

英語科 STEAM 課程 對國小學生運算思維與英語學習之影響

陳佩萱

臺北市立永安國小

黃思華（通訊作者）

副教授

臺北市立大學教育學系

E-mail: anteater1029@gmail.com

摘要

本研究旨在探討不同美感素養程度的國小學生，接受以 6E 教學模式教學的英語 STEAM 課程後，其運算思維能力、STEAM 態度、英語學習成就與藝術創作之影響。6E 教學模式以學生為中心並整合 STEM 課程元素，又 STEAM 教育以 STEM 為基礎延伸發展，故 STEAM 課程以 6E 教學模式進行。本研究採準實驗研究法進行，以臺北市某國小五年級學生為研究對象，學生依「美感素養量表」的得分，分為實驗組 A（高美感素養組）21 人，與實驗組 B（低美感素養組）21 人，兩組皆接受相同的 6E 教學模式 STEAM 課程教學活動，透過資料分析瞭解兩組學生學習的成果與藝術創作表現。研究結果發現：不同美感素養程度對於運算思維能力表現、英語學習成就整體表現均達顯著差異，高美感素養組的藝術創作整體表現，顯著優於低美感素養組。由此可知，美感素養程度對運算思維、英語學習成就均有正向的影響。

關鍵詞：STEAM、STEAM 態度、美感素養、英語學習成就、運算思維

壹、緒論

STEAM 為科學 (Science)、科技 (Technology)、工程 (Engineering)、藝術 (Art) 與數學 (Mathematics) 五元素知識整合的課程總稱，打破傳統學科之間的界線，目的是讓學科間能夠彼此相互連結，以利學生瞭解各種知識和技能在真實世界中的關聯性，且能夠進行活用，使課程更加平衡 (New Media Consortium[NMC], 2015)。STEAM 課程是世界各國課程發展的趨勢，我國教育部也隨著趨勢，將 2016 年定為「教育創客 (maker) 年」，並以 STEAM 課程為基礎來發展創客課程 (徐詠絮, 2016)。雖然如此，目前臺灣教育在國中小學教學現場中普遍還是以單領域教學為主，教師還是以單一學科做教學設計 (親子天下, 2015)，因此，當政策鼓勵教師培養學生成為「創客」時，如何設計 STEAM 課程與教學活動的能力對教師也是必要的。此外，學生在分科教學中所習得的是片段知識，而非統整性，侷限了學生思維的廣度，而難以將知識實際運用於問題解決上，影響學生的全面性發展 (楊晶晶、謝蘭榮, 2006)。故本研究欲瞭解如何以 STEAM 課程為基礎，發展適合學生的課程？如何設計合適的教學活動？學生在 STEAM 課程下的學習影響為何？

STEAM 課程乃從 STEM 中增添「藝術涵養」而成為 STEAM，Land (2013) 指出課程增加藝術內涵，不僅可為課程增添趣味，更能幫助 STEM 各個領域面向的發展，因此學校課程應融入「藝術」以提供學生欣賞知識構成的複雜性、深刻與奧妙的機會，例如：教導學生數學概念時，應思考如何將幾何學融入藝術品中；而化學領域的學生，學習透過穆迪水墨藝術 (moody ink art) 來呈現他對科學的理解 (Land, 2013; NMC, 2015)，這點出「藝術」涵養扮演課程學習的潤滑劑，平衡各學科學習的重要角色，且有助於學生在各科目間的學習架構更完整。

6E 教學模式以學生為中心並整合 STEM 課程元素，又 STEAM 教育是以 STEM 為基礎延伸發展，故 STEAM 課程以 6E 教學模式進行。本研究目的在以 6E 教學模式發展具備 STEAM 元素的英語專案課程，比較不同美感素養程度之學生接受實驗課程後，其運算思維能力、STEAM 態度、英語學習成就與藝術創作之影響為何。研究具體目的有四：

- (一) 比較不同美感素養學生接受英語 STEAM 課程教學後，其運算思維能力發展的差異。
- (二) 比較不同美感素養學生接受英語 STEAM 課程教學後，其 STEAM 態度發展的差異。
- (三) 比較不同美感素養學生接受英語 STEAM 課程教學後，其英語學習成就發展的差異。

(四) 比較不同美感素養學生接受英語 STEAM 課程教學後，其藝術創作表現的差異。

貳、文獻探討

一、STEAM 的發展與內涵

STEAM 教育是以 STEM 為基礎，相對原先的 STEM 課程新增加藝術 (Art) 而成，其基礎 STEM 最早起源於美國察覺科技教育人才缺乏的問題，因此 1996 年美國國家科學委員會 (National Science Board, NSB) 提出整合科學、科技、工程和數學四種學科之 STEM 教育。在 STEM 蓬勃發展且逐漸受到重視的過程中，Yakman (2008) 率先察覺藝術領域對於培養一個有知識的全人公民重要性，因此針對科學、科技、工程、數學與藝術各個領域專研與探究，試圖在各學科內找出定義，並在 2007 年發展 STEAM 課程架構。至 2015 年，美國基礎教育報告書更將 STEAM 課程定位於美國基礎教育在未來一至兩年內的關鍵發展趨勢之一，相對原先的 STEM 課程新增加藝術，認為藝術能夠幫助課程更加平衡，雖然 STEAM 課程剛興起，但許多研究證明不同科目的整合會提升學生的在學表現，美國 2015 年基礎教育水平報告中舉出許多研究表示藝術涉入程度會影響學生的在學表現，例如，美國佛羅里達大學的研究發現有參與音樂課學生在數學表現上較好；有參加音樂欣賞課的高中女生在美國學術能力測驗 (SATs) 中的數學分數高出 42 分；參加四年音樂與藝術學習的學生比僅參加六個月或更短的學生高出 98 分 (NMC, 2015)；相同的研究結果在 Rautenberg (2015) 與 Ho, Cheung, & Chan (2003) 也可以發現，Rautenberg (2015) 發現連續進行長達九個月的音樂課程訓練，對於國小學生在閱讀能力的學習有正向影響；Ho 等人 (2003) 探討 6 至 15 歲的管樂學校學生接受連續一年音樂課程後，其語文記憶力較未接受音樂課程之學生佳，且達顯著差異。

國內則有多數學者肯定美感體驗於教育研究上的運用，在語文、數學、科學、資訊、綜合活動等實證研究上，皆發現美感對於學生相關能力培養皆有正面影響，且有助於學習成效的提升 (陳玲璋, 2013)。除此之外，在 2013 年美國兩所公立實驗學校已開始轉型為 STEAM 學習模式，也皆呈現正向的結果，包括提高學生學習參與程度、深度學習、提高教育工作的滿意度、更多家長參與和企業夥伴的關係。在此之後，美國越來越多 K-12 學校與大學逐漸實施 STEAM，可知美國逐漸重視 STEAM 的課程，不斷推動 STEAM 教育，奠定 STEAM 課程趨勢 (NMC, 2015)。

Yakman (2008) 在 2007 年發展 STEAM 課程架構，STEAM 學科內涵定義分別為：(1) 科學 (Science)：關於自然界中自然存在的人事物與相互之間如何交互影響 (What exists naturally and how it is affected)，如物理學、生物學、化學、地球科學、太空科學、生物化學，也涵蓋於歷史、自然界的概念、演變與探究；(2) 科技 (Technology)：則是科技的本質、科技與社會、設計、科技的世界、設計的世界，也涵蓋醫學、農業學與生物工程、建設業、製造業、資訊與溝通、運輸、動力與能源；(3) 工程 (Engineer)：基於數學與科學理念，運用創造力與邏輯，並結合科技以共創貢獻於世界航空航太學、建築、農業學、化學、土木工程、電腦、電學、環境、流體學、工業 / 系統材料、機械學、礦業、造船業、核能與海洋業；(4) 藝術 (Art)：社會的發展與影響是人們過去、現在和未來的態度與習慣交互溝通理解所形成 (how society develops, impacts, is communicated and understood with its attitudes and customs in the past, present and future)，如運動藝術、美術、手工藝、語言藝術、人文科學、社會學、教育學、政治學、哲學、神學、心理學、歷史科學等；(5) 數學 (Mathematics)：數字與運算、代數、幾何、測量、資料分析與機率、問題解決、推理與證明、溝通，包含三角學、微積分與理論。

