

腦波測量專注力分析在自然科學學習之應用

The Application of Using EEG to Measure Attention on Science Learning

蕭顯勝，陳俊臣，陳政翰，林奕維*

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

*gn02294997@gmail.com

【摘要】 本研究為個案研究，探討在智慧教室的學習環境下，融入 POE 探究式學習策略的自然科學教育數位學習系統，再使用腦波儀觀察學生在不同學習行為時的專注程度。結果發現學生在使用系統學習過程中，學生專注力大部分都在一般的專注力之上。從不同學習行為的專注力量化數據中得知，在理解問題、主動思考和方格遊戲，三種學習行為與其他學習行為專注力相對較高，且達到顯著差異水準。

【關鍵字】 智慧教室；POE 探究式學習策略；腦波儀；學習行為

Abstract: This study used POE inquiry-based learning strategy system in smart classroom, and using EEG observed different learning behavior in the process of learning. The results found that students in the learning process using the system, and most of the students' attention is higher than general attention. That quantitative data from different learning behavior's attention is higher and achieved significant level during understanding the problem, proactive in thinking and Repertory Grid Technique.

Keywords: Smart classroom, POE inquiry-based learning strategy, Electroencephalography, learned behavior

1. 研究背景及目的

二十一世紀是社會快速變遷、知識爆炸的時代，世界各國致力於各項新科技與科學的研究，同時，更積極設法改善基礎的「科學教育」（Lee & Chang, 2005），使學生具備科學素養。透過科學教育，學習者可以理解所處的自然環境，追求更美好的生活與未來（郭重吉，2012）。

目前科學教育課程多以教師教學為主，學生缺乏對知識探究的機會，學習後，仍有學生無法掌握科學理論（Nie & Lau, 2010）。POE（Prediction-Observation-Explanation）探究式學習策略能幫助學生學會應用知識和概念進行預測、觀察及解釋科學現象，教師則是扮演引導的角色，引導學生思考各種科學概念（White & Gunstone, 1992）。採用 POE 探究式學習模式能了解 K-12 學生進行自然科學概念的解釋，幫助學生調整原先的想法，引導學生觀察及思考解釋、形成正確觀念，激發學生學習動機、減低學生迷思概念，有助於學生主動建構並重新組織概念以提升正確性（Chao, 2010; Hsu & Chiang, 2005; Yang, Chiu, & Wang, 2009）。

Hong、Hwang、Liu、Ho 與 Chen（2014）採用 POE 探究式學習模式學習科學知識，在學習過程中，讓學生去查詢知識概念，激發學習動機。蕭顯勝、陳俊臣、卓沛焱（2015）在智慧教室環境中，融入 POE 探究式學習策略的自然科學教育數位學習系統，發現 POE 探究式學習策略能提升自然科學學習成效。智慧教室（Smart Classroom）是根據不同的教學需求，建置各項資訊科技設備，以達到兼具便利、智慧與效能的教室環境，在教室中使用資訊科技設備提升教學品質，促進學習成效，提升學習動機（Schmid, 2008; Torff & Tirota, 2010; Slay, Sieborger, & Hodgkinson-Williams, 2008）。相較傳統教室的單向式授課，智慧教室可以有效促進教師學生之間的互動，透過科技資源即時掌握學習進度，調整課程節奏，使學生得到更合適的教學。

專注力（Attention）是影響學習成效很多關鍵因素，在認知心理學中，專注力與學習的關係是非常密切的，沒有專注就沒有辨識、學習與記憶（鄭昭明，2006）。但學生在課室中專注力狀態之相關實證性研究尚非足夠（林凱胤，2014）。根據《親子天下》在 2008 年所做的

Wu, Y.-T., Chang, M., Li, B., Chan, T.-W., Kong, S. C., Lin, H.-C.-K., Chu, H.-C., Jan, M., Lee, M.-H., Dong, Y., Tse, K. H., Wong, T. L., & Li, P. (Eds.). (2016). *Conference Proceedings of the 20th Global Chinese Conference on Computers in Education 2016*. Hong Kong: The Hong Kong Institute of Education.

