

虛擬實境應用於量子力學教學模組之開發與研究

唐文華

國立清華大學學習科學與科技研究所

Email: whtang@mx.nthu.edu.tw

一、研究目的

量子力學是描述微觀物質行為的物理學理論。根據量子力學理論，微觀粒子有時會顯示出波動性，有時又會顯示出粒子性，這種在不同條件下分別表現出波動或粒子的性質稱為波粒二象性。許多學生對於微觀粒子兼具波動性與粒子性感到難以理解，主要跟他們看世界的尺度有關，因為量子力學談論的東西太小，而微觀尺度下的粒子現象卻又很難在日常生活中進行量測與驗證。本研究以虛擬實境技術開發量子力學的教學模組，讓學習者可以在虛擬世界中看見電子、光子的粒子與波動現象，並藉由高層次互動操作以了解其位置與動量的不確定性。本研究透過教學實驗來探討虛擬教學模組的學習成效和學習者的系統滿意度以作為教學改進的依據，並在實驗完成後透過推廣活動來達到科普化的目標。

二、虛擬教學模組規劃與設計

本研究開發的虛擬教學模組結合了虛擬實境和量子力學的知識內容，讓學習者透過虛擬實驗的操作以了解量子理論，並將電子、光子的粒子與波動現象融入觀察活動中，以提升學習興趣和增進對量子力學的認識。本研究針對課程內容進行分析，再根據教學目標進行教學模組的規劃與設計(圖 1~5)。研究者參考高中「量子現象」和大學物理「量子力學」教材進行 3D 建模，設計完成後再完成貼圖並設定光源以增加真實感。本研究以微軟公司視窗作業系統 Windows10 與 Unity Technologies 公司的 Unity 3D Game Engine 應用程式做為開發工具，使用 Adobe Photoshop 繪製虛擬物件與場景所需的貼圖，3D 物件模型則以 Autodesk 3D Studio Max 建置，再利用 C# 撰寫程式語言來設計虛擬實驗操作和使用者介面。

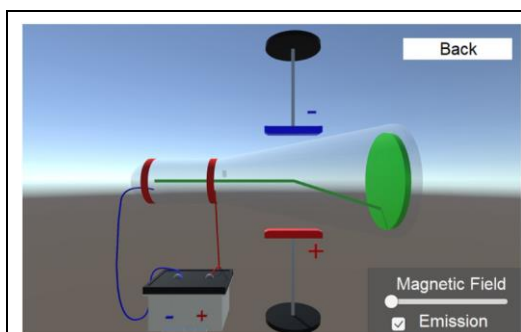


圖 1. 虛擬陰極射線管實驗

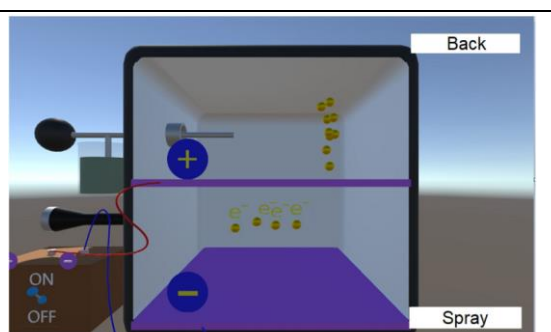
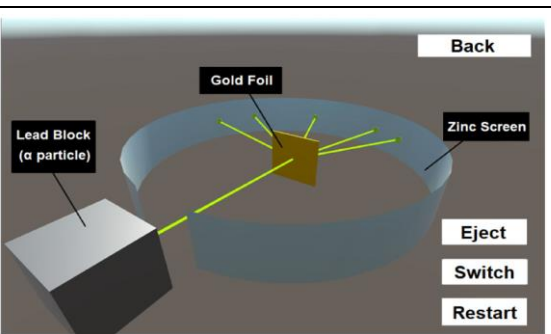
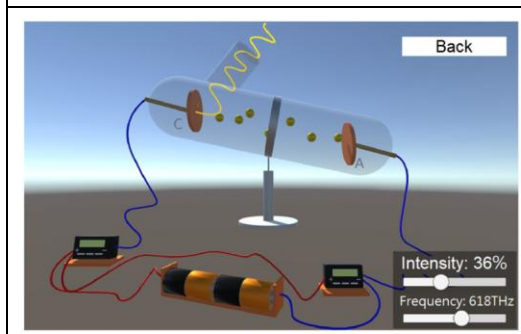
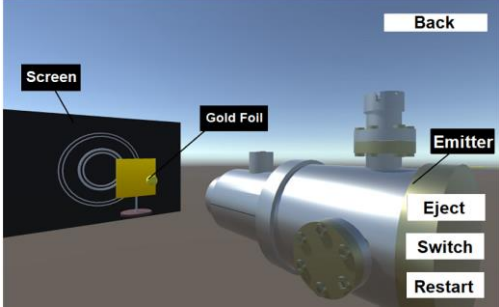