二、STEAM 的課程教學模式及在教育上的應用

美國國際科技與工程教育者學會 (International Technology and Engineer Educators Association, ITEEA) 在 2013 年提出以學生為中心且能整合 STEM 課程元素之 6E 教學模式 (6E Learning by DeSIGN™ Instructional Model)，以往研究多採用由美國生物科學課程研究 (BSCS) 開發的 5E 模式，是基於建構主義學習觀的學習模式 (Burke, 2014)。建構主義模式的目標是提供學生重新思考概念的經驗，並透過自我反思、與同伴及環境的互動來重新定義、重組，改變他們的初始概念 (Bybee, 1997)。5E 模型提供了一個有計劃的教學順序，將學生置於學習歷程的中心，鼓勵他們探索、建構自己對科學概念的理解，並將這些理解與其他概念聯繫起來 (Burke, 2014)。6E 教學模式以 5E 模式為基礎，增加了一個名為 engineer 的「e」，在這個階段中，學生才能像工程師一樣，真正進行設計和建模。透過將其整合到 engineering (設計、系統化、建模、人類價值和資源) 的概念中，大部分 BSCS 模型已被整合和增強 (Burke, 2014)。而 STEAM 發展即是以 STEM 課程為基礎 (Burke, 2014)，故本研究發展 STEAM 課程專案則以 6E 教學模式為發展依據，具體教學活動如下：

(一) 投入階段 (Engage)

投入階段目的為激發學生的好奇心並鼓勵投入於課程中。教師在此階段能蒐集相關資料，再透過提問來引起學生興趣，同時瞭解學生先備知識，並引發學生

舊經驗與新經驗之間的連結，再將教學重要概念呈現給學生，並清楚講解活動設計流程，進而引導後續課程活動。

（二）探索階段（Explore）

探索階段主要目的是提供學生建構屬於自己主題知識的機會。教師在此階段能向學生介紹 COPA 建模的（modeling）三個概念，包含限制（constraints）、優化（optimization）和預測分析（predictive analysis），以及反覆複習活動設計流程。

（三）解釋階段（Explain）

階段三主要目的為提供學生解釋課堂所學與改良的機會，學生解釋所學到的東西，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。

（四）實作階段（Engineer）

第四個策略主要為以階段三所思考的想法為出發，進行不同觀點的探索。此階段需提供學習者探索想法或議題的價值和優勢之機會，以利他們辨識何謂其有效的想法。

（五）深化階段（Enrich）

第五個策略為透過批判性思維鞏固其想法。此策略須透過發現想法中的謬誤或缺陷來使其想法更加堅固。因此，此教學活動包含修正想法，已確立其問題解答是可行的且解決方法是可被證實的。

（六）評量階段（Evaluate）

第六個策略為總結或強調其上述結果、解決方法或想法。此階段主要為發展計畫或想法的實施階段。此外，學習者運用後設認知進行討論與分享的反思過程更是使其產生新知識、促進合作學習與學習共同體的重要部分。

為瞭解 STEAM 課程對學習之影響，本研究針對運用 STEAM 課程教學之研究進行探討，相關研究發現，STEAM 與 STEM 課程對於學生學習興趣、學習態度與學習成效都有所提升，對跨領域整合知識、獨立思考、問題解決能力、實作技能的學習也都有正面影響（Jeong & Kim, 2015）。STEM 課程設計多以專案式課程為導向，教學領域多著重於自然與生活科技相關科目，課程題材建議以環境議題、主題式、學習者中心，並多搭配小組活動與動手實作課程（Jeong & Kim, 2015）。本研究採用之 STEAM 態度量表即翻譯自 Jeong & Kim (2015) 的 STEAM 態度量表，其量表改編自 Knezek & Christensen (1998) 的 STEM 評價態度問卷，以瞭解受試者在五個學科（自然科學、科技、工程、藝術與人文、數學）

的感受程度。STEAM 的整合性教育也讓學生能以一項學習主軸結合其他學科，並連結個人經驗，發展出更完整、廣泛的學習架構（Jongho & Eunbyul, 2015）。故本研究將參考 STEM 課程設計建議，配合 6E 教學模式發展 STEAM 專案式課程，培養學生在 21 世紀能力上的學習。

三、美感素養與運算思維

（一）美感素養對於學習之影響

藝術源於生活，應用於生活，是人類文化的累積，更是陶育美感素養及實施全人教育的主要途徑（國家教育研究院，2018）。依據十二年國民基本教育課程綱要「藝術涵養與美感素養」政策文獻內涵的詮釋，素養項目為「學生具備藝術感知、創作與鑑賞能力，體會藝術文化之美，透過生活美學的省思，豐富美感體驗，培養對美善的人事物，進行賞析、建構與分享的態度與能力。」（國家教育研究院，2018）。林玉滿（2013）針對美感素養內涵進行深入探究，主要以 Bloom 等人三大目標為分類基本架構美感理解（認知）、美感探索（情意態度）與美感表現（技能），並特別針對各學者共同提出的「美感知覺」層面，獨立出來凸顯之，而將美感素養界定為「美感知覺」、「美感理解」、「美感探索」與「美感表現」四類向度。美感知覺是個體對於外在「美的事物」的「知覺」，是人類主觀的「知覺」到客觀的「美的事物」，是主體與客體之間互動與連結，而在人類產生的內在感受；美感理解是美感素養必備的條件，舉凡創作者的思想、意象、情感，作品題材意義、象徵，素材技法使用、形式法則的相關知識，與美術史中探討的時代、地點、歷史、文化、風格都是美感理解的範疇；美感探索是強調主動探究、思考的歷程，在歷程中主體顯現興趣、態度，反應情感、價值觀；美感表現是美感素養應具備之技能，以創作面論，創作者運用工具技術表現思想、傳達情感；以審美面論，主體透過文字、口語的表現來描述、分析、解釋客體，以傳達其美感經驗，而生活中的應用與實踐是創作與審美活動的延續（林玉滿，2013）。曾夢蕊（2015）指出審美（美感）對學習常是無形的、潛移默化的，透過美的事物陶冶人們的情感，獲得感官上的愉悅，更能得到深層次的精神滿足，在美感對人們情感產生交集的同時，也是促使學習興趣的產生，是進行學習活動的最佳時機。課程加入藝術的元素不僅可為課程增添趣味，能夠幫助學習各個領域的發展，因此學校課程應融入「藝術」以提供學生欣賞知識構成的複雜性、深刻與奧妙的機會，也鼓勵在課堂中融入「美的事物與藝術作品」吸引和感染學生，激發其學習興趣、發展感受能力、豐富感覺經驗，提升學習。

運算思維乃為 21 世紀關鍵能力之一，馬友友也曾說過未來如需培養 21 世紀關鍵能力，需要特別重視「藝術」的角色，原因是藝術正是培養這些能力的最佳方式（吳怡靜，2014），伊莎貝拉嘉納藝術博物館（Isabella Stewart Gaedener

Museum) 研究也指出藝術有助於培養批判思考，在波士頓、布魯克林與 MASS 公立學校的研究顯示，藝術教育對於國小三年級至五年級學生批判思考與學習都有正面顯著影響 (National School Boards Association, 2007)。Liem, Martin, Anderson, Robyn, & Sudmailis (2013) 曾探討 2003 年至少 19 萬名學生參與 PISA 測驗學生的資料，調查融入藝術之資訊與通訊科技 (information and communication technology, ICT) 的使用程度，結果發現有正面影響，尤其在融入藝術相關資訊與通訊科技的品質上具顯著差異，進而影響其自然科學與數學成就。透過 STEAM 教育，甚至是吸引年輕人參與藝術與科技結合的一條途徑，培養藝術創造力並創造新的機會，讓年輕人轉而學習科學技術 (Choi & Behm-Morawitz, 2017)。本研究以林玉滿 (2013) 所發展之「國小高年級美感素養量表」作為研究工具，瞭解受試者的美感素養在「美感知覺」、「美感理解」、「美感探索」與「美感表現」之程度表現。

(二) 運算思維之涵義與核心概念

運算思維 (Computational thinking) 最早是由美國卡內基梅隆大學 (Carnegie Mellon University, CMU) 的電腦科學學者 Wing (2006) 提出，她認為運算思維乃是現代重要公民素養必須具備的基礎能力之一。運算思維是一種以電腦邏輯思考的複雜心理思考工具，它以電腦編碼和解碼方式來解讀資料和分析資料，透過不斷嘗試探索過程，包含規劃、學習、計畫的方式進行演繹推理來尋求最佳問題解決的方法。Google (2016) 針對運算思維提出定義，定義為一個涵蓋許多特性與方式的解決過程，運算思維內涵包含抽象化、演算法、自動化、資料分析、資料蒐集、問題拆解等能力，而具備運算思維能力的人能夠有信心地處理複雜性問題、有毅力處理困難問題、對於歧異的容忍度較高、有能力處理開放性問題，且能與他人有效合作溝通來解決問題。運算思維內涵大致著重於問題拆解、抽象化與程序三個重要核心概念，其定義與學生在各內涵概念下需具備能力如表 1 所示：

