

中學化學教學問題之探討—— 從實驗教學的觀點，探討實驗教材的問題

黃寶鈿 國立臺灣師範大學

大家都知道，除非配合著實驗，否則科學就不是真正的科學。近幾年來，高中及初中的實驗工作，已有很大的改變。——由傳統所強調的「驗證」定理、原則的實驗，到目前學生參與探討「問題」的實驗；學生有了實驗室的經驗之後，教師再施之以「討論」，或給予更進一步實驗的機會。實驗使學生面對新的問題，因此引起學生探測的興趣。當學生在記錄他的實驗結果時，學生將聚精會神地記錄其觀察之結果，他收集的數據，他對問題之分析，以及關於此實驗的結論。也許甲學生的「正確答案」與乙學生的「正確答案」不同，但在探討式的實驗室裡，學生能夠更正確地學習「什麼是科學」。他將會發現科學之過程（process of science）的重要性，以及科學之產物（products of science）與科學過程的密切關係。

世界各國的中學科學教育，已逐漸地強調以實驗為中心。此種趨勢，不但給學生一種早些學習科學方法之機會，而且訓練學生解決問題的技能，進而將化學知識應用於相關科學中。

因此在探討式的實驗中，學生學習了科學概念，熟練科學方法，培養科學態度，而獲得解決問題之能力。

教育部委辦，國立台灣師範大學科學教育中心主辦的高級中學科學課程研究計劃，在其目前所完成的高級中學自然科學與數學現行課程標準修訂草案中，有關化學課程之教育目標，即係針對現在世界上各先進國家的科學教育趨勢而擬訂

，亦即以實驗活動為中心，以達到化學教育目標。這是值得大家欣慰的事。然而現行之高中化學教材中，有關實驗教材方面，仍然有些問題，值得商榷。現謹就幾位高中教師所提出之問題，加以討論，以與各位教師共同研究。

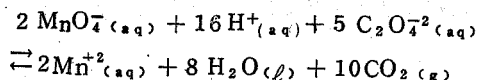
問題1. （陶金華著，東華書局出版）

實驗8 「化學反應之研究」中第（Ⅱ）項，關於催化劑之作用，請改至實驗17 「反應速率」中實施，以求配合課程。

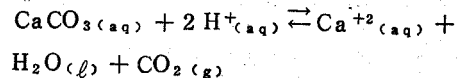
探討：

CHEM 教材中本實驗之目的為：①證明化學變化，②由一組反應中使學生得到某些經驗，而這些反應在本課程其他部分將會再次遇到。

下列反應中



加入 MnSO_4 後，反應速率增加， MnSO_4 作為催化劑。但在 $\text{CaCO}_3 (\text{aq})$ 溶液中各加入不同之酸，其作用為：



此時所加入之酸並非催化劑，目的只在比較不同濃度及不同種類之酸與碳酸鈣之反應。換而言之，其目的僅在比較各種反應；而實驗17 「反應速率」是關於溫度及濃度之效應對反應速率之影響，兩者教學之目的不同。

問題2. （車乘會編，東華書局出版）

實驗11. 「電解時銅銀莫耳數和電子莫耳數的

關係」中，串聯兩電解池電解之，一為硫代硫酸銀液，鉛為正極，鍍銀銅網為負極；一為硫酸銅液，螺旋銅片為正極，銅網為負極，電解後：前者負極應析出銀，後者負極應析出銅，然後再推測析出銅銀之莫耳數比。但結果，前者負極網之質量不增加，反而減少，何故？又欲保持一安培之電流不易辦到，何故？

探討：

本實驗之目的在於訓練學生的操作技巧，而不是數據之定量分析。因此應注意的事項如下：

I 金屬之電鍍，受許多因素之影響：

- 1 受鍍金屬表面是否清潔
- 2 電壓
- 3 電流密度（電流密度愈低，電鍍效果愈好）
- 4 所欲電鍍之離子的來源

II 因為在此實驗教本上，未說明電鍍液之配法，茲將其配法說明於下：

1 銅電解液之配法

約 200 ml 水，加入 200 克 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，再加 150 ml 6 M H_2SO_4 （或 50 ml 濃硫酸），然後加水至 1 升。亦可以 1000 ml 1 M $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，加入 200 ml 6 M H_2SO_4 。

若此電解液過剩，可保留隔年再使用，但需加 15 ml 6 M H_2SO_4 。

若此溶液有沈澱物生成，則加水使之溶解。

2 銀電解液配法（配 1 升之量）。

- ① 170 克 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 或 108 克 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ （無水物）
- ② 22 克 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ （Sodium Metabisulfite）
- ③ 50 克 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 或 22 克 Na_2SO_4 （無水物）
- ④ 25 克 CH_3COONa （無水）或 41 克 $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- ⑤ 40 克 AgCl （由 AgNO_3 與 NaCl 所配成之新鮮沈澱）。

