
動手做科學教育中心之設計與實踐

李賢哲^{1*} 陳皇州¹ 陳存仁¹ 林曉雯² 李文仁³ 許華書³ 賴岏俊⁴

¹ 國立屏東大學 應用化學系

² 國立屏東大學 數理教育研究所

³ 國立屏東大學 應用物理系

⁴ 國立屏東大學 電腦與智慧型機器人學士學位學程

壹、前言

培育學生具科學探究的精神是科學教育強調的重點，教育部（2008）在國民中小學九年一貫課程綱要「自然與生活科技學習領域」的基本理念指出：「學習科學，讓我們學會如何去進行探究活動；學會觀察、詢問、規劃、實驗、歸納、研判，也培養批判、創造等能力。特別以實驗或實地觀察的方式進行學習，使我們獲得處理事務、解決問題的能力，也了解到探究過程中，細心、耐心與切實的重要性。」學生是國家未來的主人翁，國民創造力向上提升，有助於國家整體競爭力的發展，其扮演於未來之重要角色，自是不可言喻。以目前國民教育課程而言，主要著眼於培養國民應具備之基本能力，而於自然與生活科技學習領域，其課程目標著重：「培養能運用工具、設備，動手實做的能力和習慣，並進而能培養獨立思考、解決問題，激發學生創造潛能」。有鑑於此，教育部更進一步建議於設計教學活動時，應在教學中達成七項分段能力指標，首項即

在於教導學生「過程技能」，藉以培養學生之基本動手做能力，並以發展學生創造性思考與解決問題的能力，來面對未來的問題，而這也是目前許多國家政府強調的重要教育目標之一。美國國家研究委員會（National Research Council, 1996）在其國家科學教育標準（National Science Education Standard）提到「探究」是科學教育的根本，主張學生要獲得有關科學與自然世界的知識，應熟悉科學探究的形式、使用證據、形成問題和提出問題等方式進行學習。

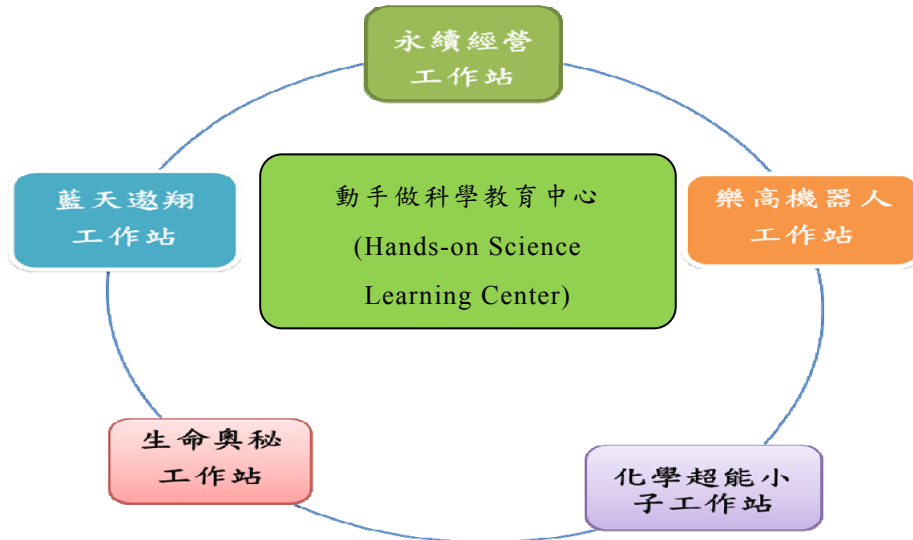
研究顯示，鼓勵學生「動手做」的科學教育模式，可以有效激發學生的學習興趣(李賢哲，2001；李賢哲和李彥斌，2002)。由於學生對動手操作學習的事物充滿興趣，能夠積極主動與專注的投入學習並完成任務，進而學生的學習成效獲得顯著提昇(李賢哲、李彥斌，2005；李賢哲、邱炳勳，2007；Haury&Rillero, 1994；Lee, 2007)。於動手做的學習過程設計，大多需要同儕互助合作以求順利完成，因此學生可體驗人際互動及訓練溝通的技巧。以動手做科學的學習為例(邱炳勳等，2006)，

*為本文通訊作者

過程中學生會遇到問題，例如實驗器材組裝、流程確認等，可由討論或老師協助，使問題獲得解決，這學習過程中，可培養學生解決問題的能力，以激發學生的創造力(李賢哲，1999；李賢哲，2000；李賢哲、樊琳、李彥斌，2001)。

