

國 立 中 央 大 學

網 路 學 習 科 技 研 究 所
碩 士 論 文

數 位 教 育 遊 戲 之 開 發 與 評 估：
以 「 M r . 道 耳 頓 的 奇 幻 歷 險 」
為 例

The development and evaluation of a digital science educational
game for learning chemical reactions

研 究 生：陳若涵

指 導 教 授：吳 穎 油 博 士

中 華 民 國 一〇三 年 一 月



國立中央大學圖書館 碩博士論文電子檔授權書

(101年9月最新修正版)

本授權書授權本人撰寫之碩/博士學位論文全文電子檔(不包含紙本、詳備註1說明)，在「國立中央大學圖書館博碩士論文系統」。(以下請擇一勾選)

- 同意** (立即開放)
 同意 (請於西元 2019 年 1 月 18 日開放)
 不同意，原因是：_____

在國家圖書館「臺灣博碩士論文知識加值系統」

- 同意** (立即開放)
 同意 (請於西元 2019 年 1 月 18 日開放)
 不同意，原因是：_____

以非專屬、無償授權國立中央大學、台灣聯合大學系統圖書館與國家圖書館，基於推動「資源共享、互惠合作」之理念，於回饋社會與學術研究之目的，得不限地域、時間與次數，以紙本、微縮、光碟及其它各種方法將上列論文收錄、重製、與利用，並得將數位化之上列論文與論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

研究生簽名: 陳若涵 學號: 100524017

論文名稱: 數位教育遊戲之開發與評估：以「Mr.道耳頓的奇幻歷險」為例

指導教授姓名: 吳穎沺

系所 : 網路學習科技研究 所 博士班 碩士班

備註 :

1. 本授權書之授權範圍僅限電子檔，紙本論文部分依著作權法第 15 條第 3 款之規定，採推定原則即預設同意圖書館得公開上架閱覽，如您有申請專利或投稿等考量，不同意紙本上架陳列，須另行加填聲明書，詳細說明與紙本聲明書請至 <http://thesis.lib.ncu.edu.tw/> 下載。
2. 本授權書請填寫並親筆簽名後，裝訂於各紙本論文封面後之次頁（全文電子檔內之授權書簽名，可用電腦打字代替）。
3. 請加印一份單張之授權書，填寫並親筆簽名後，於辦理離校時交圖書館（以統一代轉寄給國家圖書館）。
4. 讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印上列論文，應遵守著作權法規定。

國立中央大學博碩士紙本論文延後公開/下架申請書

本論文為本人（即著作權人）陳若涵於本校

網路學習科技研究所 系所 102 學年度第 1 學期

取得 碩士 博士學位之論文

論文題目：數位教育遊戲之開發與評估：以「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」為例

指導教授：吳穎沺

因以下原因（請勾選，並填寫相關資料）

本人以上列論文向經濟部智慧財產局申請專利

（專利申請案號： ）

本人準備以上列論文申請專利

其他（請敘明原因及公開日期）

原因：後續相關研究進行中

請於 108 年 1 月 18 日後再將上列論文公開閱覽

【依教育部 97 年 7 月 23 日台高通字第 0970140061 號函文），若延後公開需訂定合理期限（不超過 5 年）】

研究生：陳若涵（親筆簽名）

指導老師：吳穎沺（親筆簽名）

說明：有論文延後公開原因及需求者，請於提送論文時，檢附本申請書（裝訂

於論文電子授權之次頁）

中華民國 103 年 1 月 18 日

國立中央大學碩士班研究生
論文指導教授推薦書

網路學習科技 學系/研究所 陳若涵 研究生
所提之論文 數位教育遊戲之開發與評估：
以「Mr.道耳頓的奇幻歷險」為例
係由本人指導撰述，同意提付審查。

指導教授 吳致穎 (簽章)

103 年 1 月 6 日

國立中央大學碩士班研究生
論文口試委員審定書

網路學習科技 研究所 陳若涵 研究生
所提之論文 數位教育遊戲之開發與評估
：以「Mr.道耳頓的奇幻歷險」為例 經本委員會審議，
認定符合碩士資格標準。

學位考試委員會召集人

委

員

鄭 范 洪
吳 頤 沢
劉 星 雅

中華民國 103 年 1 月 6 日

摘要

數位遊戲式學習（digital game-based learning）可以加強學習動機，藉由數位教育遊戲使人專注，進而專心投入遊戲中的學習環境，以提高學習興趣，讓學習者感覺到學習是一件快樂的事，不再排斥，之後才能進一步精深學習。而在化學的學習上，因為學生對其微觀的表徵概念難以理解，加上繁複背誦的過程，學生常對其產生排斥與畏懼的心理。因此，本研究旨在發展一款數位教育遊戲來輔助國中生學習化學，並且進一步評估是否能提升學生在化學成績上的表現。在進行遊戲系統評估時，本研究採用單一組前後測，對 85 位高中一年級學生進行施測，首先進行科技接受度與鷹架功能知覺有用性的問卷調查。根據問卷結果發現，學生對於數位教育遊戲的知覺有用性、知覺易用性與使用意願皆給予正面回饋，認為數位教育遊戲可以幫助其學習化學，在操作上顯得容易，並且樂於使用此遊戲來進行學習。再將其化學成績進行分析，並根據化學成績的分析結果發現，學生在使用數位教育遊戲進行學習過後，其化學成績有著顯著的進步，另外再以學生前測之平均成績將學生分為高、低成就兩組進行分析，結果發現，低成就學生在化學成績進步的實際顯著程度為高，而高成就學生在化學成績進步的實際顯著程度為中等，表示使用數位教育遊戲進行學習，對低成就學生的幫助高於高成就學生。最後，本研究依據研究結果與討論提出系統設計、教學實務及未來研究之建議。

關鍵字：遊戲式學習、數位遊戲式學習、數位教育遊戲

Abstract

Secondary school students have been found to have difficulties and being uninterested in learning chemical reactions. Recently, digital educational games have been increasingly used to motivate students' learning. To improve students' motivation and learning outcomes on chemical reactions, a digital science educational game (DSEG) was developed in this study. After the development of this DSEG, this study also conducted a series of system evaluations on it. To this end, both questionnaire survey and tape-recorded interviews were conducted. The participants of the system evaluation in this study were 85 10th graders. After the treatment (i.e., playing the DSEG) for six hours, the participants expressed satisfactory perceived usefulness and ease of use of this DSEG. Also, they had high intention to use the DSEG in learning chemical reactions. Moreover, with a single group pretest-posttest quasi-experiment, this study further revealed that the participants significantly performed better in their post-test. In particular, the effect size of the effects of this DSEG on low achievers was large, while that of high-achievers was medium. It indicated that the low achievers in this study benefited more from the DSEG than did the high achievers. Some suggestions and implications for teaching practice, system design, and future work are also discussed in this study.

Keywords: game-based learning; digital game-based learning; digital educational games

致謝

感恩！終於也體會到在寫致謝時的心情，果然跟曾經午夜夢迴時，日日朝思暮想時、那些年的有意無意時，所想的心情不太一樣。回想起研究生活或許只記得某一片刻，某種氣息，與空氣中的某種味道，而此刻腦海中的畫面，凌晨三四點、清晨五六點，從研究室離開踏入中大校園，昏黃的街燈，映射在總是濕漉漉的空氣幅畫之上，冰冷的空氣頓時讓我清醒，彷彿有一種態度，感念的人太多，回饋行動的太少，要感謝吳穎油老師的教導，化學大師邱懿歆老師的相助，熱血教師廖經益老師的相挺，不只是助理郁珮的協助，畹之的陪伴與包容，魔界大師列的患難與共，小凱特的奉獻，小毛的贊助，阿民的樸實，力宏的貼心，與肉柔的傻勁。或許能寫得出來的不多，難以言表，而心卻會一直感念。

謹 誌

中華民國一〇三年一月 曙光初現

於中大 筆墨紙硯

目錄

摘要.....	I
Abstract.....	II
致謝.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	VIII
圖目錄.....	IX
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究動機與目的	2
第三節 研究問題	3
第四節 名詞解釋	4
第五節 研究範圍與限制	5
第二章 文獻探討.....	6
第一節 數位遊戲式學習	6
壹、「玩」與「遊戲」	6
貳、數位教育遊戲	7
參、數位遊戲式學習	13
第二節 數位教育遊戲在科學教育上的應用	16
第三節 綜合探討	19
第三章 遊戲系統設計與實作.....	20
第一節 遊戲系統開發流程	20

第二節 遊戲系統架構	21
第三節 遊戲系統模組與功能	22
壹、遊戲系統模組與功能說明	22
貳、遊戲系統功能與學科內容對應關係	23
參、遊戲系統功能與遊戲特性對應關係	24
肆、使用者流程	28
第四節 遊戲系統配置	30
第五節 遊戲系統說明	31
壹、「野球暗號王」	31
貳、「Mr.道耳頓的奇幻歷險」	35
參、「筆記區」	40
肆、「排行榜」	43
第四章 研究方法.....	45
第一節 研究對象	45
第二節 研究設計	46
壹、研究架構	46
貳、課程內容	47
參、實驗設計	48
第三節 研究流程	49
第四節 研究工具	50
第五節 資料蒐集與分析	52
壹、資料蒐集	52

貳、資料分析	52
第五章 結果與討論.....	53
第一節 數位教育遊戲之使用者初步評估與建議	53
壹、學生對於數位教育遊戲的「知覺有用性」分析	53
貳、學生對於數位教育遊戲的「知覺易用性」分析	54
參、學生對於數位教育遊戲的「使用意願」分析	55
肆、學生對於數位教育遊戲的「鷹架功能知覺有用性」分析	56
伍、不同成就的學生對於數位教育遊戲的「知覺有用性」分析	59
陸、不同成就的學生對於數位教育遊戲的「鷹架功能知覺有用性」分析.....	59
柒、不同成就的學生對於數位教育遊戲的「知覺易用性」分析	61
捌、不同成就的學生對於數位教育遊戲的「使用意願」分析	61
玖、學生對於數位教育遊戲之系統改進建議	61
第二節 學生使用數位教育遊戲對化學成績之影響	63
壹、使用數位教育遊戲進行學習，對於學生化學成績之影響	63
貳、使用數位教育遊戲進行學習，對於高成就學生的化學成績之影響.....	63
參、使用數位教育遊戲進行學習，對於低成就學生的化學成績之影響.....	64
第六章 結論與建議.....	65
第一節 結論.....	65
壹、學生對於數位教育遊戲的有用性、易用性以及使用意願持正面態度.....	65
貳、使用數位教育遊戲進行學習可提升學生的化學概念理解	66
第二節 建議.....	67
壹、遊戲系統設計與改良建議	67

貳、未來教學建議	67
參、未來研究建議	67
參考文獻.....	68
附錄.....	72
附錄一、學生對於「Mr.道耳頓的奇幻歷險」之科技接受度問卷.....	72
附錄二、「Mr.道耳頓的奇幻歷險」鷹架功能之知覺有用性問卷.....	73
附錄三、化學學習成就測驗	75

表目錄

表 2-1-1 數位教育遊戲之元素與特性表	13
表 3-3-1 遊戲系統模組與功能說明表	22
表 3-3-2 遊戲關卡與學科內容對應關係表	23
表 3-3-3 遊戲系統功能與遊戲特性對應關係表	24
表 3-4-1 遊戲系統開發軟體說明表	30
表 4-2-2 悅趣式化學課程研習營課程表	47
表 4-2-3 實驗設計表	48
表 4-4-1 學生對於「Mr.道耳頓的奇幻歷險」之科技接受度問卷信度分析表	50
表 4-4-2 「Mr.道耳頓的奇幻歷險」鷹架功能之知覺有用性問卷信度分析表	51
表 5-1-1 整體知覺有用性之描述性統計摘要表	53
表 5-1-2 整體知覺易用性之描述性統計摘要表	54
表 5-1-3 使用意願之描述性統計摘要表	55
表 5-1-4 鷹架功能知覺有用性之描述性統計摘要表	56
表 5-1-5 「概念學習」鷹架功能子向度之描述性統計摘要表	57
表 5-1-6 「後設認知學習」鷹架功能子向度之描述性統計摘要表	58
表 5-1-7 不同成就學生對於數位教育遊戲的整體知覺有用性之 t 檢定摘要表	59
表 5-1-8 不同成就學生對於數位教育遊戲的鷹架功能知覺有用性之 t 檢定摘要表	59
表 5-1-9 不同成就學生對於「概念學習」鷹架功能子向度之 t 檢定摘要表	60
表 5-1-10 不同成就學生對於「程序學習」鷹架功能子向度之 t 檢定摘要表	60
表 5-1-11 不同成就學生對於「後設認知學習」鷹架功能子向度之 t 檢定摘要表	60
表 5-1-12 不同成就學生對於數位教育遊戲的整體知覺易用性之 t 檢定摘要表	61
表 5-1-13 不同成就學生對於數位教育遊戲的使用意願之 t 檢定摘要表	61
表 5-1-14 學生對遊戲系統之改進建議表	62
表 5-2-1 整體學生化學成績前、後測之 t 檢定摘要表	63
表 5-2-2 高成就學生的化學成績前、後測之 t 檢定摘要表	63
表 5-2-3 低成就學生的化學成績前、後測之 t 檢定摘要表	64

圖目錄

圖 3-1-1 遊戲開發團隊	20
圖 3-2-1 系統架構圖	21
圖 3-3-1 學生之使用者流程圖	28
圖 3-3-2 教師之使用者流程圖	29
圖 3-5-1 野球暗號王開頭動畫	31
圖 3-5-2 野球暗號王遊戲選單	31
圖 3-5-3 全壘打大賽選單	32
圖 3-5-4 投手篇遊戲畫面	32
圖 3-5-5 打者篇遊戲畫面	32
圖 3-5-6 雙人篇遊戲畫面	32
圖 3-5-7 進入暫停區畫面	33
圖 3-5-8 查看元素畫面	33
圖 3-5-9 全壘打畫面	33
圖 3-5-10 滾地球出局畫面	33
圖 3-5-11 飛球出局畫面	34
圖 3-5-12 三振畫面	34
圖 3-5-13 單人篇結算畫面	34
圖 3-5-14 雙人篇結算畫面	34
圖 3-5-15 比賽規則	35
圖 3-5-16 名人堂	35
圖 3-5-17 化學反應類型	35
圖 3-5-18 遊戲關卡	35
圖 3-5-19 接取任務畫面	36
圖 3-5-20 蒐集元素畫面	36

圖 3-5-21 任務完成畫面	36
圖 3-5-22 教學模式畫面	36
圖 3-5-23 攻擊魔物畫面	37
圖 3-5-24 教學模式之分解反應	37
圖 3-5-25 反應成功畫面	38
圖 3-5-26 提示原因畫面	38
圖 3-5-27 反應後留下元素	38
圖 3-5-28 教學模式之取代反應	38
圖 3-5-29 元素配對畫面	39
圖 3-5-30 反應示意動畫	39
圖 3-5-31 教學模式之複分解反應	39
圖 3-5-32 遊戲進度確認畫面	39
圖 3-5-33 聚木星窺秘	40
圖 3-5-34 土散星窺秘	41
圖 3-5-35 獵水星窺秘	41
圖 3-5-36 火遞星窺秘	42
圖 3-5-37 冒險日誌	42
圖 3-5-38 MVP 排行榜	43
圖 3-5-39 冒險指數排行榜	44
圖 4-2-1 研究架構圖	46
圖 4-3-1 研究流程圖	49

第一章 緒論

本章分為五節，第一節為研究背景，第二節為研究動機與目的，第三節為研究問題，第四節為名詞解釋，第五節為研究範圍與限制，分別敘述如下。

第一節 研究背景

以往國中教師在教學上常受限於時間與課程規劃的限制，在化學領域的教學中，為協助學生建立原子的模型，常常僅是將拉塞福-波耳的原子結構模型以講授的方式教予學生後，便直接套用易於背誦的口訣請學生以此熟記元素週期表，再依此基礎繼續解釋許多化學知識。然而，學習不應只是記憶、背誦與不斷地重複練習，這樣的教學方式忽略了學生對於原子及元素週期表的心智模型是否足以理解背後較為抽象的表徵概念，導致學生在不瞭解這些概念的狀況下只能繼續背誦抽象的化學知識，進而影響在化學上更高層次的應用能力，使得學生對化學感到興趣缺缺，而這樣的狀況也反應在化學成績上，因而造成化學常常是學生懼怕的學科之一。加上目前政府所推行的十二年國民基本教育即將於民國一〇三年全面實施，其中在總體目標上期望達到「有效舒緩過度升學壓力，引導國中正常教學與五育均衡發展。」（教育部，2013）。有鑑於此，是否會因為該目標試圖紓緩學生的升學壓力，而導致學生在較少的壓力之下影響了學習的效果以及學習的動機值得我們去探討，不過在教師與學生雙方不論教學時間與學習壓力都獲得紓解的情況下，在課堂中調整教與學的方式，強調以學生為主體的教學與學習已越來越可行且受到重視。如同幾位學者所說的，以學習者為中心的教學，教師的角色要改變為適時參與學生的學習，學生的角色也要從被動地等待教師給予指導與提供知識，改變為主動追求所需的知識，並且尋找解決需求的方法，教師與學習者的角色均應有所調整（Newby, Stepich, Lenman, & Russell, 2000）。

近十年以來將學習與娛樂結合已逐漸成為數位學習(e-Learning)領域中一個熱門的主題，如：數位遊戲式學習(digital game-based learning, DGBL)、或教育娛樂(edutainment)以及遊戲化(gamification)等都是可以反應此現象的常見用語，這些用語都是透過電腦遊戲來進行教學與學習的一種方式。而這些能夠被用來進行學習的電腦遊戲或線上遊戲通常被稱為數

