



從 105 年指考

窺見化學

探究實作新視野

劉曉倩 老師

國立彰化高級中學

教育部高中化學學科中心

torrina01092002@yahoo.com.tw



掃描QRcode，
下載最新電子檔

前言

「老師，你看了今年的指考題嗎？我們做過的藍瓶實驗出現在非選題，老師也猜中必考的題型『猜猜我是誰？』，由實驗結果推出化學藥品的身分……總之今年的指考題沒有繁複的計算，有些題型涉及實驗數據的處理……」超哥（今年應屆畢業生）在實驗室幫忙當國中科研營志工，倒著液態氮，語氣中帶著不安。

「然後呢？你做對了嗎？」我小心地從他的眼神中試圖窺探答案。「多選題中『在高中化學實驗進行滴定或合成等實驗時，實驗操作注意事項，在玻璃管上套橡皮管時可先用水溼潤玻璃管……』我覺得這種考題很怪，就算不用水溼潤也可套上玻璃管呀！」口氣帶著挑釁的意味，「而且氧化還原實驗沒有考實驗計算，反而著重在過錳酸鉀以草酸鈉標定濃度的過程……」說的有道理，在實驗室中這些細節都交由實驗室管理員來做，學生通常只負責實驗操作而已。他語氣中帶著些許不滿「這次考題有些部分讓我感覺就好像是參加廚藝大賽時，評審重視的只是基本的廚具使用是否正確，這些細節雖然重要，但是在指考上出現這種題型，真的有些奇怪……」

「大考中心是在為107年課綱『探究實作』做準備，希望藉由考題引導學校教學，未來教學應重視基本的實驗操作，落實實證教學，並藉由不斷的驗證訓練學生想像力……」筆者帶著樂觀的語氣，「就像是愛迪生，他雖然理論概念不強，甚至大部分是嘗試錯誤的方法，而不像一般的科學家，先建立華麗的理論，再做相關的研究，但也許也因為他受到知識的束縛較少，所以想像力及實驗力更強！」我一邊理直氣壯地說，一邊將棉花糖放進液態氮中，「你認為棉花糖在液態氮中會產生什麼變化呢？」「應該會變得脆脆的吧？」「是嗎？」當他把棉花糖放進嘴裡（圖一）發出如保麗龍摩擦聲音時，不禁瞪大了眼睛。

「怎麼樣？Believing in tasting！」我強忍著笑回答。



圖一：學生將浸過液態氮的棉花糖放入口中猶如吞雲吐霧，十分有趣



食譜教學—探究實作的開端

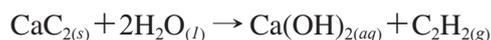
百發百中乙炔槍

本課程設計主要是根據「基礎化學(二)有機化合物內容：不飽和烴炔類性質探討」，為使實驗進行更具趣味性，將實驗設計成兩個關卡：

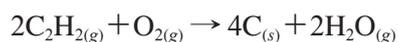
1. 由關主解說原理，電石加水產生乙炔氣體的反應，並傳遞乙炔氣的危險性。
2. 讓闖關同學學習排水集氣法收集乙炔氣體，以瓦斯點火器射出，擊中目標物即可過關（圖二、圖三）。

實驗原理

碳化鈣（Calcium carbide，俗稱電石）加水即形成乙炔和氫氧化鈣，如反應式所示：



產生的乙炔氣可以用排水集氣法收集，且收集罐中乙炔氣體含量的多寡，會影響燃燒產物，如反應式所示：



當氧氣充足時，足以讓乙炔完全燃燒，如反應式所示：



市售電石含有硫或磷等成分，所以製備乙炔氣體時，往往伴隨含硫成分的酸性氣體，實驗完後可將氣體導入氫氧化鈉溶液中，以免實驗室產生有毒氣味。

實驗步驟

1. 在一個125 mL的抽濾瓶中，加入50 mL的蒸餾水，另加入約三小塊的碳化鈣，蓋上瓶塞，起初產生的氣體混有空氣先不收集，約10秒後，以養樂多罐收集氣體約 $\frac{1}{3}$ 罐即可。