為借鏡理論研究與教育實務應用，教育部師資培育暨藝術教育司於 2013 年 9 月辦理師資培育大學德國參訪團，訪察位於德國柏林市郊之兒童動手做學習中心(Kinderforscherzentrum HELLEUM)，發現此中心成立之理念與運作經營方式，可為國內師資培育之借鏡。國立屏東大學（屏東教育大學與屏東商業技術學院於 2014 年 8 月 1 日整合成立，以下簡稱本校）理

學院有感於傳統「教師站在講台講課、學生坐在教室內座位聽課」的教學模式，或有機會進行翻轉，發展以學生動手做之學習模式，邀集科學領域專長之教師，在教育部支持和本校配合之下，設立「動手做科學教育中心(Hands-on Science Learning Center)」。參考德國鼓勵自主學習所規劃之「工作站學習法」(林吟霞，2009)，依據學科領域，中心設置五個工作站，如圖一所示，各站主持人就其學習內容設計動手做課程模組，並引進相關在職與業界師資修訂，以進行教學與推廣。而中心之任務除提供校內師資培育相關活動使用，亦提供做為教師在職進修和辦理各階段學校科學營隊之場地。



圖一：國立屏東大學動手做科學教育中心的五個工作站

貳、中心規劃與設置

本校動手做科學教育中心設置之學習工作站，依學習領域分為生物、化學、航空、永續經營和創意樂高機器人等，各站設置之構想簡短說明如下，其中學習內容之較詳細規劃以樂高機器人為例，如附錄一。

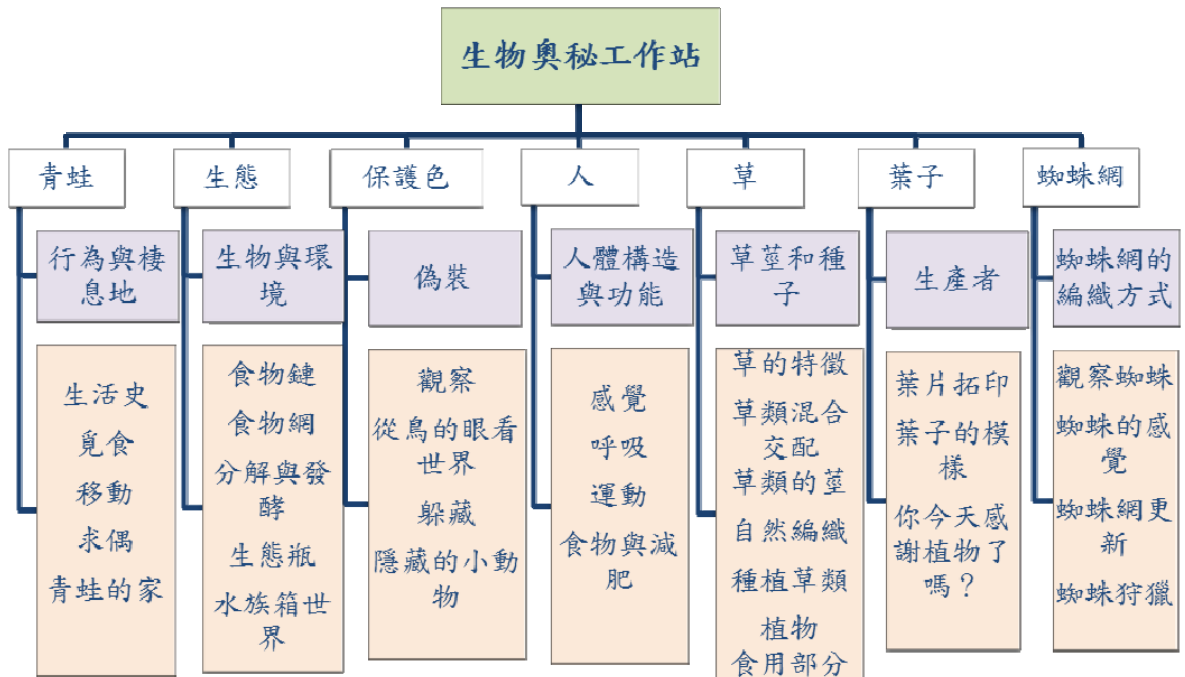
一、生物領域：生物奧秘工作站

生物的起源、發展與多樣，可建立學生瞭解息息相關的生態系統，培養對環境與周遭的尊重。隨著科技之發展與進步，地球上多樣的物種與生態環境之平衡，影響人類生存之關係密切，如何與各生態系統保持平衡並永續經營(sustainability)，成為重要的課題。目前世界上每天有一百種

