

探究式 STEM 教學對國小物聯網概念學習之影響

Effects of Inquiry-based STEM Instruction on the Learning of Internet of Things Concepts for Elementary School Students

楊凱翔¹ 游志弘²

Kai-Siang Yang¹ Chih-Hung Yu²

¹ 國立臺北教育大學 數學暨資訊教育學系人工智慧與資訊教育研究所 研究生

¹ National Taipei University of Education of Department of Mathematics and Information Education College of Science Student

E-mail : a211016001@grad.ntue.edu.tw

² 國立臺北教育大學 數學暨資訊教育學系人工智慧與資訊教育研究所 助理教授

² National Taipei University of Education of Department of Mathematics and Information Education College of Science Assistant Professor

E-mail : chihung@mail.ntue.edu.tw

摘要

本研究旨在探討將探究式教學策略融入物聯網 STEM 課程，對學習者的學習成效及科學探究能力之影響。本研究採準實驗研究法，研究對象為臺北市某公立國小六年級共四個班的學生（共 106 人），並以班為單位將研究對象分為探究式 STEM 教學組及講述與示範式 STEM 教學組。兩組皆實施相同的 STEM 物聯網教學課程，所有實驗對象均進行 8 堂課的教學實驗，並於實驗後實施物聯網學習成效測驗及探究能力自評量表。根據本研究收集的質性與量化資料統計結果，發現：探究式 STEM 教學策略能有效提升國小生的物聯網學習成效與科學探究能力，建議未來 STEM 物聯網課程可融入適當的合作學習策略及規劃更充足的教學實驗時間。

關鍵字：物聯網、STEM、POE 探究式教學策略

Abstract

This study aims to explore the impact of integrating inquiry-based teaching strategies into IoT STEM courses on learners' learning outcomes and scientific inquiry abilities. This study adopts a quasi-experimental research method, with the research subjects being students from four sixth-grade classes (a total of 106 people) in a public elementary school in Taipei City, and the research subjects are divided into inquiry-based STEM teaching group and lecture and demonstration-based STEM teaching group based on the class unit. Both groups implement the same STEM IoT teaching

course, and all experimental subjects undergo eight lessons of teaching experiments, and after the experiment, an IoT learning outcome test and an inquiry ability self-assessment form are implemented. According to the statistical results of the qualitative and quantitative data collected in this study, it was found that: Inquiry-based STEM teaching strategies can effectively enhance the IoT learning outcomes and scientific inquiry abilities of elementary school students. It is suggested that future STEM IoT courses can integrate appropriate cooperative learning strategies and plan more sufficient teaching experiment time.

Keywords : IoT 、 STEM 、 POE



壹、緒論

物聯網 (Internet of Things, IOT) 係指一種連接各樣裝置的集體網路，亦是幫助裝置與雲端伺服器互相通訊的技術 (Peña-López, 2005)，是未來經濟發展的重要核心及未來新興科技發展的關鍵技術 (黃廷合, 2018)。有鑒於物聯網的應用和影響與日俱增，若能讓學生及早學習物聯網的基本技能，有助於提升其未來就業的競爭力 (Al-Emran, Malik & Al-Kabi, 2020)。然而，根據其三層架構模型，完整的物聯網教學應包含：認識感測器運作原理 (感知層)、瞭解如何傳輸感測資訊到伺服器 (網路層)、規劃後續的資料分析與應用 (應用層)；從上述學習內涵可看出物聯網的概念涵蓋系統平台、演算法、網路技術等不同領域的重要知識，因此學生多自大學階段才開始接觸相關課程。此外，目前小學階段的物聯網教材與參考資源有限，以物聯網為主軸的教學研究也相當缺乏，如何有效地協助學生整合不同領域知識以了解物聯網重要概念對教師並不容易。

有鑒於物聯網的學習概念多為橫跨科技、科學、數學等學科的跨領域知識，若搭配合適教學策略有助於降低初學者的學習負荷。STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics, STEM) 即是主張結合科學、科技、工程和數學的知識以解決真實世界問題的科際整合教學策略，特別重視知識整合與應用 (Young et al., 2011)。另一方面 STEM 教學策略也強調以問題為中心的教學，包含問題導向學習、探究式學習，能激發學生課堂參與意願和學習動機 (范斯淳、游光昭, 2016; 黃志雄, 2015)。由於物聯網的本質就是為了解決現實生活的問題，且大部分的應用情境都需運用跨領域知識，因此 STEM 教學策略相當適合用於物聯網課程。一份好的 STEM 教材應不僅是融入不同學科，而是能引導學生應用科學和數學知識來解決工程問題，協助將學過的知識做有效的學習遷移 (Dixon & Brown, 2012)。因此，如何在 STEM 課程中幫助學生連結科學及數學的相關知識，有效地統整跨學科知識，是影響 STEM 課程成效的重要關鍵。