2. 將養樂多罐內剩餘的水倒乾，直接套在附有橡皮塞的瓦斯槍密合，點燃瓦斯槍射擊，請勿將槍口對人，以免發生危險。



圖二：學生在實驗室中試射乙炔槍



圖三：學生自行設計關卡，讓其他組別同學闖關

靈光乍現—引導式教學的開端

一、研究契機—咻咻瓶燃燒

本課程設計主要是根據「基礎化學(二)化學與先進科技奈米材料」，課本中提及石墨、金剛石及奈米碳管的結構差異，及學生在新聞中看到的「咻咻瓶高效能燃燒實驗」（圖四），對於影片中三位老師示範實驗「酒精蒸氣與空氣以不同比例混合產生高效能燃燒」，覺得很酷而且很有趣而引發的想法。



「學化學不是要會做炸彈嗎？」「我們是否也可將乙炔槍進一步作成一系列的實驗研究呢？」我的內心略感到不安「可是會爆炸的實驗好危險，老師……」想想再過幾年也許就要退休了，但是看到熟悉的實驗變出新把戲，讓學生親自去嘗試，自己去發現，這不正是我們教育所企盼的宗旨嗎？



掃描QRcode，
觀看實驗影片

圖四：將不同濃度的酒精溶液與空氣充分混合，比較其燃燒程度的差異性

二、引導式教學設計大綱

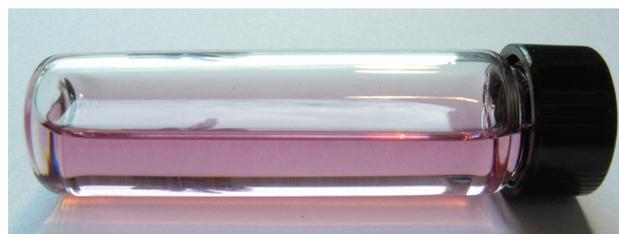


三、師生共同討論研究目的

1. 比較乙炔氣體在不同空氣比例下燃燒，所捕捉的碳簇甲苯膠體溶液的顏色及性質。
2. 找出最適合用來捕捉奈米碳微粒的素材。
3. 使用不同的有機化合物燃燒做比較，找出燃燒產生的碳簇與化合物結構間的關連性。
4. 探討燃燒所得的碳簇、活性碳與二氧化錳對雙氧水分解的影響。
5. 探討乙炔在不同空氣比例下燃燒，所捕捉的碳簇在其他有機溶劑中形成的溶液其顏色及性質分析。

實驗原理

1. 奈米碳管具有高強度（例如：機械強度比鋼強上數十倍）、高韌性、質量輕、可撓曲、高表面積、高熱傳導度及導電性等特性，因此在其未來應用上，可說是種蘊藏無限可能的夢幻材料。
2. 多樣的奈米碳粒大小在甲苯溶液中會出現紅、紫或黃棕等顏色，理論上奈米級碳簇溶解在甲苯中的顏色為淡紫色（圖五）。



