

虛擬實境在國小科學學習中對注意力與認知負荷影響的腦波分析

吳珮瑄¹、黃琴屏²、王姿陵^{1*}

¹ 國立清華大學數理教育研究所、² 國立高雄師範大學科學教育暨環境教育研究所

E-Mail: *tzuling.wang906@gmail.com

一、前言

在國小「物質受熱變化」單元中「熱脹冷縮」是重要的科學概念，但此概念較為抽象，學生容易產生迷思概念，尤其傳統教學難以改變學生的迷思概念。過去研究結果顯示虛擬實境(Virtual Reality, VR)可提升學生的學習成就，降低認知負荷。例如：Lee 與 Wong (2014)應用 VR 學習青蛙結構，提升國中學生的學習成就，降低認知負荷。Liu et al. (2022)使用沈浸式 VR 學習天氣形成、人體呼吸系統和人體消化系統，提升國小四年級學生的學習成就，降低認知負荷。Tarng et al. (2022)使用 VR 學習狹義相對論，提升大學生學習成就，降低認知負荷。Tarng 和 Pei (2023)使用 VR 學習量子力學，提升高中生的學習成就，降低認知負荷。這些研究都使用量表評量 VR 應用在科學學習時學生的認知負荷，然而 Baceviciute et al. (2021)指出這種自我報告量表無法真實反映學習過程中的即時認知活動。隨著科技進步，已有研究使用生理訊號如腦波(Electroencephalography, EEG)測量認知過程中即時的注意力與認知負荷。例如：Baceviciute et al.使用 VR 進行肉瘤癌症文本閱讀，提高大學生注意力，產生較高認知負荷。Parong 與 Mayer (2021)使用沈浸式 VR 學習人體血液循環，降低 18-38 歲學生的注意力，產生較高認知負荷。Brunken et al. (2003)指出可以由兩個向度來檢測認知負荷：(1)主觀或客觀、(2)直接或間接。評量屬於主觀、間接的評量方法，而 EEG 屬於直接、客觀的測量方法。總之，應用 VR 在科學教育的研究顯示使用量表和 EEG 檢測認知負荷的研究結果呈現出不同趨勢。另外，截至目前，沒有研究使用量表檢測注意力，僅有少數研究使用 EEG 檢測注意力，但研究結果顯示出不一致的模式。尤其，過去使用 EEG 探討注意力和認知負荷的研究對象多為大學生或成年人，少有國小學生。因此，本研究的目的在使用 EEG 探討應用 VR 學習物質受熱變化，對國小學生注意力與認知負荷的影響。

二、教材

本研究的教材內容為國小康軒版自然科學五下「熱的作用與傳播」單元中的活動一「溫度改變對物質的體積有何影響」，包含兩個科學實驗：實驗一「溫度改變時氣體體積的變化」，學習目標為了解氣體的熱脹冷縮現象；實驗二「溫度改變時液體體積的變化」，學習目標為了解液體的熱脹冷縮現象。實驗組採虛擬實驗教學，對照組採動手做實驗教學，二組使用的教學材料如下：

(一) 動手做實驗

操作真實實驗器材（如錐形瓶、氣球、玻璃管、燒杯等）進行氣體熱脹冷縮實驗、液體熱脹冷縮實驗，觀察實驗中的熱脹冷縮變化（如圖 1）。

（二）虛擬實驗

使用平板操作物質受熱變化虛擬實驗室中的虛擬器材進行氣體熱脹冷縮實驗、液體熱脹冷縮實驗，觀察實驗中的熱脹冷縮變化（如圖 2）。



圖 1 動手做實驗：操作真實實驗器材

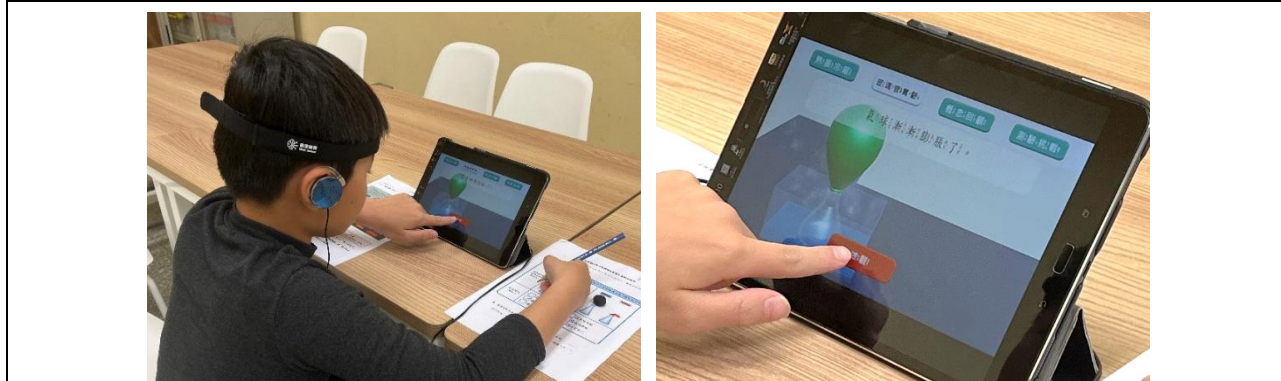
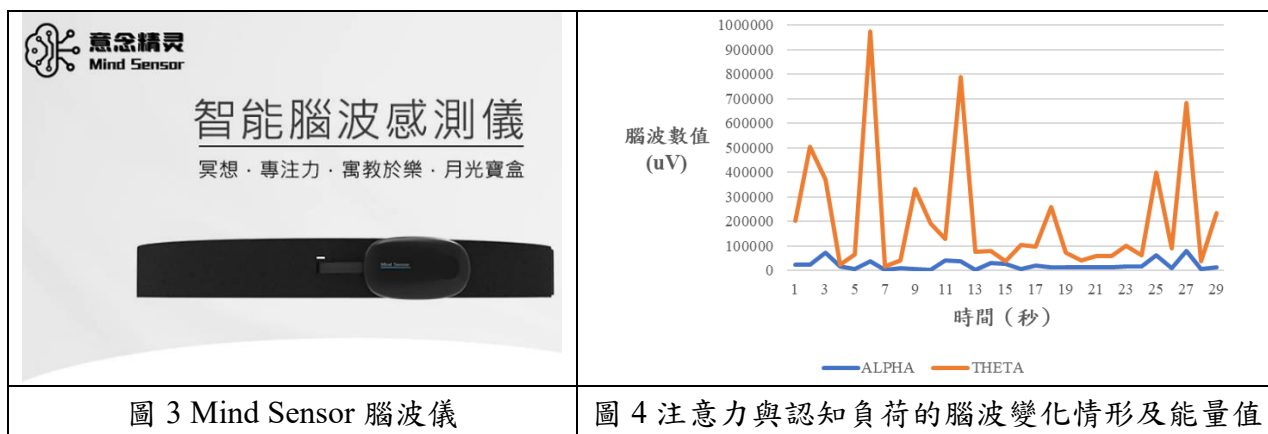


