

# 差異化教學應用於 STEM 實作課程中之課程設計

## Application of Differentiated Instructing in STEM Practice Course

蕭顯勝<sup>1</sup>，游旻騫<sup>2</sup>

HSIAO HSIEN SHENG YU MIN CHUN

<sup>1</sup>國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系 教授、<sup>1</sup>國立臺灣師範大學學習科學跨國頂尖研究中心、<sup>1</sup>國立臺灣師範大學華語文與科技研究中心

Department of Technology Application and Human Resource Development, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan. Professor<sup>1</sup>

Chinese Language and Technology Center, National Taiwan Normal University, Taiwan<sup>1</sup>

Institute for Research Excellence in Learning Sciences, National Taiwan Normal University, Taiwan<sup>1</sup>

E-mail : [hssiu@ntnu.edu.tw](mailto:hssiu@ntnu.edu.tw)

<sup>2</sup>國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系 研究生

Department of Technology Application and Human Resource Development, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan. Student<sup>2</sup>

E-mail : [george84730@gmail.com](mailto:george84730@gmail.com)

### 摘要

綜觀全球教育現況，學習落差的問題時常造成教學上的阻礙，而弭平學習落差問題應從低成就學生問題進行著手，差異化教學（Differentiated Instruction）給予低成就學生齊頭式平等的學習機會。STEM（Science, Technology, Engineering, and Mathematics）透過跨學科整合的方式來促進學生多領域之發展，在動手做的歷程中將跨學科知識傳授給學生，並能增進低成就生之學習成效。本研究旨在將差異化教學應用於 STEM 實作課程中，以投籃車作品為主軸進行課程設計，將 Arduino 技術用來輔助教學，帶給低成就學生 STEM 各學科在實作課程上需具備的能力，使學生在多學科整合的實作課程中，透過真實情境的學習過程，將教學發揮最大的效果，本研究擬以課程建置模式，將差異化教學應用於 STEM 實作課程中，並預期能提升低成就學生之學習成效。

**關鍵字：**差異化教學；STEM；實作課程；學習低成就

### Abstract

*Observing to the current situation of global education comprehensively, the obstacles of teaching are always caused by the learning gaps. To solve the problems, first step is to focus on the students who have low achievement. And Differentiated Instruction gives students having low achievement an equal opportunity to learn. STEM promotes the development of students in multiple fields by using interdisciplinary integration, imparts interdisciplinary knowledge to students during the process of participation, and increase the learning effective of low achievement students. The purpose of this study is to apply differentiated instruction to the STEM practice courses. Shooting Car is used to be a main idea in curriculum design, and Arduino technology is used to assist teaching. Those could educate the low achievement students' abilities on the necessary skills in the multiple STEM practice courses. Moreover, in the multi-disciplinary integration courses, teaching students in the authentic situations can maximize the teaching effectiveness. This study intends to apply the Differentiated Instruction to the STEM implementation in the curriculum*

*construction model, and expected to have a positive impact on learning low achievement students.*

**Keywords:** *Differentiated Instruction, STEM, Practice Courses, Low Achievement*

## 壹、 前言

臺灣學生長期面臨學習落差、學習資源分配不均、學生能力差距等問題，導致教育的不公平，在 2014 年數學個別差異度更是世界第一（國家研究中心，2014），因此改變臺灣學生學習現況，應從教育的平等開始，為弭平學習落差問題，應從低成就學生進行著手（教育部攜手計畫，2011），低學習成就學生常因未能將新訊息與舊經驗連結，或欠缺學習技巧而導致學習動機低落（王宣惠、洪儷瑜、陳秀芬，2013），在學習特質方面可能造成學業成績與一般學生相比較為低落。學者指出，在臺灣 STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 的課程中，各校的教學方法不盡相同，並且在以數學、科學作為理論基礎的教學主題很容易出現學生間能力上的差距更是明顯（姚經政、林呈彥，2016）。