探究式教學也是跨領域學習經常使用的策略，強調讓學生在開放的問題情境中透過主動探究的活動來建構知識。POE 策略是常用於科學領域的探究式教學策略，主張讓學生藉由預測 (prediction)、觀察 (observation)、解釋 (explanation) 三個步驟主動探究問題進而建構知識 (White & Gunstone, 2014)。過去研究也指出 POE 教學策略有助於學生在 STEM 學科的學習。例如，幫助學生理解自然科學領域中的科學原理與建構知識 (吳月娥, 2015; 桑梓清, 2020; 郭靜萍, 2015)、幫助提升國小數學的幾何學習成效 (高怡婷, 2019)、提升學習的動機及問題解決傾向 (黃詩涵, 2020)。然而過去相關研究多探討單一學科概念的學習，較少將 POE 探究式教學策略用於跨領域的 STEM 整合課程中，遂此其對學生建構跨領域知識、學習動機與探究能力的影響仍有待更多實證研究的投入。

綜合上述，本研究欲發展一套小學階段的 STEM 課程，以學習物聯網概念為目標，並探討該課程結合 POE 探究式教學策略對學習成效與探究能力的影響。

具體而言，本研究共有三個研究目的，茲條列如下：

- 一、發展一套國小階段的物聯網 STEM 課程，並提出相關實施建議。
- 二、探討應用 POE 教學策略於物聯網 STEM 課程對學生學習成效之影響。
- 三、探討應用 POE 教學策略於物聯網 STEM 課程對學生科學探究能力之影響。

貳、文獻探討

一、物聯網教學

目前全球的物聯網設備產量將不斷的擴充，預計 2025 年規模將增加至 1.6 兆美元，這個巨大的新興科技市場為企業提供了誘人的機會，教育機構也迎來培訓學生掌握物聯網相關技能的新需求。Da Xu、He 和 Li (2014) 針對物聯網涵蓋的範圍提出了其架構模型，分為感知層、網路層、應用服務層與使用者介面層(許多學者將後兩者合併為應用層)。由於物聯網牽涉到硬體、軟體、即時數據資料、程式設計和人機互動整合，因此非常適合以 STEM 式科際整合的方式來學習。

物聯網具體的學習內容為何？以下分別就感知層、網路層、應用層應學習的內容進行說明。感知層是物聯網系統中的主要層，包括嵌入環境中的感測器或轉換器，是在 K-12 學習中引入物聯網概念最廣泛使用的一層；網路層的作用是連接物聯網系統元件，並與其他連接的設備共享信息，課程側重於學生探索電腦網路架構、無線網路標準和協議、使用乙太網的有線網絡、手機數據網路技術等。應用層包含以雲端為基礎的網站和物聯網服務，受惠於現今的雲端服務提供商多已將數據分析與物聯網平台無縫整合，使得教育工作者能夠更方便地在物聯網課程中培養學生數據分析的能力，因此資料的分析與視覺化是應用層中學習的重點。此外，既有相關教學研究指出，K-12 階段的物聯網課程有助於介紹電腦科學的原理，並提供基礎程式語言的學習機會 (Jaklič, 2020)；此外，搭配遊戲化教學的物聯網課程能幫助學生創造有趣的學習體驗(張仲樸, 2020; Petrović et al., 2022)。目前 K-12 教育階段的物聯網課程大多都使用專題導向 (project-based) 或是探究導向 (inquiry-based) 的學習方式來教學 (Abichandani et al., 2022)，值得注意的是，上述研究大多以中學階段學生為主，國小階段的實證研究仍相當缺乏。

二、STEM 教育與物聯網教學

STEM 教育包含科學、科技、工程與數學四個學科的課程內容。美國「新世代科學標準」推動 K-12 階段 STEM 教育核心理念提到，應將 STEM 教育做為一個統整性的整體，致力於不同領域間課程與教學的統整融合 (National Research Council, 2013)。因此，STEM 教育的內涵應該是運用與整合科學、科技、工程、數學的學科知識，透過實作來探究生活中的問題，在過程中同時也培養了學生的溝通、團隊合作、創造力、批判思考與解決問題能力等高層次的跨領域統整教學模式 (Tsai, Chung, & Lou, 2017)。目前 STEM 教育的物聯網教學方式多由教師擬