專注力調查顯示，超過九成的中小學教師認為學生專注力不足，學生專注力不足的主要原因有「老師上課的方式太枯燥」、「上課內容太難，聽不懂老師講什麼」（林玉雯、黃台珠、劉嘉茹，2010）。而科技帶來的便利性，讓學生使用不同方式進行學習，例如：數位式教材學習。儘管使用自然科學教育的數位學習模式有助於提升學習成效（蕭顯勝等人，2015）。但學習時間長，要確實掌握學生在學習時的專注程度顯得困難，因此，在學習過程中，學生能不能專心於課堂上，是其學習是否成功的因素。假使老師能知道學生在不同學習過程中是否專心，將可以調整教學設計。本研究在學生學習的過程中，使用腦波儀蒐集腦波數據，觀測學生專注程度，瞭解學生的專注力變化狀況。

腦波儀（Electroencephalography）的應用不只侷限在醫學上，已被應用到各領域。教育領域上，如結合眼動與腦波之注意力指標建構 iPad 電子書最佳色彩配置（吳智鴻、劉長儒、曾奕霖和徐日薇，2012）、在教學多媒體動畫中以提示引導學生專注力的變化情形（Boucheix & Lowe, 2010）和在課程中加入投票教學活動學生的專注力變化（Sun, 2014）。

綜上所述，本研究為學生在智慧教室的環境下學習，使用 POE 探究式學習策略（蕭顯勝等人，2015）進行科學學習。從學習過程中蒐集腦波的數據，觀測學生專注程度在不同學習行為下，學生專注程度的變化情形。

2. 研究設計

2.1. 研究架構

本研究探討學生在智慧教室的學習環境下，使用 POE 探究式學習策略進行自然科學學習，對於不同學習行為的專注程度。研究架構如圖 1 所示。

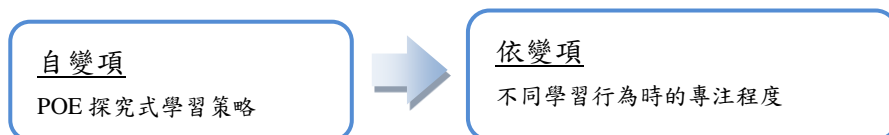


圖 1 研究架構圖

2.2. 實驗設計

本研究觀察 1 位國小四年級學生，以四年級下學期自然與生活科技單元一「時間的測量」為教材，進行三週，每週 40 分鐘的教學實驗。學生使用 POE 探究式學習策略進行自然科學學習時，學習過程中使用腦波儀分析觀察並紀錄學生專注力的變化情形。

2.3. 研究工具

2.3.1. 腦波儀介紹

本研究採用 NeuroSky 公司的腦波測量工具，如圖 2，是一種非侵入性的腦波測量儀器，用於檢測神經元電觸發活動，有著耳機的外型。使用感應器接觸在皮膚上：耳朵的耳垂和前額，前額是個方便放置感應器的位置，額葉皮層也是有高度的認知訊號和意識的發源地（Peters, Asteriadis, & Rebolledo-Mendez, 2009）。



圖 2 NeuroSky 耳機式腦波儀（NeuroSky, 2012）及學生使用情形

2.3.2. 資料蒐集方式

本研究中所提到的專注力數值是來自 NeuroSky 公司利用數據化參數方式所研發的 eSense 專利演算法，將生理訊號轉換成有用的邏輯指令。其中關於專注力參數，則代表受測者精神的集中度或注意度水平程度。

NeuroSky 以 0-100 的具體數值來表示受測者的專注程度。數值在 40-60 之間表示為正常水平，數值在 60-80 之間表示參數略高於正常的水平，數值在 80-100 之間為高於水平，代表處於非常專注的狀態。同理，如果數值在 20-40 之間則表示參數處於較低值區，數值在 0-20 則意味著處於低值區，與前述的區域的精神狀態相反，代表著不同程度的緊張、心煩、不安等精神狀態 (NeuroSky, 2012)。

