

STEM 教育應用於機器人教學——以 6E 教學模式結合差異化教學

The Application of STEM Education in Robot Teaching- Combination of 6E Teaching Mode and Differentiated Instruction

姚經政、林呈彥

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

Jing-Jheng Yao、Cheng-Yen Lin

Department of Technology Application and Human Resource Development,

National Taiwan Normal University

摘要

本文機器人教學為主軸以落實 STEM 教育，再應用 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。除了依據 6E 教學模式與差異化教學理念以發展教學活動之外，本文也同時編製一份自製講義與檢核表，並實際應用於台師大科技系所開辦的機器人營隊中，藉此觀察學生的學習成果，指出需要改進與修正之處。本文主要的研究成果如下：（1）學生遇到困難時，應以引導的方式取代給予正確答案；（2）機器人的教學涉及 STEM 學科，學生能力會有差異，因此必須以差異化教學的觀點因材施教；（3）確認學生的邏輯觀念正確是機器人教學中最重要的一環。

關鍵詞：STEM、機器人教學、6E 教學模式、差異化教學

壹、前言

科學、科技、工程與數學 (Science, Technology, Engineering, Mathematics, 簡稱 STEM) 的科際整合教育議題在近年來受到許多的關切與重視 (林坤誼, 2014), Bybee (2013) 更直接點出高品質的 STEM 教育與培養 21 世紀關鍵能力與維持全球競爭力之間有密切關聯。當學生面對問題時, 運用所學過的數學、科學知識搭配規劃程序、動手實作, 便是訓練學生整合理論與實作能力的機會, 這是 STEM 重要的核心理念之一, 更是生活科技學科的主軸。

機器人在 STEM 教育中是相當具有代表性的教材, Casad 和 Jawaharlal (2012) 將機器人引入工程教學, 認為這是相當切合 STEM 教育的主题。機器人教學的優點在於學生不僅需要使用他們在科學、數學方面的知識, 更必須動手製作機構、結構, 挑選適當的材料與零件進行實作, 達到知識與實作並重的目的。而 Burke (2014) 針對 STEM 教育提出了一套「6E 教學模式」, 這套以學生為中心的教學模式, 目的是強化 STEM 教育中的設計 (Design) 與探究 (Inquiry) 能力, 搭配機器人教材的特性相當適合。但目前機器人教學在各校的教學方法不盡相同, 且以數學、科學作為理論基礎的教學主题很容易出現學生間能力上的明顯差距, 為了確認學生在學習的過程中能夠培養科際整合的基礎能力, 也不因學科能力上的差異造成太多自信上的消磨或課程進度上的延宕, 差異化的教學會是重點。因此本文將以 STEM 為主要核心理念, 搭配適合機器人的 6E 探究教學模式作為教學模式, 再輔以差異化教學的觀點進行教學設計, 說明機器人教學的流程, 期盼能培育學生在教學過程中使用 STEM 基礎知識展現出的設計與探究能力。

貳、文獻探討

本文以 STEM 為核心概念, 使用 Burke (2014) 提出的 6E 探究教學模式作為教學流程, 目的是為了強化 STEM 教育中, 學生的設計與探究能力, 另搭配差異化教學進行教學設計, 而其理論內涵將分別於敘述之:

一、STEM

Bybee (2013) 在「The Case for STEM Education Challenges and Opportunities」一書中提

到了 STEM 的定義，是科學、科技、工程、數學四個學科的縮寫，由於此四學科相輔相成，許多不同領域的學者認為 STEM 有潛力為教育提供重要的創新機制，也可做為未來教育改革的重要元素。目前世界上有不少以 STEM 教育為主的教學活動與競賽，Casad(2012)在 STEM 的課程中以機器人作為主要教材，Eguchi (2016) 提到學校透過培養學生參加青少年機器人世界盃 (Robo Cup Junior) 來增加 STEM 學科的經驗，Sevil (2015) 更是直接透過實驗指出 STEM 取向的課程計畫對學生學習的成果具有顯著提升。在教師方面，Kim (2015) 等人針對職前教師以機器人為教材進行 STEM 教育，發現教師的各面向的投入程度大幅提升，影響了教師課程設計的情感與認知，或許更能間接未來建構學生 STEM 學科基礎知識的可能性。台灣的教育環境各科分明，要實施 STEM 的教學實屬不易，目前生活科技科是最有能力擔當 STEM 教育的推手，隨著各界研究成果發表，若正面成果能得到認同，終有機會進入教育體系的。