定專案題目，讓學生透過製作專案解決現實世界問題的歷程學習物聯網相關知識；或是使用探究導向的教學法，引導學生主動探究問題並透過物聯網的裝置來解決問題（Abichandaniet al., 2022）。

三、POE 探究式教學策略

POE 策略是由 White 與 Gunstone 於 1992 年提出的探究式教學策略，多用於自然科學的教學，主張透過預測、觀察、解釋三個步驟引導學生主動探究問題。其實施步驟首先由教師引導學生運用先備知識對某一個現象或事件去預測結果，且其預測必須有支持的理由；接著學生必須觀察實驗的結果，具體描述所觀察到的現象；最後學生要去解釋他的預測與所觀察到的實驗結果之間有何矛盾，透過解釋的過程建構出新的知識。過去已有許多研究嘗試將 POE 探究式教學策略應用課程中並獲得正向的成效。例如利用 POE 教學策略改善高中生對溫度與熱材料的迷思概念（Latifah, 2019）；協助學生對牛頓運動定律概念的理解（Rosdianto & Murdani, 2017）。除了一般科學知識的建構之外，Furqani 等人（2018）的研究進一步指出，POE 策略可以增強學生批判性思考的能力。

從上述的研究可以觀察到 POE 探究教學策略對於自然科學領域的學習很有幫助，不論是在學科知識的理解、迷思概念的澄清，甚至是批判性思考這種高層次的思維能力都能有效的提升。物聯網的學習包含了許多科學知識及應用，特別是當我們要使用物聯網裝置來解決生活中的問題時，特別需要用到高層次的思考能力，因此 POE 教學策略很適合應用在物聯網的課程中，幫助學生學習。

參、研究實施與設計

一、研究方法

本研究係探討 POE 探究式教學策略應用在國小物聯網 STEM 課程，對學習物聯網概念之影響。研究採準實驗研究法，自變項為兩種不同的教學策略，實驗組採「POE 探究式教學策略的 STEM 課程」，控制組則採「講述與示範式的 STEM 課程」進行物聯網教學。依變項為兩組研究對象在參與本研究發展的物聯網課程活動後，分別所展現的物聯網學習成效及科學探究能力，圖 3-1 為研究架構圖。

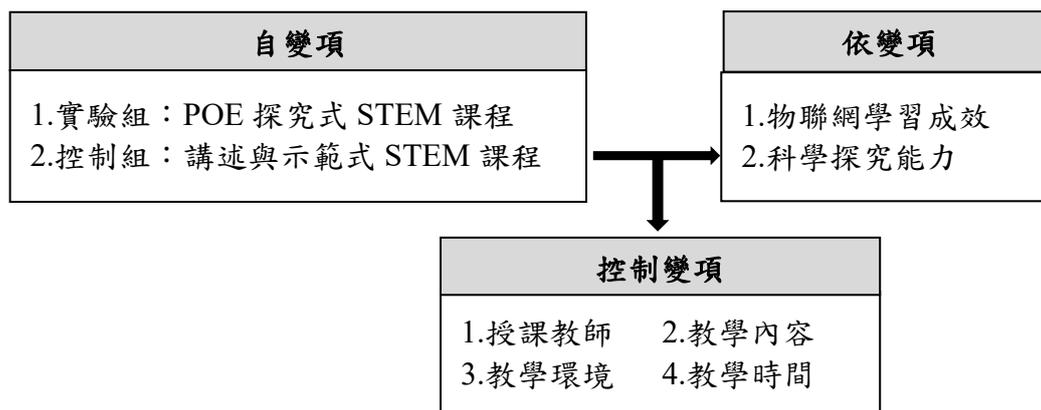


圖 3-1 研究架構圖

二、研究對象

本研究的研究對象為臺北市某公立小學六年級共四個班的學生，皆已於五年級學習過 Scratch 視覺化程式語言，具備基礎程式概念。隨機挑選兩班為實驗組，使用 POE 探究式 STEM 課程，另兩班為控制組，使用講述與示範式 STEM 課程。兩班人數皆為 53 人，各包含男生 28 人，女生 25 人。