近年來，STEM 為世界各國培養未來人才的教育發展重點，在 STEM 的課程中結合實作課程，更能提升學習者的興趣（Rees, Olson, Schweik, & Brewer, 2015）。Arduino 連結了學生創意與實作的關係，在過去研究中顯示出 Arduino 應用於 STEM 實作課程中有正向之影響（Chien, Chang, Hsiao, & Lin, 2017），因此本研究透過 Arduino 技術來進行實作課程。

在 STEM 的課程中，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，並避免學科能力上的差異造成太多自信上的消磨或跟不上課程進度的問題，差異化的教學會是學生學習的重點（姚經政、林呈彥，2016）。即使是同齡的學生，在學習準備度、學習風格、生活經驗等，因外在因素影響而有所差異，而這些差異性對於不同學生而有個別的學習需求。面對個人學習差異問題，學者提出差異化教學策略，差異化教學（Differentiate Instruction）透過個別學生需求定義、課程內容設計，以落實適性揚才的教育理念。在差異化教學實施的過程中，需事先進行規劃與設計教案，包括教材、教法、教具與評量，（Tomlinson, 1999），透過不同程度、學習需求、學習方式及學習興趣之學生，提供多元性學習輔導方案的教學模式（Hall, Strangman, & Meyer, 2003），藉此弭平學習落差問題。

過去研究，有許多差異化教學用於文科或是單科的示例，而本研究以創新角度，期待能將差異化教學運用於跨科際整合的 STEM 實作課程中，讓學生在提升興趣之餘，更能針對個人的學習需求來提升學習效果。

## 貳、 文獻探討

### 一、 學習低成就

教育部攜手計畫（2011）將低成就學生定義為學習成績後 15%~35% 之學生，本研究為因應研究設計以及學者對於低成就學生之定義將學習低成就學生定義為 STEM 知識量表前測成績後 35% 學生。特定義為學業上的實際表現未能達到其能力所及的應有水準的學生。

低成就學生常見的特徵有：低落的自尊心、學業成就動機低落（陳慧娟，2015）。而過去研究指出低成就學生在自尊心以及自信較低落，造成較為消極的學習心態，較容易逃避學習，也因學業成就動機低落造成注意力不集中的狀況（Davis, & Rimm, 1989）。使低成就學生回歸學習的本質，擁有成功的學習經驗並且享受成功是低成就生學業表現進步的前提（Ellis, Worthington, & Larkin,

1994)，並且維持高度的學習動機，而維持的樞紐並是「鷹架教學」。有鑑於上述學習低成就生問題，本研究將使用鷹架教學來進行課程設計，並且旨在提升低成就學生之學習成效。

## 二、STEM 實作課程

STEM 教育是由美國國家科學基金會 (NSF) 所提出，在 STEM 教學中涵蓋科學 (Science)、科技 (Technology)、工程 (Engineering) 與數學 (Mathematics) 這四項領域相互有關聯，而這四項的關係是相輔相成的 (Pinelli, & Haynie, 2010)。教育整合的概念在百年以前就有學者提出，學者希望能夠透過教育整合來應用在現實生活中，來增加實用知識 (Watson, & Watson, 2013)。STEM 中的四門學科彼此之間都具有關聯性，例如：學校教育中科學常常會用到數學的運算方式，而數學也最常被應用在解決科學問題上 (例如：物理計算) (Bybee, 2010)。

STEM 課程設計使學習者將理論和實踐相結合，根據過去的研究中指出，發現 STEM 課程可引發創意、培養問題解決以及培養跨領域整合能力，對科學態度及過程技能上也有正向影響 (林怡廷, 2015)。而 STEM 可以透過實作課程為學生解決問題，讓學生能從整體概念的角度去了解，而不是零碎片段的知識記憶。整合的目的是幫助學生在相互聯繫的科目取得有意義的知識，去處理有關這些科目的一個共同的問題 (黃子榕、林坤誼, 2014)。總結上述 STEM 實作課程之優勢，本研究將於國中課程中實施 STEM 教學，來學習科學、工程、科技、數學，以提升低成就學生之 STEM 知識。

