YENKA 軟體實驗模擬軟體在小學自然教學上的應用–氧氣、二氧化碳與燃燒

林繼煒

國立臺北教育大學教育系創新與評鑑碩士班
g111035008@grad.ntue.edu.tw

■ 前言

一、教學困境

空氣與燃燒單元對學生來說難以理解，為了瞭解燃燒反應，要透過雙氧水加催化劑製備氧氣；石灰水加二氧化碳沉澱辨識二氧化碳；小蘇打粉加酸取得二氧化碳等化學反應輔助。化學反應的過程不易想像，理解門檻高、認知負荷重，加上進度的壓力，常變成死背物質的組合與結果，難以促進理解更消磨興趣。

教學設計時也會遇到困難，首先，由於空氣難以觀察，也不容易取得高濃度氣體，導致在介紹、實驗時的困難；第二，固有製備氧氣及二氧化碳的流程複雜，需要相當多的操作時間，如何讓學生既能夠操作實驗，又能夠明確、快速地進行課程是備課時的難題；第三，實驗藥品可能有過期、保存不佳而失效的情況。以本單元為例，就常出現澄清石灰水接觸空氣，導致檢驗二氧化碳時沒有混濁沉澱的效果。

二、科技融入教學

在科技日新月異的現代，為了更好的教學成效，許多新的設備、媒體、程式不斷推陳出新。這些新的元素，勢必有其教學上的長處，能夠讓教學更順暢。而且，資訊素養對學生的重要性不斷增加，如何讓資訊媒體對於學不只是娛樂工具，而有更多與學習的連結，也是現今教師在教學上需要去思考的。

在修習國立臺北教育大學周金城老師的化學特論課程時，學習到 YENKA 科學模擬軟體，了解各種功能後覺得很有潛力解決很多教學時會遇到的困難。於是利用 YENKA 模擬軟體製作實驗模組，並實際教學觀察輔助燃燒與空氣單元教學的效果。

■ 以 YENKA 科學模擬軟體作模擬實驗的課程設計

一、教材分析

如前言所述，空氣與燃燒在教學上有其困難，尤其在對氣體特性的建立上，由於難以取

得純氧與二氧化碳，容易產生混淆與迷思概念。像是兩者顏色的特性，尤其二氧化碳會被認為是黑色的氣體（許良榮、王瓏真，2003）。因此，以下針對翰林 112 五年級下學期自然與生活科技第二單元空氣與燃燒進行分析。

本單元接續三年級空氣和風單元，並做為五年級防鏽與食品保存的基礎。學生在三年空氣和風單元開始接觸空氣的概念，學會空氣流動形成風、佔有空間即可壓縮的概念。在五年級空氣與燃燒由空氣開始，藉由自製氧氣和二氧化碳讓學生練習簡單化學實驗操作、探究，並檢驗氧氣和二氧化碳的特性，接著探討燃燒三要素：可燃物、助燃物及達到燃點。最後將燃燒三要素運用在生活中，了解滅火原理進而避免、應對火災的發生，融入學生生活同時深化學習。

藉由翰林 112 五年級下學期自然與生活科技第二單元空氣與燃燒課本內容整理，本單元包含「空氣對燃燒的影響」、「製造與檢驗氧氣」、「檢驗燃燒後的氣體」、「製造與檢驗二氧化碳」、「加熱紙杯」共五個實驗。各實驗的步驟及目標整理如表 1。

表 1 空氣與燃燒課本內容整理

實驗名稱	實驗步驟	實驗目標
空氣對燃燒的影響	將蠟燭固定在玻璃片上並點燃，用廣口瓶垂直罩上，觀察燃燒中的蠟燭被廣口瓶罩住前後的變化。	了解物質燃燒需要空氣。
製造與檢驗氧氣	利用金針菇和雙氧水在廣口瓶中製造氧氣，再將點燃的線香插入，觀察線香在廣口瓶瓶外和瓶內的燃燒情形。	了解氧氣是可以助燃的氣體。
檢驗燃燒後的氣體	在兩個廣口瓶中分別裝入燃燒前後的氣體，再分別以點燃的蠟燭和澄清石灰水，檢驗兩廣口瓶中氣體的差異	知道燃燒後產生的氣體會使澄清石灰水變混濁。
製造與檢驗二氧化碳	在廣口瓶中先加入醋與小蘇打粉，收集產生的氣體，再利用澄清石灰水和點燃的蠟燭，檢驗氣體性質。	利用澄清石灰水驗證，得知利用小蘇打粉加醋製造出的氣體為二氧化碳。
加熱紙杯	在一紙杯中加水，另一紙杯不加水，分別放在燭火上加熱，觀察並比較杯底的變化。	發現未達可以讓物質燃燒的溫度時，物質就不會燃燒。 知道溫度達到燃點是物質燃燒的條件之一。