陳志銘、陳冠雯、陳志修 (2015) 使用腦波探討閱讀專注力的研究中，在 95% 信賴區間中，紙本閱讀的專注力數值約在 34-60 之間；吳智鴻、劉長儒、曾奕霖、徐日薇 (2012) 使用腦波研究 iPad 電子書不同背景與文字之色彩組合對讀者學習注意力的影響，結果發現專注力在 51-62 之間；Sun (2014) 在課程中加入投票教學活動學生的專注力變化，結果發現學生專注力在 38-62 之間。綜合以上的研究皆是採用 NeuroSky 耳機腦波儀，NeuroSky 的參數值說明 40-60 之間數值是處於中間範圍，屬於一般平常人的專注程度，本研究選擇以 40 為專注力標準，40 以上的數值代表好的專注力。

2.4. POE 學習模式

2.4.1. POE 學習模式的比較

本研究使用蕭顯勝等人 (2015) 在智慧教室的學習環境下，融入 POE 探究式學習策略的自然科學教育數位學習系統。本研究所選擇的 POE 學習模式優點為：

(1) 一般的 POE 模式僅進行一次教學。而本研究選擇採用連續 POE 探究模式，學生能在過程中循序漸進的探究問題、釐清觀念與原因，不只是短期記憶，更能進一步地轉化為理解後的知識內容。

(2) 使用自然科學學習系統，老師在教學過程中，不再進行全班性的講述式教學，而是可以透過平台扮演鷹架的角色，追蹤學生的學習狀況，依學生個別狀況提供協助，隨著學生的能力提升老師可以逐漸拆除鷹架。

(3) 使用協同學習策略及凱利方格技術輔助學生學習，從教師教學轉變成學生自主學習，藉由討論與分享進行腦力激盪、幫助學生整合知識，提升學習成效。

2.4.2. POE 學習模式的學習行為

蕭顯勝等人 (2015) 在智慧教室的學習環境下，融入 POE 探究式學習策略中，將教材內容設計分為五個階段，總共有九種學習行為，如圖 3 所示，並說明如下：



圖 3 POE 學習模式學習行為示意圖

(1) 問題理解：提供科學問題。學生必須理解問題，進行科學思考，並思考答案。

(2) 主動思考：引導學生思考方向。學生必須從這些方向開始進行知識的探究，尋找答案。

(3) 網站查詢：提供工具尋找答案。本階段教材提供網站、影片、多媒體動畫等各種工具，學生必須對這些學習資源進行觀察與探索，尋找出正確答案。

(4) 案例說明：提供類似參考案例。本階段提供實際的例子作為說明，將理論與實務結合，

Wu, Y.-T., Chang, M., Li, B., Chan, T.-W., Kong, S. C., Lin, H.-C.-K., Chu, H.-C., Jan, M., Lee, M.-H., Dong, Y., Tse, K. H., Wong, T. L., & Li, P. (Eds.). (2016). *Conference Proceedings of the 20th Global Chinese Conference on Computers in Education 2016*. Hong Kong: The Hong Kong Institute of Education.

學生必須在實際的案例及理論中進行探索，尋找出正確答案。

(5) 強化說明：統整前面各階段所提供的問題、思考方向、工具、案例等，來進行整合性說明，使學生能加深知識的吸收。

(6) 方格遊戲：提供學生藉由方格遊戲的關聯性來幫助知識整合。提取概念元素及構念來形成方格，若關聯性越強則選取最靠左右兩側的數字 1 或 5；若關聯性稍弱，則選取數字 2 或 4，中立則選 3。