二、6E 探究教學模式

美國科學課程促進學會 (Science Curriculum Improvement Study, SCIS) 於 1960 年提出一個基礎的教學模式，對於科學教育提出了一套教學流程，包含了「探索、發明、發現」三步驟。而科技教育領域中則由 Barry(2014)根據 5E 教學環進行修正，提出 6E 教學模式，以學生為中心，目的是強化 STEM 教育中的設計與探究能力，其六大流程包含：

1. 概念導入 (Engage)：

教師確認適合的課程內容，利用講義、教具等教學工具，引起學生的好奇、興趣、和投入，並定義此單元的學習概念、學習目標、重要性。在教學現場可以先展示成品，讓學生覺得這堂課結束後我也可以做到相同的事情，藉此激發他們的興趣

2. 自身理解 (Explore)：

提供學生建構自身學習經驗的機會，教師利用多個領域的知識設計簡單的問題供學生思考，使學生對熟悉教材的使用方式、活用學習到的基礎知識，達成經驗的累積。例如讓學生組成小組，相互討論教材使用的方式，交流彼此的意見，加深他們的基礎認知。

3. 解釋與定義 (Explain):

學生解釋所學到的東西，並加以改良。教師在這個階段需要組織學生系統性、結構性的認知，因此需要指出學生先前常犯錯誤之處，複習教材的要點。在這個過程，教師可以透過提問來確認學生對於課程的掌握度，同時藉由問答引導學生討論，澄清迷失的概念。

4. 深度理解 (Extend/Elaborate):

學生應用所學基礎知識，運用材料、工具製作出能夠解決當前問題的原型，透過知識、能力的整合，獲得更深的理解。教師可以實境設計出需要解決的狀況，讓學生必須整合學到的知識與技能，才能順利解決問題。

5. 深化經驗 (Enrich):

將所學作更深更廣的探究與應用，即是提升深度理解的廣度，讓學生做更多不同面向的練習，以便將所學應用到更複雜的問題。教師提供資源讓學生將設計概念作新的應用，使學生了解自己的所學可以有更廣的應用。

6. 評量成果 (Evaluate):

讓師生彼此瞭解學習的效果。教師訂立測驗標準，利用測驗工具測知學生的學習需求和不足。

6E 教學模式每一個循環即是代表一個完整單元的歷程，由於需要學生在過程中不停思考，會是相當適用於 STEM 教學的教學流程。

三、差異化教學

差異化教學(differentiated instruction)起源於 1980-1990 年代美國的融合教育，也就是不論是什麼樣的學生皆可在最大限度內享有平等的學習環境，但也因應學生的多元化，差異化教學也成為課程設計的必要的措施。根據美國的主要倡者 Tomlinson 將其定義為「重新調整教學流程以及課程的進行，讓學生在取得知識和概念的過程能有多種選擇」(Hall, Strangman, & Meyer, 2003; Tomlinson, 2001)。此外，Tomlinson 指出課程計畫的過程以及實施的過程當中，教師可以透過課程內容 (Content)、課程的過程 (Process) 以及課程的成果 (Product) 三項因素中進行調整以實施差異化教學。而實施的方式應當是教師在進行教學活動規劃時，

多方考量學生的個體差異、起點行為以及學習特質，並根據學生的學習需求安排多元的教學活動以因應個體差異(Hall, Strangman, & Meyer, 2003)。

與過去傳統課堂有所區別，差異化教學重視課程設計不應拘泥於單一或是只重視少數學生的學習狀況而設計，更不應當使用單一教材對不同程度和能力背景的學生進行教學，應該多應用多元的教學方法和策略，並搭配多元教學內容和教材，並且持續地為不同學生規畫個體的專屬教學環境(Tomlinson, 1999)。本文以機器人教學為主題，採用 Pollow、Patton、Serna 和 Bailey (2013) 針對差異化教學提出四大項的調整方式和項目，包含：課程教材、教學、作業與評量以及成績計算，並搭配 Tomlinson (2001) 所提出三項差異化教學中必須調整的內容，詳細對照如表 1。

表 1 差異化教學應用於機器人教學之方式與內涵

調整向度	項目	機器人教學中應用的方式
內容(Content)	課程教材	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地圖關卡的設計根據難度具有多元化設計 2. 訂定每個單元不同程度的教學目標
過程(Process)	教學	<ol style="list-style-type: none"> 1. 教學的過程依照學生程度差異可以進行調整 2. 依照學生程度，實施異質分組教學。
	作業與評量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 針對不同學習狀況給予不同的作業，並依此作為調整課程的依據。
成果(Product)	成績計算	<ol style="list-style-type: none"> 1. 並非採用過關數量作為唯一評量標準，而是觀察其產出的機器人設計與想法作為依據。 2. 觀察其學習歷程作為評量的標準之一。