整理自翰林 112 五年級下學期自然與生活科技教師手冊

表 2 空氣與燃燒內容之教學重點

小節	教學重點	節數
氧	● 能察覺物質在燃燒時需要氧氣。 ● 能製造氧氣並檢驗其具有助燃性。 ● 能認識氧在生活中的用途。	六節
二氧化碳	● 了解物質燃燒會消耗氧氣，產生二氧化碳。 ● 能製造二氧化碳，並了解二氧化碳的性質。 ● 能認識二氧化碳在生活中的用途。	六節
燃燒與滅火	● 了解燃燒需要同時具備可燃物、助燃物和達到燃點等三個條件。 ● 能利用燃燒三要素，提出滅火方法。 ● 了解日常生活中防範火災發生的做法，並學習如何逃生。	三節

整理自翰林 112 五年級下學期自然與生活科技教師手冊

根據表 2 整理，課程藉由各實驗，從發現燃燒需要空氣開始、檢驗所需的空氣為何同時了解氧氣助燃性、檢驗燃燒後產生的氣體特性、檢驗二氧化碳特性同時確認燃燒後產生的氣體為二氧化碳，最後藉由加熱紙杯實驗建立除了可燃物、助燃物外燃燒還需要達到燃點的概念。

108 課綱自然科學領域綱要學習內容 INa-III-1 為「物質是由微小的粒子所組成，而且粒子不斷的運動。」若在本單元加入粒子層次的觀察，能夠協助學生空氣概念的正確知識（張敬宜，2000）。僅使用燃燒後的空氣作為二氧化碳來源，會加深「二氧化碳就是燒東西的煙」、「二氧化碳有顏色」的迷思概念（張敬宜，2000），且學生會認為燃燒後的白煙是讓澄清石灰水混濁的原因。製備氣體的方式不同會讓學生有不同的迷思概念，但教學現場又難以取得純氧及二氧化碳做實驗氣體的對照，是本章教學困難之處。

經過上述教材統整，本研究列出現今空氣與燃燒單元中，需要補足的教學缺口有二：

1.缺少實驗過程中粒子層面的觀察。

2.以燃燒後的氣體引入二氧化碳的認識會產生迷思概念。

二、YENKA 角色

虛擬實驗在國內外都有學者認為有助於學生正確理解科學概念（Olympiou & Zacharia, 2012；王利元，2017）。尤其在抽象程度高的活動上，使用虛擬實驗有助於提高學生的學習成就（王利元，2017）。本研究將 YENKA 融入教學中並非取代原本實驗，而是補足原本實

驗設計無法涵蓋的部分，相輔相成。

目前 YENKA 科學模擬軟體包含無機化學、電化學、光與聲音、電與磁、齒輪、數學等項目。能夠模擬許多化學反應、物理現象，滿足國小教學需求。並且提供暫停、加速、轉換視角、微觀觀察、即時報表等功能，讓學生能夠更仔細的觀察實驗過程。更重要的是，模擬研究不受空間、經費限制，能夠有無限的高純度原料，以及完全安全的環境，有更大的探索空間。

針對空氣與燃燒單元教材規劃的缺口，本次設計針對純氧與純二氧化碳的觀察、純氧與純二氧化碳的特性驗證兩點進行規劃。利用 YENKA 提供純氧與二氧化碳讓學生進行觀察，並透過 YENKA 讓學生能夠辨認實體實驗產出的氣體，希望能讓學生學習過程更順暢。

三、設計歷程

由於上述對於空氣教學上的困難，以及 YENKA 模擬軟體的認識，本次以翰林 112 五年級下學期自然與生活科技第二單元 空氣與燃燒作為教材進行教學設計，並著重在氣體的認識及辨認。由於原本教材安排中缺少的是對純氧與純二氧化碳的觀察、反應結果與純氧與純二氧化碳的連結，故利用 YENKA 設計對應的實驗補足。發展出以下模擬實驗。

