

「空氣與燃燒」單元電腦化建構反應題與診斷模式初探

李炯璉

亞洲大學資訊工程學系

jely08330325@yahoo.com.tw

劉湘川

亞洲大學教授

fpan0366@yahoo.com.tw

郭俊賢

台中教育大學教育測驗統計研究所

keepaloof@hotmail.com

郭伯臣

台中教育大學教授

kbc@mail.ntcu.edu.tw

摘要

在知識快速變遷的時代裡，網路結合了教育與科技，拋開時間與空間的限制，讓學生學習更方便、更簡單；數位行動教材、數位學習課程及線上教學網站如雨後春筍般應運而生。

本研究嘗試研發自然與生活科技領域之電腦化建構反應題與診斷模式，依據「空氣與燃燒」單元之子技能以設計適合運用電腦化測驗的試題。

配合建立自動化分析模型與建置診斷系統，期盼經由電腦網路紀錄學生的解題歷程，分析學生的迷思概念，減輕教師的閱卷負擔，讓學生能立即且有效地得到回饋，同時教學者也能從中獲得學生的學習成效，在最短的時間掌握學生的迷思概念，以便進行補救教學，讓學生的學習更完善。

關鍵詞：電腦化建構反應題、子技能、迷思概念。

1. 前言

網路讓學習的機會與範疇延伸的更遠、更廣、更具互動性與彈性，提供學生以全新的方法與途徑去學習。

結合專家編撰設計的數位教材，用多媒體展現課程內容，從基本原理、觀念到範例應用

解說，運用數位圖像表達出實驗的反應與結果，利用電腦軟體設計各種介面，將實驗、計算過程等教學的課程內容加以呈現，學生藉由電腦的操作，使學習變得生動有趣，增進學習的成效。數位學習教材將各科實體教具數位化，結合網際網路、電腦、投影機或互動式螢幕融合創新的教學模式，透過適當的圖、表、文字示範說明重點，幫助學生促進理解加深記憶；利用觀念理解、方法統整與題型分析，避免冗長的講解，提昇學習者專注力，掌握教學精髓。

數位學習教材還可以輔助老師進行實驗教學，結合影音多媒體虛擬實驗室與學習數位課程，學生還可以在上課後輕鬆動手模擬實驗演練，讓每一位學生能夠輕鬆動手模擬作實驗，提供課程虛擬實驗器材或學習工具，可依不同實驗或教學目的進行組合。

舉例來說，一些實驗課程配合投影機使用，讓老師每次不必為了營造實驗情境，準備很多的器材備課，不用擔心實驗操作者在實作過程裡可能會發生的意外，危及師生的安全；同時讓老師可以很輕鬆的操作，節省圖片與多媒體設計時間，編製課前預習、課後複習的講義，提供學生在學習上的重點資料。

掌握課程知識和培養科學的思維，配合進度課前預習或課後複習，減輕老師趕課壓力，提昇學生對學習內容的接受度，學習者可在數位學習教材虛擬環境中操作實驗；多媒體教材的呈現，上課不再枯燥乏味，幫助學生深層記憶，讓程度好的學生可超越學習，程度較差的

可回頭補救不會的單元。

隨著網際網路與資訊科技的進步固然讓數位學習教材多元化，但如果沒有輔以適當的測驗評量方法將無法診斷出學生的學習成效；我們需要提供適當的評量練習與詳盡的答題解析，輔助學習者自我檢測學習成效，精熟學習的內容，提昇學習效率。

許多線上測驗平台已整合了線上測驗技術，使傳統評量的功能與範圍，不再僅限於紙筆且定點與定時之能力評量。提供學生上網考試，檢驗學習成效；提供記錄，學生與老師能隨時查閱測驗成績。電腦化測驗不但改進以往傳統紙筆測驗時空的限制，更進而嘗試了解受試者的答題策略，分析受試者的學習盲點，讓受試者能針對學習的不足加以補強，施教者也能有效地針對受試者的學習盲點施以補救教學。

但國內自然與生活科技領域之電腦化測驗，大多以選擇題和填充題為主，只能由受試者的答案了解受試者答題的對或錯，無法進一步分析受試者的解題歷程，缺乏針對非選擇題的不同作答反應，給予自動化多種計分標準。而且坊間數位學習教材、補救教學媒體、測驗診斷系統各自以不同的知識結構為依據，各行其事無法統合，學生的學習因而大打折扣。

因此，本研究旨在分析教材的知識架構、子技能，開發電腦化建構反應題與診斷模式，期使受試者在建構反應題為基礎之自然與生活科技領域診斷測驗系統中接受施測時，系統能詳細紀錄受試者的答案、作答時間和解題過程等作答反應，嘗試依據不同的作答反應給予不同的評分，分析判斷受試者的迷思概念及學習狀態，作為學生與教學者進行補救教學的依據。