在 STEM 的核心理念下，6E 探究教學模式建立了完整的學習歷程，以求強化學生的設計與探究能力，從理論到實際經驗，從教師教學到個人理解，提供學生一個整合知識與技能的過程。差異化教學的理論提供了因材施教的概念，在有限的資源下提供學生最大限度的個別教學，因此本文將以 STEM 教育為主題，使用 6E 探究教學模式，輔以差異化教學的概念作為機器人教學的歷程。

參、運用 6E 模式的教學設計

一、教學設計說明

- (一) 教學對象：機器人教學涉及抽象思考與邏輯觀念，建議教學對象為國中生。
- (二) 教學時數：8 節課 360 分鐘。
- (三) 課程簡介：本課程教材以樂高機器人為主，使用 6E 教學流程介紹各感應器的應用，搭配教師自行開發的主題式關卡地圖(小 city)作為驗收學生學習成效的工具。
- (四) 使用教材：樂高 EV3 機器人 45544 教育套件。
- (五) 教材零件：本課程學生使用的教材零件詳列如表 2。

表 2 樂高 EV3 機器人教材零件表

項次	品名	數量/每人 or 每組
1	EV3 主機	1 臺
2	觸碰感應器	2 顆
3	光源感應器	1 顆
4	超音波感應器	1 顆
5	大型馬達	2 顆
6	中型馬達	1 顆
7	連接線	7 條
8	USB 連接線	1 條

二、課程目標

本文以STEM教育為核心理念，機器人作為教材，機器人教學有兩大重點，分別是機械結構與程式撰寫，整體而言是為了培養學生的設計與探究能力，因此使用Barry（2014）針對STEM教育中設計與探究能力而提出的6E探究教學模式為教學流程，並輔以差異化教學的觀點進行課程設計，整體教學目標如下所示：

- (一) 能運用 STEM 知識設計可用的機械結構。
- (二) 能運用 STEM 知識撰寫合適的控制程式。
- (三) 能運用 STEM 知識針對失敗處進行檢討與改進。
- (四) 能運用自身對 STEM 知識的掌握程度，解決教師安排的狀況。

三、STEM 知識、6E 教學流程與機器人教學關聯之簡述

本活動共分為 8 節實施，課程一開始使用講義、投影片導入機器人各感應器介紹與使用方式。設計課間小關卡，讓學生熟練程式的撰寫、機器人的操作方式、訓練邏輯思考，建立其自身理解。教師可自行設定課程大段落，透過提問以確認學生對於機器人認知的正確程度。

至此學生開始綜合前面所學進行解題，透過教師積木組裝的教學，學生配合欲解之關卡組出對應機構，以綜合題型為主要挑戰關卡。教師在此時透過綜合題型瞭解學生學習狀況，給予差異化的關卡設計，目的是讓學生在活動中皆有成就感。由於上述流程相當重視學生運用 STEM 知識為基礎的設計與探究能力，因此本教學活動之流程搭配 Barry(2014)針對 STEM 提出的 6E 學習理論，學習理論流程簡述如表 3，課程設計詳述如表 4。

表 3 6E 流程簡述

6E 階段	於機器人教學之應用
概念導入(Engage)	使用講義、投影片導入機器人各感應器介紹與使用方式。
自身理解(Explore)	學生透過課間小關卡，熟練程式的撰寫、機器人的操作方式，建立自身理解。
解釋與定義(Explain)	在一個大段落後，教師透過提問以確認學生對於機器人認知的正確程度。
深度理解(Extend/Elaborate)	透過教師積木組裝的教學，學生配合欲解之關卡組出對應機構。
深化經驗(Enrich)	設計綜合題型（小 City），學生運用所學嘗試解題
評量成果(Evaluate)	透過綜合題型瞭解學生學習狀況，給予差異化的關卡設計。

6E 教學模式的基礎是屬於 STEM 取向的，因此每個 STEM 學科都可以分別提出在 6E 教學模式上的實際應用。如下表 4 所示，筆者整理出 STEM 學科、機器人相關知識、6E 教學模式相互之間的關聯，釐清彼此間的關係。並在表 5 說明預計進行的 8 堂課如何與 6E 探究教學模式結合。