圖五：奈米碳簇在甲苯中的顏色為淡紫色

3. 將實驗室中有機化合物燃燒，進行奈米碳簇研究。



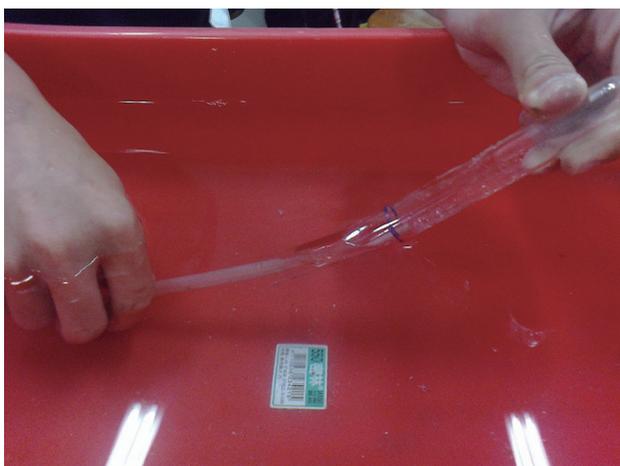
實驗步驟

<各組依研究目的自行設計>

1. 製作乙炔氣體並將其與不同的空氣比例混合燃燒，探討在不同空氣比例下所捕捉的碳簇甲苯膠體溶液的顏色及性質（圖六、圖七）。



圖六：以排水集氣法收集乙炔



圖七：調整試管中乙炔與空氣達成特定比例

2. 以火柴點燃試管中氣體，並以10 mL甲苯溶解燃燒產物，將含有碳黑的甲苯溶液過濾後，以分光光度計測量其吸收度，探討在不同空氣比例下，燃燒產物的吸收度及差異性。
3. 改變捕捉奈米碳微粒的材料，找出最適合用來捕捉奈米碳微粒的素材。將5 mL的甲苯加入坩鍋中以火柴點燃，以紙碗（深底）、紙碗（淺底）、鐵罐及坩鍋罩住火焰使碳微粒附

著於上述容器內壁上，以10 mL甲苯溶解碳微粒，並以分光光度計測其吸收度。

4. 使用不同的有機化合物，例如：正己烷、環己烯、環己醇、丙酮、第二丁醇、第三丁醇、正戊醇、乙酸乙酯、乙酸戊酯、甲基丙烯酸甲酯及苯甲酸乙酯等燃燒做比較，找出燃燒產生的碳簇與化合物結構間的關連性。
5. 探討燃燒所得的碳簇、活性碳及二氧化錳對雙氧水分解的影響。將3個100 mL量筒中各加入5 mL雙氧水和1 mL的清潔劑水溶液，分別加入0.2 g碳黑、0.2 g二氧化錳及0.2 g活性碳，每5秒紀錄一次泡沫體積，比較碳簇、活性碳及二氧化錳對雙氧水分解的影響（圖八）。

各組實驗結果分析—分組上台以PPT報告

1. 實驗結果發現，當乙炔和空氣體積比為1：3、3：7、11：9及3：2時，瞬間被點燃並產生火光，除了試管口持續有火焰以外，一團火球會從試管口往試管底移動，有些黑煙飄浮物也會從試管口冒出去，此時整支試管充滿黑色碳粒（圖九）。如果減少試管中乙炔的含量，用火柴點燃的瞬間，就會產生很大的爆鳴聲。



圖八：雙氧水被碳簇催化分解而產生的泡沫柱



圖九：燃燒後試管內產生碳黑



2. 各種不同材質容器捕捉甲苯燃燒所得的碳簇，溶於甲苯溶液中所呈現的顏色也不盡相同，坩鍋所附著的碳簇較多（圖十、圖十一、圖十二）。



圖十：碳簇溶解在甲苯溶液呈現淡黃褐色



圖十一：燃燒甲苯時的情形，請盡量在通風處進行



圖十二：各試管中液體即為後排各容器中所溶出之碳簇甲苯溶液

3. 使用不同的有機化合物燃燒比較，找出產生的碳簇與化合物結構間的關連性

(1) 醇類燃燒所得碳簇在甲苯溶液中測其吸收度做比較：

燃燒原料	結構	沸點 $^{\circ}\text{C}$	吸收度
第二丁醇	<chem>CC(O)CC</chem>	99	1.2
環己醇	<chem>C1CCCCC1O</chem>	160.8	14.8
正戊醇	<chem>CCCCCO</chem>	137.5	18.8
第三丁醇	<chem>CC(C)(C)O</chem>	82.4	26.4

實驗得知

1. 第三丁醇支鏈較多，分子間作用力小，沸點較低，燃燒所得的碳簇量較多。
2. 環己醇沸點高，分子間作用力大，燃燒所得的碳簇比正戊醇少。



(2) 酯類燃燒所得碳簇在甲苯溶液中測其吸收度做比較：

燃燒原料	結構	沸點 $^{\circ}\text{C}$	吸收度
乙酸乙酯		77	0.2
苯甲酸乙酯		212	13.4
乙酸戊酯		149	14.4
甲基丙烯酸甲酯		101	21.6

實驗得知

1. 甲基丙烯酸甲酯分子較屬於平面結構，分子間作用力較大，沸點較高，故所得的碳簇量較多。
2. 乙酸戊酯分子量較大，碳鏈較長，燃燒所得的碳簇量較多，是乙酸乙酯的71倍。