2. 文獻探討

本研究探討國民小學五年級自然與生活科技領域「空氣與燃燒」單元能力指標學生的迷思概念，建置學生貝氏網路架構圖，決定貝氏網路最佳辨識率。主要目的為以建構反應題題型來建置線上診斷系統，分析學習者在電腦化建構反應題診斷模式中所具有的迷思概念。為達到本研究

之目的，在相關文獻部分，針對電腦化建構反應題型、線上診斷測驗、「空氣與燃燒」教材分析等方面搜集相關文獻，進行探討。

2.1 迷思概念

「迷思概念」意指學習者在形成「合乎科學社群的概念」之前就已經存在不同於「合乎科學社群的概念」。「迷思概念」泛指凡是與科學家不同觀點的概念，也就是知識的連結錯誤或遺漏，而形成和科學社群不同的概念（熊召弟、王美芬，1995）。

學生在學習的過程中會用自己的心智思考模式同化日常生活經驗來解決問題，並以此解釋其他的問題及現象，因此常形成片段且不一致性的概念。也就是說，學習者在進行學習的時候，會運用自己的思考模式同化新知識。學習經常來自於每天的生活經驗，在學習的過程中，學生會因為想要解決問題而被動的汲取知識，同時也能主動將新知識與自己固有的想法相結合，以做出合理的解釋，亦即學習者根據經驗形成概念架構，會成為處理新資訊及解決問題的基礎，可用來評估之前預測的正確性（郭重吉，1988）。

符合科學社群的先存概念是學習新知識的基礎；但不符合科學社群的迷思概念，往往造成學童科學學習的障礙（郭重吉，1995）。學生在進行學習之前，對於平常所接觸到的科學概念，常常有自己的解釋方式與認知結構，而且這種詮釋的方式和科學社群所接受的概念不盡相同（熊召弟，1995）。因此，教師如果無法知道學生易發生哪些迷思概念，就無法適時運用教學活動促使學生產生知識結構的導正，有些學習者在教學後就會一直存在著有別於專家的認知結構，最終學童的迷思概念將變得根深蒂固而且難以改變。

探討兒童的迷思概念，主要希望提供教師有關學生學習時可能出現的各種迷思概念，以便改進教學，使學生概念產生正面的改變。

2.2 電腦化建構反應題

電腦化建構反應題是受試者藉著操作電

腦產生和提供測驗問題的答案，不同受試者答題的反應很多元，常常要利用人工的方式來閱卷並給予不同的評分，耗費大量的人力和時間，既不經濟更也無法立即給予學生回饋。最常見的電腦建構反應題有論文題（essay question）和填充題（completion item）等二種。

根據盧雪梅（2009）的研究指出，論文題又稱為開放式問題（open-ended question），開放式問題就是讓學生可以自由組織、歸納和發表想法。開放式問題依據學生作答時可以組織和表達觀念的自由程度，我們可將其分成限制反應題（restricted-response question）和擴展反應題（extended-response question）兩類。建構反應題即非選擇題，主要目的在測量學生說明、操作、分析、統整和思考的能力。

限制反應題對學生反應的內容和形式加以設限，常在問題中指明討論主題的內容範圍和反應的方式，例如「比較水生植物和陸地植物生活環境的異同。」，有時也可能限制作答的篇幅。

筆者設計的建構反應題題型屬於限制反應題，可減少學生猜測的機會。使用建構反應題題型結合電腦化測驗，除記錄學生完整作答反應，避免學生投機猜測答案，亦可協助教師了解學生在學習中常發生哪些異於選擇題的迷思概念。

限制反應題具有測量學生組織整合、歸納、解釋、應用和分析資訊等能力的優點；在試題取樣範圍上較擴展反應題廣泛；與擴展反應題相比，較無法測量到組織、統整和創意表達的能力，但學生答題策略容易掌握，比擴展反應題容易計分。

2.3 線上診斷測驗

線上診斷測驗對教學者有以下的優點（王榕榆，2006）：

（1）提供回饋給受試者：經由測驗的結果去發掘受試者學習時的迷思概念，幫助受試者能察覺自己的學習盲點，改進自己的學習方法。

（2）提供回饋給教師：讓教師知道受試者學習時的迷思概念，有助於實施個別化補救教學，調整教學策略，進而改善教學的成效。

（3）提供教師進行課程編製的依據：教師可以觀察到每位學生學習時的迷思概念，若有些單元是大部分的學生都答錯，則考慮是否調整教材內容順序，或降低學習的難度，以利學習者學習。

學者周文正（1998）指出，線上測驗可以提供以下優點：

（1）增進測驗與批改評分的效率；

（2）幫助教師蒐集學生作答反應的訊息與資料，以協助教師進行分析；

（3）有利於發展網路多媒體測驗；

（4）有利於適性測驗的發展；

（5）降低人工批閱出錯的機率；

（6）易於重覆測驗，能快速且準確地提供施測結果；

吳任婕（2009）認為線上診斷測驗學生能得到即時的回饋，並有快速評分的好處。電腦大量儲存學生作答反應訊息，記錄學生相關的作答過程，對於學生的作答訊息以推論學生的迷思概念，進行個別化補救教學，改進教學者的教學策略及提昇學生的學習效率。