以上的物種滅絕，若持續，到了 2050 年，有 1/4 以上的物種會從地球消失，因此學者疾呼現代人類正加速引起第六次的大滅絕(Ceballos 等，2015)，直接影響人類之生存。爰此，本工作站之學習模組設計，如圖二所示，內容聚焦探索生物構造、功能、行為與生活環境等，強調生物棲息地之維護與物種之永續發展。

二、化學領域：化學超能小子工作站

聯合國於 1972 年 6 月發表「人類環境宣言」(Stockholm Declaration on the Human Environment)，促使世界各國關注人類與自然環境之間良性互動與環境保護的議題，如何在兼顧環境保護的主軸下維持經濟的發展。本工作站著眼於建立新世



圖二：生物奧秘工作站活動主題內容規劃

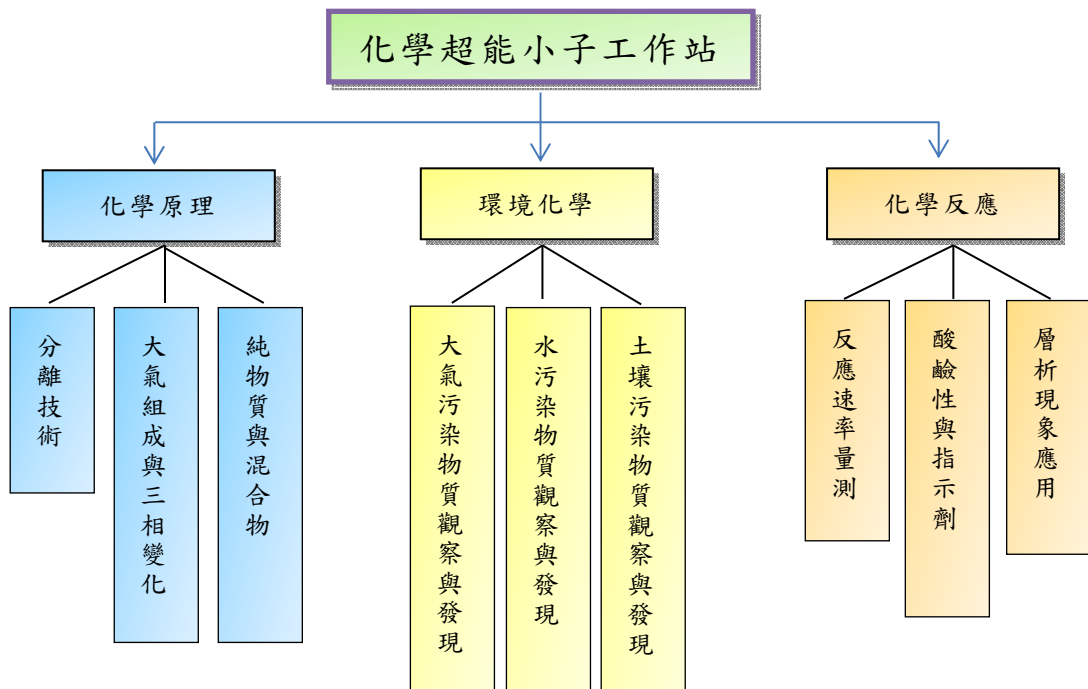
代學子關於環境永續發展議題，運用預測-觀察-解釋（POE）之教學活動流程，規劃系列的學習內容，如圖三所示，搭配環境化學議題，以學生動手做與教師演示傳達造成空氣污染之途徑，建立學生融入與環境相處的應變與瞭解。

三、航空飛行領域：藍天遨翔工作站

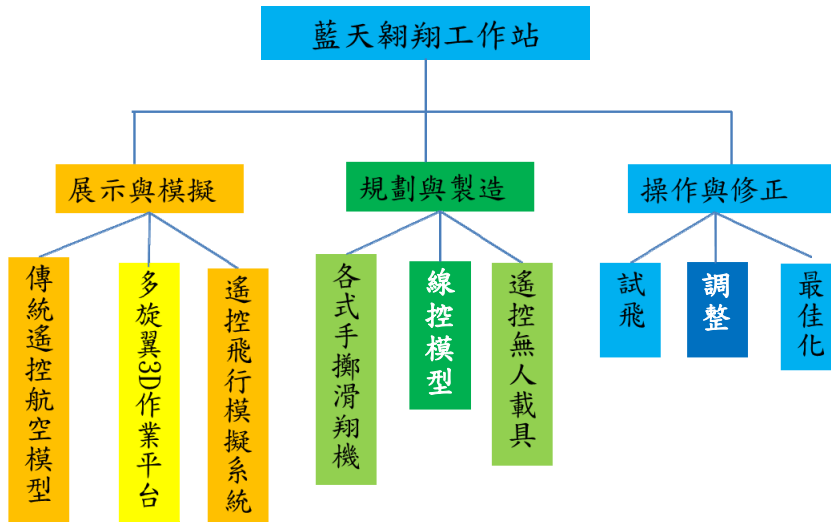
人類自從觀察鳥類如何遨翔天際以來，飛行即成為是長久的夢想之一，萊特兄弟於 1903 年，發明能被操控之動力飛行器，進入二十一世紀，人類持續於飛行相關創意的展現，正考驗著各國於科學動手做教育的實踐(Holt 等，2015)。