位教育遊戲 (digital educational games)，逐漸開始廣為人知，被用來泛指所有不純粹以娛樂為目的之電腦遊戲，且通常指用在教育、訓練或模擬上的電腦遊戲 (Michael & Chen, 2006)。再者，電腦遊戲或線上遊戲對於學生在學習上可能的幫助已經受到許多教育學者的重視 (Paraskeva, Mysirlaki, & Papagianni, 2010)，這顯示電腦遊戲除了提供娛樂之外，其特色與價值正逐漸被教育領域重視。而這樣以數位教育遊戲進行學習的方式也叫做數位遊戲式學習 (digital game-based learning)，所強調的正是以學習者為主體，讓學習者透過遊戲來實際體驗完成各種不同的學習任務，從中習得獨立思考解決問題的技能，測試自己的假設與提供自我評估的機會，並且引發好奇心及興趣，透過這樣的學習方式可以帶給學習者在學習上一些別於以往的優勢。

第二節 研究動機與目的

一些實驗結果證明，學習者透過數位遊戲式學習的方式比起一般學習的效果較佳，有著提高學生學習動機與成效的功用，然而，也有另一派學者認為數位遊戲式學習並沒有寓教於樂的效果，學習者只是喜歡玩遊戲，並沒有學習到內容，是一種糖衣 (sugar-coating)，除此之外數位遊戲式學習仍遭受到不少的批評，如遊戲可能造成沈迷、暴力等負面影響 (Mitchell & Smith, 2004)，並且從探討許多文獻中對運用數位遊戲式學習的學習動機與成效並無顯著的差異等 (O'Leary, Diepenhorst, & Churley-Strom, 2005; Kuo, 2007)，因此，研究者希望結合現場教學者，試著解決上述問題，透過不斷地與現場教學者進行討論，將課堂上的學科內容透過給予鷹架輔助、強化外在表徵與結合生活應用等方式融入遊戲之中，並且在遊戲開發完成後請現場教學者檢視遊戲是否會讓學生產生錯誤的概念，希望開發出一款讓學生在學習上有助益的數位教育遊戲。此為本研究的研究動機。

本研究的目的旨在設計、發展一款數位教育遊戲「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」，希望透過這個數位教育遊戲可以幫助學生增進化學概念的理解，並藉此研究對此數位教育遊戲進行初步評估：一、當學生玩過此數位教育遊戲之後，評估學生對於此遊戲的知覺有用性、知覺易用性與使用意願。二、當學生玩過此數位教育遊戲之後，針對學生的化學學習成效進行評估。

第三節 研究問題

根據上述研究目的，本研究提出以下研究問題：

一、對於學生來說，本研究中所開發出之數位教育遊戲的有用性、易用性以及使用意願為何？

1-1 對學生來說，本研究中所開發出之數位教育遊戲的有用性為何？

1-2 對學生來說，本研究中所開發出之數位教育遊戲的易用性為何？

1-3 學生使用本研究中所開發出之數位教育遊戲的使用意願為何？

二、使用本研究中所開發出之數位教育遊戲對學生在化學概念理解的影響為何？

2-1 使用本研究中所開發出之數位教育遊戲進行學習，對於學生的化學概念理解有何影響？

2-2 使用本研究中所開發出之數位教育遊戲進行學習，對於高成就學生的化學概念理解有何影響？

2-3 使用本研究中所開發出之數位教育遊戲進行學習，對於低成就學生的化學概念理解有何影響？

第四節 名詞解釋

一、數位教育遊戲 (digital educational games)

一般用於輔助教學且賦有教育目標的遊戲(Alessi & Trollip, 2001)，教育遊戲必須滿足三個教育需求：(一)它必須有值得學習的目標、(二)它必須有趣、(三)遊戲的目標必須加強學習的目標。

二、數位遊戲式學習(digital game-based learning)

數位遊戲式學習是利用內在包涵學習元素的數位遊戲，來達成某一特定的學習成果(Garris, Ahlers, & Driskell, 2002)。並且能讓學習者有一定的規則與目標去投入，以達成學習目標 (McLoughlin, 2002)，一般認為數位遊戲式學習可以使學習變得愉悅。

三、化學反應

在本研究中是指國中自然領域二年級下學期所進行的教學單元，化學反應主要分為四種類型，包含了化合反應、分解反應、取代反應與複分解反應。

四、概念理解

在本研究中是指學生對於化學反應背後的反應機制與四種反應類型之間的差異獲得領會與了解，並可對其進行文字表達。

第五節 研究範圍與限制

在本節中主要分為兩部份說明，一為本研究的研究範圍；另一為本研究的研究限制。分別敘述如下。

一、研究範圍

本研究是以國立內壢高中為研究現場，研究參與者為高中一年級剛入學一個月的學生，研究焦點集中在本研究所開發之數位教育遊戲的初步評估。

二、研究限制

由於人力、時間、研究方法、研究對象等因素的限制，產生了以下的研究限制。

(一)研究樣本的限制

研究對象的選取以國立內壢高中一年級之學生作為研究的樣本。其次學生的選取以配合學生意願為主，無法完全達到隨機分配之水準。

(二)推論與推廣的限制

本研究為針對本數位教育遊戲的初步評估，對於其餘數位教育遊戲的推論程度有其限制，而其研究結果僅能推論至有相同條件的群體，亦無法完全類推到其他情境中，如欲將結果推論至其他高級國民中學，亦應考慮自身學校環境條件，於應用時須謹慎。

第二章 文獻探討

本章分為兩節，分別從數位遊戲式學習與數位教育遊戲在科學教育上的應用兩部份的文獻回顧中，探討與本研究有關的主題，分別敘述如下。

第一節 數位遊戲式學習

壹、「玩」與「遊戲」

「玩」(play)，被定義為一種刺激內在的自發性活動，可用作於學習，是一項重要的學習觀點 (Quinn, 1994)，透過「玩」的方式，學習者可以依照設定好的規則來達到某種目標，或是學習目標，並藉由玩遊戲從內在激勵玩家產生學習的興趣及慾望 (Heinich et al., 2002)。「玩」最常見的方式為「遊戲」，「遊戲」是一項包含有規則、目標與好玩成份在其中的活動 (Byrne, 1995)，其能夠反應出日常生活之經驗，有著提供經驗而獲得學習的效果，若是想給予「玩」狹義的定義，並不全然讓所有人得以接受，但是，由於遊戲普遍有著共同且明顯的特性存在，因此便能夠歸納出遊戲的特徵來進行對遊戲的描述，根據 Charsky (2010) 和 Prensky (2001) 所提出的遊戲特徵，包括了目標、規則、競爭、挑戰、幻想與娛樂。

一、目標

每個遊戲皆有其目標需要玩家去達成，可能是分數達成、猜文字、謎團的解答、問題的解決等。在遊戲設計時，目標是重點之一。

二、規則

規則定義了在遊戲中施加了甚麼約束和允許了甚麼動作。其顯著特點包含，規則是人為的，規則是玩家想像的條件，即使規則有時會模擬現實。此外，設計規則是必須的，為了讓遊戲有趣味性、挑戰性與公平性。

三、競爭

遊戲通常涉及某種形式的競爭，對手可能是其他玩家、電腦、自己、機會與時間等。競爭也許是「遊戲」最強烈的特徵，因其所帶來的感受是最為直接的。許多老師在教學時因為遊戲本身帶來競爭而避免使用遊戲讓孩子進行學習；但也在為了避免個別學生之間的競爭或

需要進行團隊競爭時，採用商業遊戲軟體來進行學習，藉由遊戲中虛構的人物來轉化競爭的對象。

四、挑戰

玩家擁有不同的目標可挑戰，在遊戲中需要依照玩家的能力來進行調整不同層級的難易度，包含遊戲的時間、規則、競爭對手都會影響到遊戲對玩家的挑戰程度。

五、幻想

遊戲通常依賴玩家的幻想與想像。其程度可以非常真實也可以非常夢幻。其中，當遊戲使人產生的幻想與現實生活相同時，適合成人；與現實不符且為虛構的時候，則能使得兒童更容易接受。

六、娛樂

遊戲幾乎都富有娛樂性，然而娛樂並非主要目的。學習導向遊戲，主要是為了方便學習新知與技能。

貳、數位教育遊戲

一般教育工作者認為遊戲只適合孩子們玩，但事實上，教育類的電腦遊戲普遍被運用在兩個相當不同型態的學習者上 (Alessi & Trollip, 2001)。一是國中小學的孩子，大部分的國中小學常使用遊戲軟體來進行教學，為的是使其更吸引孩子，在教育遊戲中常使用模型來進行模擬，而學習此一模型正是教育的目標；二是大學專業的商業課程的學生，商學領域課程經常使用模擬真實的遊戲來學習商業管理、行銷、販售、談判等學科或技能，透過了解模型或是劇情來達到教育的目標或是在遊戲中提供學習環境來介紹和學習商業和經濟方面的競爭與合作。

一、數位遊戲

數位遊戲是指透過數位遊戲設計軟體或是利用程式設計的方式所製作出來的一種以數位化方式呈現的遊戲(Nanjappa, 2001)。數位遊戲也是一種新的遊戲型態，透過別於以往遊戲不同的操作方式，將遊戲內容更具體的呈現給玩家，以達成許多在以前無法做到的事。數位遊戲的類型則無法被明確定義，因其歸納分類的方法不一，也導致教師在選擇數位遊戲時的困

擾，本研究參考 Alessi & Trollip (2001)與 Prensky (2007)的分類，再依組成元素及遊戲方法進行下述遊戲類型的分類：

(一)「冒險遊戲」(Adventure Game)

冒險遊戲其特性為透過玩家扮演遊戲中所設定的角色，角色的選擇無法根據玩家的喜好而改變，並依照事先設定好的故事情節，在遊戲中讓玩家產生投入感，最重要的任務常在於「解謎」。

(二)「角色扮演遊戲」(Role-playing Game)

在角色扮演遊戲中，玩家可以自由選擇角色或是配角進行遊戲。同樣具有故事情節，使玩家產生投入。

(三)「模擬遊戲」(Simulation Game)

在模擬遊戲中的玩家沒有扮演特定角色，只是藉由遊戲的某種機制傳達出預設在現實生活中存在的反應及現象，而達到學習效果。

(四)「益智遊戲」(Puzzle Game)

屬於腦力激盪型遊戲，一般具有標準答案。

(五)「策略遊戲」(Strategy Game)

遊戲中出現的待解決問題與狀況並沒有標準答案，僅以玩家個人意志進行經營、策劃等遊戲內容。

(六)「動作遊戲」(Action Game)

在動作遊戲中，玩家與遊戲角色沒有直接的接觸，主要目的在於「過關」，考驗玩家對於遊戲角色操作的靈活度。

(七)「格鬥遊戲」(Fighting Game)

在格鬥遊戲中，玩家與遊戲角色有直接的接觸。

(八)「運動遊戲」(Sporting Game)

遊戲內容以現實世界中的運動為主，使玩家可在遊戲中體認各項運動的樂趣，包含滑雪或是賽車。

二、數位教育遊戲

數位教育遊戲一般用於輔助教學且富有教育目標的數位遊戲，數位教育遊戲必須滿足三個教育需求：(1)它必須有值得學習的目標、(2)它必須有趣、(3)遊戲的目標必須加強學習的目標。Alessi 與 Trollip 將數位教育遊戲區分為在進行遊戲之前的「遊戲介紹」、實際進行遊戲的「遊戲本體」與在完成遊戲之後的「遊戲結束」三個區塊，在這三個區塊中，各自有著數個遊戲元素來組成數位教育遊戲：

(一)「遊戲介紹」

在數位教育遊戲裡的一開始，常會向學習者進行遊戲的介紹，其目的是為了確保學習者了解怎麼開始遊戲，避免因不懂得怎麼進行或操作遊戲而失去教學的效果，或是無法將注意力集中在教育的面向。在「遊戲介紹」中共有八個遊戲元素，分別敘述如下：

1. 「目標」：

在這個「目標」元素中有兩種可能，一是指所有學習者的目標一致，例如：「俄羅斯方塊」 - 挑戰高分的目標一致；二是學習者之間的目標不一致，例如：「撲克牌」 - 學習者的目的可能是賺錢也可能是使人破產，兩者並不一致；並且在這個遊戲元素中需要考量到遊戲目標與教育目標之間的關係，遊戲目標需要加強學習目標，而教育遊戲的目標需要很清楚明顯，可隨時被檢視。

2. 「規則」：

在遊戲中大多數的「規則」基本上是人為創造的，必要時可以改變。在傳統遊戲中，可以改變規則來適應當下的遊戲情況；但數位遊戲不容易輕易改變，數位遊戲中的「規則」應該要被明確定義出來並且是可行的，其應該設定限制、如何處罰、如何使用設備(裝備)等。

3. 「玩家」：

在數位遊戲中要有多少「玩家」必須在一開始優先設定，其中還要對每個玩家進行設定，像是角色要不要相同？是單人角色或是團體角色？是否要有非玩家角色？如何稱呼角色或是玩家？玩家角色的長相、外觀為何？每個角色的條件是否相同？(包含資金多寡、職業、居住地點等)。

4. 「設備」：

對進行遊戲時所需使用的特殊設備需要完整的說明，並需考量遊戲的操作方式。

5. 「指南」：

對遊戲該如何進行做出提示與說明，包含了如何獲取資訊、所需要的知識與技巧、難易度…等，在遊戲中可隨時複習並且是當需要的時候才對玩家進行提示以確保不需中斷遊戲的進行。

6. 「限制」：

除了規則和遊戲指南之外，仍然有一些其他的限制，例如：玩家一回合只能走一步。

7. 「處罰」：

其分為明確的處罰與不明確的處罰兩種，明確的處罰像是在遊戲中死亡，不明確的處罰則像是在限定時間內，玩家的表現不好有可能是因為關卡太難或是玩家技巧不足等不同因素造成。此外，數位遊戲不能提供一些非正式的處罰，例如要求玩家罰站。

8. 「選擇」：

在進行多人遊戲時，「選擇」變得很重要，並且可能是造成玩家差異的主要原因。像是選擇玩家角色、選擇是否要有非玩家角色、選擇等級與過關難度、選擇時間或速度(與難度有關)等。

(二)「遊戲本體」

在進行遊戲時共有十個遊戲元素，分別敘述如下：

1. 「劇情」：

數位教育遊戲中的「劇情」與學習目標具高度相關，是最有趣且有利的元素。以下將劇情要素分成三個層面來探討：

(1) 現實與簡單：

遊戲劇情越寫實對玩家来说越是難玩，反之劇情越簡單，在設計上越能運用簡單的知識融入到劇情並突顯所要傳達的知識。

(2)單一與多元(綜合)：

遊戲劇情越單一則越單調，越多元則越容易忽略掉細節的呈現。

(3)感性與理性：

劇情情節的情緒越高漲，玩家越不容易用不同角度來分析所遇到的狀況，反之劇情發展越趨向理性則越不吸引玩家。

在設計數位教育遊戲時，必需衡量上述三個劇情層面之拿捏，避免設計出偏離教學目的或者不吸引學習者的遊戲。

2. 「真實程度」：

其基本型態分為真實、不真實、幻想三種，真實與否以現實生活來判斷，幻想則包含了真實與不真實，三者可在同一遊戲中同時出現。

3. 「組成」：

玩家的組成，包含一對一、一對多與一對非玩家角色三種。

4. 「不確定性」：

要達成遊戲目標一定是充滿不確定性的，在遊戲中要達成不確定性可以使用以下幾個方法：

- (1)不同難易度 - 隨著難度的增加，過關的不確定性越高；
- (2)多重目標 - 達成目標的不同，連帶影響過關的劇情；
- (3)隱藏目標 - 隱藏的目標可以提供額外的遊戲變數；
- (4)隨機事件 - 隨機事件越多，不確定性越高。

5. 「好奇心」：

遊戲常利用好奇心當作驅動，用以刺激玩家的學習動機，迫使玩家尋找新知識，好奇心也與挑戰性呈高度相關，而挑戰性就是用來滿足好奇心的。此外，較為複雜的資訊也會喚起好奇心，但所提供的資訊不可過於複雜或是簡單。Malone (1981) 把好奇心分為兩個方向：(1)感官(對圖像、聲音的好奇心)；(2)認知(對於資訊的

好奇心)。好奇心可因你與世界不同而產生。因此，成功的遊戲會成功地引起好奇心並滿足它。

6. 「競爭」：

在遊戲中的競爭主要有：(1)挑戰者的數量多寡；(2)單打獨鬥或團隊合作；(3)對抗遊戲中的事物或玩家之間的競爭三種形式。

7. 「技巧與機會」：

維持遊戲的娛樂性需考量到技巧和機會之間的平衡度。

8. 「勝負」：

獲勝的方式主要有兩種，一是達到特定的目標或擊敗對方，另外，進步也算是一種獲勝的方式。

9. 「選擇」：

玩家必須對所獲得的資訊、擬定的戰略、提供的有限援助與是否離開做出決定得以繼續進行遊戲。

10. 「資訊流」：

應避免提供錯誤的資料。

(三)「遊戲結束」

在進行完遊戲之後的遊戲元素，敘述如下：

1. 「獎勵」：

獲得獎勵不應該是唯一的目的，相反的，它應該是可以創造一個良好學習環境的動力。

2. 「提供訊息」：

當學習者想要提供訊息時，此時是一個很好的時機，學習者可以提供更好的方式來玩這個遊戲，或是將想要解決的問題以訊息的方式提供。

藉由了解上述組成數位教育遊戲的元素與特性，可以提供研究者在設計數位教育遊戲時做為參考依據，下表 2-1-1 將數位教育遊戲的元素特性進行彙整。

表 2-1-1 數位教育遊戲之元素與特性表

遊戲區塊	遊戲元素特性	遊戲區塊	遊戲元素特性	遊戲區塊	遊戲元素特性
遊戲介紹	目標	遊戲本體	劇情	遊戲結束	獎勵
	規則		真實程度		提供訊息
	玩家		組成		
	設備		不確定性		
	指南		好奇心		
	限制		競爭		
	處罰		技巧與機會		
	選擇		勝負		
			選擇		
			資訊流		