各種測驗理論為基礎的線上診斷測驗系統已被開發，包含「MFT數學健檢」(Mathematic for Taiwan)、「以試題反應理論為基礎之適性測驗系統」和「以知識結構為基礎之適性化測驗系統 (Knowledge Structure based Adaptive Test, 簡稱KSAT)」。KSAT 是國科會補助研究計畫「國小數學科電腦化適性診斷測驗(I)(II)(III) (郭伯臣, 2003-2005)」的技術移轉並且加上「以試題結構理論為基礎之國小五、六年級數學領域電腦適性診斷測驗與適性補救教學模式」(國立臺中教育大學、亞洲大學與階梯數位科技股份有限公司共同建教合作計畫)的研發成果，期間歷時四年完成。

KSAT根據學生知識結構設計適合受試者程度的測驗題型，可依不同學生的作答情形而給予不同的測驗題目，藉此節省學生答題的題數並可對學生的學習狀況做精確的估計，發展具有診斷學生迷思概念的電腦化適性測驗，最終達到「因材施教」和「因材施教」的目的(郭伯臣、謝友振、張峻豪、蔡坤穎, 2005)。

KSAT 優於其它電腦測驗系統之處為：

(1) 能夠判斷同分但具不同迷思概念的學生，容易根據系統診斷的結果來因材施教。

(2) 利用網路克服時間、空間的限制，使測驗更便利。

(3) 依據學生的個別差異施以測驗和補救教學以便達到「因材施教測」、「因材施教教」的效果。

(4) 依據學生的個別差異，能減少答題的題數。

(5) 節省學生測驗的時間。

2.4 「空氣與燃燒」教材地位

茲將自然與生活科技「空氣與燃燒」單元(康軒版)教材地位敘述如下：

過去

第一冊(三上)第三單元「空氣和風」

(1) 經過觀察，知道空氣占有空間、無色無味、形狀可以改變、可以被壓縮等特性。

(2) 能利用空氣的流動設計玩具。

(3) 能製作風向風力計，知道測量風向和風力的方法。

現在

第五冊(五上)第三單元「空氣與燃燒」

(1) 從燃燒現象推測出燃燒需要空氣。

(2) 藉由實驗認識和驗證氧和二氧化碳的性質。

(3) 認識燃燒的條件，利用這些條件想出滅火的方法，並學會防範火災發生。

2.5 「空氣與燃燒」單元目標

1-1 能說出燃燒需要空氣

1-2 能製造和檢驗氧氣

1-3 能製造和檢驗二氧化碳

2-1 能具備滅火的能力

2-2 能具備製作簡易滅火器的能力

2-3 火災的預防和處理

2.6 「空氣與燃燒」單元能力指標

1-3-1-1 能依計畫的步驟來執行實驗操作。

1-3-3-1 實驗時確認相關的變因，進行實驗操作。

1-3-4-3 由資料顯示的相關，推想科學現象的因果關係。

1-3-4-4 以實驗獲得探討的論點。

1-3-5-2 能適當地陳述資料。

2-3-1-1 發掘問題、探討處理策略、「學習」操控變因、觀察現象的變化並推論可能的因果關係。運用資料的整理、設計圖表來呈現實驗資料。學習並理解變量與應變量之間的關連性，提出假設和解釋。

2-3-3-2 探討氧的製造、燃燒現象和二氧化碳的製造。

3-3-0-3 運用科學知識來做推理，可推測一些現象並得到證實。

3-3-0-5 察覺實驗可能因存在著未能控制的因素，使得產生的結果有所不同。

5-3-1-2 知道資料需要細心實際的探討才可以得到驗證。

5-3-1-3 相信自然科學現象的變化都有原因，因果關係有其科學依據。

6-3-3-2 體會在實際施行的過程中，要考量許多因素。

7-3-0-2 把學習到的知識和技能應用在日常生活中。

2.7 「空氣與燃燒」教材分析

在九年一貫課程「自然與生活科技」學習領域課程綱要的教材內容要項規範在小學高年級教導學生認識燃燒的三要件：燃點、可燃物、助燃物，並且介紹常見的滅火原理以及火災發生時的處理方法與應變措施。雖然現行的中小學教科書中與燃燒概念相關的內容分佈甚廣，但是學生對可燃物一詞的了解有限，對燃燒分類存有許多迷思概念(許良榮、王瓏真，民92)。Hsu (2004)的研究顯示，學生對於物質是否具可燃性之分類具有多樣性的迷思概念。