本工作站結合科學教育學者與具備實際模型飛行經驗之教學者（簡稱飛行教師），規劃適合國中小學生階段之飛行教

材，透過模擬航空飛行與實際動手做相輔相成，使參與之學生，能藉著移動式數位化科技之模擬飛行系統，體會藍天遨翔，培養對未來挑戰之正向態度；並以無人航空載具動力機械之展示與學生實際動手做滑翔機之教學，對學生科學過程技能的養成，提供一個實驗基地。遨翔藍天之教學與動手做課程如圖四所示，包括：飛行教師以靜態（科技藝術）與動態（機械震撼）展示多種垂直起降之無人航空載具，設置移動式數位飛行模擬系統，提供參與學生體驗頗具挑戰性之場景遨翔，透過學生動手做航空模型（西卡紙飛機與巴爾沙輕木飛機），進行測量、試飛、修正與分享；以激發學生對科學之興趣、好奇心，並主動的學習，展現多元之歷練與膽識，以為激發科學創造潛能的基石。



圖三:化學超能小子工作站之內容主題



圖四：藍天翱翔工作站學習內容規劃

四、永續經營：綠色能源工作站

環境與永續經營為自然與生活科技的重要課題之一，例如再生能源、提昇能源使用效率、節能減碳和京都議定書等，顯示綠色能源教育於人類永續經營扮演之角色，而提供國內能源教育及相關師資培育參考資源是本站之重要任務。以地理位置而言，屏東縣恆春鎮區域的核能三廠和風力發電設施已成為南部地區能源教育顯著資源；南部地區日照充足，太陽光發電發展相對迅速，以屏東加工出口區為例，太陽光電更成為地方產業發展主軸之一。在政府對綠色能源政策的支持，許多林邊地區農田及魚塢，快速由「種田」及「養魚」變成「種電」及「養水」；屏東縣餉潭國小附近也有數十座追日太陽能發電系統，提供在地綠色能源學習資源。這許多的教育資源，正可作為激發學習者對與綠色能源之學習興趣，並提供動手做親身

體驗的基地。

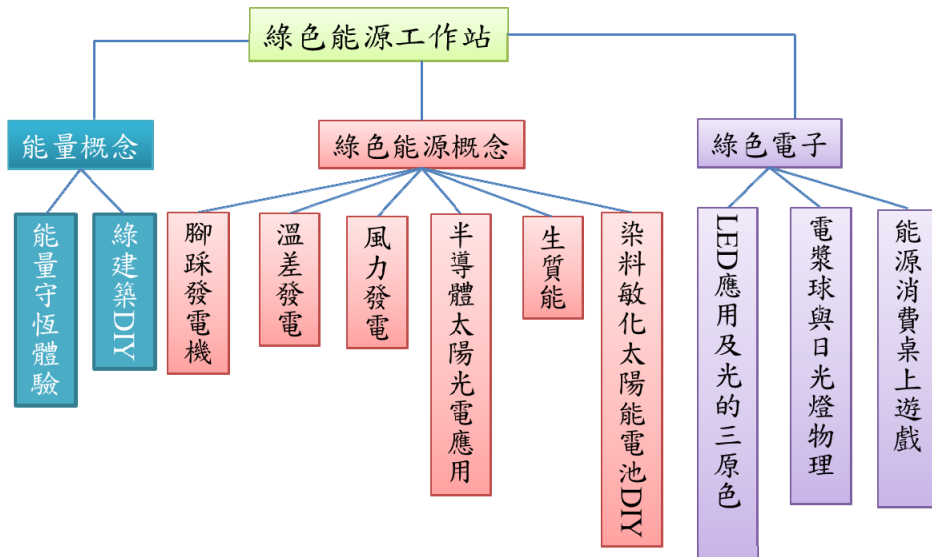
綠色能源工作站之主要教育目標，透過實作認識能量轉換的基本概念與生活應用，以動手做瞭解綠色能源的種類及原理。學習內容規劃如圖五所示，包含主要綠色能源的科學概念內容介紹，並規劃設計系列動手做教學活動，以傳達學習者關於綠色能源的知識、態度、技能及實務經驗，以建立綠色能源與永續發展間之關連。