表 4 6E 在 STEM 中的應用情形

評量項目	機器人 STEM 知識	STEM 能力應用說明	6E 探究流程
S 科學原理	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 力的大小 	馬達的轉速會影響機器人的行走速度，行走速度過快、過慢都會影響距離與循線的準確度，也會影響機器人搬運的物品的力量，與力相關的知識屬於科學的能力。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 概念導入 ➢ 自身理解 ➢ 深度理解
T 科技應用	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 測量工具的使用 ➢ 簡易機構 ➢ 教室安全概念 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 解題過程中，使用測量工具（尺、輪子圈數、量角器）使機器人進行精準的行動是必要的，使用工具屬於科技的能力。 ➢ 機構會影響機器人的行動的成功率，如何設計與製作屬於科技的能力。 ➢ 如何妥善運用教室環境與器材，不做出危險動作，屬於科技的能力。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 概念導入 ➢ 自身理解 ➢ 解釋與定義所學
E 工程程序	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 程式運作流程 	程式的運作，涉及一連串的限制，模擬機器人運行的過程，以及將數據最佳化，屬於工程的能力。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 解釋與定義所學 ➢ 評量成果

M 數學概念	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 基礎計算 ➢ 數的關係 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 距離的測量、力的大小，都會用到數學的能力 ➢ 數據之間的關聯性，需要用到數學的計算能力來推算。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 概念導入 ➢ 自身理解 ➢ 深化經驗 ➢ 評量成果
--------	--	--	--

表 5 教學流程詳述

節次	教學內容	6E	備註
1	<p>教導學生基礎馬達控制，讓車子可以行走。發放講義，搭配投影片進行授課，本節預計進度達成後運用小關卡的練習瞭解學生的學習成效，重點幫助學習進度落後的學生。</p>	<p>概念導入 自身理解</p>	<p>預計進度：馬達的使用與車子的行走。 小關卡：測量距離、轉彎。</p>
2	<p>教導學生觸碰感應器的使用。發放講義，搭配投影片進行授課，運用小關卡的練習瞭解學生的學習成效，重點幫助學習進度落後的學生。</p>	<p>概念導入 自身理解 解釋與定義所學</p>	<p>預計進度：觸碰感應器的使用、Loop 指令 小關卡：避障車</p>
3	<p>教導學生超音波感應器的使用。發放講義，搭配投影片進行授課，運用小關卡的練習瞭解學生的學習成效，重點幫助學習進度落後的學生。</p>	<p>概念導入 自身理解 解釋與定義所學</p>	<p>預計進度：超音波感應器的使用、switch 指令 小關卡：避障車、指定距離停下</p>
4	<p>設計複合關卡，讓學生自由運用觸碰及超音波感應器解題，關卡設計重點在於解答不只一種</p>	<p>解釋與定義所學 深度理解 深化經驗</p>	<p>預計進度：觸碰、超音波感應器綜合應用</p>

節次	教學內容	6E	備註
5	教導學生光源感應器的使用。發放講義，搭配投影片進行授課，運用小關卡的練習瞭解學生的學習成效，重點幫助學習進度落後的學生。	概念導入 自身理解 解釋與定義所學	預計進度：光源感應器的使用 小關卡：偵測黑線停止
6	複習 switch 功能，透過投影片講解，引導學生解循跡關卡	概念導入 自身理解 解釋與定義所學	預計進度：光源感應器的活動 小關卡：循跡
7	利用主題式小 city，設計各種不同面向的關卡，讓學生自由運用各種感應器解題	深化經驗 評量成果	預計進度：小 city 綜合關卡
8	利用主題式小 city，設計各種不同面向的關卡，讓學生自由運用各種感應器解題。最後由教師評估學習狀況做結。	深化經驗 評量成果	預計進度：小 city 綜合關卡

上述八堂課程設計教學活動之流程，搭配 6E 學習理論，希望用循序漸進的方式，讓學生逐步踏實的學習，令教師更容易掌握學生的學習狀況以應對，最終強化學生的設計能力、探究能力。本課程設計著重於解題的多元及靈活性，只要是能夠達成教師設定的目標，都是好答案，皆應給予學生成就感，使其學習動機更加強烈。

四、講義、投影片講述教學

樂高機器人在程式撰寫部分相當容易理解，且非常好上手，但由於偏記憶性，學生若沒多次練習會很容易忘記部份指令，在四週八堂課的規劃中，學生忘記指令的情形會頻繁出現，因此建議教師搭配自己的教學，規劃講義及投影片，讓學生能夠做筆記方便參照重點。附件 1 為自行設計之講義範例，提供各生科教師參考。

五、主題式關卡地圖（小 City）的使用

主題式關卡地圖在 6E 教學流程中主要用於深化經驗、評量成果兩個階段，目的是透過複合式的關卡讓學生自由思考解題方法及機構設計，藉此驗收學生的綜合能力，且因顧及學生的個體差異，設置練習與進階關卡，練習關卡的程度即是學生能掌握樂高機器人的基礎使用方式；進階關卡則是學生已經能活用樂高機器人面對不同的狀況。