參、數位遊戲式學習（Digital Game-Based Learning）

在數位教育遊戲中必須包含某種機制，以促進學習從遊戲中轉換到獲取新知識的這種轉化學習，或是發展智力相關技能如：抽象、期待、建造、問題解決、不對稱性、空間概念與動態概念的學習，以及行為與態度發展的學習 (Sauvé, Renaud, Kaufman, & Marquis, 2007)。而上述的機制，包括了即時回饋、互動、學習者主動參與活動、玩家掌握自己的學習、反覆練習、挑戰、激勵、玩家間的對話交談、團隊合作的精神等。數位遊戲式學習便是透過使用內含有上述機制的數位教育遊戲來進行學習，學者指出使用這樣的學習方式來達成某一特定的學習成果，稱為數位遊戲式學習(Garris, Ahlers, & Driskell, 2002)，而 McLoughlin (2002)也提到數位遊戲式學習能夠讓學習者有一定的規則與目標去投入，以達成學習目標。數位遊戲式學習可以使學習變得愉悅，是一種配合教學的活動，其包含遊戲及學習兩面向，以達到寓教於樂的目的，讓學習者藉以引發好奇心及興趣，以提高學習成效。此外，Prensky (2001)提到數位遊戲之所以吸引使用者，乃因其具有娛樂性(Fun)、遊戲性(Play)、規則性(Rules)、目標性(Goals)、人機互動性(Interactive)、結果與回饋(Outcomes and feedback)、適性化

(Adaptive)、勝利感(Win states)、競爭性、挑戰性、衝突感(Competition / Challenge / Conflict)、問題解決(Problem solving)、社會互動性(Interaction)以及圖像與情節性(Representation and story)等特性，得藉以提升學習者的學習動機與意願。而這些特性常與情境脫不了干係，學習者在知識的學習過程中也會受到環境的影響，如同 Brown, Collins & Duguid (1989) 的研究中所指出的，知識在本質上受到文化、活動及社會脈絡所影響。Lave & Wenger (1991) 也在研究中主張在活動、環境與文化相互發生作用的過程中，學習者可以獲得有效的學習。因此，學習應與真實的情境或環境相互結合，而數位教育遊戲便是以數位的與遊戲的形式融入到學習環境中供學習者學習。再回顧到上述數位教育遊戲透過模擬真實來學習商業管理、行銷、販售、談判等學科或技能的例子，透過了解模型或是劇情來達到教育的目標或是在遊戲中提供學習環境來介紹和學習商業和經濟方面的競爭與合作，更可以了解到環境或是情境對於學習者的重要性以及數位遊戲式學習從環境中轉化學習的優勢。

從遊戲中進行學習可能比其他方法更沒效率，例如：一個角色扮演遊戲可以比一般傳統的學習方式更有趣地學習到生物演化，但是一般的學習方式在一個小時內學到的物種量比在遊戲裡要多，因為遊戲裡會花時間在閱讀指南、回合限制、遵守規則還有劇情上。因此，一般的學習方式和數位遊戲式學習之間在動機和效率上常不斷地拉扯，也就是遊戲比較能引起學習者的動機，但是一般的學習方法是比較有效率的。然而，動機與效率究竟何者重要呢？對於學習表現較佳的學生來說，效率可能較為重要；而對於學習表現較低落的學生來說，興趣與動機比之效率更為重要，唯有願意開始接觸才能有學習的機會。

Dickey (2006) 提到數位教育遊戲的設計為學習帶來了許多優勢，包含增加學習的興趣與動機，同樣地，其他學者也提出使用數位遊戲式學習，可以提高學習者的學習動機、專注力與學習成效 (McFarlance, Sparrowhawk, & Heald, 2002) 以及提供讓人專注與沈浸的過程，藉由精心規劃的遊戲規則與目的來引導學習者循序漸進等好處，或者像是線上遊戲可讓學習者產生主動、合作、對話與反思等特點 (Tsai, Yu, & Hsiao, 2007)。而上述所提及的學習動機顯然在學習的過程中扮演著重要的角色 (Dweck, 1986)。我們期望藉由遊戲系統使人專注進而專心投入遊戲中的學習環境，提高學習興趣後，讓學習者感覺到學習是一件快樂的事，不再排斥，之後才能進一步精深學習。然而，提到學習動機或許會有所疑問：如此的學習是學

習者本身的動機還是附帶的動機呢？例如在一個冒險遊戲中可以學到古代世界的歷史，那麼學習者本身的動機是什麼？是玩遊戲還是學歷史？似乎遊戲好玩為學習者本身的動機而學習歷史則變成附帶的。雖然 Malone (1981) 和一些學者認為遊戲容易激發學習本身的動機，但是我們並沒有看到明確的證據支持這種說法，這取決於學習者和學習的內容，也就是說有些學習者是真的享受學習的內容勝過遊戲本身，也有學習者把數位教育遊戲當作單純的娛樂；同樣地，如果學習者學習的內容和他的生活相關(例如：學習開車)那就屬於本身的動機，如果與生活相關不大(例如：古代世界歷史)那就算是屬於附帶學習的。

此外，數位遊戲式學習仍遭受到不少的批評，如遊戲可能造成沈迷、暴力等負面影響 (Mitchell & Smith, 2004)；並且從探討許多文獻中發現一些運用數位遊戲式學習的學習者在學習動機與成效上並無顯著的差異(Kuo, 2007; O'Leary, Diepenhorst, & Churley-Strom, 2005)，以上這些問題仍值得研究者進一步去探討。Alessi & Trollip (2001) 曾提到在遊戲中學習的效率幾乎總是比用其他學習的方法還來得低，但我們仍然可以嘗試妥善利用學習者的外在動機，因為當外在動機被刪除時，學習者從事學習的意願就會消失，或許提供學習者外在的動機而使之產生學習的意願進而開始學習，這是使用數位教育遊戲以外別的方法所不容易做到的。

第二節 數位教育遊戲在科學教育上的應用

在上一節的文獻探討中，對於數位教育遊戲有了一些認識，由於本研究所發展的數位教育遊戲是以科學教學為目的，加上以此為設計目的的數位教育遊戲在近年來有著大幅的成長，遠高於以非科學教學為目的的數位教育遊戲，是以在本節中，透過近十年的研究，針對數位教育遊戲應用在科學教育領域的情況進行探討。

一、數位教育遊戲應用在科學教育之教學目標

由於數位教育遊戲具有教育目標或是訓練問題解決能力、空間認知能力或是合作能力的特性，這樣的特性很適合讓教師使用於教學上，然而，從過去的相關研究可以得知數位教育遊戲的教學目標，最為側重的是學生的知識建構，例如：Baytak & Land(2011)、Kennedy-Clark (2011)、Clark et al. (2011) 與 Anderson & Barnett (2011) 等研究，其次是問題解決的能力，例如：Sánchez & Olivares (2011)的研究，最後才是合作能力，例如：Villalta et al. (2011) 的研究。在這當中，促進科學概念的理解是數位教育遊戲中最常見的教學目標。然而，應該注意的是，在以往的相關研究中，教學目標只有知識建構和問題解決的能力，直到近年來才出現了合作能力。這表明了有越來越多不同的教學目標逐漸在設計數位教育遊戲時被予以考慮。

二、數位教育遊戲應用在科學教育之教學對象

數位教育遊戲因其具有教學目標，在教學上也有其主要的教學對象，當數位教育遊戲應用在科學教育的教學時，教學對象以國中學生與國小學生為大宗，例如：Baytak & Land(2011)、Sánchez & Olivares (2011)、Villalta et al. (2011) 與 Clark et al. (2011) 等研究，但在近年來其應用的教學對象分佈日漸平均，在高中及大學的應用上也愈發常見，例如：da S Cardona et al. (2007) 與 Kennedy-Clark (2011) 等研究。這些現象與 Alessi & Trollip (2001) 所提到的教育類的電腦遊戲普遍被運用在國小、中學與大學的學生上大致雷同，使用的目的是因國中、小學的學生容易對這些遊戲產生好奇心，進而吸引其學習，而大學則在專業領域上有著相對應的教學應用；不過在針對高中生的應用上則較為不符，顯示教學對象之範圍與過去

相比愈顯平均。

三、數位教育遊戲應用在科學教育之學科領域

在過往的研究當中，應用在科學教育上的數位教育遊戲，主要關注於跨學科的學習，例如：Baytak & Land (2011) 的研究；其次為有關物理學或是生物學的學習，例如：Anderson & Barnett(2011)及 Sánchez & Olivares (2011)的研究。有趣的是，由於化學課程常囊括微觀與抽象的概念，而數位遊戲的呈現正是以數位化的方式將內容更為具體的呈現給玩家，在教學的應用上應是適宜的，但研究者卻發現在化學與地球科學上，很少有相關的研究出現。因此，如何使用數位教育遊戲來促進學生在化學與地球科學上的學習，如何在設計上將化學與地球科學融入數位教育遊戲，找出在這當中的困難點，應該是研究者接下來需要進一步深入探討的議題。

四、數位教育遊戲應用在科學教育之教學角色

在科學教育中，數位教育遊戲的角色扮演可以是支撐整個教學活動的「教學環境」與只扮演教學活動中輔助角色的「教學工具」以及作為「教學評量」所用，以此看來，數位教育遊戲在幫助學生增進科學學習上能夠扮演著不同的角色。不過在大部分的實際應用中，數位教育遊戲主要扮演著教學環境與教學工具的角色，例如：Baytak & Land (2011)、Sánchez & Olivares (2011)、Villalta et al. (2011)、Clark et al. (2011)、da S Cardona et al. (2007)、Kennedy-Clark (2011) 與 Anderson & Barnett(2011)等研究。

五、數位教育遊戲應用在科學教育之遊戲類型

藉由上一節將數位教育遊戲的遊戲類型分為「冒險遊戲(Adventure Game)」、「角色扮演遊戲 (Role-playing Game)」、模擬遊戲(Simulation Game)、「益智遊戲(Puzzle Game)」、「策略遊戲(Strategy Game)」、「動作遊戲(Action Game)」、「格鬥遊戲(Fighting Game)」、「運動遊戲 (Sporting Game)」等八種類型，在這麼多樣形式的遊戲類型之間，最常應用在科學教育領域的遊戲類型為「冒險遊戲」與「角色扮演遊戲」，例如：Kennedy-Clark (2011)和 Sánchez

& Olivares (2011)的研究，在這兩個遊戲類型之中，同樣有著「劇情」元素，由於數位教育遊戲中內含的「劇情」元素與學習目標具高度相關，是最有趣且有利的元素，因此，在科學教育上最常用的遊戲類型或可推廣至所有的數位教育遊戲，而較常應用在科學教育上的還有「模擬遊戲」與「益智遊戲」，例如：Clark et al. (2011) 與 Anderson & Barnett(2011)的研究，另外，很少有應用在「格鬥遊戲」上的例子。在科學教育應用上所選擇的遊戲類型當中，有著明顯的偏好，與教學目標的選擇和遊戲所包含的元素有著相當的關係。

六、數位教育遊戲應用在科學教育之遊戲設計

使用於科學學習的數位教育遊戲在進行開發建置以及設定上，所設定的玩家人數若以單人玩家與多人玩家做為分類，其數量兩者平分秋色；而其所搭載的載具，以視頻主機（Video console）、個人電腦（Computer）與手持平台（Mobile device）三者進行分類，數位教育遊戲搭載在個人電腦上為最多，例如：Baytak & Land (2011)、Kennedy-Clark (2011) 與 Villalta et al. (2011) 等研究，其次是手持平台，例如：Sánchez & Olivares (2011) 的研究，而目前還未看到有將視頻主機作為載具的例子，雖然以電腦上的數位教育遊戲最多，但搭載於手持平台上的數位教育遊戲近年也日趨增多，將來學習者得以有更多元的選擇；最後在數位教育遊戲的開發方式上，不論是獨立開發或是非獨立開發，數量都越來越多，除了載具有多元的選擇外，在數位教育遊戲數量上，學習者也有著更多的使用機會。

第三節 綜合探討

綜合上述之文獻探討，可得知在進行數位教育遊戲設計時需考量之元素與特性，其中，本研究特別考量到目標、指南、劇情、好奇心、競爭與勝負等元素來進行設計：一、明確清楚的目標，且遊戲目標與學習目標一致；二、加強獲取知識的指南；三、加重劇情並與學習目標連結；四、提供滿足好奇心的機制；五、透過競爭加強動機；六、提供進步作為獲勝的方式等。再者，選擇數位教育遊戲應用於科學教育時較常應用之國中生為教學對象以及冒險遊戲作為遊戲的類型，並且嘗試將化學課程中難以理解與抽象的表徵概念融入於數位教育遊戲之中，透過數位化的方式更具體地呈現知識概念及真實生活的情境。最後，在動機與效率的蹺蹺板中，選擇了站在動機那一端，期望學習表現較低落的學生也能不再排斥而開始學習，並在教學當中扮演著輔助工具的角色。

第三章 遊戲系統設計與實作

本章分為五節，第一節介紹遊戲系統開發流程，第二節說明遊戲系統架構，第三節進一步介紹遊戲系統模組與功能，第四節說明遊戲系統配置，第五節則為遊戲系統的說明，分別敘述如下。

第一節 遊戲系統開發流程

一、開發團隊：

本研究之開發團隊成員有（一）科學教育與數位學習學者：負責整個計畫的溝通協調；（二）化學教師：提供現場教學經驗；（三）遊戲程式設計：進行多媒體、網頁、資料庫程式撰寫；（四）遊戲美術設計：負責角色設定、視覺、介面設計。

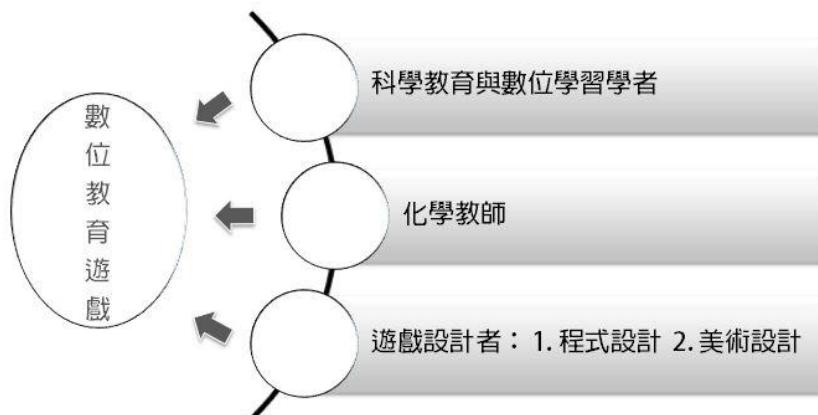


圖 3-1-1 遊戲開發團隊

二、開發流程：

本研究為開發一數位教育遊戲，共分為五階段；第一階段為了解教學現場的情況與現場教師的需求並確認遊戲開發的目的；第二階段為與現場教師及指導教授討論遊戲玩法、腳本設計、遊戲內容以及如何進行教學，此階段包含了遊戲系統架構的設計；第三階段為參考過去文獻當中所提出的遊戲架構並加以修改遊戲的設計，此階段包含了資料庫設計；第四階段為研究者進行程式撰寫與介面設計以及美術人員進行角色設計、動作設計與動畫設計；第五階段為在遊戲系統建置完成後，請遊戲測試人員對遊戲進行初步的功能測試以及針對同時上線人數進行壓力測試。

第二節 遊戲系統架構

本研究所開發之數位教育遊戲，其設定的使用者為老師與學生兩種角色。遊戲系統共分為五個模組，在老師的部分可運用「使用者資訊模組」來建立學生的基本資訊；並透過「動作記錄模組」來了解學生的學習狀況；而在學生的部分則可利用「遊戲執行模組」，在遊戲中主要使用鍵盤與滑鼠輸入指令，再執行遊戲程式邏輯進行判讀，進而呈現遊戲執行當中的動作與畫面；使用「成就評量模組」，透過競爭與獎勵元素來增進學習意願；並利用「筆記模組」來檢視與反思目前的學習狀態。下圖 3-2-1 為本遊戲系統架構圖。