## 三、差異化教學

差異化教學 (Differentiate Instruction) 是一種針對同一班級之不同程度、學習需求、學習方式及學習興趣之學生提供多元性學習輔導方案的教學模式 (Hall, Strangman, & Meyer, 2003)。在課程計畫與實施的過程中，教師可就課程之內容 (Content)、實施之過程 (Process)、以及課程實施之成果 (Product) 三項要素考量實施差異化教學的可能性 (Hall, Strangman, & Meyer, 2003)。在教學計畫實之前，教師便應針對學生之起點行為、學習背景及學習特質有一定的認識，並根據學生的學習需求設計多元的教學活動 (Tomlinson, 2003)。本研究之差異化教學是以學生為中心來進行探討。

差異化教學是發展及建構最適合自己學生的教學方式，教學流程及教材特性因學生需求而有所不同，在每堂課中可以依照前一堂課學生的表現來刪減、增加內容。也可以多元活動或是利用任務、挑戰或彈性分組等方式來進行 (林佩璇、高翠鴻、許燕萍, 2016)。有效的差異化教學設計可根據以下作法：

- (一) 在一教學目標提供兩個或以上能搭配學生程度的平行任務 (parallel tasks) (Small, 2012)，或是運用多種概念來讓學生達成學習目標 (鄭章華、林成財、蔡曉楓, 2016)。
- (二) 在教學目標設定不同層次 (tiered objectives)，提供對應的活動 (tiered activities) 讓低程度學生仍有精熟指定目標的機會 (Little, Hauser, & Corbishley, 2009)，相對的一般成就學生也能擁有更高層次的學習機會 (Williams, 2008)，例如：使用不同層次的作業或補充教材，或是安排不同的活動，允許學生依照自己的速度進行學習等等。
- (三) 多解法任務 (multiple-solution task) (Levav-Waynberg & Leikin, 2012) (即開放性問題)。教師可事先安排的可行的答案，並根據教學及學生的程度來設計 (鄭章華、林成財、蔡曉楓, 2016)。

(四) 多中心小組活動 (multiple-center activity)：讓學生根據自己較佳的能力為小組做出貢獻，提升學習成就 (Gordon, 2013)。

在學習同一個單元或主題，學生也可以依照自己能力的不同，學習適合自己能力及興趣的內容，教師可以運用各種不同的方式來達到這個目的。每個人都是不同的個體，在學習上的程度、興趣、動機、背景經歷、心態都有所不同，因此衍生出「差異化教學」讓所有程度學生的學習需求皆能顧及而發展的教學模式 (Servilio, 2009；葉錫南, 2013)。差異化教學強調「教」與「學」，教師若依學生程度及興趣來調整教學內容、學習活動、進度、評量方式和學習環境，以提升學生學習效果和引導學生適性發展，為差異化教學 (Stanford, & Reeves, 2009；吳清山, 2012)。根據上述文獻，本研究在課程設計上使用差異化教學設計作法進行課程設計，以維持學生正向學習經驗。

#### 四、自我效能

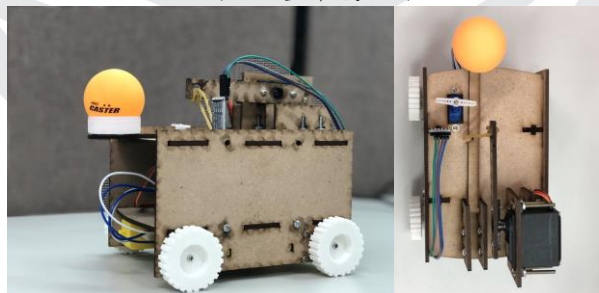
Bandura 於 1977 年對於自我效能的定義，以特定領域基礎來了解個體自我效能主張，而人具有內在的評估過程，而過程形成自我的信念。對學生來說，自我效能建立於過往的學習經驗上，過去的學習經驗深刻的影響學生在學習上對自我的期待 (潘樂英, 2005)。相較於一般孩童，低成就的孩童自我效能相對低落，因此必須幫低成就孩童建立良好的學習經驗，並增強他們的自我效能 (Zimmerman, 1996)。根據上述文獻，本研究以 STEM 提升學生對於知識獲取過程中的興趣，並且使用差異化教學法讓低成就孩童能透過鷹架式的學習法，循序漸進的將知識量累積，以提升學生之自我效能。