(7) 小組討論：同學間可以藉由平台對教材內容進行分享討論，彼此交換意見，表達自己的想法，以完成學習任務。

(8) 回答問題：提供學生題目，檢測學生的學習成效。各階段的題目皆一樣，若前一階段回答正確的題目，則在下一階段不需再回答，只需作答上一階段答錯的題目。

(9) 答案講解：在經歷五階段的學習後，提供學生回答問題的正確答案，讓學生在學習後能自我檢討自己不懂的內容，增強理論及科學概念。

2.5. 學習系統與環境

本研究在智慧教室的學習環境中，教師使用電腦及電子白板進行教材展示及教學活動，手持平板電腦監控學生的學習狀況並適時提供協助。學生透過個人平板電腦使用學習平台進行探究式學習活動，依序的進行五階段學習，包含九種學習行為，學習系統及智慧教室環境示意如圖 4 所示。

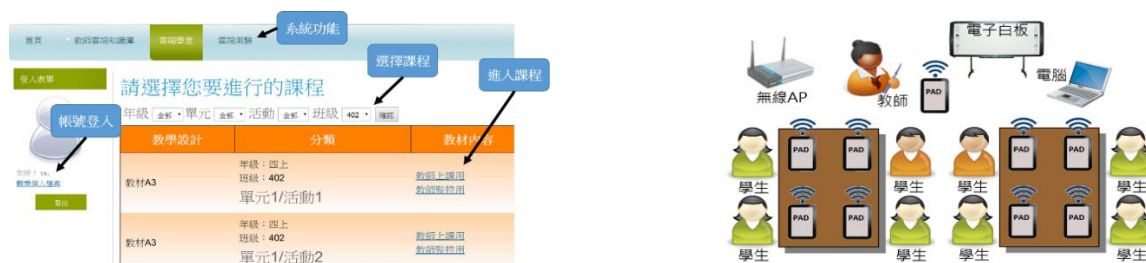


圖 4 系統頁面及智慧教室環境示意圖（蕭顯勝、陳俊臣和卓沛炘，2015）

3. 研究結果

3.1. 專注力之時間軸紀錄及敘述統計資料

本研究使用自然科學教育數位學習系統進行課程，學生配戴腦波儀記錄不同學習行為的專注力，腦波儀每秒紀錄一筆腦波專注力，以四年級下學期康軒版自然與生活科技單元一「時間的測量」為教材，進行三週，每週 40 分鐘的教學實驗，九種不同學習行為的紀錄，如圖 5 所示，敘述統計資料如表 1 所示。

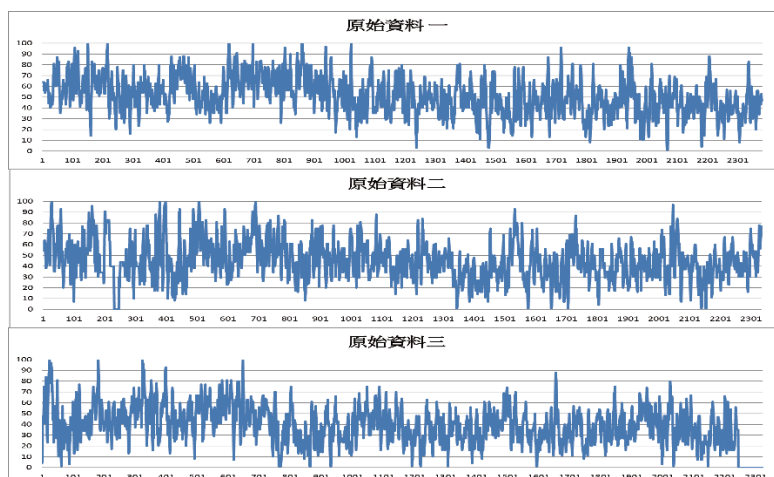


圖 5 專注力腦波圖

表 1 描述性統計

行為	N	平均數	最小值	最大值	標準差
(1) 理解問題	764	51.55	4.0	100.0	18.45
(2) 主動思考	77	57.02	23.0	100.0	19.51
(3) 網站查詢	202	46.25	3.0	87.0	13.81
(4) 案例說明	67	51.10	26.0	87.0	13.95
(5) 強化說明	56	34.21	1.0	60.0	13.02
(6) 方格遊戲	446	52.11	1.0	100.0	17.52
(7) 小組討論	1415	39.47	1.0	93.0	15.27
(8) 回答問題	3055	46.97	1.0	100.0	18.20
(9) 答案講解	405	40.07	1.0	80.0	13.89
總計	6487	45.83	1.0	100.0	17.74