YENKA 實驗一：氧氣、二氧化碳看一看

本實驗安排在介紹氣體的開頭，讓學生熟悉氣體特性。針對氧氣與二氧化碳的觀察，先讓學生針對氧氣、二氧化碳進行聯想，從過往經驗中說出聯想到的事物、特質，接著進行預測，預測氣體的顏色即預測的原因。接著利用 YENKA 中的氣瓶、錐形瓶，讓學生觀察並紀錄含純氧、純二氧化碳的錐形瓶除了取得方便外，也可以避免燃燒產生二氧化碳伴隨黑煙所產生的迷思概念(圖 1)。

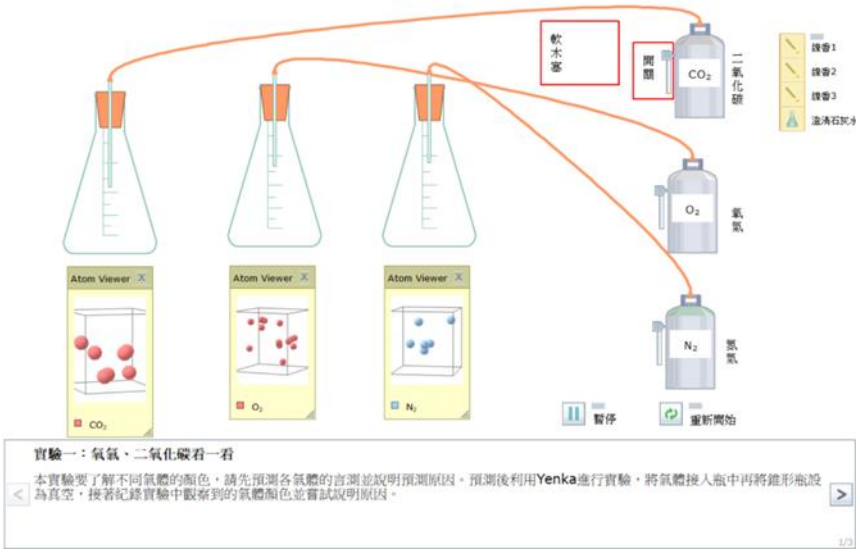

圖 1 利用 YENKA 軟體，讓學生觀察並紀錄含純氧、純二氧化碳的錐形瓶

YENKA 實驗二：氣體與然燒

本實驗接續「空氣對燃燒的影響」，讓學生利用 YENKA 製造含有不同氣體的錐形瓶，再利用線香進行測試，觀察線香碰到不同氣體時燃燒反應的變化。透過本實驗，學生能夠發現氧氣能讓燃燒更劇烈，二氧化碳會讓線香熄滅而氮氣沒有明顯差異(圖 2)。

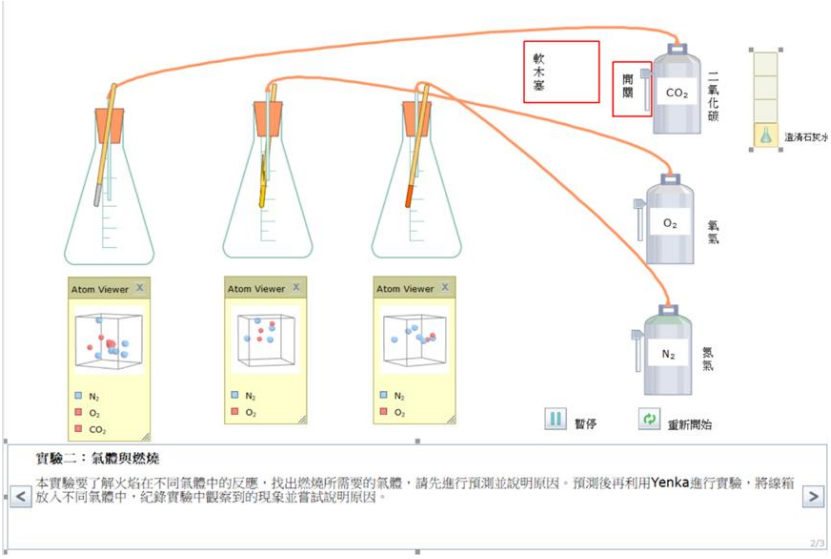

圖 2 利用 YENKA 軟體，進行線香測試

YENKA 實驗三：氣體與澄清石灰水

本實驗接續「檢驗燃燒後的氣體」實驗，讓學生用澄清石灰水檢驗各種氣體，找出實驗三中燃燒後產生的氣體種類。學生再利用不同氣體通入澄清石灰水後，能夠發現是二氧化碳讓澄清石灰水變色，了解燃燒後產生的氣體是二氧化碳(圖 3)。