### 參、研究方法

#### 一、實驗活動設計

以「投籃車」為課程主題，內容包含摩擦力、槓桿原理概念、Arduino 以及各式感測器，使學生能將過去所學知識概念與生活經驗與新知識互相整合，並於課程末進行投籃車趣味競賽，讓學習者透過課堂中的討論、思考，設計出能夠符合課程需求之作品 (圖 1)。

圖 1 投籃車成品圖



在 STEM 課程中透過實作產品，將投籃車所需知識透過實作來傳授給學生。於課程中各領域知識實作前，設計知識概念教學課程，透過講述、問題討論方法使學生理解基本概念，在實作的歷程、將所學之知識概念透過實作過程加深印象。

本研究採單一實驗組進行架構設計，實驗組將採差異化教學於 STEM 教學活動中之實作課程，對照組則無差異化教學，採用實驗組一般成就學生所用之教材，依變項部分探討學生之學習成效 (STEM 知識、自我效能)，研究架構如下圖 2 所示。課程設計部分在第一週進行前測，再根據前測成績於第二週進行分組，接著進行為期 8 週的課程實驗，並於最後一週進行後測，研究流程如下圖 3。

圖 2 研究架構圖

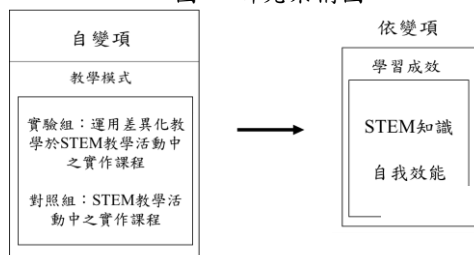


圖 3 研究流程圖



## 二、投籃車的教學設計

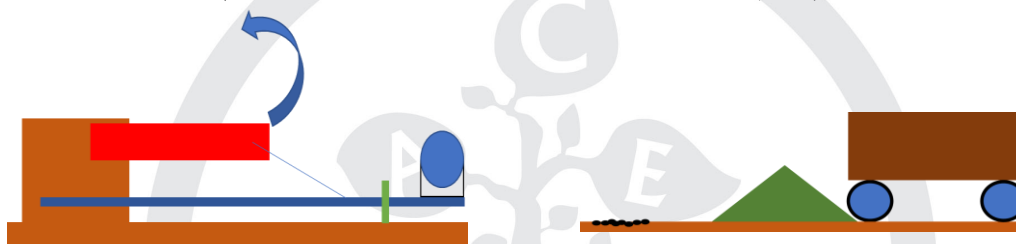
(一) 教學對象：國中 7 年級學生

(二) 教學時間：國中每節 45 分鐘，共 8 週，360 分

(三) 活動簡介：投籃車是一種結合自走車及投石器概念的科學玩具，使用 Arduino 來控制投籃車進行動作及槓桿操作。使用伺服馬達來完成槓桿原理的投射，在圖 4 紅色方塊為施力臂，與橡皮筋（藍色線條）交接點為施力點，藉由伺服馬達拉起施力臂，另外一顆 SG90 馬達（綠線）與投柄交接點為抗力點。透過槓桿先將施力臂拉起，再將 SG90 上之擋片移開，完成投射動作。

圖 4 投擲動作示意圖

圖 5 車輪摩擦力示意圖



在車輪摩擦力上，運用不同材質來包覆在 3D 列印車輪上，讓車輪增加摩擦力，使得車輪能夠順利通過各種地形，如圖 5 所示。在投籃車的製作過程當中，學生能直接體會到科學、科技、數學、工程的結合。