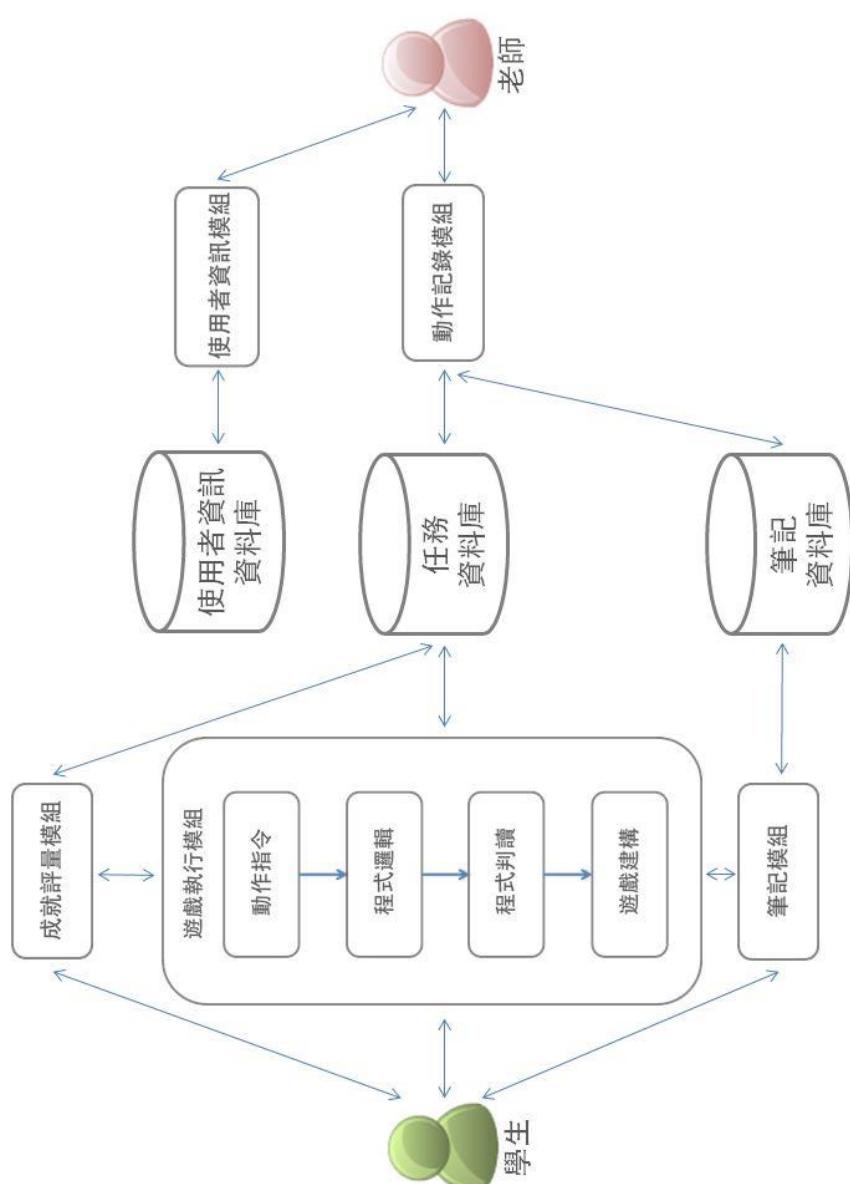


圖 3-2-1 系統架構圖

第三節 遊戲系統模組與功能

本節分為「遊戲系統模組與功能說明」、「遊戲系統功能與學科內容對應關係」、「遊戲系統功能與遊戲特性對應關係」與「使用者流程」四個部份，分別敘述如下。

壹、遊戲系統模組與功能說明

本研究所開發之數位教育遊戲共有五個模組，針對遊戲系統當中的模組與其對應之功能進行說明，如下表 3-3-1 所示。

表 3-3-1 遊戲系統模組與功能說明表

模組	說明	功能	使用者
使用者資訊模組	老師可新增、編輯與刪除學生資料。	管理學生資料	老師
動作記錄模組	老師可以此模組發現學生的學習問題與了解學生的學習狀況。	監看學生使用遊戲的狀況	老師
遊戲執行模組	學生利用鍵盤與滑鼠輸入指令，以執行遊戲程式邏輯並進行判讀，進而呈現遊戲執行當中的動作與畫面。	遊戲操控與執行結果	學生
成就評量模組	老師可依學生的遊戲分數與遊戲進度判斷學生的學習狀況；學生可透過遊戲中所獲得的分數、破關次數與排名狀況等競爭與獎勵元素來增進學習意願。	遊戲成果評分與排名	老師 學生
筆記模組	學生可將遊戲中所學之知識與概念利用此模組進行記錄與反思。	檢視學習成果	學生

貳、遊戲系統功能與學科內容對應關係

本研究所開發之數位教育遊戲「Mr.道耳頓的奇幻歷險」，其主要對應之學科內容為國中二年級下學期自然領域中的化學反應單元，共分為四個關卡分別針對化合反應、分解反應、取代反應與複分解反應等四種主要化學反應類型進行設計，並另外設計「野球暗號王」來輔助化學元素週期表單元之教學，以其作為化學反應教學前之暖身練習；以下分別就「野球暗號王」與「Mr.道耳頓的奇幻歷險」中的四個關卡進行學科內容之說明，如下表 3-3-2 所示。

表 3-3-2 遊戲關卡與學科內容對應關係表

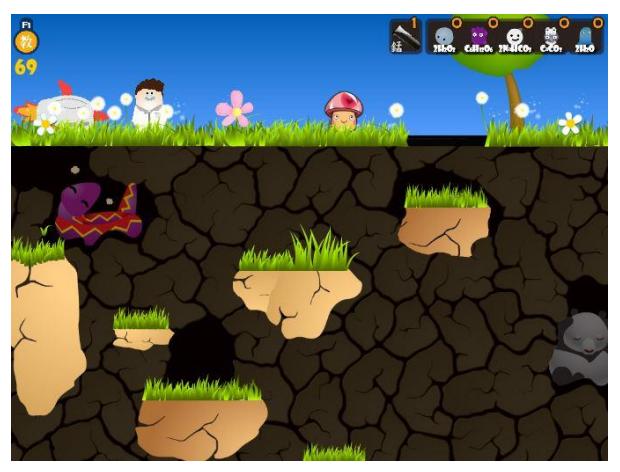
遊戲關卡	學科內容	學科與遊戲結合之方式說明
野球暗號王	化學元素週期表	遊戲透過強化外在表徵，包含元素名稱、元素符號與原子結構之間的連結來進行教學。
聚木星	化合反應	遊戲結合日常生活之應用，增強學生對化學反應之應用能力。
土散星	分解反應	在遊戲中埋下為加速分解作用之催化劑概念鷹架，使得學生能夠了解加速分解反應時，其對應之催化劑為何。
獵水星	取代反應	遊戲以策略引導與動畫演示的方式讓學生在任務中了解取代反應的機制與元素活性的大小。
火遞星	複分解反應	在遊戲中給予概念鷹架以及運用動畫演示的方式，使得學生能夠了解複分解反應之機制。

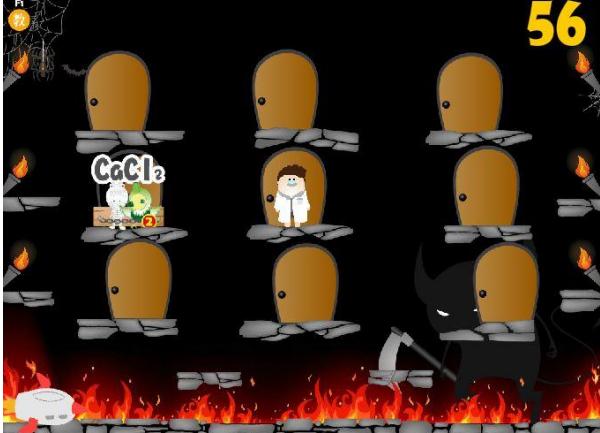
參、遊戲系統功能與遊戲特性對應關係

本遊戲系統根據文獻探討，依照下表 3-3-3 中的數位教育遊戲特性進行遊戲系統的開發：

表 3-3-3 遊戲系統功能與遊戲特性對應關係表

遊戲 特性	遊戲系統功能	說明
目標		擁有明確的教學目標，與遊戲目標。 (圖為教學目標示意)
規則 與 限制		明確的遊戲規則與限制。(圖下方為遊戲規則，右上角為時間限制)
玩家		遊戲設定為單人角色，並擁有非玩家角色進行任務解說。(圖為角色設定，主角設定為宇宙冒險者)

設備		<p>詳細說明遊戲的操作方式。</p>
指南	 <p>【問卡說明】 1. 向NPC接取任務。 2. 進入右方傳送點傳送至 神木區。 3. 注意天氣變化的提示， 不同天氣出現的元素會 有所不同。 4. 可隨時回來接取任務。</p> <p>【操作說明】 主角移動: ← → 主角跳躍: SPACE 填寫元素: LEFT 離開樹上: 飛樹中 + SMALL 接取任務: 靠近NPC + I 離開問卡: 靠近太空船 + I</p> <p>1. 化合反應< 結婚 ></p> <p>※生石灰(氫氧化鈣)溶於水中形成石灰水(氫氧化鈣)溶液 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ ※氯化鋅與水反應生成氯化鋅(氯化金屬氯化物溶於水呈強鹼性) $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$ ※氯化鋅與水反應生成氯化鋅 ※氯水的製造是把氯氣灌到水裡面 ※二氧化硫與水反應生成亞硫酸 ※硫酸粉燃燒生成二氧化硫 ※碳燃燒生成二氧化碳 ※氯氣加氯氣點火後生成水 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH}$ $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>時空幻境</p>	<p>對遊戲做出提示與說明，包含所需要的知識與技巧，並在遊戲當中需要的時候可隨時複習。</p>
處罰		<p>同時擁有明確的處罰與不明確的處罰。(明確的處罰為時間歸零自動跳出關卡，不明確的處罰為玩家跳躍技巧不足)</p>
劇情	 <p>智者：最近聚木研究所發出一種新的能源，這種能源非常乾淨，是由兩種物質混合而成的，其中一種物質是另外一種的兩倍，且反應後的產物只有H_2O，現在我需要這種新能源來作為太空船前往其他星球的燃料!!</p>	<p>透過任務劇情將學習目標與遊戲目標結合。</p>
真實程度		<p>同時出現真實生活中的案例與幻想的世界觀。</p>

不確定性		<p>以隨機事件達成不確定性。</p>																																	
好奇心		<p>學習者透過尋找新知識與遊戲難度上的挑戰性產生好奇心。</p>																																	
競爭與勝負	<p>聚木星</p> <table border="1" data-bbox="303 900 859 1327"> <thead> <tr> <th>冒險排名</th> <th>冒險者</th> <th>冒險成就</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第1名</td> <td>邱裴翎</td> <td>248分</td> </tr> <tr> <td>第2名</td> <td>許育璿</td> <td>248分</td> </tr> <tr> <td>第3名</td> <td>廖昱璋</td> <td>220分</td> </tr> <tr> <td>第4名</td> <td>周均如</td> <td>196分</td> </tr> <tr> <td>第5名</td> <td>林惟敏</td> <td>160分</td> </tr> <tr> <td>第6名</td> <td>傅郁婷</td> <td>124分</td> </tr> <tr> <td>第7名</td> <td>吳昭儀</td> <td>120分</td> </tr> <tr> <td>第8名</td> <td>林庭安</td> <td>114分</td> </tr> <tr> <td>第9名</td> <td>林雅嵐</td> <td>114分</td> </tr> <tr> <td>第10名</td> <td>賴科維</td> <td>108分</td> </tr> </tbody> </table>	冒險排名	冒險者	冒險成就	第1名	邱裴翎	248分	第2名	許育璿	248分	第3名	廖昱璋	220分	第4名	周均如	196分	第5名	林惟敏	160分	第6名	傅郁婷	124分	第7名	吳昭儀	120分	第8名	林庭安	114分	第9名	林雅嵐	114分	第10名	賴科維	108分	<ol style="list-style-type: none"> 透過排行榜讓學習者之間產生競爭。 本遊戲的獲勝方式為獲得高分與破關。
冒險排名	冒險者	冒險成就																																	
第1名	邱裴翎	248分																																	
第2名	許育璿	248分																																	
第3名	廖昱璋	220分																																	
第4名	周均如	196分																																	
第5名	林惟敏	160分																																	
第6名	傅郁婷	124分																																	
第7名	吳昭儀	120分																																	
第8名	林庭安	114分																																	
第9名	林雅嵐	114分																																	
第10名	賴科維	108分																																	
技巧與機會		<p>在遊戲關卡中的難易度平衡進行測試。</p>																																	

選擇		遊戲提供提示讓學習者必須對所獲得的資訊做出正確的選擇得以繼續進行遊戲。
資訊流		提供正確的化學反應知識。
獎勵		破關與排名獎勵，提供學習者強烈的學習動機。
提供訊息		隨時提供學習者進行遊戲與學習回饋。

肆、使用者流程

以下分別針對本研究所設定的老師與學生兩類型使用者進行使用者流程說明，如圖 3-3-1 與圖 3-3-2 所示。

一、學生之使用者流程圖：

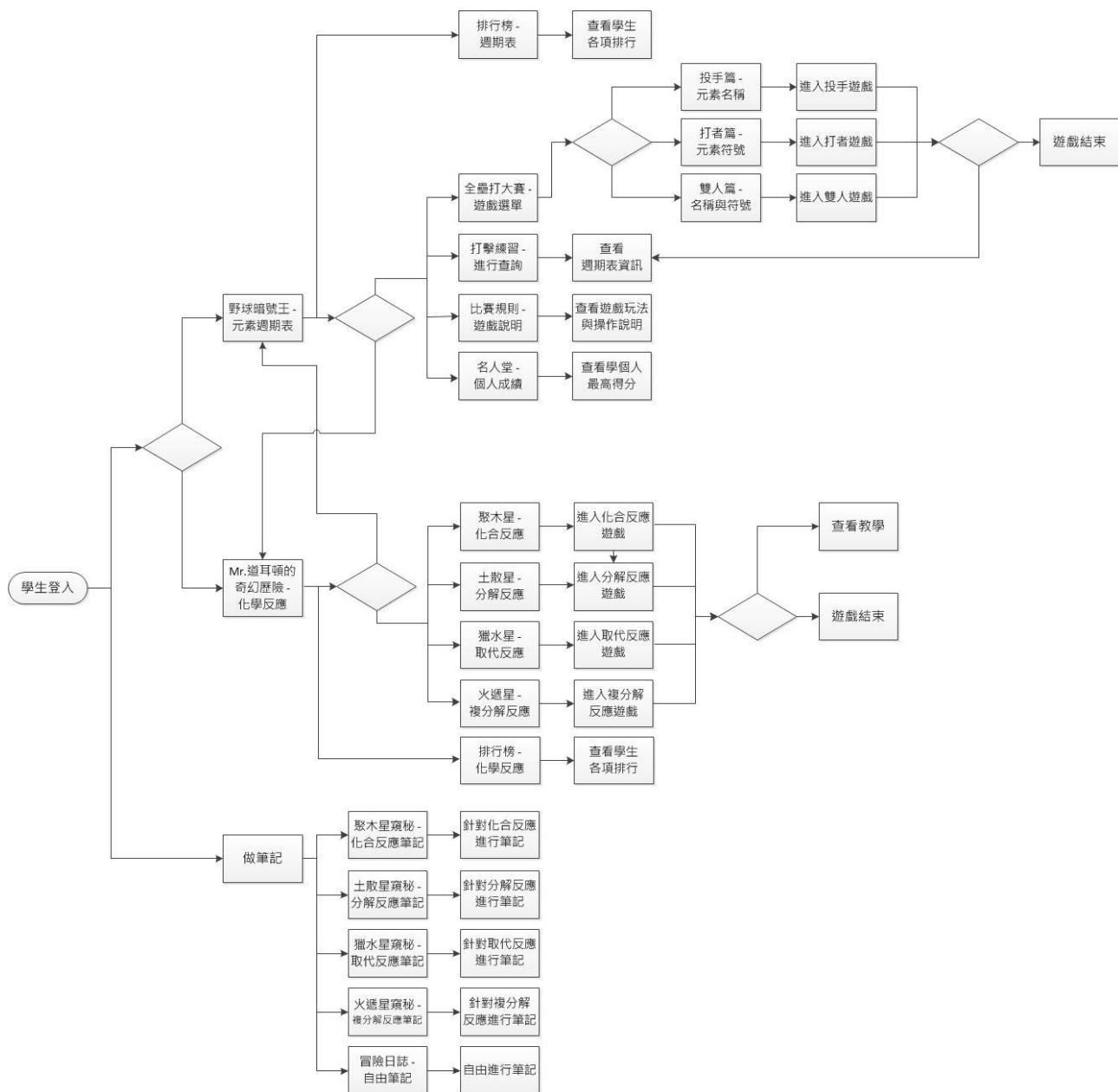


圖 3-3-1 學生之使用者流程圖

二、教師之使用者流程圖

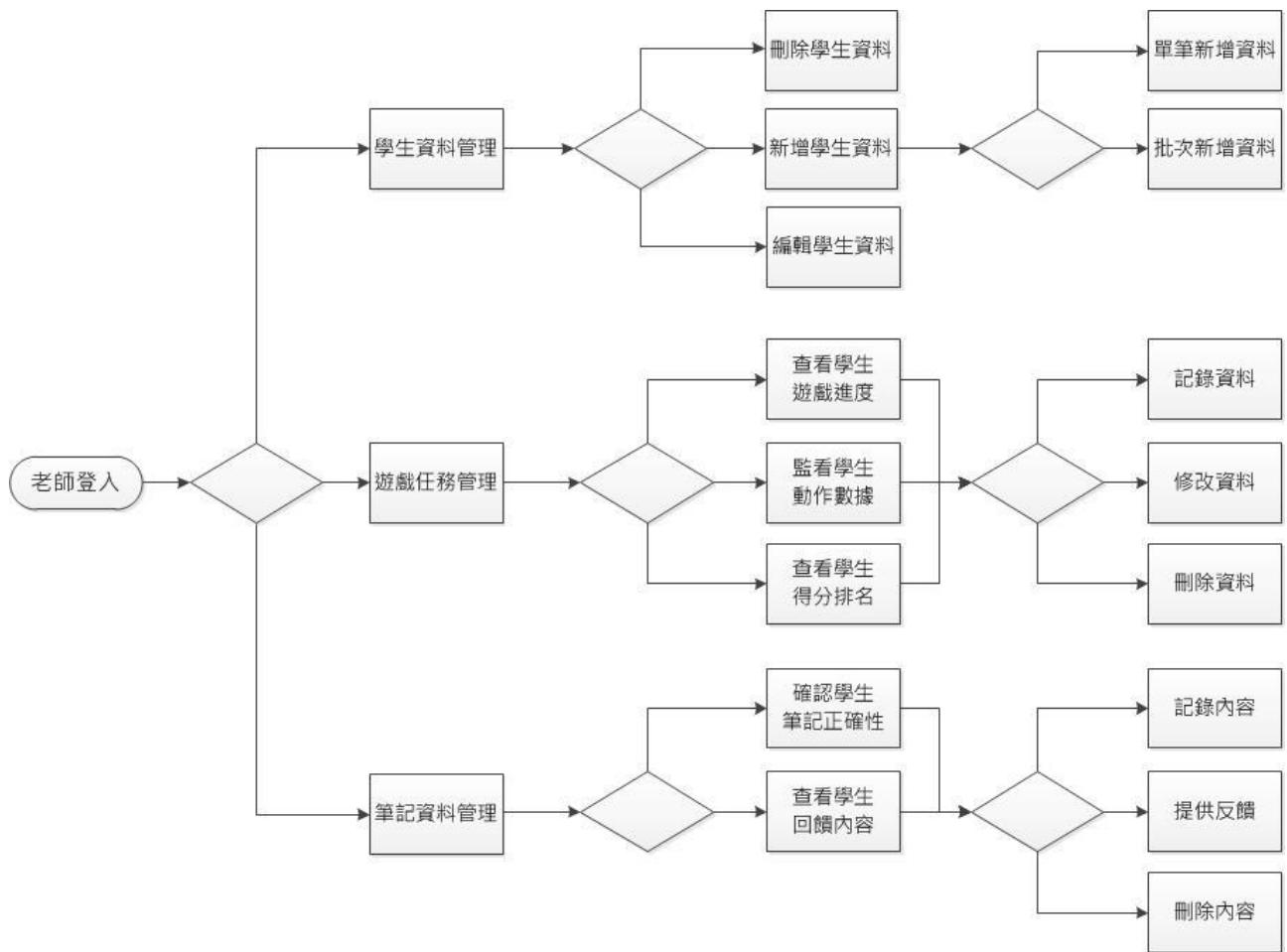


圖 3-3-2 教師之使用者流程圖

第四節 遊戲系統配置

本研究所開發之數位教育遊戲建置於IBM System x3500 M2伺服器，其使用xampp1.7.7版本建置系統所需環境，內容包括php5.3.8版、Apache2.2.21版、MySQL5.5.16版本，並使用Adobe Flash CS 6 版本進行遊戲軟體開發。

