

高中化學教材的檢討

國立台灣大學化學系 牟中原

現行高中化學教材，起源於民國五十三年教育部公佈之“高級中學化學課程標準”，其內容主要取自美國在六〇年代早期所發展的 CHEM STUDY 教材。其間雖於民國六十年修訂過一次，基本上還是基於 CHEM STUDY 的精神。坊間所出版的教科書也都是大同小異。如衆所知，CHEM STUDY 進行時，正值美國在受蘇俄 Sputnik 衛星成就挑戰之下，舉國發展基本科學，故其目的為造就更多的理工人才。CHEM STUDY 的成員多係大學化學家，他們的觀點是為建立初步化學研究的規範（Paradigm），教材直接與研究化學家的語言、內涵連接。此項教材的確為一重大的改革，帶動了新一代的教科書。這項潮流是世界性的，我國亦不例外。

比較起廿年以前的化學教科書，現行教材是做了很多優良的改革。它強調了化學原理的一致性。除去過去太多零碎生硬的敘述性知識，化學不再只是銅加硝酸、鉛室法製硫酸與平衡方程式。學生更能夠從原子結構看週期表，從週期表了解化學性質。許多原來在大學課程所教的材料，都出現在高中課程裡。這些多半是原理性的東西，許多敘述性化學都被捨棄了。

然而前述的教材內容改變，並非是沒有代價的。現在正值我國新一次高中科學教材更新的時候，讓我們來討論一下現行教材內容。也許能幫

助大家寫出屬於我們需要的，更好的教材。

現行教材的缺點：

目前關於 CHEM STUDY 教材，在國外也正進行多方面的檢討，以求適應八十年代的新需要。國內環境不同，在本文中更因限於個人之經驗，所討論的缺點多是由大學教學經驗而發現到的，可以說是局部的。但以下的分析，是先由我們所認識到的現行教材缺點而出發。

一、造成學生死記理論：

很多大學中的同仁抱怨學生從前死記事實，現在則死記理論內容。這個原因與聯招的考法當然有關。但教材本身也有一些關係，如果教材中的理論內容不與實驗知識聯接，則缺乏應用，自然就易成死的知識。譬如說學生都知道氫鹵酸強度的次序是 $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl}$ ，程度好的學生也許說得出原子結構與此次序的關係，但我以為這項（理論性的）知識是死的。因為沒有學生真正明瞭 HI 酸性比 HBr 強的實驗意義是什麼？難道是指 1 M HI 水溶液中氫離子濃度高於 1 M HBr 水溶液？又如大專聯考曾考過一題問以下那些離子呈酸性，正確答案包括 Mg^{+2} , Hg^{+2} , Cu^{+2} , Fe^{+2} ，這更不知從何說起了。這問題的理論性，學生在缺乏實際關於各種離子的化學性

質下，就很難作正確的判斷。在酸鹼的意義都沒弄清楚的時候，再談各種化合物的酸性是不合理的。

另外關於化學鍵的討論，多偏重鍵角，混成軌域之關係。姑且不論學生對混成軌域的物理意義極不明白，過於簡化的 p^2 , p^3 , sp^2 , sp^3 的認定，是不能夠了解甚至很簡單化合物的構造。譬如說， NH_3 是 sp^3 軌域， PH_3 是 p^3 軌域，實在是易於混亂。老師不得不進一步「發明」更「深入」的理論說明為什麼 NH_3 是 sp^3 ， PH_3 是 p^3 ——一個本已經不好的問題——最後不如死背了事，反正聯考不考為什麼。在今日化學尖端研究上，混成軌域已逐漸不被使用，而高中生如火如荼般地去背它，就如以前高中生死記早已過時的鉛室法製硫酸一樣地不合理。