圖 2. 虛擬密立坎油滴實驗



<p>圖 3. 虛擬光電效應實驗</p> 	<p>圖 4. 虛擬拉塞福散射實驗</p> 
<p>圖 5. 虛擬湯姆森電子繞射實驗</p>	<p>圖 6. 以虛擬教學模組進行實驗</p>

三、教學實驗

本研究在系統開發完成後進行教學實驗(圖 6)，以桃園地區某高中的兩個班學生為樣本(每班人數 30 人)，隨機選取一個班為實驗組(使用虛擬教學模組)，另一班為對照組(使用投影片教材)。本研究採用「不等組前、後測」的準實驗設計，自變項為不同的教學方式，依變項為量子力學的學習成效，共變項為量子力學的學前能力，控制變項有教學者、教學時間和教學內容。本研究使用的工具包含：量子力學虛擬教學模組、學習成就測驗、系統滿意度調查表，實驗目的在於分析使用不同教學方式對於量子力學的學習成效是否有顯著差異，並藉由問卷調查了解學生對於使用虛擬教材的看法，以作為後續改進的依據。

四、實驗結果

本研究採用單因子共變數分析(One-way ANCOVA)，探討使用虛擬教學模組和投影片教材對量子力學的學習成就之影響。在進行共變數分析之前，研究者先檢定變異數分析的基本假設，檢定結果必須符合以下假設：常態性假設、變異數的同質性、線性關係以及組內迴歸係數同質性，接著進行單因子共變數分析。從分析結果可以發現，實驗組和對照組的學習成效達顯著差異($F=32.94$, $p=.048<.05$)，實驗組使用虛擬教學模組的學習成效，顯著優於對照組的傳統教學模式。系統滿意度問卷的評估項目分為：「學習內容」、「介面設計」、「系統操作」等三部份。問卷調查結果顯示整體系統滿意度平均數為 4.39 分，標準差為 0.43，說明使用者對於「量子力學虛擬教學模式」大多抱持正向態度。在各個向度中，「學習內容」的平均數為 4.35，「介面設計」的平均數為 4.20，「系統操作」的平均數為 4.50，顯示虛擬教學模組的滿意度高，而且大多數使用者都表示虛擬教學模組比傳統學習方法更有趣。上述研究結果可用來改善學習內容和教學設計，使學習者更加了解量子力學的物理內涵與生活應用。

本研究使用虛擬實境技術將抽象的量子力學理論與概念具體化、視覺化及趣味化，可提供虛擬互動操作環境，對於量子力學的理解有很大幫助。學習者可以藉由多元、互補的角度來進行觀察以加深學習印象，因此可創造出更直覺、更真實的體驗，並對微觀物質的粒子與波動現象有更清楚認識。量子力學虛擬教學模組具有教育性和趣味性，而且建置和維護成本低，因此很適合作為高中和大學物理課程的輔助教學工具，讓學習者具備對量子理論的基本理解與素養，進而樂意主動學習現代物理的新觀念。

相關連結

有關虛擬量子力學教學模組的介紹影片請參閱：

<https://esep.colife.org.tw/materials/5663/video/90ce2be4-423f-11ee-ab77-0cc47a88d43b.mp4>