下圖 1 為筆者設計之主題式關卡地圖，以環境保護為主題，共有 4 個關卡，學員可自由運用觸碰、超音波、光源等三種感應器進行解題。筆者另將各關卡的任務、圖片、說明整理如表 4。

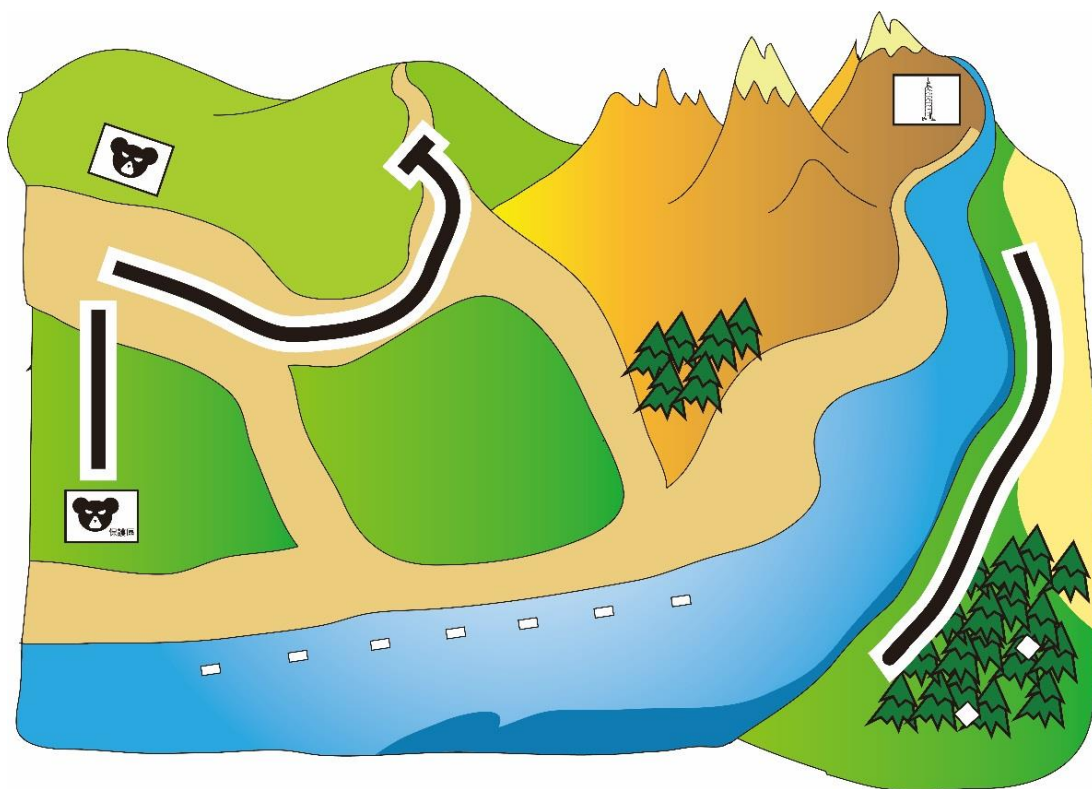


圖 1 主題式關卡地圖設計

關卡	任務	圖片說明
一、保護動物	<p>練習：由地圖左側出發，一開始載著台灣黑熊，直到路線盡頭後放下。</p> <p>關卡目的：使用光源感應器循跡，並能使用第三個馬達。</p>	<p>一開始機器人載著黑熊，循跡從 A 點開始運送到 B 點。</p>
<p>圖片</p>		
		
	<p>進階：由地圖左側出發，直到路線盡頭後捧起台灣黑熊，將其放到另外的保護區內。</p> <p>關卡目的：除了循跡，必須加入觸碰或紅外線感應器偵測黑熊，且要計算距離才能將黑熊移到另外規劃的區域。</p>	<p>從 A 點出發到達 B 點，車子轉身抓起黑熊，而後將熊運送至 C 點放下。</p>
<p>圖片</p>		
		

關卡	任務	圖片說明
二、阻止盜採砂石	<p>練習：由山附近的小森林出發往山的區域前進，使用紅外線感應器偵測到目標物的存在後，加速將其撞飛。</p> <p>關卡目的：練習使用紅外線感應器。</p>	<p>一開始將感應器方向對準建築物，偵測至固定距離後加速衝撞。</p>
圖片		
		
<p>進階：由小森林出發，目標物與車子起始位置不會在一直線上，必須讓車子移動、轉動，直到偵測到目標物後加速將其撞飛。</p> <p>關卡目的：練習用紅外線感應器偵測環境。</p>		
圖片		
		

