳輸資料？

學生在課堂中撰寫個別實驗筆記、學習單和學習回饋單，師生課堂討論，完成實作的貢獻度互評表。





(F) 評量 (Evaluate): 申請人請學生檢視自己是否達成學習目標，各自展現自己的作品，完成指定任務，學習其他團隊的優點並給予回饋，而且要能注意聽取老師的評鑑分析，內化為自己的知識技能。最後將會在國立屏東科技大學農場，進行的實際溫溼度監測和資料無線傳輸之雲端的實作教學，讓學生實際施測，從遠端進行農場的溫濕度監測，如此才能深化知識的應用，得以真正展現 STEM 的教學與學習的具體成效。



工作事項：

- A. 請學生檢視自己是否達成學習目標。討論還可以進一步探究的方向。
- B. 檢視自己是否達成學習目標，各自展現自己的作品，完成指定任務，學習它組的優點，並注意聽取老師的評鑑分析。在國立屏東科技大學農場進行的實際溫溼度監測和資料無線傳輸之雲端的實作教學，以真正展現 STEM 的教學成效。



(2) 教師教學反思：

- (A) 運用學生在熱力學的先備知識和舊經驗來激發學生的興趣，並介紹目

前最熱門的物聯網科技。熱力學和物聯網間的關聯性並不明顯，經過課堂的討論和學生的資料研讀，學生對物聯網科技不再陌生，同時也對熱力學的應用有了更深切的體認。

- (B) 協助學生組成小組，進行對課程的探索，提供學生深入探索熱力學相關理論的機會。熱力學的應用普及於每個人的生活周遭，分組討論熱力學在智慧農業的應用性，可由不同高職領域背景的學生互享經驗，廣度和深度因此增加。
 - (C) 引導學生利用所查的資料，分析溫濕度計感測器本體，劃出控制電路圖，引導學生並討論溫濕度計機構設計草圖，對學生的設計進行評估。熱力學一般視為傳統機械領域的科學，將電路、控制、程式設計加入後，熱力學亦可成為機電整合的課程內容，更符合本系的教育目標。
 - (D) 指導學生利用材料與工具將方案原型製作出來。利用麵包板組裝簡易電路、結合 LinkIt 7697 IoT 微處理器和 DHT11 溫溼度感測器、應用 Arduino 介面軟體撰寫程式語言等，並利用熟知的加工方式(機械加工、3D 列印和雷射切割等)製作出外殼。實際完成裝置原型機，學生更能體會製作成品的步驟。
 - (E) 與學生討論，提出問題與改善方法。由於在同一個班級修課學生基礎學理能力的程度差異極大(部分學生為機械類群，部分學生為電子電機類群)，通常到學期中便可以發現學生的學習成效和授課教師的期待迥異其趣。藉由同組同儕的跨領域跨專長結合，可以補強彼此間的弱勢，也可以就近學習，效果更勝於課後補救教學。
 - (F) 與學生討論失敗之處，並進行改善或重新設計，使其能符合目標。不同組別的同儕互相觀摩，也可達到同儕互相激勵的效果。但是挫敗還是會讓同學們沮喪，看到別組同學的成品較為成熟時，會覺得本身能力不足而放棄。此時便需要老師鼓勵學生或是提供更多資源給學生，讓學習過程能夠持續。
 - (G) 請學生檢視自己是否達成學習目標。討論還可以進一步探究的方向。在作品完成後，學生的積極態度可以延續，讓學生參與更實際的案例，讓學習經驗能夠和產業技術更為切合。
- (3) 學生學習回饋
- (A) 透過連結先備知識或經驗，引起對「物聯網溫溼度感測器」製作課程的好奇與學習動機，進而能主動參與。由於物聯網是目前當紅的資訊科技，同學對於新奇科技的好奇心，的確有助於提升學習的動機。
 - (B) 設計理論的認知、資料蒐集與分析、小組討論和腦力激盪，能自主建構對課程的學習經驗。學習歷程和商品的研發、設計、製作和測試等步驟結合，同學能夠有機會把課本知識和產業實作鏈結，對於新知識的學習較不會排斥。
 - (C) 複習溫濕度的設計原理以及 PID controller 對溫度控制的操作方式，並選擇最佳方案。溫濕度的設計原理在國小自然課本的內容即有提及，