溶解上列①、②、③、④項藥品於 1 l 水

中，加熱到 35°C ，再將 AgCl 溶解於此溶液中。

注意：

① 40 克 AgCl 之配法：

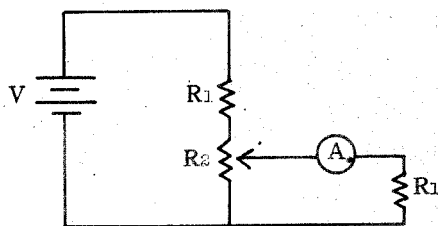
溶解 50 克 AgNO_3 於 100 ml 之水中，另溶解 30 克 NaCl 於 100 ml 之水中，將此二溶液混和，並加熱沸騰，以傾倒法，倒去液體部分，以水洗沈澱部分，以免 NO_3^- 干擾銀之附着在極上。

② 每經過 30 分鐘之實驗後，於每升之銀電解液中可加入 12 克的 AgCl ，使電解液仍保持新鮮。

③ 銀電解液要保持 $\text{PH}=5$ ，若 PH 在 3 以下，則加一些 CH_3COONa 及一點 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 及 AgCl 。

III 電解進行過程中，電解液之濃度慢慢減小，因此電流會有所改變；或因極化作用（Polarization）亦使電流強度發生改變。要避免上述現象之發生，而使電流保持一定值，可以隨時調整可變電阻器，使電流保持在 1 安培；或用自動電流調節器（automatic current control）以控制電流。要避免極化作用，可將盛電解液之燒杯放在熱電板（hot plate）上，或均勻攪拌電解液亦可。

IV 本實驗之電解時電路線路圖如下：



可變電阻之規格依電池之電壓及電解池之數目而定。若二電池之電阻和 $R_u = 2 \sim 3 \Omega$ ，則可變電阻 R_2 為 $18 \sim 25 \Omega$ 。輔助電阻 R_1 依電壓而定。電解池電流 1.0 amp 而蓄電池電流 1.2 amp 時， R_1 之值如下：

電池電壓 (伏特)	$R_2 = 18 \Omega$ 時 R_1 之值 (Ω)	$R_2 = 23 \Omega$ 時 R_1 之值 (Ω)
6	0	—
12	5	0
24	15	10
100	80	75
120	95	90

V 銅網之大小為 20 mesh，即 $6 \times 16 \text{ cm}$ 之銅網有 185 cm^2 之表面積。當通過 1 安培電流時，才有適當之電流密度，如此才適合銀之析出。

VI 實驗之前，銅網要先在通風櫥中洗淨。

洗液之配法如下：

490 ml 水，以 435ml 濃硫酸（18M）加入水中，加 72ml 濃 HNO_3 （16M），再加 3ml 濃鹽酸（12M），如此所成之液體為王水。

浸銅網在洗液中至少 15 秒，再以水沖洗，若表面仍不亮，再浸於王水中，然後浸於丙酮中，提出使慢慢乾燥。

VII 鍍銀之銅網需再放入於銀電解液中約 10 分鐘，然後以水洗之，再浸在丙酮中，然後使乾燥，則此電極可重複使用 3 ~ 4 次，過多次銀會掉下。

以上幾點，在實驗時多加注意，相信此實驗定會成功。

問題 3. （張昭鼎著，正中書局出版）

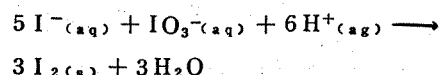
實驗 14. 「反應速率的研究」中，第八十四頁，第十行，藍色出現之瞬間，記錄下所經歷之時間是否為反應之時間？（因各組 A、B 溶液，混在一起的瞬間均有藍色出現）。

探討：

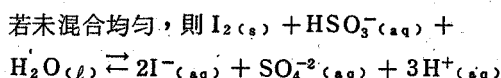
反應時間應為 A、B 相混合時起至全部溶液呈藍色為止。如 A、B 混合之瞬間即有藍色出現，僅表示局部的溶液在瞬間下，A、B 濃度過大，以致迅速發生反應，而出現藍色，並非表示 A、B 兩溶液在特定的濃度下的真正反應時間，也就是說未混合均勻。茲將理由說明如下：

本實驗之方程式為 $\text{IO}_3^- (\text{aq}) + 3 \text{HSO}_3^- (\text{aq}) \longrightarrow \text{I}^- (\text{aq}) + 3 \text{SO}_4^{2-} (\text{aq}) + 3 \text{H}^+ (\text{aq})$

當 HSO_3^- 用完時：



澱粉在此實驗當作指示劑用，以顯示 HSO_3^- 作用完了。因為當 HSO_3^- 用完時，本實驗所生成之碘與澱粉作用，完全反應生成藍色，所以本實驗強調混合要均勻，方法是將試管往返搖動即可。或在混合前後及瞬間，充分攪拌亦可。



此外在做此實驗之前，教師們在溶液之濃度及濃度之校正方面亦應留意。

濃度：溶液 A：4.3 g KIO_3 / ℓ (= 0.02M)