關卡	任務	圖片說明
三、拯救河川	<p>練習：讓車子沿著河川邊走，尋找到黃色的廢水，將其抓起。</p> <p>關卡目的：運用光源感應器，偵測到特定顏色後做反應</p>	<p>車子偵測到黃色方塊必須抓起，另一個顏色的方塊則不動作。</p>
	<p>圖片</p>	
		
	<p>進階：讓車子沿著河川走，會有數個乾淨的水以及兩個廢水，將其抓起並放在車上。</p> <p>關卡目的：練習使用第三個馬達，利用兩個目標物來確認程式撰寫的準確度。</p>	<p>車子偵測到黃色方塊必須抓起，其他顏色的方塊則都不動作。</p>
<p>圖片</p>		
		

<p>關卡</p>	<p>任務</p>	<p>圖片說明</p>
<p>四、搶救樹木</p>	<p>練習：森林的樹倒了，必須沿著黑線到盡頭後將樹木扶起。</p> <p>關卡目的：光源感應器、機構設計、第三個馬達的運用</p>	<p>沿著黑線走到盡頭後，抓起旁邊的樹木並立直。</p>
<p>圖片</p>		
		
<p>任務</p>		<p>圖片說明</p>
<p>進階：沿著黑線，將沿路倒地的樹木全部扶起。</p> <p>關卡目的：必須加入其他感應器偵測樹木的存在，才能完成任務。</p>		<p>沿著黑線，沿路倒下的樹木都要抓起並立直。</p>
<p>圖片</p>		
		

本教學活動設計將對象設定為國中生，以 6E 教學模式進行課堂的安排，共分為 8 節，其中搭配 STEM 學科的各项能力進行規劃，並在課程最後使用主題式關卡對學生進行樂高機器人學習成果的驗收。在課程安排方面，6E 教學流程不僅適合機器人教學，還可讓教學更有系統，並能強化 STEM 教育中的設計與探究能力；成果驗收方面，讓學生自由發揮，不強調單一正確答案，由於 STEM 教育容易出現學生個體能力上的差異，所以將差異化教學的概念帶入，利用初階、進階關卡瞭解學生學習狀況的差異，盼這樣的教學模式能讓學生得到更多收穫。

肆、6E 模式下機器人教學的評量方式

一、檢核項目

科技教育的課程中，學生的課程參與程度、使用工具的熟練程度、完成任務的表現等是相當重要的評量項目，透過檢核表可以清楚評量學生的表現。因此在機器人的課程中，筆者將以「檢核表」做為工具評量，由於綜合題型能夠看出學生對於所學的整合，包含知識的吸收程度、機器人使用的熟悉度，以及解題的思維，因此使用檢核表的時機便是進行主題式關卡地圖之時。

檢核的項目筆者建議以兩點做為基礎，以下是詳細說明。

(一) 學生程式邏輯以及對其解釋是否正確

要能完成關卡，最重要的就是程式撰寫的邏輯，也就是理論方面的知識是否正確。若學生在邏輯思考方面有著優異的表現，那麼在解題方面將會非常順利。邏輯正確有極高機率能通過關卡，但不一定保證過關，因環境的狀況會造成些許的誤差。

(二) 學生是否能通過主題式關卡的入門與進階關卡

配合差異化教學，關卡分為入門與進階，入門關卡的難度即是能夠正常使用機器人的功能；進階關卡的難度則需要深入的思考方能解出，透過這樣的檢核方式，能更加準確掌握學生的學習狀況。

二、檢核表的設計

檢核的項目依照上段所歸納出的兩點進行設計，另外加入 STEM 的評量，評量的依據為若學生完成某項關卡，則判定該生具有 STEM 學科的某樣能力。附件 2 為筆者設計之檢核表，透過檢核表的評量，該生的學習狀況將會一目瞭然。

筆者欲透過檢核表評量學生的學習狀況，其中包含知識部分與實用部分，另外涵蓋 STEM 能力的評量，能夠快速瞭解學生的學習狀況，教師也能透過檢核表隨時對學習狀況較不佳的學生進行加強，以求達到預期成果。

伍、教學實施與建議

一、教學結果

本文的教學實施於台師大科技系所辦理的樂高機器人暑期營隊中（圖 2、圖 3），將期望成效設定在每位學生都能學會基礎的樂高機器人程式與指令，並在過程中培養設計與探究的能力，以下條列從中觀察而得知結果。