五、創意與體驗：樂高機器人工作站

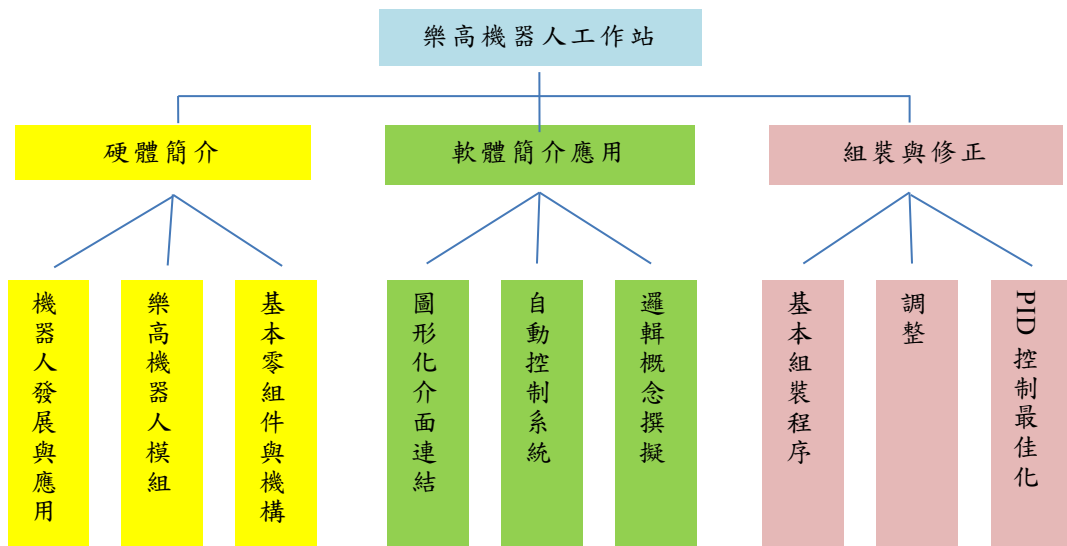
近年科技發展快速，國內外產官學界競相投入自動化智慧型機器人(Jarvis, 2008)之研發與生產，歐盟、美國、日本及韓國等已將此領域納入國家高優先發展順序，投入大量資源推動進行研發，其中以服務型機器人的發展最為顯著，於美國已推出許多應用產品，例如機器人手術系統、家電機器人、導遊機器人等。鑒於此電路(IC)、

家電、農林漁牧、教育和娛樂等等，尤其是工業自動化(Jazdi, 2014)、軍事航太、醫療照護等。有鑑於此，本工作站運用樂高機器人套件與相關零件之配置，規劃一系列之學習內容，如圖六所示，在樂高機器

人軟硬體、組合與相關應用的介紹，期能引發國(中)小及高中學生學習機器人之興趣，藉動手做而成為創新設計的基本能力。較為詳細之規劃內容，請參閱附錄一。



圖五：永續經營綠色能源工作站之學習內容規劃



圖六：樂高機器人工作站學習內容架構

鑒於一般機器人套件價格不斐，其外貌構型確定完成後，較不易依使用者需求再行變動修改，且其控制程式之撰寫對於初學者或學童，跨入之學習門檻較高。隨著 1998 年丹麥樂高(LEGO)公司和麻省理工學院合作開發，推出 MINDSTORMS 系列產品後，圖形化的可程式控制介面簡化了傳統程式設計的流程；而積木式模組，機構造型可彈性組成並重複使用，專屬之電腦輔助設計軟體，採用視覺化圖形介面，以「資料流」的概念進行控制程式的撰擬，對於學童或未具程式設計基礎者，程式語言學習負擔較為減輕，學生也可以團隊合作模式，於科學領域、藉邏輯分析及程式運用，就達成任務設計，展現學生創意。

參、動手做中心活動之辦理

本中心自 2014 年 5 月成立以來，提供相關活動辦理檢視硬體規劃與學習內容

設計，參與人員對於中心「請動手」之口號有別於「請勿動手」感到新鮮，也對於中心之移動組合式之桌椅設置印象深刻，如圖七。

關於各工作站之學習內容設計，參與者表示親自動手做之後，對於該特別領域之議題感到有趣且印象較為深刻，活動人員回饋之寶貴意見已成為本中心精進之重要參考。截至目前，已相繼辦理過學術研討會，工作坊，科學營隊等活動如表一，並持續支援所在偏鄉學校辦理科學營活動，例如愛迪生到校服務公益學習活動等。