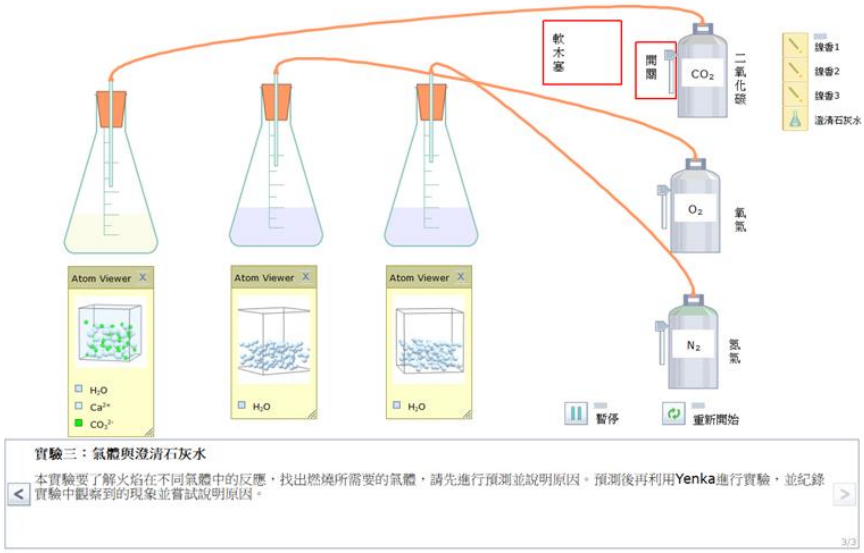

圖 3 利用 YENKA 軟體檢驗燃燒後的氣體

以上三個實驗可以在缺乏實驗室設備、場地的情況下，讓學生了解氧氣與二氧化碳的核心概念，也能夠讓學生自由地探究，不用擔心素材、燃燒的危險等問題。也可以搭配課本實驗，利用實驗一讓學生仔細觀察氣體；在課本實驗「空氣對燃燒的影響」與「製造與檢驗氧氣實驗」間加入實驗二，透過操作驗證所製造出的氣體是氧氣；在「檢驗燃燒後的氣體」與「製造與檢驗二氧化碳」間加入實驗四，讓學生能夠透過自己操作驗證所製造出的氣體是二氧化碳。

■ 學生使用 YENKA 模擬軟體的學習情況說明

本研究著重在模擬軟體對課本內容的輔助效果，是否能夠藉由模擬實驗讓學生清楚了解氣體的特性，並進一步運用到判斷真實實驗結果上。以台北市一課輔班進行教學實驗，以確認學生透過模擬實驗建構氣體特性知識的效果。由於器材與時間的限制，本研究以學生預測、觀察，並輪流上台操作實驗的方式，進行實驗二到四的內容。結束後進行簡單的後測與問卷驗證學習成果及會模擬實驗的感受。進行教學的班級有 3 女 5 男共 8 人，五年級 1 人、四年級 5 人、三年級 2 人。時間為一個小時。

在過程中學生覺得新奇有趣，對模擬實驗很有興趣，積極想要操作。進行觀察紀錄時也會積極靠近螢幕，想看的更仔細。對於中年級學生來說氣體的認識不多，難以進行猜測與聯想，但模擬實驗能夠抓住學生的注意力，也讓學生能夠對氣體有更具體的概念。

一、學習成果

本次課程以中年級為主，課程結束後多數學生對於氧氣與二氧化碳對燃燒的影響有概念。但在燃燒後的氣體為何，以及二氧化碳能讓澄清石灰水變混濁的概念還不熟悉。整體授課時間要再拉長，並且搭配實作的實驗能夠讓校過更佳(表 3)。