1. 在主題式關卡的挑戰過程中，會有較快成功的學生與動作較慢的學生，因此便能讓較快的學生嘗試挑戰進階題，較慢的學生繼續破解入門題，如此不僅能達到差異化的教學，也讓每位學生都不至於空閒下來。
2. 主題式關卡相較於課間小關卡，學生解題的動力提升不少，筆者認為是學生的思考空間變廣了，因此認為題目更加有趣而造成的。
3. 在過程中嘗試讓學習較優異的同學擔任小老師，讓學生遇到問題時都可以找到發問的對象，雖然學生還是傾向詢問老師，但也是有得到同儕幫助而成功解題的學員，不僅穩固了小老師的解題能力，發問的同學也更敢大膽提問，相得益彰。
4. 機器人的邏輯觀念是課程中最重要的一環，由於國中生基礎能力與知識優於國小生，在多次舉辦的營隊中，面對進階的題目時，國中生較有自己解題的能力，國小生則是模仿解題成果為多數。



圖 2 台師大樂高機器人暑期營學員使用本文提出之主題式地圖



圖 3 台師大樂高機器人暑期營學員使用本文提出之主題式地圖

二、教學建議

(一) 確認學生程式邏輯正確

樂高機器人一切的基礎都建立在程式的撰寫與設計，要能完成關卡，最重要的就是程式撰寫的邏輯，也就是理論方面的知識是否正確。若能引導學生擁有正確且通順的邏輯概念，絕大多數的關卡都可以靠學生自己的能力解開，因此筆者認為邏輯是本教學活動中最重要的一環。

(二) 各關卡應有差異化的難度分別

差異化的關卡設計不僅能讓教師確實掌控不同學生的學習狀況，也能讓每位學生在教學時間內都有任務在身，教師僅需訂立一個基礎的通過標準，也就是入門題，其餘便實施差異化教學。

(三) 學生遇到狀況時應使用引導性的思考

學生發問時大多都希望教師能夠給一個肯定的答案，但在機器人的教學活動上，除非是基礎知識，否則不適合直接給學生正確答案，因有可能扼殺掉學生的創意思考，且減少學生探究問題的機會。當學生發問時，教師應迅速掌握學生的問題在哪裡，而後利用引導的方式讓學生做出正確的決定。筆者常用的方式是請學生解釋一次自己的程式，若學生觀念清楚，在解釋的過程中便會自覺錯誤；若學生沒有發現，則由邏輯的角度進行引導，如此學生才有自我檢討的能力。

(四) 教師應適度根據學生學習狀況做出關卡的調整

在教學過程中，難免會出現學生普遍認為題目過簡單或是過難的情形，教師此時應適度調整關卡，將難度修正至學生普遍水平，讓學生能順利通過增加成就感與信心，如此學生才會更有動機，而非覺得無聊或是出現挫敗感。

三、後續研究建議：本次教學可修正之處

本次的教學主要在機構的說明上有所不足，學生大多是沒有系統的拼湊積木，或是模仿學習程度較好同學的機構。筆者認為教師應配合設計的關卡，提供簡略的機構說明與教學，如此會讓學生在解題時更流暢，更有系統的規劃自己的解題程序，相信對於教師及學生方都有所幫助。

陸、結語

STEM 科際整合教育的重要性日益浮現，原因是學生面對問題時，展現出的整合理論與實作能力的表現，是 STEM 重要的核心理念之一，是生活科技學科的主軸，更是 21 世紀不可或缺的高層次能力。由於機器人在 STEM 教育中是相當具有代表性的教材，本文以機器人教學為主題，搭配與機器人教學相性良好且能夠強化 STEM 教育中設計與探究能力的 6E 探究教學模式，為彌補 STEM 教育中會出現的學生個體能力差異，以差異化教學的概念說明機器人教學的流程。其中主題式關卡地圖的設計是檢核學生能力的關鍵，透過教師創造一個情境，學生更能身歷其中，教師可自由設計欲檢核之學習目標，設計不同的題目。在本文最後也點出檢核的重點與教學上應注意之事項，盼望這篇文章機器人教材與 STEM 結合與教學的方式能作為讀者的參考。

附件 1、講義範例

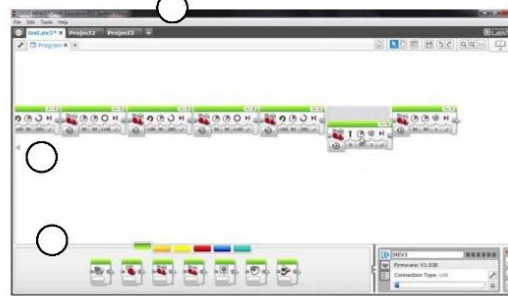
科技探索課程 — 智慧機器人實作

班級：_____ 座號 _____ 姓名 _____

EV3 軟體

一、EV3 程式主視窗介紹。

1. _____：視窗最上方，包含一般軟體常見的設定相關基本指令。
2. _____：提供命令方塊(程式)，共分為六大區塊，其中較常用的有三個區塊：
 - 動作指令區-綠色
 - 流程指令區-橘色
 - 感應器指令-黃色
3. _____：撰寫 EV3 程式的主要區域。



