

從一枝粉筆說起

沈聿溫 國立臺灣師範大學

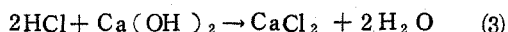
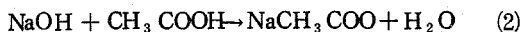
目前從事科學教育的人士都感到如何使學習科學的同學深切瞭解科學和生活的密切關係，是一個非常重要的課題。一般講來，教普通化學課程的老師也會注意到，用平日常見的事物來解釋化學的原理或者化學物品的性質，是比較有效的教學的方法。例如用商店前面的霓虹燈來說明各種惰性氣體的發現經過和性質；以及用家庭中常用的漂白粉來闡明氧化還原的化學反應，都是極明顯的例子。

在本文中，我們用意是以一枝粉筆——這是平常老師和同學每日常見常用的東西——來解釋幾種基本的化學反應，並且如何利用這幾種化學反應來測定物品或化學產品準確的含量和它們的純度。例如利用這些基本化學反應來測定食鹽的純度，或者平常所用的漂白粉內NaOCl的百分含量。

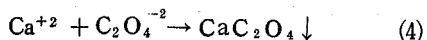
粉筆含有百分之九十九以上的碳酸鈣，所以用它作一種標準試劑（Primary Standard）來準備標準溶液是非常簡便的。譬如我們可以將粉筆溶解在一定容量的鹽酸中，然後再用一定容量的氫氧化鈉來中和過量的鹽酸直等到溶液裡的酚酞指示劑變了顏色，表示溶液已經呈中性。在那種情形下，我們知道所用的酸的體積和鹼的體積，然基於此二種溶液的體積比例Volumetric Ratio，我們就可以計算出酸和鹼的準確濃度（見方程式1），這兩種溶液就可以作為標準的溶液，然後可用它測定一種有酸性的（例如醋酸），或者有鹼性的（例如石灰水）等物質的百分含量，這種化學反應可以用方程式(2)與(3)表明。

$$\frac{\text{粉筆重量(克)}}{\text{CaCO}_3\text{之克當量}} =$$

$$N_{\text{HCl}} \times [\text{HCl之體積} - \text{NaOH之體積}] \quad (1)$$



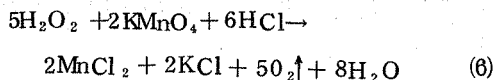
其次，我們還可以用粉筆的HCl溶液加入草酸鈉（ $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ）經過化學反應後，難溶解的草酸鈣（ CaC_2O_4 ）由溶液中沈澱出來，待將沈澱烘乾以後，根據其重量我們可以計算出所用草酸鈉之純度如何，此化學反應可用下列方程式表明：



當然，草酸鈣也可以溶解於鹽酸中作成鹽酸之溶液，然後以過錳酸鉀溶液來滴定，直等到溶液的顏色變為粉紅色，這也是證實過錳酸鉀與鹽酸溶液中的草酸鈣已經完全起了化學反應，從所用的原有粉筆的重量和原有所用草酸鈣的重量，可以計算出過錳酸鉀的濃度（見方程式5）。已測定過錳酸鉀的濃度即可作為標準溶液使用，以它來測定所有含有還原性質溶液的濃度，譬如可用 KMnO_4 標準溶液測定雙氧水（ H_2O_2 ）溶液的百分含量，這個化學反應可用方程式(6)表明。

$$\frac{\text{粉筆重量(克)} \times \frac{\text{CaC}_2\text{O}_4\text{之分子量}}{\text{CaCO}_3\text{之分子量}}}{\text{CaC}_2\text{O}_4\text{之克當量}} =$$

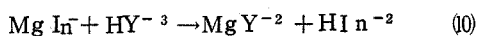
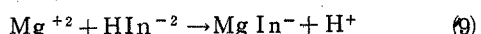
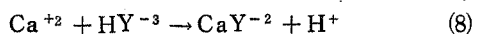
$$N_{\text{KMnO}_4} \times \text{所用KMnO}_4\text{之體積} \quad (5)$$