3.2. 單一樣本 t 檢定

本研究選擇以 40 為專注力標準，將此九種行為與專注力 40 進行單一樣本 t 考驗，如表 2 所示，結果發現如下：

(1) 理解問題、主動思考、網站查詢、案例說明、方格遊戲、回答問題，六個學習行為的專注力與 40 比較達顯著差異 ($p < 0.001$)，發現學生在這六個學習行為時，學生的專注力較高。

(2) 強化說明的專注力與 40 比較達顯著差異 ($p < 0.01$)，發現學生在強化說明的學習行為時，學生的專注力較低。

(3) 小組討論及答案講解的專注力與 40 比較，未達顯著差異。

表 2 單一樣本 t 檢定

行為	N	平均數	標準差	檢定值	差異值	t 值	顯著性
(1) 理解問題	764	51.55	18.45	40	11.55	17.30***	< 0.001
(2) 主動思考	77	57.02	19.51	40	17.03	7.658***	< 0.001
(3) 網站查詢	202	46.25	13.81	40	6.25	6.430***	< 0.001
(4) 案例說明	67	51.10	13.95	40	11.10	6.514***	< 0.001
(5) 強化說明	56	34.21	13.02	40	-5.79	-3.324**	.002
(6) 方格遊戲	446	52.11	17.52	40	12.11	14.603***	< 0.001
(7) 小組討論	1415	39.47	15.27	40	-.53	-1.315	.189
(8) 回答問題	3055	46.97	18.20	40	6.97	21.169***	< 0.001
(9) 答案講解	405	40.07	13.89	40	.067	.097	.923

*. $p < 0.05$ **. $p < 0.01$ ***. $p < 0.001$

3.3. 單因子變異數分析

從單一樣本 t 檢定的結果，選取和專注力 40 有達顯著的前三高學習行為與其他學習行為之間作分析，則選取「理解問題」、「主動思考」與「方格遊戲」如表 3 所示（只有列出顯著資訊），結果發現如下：

(1) 理解問題的平均專注度比網站查詢、強化說明、小組討論、回答問題和答案詳解的平均專注度高 ($p < 0.001$)，達顯著差異。

(2) 主動思考的平均專注度比網站查詢和回答問題的專注度高 ($p < 0.01$)；也比強化說明、小組討論和答案詳解的專注度高 ($p < 0.001$)，達顯著差異。

(3) 方格遊戲的平均專注度比網站查詢、強化說明、小組討論、回答問題和答案詳解的專

注度高 ($p < 0.001$)，達顯著差異。

表 3 單因子變異數分析

(I) 學習行為	(J) 學習行為	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性
(1) 理解問題	(3) 網站查詢	5.30 ^{***}	1.18	<0.001
	(5) 強化說明	17.34 ^{***}	1.86	<0.001
	(7) 小組討論	12.08 ^{***}	.78	<0.001
	(8) 回答問題	4.58 ^{***}	.74	<0.001
	(9) 答案講解	11.48 ^{***}	.96	<0.001
(2) 主動思考	(3) 網站查詢	10.78 ^{**}	2.43	.001
	(5) 強化說明	22.81 ^{***}	2.82	<0.001
	(7) 小組討論	17.56 ^{***}	2.26	<0.001
	(8) 回答問題	10.06 ^{**}	2.25	.001
	(9) 答案講解	16.96 ^{***}	2.33	<0.001
(6) 方格遊戲	(3) 網站查詢	5.87 ^{***}	1.28	<0.001
	(5) 強化說明	17.90 ^{***}	1.93	<0.001
	(7) 小組討論	12.64 ^{***}	.92	<0.001
	(8) 回答問題	5.14 ^{***}	.89	<0.001
	(9) 答案講解	12.05 ^{***}	1.08	<0.001