二、編寫程式

1. 編寫程式時，從命令面板中拖曳所需要的 _____ 出來，如欲增加方塊，則拖曳至前一個方塊後面即可。
2. 如果方塊間沒有正常連接，則未連接上的方塊顏色會 _____，此方塊也無法作用。
3. 在編寫的過程中，如果不小心誤刪或做錯，按下工具列上的 _____ 可回復到上一個狀態。

三、執行程式的步驟

1. 使用 USB 連接線連接 NXT 主機與電腦。
2. 點選 Download 下載寫好的程式，聽到主機發出聲音後即可將線拔除。
3. 執行程式：文件夾圖示→Project→程式 (到這裡，你已經能夠讓車子執行所寫的程式了。)

四、感應器介紹

1. 觸碰感應器：透過按壓感應器來進行感應，又可分為壓下時、放開後、壓下並放開後三種反應模式。
2. 光源感應器：透過光線反射的係數來感應，EV3 的光感應器內部建有顏色(預設色)辨識的功能。
3. 超音波感應器：透過接收反射回來的聲波，判定前方物體距離。
4. 陀螺儀感應器：透過陀螺儀來偵測轉動的角度。

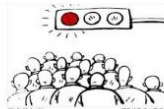
五、邏輯思考原則

想像機器人就是人類，馬達上的輪子是四肢，感應器是感官，我們要先具體定義一個任務，並且拆解這個任務的所有動作流程。

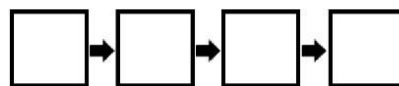
舉例：小明從住處出發，前進了 100 公尺後遇到紅燈並停了下來

我們可以拆解成以下步驟：

1. 小明前進了 100 公尺，
2. 小明看到了紅燈，
3. 小明停了下來。



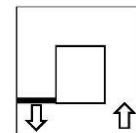
因此上題在程式中，程式的寫法應為：



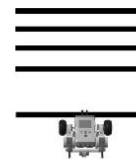
替機器人寫程式也是相同的方式，試著將下列任務拆解成動作流程：
機器人不斷前進直到感應器碰到牆壁，接著後退 100 公尺後停下。

六、實作與挑戰

練習：編寫一組程式，使車子能夠繞出如右圖所示之迷宮，並使車子停在終點的黑線上。



練習：利用光源感應器，讓車子停在第五條遇到的黑線上，期間車子不可有停下的動作。



練習：使用超音波感應器，製作一台避障車。

附件 2、檢核表參考範例

	程式邏輯		實際運行	
	達成	未達成	達成	未達成
感應器基礎概念檢核				
馬達使用 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
馬達使用 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
觸碰感應器任務 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
觸碰感應器任務 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
超音波感應器任務 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
超音波感應器任務 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
顏色感應器任務 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
顏色感應器任務 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小 City 關卡檢核				
1.保護動物	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(進階)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.阻止盜採砂石	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(進階)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.拯救河川	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(進階)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.搶救樹木	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(進階)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

參考文獻

- 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.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association.
- Casad, B. J., & Jawaharlal, M. (2012, June), *Learning through Guided Discovery: An Engaging Approach to K-12 STEM Education*. Paper presented at 2012 ASEE Annual Conference & Exposition, San Antonio, Texas. Retrieved from <https://peer.asee.org/21643>
- Ceylan, S., & Ozdilek, Z. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 177, 223-228.
- Eguchi, A. (2016). RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 692-699.
- Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*, 91, 14-31.
- Tomlinson, C. A. (2001). *How to differentiate instruction in mixed-ability classrooms*. ASCD.
- Logan, B. (2011). Examining differentiated instruction: Teachers respond. *Research in Higher Education Journal*, 13, 1.
- Hall, T., Strangman, N., & Meyer, A. (2003). Differentiated instruction and implications for UDL implementation. Wakefield, MA: National Center on Accessing the General Curriculum.
- Pollow, E., Patton, J., Serna, L., Bailey, J. (2013)。特殊需求學生的教材教法。林素貞、朱思穎、陳佩玉、王秋鈴、黃湘玲、蔡曉楓等譯，台北：華騰。
- 林坤誼(2014)。STEM 科際整合教育培養整合理論與實務的科技人才。*科技與人力教育季刊*，1(1)，1。
- 洪儷瑜(2014)。教室內實施差異化教學的策略。*教育專論*，190，45-50。