表 1 運算思維概念定義與能力描述

運算思維概念	定義	學生需具備之能力
問題拆解 (Decomposition)	將一個複雜問題分解成小問題，而更容易理解、制定計劃和維護。	學生能將問題分解為小問題來著手。
抽象化 (Abstraction)	為了解程式或問題的複雜度，因此只專注於重要訊息，忽視無關緊要的細節來進行處理。	1. 學生能從冗贅訊息中辨別重要訊息。 2. 學生能分析與闡述共同性行為或程式架構 3. 此能力在不同情境下皆能夠發揮。
演算法與程序 (Algorithm design & procedure)	係指發展問題解決的步驟與規則，並將每一步驟仔細的清楚闡述，以執行程序	1. 學生能清楚呈現處理步驟。 2. 學生能從已知訊息中辨識不同演算程序。 3. 學生能找到最佳處理方式

(資料來源：本研究整理自 Amatzidou & Demetriadis, 2016; BBC Bitesize, 2016)

(三) 運算思維教學相關研究

運算思維為科學、科技、工程與數學學科間的橋梁，在 STEM 實作課程下，學生利用運算工具與程式設計進行探索學習，感受運算思維的抽象化、流程、模組化、除錯等能力，發展學生整合運算與 STEM 知識來解決問題的能力，並更能體會運算思維的重要性（林育慈、吳正己，2016），而 STEAM 僅在 STEM 課程多著墨於藝術（Art）元素，本研究推論運算思維或許也可藉由 STEAM 課程的整合來培養。教學過程中，教師可不斷透過刺激學生思考，促進其運算思維的發展，其中，同儕間對於問題的討論更是必要的（Amatzidou & Demetriadis, 2016）。在學習工具的選擇，「低門檻，高延伸（low floor, high ceiling）」為工具選擇原則，讓學生能夠快速掌握工具的使用，且功用必須能延伸滿足進階學習者的需求，並進而將重點著重於高層次思維的學習，常見工具如 Scratch、MIT App Inventor、Arduino 開發板與機器人都適合成為培養運算思維能力的學習工具（林育慈、吳正己，2016；Grover & Pea, 2013; Amatzidou & Demetriadis, 2016）。

Amatzidou & Demetriadis（2016）探討不同年級與性別學生在每週兩小時，連續 11 週機器人學習下的運算思維（抽象化、一般化、演算法、模組、問題拆解）發展，研究結果發現不同年級與性別之學生在相同課程下，都能達到相同程度的學習發展；運算思維能力皆有良好的成長。本研究便以 Amatzidou & Demetriadis（2016）學者之評量方式，修改其編制作為研究工具，瞭解受試者以運算思維能力（問題拆解、抽象化與程序）解決任務之思維歷程。

在課程設計上可以課程發展趨勢之 STEAM 與程式設計結合，再挑選適合之學習工具，提供學生運算思維能力發展的機會。過程中，教師為引導者、提問者，透過大量提問來刺激學生討論與思考，以發展運算思維。評量方面，則可透過一個情境任務引導學生進行問題解決，在透過問題引導學生描述其思維過程，此部分可透過紙筆或口頭來進行回應。本研究考量受試者為國小五年級學生，教育部國際思維能力測驗尚未開放國小階段進行施測，且試題難度偏高，對於初接觸運算思維之學童可能較難評量其能力，因此，選擇以紙筆測驗的方式，透過問題引導來描述思維過程，題目參考引導思考的問題進行設計。

綜合以上文獻，可以瞭解藝術對於創造思考、批判思考、問題解決或高層次思維能力的培養皆有正面影響。

參、研究方法

一、研究設計

本研究採用準實驗研究法，以某臺北市國小五年級學生為受試者，為了瞭解不同美感素養程度學生分別接受以 6E 教學模式之 STEAM 氣象課程專案後，高美感素養的學生與低美感素養的學生在運算思維能力、STEAM 態度與英語學習成就影響為何。本研究在研究設計上將受試者分為實驗組 A（高美感素養班學生）與實驗組 B（低美感素養班學生）。兩組實驗組皆需接受三週以 6E 教學模式之英語 STEAM 課程專案，在專案課程設計上，控制兩組的課程目標、課程內容與課程活動。此外，兩組受試學生除了在「美感素養程度」不同外，學生年級、教材、教學時間、地點、教師專業、施測量表都是相同的。以下茲將本研究所涉及之變項，包含自變項、依變項與控制變項條列如圖 1 所示：

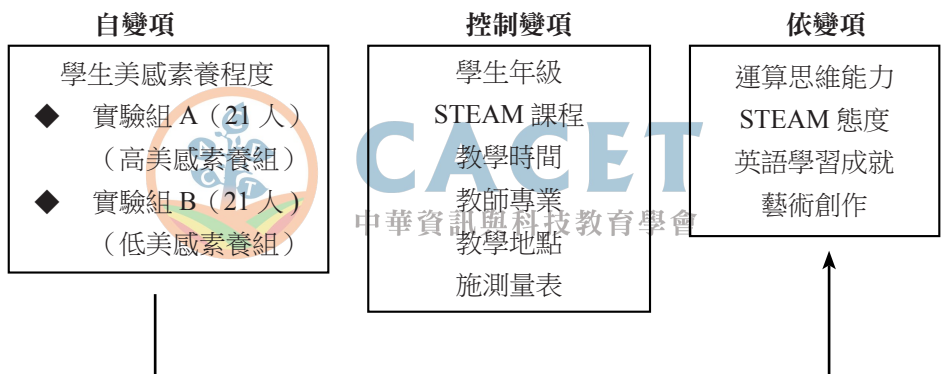


圖 1 研究架構圖

由於研究限制無法採隨機方法來分派受試者，導致實驗組與控制組在各方面條件未必相等，故採準實驗研究設計，此實驗設計以班級為單位，依「美感素養程度」分為實驗組 A（高美感素養班）與實驗組 B（低美感素養班），且兩組皆接受前測、實驗教學與後測。在進行教學實驗前，先進行「美感素養量表」施測，再依學生「美感素養量表」得分挑選具有顯著差異之班級，並將受試班級分為實驗組 A（高美感素養班）與實驗組 B（低美感素養班）。每週進行 2 節課的教學，進行三週 6 堂課，共 240 分鐘之教學實驗，課程涵蓋六節課「生活氣象英語課程專案」。

二、研究對象

在研究時間、能力及經濟的條件限制下，研究對象篩選方式採方便取樣與立意取樣。本研究對象臺北市某「行動學習」重點國小五年級學生，該校強調多元的環境學習，學生對於不同的上課方式接受度高，且資訊設備新穎，有充足設備

提供教學上的需求與施測，故本研究鎖定此學校作為施測對象挑選。

本研究首先以班級為單位，進行「美感素養量表」施測，量表以 38 題之李克特式五點量表呈現，主要為測量美感素養的五個內涵「美感知覺」、「美感理解」、「美感探索」與「美感表現」，以瞭解受試班整體的美感素養。待試測完畢後，本研究再依學生在「美感素養量表總得分」挑選具有顯著差異之兩個班級，並將研究對象分為實驗組 A（高美感素養班）21 人，與實驗組 B（低美感素養班）21 人，共 42 人。兩組的美感素養分數有顯著差異 $t(42)=3.191, p=.003^{**}$ ，表示兩組的美感素養有明顯的差異。

三、教學設計

依據文獻探討所述，環境議題和日常生活問題為主題的專案課程有助於縮小 STEAM 各面向間的距離，因此本研究以瞭解「氣象」為主題發展主軸，配合十二年國教能力指標（目前採九年一貫能力指標），考量研究能力、時間與經濟等情況限制下，挑選適合學生學習之單元進行課程設計。本研究所發展的英語 STEAM 課程專案（生活氣象英語課程專案）涵蓋兩個課程單元，依序為英語氣象報導動畫程式設計與溫度感測提醒裝置 Arduino 實作課程，課程搭配 6E 教學模式設計。

表 2 課程專案之 STEAM 元素對照表

單元	英語氣象報導	溫度感測提醒裝置
元素	Scratch 動畫程式設計	Arduino 實作課程
科學 (S)	天氣變化相關科學概念 (溫度、降雨量等)	天氣變化相關科學概念 (天氣舒適度)
科技 (T)	Scratch 動畫程式	Scratch for Arduino (S4A)
工程 (E)	動畫程式與 Arduino 結合	Arduino 開發板製作 簡易氣象溫度感測提醒裝置
藝術 (A)	美的視覺、聽覺、色彩的培養	無
數學 (M)	降雨機率	數值大小的比較計算