根據致力於「自然與生活科技領域」教育

的學者之研究，指出國小學童在學習「空氣與燃燒」單元時，容易產生的迷思概念可歸納為以下幾類。

2.7.1 燃燒這個名詞觀念不清

許良榮、王瓏真(民92)提出學生不了解可燃物，對燃燒存有迷思概念，例如有學生可能會誤認為銅、鐵是不可能燃燒的、或誤認為一定要點火才會產生燃燒、還有學生誤認為燃燒就是熔化、更有學生誤認為燃燒都會產生很臭或有毒的味道。學生常受外在感官知覺、外在表象及日常經驗的影響，認為燃燒只是相變化、只是火的產生。學生常常誤認為物質必須含有氧的成分才可能燃燒，有學生將「熔化」與「燃燒」的混淆。就燃燒的結果而言：燃燒過程中參與的物質和燃燒後的產物——二氧化碳和水蒸氣等氣體，大都無色、無味不容易觀測，容易被學生所忽略。因為兒童對燃燒的觀點受感官知覺影響，許多兒童誤認為有些易燃物只是熔化或蒸發，不是燃燒現象，也發現學生誤認為燃燒後物質不是被用完就是產生新物質。

鄭豐順(民86)認為學生在學習燃燒現象時所產生的迷思概念，主要受感官知覺、日常經驗、置換(displacement)、不正確概念的延伸及科學專有名詞誤用的影響，例如，必須到達熔點、要高溫、燃燒必須有火、要有風、要有酒精當助燃物等。

2.7.2 不了解燃燒的定義

王光平(2004)提出燃燒是包含光和熱的氧化反應，燃燒通常是指反應速度在高速進行時由於反應熱大且有發光的現象。在常態下能被氧化的物質就稱為可燃物，如果因所需的活化能很大，氧化熱卻很小的物質因不易維持燃燒便稱為難燃物，不過難燃燒的物質在高溫或氧氣中時燃燒反應變得快速，此種條件下難燃物變成可燃物，由此可知，可燃或難燃指常態下之條件而言。

許良榮、王瓏真(民92)指出學生因為某些自然界的現象感到混淆，而影響學生對於燃燒的判斷，有些學生會將熔化、爆炸、蒸發等等的反應與燃燒時的現象相提並論，甚至誤以為燃燒等同於蒸發或熔化。

2.7.3 不清楚氧氣在物質燃燒的功能

許良榮、蔣盈姿(民94)研究指出學生誤認為物質燃燒後重量一定會減少，同時燃燒會產生煙或類似煙的物質。雖然學生知道氧氣是燃燒的必備條件，但多數的學生並不了解氧氣在物質燃燒的功能。

2.7.4 不能區分燃燒的種類(可燃、不可燃)

許良榮(民91)指出在燃燒分類概念上學生存在多樣化的迷思概念，譬如誤認為金屬不可燃、燃燒一定會產生煙、堅硬的物質不會燃燒、輕軟的物質會燃燒、誤認為物質加熱熔化就是燃燒…等等，不同的學生對物質燃燒的分類思考模式具有不穩定性及多樣性，對物質是否可以燃燒有不同的判斷結果，。

許良榮、王瓏真(民92)的研究指出學生認為鐵和保力龍不可燃，有些學生會分類可燃物與不可燃物，但無法說明分類的依據。

許良榮、蔣盈姿(94)的研究指出大多數的學生會以「是否起火」來判斷物質的可燃性。在冰糖的POE活動中學生都能正確的辨認冰糖為可燃物，表示學生對明顯可見起火的物質可以清楚的認為可燃，但有一些學生混淆了助燃與可燃的現象對於加熱之後會分解、冒煙蒸發的雙氧水，有不同的判斷結果，有些學生存有冒煙即燃燒的迷思概念。學生認為冰糖會燃燒，是由於冰糖會熔化的關係，有學生認為雙氧水不會燃燒，是由於雙氧水是水的一種，他們不能以科學方式加以解釋。學生受生活感覺及經驗的影響，他們會以物質是固體或液體之外觀特徵、物質是否含碳、水等「成份」、是否具「熔化」的性質以及加熱過程是否會有「產生火光」、「冒出黑煙」、「焦黑」等現象來分類物質是否可燃，表示學生對物質是否可燃的概念偏向於經驗導向。研究還發現，學生普遍存有液體、硬硬的固體不能燃燒、物質含氧就能燃燒、物質加熱冒煙就是燃燒現象等錯誤觀念，由此指出學生對燃燒的理解是零碎的且經常與科學原理相左。

2.7.5 不清楚燃燒的三個必要的條件

許良榮、蔣盈姿(94)研究指出在給學生「燃燒的三要件：要有可燃物、助燃物及溫度要達到燃點」的定義之後，需要再給予一些實際的例子讓學生能將其所學的知識加以應用、嘗試做判斷以及給予學生表達、說明和解釋的機會。要不然當面對不同情況，學生會無法運用「燃燒的三要件：要有可燃物、助燃物及溫度要達到燃點」的定義。