表 3 概念試題、答案與學生答對率

題目	答案	答對率 (%)
1. 能幫助火燒的更旺得氣體是	氧氣	87.5
2. 更夠讓澄清石灰水變色的氣體是	二氧化碳	50.0
3. 能夠讓火馬上熄滅的氣體是	二氧化碳	62.5
4. 火燃燒後產生的氣體是	二氧化碳	37.5

二、對 YENKA 態度

課程進行中學生對模擬軟體有很高的好奇，也能夠專注在實驗觀察與課程討論。從課後問卷的分數看來，學生對於模擬軟體保持正向的態度，也認為模擬軟體對自己的學習是有幫助的(表 4)。

表 4 學生對 YENKA 的使用感受

題目	平均分數(滿分 4 分)
1. 我覺得 YENKA 是有趣的	3.50
2. 我覺得 YENKA 對我學習自然有幫助	3.63
3. 我覺得 YENKA 能幫助我仔細觀察現象	3.63
4. 我喜歡操作 YENKA 進行實驗	3.75
總分(滿分 16)	14.50

■ 教學後省思、改進與結語

本次實作有時間及器材的限制，在一個小時中，透過模擬實驗的操作，讓學生對於氧氣與二氧化碳的特性有基礎認識，雖然還沒完全了解，但在搭配實際操作後，能夠讓學習更深化。器材上，本次實作無法讓學生一組一台平板進行操作，若是讓學生可能自主進行探究，並從中整理出氣體特性，能夠更加深學習成效。但即便在這樣的限制之下，模擬實驗仍然讓學生有了基礎的學習提升學習興趣。

本次實作使用模擬軟體搭配 POE 學習單(參見附錄)，讓學生先根據經驗預測結果再進行實驗驗證。但由於學生對於空氣的先備經驗不多，因此再預測階段難以進行有根據、邏輯的猜測。建議先進行模擬實驗，根據觀察結果進行討論，再根據討論結果針對實際實驗操作進行預測及解釋。一方面能夠將模擬實驗與實際實驗做連結，一方面也能夠有足夠的經驗進行結果的推測。

科技的使用並不是要取代原有的教學與實驗，而是透過了解兩者各自的特性、長處與限制，互相搭配，讓教學隨著科技進步而越發完善。教學沒有最完美的方式，只有最適合的，需要隨著社會的改變、學生的特性去做調整。更多的科技設備代表更多的可能性與工具，能夠讓課程更靈活、更符合學生需求。

■ 謝誌

在此感謝國立臺北教育大學自然科學教育學系周金城教授提供軟體，並修改與協助修改本文，以及子穠園教室提供場地及教學機會，在此謹深摯謝忱。

■ 參考資料

王利元（2017）。**探討動手做實驗及虛擬實驗對國小學童在電磁鐵單元的學習成就及概念理解之影響**［未出版之碩士論文］。國立清華大學數理教育研究所。

張敬宜（2000）。大台北地區國小學童對空氣相關概念認知之研究。**科學教育學刊**，**8**（2），141-156。https://doi.org/10.6173/cjse.2000.0802.02

許良榮、王瓏真（2003）。中小學生對物質 [燃燒] 的迷思概念之研究。**科學教育研究與發展**，2003，1-17。

Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education, 96*(1), 21-47. https://doi.org/10.1002/sce.20463

■ 附錄

氣體與燃燒 POE 學習單

實驗一：氧氣、二氧化碳看一看

本實驗要了解氣體的顏色特性，請先進行預測並說明原因。再利用 YENKA 進行觀察，並紀錄對氣體的觀察並嘗試說明原因。

我的猜測	
討論結果	

實驗二：氣體與燃燒

本實驗要了解火焰在不同氣體中的反應，找出燃燒所需要的氣體，請先進行預測並說明原因。預測後再利用 YENKA 進行實驗，並紀錄實驗中觀察到的現象並嘗試說明原因。

	現象		**原因**
我的猜測	**變旺**		
	熄滅		
觀察結果	**變旺**		

	熄滅		

實驗三：氣體與澄清石灰水

本實驗要了解是什麼氣體讓澄清石灰水變色，找出讓澄清石灰水變色的氣體，請先進行預測並說明原因。預測後再利用 YENKA 進行實驗，並紀錄實驗中觀察到的現象並嘗試說明原因。

我的猜測	
討論結果	