在「語文學習領域—英語」之教材內容要項中旨在透過生活化題材「氣象」設計實用及趣味化之「生活氣象英語課程專案」，此英語課程專案產出為「英語氣象報導動畫」，讓學生在學習過程中，同時注重英語聽、說、讀、寫，更強調英語的實際運用層面，Scratch 程式設計中，繪製且臨摹一個英語氣象播報員角色來描述氣象狀態，實際與生活經驗連結（見表 3）。

表 3 課程專案之英語學習對照表

聽 (Listening)	說 (Reading)	讀 (Speaking)	寫 (Writing)
聆聽英語氣象報導短片	錄製英語氣象報導	閱讀英語氣象報導文字稿範本	撰寫英語氣象報導腳本

課程搭配以 6E 教學模式來設計教學活動流程，以下以針對教學活動進行分析（見表 4）。

表 4 課程專案之 6E 教學活動流程表

	6E 教學模式	教學活動設計
(一) 投入階段 (Engage)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 激發學生的好奇心並鼓勵投入於課程中。 2. 教師能蒐集相關資料，再透過提問來引起學生興趣，同時瞭解學生先備知識，並引發學生舊經驗與新經驗之間的連結，再將教學重要概念呈現給學生，並清楚講解活動設計流程，進而引導後續課程活動。 3. 教師須思考教學過程安全性和技能學習之事宜與確認學生是否瞭解即將學習的課程。 4. 學生會開始接觸新概念、教材和教學設備，課程過程中不斷地確認自己對新概念的理解與連結，且能夠瞭解課程學習目標並投入學習。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以英語氣象播報短片引起學生興趣，透過提問瞭解學生對於溫度與降雨量等氣象先備知識。 2. 告知學生瞭解課程目標及課程期待，引導學生瞭解英語氣象播報課程不僅對於英文學習，也對於學生運算思維能力有所影響，程式設計培養他們的思維能力，進而將成果產出報名「全國貓咪盃」競賽，對未來升學也有助益。 3. 將舊概念與新概念連結，帶出英文字彙與相關英文文章閱讀，並不斷引導學生瞭解這些概念學習與課程目標的關聯性。
(二) 探索階段 (Explore)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提供學生建構自己的主題知識的機會。 2. 建議以小組活動方式，並鼓勵學生參與討論，彼此分享與交流以建構共同知識。 3. 教師為促進者的角色，提供教材並以產婆法方式提出有引導性問題，引導學生思考和主動探索學習。 4. 學生能對重要概念有概括性的理解，能主動參與課堂與小組討論。 5. 著重於提問、資料分析和批判思考。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 課程以小組活動進行，鼓勵小組討論並改寫該組的英語氣象播報腳本，以及 scratch 動畫設計腳本。 2. 在引導學生進行 scratch 動畫程式設計時或控制 Arduino 板時，教師以「提問」取代「告知」，引導學生主動思考與探索如何選擇、使用與調整 scratch 魔塊以達到所欲設計的動作指令。
(三) 解釋階段 (Explain)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提供學生解釋課堂所學與改良的機會。 2. 學生解釋所學到的東西，並加以改良。 3. 教師透過詰問讓學生做更深入的思考，引導討論，澄清迷失概念，讓學生確保所學。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 進行 scratch 動畫程式設計或控制 Arduino 板過程中，教師以提問刺激學生思考如何讓動畫指令更為順暢與精緻，並讓學生思考與討論是否有其它方式可以完成此動作指令，或者如何可以排除程式障礙。
(四) 實作階段 (Engineer)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以階段三所思考的想法為出發，進行不同觀點的探索。 2. 提供學生探索想法、議題的價值和優勢的機會，以利他們辨識何謂有效的想法。 3. 教學活動需讓學習者修改在建設性想法中找出的一般性概念和原理原則，然後建立假設，以辨別問題的答案並提出有效問題解決方法。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以學生們在階段三解釋階段所發展的想法，讓學生透過發表與討論，去辨別與選擇最有效的問題解決方法。

6E 教學模式		教學活動設計
(五) 深化階段 (Enrich)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 透過批判性思維鞏固其想法。 2. 此策略須透過發現想法中的謬誤或缺陷來使其想法更加堅固。 3. 教學活動包含修正想法，已確立其問題解答是可行的，且解決方法是可被證實的。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以學生們在解釋與實作階段所發展與實作的方法，進行驗證，如果有錯誤，再進行修正解決，而達到概念深化的階段。
(六) 評量階段 (Evaluate)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 總結或強調其上述結果、解決方法或想法 2. 學生運用後設認知進行討論與分享的反思過程，更是使其產生新知識、促進合作學習與學習共同體的重要部分。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生在程式設計過程中不斷地經歷探索、解釋、實作與深化階段，教師在每個問題後都會提供學生分享其解決的反思，促進彼此合作學習。 2. 各小組在英語氣象播報動畫完成後，課程設計小組動畫分享與評量活動。

四、研究工具

本研究的目的是比較不同美感素養程度之學生分別接受以 6E 教學模式之 STEAM 課程專案的影響，研究著重於學生對運算思維能力、STEAM 態度、英語學習成就及學生藝術創作成果表現的情況分析，所採用的研究工具包含七種，分別為：「生活氣象英語課程專案」、「美感素養量表」、「運算思維能力測驗」、「STEAM 態度量表」、「英語學習成就測驗」、「Scratch 與 S4A」及「藝術創作評分量表」。

(一) 生活氣象英語課程專案 (英語 STEAM 課程)

本研究所發展「生活氣象英語課程專案」為 6 堂課，共 240 分鐘之教學課程，課程專案為 STEAM 五個課程元素整合而成，主要涵蓋兩個課程單元，分別為英語氣象報導動畫程式設計與溫度感測提醒裝置 Arduino 實作單元，教學活動則搭配 6E 教學模式來設計。

(二) 美感素養量表

本研究採用林玉滿 (2013) 所發展之「國小高年級美感素養量表」作為操弄自變項 (美感素養程度) 工具，依學生在「美感素養量表」得分挑選具有顯著差異之班級，並將受試班級分為實驗組 A (高美感素養班) 與實驗組 B (低美感素養班)。此量表測驗目的為瞭解受試者在美感素養在「美感知覺」、「美感理解」、「美感探索」與「美感表現」之程度表現。測驗題數共 38 題，整體美感素養 Cronbach Alpha 係數為 .953，其中「美感知覺」8 題，Cronbach Alpha 係數

為 .814；「美感理解」8 題，Cronbach Alpha 係數為 .785；「美感探索」10 題，Cronbach Alpha 係數為 .866；與「美感表現」12 題，Cronbach Alpha 係數為 .895。量表採「李克特式五點量表」計分，以「非常符合」、「符合」、「普通」、「不符合」與「非常不符合」，來呈現受試者對此項目的感受。

（三）運算思維能力測驗

本研究自編之運算思維能力測驗共包含兩部分：

1. 運算思維能力情境試題

本測驗乃參考 Amatzidou & Demetriadis (2016) 學者之評量方式，進行修改編制而成，評量方式為辨認測驗，以 Scratch 動畫實物作為刺激，但要求學生的反應是語文反應（紙筆），而非實際操作，以紙筆將思維歷程描述記錄下來。測驗題型皆為情境試題，以 Scratch 程式任務情境題（動畫）呈現，共包含三題問答題，題目內容為瞭解受試者以運算思維能力（問題拆解、抽象化與程序）解決任務之思維歷程，受試者在三個問答題中，描述並記錄其解題思維。

2. 運算思維評分量表評分量表

標準則依受試者答題內容，由十位評分者以李克特式五點尺度，「卓越」、「優良」、「普通」、「待加強」與「極待加強」評量其運算思維能力概念之運用程度。

中華資訊與科技教育學會

（四）STEAM 態度量表

STEAM 態度量表翻譯自 Jeong & Kim (2015) 的 STEAM 態度量表，其量表乃改編自 Knezek & Christensen (1998) 的 STEM 評價態度問卷，整體量表 Cronbach Alpha 係數為 0.71-0.88 代表量表符合信度標準。量表施測目的為瞭解受試者在五個學科（自然科學、科技、工程、藝術與人文、數學）的感受程度，量表內容分為五個面向（自然科學、科技、工程、藝術與人文、數學）。量表採七點語意區分量表形式呈現，每一個題目的語意區分兩端，並非以「非常同意」到「非常不同意」，而是以一組對立的形容詞，來呈現受試者對此項目的情緒感受。

（五）英語學習成就測驗

本研究依據實驗教學所教授之「生活氣象英語」學習內涵命題，並進行英語學習成就測驗，待測驗完成後，由三位資深國小英語教師評估與審定，建立專家內容效度。正式施測前先於非實驗班級的兩個班級進行預試，以檢核試題難易度與鑑別度，此測驗的信度經內部一致性考驗，Cronbach' s α 係數分別為 .86 與 .91。