2.7.6 不清楚氣體基本性質

許良榮、王瓏真(民92)研究指出學生常因為對於氣體基本性質概念錯誤和字義不清而誤判，學生無法理解空氣這個名詞的意義。

(1) 學習者認為：空氣存在與否和它的運動狀態有關係。

(2) 學習者認為：空氣存在與否可經由感官來判斷。

學生未理解「空氣到處都有」的深層概念。

2.7.7 對於燃點這個名詞觀念不清

王光平(2004)提出學童對於「燃點」所持的迷思概念為：燃燒前一定要點火才可燃燒。學童在其日常生活經驗中，一旦物質經過點火卻點不著通常就認定該物質為不可燃物。對於可燃物在有助燃物的環境下，達燃點即可燃，存在著迷思概念。學童對於因低燃點可燃物之自燃及高燃點可燃物須達到其燃點才能燃燒的現象，學童很難進行抽象思考與理解。

2.7.8 不清楚空氣特性

(張敬宜, 2000)指出空氣無色無味又無法以肉眼看到，對多數國小三年級學生，空氣特性探討是抽象、較難用感官來理解判斷。

2.7.9 對於助燃物這個名詞觀念不清、對

助燃物的概念認知混淆

王光平(2004)研究提到學童誤認為能點火的器具及能使火燒得更旺的物質即是助燃物，打火機是容易取得的東西，有趣的是，當請學生提出助燃物的例子時，竟都說打火機就是助燃物。也有一些學童認為汽油、酒精與瓦斯等易燃物既屬於可燃物也屬於助燃物，因為這些物質能「幫助」火燒得更旺、更猛烈。學童知道燃燒需要空氣，但不清楚氧氣為助燃物，誤以為可燃物也可以是助燃物。學童了解燃燒需要空氣，但不知道氧氣為助燃物。

2.7.10 對於可燃物這個名詞觀念不清

王光平(2004)提出學童針對「可燃物」的迷思概念約略可分為以下幾種：

(1) 學生在生活經驗中，使用打火機或火柴點火能使可燃物到達燃點而開始燃燒，所以將點火之工具歸類為助燃物。

(2) 高燃點之可燃物，如金屬、石頭等，學童在生活經驗中，無法用點火的方法產生燃燒，故將其歸類為不可燃物。

(3) 如汽油、酒精等低燃點之可燃物，雖然需點火才能開始燃燒，但一點燃，火勢立刻變得十分旺盛；在燃燒不旺盛之情況下，一旦加入汽油、酒精，有助於火勢加大，故學生將汽油、酒精歸類為助燃物。

許良榮、王瓏真(民92)提出學生常以燃燒過程、現象及結果來進行分類，例如：是否爆炸、是否熔化、是否產生有毒氣體等「外在屬性」的觀點進行物質是否可燃的分類。學生常誤認為銅、鐵、保麗龍是不可燃的。

許良榮、蔣盈姿(94)的研究指出學生只在特定的狀態下可以掌握推論，但他們也會因情境或物質的不同而有不同的解釋。由晤談結果發現學生的分類觀念具有多樣性及不穩定性，有些學生一開始以是否熔化進行歸類，判斷玻璃、黃金、銅可燃，隨後又以是否產生新物質，而將玻璃、黃金、銅再分成不可燃。

2.7.11 對於燃燒條件觀念不清

許良榮、王瓏真(民92)指出學生常存有燃燒一定要點火、燃燒時必須有木炭、紙或汽油等易燃物當助燃物、燃燒一定要高溫的環境等迷思概念。

2.7.12 對於燃燒現象觀念不清

許良榮、王瓏真(民92)指出學生常認為燃燒就是熔化現象。物質燃燒時聞起來都很臭、具有濃濃的焦味、產生有毒的味道，燃燒後的物質會變紅或變黑。

2.7.13 對於燃燒結果觀念不清

許良榮、王瓏真(民92)指出學生常認為物質燃燒後，會有一些東西蒸發了。物質燃燒後產物只剩殘渣碎屑。燃燒後物質本身的重量改變，物質不見了、減少了，物質燃燒後會融化變成液體。

2.7.14 不能了解滅火原理

王光平(2004)提出學童若對於燃燒的要素沒有清楚的概念，對於滅火原理的概念自會受其影響。也指出學童對於滅火原理所持的迷思概念為：1. 不知用水滅火之原理為何。2. 學童多認為常見之乾粉滅火器滅火之原理與水滅火之情況相同。

3. 研究方法

本研究旨在以國民小學五年級自然與生活科技領域第五冊康軒版第三單元「空氣與燃燒」教材為本，以課程中的實驗歷程設計建構反應題(constructed-response)，研發建構反應題為基礎之自然與生活科技領域「空氣與燃燒」單元診斷系統。經由學生線上施測後，利用專家所建立之迷思概念分析，探究學生解題歷程，並建置自動化計分流程。