(3) 環脂烴及芳香烴燃燒所得碳簇在甲苯溶液中吸收度比較：

燃燒原料	結構	沸點 $^{\circ}\text{C}$	吸收度
正己烷		69	3.6
環己烯		82.8	6.4
甲苯		110.6	77.4

實驗得知

甲苯分子間作用力較大，所以沸點高，故燃燒時所得的碳簇最多。

4. 探討燃燒所得的碳簇、活性碳與二氧化錳對雙氧水分解的影響

時間 (s)		0	5	10	15	20	25	30	35	40
泡沫 體積 (mL)	碳簇	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	活性碳	0	2	4	5	6	8	9	10	11
	二氧化錳	0	7	20	29	37	43	49	56	61

實驗得知

碳簇應可以催化雙氧水分解，但是碳簇與玻璃附著力太好，反而在催化效果上不如活性碳。



四、老師總結各組實驗結果

修正實驗、解決問題、訓練學生自主能力

1. 「再好的題目都有可能失敗，現在看似不好的題目，也有成功的機會」，實驗成功的關鍵不在於題目，簡單說，是不怕苦，這樣才能培養解決困難的能力。
2. 沒有解決不了的問題，但爲了降低失敗的風險，研究主題不要過度偏離自己的能力太遠，安全很重要，核心知識要做足。
3. 實驗小組所組成的團隊必須具有互補性，如果成員的同質性太高，每次討論無法獲得不同的思維，大家意見都相同，就無法訓練思辯力。
4. 實驗領導很重要，做爲領導人要有組織能力，不怕溝通，不怕失敗。

探究實作一次就上手

學生對課程反應

1. 乙炔氣體收集量與不同空氣的比例混合燃燒，都會影響射程遠近，沒想到簡單的實驗可以聯想到這麼多探究主題，真的很有趣！
2. 藉由燃燒產生的碳簇溶於甲苯中的顏色比較有機化合物結構上的差異，發現具有雙鍵、環狀結構或是有較多碳支鏈，較容易產生燃燒不完全的情形。
3. 覺得化學特色課程有做到爆炸性的實驗真酷！我記得老師說，還可以將乙炔氣導入硝酸銀氨水溶液中製備具有爆炸威力的乙炔銀灰白色沉澱，真想知道老師是怎麼做到的。
4. 自己動手做排水集氣法的時候，動作要快，否則乙炔氣外洩時會產生怪味道，所以最好開抽氣裝置再操作。

5. 我發現探究實作課程設計跟國中做過的「獨立研究」很像：學生從課本延伸，找尋研究題材，設計相關實驗，並將課本所學擴大範圍至整個面向，結合除了自然領域、實驗數據處理分析及人文範疇，同時訓練我們思辯及發表能力。

老師發現法拉第

縱容學生玩火做實驗，一開始心裡感覺自己一定是瘋了，但是後來想想只要將實驗室規則及安全設施做好，讓學生親手嘗試刺激的實驗，就像是親自體驗了化學發展史。法拉第當年就是得到舊貨店老闆送給他的兩個電瓶，才闖進了電學研究的曠野，我們的學生對於泉湧的泡沫、發光發熱的東西、碰碰的爆炸聲特別有興趣，若是因此開啓了化學的大門，這可是我們教學的最大成就呢！

圖片來源

- 圖一～圖三、圖六～圖十二：劉曉倩老師提供
圖四：<https://www.youtube.com/watch?v=pxC8p439isU>
圖五：富勒烯，維基百科

參考資料

1. 高中基礎化學（二）第四章「化學與化工」，龍騰出版社。
2. 科學月刊2010年2月號482期，156－157頁。
3. J.AM.CHEM.SOC.2010,132,1825－1827
4. 成功大學奈米科技創新教育資源之研發與推廣中心
<http://cmnst.ncku.edu.tw/files/11-1023-12386.php>
5. 富勒烯-維基百科2016/8/1
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%AF%8C%E5%8B%92%E7%83%AF#C70>
6. 咻咻瓶高效能燃燒實驗
<https://www.youtube.com/watch?v=pxC8p439isU>