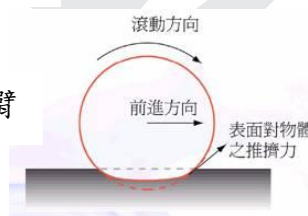
## (四) 教學內容

### 1. 科學概念

在科學概念，解釋槓桿原理及摩擦力基本理論與應用（圖 6），並傳達給學生認識。

圖 6 摩擦力解釋

$$\text{施力} \times \text{施力臂} = \text{抗力} \times \text{抗力臂}$$



### 2. 科技概念

在投籃車課程的科技知識中，包含程式設計及電子元件兩項，在程式設計中讓學生透過 ArduBlock 的拼圖式介面，更容易的學會基本的程式設計語法運用，課程中，讓學生學習判別式及副程式呼叫的運用（如圖 7）。在電子元件的部分，投籃車運用到伺服馬達、藍芽模組、直流馬達等電子元件，並讓學生了解其功能及應用。

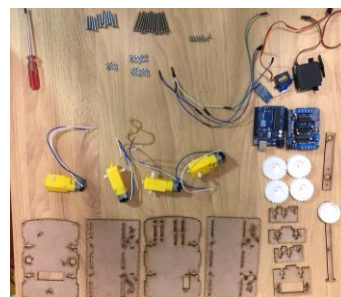
圖 7 ArduBlock 範例



### 3. 工程概念

在工程概念，在車體上使用工程組裝的技能，Arduino 板的控制則用到電路板接線，學生必須正確的組裝及接線才能完成投籃車製作。組裝器材（圖 8）及組裝代碼（表 1）參考如下。

圖 8 組裝器材



品項	數量	品項	數量	品項	數量
大螺絲 (代號 A)	14	藍芽模組	1	MG996 伺服馬達	1
中螺絲 (代號 B)	12	杜邦線	4	SG90 伺服馬達	1
小螺絲 (代號 C)	8	Arduino UNO	1	電機擴充板 L239D	1
螺帽	26	車體木板	1 組		
直流馬達	4	車輪	4		

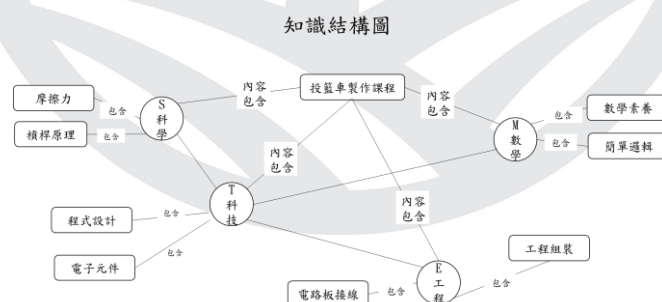
表 1 投籃車材料表

### 4. 數學概念

數學概念則以基本邏輯為主，在程式設計上能夠有效的了解程式的運算，使用數學邏輯概念將程式進行整理。

投籃車課程整合 STEM 中的科學、科技、工程、數學四個領域，期望能將學科內知識完整傳授給學生，知識結構如下圖 9 所示。

圖 9 知識結構圖



## 三、 差異化教學設計

學者指出，於差異化教學中運用同質性分組來進行課程設計，能夠增進學習動機及成效（林思吟，2016）。因此本研究有別於傳統教學，在過程中透過同質性分組，讓教師更能掌握低成就學生的學習狀況，適時進行輔導，並讓一般成就學生進行「自主學習」，探索適合自己的學習方式。

透過合作學習模式，將合作和競爭的遊戲學習環境在教學活動中，能夠促進不同成就學生有更良好的互動，縮小學習成就差距，並提升學習動機（Hung, Young, & Lin, 2015）。