一、硬體設施：

IBM System x3500 M2

二、軟體：

遊戲系統開發使用軟體如下表3-4-1所示。

表3-4-1遊戲系統開發軟體說明表

類別	名稱	版本	備註
作業系統	Microsoft server 2008 r2	32bit專業版SP1	
程式開發	Adobe Flash	CS6	
程式開發	php	5.3.8	
Server	Apache	2.2.21	
資料庫	MySQL	5.5.16	

三、使用環境建議：

本遊戲建議使用 Google Chrome 瀏覽器 25.0.1364.97 以上版本以及螢幕解析度 1280 x 1024 或 1920 x 1080 以上解析度，以達到最佳瀏覽效果。

第五節 遊戲系統說明

本節將依「野球暗號王」、「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」、「筆記區」與「排行榜」等四個部分依序進行說明。野球暗號王乃針對化學元素週期表單元所設計之教學關卡；Mr. 道耳頓的奇幻歷險則為針對化學反應單元所設計之教學關卡，共分成四個關卡「聚木星」、「土散星」、「獵水星」與「火遞星」，其分別對應化學反應四大類型當中的其中一種類型，透過四種截然不同的遊戲設計與方式，讓學生能夠理解四種化學反應類型之間的差異；而筆記區與排行榜則為輔助教學之工具，分別敘述如下：

壹、「野球暗號王」

「野球暗號王」為針對化學元素週期表單元所設計之遊戲，主要因應在此單元的學習上有著大量繁複且需背誦之內容，在遊戲中藉由原子軌域的規律性來背誦化學元素週期表，利用八隅體規則對應元素的位置，再配合遊戲中形象鮮明的元素角色，使學生能夠更快速的記憶其表徵，進而將表徵與教學內涵做連結。



圖 3-5-1 野球暗號王開頭動畫



圖 3-5-2 野球暗號王遊戲選單

在「野球暗號王」中，可分為四個部分，一是「全壘打大賽」，二是「打擊練習」，三是「比賽規則」，四則為「名人堂」，如圖 3-5-2 所示。以下分別進行說明：

一、「全壘打大賽」

進入全壘打大賽即可開始遊戲，全壘打大賽分為投手篇、打者篇與雙人篇三種模式，如下圖 3-5-3 所示，投手篇指引學生學習記憶化學元素的名稱（圖 3-5-4），打者篇指引學生學習記憶元素符號（圖 3-5-5），雙人篇則同時讓學生進行元素名稱與元素符號的記憶學習（圖 3-5-6），亦可由兩位學生一同進行合作與競賽。



圖 3-5-3 全壘打大賽選單



圖 3-5-4 投手篇遊戲畫面



圖 3-5-5 打者篇遊戲畫面



圖 3-5-6 雙人篇遊戲畫面

在遊戲中學生扮演投手與打者的角色，依照擔任教練的「門德烈夫」所打出的原子軌域暗號，計算出原子序為何，之後再進入暫停區查看該原子序所對應化學元素的元素名稱及元素符號各為何，如下圖 3-5-7 與 3-5-8 所示，最後再將其分別拖曳至投手或是打者身上。在投手篇與打者篇中，若是選擇正確的元素，即可打出全壘打（圖 3-5-9），若是選擇錯誤則會分別擊出滾地球或高飛球出局（圖 3-5-10、圖 3-5-11），此時遊戲會給予正確提示，學生需在三個出局數之內完成全部 18 支全壘打，且費時越短分數越高。在雙人篇中，則需要元素名稱與元素符號兩者皆正確才可打出全壘打，其中一個對但另一個錯則會打出滾地球或飛球出局，此時遊戲仍會給予正確提示，兩者皆錯則會被三振出局（圖 3-5-12），學生需要在有限的時間內打出最多的全壘打來獲得高分。在遊戲結束時，會進入遊戲結算畫面，在此畫面中可以查看自己的遊戲表現與遊戲得分（圖 3-5-13）、（圖 3-5-14）。



圖 3-5-7 進入暫停區畫面

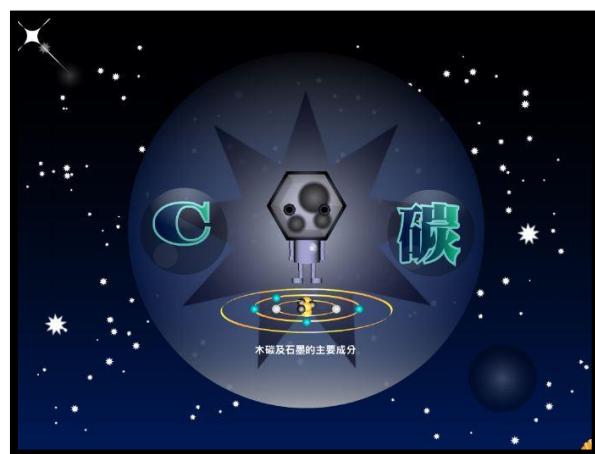


圖 3-5-8 查看元素畫面

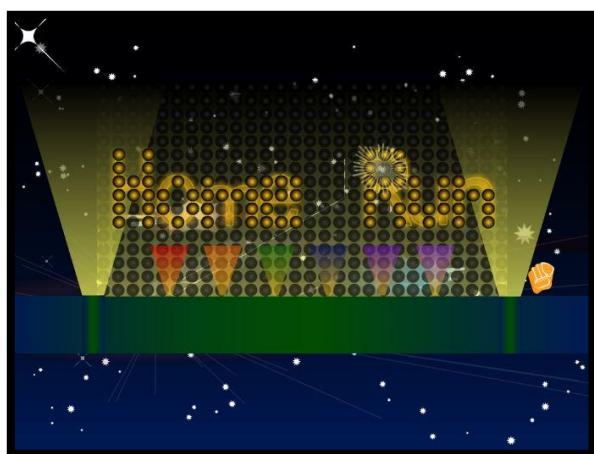


圖 3-5-9 全壘打畫面



圖 3-5-10 滾地球出局畫面



圖 3-5-11 飛球出局畫面



圖 3-5-12 三振畫面

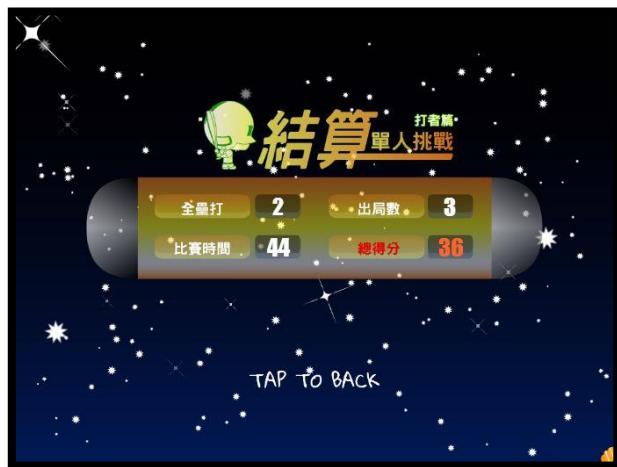


圖 3-5-13 單人篇結算畫面

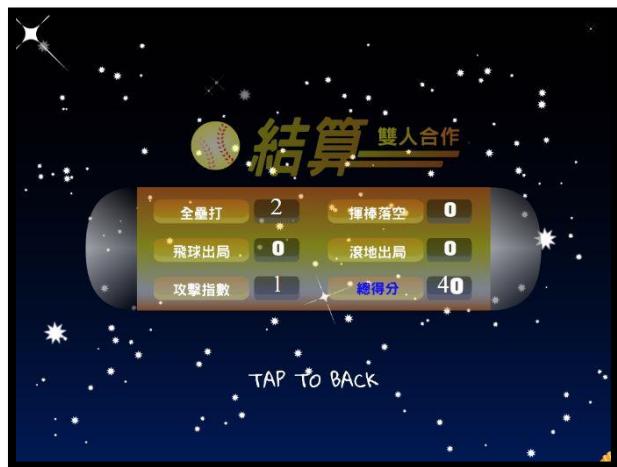


圖 3-5-14 雙人篇結算畫面

二、「打擊練習」

進入打擊練習，即可隨時查看化學元素週期表資訊，包含原子序、週期、族、元素名稱、元素符號、原子軌域、元素角色圖像與元素特性說明。

三、「比賽規則」

進入比賽規則，即可觀看遊戲玩法與操作說明動畫，如圖 3-5-15 所示。



圖 3-5-15 比賽規則



圖 3-5-16 名人堂

四、「名人堂」

進入名人堂，即可查詢自己在全壘打大賽中的最高得分紀錄，如圖 3-5-16 所示。

貳、「Mr.道耳頓的奇幻歷險」

「Mr.道耳頓的奇幻歷險」共分成四個關卡，每一關所對應的化學反應類型為：「聚木星」為化合反應類型；「土散星」為分解反應類型；「獵水星」為取代反應類型；「火遞星」為複分解反應類型（圖 3-5-17）、（圖 3-5-18）。在遊戲中，學生扮演一位在四個化學星球來回穿梭的冒險者「Mr.道耳頓」，藉由操控 Mr.道耳頓來完成各式任務。

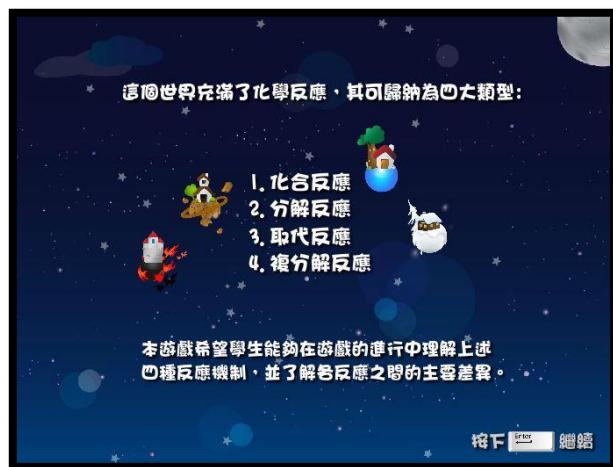


圖 3-5-17 化學反應類型



圖 3-5-18 遊戲關卡

一、「聚木星」

「聚木星」為針對化學反應四大類型當中的「化合反應」所設計之教學關卡，在這一關裡，學生需要透過「接取任務」的動作來了解聚木星上的居民所面臨的問題（圖 3-5-19），等到確認任務之後便可以開始蒐集所需要的化學元素（圖 3-5-20），在任務過程中，學生需要了解該任務所需的元素與數量，等蒐集完成後便可以進行任務的提交；而遊戲系統也會在完成任務後提供學生正確的化學概念，以及給予下一關「土散星」所需的催化劑並告知其效用（圖 3-5-21）。而在聚木星化學元素的配置上，依據星球的情緒不同採隨機出現，但元素出現的位置仍會依照七大週期的排列方式，避免學生產生錯誤的化學概念。



圖 3-5-19 接取任務畫面



圖 3-5-20 蒐集元素畫面



圖 3-5-21 任務完成畫面

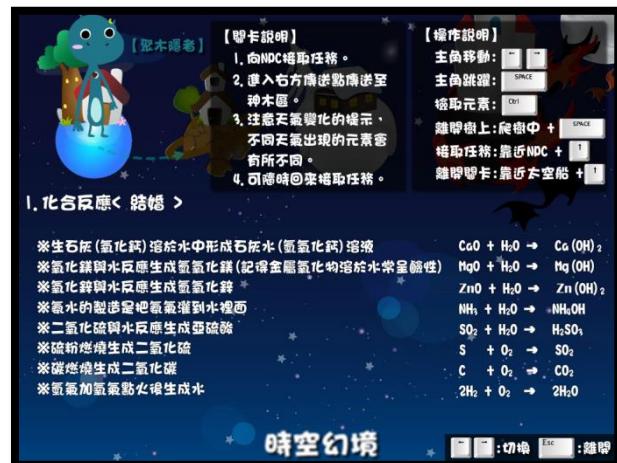


圖 3-5-22 教學模式畫面

在遊戲中，可以按下按鍵「F1」進入教學模式，如圖 3-5-22 所示，在教學模式中，可以查看每一關的關卡說明、操作說明與化學反應式等資訊。

二、「土散星」

「土散星」為針對化學反應四大類型當中的「分解反應」所設計之教學關卡，在這一關裡，學生需要透過「聚木星」所獲得的催化劑來解決這個星球潛藏在地底的魔物（圖 3-5-23），催化劑功用為加速反應速率可使得地底魔物進行分解。



圖 3-5-23 攻擊魔物畫面



圖 3-5-24 教學模式之分解反應

三、「獵水星」

「獵水星」為針對化學反應四大類型當中的「取代反應」所設計之教學關卡，在這一關裡，學生需要先了解各個化學元素之間的活性大小關係，再選擇一個元素判斷其活性是否大於目標化合物而能產生反應（圖 3-5-25），在本關中亦含有策略性，如一開始先將活性較大之元素用完，則可能無法完成此關，另外當發生不能產生反應的狀況時，遊戲亦會顯示其原因來告知學生（圖 3-5-26）。



圖 3-5-25 反應成功畫面



圖 3-5-26 提示原因畫面



圖 3-5-27 反應後留下元素



圖 3-5-28 教學模式之取代反應

四、「火遞星」

「火遞星」為針對化學反應四大類型當中的「複分解反應」所設計之教學關卡，在這一關裡，學生需要記憶在門後的化學元素，在每次機會中選出兩個能夠反應出硫酸鉀、氯化鉀、碳酸鈣或硫酸鋅的元素（圖 3-5-29），當成功反應出所需化合物時，遊戲會施放元素之間進行分解再化合的示意動畫，讓學生能夠了解其原理（圖 3-5-30）。

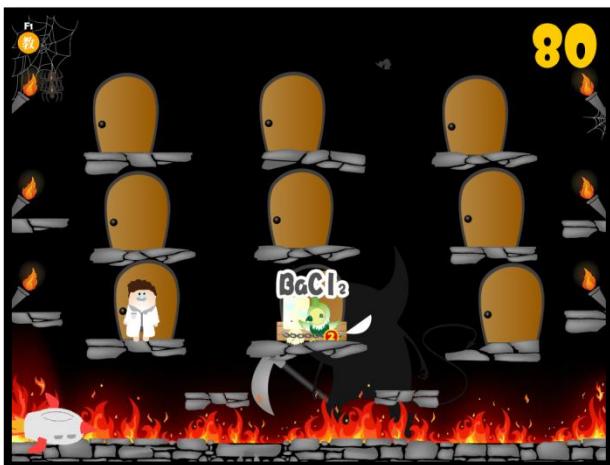


圖 3-5-29 元素配對畫面

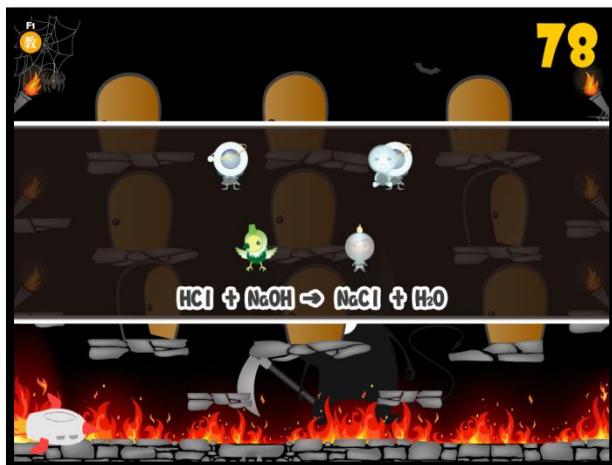


圖 3-5-30 反應示意動畫

 A screenshot of the teaching mode for double decomposition reactions. It shows three sections: 'Card Instructions', 'Procedure Instructions', and 'Fire Devil'. The 'Procedure Instructions' section includes a diagram of a house with doors labeled '吸引的元素' (Attracting Element) and '驅離木門' (Repelling Wood Door). Below it is a section titled '4. 複分解反應 < 換爐 >' with the reaction $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. At the bottom, there are notes about sulfuric acid reacting with potassium hydroxide to produce potassium sulfate and water, and hydrochloric acid reacting with sodium hydroxide to produce sodium chloride and water. There are also notes about mixing calcium chloride with sodium carbonate to form calcium carbonate沉淀 and sodium chloride, and mixing barium chloride with sodium sulfate to form barium sulfate沉淀 and sodium chloride.