3.1 研究流程

本研究為建置自然與生活科技領域建構

反應題之診斷系統。研究步驟依序為：

步驟 1：確定研究主題，並蒐集研究相關文獻，使用國民小學五年級自然與生活科技領域康軒版第五冊第三單元「空氣與燃燒」，挑選教材中的實驗歷程設計出建構反應題進行線上評量。

步驟 2：進行教學實驗，讓學生實際進行線上施測，蒐集學生建構反應題之作答，並記錄學生所有可能的解題歷程；另一方面，設計建構反應題之電腦介面。

步驟 3：將實際施測所得到的學生解題過程進行迷思概念分析。

步驟 4：依據迷思概念分析的結果，進行計分模式的探討；並建立迷思概念自動化分析模型。

步驟 5：進行自動化分析之成效分析，並建置診斷系統。

3.2 研究工具

本節分別敘述本研究之研究工具，工具為 Mathworks 所出版的 MATLAB7.1 版、Flash 動畫軟體及 SPSS 軟體。

3.3 研究對象

本研究的線上電腦診斷測驗對象，為剛學習完國小五年級自然與生活科技領域康軒版第三單元「空氣與燃燒」單元相關能力指標的教材內容之學生，進行線上診斷系統施測的學生為台中縣大肚國小、追分國小、太平國小等 3 所學校五年級 24 個班級 720 人。

3.4 研究限制

本研究受限於時間及人力、物力與協助資源之不足，僅以自然與生活科技領域五年級分段能力指標中與空氣與燃燒相關之能力指標的學生表現為研究範圍。線上電腦診斷測驗以 720 位左右學童數作施測，期望系統開發完成後再擴展到所有五年級學習完相關教材內容之學生，嘉惠更多教師及學生。

3.5 「空氣與燃燒」單元建構反應題之系

統介面

「空氣與燃燒」單元建構反應題之系統介面如圖 1 所示。系統介面分別為題目、工作區、實驗器材區及按鈕區。受試者以滑鼠操作將實驗器材放入工作區內，如中途想更動作答方式，可按下「重來鍵」按鈕，放入工作區內的實驗器材立即回復原位，受試者便能重新作答；如實驗操作完成，按下「確定鍵」按鈕即能完成作答以進入下一題。建構反應題之解題歷程範例，如圖 2 所示。

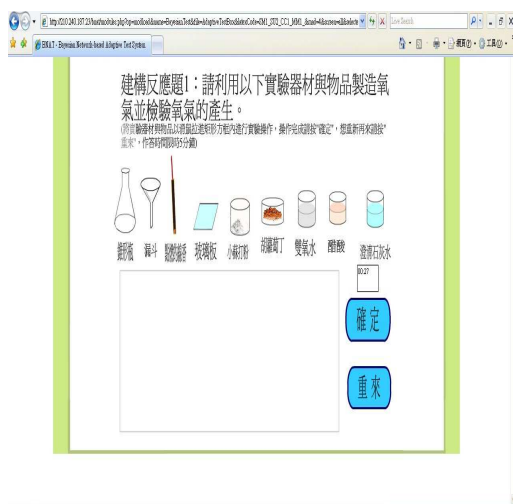


圖 1 建構反應題 1 之介面



圖 2 建構反應題 1 之解題歷程範例

3.6 研究設計

經由專家學者判斷學生解題歷程之迷思概念後，利用 MATLAB 撰寫程式以自動化判斷學生解題過程，進行自動計分。學生解題過程和資料庫儲存形式列舉如下：

學生解題過程：

錐形瓶進入工作區 → 漏斗進入工作區並置放在錐形瓶上 → 雙氧水經由漏斗倒入錐形瓶 → 漏斗進入工作區並且非置放在錐形瓶上 → 胡蘿蔔丁直接倒入錐形瓶 → 玻璃板進入工作區並置放在錐形瓶上 → 線香進入工作區並置放在錐形瓶上 → 按確定鍵

資料庫形式：

B01_L01_001_L04_HU2_GL1_LE1_right

其中 B01, L01, 001, L04, HU2, GL1, LE1, right 表操作反應過程的代碼。

3.7 子技能

根據國小五年級自然與生活科技領域教學指引及研究小組的研討，訂出能達成各單元目標的子技能。各單元目標的子技能如表 1。

表 1 各單元目標的子技能

單元目標	子技能
1-1 能說出燃燒需要空氣	s1 能認識燃燒現象
	s2 能察覺燃燒需要空氣
1-2 能製造和檢驗氧氣	s3 能具備製造氧氣的能力
	s4 能具備檢驗氧氣的能力
	s5 能知道氧氣的特性
1-3 能製造和檢驗二氧化碳	s6 能知道氧氣在生活中的功用
	s7 能製造二氧化碳
	s8 能察覺二氧化碳不能幫助燃燒
	s9 能察覺二氧化碳會使澄清石灰水變混濁
	s10 能說出二氧化碳的性質