三、教學活動設計

本研究發展一套 STEM 物聯網課程，依搭配教學策略分為「POE 探究式」與「講述與示範式」兩種教學活動。使用 POE 探究式的 STEM 教學時教師不會主動提供答案，而是讓學生先預測可能結果，接著進行實作並觀察實驗結果，最後則比較前後結果與解釋可能原因並歸納出答案；而實施講述與範例式的 STEM 教學時則主要由教師講述，學生聆聽並照著步驟實作與觀察結果。本研究發展的物聯網 STEM 課程係以物聯網的三層架構為基礎，結合自然、資訊及數學領域的知識進行跨領域的整合教學，課程主題容包含認識物聯網及三個物聯網專案製作。表 3-1 為兩組的課程時數安排及教學內容對照表，全部課程包含評估共八節課。

為釐清融入 POE 探究式教學策略對 STEM 物聯網課程學習的影響，本研究以「專案 1:環境品質監測器」為例說明兩組實施之具體差異。實驗組在開始製作專案前，教師會先請學生預測影響教室內溫濕度變化的可能原因有哪些，同組學生經過討論後寫下自己預測的原因，接著再引導學生設計實驗並使用物聯網裝置來收集資訊並上傳到雲端（本研究使用 Thingspeak 平台）以驗證結果。學生透過觀察平台上依蒐集數據產生的折線圖變化時即可與先前預測的結果進行比較，再推測出影響室內溫濕度變化的真正因素，進而建構出相關自然知識。而控制組則是先閱讀教師提供的學習單資料，了解室內溫溼度變化對人體的影響，接著由教師講述環境品質監測器的製作方法及實驗流程，讓學生進行實驗觀察，最後透過分析平台上蒐集到的數據得出影響室內溫濕度變化的因素以及維持室內溫濕度的方法。

表 3-1 物聯網課程時數及教學內容對照表

課程主題	節數	教學內容
認識物聯網	1	認識智慧家電 認識物聯網三層架構
專案 1:環境品質監測器	2	認識溫濕度感測器、Wifi 無線網路與 thingspeak 物聯網平台
專案 2:噪音監測器	2	認識噪音感測器 製作校園噪音感測裝置
專案 3:土壤溼度感測器	2	認識土壤溼度感測器 觀測土壤的溼度變化
STEM 課程評估測驗	1	物聯網學習成效測驗 探究能力自評量表

四、研究工具

本研究使用自編物聯網學習成就測驗與探究能力自評量表，分別說明如下。

(一) 自編物聯網學習成效測驗

為評估學習者對物聯網概念的了解，研究者自編物聯網學習成效測驗，測驗題目根據授課內容設計，包含物聯網架構基礎知識及物聯網設計與生活情境應用，共兩大類，滿分為 11 分。物聯網知識共有三題選擇題，每題 1 分，目的是評估學生對物聯網架構的了解；物聯網應用為應用題，包含一個題組共 4 個子題，評分方式則根據學生回答的正確程度與完整性給予 0-2 分，共 8 分。

(二) 學生探究能力自評量表

本研究使用楊秀停與王國華(2007)編製的探究量表，調查學生對探究能力的知覺，將探究能力分為理解問題 (2 題)、觀察記錄 (3 題)、收集資料 (5 題)、轉化資料 (3 題) 及知識主張 (2 題)，共五個向度。量表採李克氏五點式的評分設計，向度分數越高代表學生在該向度的探究能力越好。量表之內部一致性信度為 0.84，而其五個向度的內部一致性介於 0.67~0.78 之間，具足夠可信度。

肆、研究結果

一、不同教學策略對物聯網學習成效之影響

為評估不同教學策略對學生進行物聯網 STEM 課程學習成效的影響，本研究收集學習者於自編物聯網學習成效測驗的成績，分別就「物聯網知識」與「物聯網應用」兩個向度進行評分。統計結果如表 4-1，實驗組在知識向度平均得分為 2.4 分，應用向度平均得分為 5.3 分，皆高於控制組表現。為釐清兩組於物聯網學習成效的差異，本研究採用單因子多變量變異數分析 (MANOVA)。結果顯

示實驗組在知識向度($F=5.727, p=.019$)及應用向度($F=4.427, p=.038$)的成績皆顯著優於控制組。

表 4-1 物聯網學習成效描述統計

向度	組別	人數	平均數	標準差
知識向度	探究式 STEM 教學	53	2.40	.60
	講述與示範 STEM 教學	53	2.06	.84
應用向度	探究式 STEM 教學	53	5.30	1.65
	講述與示範 STEM 教學	53	4.58	1.85

