銅幣變銀幣和鐵釘變銅釘

—置換—

圖1　六枚銅幣放入食醋中。

文／邱美智

本文介紹化學反應的類型之一：置換反應，本篇有兩實驗：銅幣變銀幣和鐵釘變銅釘，均為氧化還原反應。銅幣變銀幣係以金屬活潑大小來進行置換反應，鐵釘變銅釘亦復如此。本文包含二部分：學生實驗和教師手冊。

一、學生實驗

(甲)銅幣變銀幣

(一)目的

以簡單的實驗讓學生瞭解金屬活性的不同所引起的置換反應，並藉由銅幣變銀幣的趣味實驗，以提高學生學習化學的興趣。

(二)器材和藥品

一元銅幣二個、鑷子一支、棉花棒一支、面紙數張、硝酸汞（數滴，使用飽和溶液並裝於點眼滴瓶）、自來水一杯。

(三)實驗步驟

1. 取一個一元銅幣（新舊銅幣均可），用鑷子夾住後，在銅幣上面滴下一滴硝酸汞飽和溶液，然後用棉花棒擦塗銅幣的一半（同一面的一半留供比較），即見擦塗過的銅幣表面呈現很亮的銀色。
2. 然後，一元銅幣放入杯中水洗後用面紙擦乾，得光亮的銀色，與沒擦塗硝酸汞的一半相比較，有何不同？

   注意：硝酸汞有毒（管制品），必須小心使用，最好戴上外科醫生用的手套，用後兩手要洗乾淨，用過的棉花棒要聽從教師指示，回收集中處理。
3. 為了提高興趣，用另一個銅幣，以同樣的方法擦塗整個銅幣，連邊緣也要塗，然後水洗擦乾。

(乙)鐵釘變銅釘

(一)目的

利用日常生活中容易取得的鐵釘、銅幣和食醋，讓學生瞭解置換反應。

(二)器材和藥品

一元銅幣 6 個、食醋 10 毫升、長鐵釘（4 公分）6 支、底片盒（或小型塑

圖2　從食醋中取出的銅幣（取出後30分鐘拍攝）。

膠杯）1 個、竹筷 1 雙、透明塑膠杯 2 個、面紙 2 張。

(三) 實驗步驟

1. 放入6個舊硬幣（一元的銅幣）的透明塑膠杯中，加入食醋約10毫升（如圖1），偶而用竹筷子翻動銅幣，仔細觀察銅幣表面有何變化。
2. 約五分鐘後，用竹筷取出銅幣（變亮了）三個，一正二反直接放在面紙上。其他三個銅幣用水清洗後，用面紙擦乾，也是一正二反放在面紙上（如圖2），供作比較。
3. 倒入浸泡過銅幣的食醋於底片盒中，放入兩支鐵釘或迴紋針（表面必須沒沾油，而且沒生鏽的；長度要夠長，必須有一部分露出液面以便對照），不久即見有氣泡附在鐵釘上。
4. 十分鐘後，即見浸泡在溶液中的鐵釘表面，有一層紅銅色所覆蓋。
5. 取出鐵釘後用水清洗乾淨。放置一段時間後，再看看鐵釘上的銅色是否改變。
6. 繼續觀察步驟2的面紙上銅幣，在30分鐘後，經水洗後擦乾的3個銅幣，可見其依然發亮（如圖2下面三個銅幣）。沒用水清洗的銅幣與清洗過的銅幣上有很大的不同嗎？未經清水洗的銅幣表面的綠色是什麼物質？

注意：廢液要聽從教師指示，集中處理。

(四) 問題

1. 試問在（甲）實驗的步驟1，塗擦銅幣後的棉花棒上是否還殘留有硝酸汞？要如何檢驗？
2. 試問在（乙）實驗的步驟2，銅幣為何變亮了？若改用硝酸以替代食醋來洗銅幣，試推測結果會怎樣？
3. 試問在（乙）實驗的步驟3，鐵釘放入浸泡過銅幣的食醋中時，產生的氣泡是什麼？