*. $p < 0.05$ **. $p < 0.01$ ***. $p < 0.001$

4. 結論與建議

本研究為個案研究，在學習行為上可能會因為學生個人的差異，在專注程度上有所不同。讓學生在智慧教室的學習環境下，使用 POE 探究式學習策略進行自然科學學習，分析不同學習行為的專注力。學生在學習過程中，專注力大多高於 40，高於一般水準。此外從不同學習行為的數據中得知，「理解問題」、「主動思考」和「方格遊戲」此三個學習行為下，學生的專注力較高，其結論如下：

(1) 在理解問題的學習行為時，教師提出科學問題，學生必須理解問題，進行科學思考，學生在學習時的專注力是相對高的。

(2) 在主動思考的學習行為時，引導學生思考方向，學生必須從這些方向開始進行問題的探究並使用網路搜尋相關資料，尋找出正確答案，使學生學習時的專注力是相對高的。

(3) 在方格遊戲的學習行為時，提供學生藉由遊戲的方式判斷問題的正確性，藉此降低學生的迷思概念，幫助學生進行知識整合，學生學習時的專注力是相對高的。

在教學方式上，建議教師在自然科學的教學上可以選擇使用「理解問題」、「主動思考」和「方格遊戲」的教學方式，有顯助於學生專注在課程學習。除了上述三個學習行為，在「網站查詢」、「案例說明」和「回答問題」也皆有顯助於學生專注在課程學習。儘管「回答問題」佔學習的時間最長，學生在專注程度上仍有一般以上的水準，建議教師在設計回答問題時，可以採用多次的方式重複進行，若前一階段回答正確的題目，則在下一階段不用再作答，只需作答上一階段答錯的題目，學生能更專注地回答問題，學生也能更加釐清問題的迷思。

致謝

This research is partially supported by the “Aim for the Top University Project” and “Center of

Wu, Y.-T., Chang, M., Li, B., Chan, T.-W., Kong, S. C., Lin, H.-C.-K., Chu, H.-C., Jan, M., Lee, M.-H., Dong, Y., Tse, K. H., Wong, T. L., & Li, P. (Eds.). (2016). *Conference Proceedings of the 20th Global Chinese Conference on Computers in Education 2016*. Hong Kong: The Hong Kong Institute of Education.

Learning Technology for Chinese” of National Taiwan Normal University (NTNU), sponsored by the Ministry of Education, Taiwan, R.O.C. and the “International Research-Intensive Center of Excellence Program” of NTNU and Ministry of Science and Technology, Taiwan, R.O.C. under Grant no. MOST103-2511-S-003-051-MY3, 103-2511-S-003-064-MY3, 104-2511-S-003-041-MY3, 104-2622-S-003-001-, 105-2811-S-003-003.