像以上這些例子實在很多，我們重訂新教材時應該對理論觀念，有更小心的取捨。一個好的理論觀念是建立科學規範所必須的，但是過於簡化到缺乏實用價值的理論是多餘的負擔。

二、學生不明瞭化學的目的：

在 CHEM STUDY 教材中，原著者實在是努力地建立起現代化學所處理的規範 (Paradigm)，爲了這個目的，很多例子舉出來爲了讓學生了解各種規則 (rule)、觀念。學生大部份的時間都花在這上面，相對地減少了化學知識的運用。如果我們以孔恩 (T. Kuhn) 的正常科學活動觀點 (註一) 來看，科學家主要的任務是在一定規範之下從事解謎活動 (Puzzle-Solving)，在現行高中化學教材，此類解謎活動是有，但很少是指向真實的、複雜的化學變化。學生的時間花在爲了解規則而提出的化學問題。譬如爲了瞭解化學鍵理論，提到了 Cl_2O , BF_3 的構造，爲了瞭解路易士酸鹼論，提到了 $Ag^+ + 2NH_3 \rightarrow Ag(NH_3)_2^+$ 中 Ag^+ 是酸。似乎化學的目的只

是在定義觀念及了解觀念，下面就沒有結果了。如此學生進入大學後，仍然不知道化學有什麼用。軌域、鍵角、共軛酸鹼，亂度在其心中都不過是左一堆、右一堆的知識包裹。大多數的學生在大學中並不攻讀化學，則過多的化學理論架構永遠不被用到。有學生對化學產生興趣，也往往爲了一些次要的理由；他是爲了瞭解高中化學提到的一些深奧的化學理論（譬如爲了瞭解那 sp^3 軌域到底是什麼）。真正明白化學是個實驗科學而願去學習那實驗內容的學生反而不太多。

如果我們的教材能顯示出更多生活中，常見現象中的物質變化問題可以經由化學方法來研究它，我們的學生也許較能知道化學的全貌。

三、與生活無關：

現行高中化學教材，可說是與我們的周遭物質世界相當脫節。有多少學生以後可能見到 Cl_2O , BF_3 ，用到 OF_2 鍵角知識？相反地，現在學生對我周遭的化學環境知道得太少。如果我們要相信高中教育的目的之一是使學生社會化 (註二)，現代社會是與化學息息相關。我們的能源問題，環境污染問題，物質資源問題，都是未來十年、廿年的大課題，它們的認識與解決都和化學有關。如果化學教育中不讓學生認識到這些問題，在高中階段就很可能不會提到它。

寫到這裡，純科學家也許會反對教材中「不純」的化學，認爲「科學方法及基礎」本身的訓練就完全夠了，高中數學不就是完全不必講求數學的實用性嗎？數學本身是對學生思維作嚴格的訓練。我以爲這個比較是不適當的。科學方法的訓練固然重要，但我們還有物理、生物。而化學是高中課程中極特殊的科學課程，它可使學生從學理連通到生活社會的問題，我們不應放棄這個機會。如果只要訓練學生思考方法的能力，也許物理、數學是更適當的課目。化學是個居於中間

地位的科學，我們不必要把它寫成像物理的衍生物。

四、與大學普通化學重複：

這也許不是一個很重要的問題，但它的確是我們教大學化學常遇到的問題。現在高中化學與普通化學內容完全相似，有時高中老師加料，有些學校甚至教晶體場論（crystal field theory），自由能，分子軌域。為程度好的學生加料，固無可厚非。但其後果是更加加深單一觀點的趨向，學生以為化學老是那一些老東西。我的論點是，高中化學教一些其他現行化學教材所沒有的內容，反而對其未來化學整體知識有助。化學所必須的理論知識在大一普通化學中可以補足，學生並未吃虧。至於對那些不進入大學或大學中不再修普化的學生，我們有必要教他們許多高深的理論知識嗎？

建議

目前高中化學中理論內容加深的趨勢是令人憂慮的。它造成以上所說的教育上的缺陷。我以為校正的方法是必須增加敘述性化學，同時要更嚴格地挑選，減少理論性內容。敘述性化學，並非指回復到廿年前舊化學那樣充斥著零碎地、無理解性的化學事實。相反地，敘述性知識必須配合理論內容，我們必須有選擇性。

一、敘述性化學必須配合理論內容及與生活有關：

增加敘述性化學的主要目的，應是說明課本的理論內容，而不只是加入一些不相關，無用的知識。我們教索耳未法（Solvey's process）製小蘇打時，可以說的更詳細，使學生了解勒沙特列原理，酸鹼作用及溶解度在這個過程中的應用。對大多數學生言： $\text{MgO} + \text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 + \text{Mg}$