圖 3-5-31 教學模式之複分解反應

A screenshot of the game progress confirmation screen. It shows a summary of achievements: '生病的土壤' (X 1), '狩獵的空巢' (X 1), '資源燃料' (X 1), '奇遇地圖' (X 3), '外科魔術' (X 3), '魔法藥劑' (X 1), '聚木星' (124), '狩獵魔靈' (X 3), '尋求解題' (X 2), and a total score of 108. The background is a night sky with stars and a crescent moon.

圖 3-5-32 遊戲進度確認畫面

此外，學生在遊戲中，可以隨時查看個人冒險指數、各關卡破關次數與得分等資訊，進行遊戲進度的確認，如上圖 3-5-32 所示。

參、「筆記區」

「筆記區」為了學生在遊戲中學習時，可以方便將重點記錄下來，並且幫助學生：一、思考已經學到了那些，二、了解所要學習的內容為何，三、知道還有那些沒有學習到的。在筆記區中分為五個區塊，「聚木星窺秘」、「土數星窺秘」、「獵水星窺秘」、「火遞星窺秘」與「冒險日誌」，分別依照四個關卡的化學反應類型給予學生鷹架進行筆記，在筆記時僅需使用「拖曳」方式即可做好筆記，而冒險日誌的部份則可讓學生自由選擇想要記下哪些內容。



圖 3-5-33 聚木星窺秘



圖 3-5-34 土散星窺秘

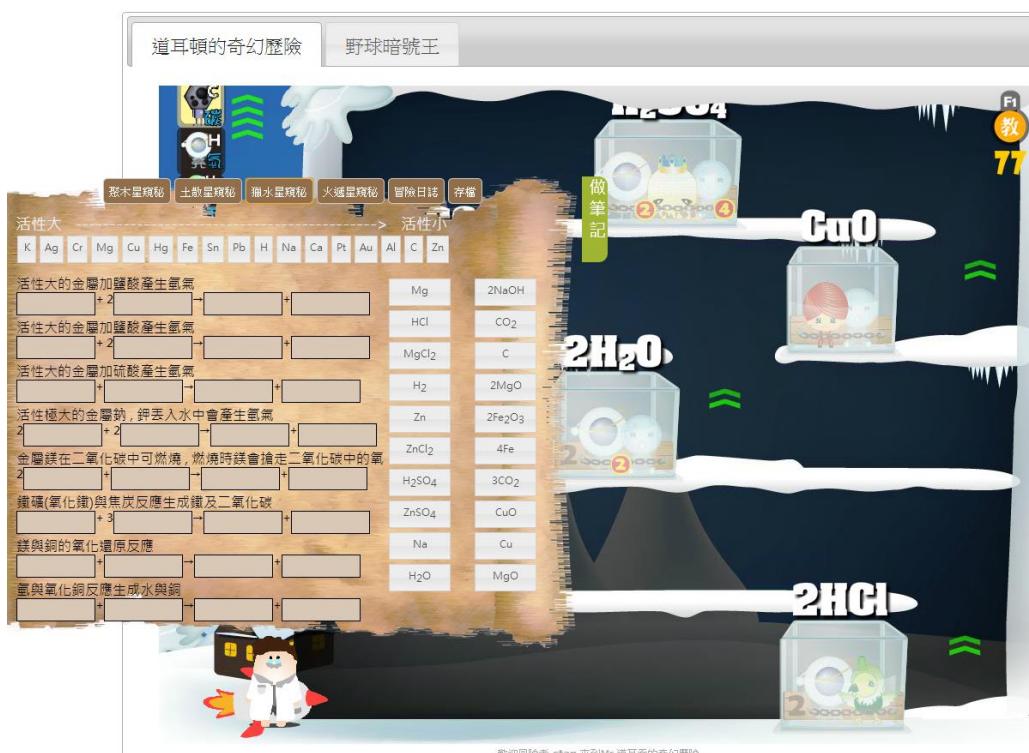


圖 3-5-35 獵水星窺秘



圖 3-5-36 火遞星窺秘



圖 3-5-37 冒險日誌

肆、「排行榜」

「排行榜」則是為了透過獎勵與競爭的方式加強學生動機，也讓老師能夠快速地知道學生目前的遊戲進度為何，適時給予指引與幫助，在每一關卡當中以學生的過關與否與解完任務之次數以及所花費時間等表現給予評分並進行排名。其中「排行榜」在「野球暗號王」裡分成了「餵球王」(元素名稱)、「猜球王」(元素符號)、「全壘打王」(元素名稱與符號)與「MVP」(綜合表現)等四項排名，分別記錄了在遊戲中該項目表現最好的前十名學生的排名、姓名與分數等資訊。而「排行榜」在「Mr.道耳頓的奇幻歷險」裡則分成了「聚木星」(化合反應)、「土散星」(分解反應)、「獵水星」(取代反應)、「火遞星」(複分解反應)與「冒險指數」(四關綜合表現)等五項排名，分別記錄了該項目前十名學生的排名、姓名與分數等資訊。

MVP

排行	明星球員	記者投票
第1名	張呂亭宜	240票
第2名	羅元駿	240票
第3名	楊惠竹	240票
第4名	余孟霏	220票
第5名	葉柏伶	220票
第6名	湯雅婷	180票
第7名	吳皓偉	160票
第8名	厲晨帆	160票
第9名	劉晏伶	160票
第10名	陳靜文	140票

圖 3-5-38 MVP 排行榜

冒險指數

冒險排名	冒險者	冒險成就
第1名	李昆熾	1346分
第2名	張呂亭宜	1335分
第3名	葉柏伶	1243分
第4名	林圓媛	1075分
第5名	鍾陳勛	710分
第6名	厲晨帆	529分
第7名	陳靜文	522分
第8名	羅元駿	463分
第9名	湯雅婷	385分
第10名	劉晏伶	361分

圖 3-5-39 冒險指數排行榜

第四章 研究方法

本研究透過「數位教育遊戲」進行化學教學，在課堂實施教學之後，利用「化學學習成就測驗」、「學生對於 Mr.道耳頓的奇幻歷險之科技接受度問卷」與「Mr.道耳頓的奇幻歷險鷹架功能之知覺有用性問卷」來探討學生的學習成效以及對本研究所開發之「數位教育遊戲」進行初步的評估，並對學生進行質性訪談，以做為後續遊戲系統設計與改良的建議。因本研究之目的包含遊戲系統的開發與評估，故本章將依據系統評估來說明研究方法。

本章分為五節，第一節介紹研究對象，第二節說明本研究之研究架構與實驗設計，第三節為研究流程之規劃，第四節為研究工具，第五節為資料蒐集與分析。

第一節 研究對象

本研究所開發之數位教育遊戲，其選定之學科內容為國中二年級下學期自然領域中的化學反應單元，為因應十二年國教將國中之補救教學移至高中端實施，故研究者在經過兩次針對剛升上國中三年級之學生進行施測之後，再次選定以國立內壢高中一年級剛入學的新生作為研究對象，並依照學生的意願主動報名參與此次研究，本研究共舉辦了三個梯次的「悅趣式化學課程研習營」，每一梯次時間為八小時，全程參與的研究對象為 85 人，其中男生 39 人，女生 46 人。此外，在這 85 人當中將其依前測之平均分數進行分組，將高於平均分數的學生分為高成就組，共 36 人，而低於平均分數的學生則分為低成就組，共 49 人，使用獨立樣本 t 檢定，將兩組之化學成績進行分析，結果顯示兩組在化學成績上達顯著差異($t=8.35, p<.05$)。而在訪談對象的選擇上則以在科技接受度與鷹架功能之知覺有用性問卷以及化學學習成就測驗的總共七個向度中，從每一向度裡選出最為正向與相較之下最為負向的兩位學生進行質性訪談。

第二節 研究設計

壹、研究架構

本研究由一位老師於課程當中對班級學生進行指導，其負責解說遊戲系統的基本操作說明，學生則使用數位教育遊戲進行學習。在教學開始之前先對學生進行「化學學習成就測驗」將其做為前測，於當天課程結束之後，再行對學生實施「化學學習成就測驗」、「學生對於 Mr.道耳頓的奇幻歷險之科技接受度問卷」與「Mr.道耳頓的奇幻歷險鷹架功能之知覺有用性問卷」將其做為後測。本研究的研究架構如下圖 4-2-1 所示。

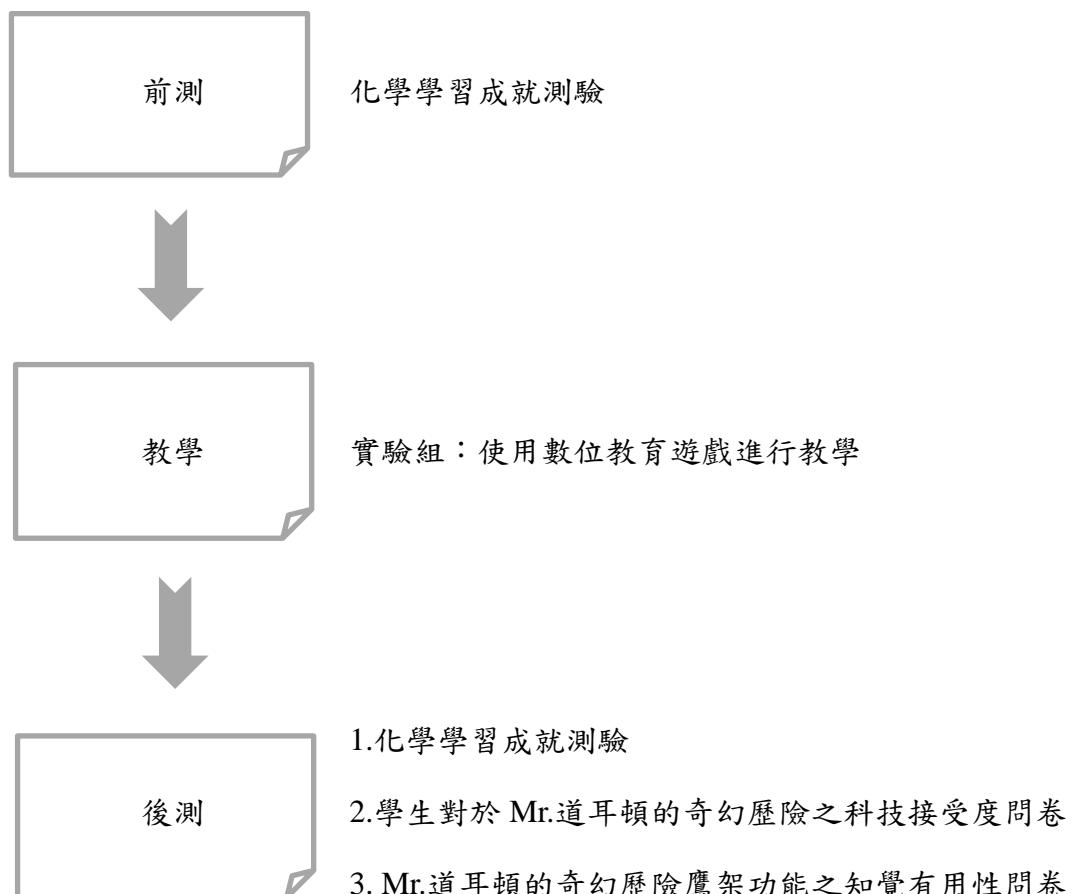


圖 4-2-1 研究架構圖

貳、課程內容

本研究共舉辦了三個梯次的「悅趣式化學課程研習營」，每一梯次時長為八小時，主要課程內容依序為化學元素週期表單元、化合反應單元、分解反應單元、取代反應單元、複分解反應單元，每一個單元老師的解說時間為十分鐘，其餘時間則讓學生玩數位教育遊戲中對應該單元的遊戲關卡。當完成所有單元教學之後，進行兩次數位教育遊戲的綜合競賽，讓學生自行選擇想要玩的關卡，並頒發獎狀給每個關卡分數第一名的學生做為獎勵。

表 4-2-2 悅趣式化學課程研習營課程表

時間	課程內容
08:00~08:20	化學學習成就測驗
08:20~09:10	野球暗號王 - 化學元素週期表單元
09:10~10:00	聚木星 - 化合反應單元
10:00~10:20	休息時間
10:20~11:10	土散星 - 分解反應單元
11:10~12:00	獵水星 - 取代反應單元
12:00~13:00	午餐時間
13:00~13:50	火遞星 - 複分解反應單元
13:50~14:50	綜合競賽 - 第一場
14:50~15:10	休息時間
15:10~16:10	綜合競賽 - 第二場
16:10~16:30	化學學習成就測驗
16:30~16:40	1. 學生對於 Mr.道耳頓的奇幻歷險之科技接受度問卷 2. Mr.道耳頓的奇幻歷險鷹架功能之知覺有用性問卷
16:40~17:00	進行頒獎

參、實驗設計

本研究採取前實驗研究法之「單一組前後測設計」(One-group pretest-posttest design)。實驗組接受「數位教育遊戲教學」的實驗處理，並在實驗前後對實驗組學生進行施測，最後再比較實驗組分別在前、後測的情形，探討接受數位教育遊戲教學的實驗組是否能提升其學習效果。實驗設計如表 4-2-3 所示。

表 4-2-3 實驗設計表

組別	前測	實驗處理	後測
實驗組	O ₁	X	O ₂

關於上表，各代號的意義說明如下：

X：表示實驗組接受「數位教育遊戲教學」的實驗處理。

O₁：表示實驗處理前，對實驗組學生所實施的「化學學習成就測驗」。

O₂：表示實驗處理後，對實驗組學生所實施的「化學學習成就測驗」，包含本研究中的「學生對於 Mr.道耳頓的奇幻歷險之科技接受度問卷」以及「Mr.道耳頓的奇幻歷險鷹架功能之知覺有用性問卷」。

茲將本研究所涉及的變項說明如下：

一、自變項

本研究的自變項為使用數位教育遊戲進行教學。

二、依變項

化學學習成就測驗成績。

在本研究中，此測驗所得分數越高表示學習效果越好。

三、控制變項

本研究的可控制變項為前後測的實施：在前後測的施測時間長度及地點保持一致。

第三節 研究流程

研究者在確立研究主題後，便參考國內外相關文獻，並與指導教授與現場教師討論過後，決定開發一款數位教育遊戲。透過對相關文獻的回顧及探討，根據先進研究者發展的理論及架構，再依研究目的加以修改後，規劃出本研究的遊戲系統架構。而在遊戲系統開發上，同樣依據文獻回顧與指導教授及現場教師討論所規劃出的數位教育遊戲元素來進行遊戲系統的設計。在實驗設計上本研究舉辦了「悅趣式化學課程研習營」，透過學生實際使用後所給予的意見進行遊戲系統的修正，並藉此了解學生使用遊戲系統後的化學成績是否有所提升。最後再將問卷進行統整分析，解釋研究中的結果與思考未來的研究發展，研究流程如圖 4-3-1 所示。

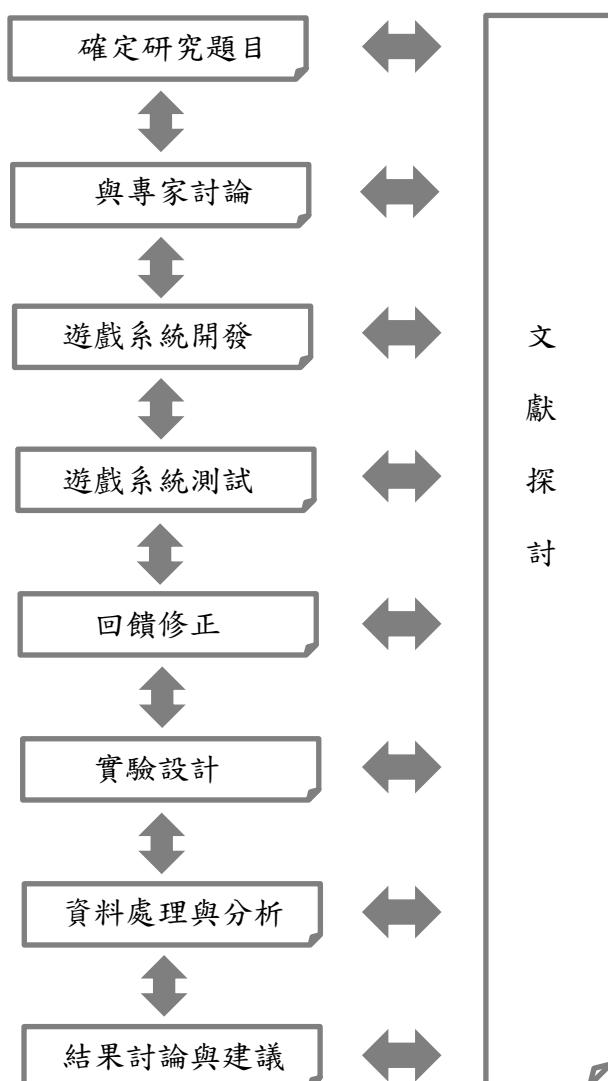


圖 4-3-1 研究流程圖

第四節 研究工具

本研究為回答研究問題：一、對於學生來說，數位教育遊戲的有用性、易用性以及使用意願為何？使用研究工具「學生對於 Mr. 道耳頓的奇幻歷險之科技接受度問卷」與「Mr. 道耳頓的奇幻歷險鷹架功能之知覺有用性問卷」；二、 使用數位教育遊戲對學生在化學課程成績的影響為何？使用研究工具「化學學習成就測驗卷」。茲說明如下：