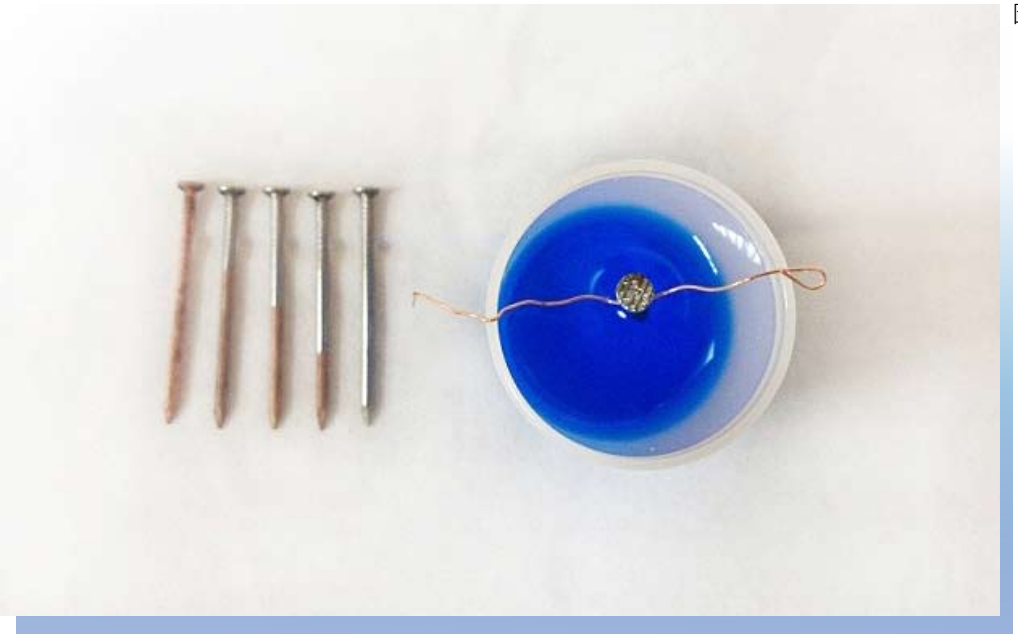

圖3　鐵釘浸沒於硫酸銅溶液。

二、教師手冊

(甲)銅幣變銀幣

1. 金屬活性次序在貴金屬的部分是銅、汞、銀、鉑、金，因此銅可以取代汞，用反應式表示如下：

$$Cu(s) + Hg^{2}+(aq) \rightarrow$$
$$Cu^{2}+(aq) + Hg(l)...[1]$$

由上式可見汞離子（Hg^{2+}），被取代而析出金屬（Hg）。汞在常溫是液態，但因其容易與其他金屬構成合金，變成汞齊（銅汞齊是固態），可用反應式表示：

$$Cu(s) + xHg(l) \rightarrow CuHg_x(s)...[2]$$

2. 在棉花棒上可以看出式[1]所析出的藍色銅離子，但若用來塗擦的銅幣表面很不乾淨，則只會看到褐灰色的銅的化合物。
3. 汞的化合物有毒，實驗後必須要求學生洗乾淨兩手，而且廢棄物要聽從教師指示處理。
4. 汞化合物的廢棄物（溶液）收集後，加碘化鉀溶液或硫化鈉溶液使其成為碘化汞或硫化汞沉澱。過濾後沉澱貯存，交業者處理。
5. 要檢驗棉花棒上是否還有硝酸汞殘留，最好以硫化鈉溶液或碘化鉀溶液檢驗，因硫化汞的沉澱呈黑色，而且其K_{sp}很小，只有1.6×10^{-54}，而碘化汞的沉澱呈朱紅色，很容易分辨，即使加碘化鉀溶液過量，生成HgI_4^{2-}，其生成常數（formation constant）相當大，為:

$$Hg^{2+}(aq) + 4I^{-}(aq) \rightarrow$$
$$HgI_4^{2-}(aq)$$
$$K_f = 1.0 \times 10^{30}$$

(乙)鐵釘變銅釘

1. 本實驗說明食醋洗淨銅幣上的氧化銅或其他銅的化合物，但不傷及金屬銅幣本身，反應式如下：

$$CuO(s) + 2H^{+}(aq) \rightarrow$$
$$Cu^{2+}(aq) + H_2O(l)[1]$$

2. 步驟3與4，說明留在食醋中的銅離子，

圖4　五支鐵釘的比較。

被鐵釘的鐵所置換，反應式如下：

$Cu^{2+}(aq) + Fe(s) \rightarrow Cu(s) + Fe^{2+}(aq)$...[2]

3. 一般的銅綠是鹼式碳酸銅，但是銅幣表面上的成份相當複雜。
4. 若沒有鐵釘，可用迴紋針（沒有塑膠皮包的）替代。
5. 若用硝酸替代食醋以洗銅幣、因稀硝酸仍具有氧化性，不僅與銅幣表面的銅化合物反應，而且會與銅幣本身（亦即銅）反應，產生有毒的一氧化氮，反應式如下：

$$3Cu(s) + 8HNO_3(aq) \rightarrow 3Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO(g) + 4H_2O(l)$$

因此不可用硝酸替代食醋以洗銅幣。

6. 在浸泡過銅幣的食醋中，放入鐵釘時所見到的氣泡是氫氣：

$Fe(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + H_2(g)$...[3]

在此過程中，鐵是被氧化：

$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$...[4]

但，還原反應可能有二：

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$.....[5]

$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$.....[6]

即式 [4]+ 式 [5]= 式 [2]，而式 [4]+ 式 [6]= 式 [3]。

7. 在鐵釘變銅釘的實驗中，為了速效可用硫酸銅的飽和溶液（如圖3）。只要鐵釘一浸硫酸銅飽和溶液，鐵釘的表面立刻由鐵灰色變為紅銅色。圖4有5支鐵釘，由左至右：全支浸沒於硫酸銅，其次依序3/4、1/2、1/4，以及未浸沒於硫酸銅的1支。

邱美智　大學入學考試中心第一處