的過程製造鎂是吃驚的事實（矽的還原力比鎂差！），但這步驟是在高溫進行，超過 1100°C ，鎂即氯化被趕走，而可使平衡不斷向右移動，這個實際例子很好地說明了勒沙特列原理。又如只教學生 Li , Na , K 游離能大小不同是頗空洞的，但如同時讓學生知道 Li , Na , K 在過量氧氣中燃燒的主要產物是 Li_2O , Na_2O_2 及 KO_2 ，很好地說明了它們化性之不同。當我們講到 Al^{3+} 的酸鹼兩性性質（amphoteric）時，就可以提到如何利用這性質來分離鋁礬土中的 Al_2O_3 及 Fe_2O_3 。當我們教 Na^+ , K^+ 的化學性質，我們可以提到地球上 Na^+ , K^+ 的含量差不多一樣，但在海洋中， Na^+ 的濃度約是 K^+ 的 30 倍，這說明了 Na^+ 的水合能較大，所以鈉鹽在水中的溶解度較大。諸如此類的例子很多，如果我們適當地加入教材當中，一方面巧妙的說明理論內容，另一方面也配合了實際生活中的化學知識。

二、除去不必要的理論內容：

當我們注意到敘述性化學與理論知識配合時，我們同時也就可注意到目前有那些理論內容是過深或是用處不大的。我們應有較嚴格的標準決定那些內容是狹窄、鑽牛角尖的。個人以為，我們不必要太注重專業研究化學家的理論教材。譬如有關化學變化，量的問題，速的問題，勢（活性）的問題是化學非常重要的課題，它關係到化學的現象及應用。但是化合物結構的問題則多半屬專業化學家的中心問題，專業化學家要了解化合物構造，才能了解化學變化及預測化學性質。

sp^2 , sp^3 是化學家為了解化合物構造而使用的語言工具，其「語言」性質大於「現象」性質。我們沒有理由要求一個高中生去通曉專業化學家的理論語言，況且如前所云，有些語言（像混成軌域）在專業化學中有逐漸減少的趨向。

三、更強調以實驗來研究問題的方向：

最後，我們應使學生更加了解化學實驗的重要性。學生要能接受實驗事實—即使是違反他們的理論信念—根據實驗結果來作判斷。在理論教材中同時加入相關敘述性化學，給予我們很好的機會同時步入實驗室中做相關的實驗。這略可減除目前教材與實驗未能完全配合的問題。同時，我們也給予學生機會看到書本上所講的那些化合物，我們有許多學生不知道過錳酸鉀是紫色的，誤以為溴化銀是紅色氣體，誤以為硫酸銅是藍色液體。

另外重要的是實驗通常是啟發學生對化學產生興趣的原動力。很多成人仍然對當初第一次看到氫氣燃燒，鈉與水作用，鎂的燃燒有深刻的印象，許多科學家當初是被奇妙的科學實驗引起求知的興趣。過多的理論內容可能反而抹殺青少年對科學的興趣。很多學生覺得實驗室的一切都是

美妙的，課堂上的則枯燥無味。這種心理因素是不能忽略的。

本文主要對高中化學，內容理論題材與敘述實驗題材平衡的問題作討論，當然這只是一個觀點。我們也可以從其他的教育觀點討論，如物理與化學配合問題，教材與評量問題，教育心理問題，希望我們可因此更清楚到底要如何改進科學教育。 □

附註：

註一：Thomas S. Kuhn, "The Structure of Scientific Revolutions", Chicago & London, University of Chicago press, 2nd ed. 1970.

註二：廖淑媛譯，“科學教育之目的”刊於科學教育 38 期 20 頁，民國 69 年 12 月出版。
原作者 D.R. Biggins & I. Henderson.

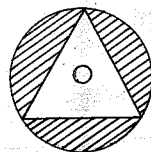
溫度計的支架

冠 儒

溫度計是化學實驗室中常用的工具之一，往往學生因為使用不當或放置於桌面而滾落地上，以致把溫度計打破了。

下面的圖形即為溫度計的支架。可把橡皮塞如圖以鑽孔器挖去中心並用刀片切去三邊，使成

三角形，然後將溫度計的上端插入此三角形之中心即可。



(# 6 或 # 6 以上的橡皮塞)