一、「學生對於 Mr. 道耳頓的奇幻歷險之科技接受度問卷」

此問卷為研究者參考 Yuen 與 Ma (2008) 所開發之科技接受度量表，再根據本研究之目的並與指導教授進行討論後，選擇其中「使用意願」(Intention to Use, ITU)、「知覺有用性」(Perceived Usefulness, PU) 與「知覺易用性」(Perceived Ease of Use, PEOU) 三個向度進行修改，問卷內容採用 Likert 六點量表，其中「使用意願」共 3 題，「知覺有用性」共 4 題，「知覺易用性」共 3 題，問卷總題數為 10 題。信度分別為 0.83、0.89 與 0.92，整體信度為 0.87，如下表 4-4-1 所示。而詳細問卷內容則如附錄一所示。

表 4-4-1 學生對於「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」之科技接受度問卷信度分析表

Scale	Items	α	Example
使用意願	3	0.83	當我需要學習化學反應時，我很願意透過玩「Mr.道耳頓的奇幻歷險」來學習化學反應。
知覺有用性	4	0.89	整體來說，我覺得「Mr.道耳頓的奇幻歷險」對我學習化學反應是有用的。
知覺易用性	3	0.92	總而言之，我覺得「Mr.道耳頓的奇幻歷險」是容易操作的。
整體問卷	10	0.87	

二、「Mr. 道耳頓的奇幻歷險鷹架功能之知覺有用性問卷」

此問卷為研究者根據本研究之目的並依遊戲系統提供之功能與指導教授進行討論後，著手開發此問卷。問卷內容採用 Likert 六點量表，共分為三個向度，分別為「概念學習」共 3 題、「程序學習」共 1 題與「後設認知學習」共 4 題，問卷總題數為 8 題。信度分別為 0.82 與 0.79，整體信度為 0.84，如下表 4-4-2 所示。而詳細問卷內容則如附錄二所示。

表 4-4-2 「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」鷹架功能之知覺有用性問卷信度分析表

Scale	Items	α	Example
概念學習	3	0.82	我認為關卡中的提示能夠幫助我學習化學概念。
程序學習	1	-	我認為在「Mr.道耳頓的奇幻歷險」裡的各個關卡說明，能夠引導我一步一步地學習化學反應。
後設認知學習	4	0.79	我認為「Mr.道耳頓的奇幻歷險」所提供的「冒險日誌」功能，能夠幫助我思考我要學習的內容有哪些。
整體問卷	8	0.84	

三、「化學學習成就測驗」

此測驗為專家學者所編製，邀請台中市雙十國中的化學老師擔任專家學者，編擬 16 題有關國中二年級下學期化學反應單元的選擇題與 16 題對應該選擇題之答題理由做為題目，此部分由學生進行手寫作答，測驗滿分為 32 分。詳細測驗內容如附錄三所示。

第五節 資料蒐集與分析

本節分為資料蒐集與資料分析兩部份來進行探討。

壹、資料蒐集

本研究所蒐集的資料包含實施教學之前的化學成就測驗前測資料與實施教學之後的化學成就測驗後測資料以及學生對數位教育遊戲的科技接受度問卷資料與鷹架功能知覺有用性問卷資料與質性訪談資料。

貳、資料分析

本研究為回答研究問題一，探討數位教育遊戲之有用性、易用性及使用意願，先將回收之科技接受度問卷與鷹架功能之知覺有用性問卷的各個向度之平均及標準差進行計算。為回答研究問題二，則先將化學學習成就測驗之前後測進行批改，其中 16 題選擇題之答案由專家學者提供，另 16 題答題理由之答案則由專家學者提供解題之邏輯概念進行批閱。而為了分別了解學生在前、後測之化學成績的差異，採用成對樣本 t 檢定進行資料分析。

本研究除了進行問卷的量化分析之外，也利用訪談來幫助本研究更清楚地了解學生對於使用數位教育遊戲進行學習之後的具體回饋與建議。針對訪談內容，首先將訪談內容謄錄為逐字稿，再從逐字稿中擷取與遊戲系統回饋相關的重要資訊進行初步分類。

第五章 結果與討論

本章將本研究所收集的「學生對於 Mr.道耳頓的奇幻歷險之科技接受度問卷」、「Mr.道耳頓的奇幻歷險鷹架功能之知覺有用性問卷」與「化學學習成就測驗」等三份資料進行量化分析，以及針對 14 位學生進行訪談之結果加以彙整，並將其分成兩節進行探討，第一節為數位教育遊戲之使用者初步評估與建議，第二節為學生使用數位教育遊戲對化學成績之影響。

第一節 數位教育遊戲之使用者初步評估與建議

壹、學生對於數位教育遊戲的「知覺有用性」分析

學生對於數位教育遊戲的整體知覺有用性分析結果如下表 5-1-1 所示，平均分數 (mean) 為 4.81 (S.D.=0.96)，大於 3.5，顯示學生在數位教育遊戲的知覺有用性上屬於正向。這也表示學生認為使用數位教育遊戲對於學習化學反應是有用的。

表 5-1-1 整體知覺有用性之描述性統計摘要表

題目	mean	S.D.
1. 我覺得玩「Mr.道耳頓的奇幻歷險」，能提高我對化學反應的理解。	4.91	0.90
2. 我覺得玩「Mr.道耳頓的奇幻歷險」，讓我能更有效地學習化學反應。	4.68	1.07
3. 我覺得玩「Mr.道耳頓的奇幻歷險」，能讓我學得更好。	4.74	0.98
4. 整體來說，我覺得「Mr.道耳頓的奇幻歷險」對我學習化學反應是有用的。	4.89	0.89
平均	4.81	0.96

貳、學生對於數位教育遊戲的「知覺易用性」分析

學生對於數位教育遊戲的知覺易用性分析結果，從下表 5-1-2 可以得知，學生的平均分數（mean）為 4.67 (S.D.=1.27)，大於 3.5，表示學生認為使用數位教育遊戲對他們來說是容易的。

表 5-1-2 整體知覺易用性之描述性統計摘要表

知覺易用性	mean	S.D.
1. 「Mr.道耳頓的奇幻歷險」對我來說是很容易上手的。	4.73	1.28
2. 當我在玩「Mr.道耳頓的奇幻歷險」時，遊戲的互動方式對我而言是簡單的。	4.74	1.23
3. 總而言之，我覺得「Mr.道耳頓的奇幻歷險」是容易操作的。	4.74	1.28
平均	4.74	1.26

參、學生對於數位教育遊戲的「使用意願」分析

學生對於數位教育遊戲的使用意願分析結果，如下表 5-1-3 所示，學生的平均分數(mean)為 4.65 (S.D.=1.00)，大於 3.5，表示學生在學習化學反應單元的時候會想要使用數位教育遊戲來進行學習。

表 5-1-3 使用意願之描述性統計摘要表

使用意願	mean	S.D.
1. 我會想要透過玩「Mr.道耳頓的奇幻歷險」來學習 化學反應。	4.75	0.87
2. 當我在學習化學反應單元時，我會想要透過玩 「Mr.道耳頓的奇幻歷險」來複習。	4.51	1.14
3. 當我需要學習化學反應時，我很願意透過玩「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」來學習化學反應。	4.69	0.99
平均	4.65	1.00

肆、學生對於數位教育遊戲的「鷹架功能知覺有用性」分析

為了解數位教育遊戲所提供的鷹架功能知覺有用性進行分析之結果，從下表 5-1-4 的結果可知整體鷹架功能知覺有用性平均分數（mean）為 4.92 (S.D.=0.88)，大於 3.5，顯示學生對於數位教育遊戲所提供的鷹架功能持正面態度。

表 5-1-4 鷹架功能知覺有用性之描述性統計摘要表

Scale	mean	S.D.
1. 概念學習	5.14	0.78
2. 程序學習	4.98	
3. 後設認知學習	4.70	0.98
平均	4.92	0.88

而進一步探討學生對於數位教育遊戲之鷹架功能知覺有用性，將其分為「概念學習」、「程序學習」與「後設認知學習」三個向度進行分析，結果顯示三個向度的平均分數（mean）分別為 5.14 (S.D.=0.78)、4.98 與 4.70 (S.D.=0.98)，三者皆大於 3.5，表示學生在「概念學習」、「程序學習」與「後設認知學習」三項鷹架功能上亦持正面態度。

綜觀上述，我們針對鷹架功能更進一步地來看，學生對於數位教育遊戲的「概念學習」鷹架功能子向度之知覺有用性分析結果，可從下表 5-1-5 得知，其平均分數（mean）為 5.14 (S.D.=0.78)，大於 3.5，表示使用數位教育遊戲所提供的「概念學習」鷹架功能，對於學生來說是有用的。

表 5-1-5 「概念學習」鷹架功能子向度之描述性統計摘要表

題目	mean	S.D.
1. 我認為使用 F1 查詢相關知識能夠幫助我學習化學概念。	5.19	0.76
2. 我認為關卡中的提示能夠幫助我學習化學概念。	5.06	0.76
3. 整體而言，化學概念的提示對我來說是有用的。	5.16	0.81
平均	5.14	0.78

學生對於數位教育遊戲的「後設認知學習」鷹架功能子向度之知覺有用性分析結果如下表 5-1-6 所示，學生的平均分數 (mean) 為 4.70 (S.D.=0.98)，大於 3.5，表示使用數位教育遊戲所提供的「後設認知學習」鷹架功能，對於學生來說是有用的，但其中的「冒險日誌」功能平均分數較低，建議可加上概念地圖輔助此功能。

表 5-1-6 「後設認知學習」鷹架功能子向度之描述性統計摘要表

題目	mean	S.D.
1. 我認為「Mr.道耳頓的奇幻歷險」所提供的 「冒險日誌」功能，能夠幫助我思考我要學 習的內容有哪些。	4.47	0.95
2. 我認為「Mr.道耳頓的奇幻歷險」所提供的 「作筆記」功能，能夠幫助我思考哪些還沒 有學習到。	4.74	0.95
3. 我認為「Mr.道耳頓的奇幻歷險」所提供的 「作筆記」功能，能夠幫助我知道自己已經 學到了哪些。	4.85	0.93
4. 我認為「Mr.道耳頓的奇幻歷險」所提供的 錯誤提示，能夠幫助我思考發生錯誤的原 因。	4.75	1.08
平均	4.70	0.98

伍、不同成就的學生對於數位教育遊戲的「知覺有用性」分析

本研究為了檢驗不同成就的學生對於數位教育遊戲的整體知覺有用性分析結果，使用獨立樣本 t 檢定，將不同成就學生的知覺有用性平均分數進行分析，如下表 5-1-7 所示。結果發現，其知覺有用性平均分數沒有顯著差異，表示不同成就學生在數位教育遊戲的整體知覺有用性是一致屬於正向的，這也表示不同成就的學生都認為使用數位教育遊戲對於學習化學反應是有用的。

表 5-1-7 不同成就學生對於數位教育遊戲的整體知覺有用性之 t 檢定摘要表

	mean	S.D.	t
高成就	4.81	0.91	0.00
低成就	4.81	0.79	

陸、不同成就的學生對於數位教育遊戲的「鷹架功能知覺有用性」分析

本研究為了檢驗不同成就的學生對於數位教育遊戲的鷹架功能知覺有用性分析結果，使用獨立樣本 t 檢定，將不同成就學生的鷹架功能知覺有用性平均分數進行分析，如下表 5-1-8 所示。結果發現，不同成就學生的鷹架功能知覺有用性平均分數沒有顯著差異，表示不同成就的學生對於數位教育遊戲所提供的整體鷹架功能皆持正面態度。

表 5-1-8 不同成就學生對於數位教育遊戲的鷹架功能知覺有用性之 t 檢定摘要表

	mean	S.D.	t
高成就	4.98	0.37	0.74
低成就	4.91	0.43	

進一步探討不同成就學生對於數位教育遊戲之鷹架功能知覺有用性當中的「概念學習」、「程序學習」與「後設認知學習」三個向度，分別進行分析，結果顯示不同成就學生在三個向度上的平均分數都沒有顯著差異，表示不同成就的學生在「概念學習」、「程序學習」與「後設認知學習」三項鷹架功能上同樣皆持正面態度。

以下為了檢驗不同成就的學生對於數位教育遊戲的「概念學習」、「程序學習」與「後設認知學習」三項鷹架功能分析結果，使用獨立樣本 t 檢定，將不同成就學生的「概念學習」、「程序學習」與「後設認知學習」鷹架功能平均分數進行分析，如下表 5-1-9、5-1-10 與 5-1-11 所示。結果發現，其「概念學習」、「程序學習」與「後設認知學習」鷹架功能平均分數皆沒有顯著差異，表示使用數位教育遊戲所提供的「概念學習」、「程序學習」與「後設認知學習」鷹架功能，對於不同成就的學生來說都是有用的。

表 5-1-9 不同成就學生對於「概念學習」鷹架功能子向度之 t 檢定摘要表

	mean	S.D.	t
高成就	5.18	0.71	0.45
低成就	5.11	0.65	

表 5-1-10 不同成就學生對於「程序學習」鷹架功能子向度之 t 檢定摘要表

	mean	S.D.	t
高成就	4.97	0.94	0.04
低成就	4.98	0.78	

表 5-1-11 不同成就學生對於「後設認知學習」鷹架功能子向度之 t 檢定摘要表

	mean	S.D.	t
高成就	4.78	0.63	0.77
低成就	4.65	0.86	

柒、不同成就的學生對於數位教育遊戲的「知覺易用性」分析

本研究為了檢驗不同成就的學生對於數位教育遊戲的知覺易用性分析結果，使用獨立樣本 t 檢定，將不同成就學生的知覺易用性平均分數進行分析，如下表 5-1-12 所示。結果發現，其知覺易用性平均分數沒有顯著差異，表示不同成就的學生在數位教育遊戲的整體知覺易用性是一致屬於正向的，這也表示不同成就的學生都認為使用數位教育遊戲對他們來說都是容易的。

表 5-1-12 不同成就學生對於數位教育遊戲的整體知覺易用性之 t 檢定摘要表

	mean	S.D.	t
高成就	4.51	1.17	1.11
低成就	4.79	1.12	

捌、不同成就的學生對於數位教育遊戲的「使用意願」分析

本研究為了檢驗不同成就學生對於數位教育遊戲的使用意願分析結果，使用獨立樣本 t 檢定，將不同成就學生的使用意願平均分數進行分析，如下表 5-1-13 所示。結果發現，其使用意願平均分數沒有顯著差異，表示不同成就的學生對數位教育遊戲的使用意願是一致屬於正向的，這也表示不同成就的學生在學習化學反應單元的時候都會想要使用數位教育遊戲來進行學習。

表 5-1-13 不同成就學生對於數位教育遊戲的使用意願之 t 檢定摘要表

	mean	S.D.	t
高成就	4.62	0.93	0.27
低成就	4.67	0.83	

玖、學生對於數位教育遊戲之系統改進建議

根據訪談資料探討學生對於數位教育遊戲的功能改進建議。將其依照數位教育遊戲的幾個元素進行分類，經過歸納後之主要建議如下：

整理出需要增減或修改的數位教育遊戲元素共有八種，在「技巧與機會」的元素中，有

的學生認為遊戲過於簡單，也有的學生認為遊戲過於困難，因此建議在遊戲當中增設難易度的調整功能；在「獎勵」與「勝負」兩個元素中，由於學生享受於破關的成就，所以建議希望能夠增加額外的成就或是期望能夠更容易達成成就；在「劇情」的元素中，學生則希望能夠增加過場的劇情動畫或是加強遊戲當中的劇情情節，如此一來更能夠幫助學生融入遊戲劇情也更加吸引學習者；在「好奇心」的元素中，學生建議能透過增加遊戲中任務數量的方式，或是增加更難的任務來滿足他們的好奇心，也有學生建議將任務分階段來完成，藉以一個步驟一個步驟來讓學生更加容易了解過程與概念；在「規則」的元素中，學生建議能增加推理解謎關卡，希望能透過推理解謎的方式幫助其更融入遊戲；在「處罰」的元素中，有的學生建議增加處罰，他們覺得遊戲的處罰太少、太簡單，也有的學生建議減少處罰，他們覺得遊戲的處罰太多、太困難；在「資訊流」的元素中，有的學生建議可將化學式直接放在怪物上，這樣便可以直接對其進行連結，加深記憶。學生對遊戲系統之改進建議表如下表 5-1-14 所示。

表 5-1-14 學生對遊戲系統之改進建議表

遊戲元素	建議	原因
技巧與機會	增加難易度選擇。	1.過於簡單；2.過於困難。
獎勵、勝負	達成任務後增加秒數。	為了破關以達成勝負元素。
獎勵、勝負	增加小任務獎勵。	享受破關之外的勝負與獎勵元素。
劇情	加強遊戲情節。	能更加吸引學習者。
劇情	增加過場動畫。	幫助融入遊戲劇情。
好奇心	增加任務數量。	可學習到更多。
好奇心	將任務分階段完成。	可更加清楚過程與概念。
規則	增加推理解謎關卡。	透過推理解謎的方式幫助融入遊戲。
處罰	增加處罰。	處罰太少、太簡單。
處罰	減少處罰。	處罰太多、太困難。
資訊流	將化學式直接放在怪物上。	可直接進行連結，加深記憶。

第二節 學生使用數位教育遊戲對化學成績之影響

壹、使用數位教育遊戲進行學習，對於學生化學成績之影響

本研究為了檢驗學生的化學成績在前、後測的差異，使用成對樣本 t 檢定，將學生的化學成績進行分析，如下表 5-2-1 所示。結果發現，學生的化學成績在前、後測有顯著差異 ($p<.01$)，表示使用數位教育遊戲進行學習，可以提升學生的化學成績，且效果量為大。