參考文獻

- 吳智鴻、劉長儒、曾奕霖、徐日薇。(2012)。結合眼動與腦波之注意力指標建構 iPad 電子書最佳色彩配置。《聯大學報》，9(1)，199-215。
- 林玉雯、黃台珠、劉嘉茹(2010)。課室學習專注力之研究-量表發展與分析應用。《科學教育學刊》，18(2)，107-129。
- 林凱胤。(2014)。即時回饋機制對學生學習專注力影響之研究。《科學教育學刊》，22(1)，87-107。
- 郭重吉(2012)。科學教育研究的進展、困境與挑戰。《物理教育學刊》，13(1)，1-10。
- 陳志銘、陳冠雯、陳志修(2015)點讀筆支援紙本繪本閱讀提升兒童閱讀動機、情緒、注意力與理解成效之探討。《圖書館學與資訊科學》，41(1)，38-56。
- 劉貞勇、邱文信。(2012)。腦部造影技術在運動領域之應用。《中華體育季刊》，26(1)，73-80。
- 鄭昭明(2006)。《認知心理學》。臺北市：桂冠圖書公司。
- 蕭顯勝、陳俊臣、卓沛焯(2015)。在智慧教室環境中利用 POE 探究式學習策略、凱利方格技術、協同學習模式協助學生提升自然科學學習成效。《第六屆全球華人探究學習創新應用大會(GCCIL 2015)》，中國，無錫。
- NeuroSky(2012)。《腦立方移動版用戶手冊》。取自
http://download.neurosky.com/support_page_files/MindWaveMobile/docs/%E8%85%A6%E7%AB%8B%E6%96%B9%E7%A7%BB%E5%8B%95%E7%89%88%E7%94%A8%E6%88%B6%E6%89%8B%E5%86%8A.pdf
- Boucheix, J.-M., & Lowe, R. K. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning from complex animations. *Learning and Instruction*, 20, 123-135.
- Chao, Y. C. (2010). Using PODE Teaching Model on Gifted Science Curriculum Design. *Gifted Education*, 117, 25-32.
- Hong, J. C., Hwang, M. Y., Liu, M. C., Ho, H. Y., & Chen, Y. L. (2014). Using a “prediction–observation–explanation” inquiry model to enhance student interest and intention to continue science learning predicted by their Internet cognitive failure. *Computers & Education*, 72, 110-120.
- Hsu, L. R. & Chiang, Y. T. (2005). Using the POE Strategy to Explore Students’ Alternative Conceptions of Combustibility. *Research and Development in Science Education Quarterly*, 38, 17-30.
- Lee, W. C. & Chang, C. Y. (2005). Taiwan’s Secondary School Teachers’ Expectations with Regard to the Earth Science Literacy of their Students. *Journal of Taiwan Normal University: Mathematics & Science Education*, 50(2), 1-27.
- Nie, Y., & Lau, S. (2010). Differential relations of constructivist and didactic instruction to students' cognition, motivation, and achievement. *Learning and Instruction*, 20(5), 411-423.

- Wu, Y.-T., Chang, M., Li, B., Chan, T.-W., Kong, S. C., Lin, H.-C.-K., Chu, H.-C., Jan, M., Lee, M.-H., Dong, Y., Tse, K. H., Wong, T. L., & Li, P. (Eds.). (2016). *Conference Proceedings of the 20th Global Chinese Conference on Computers in Education 2016*. Hong Kong: The Hong Kong Institute of Education.
- Peters, C., Asteriadis, S., & Rebolledo-Mendez, G. (2009, May). Modelling user attention for *human-agent interaction*. In *Image Analysis for Multimedia Interactive Services, 2009. WIAMIS'09. 10th Workshop on* (pp. 266-269). IEEE.
- Schmid, E. C. (2008). Potential pedagogical benefits and drawbacks of multimedia use in the English language classroom equipped with interactive whiteboard technology. *Computers & Education, 51*, 1553-1568.
- Slay, H., Sieborger, I., & Hodgkinson-Williams, C. (2008). Interactive whiteboards: Real beauty or just lipstick? *Computers & Education, 51*, 1321-1341.
- Sun, J. C. Y. (2014). Influence of polling technologies on student engagement: An analysis of student motivation, academic performance, and brainwave data. *Computers & Education, 72*, 80-89.
- Torff, B. & Tirota, R. (2010). Interactive whiteboards produce small gains in elementary students' self-reported motivation in mathematics. *Computer & Education, 54*(2), 379-383.
- White, R. T. & Gunstone, R. F. (1992). *Probing Understanding*. London: Falmer Press.
- Yang, K. T., Chiu, M. H., & Wang, T. H. (2009). A Study of the Effectiveness of Implementing Digital Video Clips Supported POE Teaching Strategy in Improving Elementary School High-Grade Students' Alternative Conceptions about the Classification of Vertebrates. *Chinese Journal of Science Education, 17*, 387-407.