圖 2 虛擬實驗：使用平板操作虛擬實驗

三、研究工具

本研究採用 Mind Sensor 腦波儀（來源：勝宏精密科技股份有限公司 <https://reurl.cc/QRW6db>）進行腦波測量，透過接觸前額頭的乾式單電極感應器（如圖 3），以測量研究對象的前額葉在注意力與認知負荷的腦波變化情形及能量值（如圖 4）。



四、研究結果、討論與建議

(一) 使用 EEG 探討虛擬實驗對注意力的影響

在「氣體的熱脹冷縮」主題中，虛擬實驗與動手做實驗在提升注意力沒有顯著差異，可能的解釋為氣體體積變化速度較快，任何一種實驗方式都可快速吸引學生的注意力，導致實驗效果相似。然而，在「液體的熱脹冷縮」主題中，虛擬實驗比動手做實驗更能提升學生注意力，可能是液體體積變化較慢，虛擬實驗能快速呈現變化過程與結果，可快速吸引學生的注意力，導致虛擬實驗在提升注意力有較好的效果。綜合上述研究結果，教材內容的特性似乎會影響虛擬實驗對注意力的效果。建議未來可以有更多研究使用 EEG 探討 VR 應用在不同特性的教材主題例如力與運動、細胞分裂對學生注意力的影響。

(二) 使用 EEG 探討虛擬實驗對認知負荷的影響

在「氣體的熱脹冷縮」主題中，虛擬實驗和動手做實驗對於降低認知負荷的效果沒有顯著差異，推測是因為氣體體積變化明顯，且操作步驟簡單，兩種實驗方式都有助於降低認知負荷。而在「液體的熱脹冷縮」主題中，虛擬實驗比動手做實驗更能降低認知負荷，推測是虛擬實驗可清楚呈現液體變化的微觀過程，也可將複雜的實驗步驟簡化，有助複雜抽象概念的學習。建議未來針對其他複雜抽象概念（如電與磁、聲音的傳播）開發 VR 學習系統，並使用 EEG 探討 VR 應用在這些複雜抽象概念教學對認知負荷的影響。值得注意的是，本研究使用 EEG 探討 VR 應用在熱脹冷縮教學對認知負荷的影響，發現在不同主題的研究結果不同，此研究發現與過往使用量表（都降低認知負荷）或 EEG（都產生較高認知負荷）的研究發現都顯示出不一致的模式。建議未來可以有更多研究使用 EEG 探討 VR 應用在不同科學主題對學生認知負荷的影響。

參考文獻

- Baceviciute, S., Terkildsen, T., & Makransky, G. (2021). Remediating learning from non-immersive to immersive media: Using EEG to investigate the effects of environmental embeddedness on reading in virtual reality. *Computers & Education*, 164, 104122.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104122>

- Brunken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 53-61.
https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_7
- Lee, E. A. L., & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, 79, 49-58.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010>
- Liu, R. X., Wang, L., Koszalka, T. A., & Wan, K. (2022). Effects of immersive virtual reality classrooms on students' academic achievement, motivation and cognitive load in science lessons. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(5), 1422-1433. <https://doi.org/10.1111/jcal.12688>
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2021). Cognitive and affective processes for learning science in immersive virtual reality. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(1), 226-241.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jcal.12482>
- Tarng, W., & Pei, M. C. (2023). Application of virtual reality in learning quantum mechanics. *Applied Sciences*, 13(19), 10618. <https://doi.org/10.3390/app131910618>
- Tarng, W., Liao, Y. C., & Ou, K. L. (2022). Application of virtual reality in learning the concepts of special relativity and mass-energy equivalence. *Universe*, 8(12), 618.
<https://doi.org/10.3390/universe8120618>