在課程中結合差異化教學法，於課堂中針對同一學習概念，設計兩套不同的學習資源（針對一般成就及低成就學生進行設計），在不影響一般成就學生學習

的前提下，將更簡易的學習教材提供給學生，眾多學者提及，在數學文字題的解題上，有效的圖示可以協助降低文字閱讀歷程所造成的認知負荷，並將學習者的注意力導向至重要的解題訊息，而提升解題表現（汪曼穎、王林宇，2006）。（例如：應用圖像方式將知識概念傳授給低成就學生），此種方式讓學生更簡易的了解需學習之知識內容，並於活動討論中給予各學習成就學生不同任務進行學習，讓學習者能夠針對個別能力及學習需求來取得新知識

普遍低成就孩童學習動機相對低落，這些學生的專注度及注意力較無法集中於課堂上，學者李岳霞（2015）提出教育類桌遊可以幫助孩子學習，也能從複雜的桌遊學會邏輯、推理、表達和專注。本研究設計桌上型遊戲，以獎勵積分制度，使學習者提升學習動機，加以投入課堂活動中，將課堂所需傳授知識以桌上型遊戲培養專注力及問題解決能力，並在卡牌及內容設計上，設計差異化教學，給予鷹架概念，降低學生認知負荷，以提升整體學習成效。

除了教學過程，也對於教材進行差異化的編制，為了降低低成就學生在作答上的認知負荷，在學習單設計上以圖像方式搭配文字，並在題型上做調整（例如：低成就學生是以圈選方式作答或選擇題，而一般成就學生以填充題或問答題形式）（莊惠如、王菀詩、吳怡慧，2014）。差異化教學策略如下表 2。

表 2 差異化教學實施表

教學策略	說明	作法
遊戲式學習	<p>範例：九宮格遊戲將摩擦力透過實驗活動來進行。</p> <p>低成就生：透過不同任務的活動過程，降低對於摩擦力知識獲取時的認知負荷。</p> <p>一般成就生：透過不同的任務活動來增強對於摩擦力知識的吸收。</p>	<p>在一教學目標提供兩個或以上能搭配學生程度的平行任務。</p>
心智圖	<p>範例：以投籃車為中心進行繪製。</p> <p>低成就生：瞭解投籃車所具備知識內容。</p> <p>一般成就生：瞭解投籃車所具備知識內容、並具備功能延伸創造力。</p>	<p>多解法任務。</p>
圖像學習	<p>範例：摩擦力及力矩知識概念傳授。</p> <p>低成就生：圖像方式搭配文字進行題型設計。</p> <p>一般成就生：文字進行題型設計。</p>	<p>在教學目標設定不同層次 (tiered objectives)。</p>
興趣分工(填寫分工興趣表)	<p>在實作過程中，每位學生負責主導一項工作。</p>	<p>多中心小組活動</p>

#### 四、 學生需求

在差異化教學實施的過程中，教師須事先了解自己的學生，並掌握學生之需求，透過前測方式了解學生對於課程之核心知識的掌握度，便於在進行教學的過程中，方便教師提供學生適當的協助（教育部普通高級中學英文學科中心研究團隊，2013）。因此本研究對於 STEM 實作課程之相關知識，開發 STEM 知識量表進行前測，針對學習成就進行分層。

#### 五、 課程設計

差異化教學在設計階段時，必須給予不同程度孩童不同的學習系統，學者指出：在課程設計階段，可以參酌以學習內容、學習過程、學習成果上進行差異化教學之設計。

### (一) 學習內容

而在本研究建置之課程中，涵蓋摩擦力、力矩、程式設計、機構等多元概念，為落實差異化教學宗旨，在實作產品—投籃車教學過程中，針對低成就、一般成就學生，給予不同層次的學習目標，低成就生須了解在實作過程中運用到哪些知識內容，並了解其原理，一般成就學生除知識內容理解外、更需具備功能延伸之創造力，因此本研究運用心智圖模式讓兩種成就學生能夠達到其效果。