研究者根據課堂觀察提出造成兩組學習成效差異的可能原因。首先，由於 POE 探究式教學係透過預測、觀察、解釋三個步驟來引導學習者學習，研究者發現實驗組在預測階段的思考及討論能幫助學習者釐清物聯網裝置要解決的問題，故在實作與觀察數據時能更容易理解其中的科學原理與偵測數據所代表的意義。此外，實驗組在解釋實作結果時會與先前的預測進行比較，當發現與預測結果不同時便會產生認知衝突，在透過教師引導與同儕討論的過程中釐清相關概念；反觀控制組缺乏預測與比較的歷程，容易將實作結果是為理所當然而未深入探究。

二、不同教學策略對探究能力的影響

兩組學生於探究能力量表的描述統計結果如表 4-2 所示，可看出使用探究式 STEM 教學的學生在各向度的平均分數皆高於講述與示範 STEM 教學，其中在知識主張向度的平均分數更高於 4 分，顯示具有良好的自我探究成效。本研究進一步以單因子多變量變異數分析 (MANOVA) 比較不同教學策略對學生各向度探究能力的影響，發現實驗組在理解問題($F=4.898, p=.029$)及轉化資料($F=4.046, p=.047$)兩向度的表現顯著優於控制組。研究者推測，因為探究式教學組的學習者花了更多時間在預測問題的答案，而為了進行合理的預測就需要對問題有更深入的理解；此外，經過預測階段後學生較能理解需要觀察的實驗結果為何，這也促進了他們對於資料理解和轉化的信心。

表 4-2 學生探究能力自評量表描述統計

探究能力向度	教學策略分組	個數	平均數	標準差
理解問題	探究式 STEM 教學	53	3.69	.75
	講述與示範 STEM 教學	53	3.35	.83
觀察記錄	探究式 STEM 教學組	53	3.71	.97
	講述與示範 STEM 教學	53	3.53	1.04
收集資料	探究式 STEM 教學組	53	3.28	.76
	講述與示範 STEM 教學	53	2.98	.85
轉化資料	探究式 STEM 教學組	53	3.48	1.03
	講述與示範 STEM 教學	53	3.10	.93
知識主張	探究式 STEM 教學組	53	4.06	.82
	講述與示範 STEM 教學	53	3.75	.97

伍、結論與建議

一、結論

(一) 探究式 STEM 教學策略有助於學習者的物聯網學習成效

本研究結果顯示，探究式 STEM 教學組的物聯網學習成效測驗成績不論在知識或應用向度均顯著高於講述與示範 STEM 教學組。表示將 POE 探究式教學策略融入物聯網 STEM 課程可有效幫助學生學習物聯網的概念及應用。物聯網的應用跟科學關係密切，過去研究也指出探究式教學能幫助科學概念的學習，因此探究式策略融入 STEM 物聯網課程有助於小學生對學習物聯網的知識及應用。

(二) 探究式 STEM 教學策略有助於學習者的科學探究能力

本研究結果顯示，探究式 STEM 教學組的探究能力自評量表在理解問題及轉化資料這兩個向度顯著高於講述與示範 STEM 教學組。表示 POE 探究式教學的預測、觀察與解釋的學習步驟能促進學習者理解問題，幫助學習者解讀與分析資料，更理解數據呈現的內容與意義。

二、建議

(一) 探究式 STEM 教學應融入適當的合作學習策略

本研究受限於實驗器材數量，須要以兩人一組來進行物聯網專案學習，從兩組課後的回饋發現許多學生都提到在合作的過程當中遭遇問題。例如實驗操作時間分配不均，或是組員缺乏適當分工機制。因此，未來規劃物聯網課程時若能融入適當的合作學習策略或可改善此現象，幫助學生有更好的物聯網學習成效表現。

(二) 規劃更充足的教學實驗時間

本研究礙於時間的限制，無法讓學生完成所有物聯網專案製作，例如土壤溼度感測器的專案若能搭配植物種植與自動澆水系統的建置，可作為智慧盆栽讓專案更臻完善，學生也能體會物聯網技術如何解決生活的問題，也更符合 STEM 教學的精神。故建議未來物聯網相關課程設計可以提供更充足的教學時間。