溶液 B：0.2 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + 4g 澱粉
+ 5ml 1M H_2SO_4

加水至 1 升 (= 0.002M)

即 $[\text{IO}_3^-] > [\text{HSO}_3^-]$ ，否則實驗不會成功。

校正濃度：

I 濃度效應

溶液 A 9 ml 與蒸餾水 1.0 ml 作用，所需時間約為 10 ~ 15 秒。

① 若時間大於此值，則在溶液 B 中加入少量 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 或 1M H_2SO_4 。

② 若時間小於此值，則將溶液 A 稀釋。

II 溫度效應

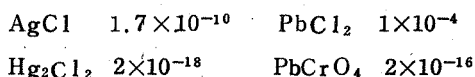
在室溫時，10ml 溶液 A 與 10 ml 溶液 B 混合，作用所需時間約為 20 ~ 25 秒，若濃度過大，則在高溫時反應太快，以致於不易觀測，所以要調節濃度，使在室溫之反應時間如上值。

問題 4. （車乘會著，東華書局出版）

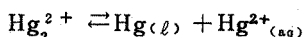
實驗 19 「 Ag^+ ， Hg_2^{2+} ， Pb^{2+} 的定性分析」中有關 $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ 水溶液無法生成 Hg_2Cl_2 沈澱一事，請釋疑。

探討：

因為 25°C 時之 K_{sp} 如下：



所以本實驗之結果 Hg_2Cl_2 之生成應有很多，不然可能是試劑不純，因溶液中若含有氧化劑，極易使 Hg_2^{2+} 發生 auto-oxidation-reduction 的現象，故 Hg_2^{2+} 之濃度變小。



配製 $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ 溶液時，應使用純蒸餾水及純試劑。同時搖動試管也可以促使 Hg_2Cl_2 沉澱。

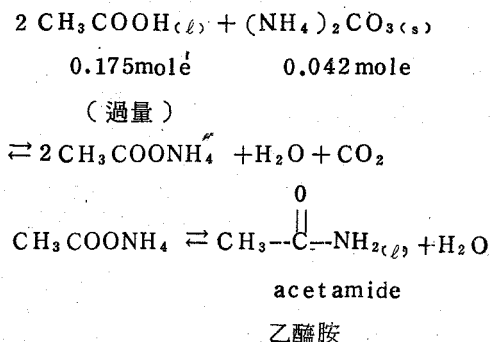
問題 5. (車乘會著，東華書局出版)

實驗三十二「羧酸的某些衍生物及醯胺」中，有關乙醯胺之製備通常均無法獲得產物，為什麼？請解釋之。

探討：

乙醯胺之 m. p. 為 81°C，b. p. 為 220°C，所以常溫時為固體。因此本部分實驗需要一空氣冷凝管，若無，亦可以用水冷凝管。但當收集水及過剩之醋酸後，供給冷凝管之水要關閉，使溫度超過 200°C，如此乙醯胺才能經冷凝管流到錐形瓶中（或試管中），而不必冷凝在冷凝管壁，而得不到產物。

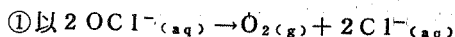
本部分之方程式為：



所以水之移去會影響平衡趨向產物之方向改變，有利產物之增加，若用空氣冷凝管，則部分水蒸氣冷卻後流入盛反應物之錐形瓶中，則產量亦會受影響。

問題 6. (陶金華著，東華書局出版)

實驗十七 A，「反應速率之研究(II)」中：



生成之氧並不多，是否能以其他藥品代替，而改進之？

②實驗後之習題大部分未切題，且有些無意義，似宜改善，以配合實驗手續。

探討：

1 產生氧氣很少之原因，可能為：

①反應物未混合均勻，所以做實驗時應搖動錐形瓶，使反應物混合均勻，且使催化劑之表面易與反應物接觸。

②未使用新鮮之 NaOCl

③ NaOCl 不純。

2 市售漂白粉含 NaOCl ，雖然量不多，但本實驗可就地取材，是一種很好的環境化學之應用。當然亦可以其他藥品代替，例如： $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ 即為一種例子。

3 關於本實驗後之問題，其目的在評鑑學生瞭解本實驗之概念，解釋由觀察所得數據及其所畫之圖形，及以圖形推理改變變因後之可能結果，用意不在評量學生，有關實驗之手續，故仍很切題。教師們如果對實驗後之問題，認為有待補充，可以自行設計題目，以配合個別學校及學生之需要。

參考資料

- 1 國立台灣師範大學科學教育中心編印：高級中學自然科學與數學現行課程標準修訂草案。中華民國六十七年二月編印。
- 2 Brandwein P.F. and Schwab J.J., The Teaching of Science as Enquiry, Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1962.
- 3 CHEMS, Chemistry an Experimental Science, Teachers Guide, San Francisco and London: W.H. Freeman and Co.
- 4 Cotton F.A and Wilkinson G, Advanced Inorganic Chemistry, 3rd Ed, New York: John Wiley & Sons Inc. 1972