(六) Scratch 與 S4A

本研究使用麻省理工學院 (MIT) 開發的簡易編程工具— Scratch2.0, 提供一個以視覺化魔塊編輯程式的實作環境, 讓學生創建自己的英語氣象播報動畫; S4A (Scratch for Arduino) 則是 Scratch 與 Arduino 銜接的學習工具, 本研究使用 Arduino UNO 開發板與 S4A Sensor Board 結合, 透過互動板上的 LED 燈、蜂鳴器與 RJ11 接頭外接溫度感測模組, 來製作簡易氣象溫度感測提醒裝置。

(七) 藝術創作評分量表

本研究使用曾健評 (2003) 所編制「電腦繪圖作品評分表」, 此評分表參考陳朝平與黃王來 (1995) 的兒童作品評量, 評定項目為「內容」、「構圖」、「色彩」、「創作」與「態度」五個向度, 評分表以三點量表「優異」、「普通」及「待改進」予以評比。本研究將咨請三位評分者以此評分量規對學生的 Scratch 作品進行評量, 再輔以評分者們對於兩組學生作品之整體性看法進行質性分析。

五、資料處理與分析

本研究將以量化的方法, 分析不同美感素養程度受試者在接受英語 STEAM 專案課程後, 其運算思維能力、STEAM 態度與英語學習成就前後測之差異。此外, 進一步瞭解兩組受試者在生活氣象英語課程的成果產出「Scratch 英語氣象播報動畫」進行量化與質性分析。本研究量化資料為受試者在運算思維能力測驗、STEAM 態度量表、英語學習成就測驗與藝術創作評分之結果, 此結果將以統計分析套裝軟體 SPSS 20.0 中文版進行分析。在區分不同美感素養實驗班級時, 本研究先將自變項受試者在「美感素養量表」得分轉化為量化資料, 進行獨立樣本 t 檢定, 以確認兩組在「美感素養」程度達到顯著差異。為了瞭解 STEAM 課程, 分別對於不同美感素養組在實驗教學前後的運算思維、STEAM 態度與英語學習成效之成長幅度, 因此本研究針對兩組實驗組分別進行成對樣本 t 檢定。探討不同美感素養對於運算思維、STEAM 態度與英語學習成就之影響, 將兩組實驗組所蒐集到的量表分數, 依序分別先進行獨立樣本 t 檢定, 確認兩組前測是否有顯著差異, 再將兩組後測成績進行獨立樣本 t 檢定, 確認兩組後測結果是否具顯著差異, 最後, 針對後測達顯著之測量變項計算其前後測效果值, 以瞭解其實驗處理的效力。藝術創作則是將評分結果轉化為量化數據, 進行獨立樣本 t 檢定, 確認兩組創作表現是否具顯著差異, 再輔以評分者們對於學生作品之整體性看法進行質性分析。最後, 再透過相關分析瞭解兩組的運算思維能力與 STEAM 態度之情形。

肆、結果分析與討論

一、STEAM 課程對運算思維、STEAM 態度與英語學習成效之影響

(一) 兩組運算思維前後測比較

根據表 5 可知高美感素養組學生運算思維前後測平均得分由 92.14 提升至 107.57，且有顯著差異 $t(21) = 5.20, p = .000$ ；STEAM 態度 t 值為 1.81， $p = .08$ ，雖未達顯著，但 STEAM 態度總分也由 139.29 進步為 150.19；英語學習成就前後測則由 84.71 進步為 98.09， t 值為 5.14， $p = .000$ ，已達顯著差異，另根據表 5 可知低美感素養組學生運算思維前後測平均得分由 85.90 提升至 95.24，且有顯著差異 $t(21) = 3.55, p = .002$ ；英語學習成就前後測則由 84.00 進步為 92.00， t 值為 3.78， $p = .001$ ，已達顯著差異，即 STEAM 課程對於兩組學生的運算思維與英語學習成就有顯著影響。

表 5 不同美感素養組的變數前後測分析表

		平均數	標準差	t	p	Cohen's d
運算思維	(高) 前測 / 後測	92.14/107.57	17.03/14.09	5.20	.00***	0.98
	(低) 前測 / 後測	85.90/95.24	15.32/15.95	3.55	.00**	0.60
STEAM 態度	(高) 前測 / 後測	139.29/150.19	28.85/20.53	1.81	.08	
	(低) 前測 / 後測	124.29/134.28	19.58/24.99	1.66	.11	
英語學習成就	(高) 前測 / 後測	84.71/98.09	15.70/5.55	5.14	.00***	1.13
	(低) 前測 / 後測	84.00/92.00	14.87/12.89	3.78	.00**	0.57

註：(高)表示高美感素養組、(低)表示低美感素養組
* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

為更瞭解 STEAM 課程對於兩組在前後測影響效力，因此本研究針對兩組在前後測達顯著差異之變數（運算思維與英語學習成就）計算效果值，可瞭解兩組的效果值都具有中高效力，而高美感素養組又更高。

(二) 兩組運算思維與 STEAM 態度相關分析

再進一步以兩組的運算思維能力與 STEAM 態度進行相關分析，以瞭解彼此間的影響關係，分析結果如表 6 所示，上半部是低美感素養組的 STEAM 態度與運算思維之相關分析；下半部是高美感素養組的 STEAM 態度與運算思維之相關分析。高美感素養組的 STEAM 態度與運算思維的相關達顯著，且為正相關 ($r = .45, p = .04^*$)，而低美感素養組的 STEAM 態度與運算思維的相關也達顯著，且也為正相關 ($r = .53, p = .01^*$)。

表 6 不同美感素養組的變數前後測分析表

高美感素養組	低美感素養組	
	1	2
1. 運算思維	—	.53*
2. STEAM 態度	.45*	—

註：上半部為低美感素養組之相關分析；下半部是高美感素養組之相關分析
* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

此研究結果可知不論美感素養程度，本研究之英語 STEAM 專案皆對學生的運算思維與英語學習具顯著影響。

二、不同美感素養對運算思維之差異

在運算思維的前測，低美感素養組平均數為 95.24、標準差為 15.95；高美感素養組的平均數為 107.57、標準差為 14.09，二組並無顯著差異 $t(42) = 1.25$ ， $p = .22$ 。兩組在運算思維前測各分項（問題拆解、抽象化與程序）顯著性 p 值分別為 .19、.88 與 .06，皆大於 .05，未達顯著水準，表示這兩組是具同質性，如表 7 所示。

進行三週英語 STEAM 專案課程教學後，不同美感素養組在運算思維後測表現，高美感素養組的平均數為 107.57、標準差為 14.09；低美感素養組的平均數為 95.24、標準差為 15.95，二組運算思維有顯著差異 $t(42) = 2.66$ ， $p = .01$ ，高美感素養組的運算思維顯著優於低美感素養組。

再進一步針對運算思維各分項（問題拆解、抽象化與程序）進行獨立樣本 t 檢定，如表 7 所示。兩組在問題拆解向度，高美感素養組的平均數為 35.95、標準差為 6.18；低美感素養組的平均數為 31.66、標準差為 15.95，二組的問題拆解有顯著差異 $t(42) = 2.66$ ， $p = .01$ ，表示高美感素養組的問題拆解能力顯著優於低美感素養組。抽象化向度，高美感素養組的平均數為 34.95、標準差為 4.86；低美感素養組的平均數為 31.14、標準差為 5.99，二組的抽象化有顯著差異 $t(42) = 2.43$ ， $p = .02$ ，意即高美感素養組的抽象化能力顯著優於低美感素養組。程序向度，高美感素養組的平均數為 36.66、標準差為 4.31；低美感素養組的平均數為 32.43、標準差為 6.61，二組的程序有顯著差異 $t(42) = 2.46$ ， $p = .02$ ，故高美感素養組的程序能力顯著優於低美感素養組。

表 7 不同美感素養對於運算思維前後測分析表

	平均數 (標準差)		獨立樣本 t 檢定		
	高美感素養 (N=21)	低美感素養 (N=21)	t	p	Cohen's d
運算思維 (前測)	92.14 (17.03)	85.90 (15.32)	1.25	.22	
	107.57 (14.09)	95.24 (15.95)	2.66	.01*	0.80
問題拆解 (前測)	32.57 (6.34)	30.00 (6.08)	1.34	.19	
	35.95 (6.18)	31.66 (5.18)	2.43	.02*	0.75
抽象化 (前測)	29.52 (6.30)	29.24 (6.16)	.14	.88	
	34.95 (4.86)	31.14 (5.99)	2.26	.03*	0.69
程序 (前測)	30.05 (5.78)	26.67 (5.07)	2.01	.06	
	36.66 (4.31)	32.43 (6.61)	2.46	.02*	0.76