我們動手做中心基於大學使命，對於未來科學人才之扎根以永續經營為最終目標。而今年(2015)教育部推動「創新自造者教育計畫」，涵蓋了師資培育大學、科技大學與各級學校參與，也期盼能引發更廣的支持與回響，為國民科學素養之提昇共同努力。



圖七：本校動手做中心之內部規劃

表一：本校動手做科學教育中心辦理之活動

序號	時間	活動名稱	地點	對象
1	2014.07.14	偏鄉能源夏令營	海豐國小	國小學童
2	2014.07.15~16	樂高機器人動手做體驗營	聖功基金會向陽家園	國小學童
3	2014.08.04~05	樂高機器人動手做體驗營	屏東海豐國小	國小學童
4	2014.09.27	綠色魔法科學營	屏東加工區	國小學童
5	2014.10.18	動手作科學課程與教學學術研討會	國立屏東大學	國小教師、幼教教師、相關領域之教師及學生
6	2014.10.15 2014.10.17 2014.10.22	『愛』迪生到校服務公益學習活動	社團法人台灣關懷急難救助協會	國小學童
7	2014.10.24 2014.11.07 2014.11.08	『愛』迪生到校服務公益學習活動	高雄市木柵國小	國小學童
8	2014.12.17	校慶科普擺攤	國立屏東大學	大眾
9	2015.01.17~18	樂高機器人動手做體驗營	五溝國小	國小學童
10	2015.02.03~05	原住民植物與生態營隊	霧台國小	國小學童
11	2015.02.06	桌遊設計工作坊	國立屏東大學	本校理學院師生
12	2015.05.30	期末成果展	國立屏東大學	國小在職教師、師資生、本校師生

肆、動手做中心的服務對象與使用

本校動手做中心規劃與執行過程中，已陸續辦理「動手做科學教育」相關活動，若以參加對象可分為科學營隊和學術研討會兩大類，說明如下：

- 一、動手做科學營隊：以研發之動手做科學學習模組進行展示講解與實務操作，以國中小學生為參與對象。
- 二、動手做科學教學與學習研討會和研習營：就中心團隊研發之動手做科學學習模組如何展示講解與實務操

作，進行理念之傳導與技能之熟練，提供各師資培育機構之師長與師資培育生、各級在職教師與各相關領域教學或研究之專家學者運用參考。

動手做中心之永續經營除了持續申請各相關單位之經費補助，活動之辦理以使用者付費為原則，研發教材之推廣持續以提供校內外動手做科學相關活動使用，並鼓勵與教育相關業界共同努力，以收更大推展之效。

伍、後記

本校動手做中心定位與學習者能「勇於動手操作、快樂體驗科學」，已逐漸成為各級參與學生印象深刻的科學學習園地；基於本校師資培育之傳統使命，中心同時提供國中小教師與學校師資培育生，以為開發引導孩子動手做科學的知識與專業能力的培訓基地。期盼在各界的支持與指導，本中心持續建構並推廣國內動手做科學之教育理念，落實屏東偏鄉地區之科學教育，期繼而能提供社區科學學習之資源而努力。

致謝

本中心之成立感謝教育部之經費補助與各界之支持，整體計畫之順利執行感謝本校秘書室蘇于真助理與理學院吳宜霽助理之協助。

參考文獻

- 李賢哲 (1999)。國小學童科學創造力特性及開發-人格特質之研究(I)。國科會研究報告(NSC 87-2511-S-153-018)。
- 李賢哲 (2000)。國小學童科學創造力特性及開發-人格特質之研究(II)。國科會研究報告(NSC 89-2519-S-153-005)。
- 李賢哲 (2001)。以動手做 (DIY) 工藝的興趣培養中小學童具科學創造力之人格特質。科學教育月刊，243，2-7。
- 李賢哲、樊琳、李彥斌 (2001)。從科學活動過程技能中培養國小學童科學創造力。九十學年度師範學院教育學術論文發表會論文集，第二輯，993-1011。
- 李賢哲、李彥斌 (2002)。以科學過程技能融入動手做工藝教材培養國小學童科學創造力。科學教育學刊，10(4)，341-372。
- 李賢哲、李彥斌 (2005)。以科學過程技能之動手做教學來增進技能性概念學習。第 21 屆中華民國科學教育學術研討會，國立彰化師範大學，彰化市。
- 李賢哲、樊琳、李彥斌 (2005)。國小自然科學中電池概念融入動手做實驗教學之研究。第 4 屆化學教育學術研討會，靜宜大學，台中市。
- 李賢哲、邱炳勳 (2007)。以認知師徒制促進國小學生科學實作課程學習成效—以紙製手擲機實作課程為例。第 23 屆科學教育學術研討會，國立高雄師範大學，高雄市。
- 邱炳勳、李文慶、李賢哲 (2006)。以動手做飛機模型探究國小學生對科學活動的學習態度。第 22 屆科學教育學術研討會，國立台灣師範大學，台北市。
- 林吟霞 (2008)。德國初等教育課程與教學分析—多元、彈性與自主學習特色。國教新知，55(3)，56-72。
- 林吟霞 (2009)。德國適性教育實務篇：中小學自主學習取向教學法之運用。教師天地，159，16-23。
- 教育部 (2008)。國民中小學九年一貫課程綱要：自然與生活科技領域。台北：教育部。
- Ceballos, G. Ehrlich, P. R. Barnosky, A. D., Garcia, A. Pringle, R. M., Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction, *Science Advances*, 1(5), 1-5.
- Haury, D. L. and Rillero, P (1994). *Perspectives of Hands-On Science Teaching*, Columbus, OH: The ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.
- Holt, L., Colburn, D. & Leverty, L. (2015). <https://www.bebr.ufl.edu/content/innovation-and-stem-education>, retrieved on Sept. 21, 2015.
- Jarvis, R. (2008). Intelligent Robotics: Past, Present and Future, *International*