參考文獻

一、中文部分

- 郭靜萍(2015)。以 POE 教學策略對國小六年級學童物質分離概念學習的成效評估。朝陽科技大學應用化學系碩士論文。
- 桑梓清(2020)。以「序列性 POE」設計表面張力的教學活動之行動研究。國立台中教育大學科學教育與應用學系碩士論文。
- 高怡婷(2019)。POE 教學策略結合合作學習模式之數位學習系統對國小學生數學學習成效之影響。國立臺北教育大學數學暨資訊教育學系碩士論文。
- 張仲樸(2020)。運用遊戲化 6E 模式之物聯網實作課對高中生學習態度、學習成效及行為模式影響之研究。臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系碩士論文。
- 黃志雄(2015)。問題導向學習對大學生學習動機與成果影響之研究:以一所私立科大幼保系的課程為例。《兒童照顧與教育》，(5)，55-69。
- 黃廷合(2018)。從現代最新科技（人工智慧，物聯網及大數據）人力需求，談技專校院人才培育問題。《臺灣教育評論月刊》，7（1），272-276。
- 黃詩涵(2020)。結合 POEC 教學策略之數位遊戲式學習模式對國小生學習數學之影響。國立臺北教育大學數學暨資訊教育學系碩士論文。
- 范斯淳、游光昭(2016)。科技教育融入 STEM 課程的核心價值與實踐。《Journal of Research in Education Sciences》，61（2）。
- 陳淑玲、吳月娥(2015)。以科學遊戲融入 POE 教學對學童學習成效影響之研究。《國教新知》，62（2），44-56。
- 楊秀停、王國華(2007)。實施引導式探究教學對於國小學童學習成效之影響。《科學教育學刊》，15(4)，439-459。

二、英文部分

- Abichandani, P., Sivakumar, V., Lobo, D., Iaboni, C., & Shekhar, P. (2022). Internet-of-things curriculum, pedagogy, and assessment for stem education: A review of literature. *IEEE Access*, 10, 38351-38369.
- Al-Emran, M., Malik, S. I., & Al-Kabi, M. N. (2020). A survey of Internet of Things (IoT) in education: Opportunities and challenges. *Toward social internet of things (SIoT): Enabling technologies, architectures and applications: Emerging technologies for connected and smart social objects*, 197-209.
- Jaklič, A. (2020, April). Iot as an introduction to computer science and engineering: A case for nodemcu in stem-c education. In *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 91-95). IEEE.
- National Research Council. (2013). *Next generation science standards: For states, by*

states.

- Peña-López, I. (2005). ITU Internet report 2005: the internet of things.
- Dixon, R. A., & Brown, R. A. (2012). Transfer of Learning: Connecting Concepts during Problem Solving. *Journal of Technology Education*, 24(1), 2-17.
- Da Xu, L., He, W., & Li, S. (2014). Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on industrial informatics*, 10(4), 2233-2243.
- Furqani, D., Feranie, S., & Winarno, N. (2018). The Effect of Predict-Observe-Explain (POE) Strategy on Students' Conceptual Mastery and Critical Thinking in Learning Vibration and Wave. *Journal of science learning*, 2(1), 1-8.
- Latifah, S., Irwandani, I., Saregar, A., Diani, R., Fiani, O., Widayanti, W., & Deta, U. A. (2019, February). How the Predict-Observe-Explain (POE) learning strategy remediates students' misconception on Temperature and Heat materials?. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1171, No. 1, p. 012051). IOP Publishing.
- Petrović, L., Stojanović, D., Mitrović, S., Barać, D., & Bogdanović, Z. (2022). Designing an extended smart classroom: An approach to game-based learning for IoT. *Computer applications in engineering education*, 30(1), 117-132.
- Rosdianto, H., Murdani, E., & Hendra, H. (2017). The implementation of POE (Predict Observe Explain) model to improve student's concept understanding on Newton's law. *Jurnal Pendidikan Fisika Unimed*, 6(1), 55-57.
- Tsai, H. Y., Chung, C. C., & Lou, S. J. (2017). Construction and development of iSTEM learning model. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1), 15-32.
- White, R., & Gunstone, R. (2014). *Probing understanding*. Routledge.
- Young, V. M., House, A., Wang, H., Singleton, C., & Klopfenstein, K. (2011, May). Inclusive STEM schools: Early promise in Texas and unanswered questions. In *Highly Successful Schools or Programs for K-12 STEM Education: A Workshop*. Washington, DC: National Academies. Retrieved May (Vol. 1, p. 2014).