*p<.05, **p<.01, *** p<.001

為更瞭解不同美感素養組對於運算思維的影響效力，因此本研究針對在後測達顯著差異之變數（運算思維、問題拆解分項、抽象化分項與程序分項）計算兩組分別在後測的效果值（見表 7）。根據 Cohen (1988) 所定義的效果值，當 Cohen's d 大於等於 0.2 為低效果值、大於等於 0.5 為中效果值、大於等於 0.8 為高效果值，研究中所探討不同美感素養對於運算思維效果值至少 > 0.6，皆屬於中效果值，甚至在整體運算思維能力具有於達到高效果值，由此可知，不同美感素養對於運算思維能力提昇有相當的顯著影響。研究結果與預期相符，現今雖未有文獻直接指出美感或藝術與運算思維直接影響，但在 Burton, Horowitz, & Abeles (1999)、Liem 等人 (2013) 的研究中皆指出問題解決能力、批判思考能力、邏輯思考能力都與藝術涵養有顯著相關性，而這些能力皆與運算思維有相當程度的連結。

三、不同美感素養對 STEAM 態度之差異

在 STEAM 態度的前測驗，高美感素養組的平均數為 139.29、標準差為 28.85；低美感素養組平均數為 124.28、標準差為 19.58，二組的並無顯著差異 $t(42)=1.98, p=.06$ 。而兩組在 STEAM 態度前測各分項（自然科學、科技、工程、藝術與人文與數學）之顯著性 p 值分別為 .06、.40、.12、.38 與 .40，皆大於 .05，未達顯著水準，表示這兩組是具同質性，如表 8 所示。

表 8 不同美感素養對於 STEAM 態度前後測分析表

		平均數 (標準差)		獨立樣本 t 檢定		
		高美感素養 (N=21)	低美感素養 (N=21)	t	p	Cohen's d
STEAM	(前測)	139.29 (28.85)	124.28 (19.58)	1.98	.06	
	(後測)	150.19 (20.53)	134.38 (24.98)	2.24	.03*	0.70
(S) 自然 科學	(前測)	28.80 (9.23)	24.14 (6.10)	1.93	.06	
	(後測)	31.90 (5.24)	29.57 (6.86)	1.23	.06	-
(T) 科技	(前測)	31.38 (4.88)	29.71 (7.57)	.85	.40	
	(後測)	31.90 (4.98)	30.57 (7.22)	.70	.10	-
(E) 工程	(前測)	28.52 (10.26)	24.09 (8.07)	1.55	.12	
	(後測)	29.23 (8.15)	26.85 (8.37)	.93	.59	-
(A) 藝術	(前測)	25.66 (9.50)	23.14 (8.95)	.88	.38	
	(後測)	30.47 (6.06)	23.76 (10.13)	2.60	.01*	0.80
(M) 數學	(前測)	24.90 (9.18)	22.71 (7.59)	.84	.40	
	(後測)	26.67 (8.43)	23.61 (8.77)	1.15	.75	-

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

根據表 8 可知不同美感素養組在 STEAM 態度後測表現，高美感素養組的平均數為 150.19、標準差為 20.53；低美感素養組的平均數為 134.38、標準差為 24.98，二組的 STEAM 態度有顯著差異 $t(42) = 2.24$, $p = .03$ ，高美感素養組的 STEAM 態度顯著優於低美感素養組。

再進一步針對 STEAM 態度各分項（自然科學、科技、工程、藝術與人文與數學）進行獨立樣本 t 檢定，以瞭解不同美感對於 STEAM 各分項是否也達顯著，如表 8。在自然科學態度分項，高美感素養組的平均數為 31.90、標準差為 5.24；低美感素養組的平均數為 29.57、標準差為 6.86，二組的自然科學態度並無顯著差異 $t(42) = 1.23$, $p = .06$ ，表示不同美感素養在自然科學態度得分之效果並無顯著差異。科技態度分項，高美感素養組的平均數為 31.90、標準差為 4.98；低美感素養組的平均數為 30.57、標準差為 7.22，二組的科技態度並無顯著差異 $t(42)$

$=.70$, $p=.10$, 表示不同美感素養在科技態度得分之效果並無顯著差異。工程態度分項, 高美感素養組的平均數為 29.23、標準差為 8.15; 低美感素養組的平均數為 26.85、標準差為 8.37, 二組的科技態度並無顯著差異 $t(42) = .93$, $p=.59$, 表示不同美感素養在工程態度得分效果並無顯著差異。藝術與人文態度分項, 高美感素養組的平均數為 30.47、標準差為 6.06; 低美感素養組的平均數為 23.76、標準差為 10.13, 二組的藝術與人文有顯著差異 $t(42) = 2.60$, $p=.01$, 高美感素養組在藝術與人文態度分項顯著優於低美感素養組。數學態度分項, 高美感素養組的平均數為 26.67、標準差為 8.43; 低美感素養組的平均數為 23.61、標準差為 8.77, 二組的數學態度並無顯著差異 $t(42) = 1.15$, $p=.75$, 表示不同美感素養在數學態度得分之效果並無顯著差異。

為更瞭解不同美感素養組對於 STEAM 態度的影響效力, 因此針對在後測達顯著差異之變數 (STEAM 與藝術與人文) 計算兩組分別在後測的效果值, 不同美感素養對於 STEAM 整體態度效果值為 .70 屬於中效果值, 而藝術與人文態度為 .80 屬於高效果值, 由此可知, 不同美感素養對於 STEAM 整體態度與藝術與人文分項的提升有相當的顯著影響, 如表 8 所示。此研究結果發現高美感素養學生在藝術與人文態度達顯著。

四、不同美感素養對英語學習成就之差異

在英語學習成就的前測驗, 低美感素養組平均數為 84.00、標準差為 14.87; 高美感素養組的平均數為 84.71、標準差為 15.70, 二組並無顯著差異 $t(42)=.15$, $p=.88$, 表示這兩組具同質性, 如表 9 所示。

表 9 不同美感素養對於英語學習成就前測分析表

	平均數 (標準差)		獨立樣本 t 檢定	
	高美感素養 (N=21)	低美感素養 (N=21)	t	P
英語學習成就	84.71 (15.70)	84.00 (14.87)	.15	.88

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

經過三週實驗教學後, 不同美感素養組在英語學習成就後測表現分別為: 高美感素養組的平均數為 98.10、標準差為 5.55; 低美感素養組的平均數為 92.00、標準差為 12.89, 二組的英語學習成就有顯著差異 $t(42) = 1.99$, $p=.05$, 高美感素養組的英語學習成就顯著優於低美感素養組, 見表 10。研究結果表示美感素養程度對於學生在英語學習成效有顯著影響。

表 10 不同美感素養對於英語學習成就後測分析表

	平均數 (標準差)		獨立樣本 t 檢定		
	高美感素養 (N=21)	低美感素養 (N=21)	t	p	Cohen's d
英語學習成就	98.10 (5.55)	92.00 (12.89)	1.99	.05*	0.61

*p<.05, **p<.01, *** p<.001

五、不同美感素養對學生藝術創作之差異

經過生活氣象英語課程教學後，本研究收錄每組學生之 Scratch 藝術創作，並請三位評分者依照藝術創作評量表，將每組學生的作品依五個向度「內容」、「構圖」、「色彩」、「創作」與「態度」進行評量，每個項目針對學生作品表現，以「優異」、「普通」及「待改進」予以評比，再將評比結果轉化為分數進行量化分析，並輔以評分者們對於兩組學生作品之整體性看法進行質性分析。

研究發現不同美感素養組在藝術創作表現分別為：高美感素養組的整體表現平均數為 38.38、標準差為 4.28；低美感素養組的平均數為 32.24、標準差為 5.75，二組的整體表現有顯著差異 $t(42)=3.93, p=.000$ ，高美感素養組的藝術創作整體表現顯著優於低美感素養組，見表 11。