表 5-2-1 整體學生化學成績前、後測之 t 檢定摘要表

	mean	S.D.	t	Cohen's d
前測	17.82	4.83	8.62**	0.95
後測	22.41	3.70		

** $p<.01$, 效果量為大 ($d>=0.2$ 效果量小, $d>=0.5$ 效果量中, $d>=0.8$ 效果量大)

貳、使用數位教育遊戲進行學習，對於高成就學生的化學成績之影響

本研究為了檢驗高成就學生在化學成績前、後測的表現差異，使用成對樣本 t 檢定，將高成就學生的化學成績進行分析，如下表 5-2-2 所示。結果發現，高成就學生的化學成績在前、後測有顯著差異 ($p<.01$)，表示使用數位教育遊戲進行學習，可以提升高成就學生的化學成績，其效果量為中。

表 5-2-2 高成就學生的化學成績前、後測之 t 檢定摘要表

	mean	S.D.	t	Cohen's d
前測	21.61	2.79	2.94**	0.67
後測	23.47	3.46		

** $p<.01$, 效果量為中 ($d>=0.2$ 效果量小, $d>=0.5$ 效果量中, $d>=0.8$ 效果量大)

參、使用數位教育遊戲進行學習，對於低成就學生的化學成績之影響

本研究為了檢驗低成就學生在化學成績前、後測的表現差異，使用成對樣本 t 檢定，將低成就學生的化學成績進行分析，如下表 5-2-3 所示。結果發現，低成就學生的化學成績在前、後測有顯著差異 ($p<.01$)，表示使用數位教育遊戲進行學習，可以提升低成就學生的化學成績，且效果量為大。

表 5-2-3 低成就學生的化學成績前、後測之 t 檢定摘要表

	mean	S.D.	t	Cohen's d
前測	15.04	4.07	9.84**	1.62
後測	21.63	3.71		

** $p<.01$ ，效果量為大（ $d>=0.2$ 效果量小， $d>=0.5$ 效果量中， $d>=0.8$ 效果量大）

第六章 結論與建議

根據文獻探討與研究結果並針對研究問題，呈現本研究的結論，並進一步提出具體的建議，做為後續研究的參考。

第一節 結論

本研究主要為開發一款數位教育遊戲並進行評估，研究者針對高中一年級學生進行「化學成就測驗」，加上「科技接受度問卷」與「鷹架功能之知覺有用性問卷」進行分析和討論，綜合研究結果與發現，本研究之結論分為以下幾點說明：

壹、學生對於數位教育遊戲的有用性、易用性以及使用意願持正面態度

一、學生對於數位教育遊戲之有用性與易用性

透過「學生對於 Mr.道耳頓的奇幻歷險之科技接受度問卷」與「Mr.道耳頓的奇幻歷險鷹架功能之知覺有用性問卷」兩份問卷之綜合分析結果，顯示學生認為數位教育遊戲具有高度有用性，不僅能有效地提升對化學反應概念的理解，也能讓學生學習得更好，並且在遊戲系統的概念學習、程序學習與後設認知學習三項鷹架上可以發現遊戲所提供的指引與幫助是有用的，整體來說，數位教育遊戲能夠幫助學生學習化學反應。而在分析結果當中，也可以得知學生在使用數位教育遊戲上，是容易使用的，容易上手的，也是容易操作的。

二、學生對於數位教育遊戲之使用意願

透過「學生對於 Mr.道耳頓的奇幻歷險之科技接受度問卷」的分析結果顯示，學生很願意在需要學習化學反應時透過數位教育遊戲來進行學習，包含用來當作複習時的使用意願也是相當高的，整體顯示出學生很願意透過數位教育遊戲來學習化學反應。

貳、使用數位教育遊戲進行學習可提升學生的化學概念理解

透過「化學成就測驗」的分析結果，整體學生在前後測的成績上有顯著差異，顯示出在進行數位教育遊戲的學習後，可以提升學生的化學概念理解。再進一步分別分析前測中不同成就的學生，結果顯示出不論高成就或是低成就的學生，都能夠在成績上有所提升，而從實際顯著程度來看，使用數位教育遊戲進行學習對於低成就學生所提升成績之實際顯著程度為高，而對於高成就學生所提升成績之實際顯著程度為中等，表示使用數位教育遊戲進行學習，對低成就學生的幫助高於高成就學生。

第二節 建議

壹、遊戲系統設計與改良建議

本研究在遊戲系統的設計與改良上，在學生施測過後，對其進行深入訪談所得之建議，經過整理歸納提出之待修改功能如下：

- 一、透過增加可調整遊戲難易度之功能，提高難度時則增加遊戲處罰，降低難度時則減少遊戲處罰，使得學生能夠自行選擇合適的難易度進行遊戲。
- 二、透過增加遊戲中的任務數量，以增加所能學到的知識量。
- 三、將遊戲任務分階段進行，以加強程序性的學習。
- 四、增加劇情動畫或故事性，以助於學生融入遊戲劇情及吸引學生。
- 五、將化學反應式直接置於遊戲怪物角色之上，學生可直接將怪物角色與化學反應式進行連結，加深記憶。

貳、未來教學建議

經初步探討結果顯示數位教育遊戲對於學生來說是有用的，能夠幫助學生進行學習，並且在研究結果中發現低成就學生在化學成績上的提升高於高成就學生，為了讓數位教育遊戲能夠在教學實務現場更有效發揮，建議後續研究者在教學實施對象的選擇上能選擇低成就學生進行補教教學之教學活動，並深入探討低成就學生的學習效果為何。

參、未來研究建議

本研究旨在進行遊戲系統的建置與初探性研究，除了應持續觀察本遊戲在教學現場實際被使用之狀況，並應依教學現場發生之變化進行修正。本研究在蒐集學生的訪談資料回饋後，重新進行遊戲系統改良，彙總研究之結果，建議將來可導入下列變項進行探討：學生自律學習效能、學生之心流經驗與學生之學習歷程。

參考文獻

中文部分：

教育部（2013）。十二年國民基本教育實施計畫。取自

<http://12basic.tchcvs.tc.edu.tw/Detail.php?LevelNo=38>

英文部分：

Alessi, S.M., & Trollip, S.R. (2001). *Multimedia for learning: Methods and development*. Boston, MA: Allyn & Bacon.

Alessi, S.M., & Trollip, S.R. (2001). *Multimedia for learning: Educational Games*. Boston, MA: Allyn & Bacon.

Anderson, J., & Barnett, M. (2011). Using video games to support pre-service elementary teachers learning of basic physics principles. *Journal of Science Education and Technology*, 20(4), 347-362.

Baytak, A., & Land, S. M. (2011). An investigation of the artifacts and process of constructing computers games about environmental science in a fifth grade classroom. *Educational Technology Research and Development*, 59(6), 765-782.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32-42.

Byrne, D. 1995. Games. *Teaching Oral English* . Harlow: Longman Group UK Limited: pp 101-103.

Charsky, D. (2010). From edutainment to serious games: A change in the use of game characteristics. *Games and Culture*, 5(2), 177-198.

Clark, D. B., Nelson, B. C., Chang, H. Y., Martinez-Garza, M., Slack, K., & D'Angelo, C. M. (2011). Exploring Newtonian mechanics in a conceptually-integrated digital game: Comparison of learning and affective outcomes for students in Taiwan and the United

- States. *Computers & Education*, 57(3), 2178-2195.
- da S Cardona, T., Spiegel, C. N., Alves, G. G., Ducommun, J., Henriques-Pons, A., & Araújo-Jorge, T. C. (2007). Introducing DNA concepts to Swiss high school students based on a Brazilian educational game. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 35(6), 416-421.
- Dickey, M. D. (2006). Game design narrative for learning: appropriating adventure game design narrative devices and techniques for the design of interactive learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 54(3), 245–263.
- Dweck, C. S. (1986). Motivational Processes Affecting Learning. *American Psychologist*, 41 (10): 1040–1048.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441-467.
- Heinich, R., Molenda, M., Russel, J. D., & Smaldino, S. E. (2002). Instructional Media and Technologies for learning, Merrill Prentice Hall. New Jersey.
- Kennedy-Clark, S. (2011). Pre-service teachers' perspectives on using scenario-based virtual worlds in science education. *Computers & Education*, 57(4), 2224-2235.
- Kuo, M. J. (2007). How does an online game based learning environment promote students' intrinsic motivation for learning natural science and how does it affect their learning outcomes? Proceedings of the First IEEE International Workshop on Digital Game and Intelligent Toy Enhances Learning, 135-143.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge university press.
- Malone, T. W. (1981) Towards a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive Science*, 5,333-369.
- McFarlane, A., Sparrowhawk, A., & Heald, Y. (2002). *Report on the educational use of games: An exploration by TEEM of the contribution which games can make to the education process*. Retrieved October 8, 2008, from <http://reservoir.cent.uji.es/canals/octeto/es/440>

- McLoughlin, C. (2002). Computer supported teamwork: An integrative approach to evaluating cooperative learning in an online environment. *Australian Journal of Educational Technology*, 18(2), 227-254.
- Michael, D., & Chen, S. (2006). *Serious games: Games that educate, train and inform*. Thomson: Boston, MA.
- Mitchell, A., & Savill-Smith, C. (2004). The use of computer and video games for learning: A review of the literature. Available from
- Nanjappa, A. (2001). Educational games: Learners as creators. The University of Memphis.
- Newby, T. J., Stepich, D. A., Lehman, J. D., & Russell, J D. (2000). *Instructional technology for teaching and learning: Designing instruction, integrating computers, and using media*.Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall.
- O'Leary, S., Diepenhorst, L., Churley-Strom, R., & Magrane, D. (2005). Educational games in an obstetrics and gynecology core curriculum. *American journal of obstetrics and gynecology*, 193(5), 1848-1851.
- Paraskeva, F., Mysirlaki, S., & Papagianni, A. (2010). Multiplayer online games as educational tools: Facing new challenges in learning. *Computers and Education*, 54(2), 498-505.
- Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*: McGraw-Hill.
- Prensky, M. (2007). *Digital game-based learning*. New York: Paragon House.
- Quinn, C. N. (1994, July). Designing educational computer games. In *Proceedings of the IFIP TC3/WG3. 2 Working Conference on the Seign, Implementation and Evaluation of Interactive Multimedia in University Settings: Designing for Change in Teaching and Learning* (pp. 45-57). Elsevier Science Inc..
- Sánchez, J., & Olivares, R. (2011). Problem solving and collaboration using mobile serious games. *Computers & Education*, 57(3), 1943-1952.
- Sauvé, L., Renaud, L., Kaufman, D., & Marquis, J. S. (2007). Distinguishing between games and simulations: A systematic review. *Educational Technology & Society*, 10 (3), 247-256.

Tsai, F. S., Yu, K. C., & Hsiao, H. S. (2007). Designing constructivist learning environment in online game. Proceedings of the First IEEE International Workshop on Digital Game and Intelligent Toy Enhances Learning, 135-143.

Villalta, M., Gajardo, I., Nussbaum, M., Andreu, J. J., Echeverría, A., & Plass, J. L. (2011). Design guidelines for classroom multiplayer presentational games (CMPG). *Computers & Education*, 57(3), 2039-2053.

附錄

附錄一、學生對於「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」之科技接受度問卷

班級：_____。學號：_____。姓名：_____。

在你玩過 Mr. 道耳頓的奇幻歷險這個遊戲之後，請依據你的看法回答下列問題。

編 號	題 目	非 常 同 意	同 意	有 點 同 意	有 點 不 同 意	不 同 意	非 常 不 同 意
		6	5	4	3	2	1
1.	我會想要透過玩「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」來學習化學反應。						
2.	當我在學習化學反應單元時，我會想要透過玩「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」來複習。						
3.	當我需要學習化學反應時，我很願意透過玩「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」來學習化學反應。						
4.	我覺得玩「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」，能提高我對化學反應的理解。						
5.	我覺得玩「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」，讓我能更有效地學習化學反應。						
6.	我覺得玩「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」，能讓我學得更好。						
7.	整體來說，我覺得「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」對我學習化學反應是有用的。						
8.	「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」對我來說是很容易上手的。						
9.	當我在玩「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」時，遊戲的互動方式對我而言是簡單的。						
10.	總而言之，我覺得「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」是容易操作的。						

附錄二、「Mr. 道耳頓的奇幻歷險」鷹架功能之知覺有用性問卷

班級：_____。學號：_____。姓名：_____。

在你玩過「Mr.道耳頓的奇幻歷險」這個遊戲之後，請依據你在使用過每個遊戲功能的情況下，回答以下的問題。

概念學習：

編號	題目	非常同意	同意	有點同意	不 同 意	非常不同意
1.	我認為使用 F1 查詢相關知識能夠幫助我學習化學概念。	6	5	4	3	2
2.	我認為關卡中的提示能夠幫助我學習化學概念。	6	5	4	3	2
3.	整體而言，化學概念的提示對我來說是有用的。	6	5	4	3	2

程序學習：

編號	題目	非常同意	同意	有點同意	不 同 意	非常不同意
1.	我認為在「Mr.道耳頓的奇幻歷險」裡的各個關卡說明，能夠引導我一步一步地學習化學反應。	6	5	4	3	2

後設認知學習：

編 號	題 目	非 常 同 意	同 意	有 點 同 意	有 點 不 同 意	不 同 意	非 常 不 同 意
1.	我認為「Mr.道耳頓的奇幻歷險」所提供的「冒險日誌」功能，能夠幫助我思考我要學習的內容有哪些。	6	5	4	3	2	1
2..	我認為「Mr.道耳頓的奇幻歷險」所提供的「作筆記」功能，能夠幫助我思考哪些還沒有學習到。	6	5	4	3	2	1
3.	我認為「Mr.道耳頓的奇幻歷險」所提供的「作筆記」功能，能夠幫助我知道自己已經學到了哪些。	6	5	4	3	2	1
4.	我認為「Mr.道耳頓的奇幻歷險」所提供的錯誤提示，能夠幫助我思考發生錯誤的原因。	6	5	4	3	2	1

附錄三、化學學習成就測驗

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____.

◎請同學先選出最合理的答案後，再敘述自己選出此答案的理由。

題目	答案	挑選此答案的理由敘述
1. 氧化鈣(CaO)溶於水(H ₂ O)中會產生以下哪一種物質？ (A)CaCO ₃ (B)Ca(OH) ₂ (C)Zn(OH) ₂ (D)CaH ₂		
2. 亞硫酸 (H ₂ SO ₃) 是由以下哪種物質溶於水(H ₂ O)中形成的？(A)S (B)SO ₂ (C)SO ₃ (D)H ₂ S		
3. 以下哪一種化學反應發生後，會產生水(H ₂ O)？ (A)水蒸氣凝結 (B)氫原子+氧原子 (C)氫氣+氧氣 (D)碳+氧氣		
4. 被蜜蜂蟄到後，可以用以下那種化學反應所產生的物質來消腫止癢？ (A)S+O ₂ (B)SO ₂ +H ₂ O (C)C+O ₂ (D)NH ₃ +H ₂ O		
5. 雙氧水(H ₂ O ₂)想要加速分解成氧氣(O ₂)和水(H ₂ O)，可以加入哪種物質催化？ (A)酵母菌 (B)硫粉 S (C)二氧化錳 MnO ₂ (D)金屬鈉 Na		
6. 碳酸鈣(CaCO ₃)受到 800°C 以上溫度加熱後，會產生哪些物質？ (A)CaO+CO ₂ (B)Ca+C O ₃ (C)CaC+O ₃ (D)CaO ₃ +C		
7. 以下哪種反應所產生的氣體和其他三者不同？ (A)雙氧水(H ₂ O ₂)催化分解 (B)葡萄糖(C ₆ H ₁₂ O ₆)催化分解 (C)碳酸鈣(CaCO ₃)受熱分解 (D)碳酸氫鈉(NaHCO ₃)受熱分解		
8. 想要收集氫氣(H ₂)和氧氣(O ₂)，可以藉由電解以下哪種物質得到？ (A)氨氣 NH ₃ (B)氯化氫 HCl (C)水 H ₂ O (D)二氧化碳 CO ₂		

<p>9. 鎂(Mg)和二氧化碳(CO₂)反應後，會產生以下哪種元素？</p> <p>(A)C (B)H₂ (C)O₂ (D)MgO</p>		
<p>10. 下列哪種物質可以在二氧化碳(CO₂)中燃燒？</p> <p>(A)Cu (B)H₂ (C)Fe (D)Mg</p>		
<p>11. 以下哪種反應所產生的氣體和其他三著不同？</p> <p>(A)Na+H₂O (B)Mg+HCl (C)C+Fe₂O₃ (D)Zn+H₂SO₄</p>		
<p>12. 下列四種化學反應，哪一個化學反應不會發生？</p> <p>(A)Ag+CuO (B)Na+MgO (C)H₂+AgO (D)Mg+Fe₂O₃</p>		
<p>13. 氯化氫(HCl)和氫氧化鉀(KOH)反應會產生水(H₂O)和何種物質？</p> <p>(A)NaCl (B)KNO₃ (C)KC1 (D)HC1O</p>		
<p>14. 下列哪種化學反應所產生的物質中沒有食鹽(NaCl)？</p> <p>(A)H₂SO₄+KOH (B)HCl+NaOH</p> <p>(C)CaCl₂+Na₂CO₃ (D)BaCl₂+Na₂SO₄</p>		
<p>15. 欲製造碳酸鈣(CaCO₃)粉末，可由下列那兩種物質相互反應所產生？甲、NaOH 乙、Na₂CO₃ 丙、BaCl₂ 丁、CaCl₂</p> <p>(A)甲、丙 (B)甲、丁 (C)乙、丙 (D)乙、丁</p>		
<p>16. 下列哪種化學反應類型和其他三著不同？</p> <p>(A)SO₂+H₂O (B)HCl+NaOH (C)C+O₂ (D)ZnO+H₂O</p>		