但實際的製作方式一直都是課本內的知識。同學能夠實際利用軟硬體的工具製作完成這種生活常用的器具，未來對於研發新產品過程不會再太陌生。

- (D) 利用材料與工具將方案原型製作出來。這部分對大部分的同學而言是正向的，因為技職體系的學生來源大多數屬於基礎學科學業弱勢的學生，這些學生在國中的階段就已經呈現出較大的學科差異性，而通常在國中升學進入職業學校後，基礎學科的修習就開始和普通高中迥然迥異，而且修習的學科內容多以專業技術為主，基礎學理為輔，所以同學較接受實作課程。
- (E) 找出待改良之處，並記錄遭遇的問題，與同學或是老師討論，提出問題與改善方法。常見的問題多半和同學的學習態度攸關，雖然實做課程受到大多數同學的喜愛，但也有部分同學不喜歡動手操作，以致成果一直未能達到同學或老師的基本要求。溝通和討論就是個解決的方法之一，讓同學了解學理和實作是一體兩面的技術，有助於改善問題。
- (F) 規劃建置之無線檢測系統架構，將溫濕度資料利用無線感測器網路送至閘道器，閘道器再將感測資料送至網頁伺服器，經網頁應用程式儲存至資料庫。使用者可利用網頁用戶端的瀏覽器至網頁伺服器管理與讀取檢測資料。同學最有興趣的部分就是能夠以手機在遠端瀏覽自己作品的成果，這和最新科技結合的操作方式很能夠吸引同學的注意。
- (G) 檢視自己是否達成學習目標，各自展現自己的作品，完成指定任務，學習它組的優點，並注意聽取老師的評鑑分析。在國立屏東科技大學農場進行的實際溫溼度監測和資料無線傳輸之雲端的實作教學，以真正展現 STEM 的教學成效。

二. 參考文獻(References)

- [1] 姜文閔。(1992)。經驗與教育。Experience And Education。台北市：五南。
- [2] 范斯淳、游光昭。(2016)。科技教育融入 STEM 課程的核心價值與實踐。教育科學研究期刊，61(2)，153-183。
- [3] Cantrell, P., Pekcan, G., Itani, A., & Velasquez-Bryant, N. (2006). The effects of engineering modules on student learning in middle school science classrooms. *Journal of Engineering Education*, 95(4), 301-309.
- [4] Schnittka, C., & Bell, R. (2011). Engineering design and conceptual change in science: Addressing thermal energy and heat transfer in eighth grade. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1861-1887.
- [5] Ortiz, A. M. (2015). Examining students' proportional reasoning strategy levels as

evidence of the impact of an integrated LEGO robotics and mathematics learning experience. *Journal of Technology Education*, 26(2), 46-69.

[6] Atkin, J. M. & Karplus, R. (1962). Discovery or invention? *The Science Teacher*, 29(5), 45-51.

[7] Karplus, R., & Thier, H. D. (1967). A new look at elementary school science, New trends in curriculum and instruction series.

[8] Trowbridge, L. W., & Bybee, R. W. (1990). Becoming a secondary school science teacher. Columbus: Merrill Pub. Co. Chicago (Author-Date, 15th ed.).

[9] Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E Learning ByDesign™ Model: Maximizing informed design and inquiry in the Integrative STEM classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 73(6), 14-19.

[10] 姚經政、林呈彥。(2016)。STEM 教育應用於機器人教學—以 6E 教學模式結合差異化教學。 *科技與人力教育季刊*，3(1)，53-75。

[11] 蕭顯勝、陳政翰、林奕維、林建佑。(2016)。運用 6E 模式發展在 Makerspace 環境中的 STEM 教學活動之研究， *Conference Proceedings of the 20th Global Chinese Conference on Computers in Education 2016. Hong Kong: The Hong Kong Institute of Education*，888-891。

[12] 張玉山、楊雅茹。(2014)。STEM 教學設計之探討：以液壓手臂單元為例。 *科技與人力教育季刊*，1(1)，2-17。

[13] 蔡依帆、吳心昀。(2014)。STEM 整合教學活動-空投救援物資。 *科技與人力教育季刊*，1(1)，40-54。