若針對藝術創作各分項（內容、構圖、色彩、創作與態度）進行獨立樣本 t 檢定，兩組在內容向度，高美感素養組的平均數為 8.14、標準差為 1.50；低美感素養組的平均數為 6.19、標準差為 1.70，二組的內容表現有顯著差異 $t(42)=3.97, p=.000$ ，表示高美感素養組的內容表現顯著優於低美感素養組。構圖向度，高美感素養組的平均數為 7.33、標準差為 1.43；低美感素養組的平均數為 6.43、標準差為 1.89，二組的構圖表現沒有顯著差異 $t(42)=1.75, p=.087$ 。色彩向度，高美感素養組的平均數為 7.86、標準差為 0.85；低美感素養組的平均數為 6.90、標準差為 1.26，二組的色彩表現有顯著差異 $t(42)=2.87, p=.007$ ，表示高美感素養組的色彩表現顯著優於低美感素養組。創作向度，高美感素養組的平均數為 7.52、標準差為 1.08；低美感素養組的平均數為 6.33、標準差為 1.06，二組的創作表現有顯著差異 $t(42)=3.60, p=.001$ ，表示高美感素養組的創作表現顯著優於低美感素養組。態度向度，高美感素養組的平均數為 7.52、標準差為 0.93；低美感素養組的平均數為 6.38、標準差為 0.87，二組的態度表現有顯著差異 $t(42)=4.13, p=.000$ ，表示高美感素養組的態度表現顯著優於低美感素養組。

表 11 不同美感素養對於藝術創作分析表

	平均數 (標準差)		獨立樣本 t 檢定		
	高美感素養 (N=21)	低美感素養 (N=21)	t	p	Cohen's d
整體表現	38.38 (4.28)	32.24 (5.75)	3.93	.00***	1.21
內容	8.14 (1.50)	6.19 (1.70)	3.97	.00***	1.21
構圖	7.33 (1.43)	6.43 (1.89)	1.75	.087	—
色彩	7.86 (0.85)	6.90 (1.26)	2.87	.00**	.89
創作	7.52 (1.08)	6.33 (1.06)	3.60	.00**	1.11
態度	7.52 (0.93)	6.38 (0.87)	4.13	.00***	1.27

p<.05, **p<.01, *** p<.001

高、低美感素養組之學生作品評量結果比例分別彙整於表 12，五個向度分析如下：



表 12 學生作品評量結果彙整表

	優異		普通		待改進	
	高美感組	低美感組	高美感組	低美感組	高美感組	低美感組
內容	76%	27%	18%	55%	6%	18%
構圖	49%	46%	42%	27%	9%	27%
色彩	64%	39%	36%	55%	0%	6%
創作	49%	24%	51%	67%	0%	9%
態度	61%	21%	30%	73%	9%	6%

(一) 內容向度

由學生作品評量彙整結果得知，高美感素養組和低美感素養組在內容向度表現獲得優異比例為 76% 與 27%；需要待加強比例為 6% 與 18%，顯示高美感素養組之作品平均表現獲得較多肯定。

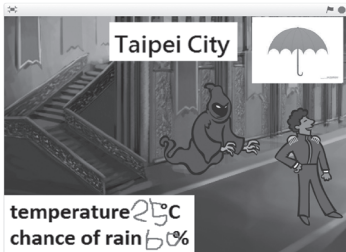


圖 2 高美感素養組之作品 (一)

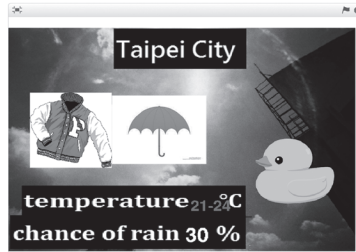


圖 3 低美感素養組之作品 (一)

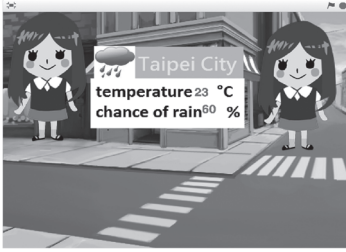


圖 3 低美感素養組之作品 (一)



圖 5 低美感素養組之作品 (二)

(二) 構圖向度

高美感素養組獲得優異之比例為 49%；低美感素養組為 46%；顯示兩組表現優異學生比例持平；然而，低美感素養組（27%）待加強比例則明顯高於高美感素養組（9%）。雖然高美感素養組構圖大致表現適切，但卻未達到明顯高於低美感素養組的水準，故兩組在獲優異比例上差不多。然而，低美感素養組則是一半學生能掌控美感原則，另一半仍需加強構圖（評分者 C），因此在待改進比例上較高美感素養高出許多。

(三) 色彩向度

在色彩向度，高美感素養組獲得優異之比例為 64%；普通為 36%；待加強則 0%，評分者評語表達高美感素養組作品色彩使用較為柔和，整體畫面較為和諧（評分者 A）；大部分學生運用和諧，僅少數無對色彩思考安排（評分者 C）。低美感素養之優異者比例佔 39%；普通為 55%；待加強 6%，僅少數需待加強，大多數在落在平均水準，此呼應評分者評語所述，少數學生對色彩敏銳度較低，大部分能將色彩和諧表現（評分者 C），但與高美感素養組相比下，低美感素養組色彩使用對比明顯，用色較為大膽與鮮明，但有些雖然用色大膽，但較不和諧，看似沒有經過搭配而成（評分者 A），而評分者 B 也認為該組作品創作選色時較為自由隨興。

(四) 創作向度

在創作向度，高美感素養組接近半數作品獲得優異（49%）；半數獲得普通（51%，且未有待加強之作品）比例；而低美感素養組半數以上作品表現普通（67%），獲得優異之比例稍低（24%），及 9% 的待加強。

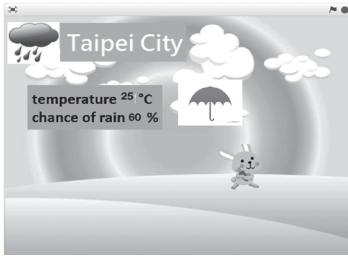


圖 6 高美感素養組之作品 (三)

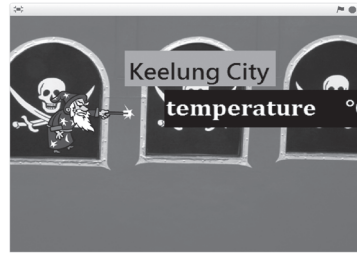


圖 7 低美感素養組之作品 (三)

(五) 態度向度

在態度向度，能夠以認真的態度看待創作，進而完整將作品呈現部分，高美感素養組作品超過半數（67%）表現優異；30% 為普通；而 9% 作品仍待加強。低美感素養組則是超過半數表現普通；21% 為優異；6% 為待加強。評分者們表達在作品完成度層面，基本上皆有良好的態度將個人作品完整呈現（評分者 C），但兩組作品都還有進步的空間（評分者 A）。

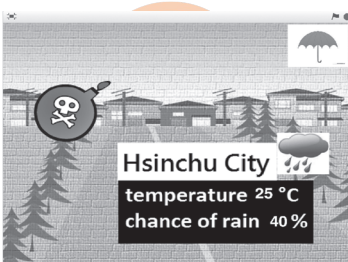


圖 8 高美感素養組之作品 (四)

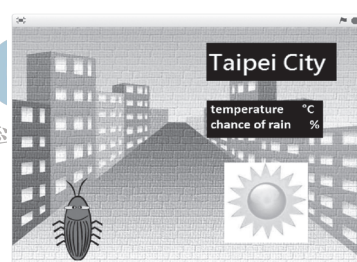


圖 9 低美感素養組之作品 (四)

伍、結論與建議

根據研究結果可知，不論美感素養程度，英語 STEAM 課程對於學生的運算思維有良好發展，STEAM 課程與適合的運算學習工具的結合，提供學生運算思維發展的機會，同時，運算思維也整合五個學科內涵，不斷探索學習，解決實作間的問題，最後完成產出。

本研究以兩組不同美感素養之實驗組，進行相同的英語 STEAM 課程專案，研究結果發現美感素養有助於學生整體運算思維的發展、STEAM 整體態度，對於學生的英語學習也產生正向影響。且研究結果發現美感素養對於學生在生活氣象英語課程的成果產出「Scratch 英語氣象播報動畫」有顯著且正面的影響，美感素養豐富的孩子，更可能具備對美的作品內容脈絡，選擇感興趣的主題，從背景挑選人物及物件來呈現，構圖配置與色彩選擇。美感素養愈豐富，學生也可能

呈現較佳的表現。藝術學科是美感素養教育的核心，且能培養學生對生活事物的感受，長期來看，藝術或美感也能平衡其他學科的學習，故鼓勵學校端落實「藝術與人文」教學正常化，讓學生在學校教育內獲得藝術美感薰陶的機會。課程融入藝術不僅可以為課程增添趣味，更提供新世代所需的自我表現和個人連結的機會。