	s11 能檢驗汽水裡的氣泡是二氧化碳
	s12 能說出二氧化碳在日常生活中的功用
2-1 能具備滅火的能力	s13 能認識可燃物的意義
	s14 能認識助燃物的意義
	s15 能認識燃點這個名詞的意義
	s16 能認識燃燒需要三個條件：可燃物、助燃物、達到燃點
	s17 能了解滅火的原理及方式
2-2 能具備製作簡易滅火器的能力	s18 能學習設計及製作簡易滅火器
	s22 能說明滅火器的使用方法
2-3 火災的預防和處理	s19 能認識火災的預防方法
	s20 能說明火災的處理方法
	s21 能說明火災發生時的逃生方法

3.8 迷思概念

由學校自然與生活科技領域小組教師共同討論，搜集並研讀相關文獻與研究，並設計題庫試卷由學生作答，從中找出學生常犯的迷思概念。茲將本研究迷思概念臚列如表 2。

表 2 各單元目標的迷思概念

1-1 能說出燃燒需要空氣	b1 不清楚氧氣可以幫助物質燃燒
	b2 不了解氧氣具有無色無味的特性
	b3 不了解空氣到處都有的概念
	b4 燃點這個名詞觀念不清
	b5 助燃物這個名詞觀念不清
	b6 誤以為金屬不可能燃燒
	b7 可燃物這個名詞觀念不清
	b11 不知道燃燒的三要素
	b12 將可燃物與助燃物的概念混淆
b16 對物質燃燒的生成物觀念不清	

1-3 能製造和檢驗二氧化碳	b8 不了解二氧化碳不能幫助燃燒	
	b9 不了解二氧化碳會使澄清石灰水變混濁	
	b10 不了解二氧化碳具有無色無味的特性	
	b17 不知道用小蘇打粉加醋可製造二氧化碳	
	b18 不知道二氧化碳的應用	
	b28 不能運用將塑膠袋壓扁，以收集錐形瓶內產生的二氧化碳	
	1-2 能製造和檢驗氧氣	b13 不知道胡蘿蔔丁加雙氧水可產生氧氣
		b14 不知道用燃燒中的蠟燭或線香遇到氧氣燃燒會更激烈
b15 無法在日常生活中應用氧氣		
b24 不能使用漏斗讓液態的實驗藥品順利倒入錐形瓶內		
b25 不能運用玻璃板，以收集錐形瓶內產生的氧氣		
b26 不能使用線香來檢驗氧氣		
b27 不會使用錐形瓶進行實驗		
2-2 能具備製作簡易滅火器的能力	b19 不會操作滅火器	
	b20 不知道哪些物品可當作滅火器的材料	
	b29 不能使用器物將二個物品分開	
2-3 火災的預防	b30 不能組合小瓶	
	b31 不能將組合後的小瓶放入大瓶	
	b21 不知道消防設備的分類與用途	
	b22 不知道火災時金屬會被加熱，溫度升高不宜靠近	

和處理	b23 不知道火災時姿勢壓低才能呼吸 新鮮空氣
-----	----------------------------

3.9 試題檢核表

依據「空氣與燃燒」單元目標及相關能力指標確立「空氣與燃燒」單元子技能(如表1)、迷思概念(如表2)，編製選擇題型及建構反應題型，表3為選擇題第一題試題檢核表。

表3 試題檢核表

單元目標	1-1 能說出燃燒需要空氣			
子技能 (s1)	1-1-1 能認識燃燒現象			
題目	1. ()在停電的夜晚點燃蠟燭照明，下列那一個敘述正確？ (1)蠟燭是助燃物 (2) 蠟燭燃燒時沒有產生其他新物質，直到燒完，蠟燭就不見了 (3) 蠟燭燃燒時的周圍會比較亮 (4)一公斤蠟燭燃燒時會變成液體，直到燒完，蠟燭就轉變為一公斤的蠟油了。			
選項	選項1	選項2	選項3	選項4
迷思概念	助燃物觀念不清	對物質燃燒後的生成物觀念不清	◎	對物質燃燒後的生成物觀念不清
bug 編號	b5	b16		b16

4. 解題過程之迷思概念及解題策略之分析

4.1 茲分析建構反應題型1之解題策略

4.1.1 題目：

請利用以下實驗器材與物品製造氧氣並檢驗氧氣的產生。(將實驗器材與物品以滑鼠拉進矩形方框內進行實驗操作，操作完成請按"確定"，想重新再來請按"重來"，作答時間限時5分鐘)，建構反應題1之介面如圖1。