- Journal of Computer Science and Applications*, 5 (3), 23 - 35.
- Lee, S.-J. (2007). Exploring Pupils' Understanding Concerning Batteries – Theories and Practices, *International Journal of Science Education*, 29(4), 497-516.
- National Research Council (1996). *The National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Jazdi, N. (2014). Cyber Physical Systems in the Context of Industry 4.0, *Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics*, 1-4.

附錄一：樂高機器人工作站之學習內容以三期規劃之說明

第一期基礎設置

本工作站之設計規劃「引發學生學習動機」及「培養科學學習興趣」為主，鼓勵學生「做中學」，讓學生從實做經驗中累積、建構對學習內容之瞭解。為激發學生之學習興趣與設計創意，因此選擇樂高機器人作為實作器材，由於樂高較容易組裝，組合變化之多樣性，亦可展現創意；並藉競賽活動，鼓勵學生以其設計來完成一台智慧型樂高機器人。

學習內容如圖八所示，說明如下：

1、機器人簡介及應用

首先介紹機器人的由來及未來市場需求，如民生使用之掃地和居家看護機器人，娛樂方面之格鬥機器人與足球機器人，軍事之掃雷機器人和偵查機器人等，引發學生對機器人之興趣。

2、樂高機器人模組簡介

使用之樂高機器人模組 EV3 如圖九所示，含主機、馬達、各種感測器，如超音波、顏色 RGB、電子羅盤、接觸開關，並介紹數種基本零件模組和功能。

3、基本零組件裝配

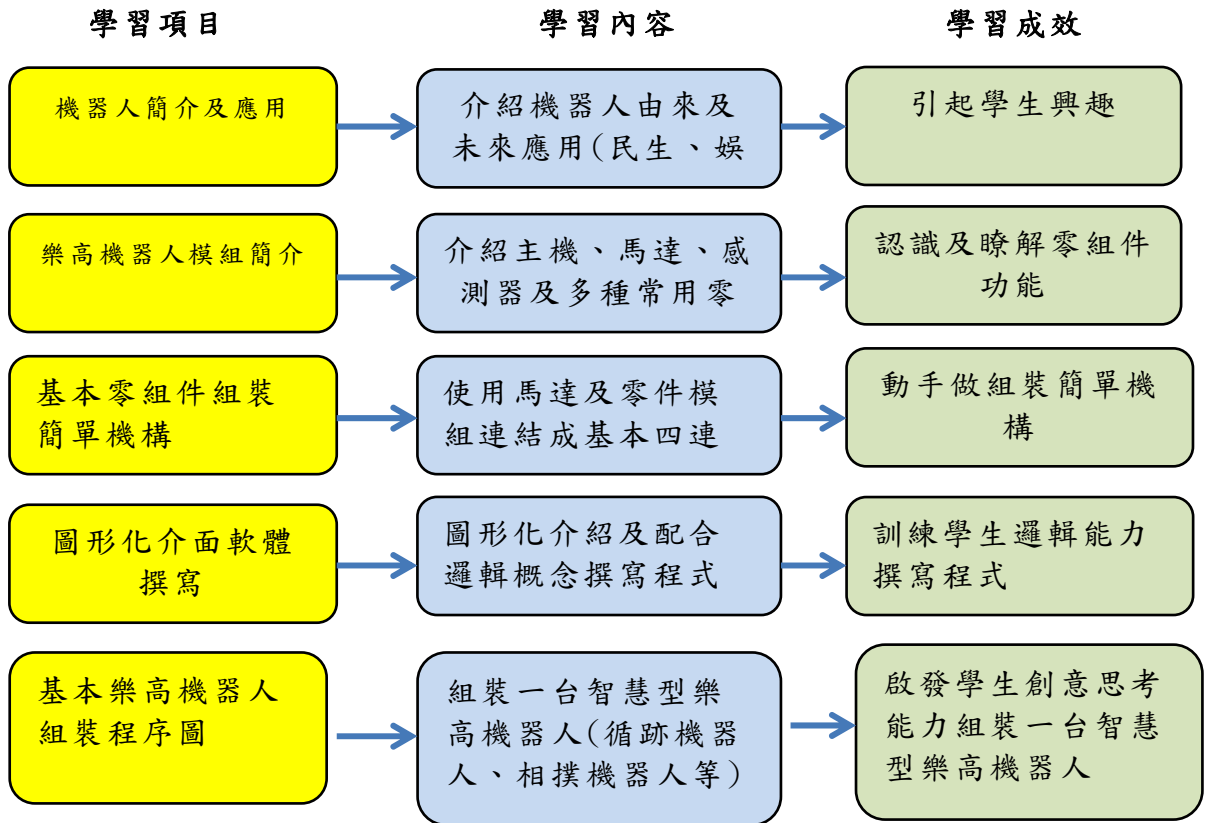
以動手做方式將馬達與基本零件模組，裝配成為四連桿機構帶動機器人行走，使學生更熟悉零件功能及基本機械結構之組裝。