在課程設計及教學後，針對 STEAM 課程設計與實際教學，以下幾點建議提供參考：首先，儘量平均五項學科比重，以專案為課程設計導向，並需加強數學，符合 STEAM 期望以數學為基礎，透過藝術來詮釋自然科學與科技的概念（NMC, 2015）。第二，建議課程以科技與工程來詮釋，並整合其他學科，實際運用於特定的學習工具上，其中 Arduino 與其他硬體的結合，適合作為學習呈現。第三，課程題材建議從生活實際問題取材，以真實情境的需求來發展，輔以動手做或實作活動。第四，教學活動流程可參照 6E 教學模式來發展，讓整體教學流程更為順暢有節奏。

對於未來運算思維評量發展，有以下幾點建議，可提供參考：第一，除情境辨認式評量外，建議輔以實作評量。本研究在施測過程中，發現紙筆測驗無法呈現紙筆語文表達能力弱勢學生真實的運算思維能力，建議讓學生實際操作並解決問題，同時根據學生的程式魔塊堆疊邏輯方式，進行分析。此外，可再透過訪談法，聆聽學生陳述性的思維表達，能夠更貼近學生在運算思維能力的真實反應。第二，題目設計建議為一個核心問題，且是有程序解決的問題，題目情境的鋪成與設計，若能夠聚焦為一個核心問題的解決，即能瞭解學生是否能察覺問題，再者，此問題盡量避免單一步驟的解決設計，這樣才能瞭解學生在拆解問題思維的運作程度，進而分析學生規劃解決問題的程序思維縝密度。

後續研究建議的部分，本研究運算思維僅探討三個核心概念：問題拆解、抽象化與程序，然而運算思維的內涵涵蓋問題分解、資料蒐集、資料分析、資料呈現、抽象化、模組化、演算法、一般化、系統分析、問題解決等概念，因此在研究結果推論仍有其限制，所以不同美感素養對不同運算思維概念是否有相同效果，仍有待進一步探討。另外，本研究對象為臺北市某國小五年級兩班學生，因此實驗結果推論仍有其限制，建議未來研究可增加研究班級數目，以提升樣本的可靠性，也建議針對不同年級層加以探討是否具有相同效果。本研究結果為三週縝密的課程設計與教學，根據研究工具測量與量化統計資料分析的結果，然而，學生運算思維能力、學習成就及態度，是潛在的能力素養，需長時間培養與發展，並非短時間教學與測驗能完全掌握的。因此，建議未來研究盡可能拉長實驗時間，讓實驗工具結果接近學生實際能力呈現，以獲得較符合變項實際相關情形之結果。

參考文獻

- 吳怡靜 (2014)。用藝術培養 21 世紀四大關鍵技能。天下雜誌。檢自：<https://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5056034>
- 林玉滿 (2013)。中部地區國小高年級學童美感素養現況調查之研究。未出版之碩士論文，國立臺中教育大學美術學研究所，臺中市。
- 林育慈、吳正己 (2016)。運算思維與中小學資訊科技課程。國家教育研究院教育脈動電子期刊，8 (6)，1-12。
- 徐詠絮 (2016)。教育創客年 自造教育往下扎根。國立教育廣播電臺 (文教新聞)。檢自：http://eradio.ner.gov.tw/news/?recordId=32819&_sp=detail
- 陳玲璋 (2013)。全觀性美感體驗對學校教學意涵之探究。藝術教育研究，25，109-135。
- 曾健評 (2003)。國小學童電腦繪圖教學設計之行動研究—以高雄市坪頂國小為例。未出版之碩士論文，國立屏東教育大學視覺藝術教育研究所，屏東市。
- 曾夢蕊 (2015)。審美教育與英語學習興趣。浙江萬里學院學報，28 (2)，112-116。
- 楊晶晶、謝蘭榮 (2006)。完整認識分科課程與綜合課程的關係。前沿，21，112-114。檢自：<https://flipedu.parenting.com.tw/information-detail?id=1429>
- 親子天下 (2015)。國中社會科現場：不斷趕課，同樣內容重複二十次。親子天下。檢自：<https://flipedu.parenting.com.tw/information-detail?id=1429>
- 國家教育研究院 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要—國民中小學暨普通型高級中等學校藝術領域。檢自：https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/22/pta_18533_2143291_60289.pdf
- Amatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 661-670.
- BBC Bitesize. (2016, May 23). Introduction to computational thinking. [Online forum]. Retrieved from <http://www.bbc.co.uk/education/guides/zp92mp3/revision>
- Burke, B. (2014). 6E Learning byDesign™ Model. *The Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 14-19.
- Burton, J., Horowitz, R., & Abeles, H. (1999). Learning in and through the arts: Curriculum implications. In E. B. Fiske (Ed.), *Champions of change: The impact of the arts on Learning* (pp. 35-46). Washington, DC: The Arts Education Partnership and The President's Committee on the Arts and the Humanities.
- Google. (2016). *Exploring Computational Thinking*. Retrieved from <https://www.google>.

com/edu/resources/programs/exploring-computational-thinking/index.html#!ct-overview

- Choi, G. Y., & Behm-Morawitz, E. (2017). Giving a new makeover to STEAM: Establishing YouTube beauty gurus as digital literacy educators through messages and effects on viewers. *Computers in Human Behavior*, 73, 80–91. doi:10.1016/j.chb.2017.03.034
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43.
- Ho, Y. C., Cheung, M. C., & Chan, A. S. (2003). Music training improves verbal but not visual memory: Cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology*, 17(3), 439-350.
- Jeong, S., & Kim, H. (2015). The effect of a climate change monitoring program on students' knowledge and perceptions of steam education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(6), 1321-1338.
- Jongho, S., & Eunbyul, C. (2015). Characteristics of convergence learning experience using an educational documentary film. *Asia Pacific Education Review*, 16(2), 213-223.
- Knezek, G., & Christensen, R. (1998). Internal consistency reliability for the teachers' attitudes toward information technology (TAT) questionnaire. In S. McNeil, J. Price, S. Boger-Mehall, B. Robin, & J. Willis (Eds.), *Proceedings of the Society for Information Technology in Teacher Education Annual Conference* (pp. 831-836). Bethesda, MD: Society for Information Technology in Teacher Education.
- Land, M. H. (2013). Full steam ahead: the benefits of integrating the arts into STEM. *Computer Science*, 20, 547-552.
- Liem, G. A. D., Martin, A. J., Anderson, M., Robyn, G., & Sudmailis, D. (2013). The role of arts-related information and communication Technology use in problem solving and achievement: Findings from programme for international student assessment. *Journal of Educational Psychology*, 106(2), 348-363.
- National School Boards Association. (2007). Art improves critical thinking: study. *American School Board Journal*, 194(5), 8.
- New Media Consortium. (2015). *The NMC Horizon Report: 2012 K-12 Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium. Retrieved from <http://cdn.nmc.org/media/2015-nmc-horizon-report-k12-EN.pdf>
- Rautenberg, I. (2015). The effects of musical training on the decoding skills of German-speaking primary school children. *Journal of Research in Reading*, 38(1), 1-17.
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

Yakman, G. (2008). *STEAM education: An overview of creating a model of integrative education*. Paper presented at the Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-19) Conference: Research on Technology, Innovation, Design & Engineering Teaching, Salt Lake City, Utah, USA.



CACET
中華資訊與科技教育學會

A Study of Influences of English STEAM Curriculum on Computational Thinking and English Learning

Pei-Hsuan Chen

Taipei Municipal Yong-An Elementary School

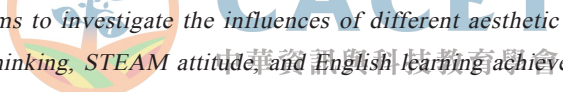
Tzu-Hua Huang(Corresponding author)

Associate Professor

University of Taipei, Department of Education

E-mail: anteater@1029@gmail.com

Abstract



This study aims to investigate the influences of different aesthetic literacy degrees on computational thinking, STEAM attitude, and English learning achievement in English STEAM Project-Based Learning (PBL) curriculum with 6E teaching model. Student-centered 6E teaching model, which integrated with elements of STEM, was used as a teaching model in the STEAM curriculum. The quasi-experimental method was used in this study. The participants were two 5th grade classes from Taipei City, which were divided into experimental group A (higher degree of aesthetic literacy class, N=21), and experimental group B (lower degree of aesthetic literacy class, N=21) by the "Questionnaire of Aesthetic Literacy." Both groups received the same instruction based on English STEAM PBL curriculum. We compared with two groups of students' learning achievement and art creation. The results showed that different degrees of aesthetic literacy have significant differences in the performance of computational thinking ability and English learning achievement. The overall performances of the artistic creation of the high aesthetic literacy group is significantly better than the low aesthetic literacy group. From this, aesthetic literacy has a positive impact on computational thinking and English learning achievement.

Key Words: *STEAM, STEAM Curriculum, Aesthetic Literacy, English Learning Achievement, Computational Thinking*