### (二) 學習過程

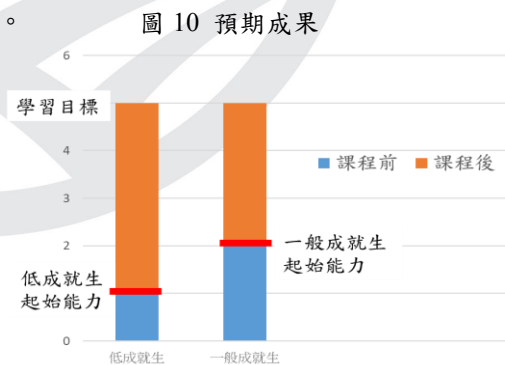
實作課程在進行時，針對學生的需求、興趣，讓學生發揮其專長，並且在合作學習的過程中帶領其他同學進行實作。而透過同質性分組方式，對不同成就學生給予不同層次的目標，而教師可視狀況給予學生不同的支援。

### (三) 學習成果

為了解學生對於所學知識之了解，在成果方面進行對不同成就學生進行不同層次設計。不同層次的學習單，能使學生進行分層學習，目的在於讓每位學生皆能達到他該有的學習目標。針對低成就者在遊戲進行時，計分制度相較於一般成就學生給予優勢能夠提升低成就者的學習動力。

## 肆、 結論與未來工作

跨學科的教育近年越來越受到重視，但對於低成就學生來說，一次吸收多個領域的知識，可能會造成學習上的負擔，因此本研究為使低成就學生能夠有平等的發展機會，將差異化教學融入 STEM 的實作課程當中，並且發展一套投籃車課程，並且期望低成就生能夠在差異化的課程學習後達到與一般成就學生相同的學習目標（圖 10）。目前本研究仍處於開發階段，計畫在近期內於新北市某國中進行教學實驗，人數約 180 人，預計將課程設計為 8 週。並於分析階段，探討不同成就面相學生於差異化教學策略應用於 STEM 實作課程中的影響。若研究結果有正向影響，可計劃應用於各國中生活科技課程中，並提出差異化教學之教學範本供後續相關研究參考。未來工作可進行對於不同年齡層的實驗對象進行研究，亦或是使用不同方式將學生進行分層。



*Acknowledgment: This work was financially supported by the "Institute for Research Excellence in Learning Sciences" and "Chinese Language and Technology Center" of National Taiwan Normal University (NTNU) from The Featured Areas Research Center Program within the framework of the Higher Education Sprout Project by the Ministry of Education (MOE) in Taiwan, and sponsored by the Ministry of Science and Technology, Taiwan, R.O.C. under Grant no. MOST 105-2511-S-003-049-MY3, 106-2511-S-003-019-MY3, 106-2622-S-003-002-CC2, 106-2511-S-003-049-MY3, 107-2622-S-003-001-CC2, 107-2511-H-003 -046 -MY3 .*

## 參考文獻

### 一、中文部分

- 王宣惠、洪儷瑜、陳秀芬 (2013)。國中低成就學生課堂行為表現與學習成效之研究。執行成果暨補救教學學術研討會，臺北市。
- 吳清山 (2012 年)。為建構教育幸福而努力。國家教育研究院電子報，34。
- 李岳霞 (2015)。教孩子堅持不放棄！玩桌遊 5 大益處。親子天下雜誌電子報，69。
- 汪曼穎、王林宇 (2006)。注意力分配對圖像登錄之影響及其在教學上的應用方向。教育心理學報，38(1)，67-83。
- 林佩璇、高翠鴻、許燕萍 (2016)。差異化教學的矛盾與轉化。中等教育，67(4)，7-20。
- 林思吟 (2016)。淺談差異化教學。臺灣教育評論月刊，5(3)，118-123。
- 國家研究中心 (2014)。臺灣 PISA2012 精簡報告。
- 教育部普通高級中學英文學科中心研究團隊 (2013)。高一英文寫作差異化教學策略和單元設計——以桃園縣平鎮高中為例。2013 差異化教學學術研討會。
- 教育部攜手計畫 (2011)。攜手計畫標準作業流程手冊。
- 莊惠如、王菀詩、吳怡慧 (2014)。同異質分組並行差異化教學。中等教育，65(3)，117-131。
- 陳慧娟 (2015)。師生共同增能與學生增能教學實驗方案促進偏遠地區國中學生知識信念自我調整策略與科學學習成就之比較研究。教育科學研究期刊，60(4)，21-53。
- 曾柏瑜 (2008)。低成就學童的有效補救教學原則。台東特教，27。
- 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。
- 黃子榕、林坤誼 (2014)。職前教師於 STEM 實作課程的知識整合行為研究。科技與人力教育季刊，1(1)，18-39。
- 葉錫南 (2013)。英文科差異化教學之理念與實施。教育研究月刊，233，37-48。
- 鄭章華、林成財、蔡曉楓 (2016)。國中數學差異化教材設計與實施初探。中等教育，67(4)，38-56。