4、圖形化介面軟體撰寫

國小學生較少接受撰寫程式結構訓練，但已具邏輯能力，使用圖形化介面撰寫程式之軟體，如圖十，較容易訓練學生展現其邏輯能力，並建立與機械之連結。

5、基本樂高機器人組裝程序圖

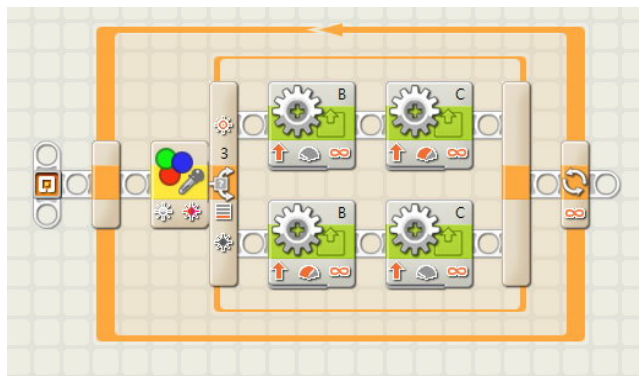
學習成果之展現以自行參考手冊裝配一台樂高機器人為主，例如循跡機器人或相撲機器人，並運用競賽方式，啟發學生創意思考能力，期以改裝為自動化智慧型機器人作為進階的發展呈現。



圖八：樂高機器人工作站學習內容架構



圖九：樂高機器人 EV3 模組(取自 <http://education.lego.com>)



圖十：圖形化介面撰寫視窗。

第二期豐富化

植基於第一期活動辦理經驗與學習內容之修訂，第二期加入基本原理教學，使學生能多瞭解感測器及零件特性，服務對象提升至國、高中生，活動規劃以 DIY 動手實做一台智慧型樂高機器人之製作組裝，並完成機器人自走、定位等活動，使學員能藉活動參與，探索、學習及成長。加入理論內容包括製作所運用之機械原理、感測器原理、馬達控制、自動化控制系統等，簡短說明如下：

1、機械原理

介紹馬達與齒輪之結合，以增加機器人行走速度或帶動特定的負載，搭配介紹履帶及輪子之差異，作為機器人能克服地形障礙以進行任務之應用基礎。

2、感測器原理

包含超音波發射及接收原理、RGB 顏色感測、電子羅盤及接觸開關使用特性與相關運用。

3、馬達控制

介紹馬達轉動原理，搭配編碼器控制馬達旋轉角度，以控制機器人行走的距離及定位。

4、自動控制系統

介紹比例-積分-微分(PID)控制法則，以如何讓機器人能快速並穩定完成指定任務，並藉由圖形化介面來實現 PID 控制。

第三期在地與推廣

結合前二期之學習內容，擴大辦理服務對象至偏鄉地區學校，包含國中小及高中生的樂高機器人體驗營，以平衡各地區的學習機會。同時為擴大辦理相關營隊與提升學員之機械接觸層面，運用 3D 列印技術，自行研發教學模組零件，以掌握其靈活特性，並申請辦理在職教師研習營，拓展機器人相關教學活動於各級學校。