4.1.2 設計決策之步驟

下面判斷方法以建構反應題1解題策略分析流程圖(如附錄1)中的判斷節點為依據分別說明。

- ①若解題歷程為空白，編碼為99，分數為0。
- ②若解題歷程中出現「使用錐形瓶+(雙氧水+胡蘿蔔丁)+(漏斗)+(玻璃板)+(線香)」，則視為「全對」，編碼為0，分數為9。其他情形則視為「非全對」。
- ③於「非全對」情形下，若解題歷程中出現「使用錐形瓶」，則視為「使用錐形瓶進行實驗」。若解題歷程中未出現「使用錐形瓶」，則視為「不會使用錐形瓶進行實驗」，編碼為20。
- ④若解題歷程中出現「雙氧水+胡蘿蔔丁」，則視為「具備能使用雙氧水+胡蘿蔔丁製造氧氣的能力」；若解題歷程中未出現「雙氧水+胡蘿蔔丁」，則視為「不具備能使用雙氧水+胡蘿蔔丁製造氧氣的能力」。
- ⑤若解題歷程中出現「漏斗」，則視為「具備能使用漏斗讓液態的實驗藥品順利倒入錐形瓶內的能力」；若解題歷程中未出現「漏斗」，則視為「不具備能使用漏斗讓液態的實驗藥品順利倒入錐形瓶內的能力」。
- ⑥若解題歷程中出現「玻璃板」，則視為「具備能運用玻璃板，以收集錐形瓶內產生的氧氣的能力」；若解題歷程中未出現「玻璃板」，則視為「不具備能運用玻璃板，以收集錐形瓶內產生的氧氣的能力」。
- ⑦若解題歷程中出現「線香」，則視為「具備能使用線香來檢驗氧氣的能力」；若解題歷程中未出現「線香」，則視為「不具備能使用線香來檢驗氧氣的能力」。

參考文獻

- [1] 王光平 (2004)。以概念構圖策略探究國小六年級學童對於「燃燒三要素」之迷思概念。
- [2] 王榕榆 (2006)。以答題信心度為基礎之線上評量系統。暨南國際大學碩士論文，未出版，南投縣。
- [3] 吳任婕 (2009)。以建構反應題題型為基礎之數學科診斷測驗系統建置。臺中教育大學碩士論文。臺中市。
- [4] 郭伯臣 (2003)。國小數學科電腦化適性診斷測驗 (I)。行政院國家科學委員會專題研究計畫報告 (NSC-91-2520-S-142-001)。
- [5] 郭伯臣 (2004)。國小數學科電腦化適性診斷測驗 (II)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (NSC-92-2521-S-142-003)。
- [6] 郭伯臣 (2005)。電腦化適性診斷測驗之研究 (III)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (NSC-93-2521-S-142-004)。
- [7] 郭伯臣、謝友振、張峻豪、蔡坤穎 (2005)。以結構理論為基礎之適性測驗與適性補救教學線上系統。台灣數位學習發展研討會，2005 年 5 月 6-7 日，國立台灣師範大學。
- [8] 郭重吉 (1988)。從認知的觀點探討自然科學的學習。教育學院學報，13，352-378。
- [9] 郭重吉 (1995)。建構主義與數理教學。建構與教學，1，1。
- [10] 郭國成 (2002)。國小學童「燃燒」概念另有概念之研究。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文 (未出版)。
- [11] 許良榮 (民 91)。科學概念學習研究 (II) — 化學科 — 子計畫四：中小學生對於物質化學性質的分類概念發展之研究 (II)。國科會專題研究成果報告 (報告編號：NSC 90-2511-S-142-004)，未出版。
- [12] 許良榮、王瓏真 (2003)。中小學生對物質「燃燒」的迷思概念之研究，台中師院自然科學教育研究所。科學教育研究與發展季刊，2003 專刊，1-17 頁。
- [13] 許良榮、蔣盈姿 (民國 94)。以 POE 策略探究中小學生對物質「可燃性」的另有概念。科學教育研究與發展季刊，38，17-30。
- [14] 教育部 (2004)。國民中小學九年一貫課程學習成就評量指標與方法手冊。臺北市。
- [15] 熊召弟 (1995)。以概念角度談學童的生物觀。國民教育，35 (7、8)，8-13。
- [16] 鄭豐順 (1997)。國中學生燃燒概念之診斷與探討。國立臺灣師範大學化學研究所碩士論文 (未出版)。
- [17] 盧雪梅 (2009, 3 月 17 日)。評量工具箱。上網日期：2009 年 4 月 2 日。網址：
<http://web.cc.ntnu.edu.tw/~smlu/toolbox.doc>。
- [18] Gonzalez, F. M. (1997). *Diagnosis of Spanish primary school students' common alternative science conceptions. School Science and Mathematics*, 97(2), 68-74.

[19] Linn, R.L. & Gronlund, N.E. (2000).

Measurement and Assessment in Teaching (8th ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill.

附錄 1 建構反應題 1 解題策略分析流程圖