其次，我們還可以由含有定量粉筆的鹽酸溶液取出 50ml 或 100ml，用滴定法測定未知 EDTA 溶液的濃度，指示劑 EBT (Eriochrome Black T) 由紅色變藍，即證明化學作用已經完成，從所用 EDTA 之體積，我們可以計算出 EDTA 溶液準確的濃度（見方程式 7），此中化學反應可用化學方程式(8)至(10)表明：

$$\frac{\text{粉筆重量(克)}}{\text{CaCO}_3\text{之克分子量}} =$$

$$M_{\text{EDTA}} \times \text{所用 EDTA 之體積} \quad (7)$$



(紅色) (藍色)

[HY⁻³] 代表 EBT 指示劑之離子，EDTA 溶液準確的濃度計算出後，即可用它作為標準的溶液，測定各種溶液中重金屬如鐵、鈣、鎂、鋅的準確含量，目前以 EDTA 測定城市用水的硬度（水中鹽的總含量），便是一個明顯的例證。

所以由於以上的四種基本的化學反應(1)、(4)、(5)與(7)，我們可以看出用一枝粉筆可以準備四種不同的標準溶液：酸(HCl)鹼(NaOH)的標準溶液，氧化劑KMnO₄的標準溶液（如過錳酸鉀）與 EDTA 的標準溶液。此幾種溶液可以用來測定各種化學物質的含量或者不同化合物的純度。

本文結論是利用這幾種化學的反應，我們可以達到下列幾個教學的目的：

第一，我們可以用這幾種實驗之結果說明或證實當兩種化合物（例如酸與鹼）所起化學反應

以後，一個克當量數的酸只能和一個克當量數的鹼發生作用。換而言之，酸與鹼起化學反應完成時，兩種克當量數是相等的。這個原理不僅適合於以上所謂「中和反應」(Neutralization)對於其他三種的不同的化學反應：沈澱化學反應(Precipitation Reaction)，氧化還原化學反應(Redox Reaction)以及錯化合物形成的化學反應(Complexation Reaction)，此基本的原則皆能適用。

第二，定量分析化學中所講述的重量分析(Gravimetric Analysis)與容量分析(Volumetric Analysis)的方法都是用以上所學的四種基本化學反應為理論的根據，所以只用一枝每課不離老師手中的粉筆，我們便可以向同學說明準確測定各種未知物品的百分含量與純度（例如食鹽的純度與其中NaI的含量）的方法，並且又可以縮短教授定量分析化學所需的教學時間**，以此種簡易方法，我認為應該可以提高同學對化學實驗的興趣。

最後，普通日常所見到的物品可以用來闡明化學中某種原理學說或者化學反應實在是不勝枚舉，例如用阿斯比靈(Aspirin)藥片可以說明酸鹼中和反應；以丙種維他命(Ascorbic Acid)也可以解釋氧化與還原反應的原理。所以如果化學教師能記得時常以生活中見到的普通事物為例，將無疑地會增進同學學習的效率，而同時亦不失為一種極有效的教學方法。

* 假定酸鹼體積之比例是 1:1

** 其中理論容在另篇論文討論

(上接 26 頁，中華民國第十八屆中小學科學展覽會目錄)

6601	自動擦拭的無灰黑板	國中教師	台北市	建成國中	黃金本	佳作
6602	如意雙向旋轉起子	國中教師	台東縣	初鹿國中	陳守在	
6603	水庫淤砂處理設計	國中教師	台北市	內湖國中	謝蒼明等	
6504	日期日數計算器	國中教師	嘉義縣	大業國中	黃正芳	佳作
5701	可變撥號密碼式長途電話控制器	高中教師	北區	基隆商工	林容益	第一名
6702	電子電路七巧板	高中教師	高屏區	屏東高工	申斌	第二名
6703	晶體管特性掃描器	高中教師	雲嘉南區	台南一中	林家漢	佳作