### 二、英文部分

- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM education*, 12, 23-36.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70, 30-35.
- Chien, Y. H., Chang, Y. S., Hsiao, H. S., & Lin, K. Y. (2017). STEAM-oriented Robot Insect Design Curriculum for K-12 Students. In *2017 7th World Engineering Education Forum (WEEF)*, 1-4.
- Davis, G. A., & Rimm, S. B. (1989). Education of the gifted and talented. *Englewood Cliffs, NJ, US: Prentice Hall*.
- Ellis, E. S., Worthington, L. A., & Larkin, M. J. (1994). Effective teaching principles and the design of quality tools for educators. *Unpublished paper commissioned by the Center for Advancing the Quality of Technology, Media, and Materials*.
- Gordon, M. (2013). The mathematics of fountain design: a multiple-centres activity. *Teaching Mathematics and Its Applications: International Journal of the IMA*, 32(1), 19-27.
- Hall, Strangman, N., T., & Meyer, A. (2003). Graphic organizers and implications for universal design for learning: Curriculum enhancement report. *National Center on Accessing the General Curriculum*.
- Hung, H. C., Young, S. S. C., & Lin, C. P. (2015). No student left behind: a collaborative and competitive game-based learning environment to reduce the achievement gap of EFL students in Taiwan. *Technology, Pedagogy and Education*, 24(1), 35-49.
- Levav-Waynberg, A., & Leikin, R. (2012). The role of multiple solution tasks in developing knowledge and creativity in geometry. *The Journal of Mathematical Behavior*, 31(1), 73-90.
- Little, C. A., Hauser, S., & Corbishley, J. (2009). Constructing Complexity for Differentiated Learning. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 15(1), 34-42.

- Pinelli, T. E., & Haynie III, W. J. (2010). A Case for the Nationwide Inclusion of Engineering in the K-12 Curriculum via Technology Education. *Journal of Technology Education*, 21(2), 52-68.
- Rees, P., Olson, C., Schweik, C. M., & Brewer, S. D. (2015, June). Work in progress: Exploring the role of makerspaces and flipped learning in a Town-Gown effort to engage K12 students in STEAM. *In 2015 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 26-1751).
- Servilio, K. L. (2009). You get to choose! Motivating students to read through differentiated instruction. *Exceptional Children Plus*, 5(5), 5.
- Springer, L., Stanne, M. E., & Donovan, S. S. (1999). Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering and technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 69(1), 21-51.
- Stanford, B., & Reeves, S. (2009). Making it happen: Using differentiated instruction, retrofit framework, and universal design for learning. *Teaching Exceptional Children Plus*, 5(6), n6.
- Tomlinson, C. A. (1999). Mapping a route toward differentiated instruction. *Educational leadership*, 57, 12-17.
- Watson, A. D., & Watson, G. H. (2013). Transitioning STEM to STEAM: Reformation of engineering education. *Journal for Quality and Participation*, 36(3), 1-5.
- Williams, P. (2008). *Independent review of mathematics teaching in early years settings and primary schools. Final report – Sir Peter Williams*. London: Department for Children, Schools and Families.

