

## 曾干城老師之教材教法(二)

一、教學單元：電解及其在工業上的應用

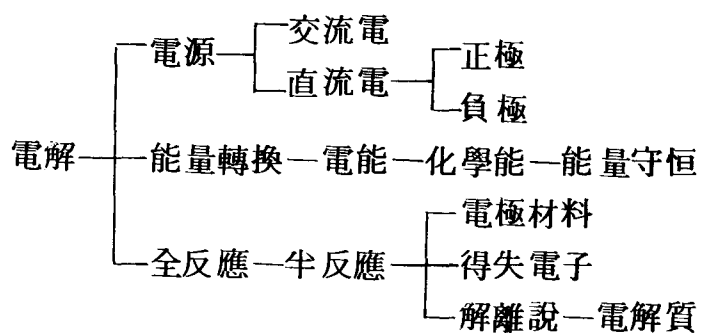
二、教學目標：

1. 使學生能說出電解時的正、負極。
2. 使學生能寫出電解時正、負極發生的半反應，進而寫出其全反應方程式。
3. 使學生能說明電解時，溶液中離子濃度的變化情形。
4. 使學生能說明電解時，用不同材料的電極，發生的半反應也不同。
5. 使學生能說明電解時能量的轉換情形。
6. 使學生能夠說明為何電解時要用直流電的原因。
7. 使學生能辨別用不同材料電解硫酸銅溶液後，溶液 pH 值的變化。

三、教學對象：常態分班的三年級下學期的學生

四、教學時間：二節，共 100 分鐘

五、概念分析：



六、教學活動設計：

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
2   3 分鐘		<p>引起動機：</p> <p>在二上的第三章曾做過電解水的實驗。正極可得有助燃性的氧氣，負極得有可燃性的氫氣。那位同學能說出電解時什麼叫“正極”？什麼叫“負極”嗎？</p> <p>為什麼氧會在正極析出，而不是在負極析出？又氫在負極析出呢？</p> <p>教師在與學生討論後說明：</p> <p>電解時，接在電源正極的電極叫正極；接在電源負極的電極叫負極。繪出以碳棒為電極，電解硫酸銅溶液的全圖如下：</p>	<p>回答、討論</p> <p>回答、討論</p>	
17   20 分鐘	<p>正極、負極</p> <p>以碳棒為電極的電解槽</p>	<p>0.1M<math>\text{CuSO}_4(\text{aq})</math></p> <p>問：甲、乙為碳棒，那一極是正極？那一極是負極？</p> <p>說明：甲電極接在電池組的正極，叫正極，乙是</p>	<p>傾聽，注意電解時正、負極的定義。</p> <p>回答</p>	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
	負極反應	負極。 硫酸銅晶體在水中，解離成 $\text{Cu}^{2+}$ 與 $\text{SO}_4^{2-}$ ，通入直流電後， $\text{Cu}^{2+}$ 因正、負電相吸移向負極，接受兩個電子，析出在負極上 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	傾聽	
	正極反應	$\text{SO}_4^{2-}$ 移向正極，但因 $\text{SO}_4^{2-}$ 穩定，不被電解，改電解水，故正極發生之反應為 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$	傾聽	
	全反應	在一反應中，其電子的得失一樣多，故上述兩半反應合併成全反應時，負極半反應的均衡係數應乘以 2，再與正極半反應相加，得 $2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{電解}} 2\text{Cu} + 4\text{H}^+ + \text{O}_2$	傾聽、發問	
	溶液中 pH 值的變化	因反應後， $\text{H}^+$ 濃度增加，故溶液 pH 值降低，酸性變大（硫酸銅溶液本就是弱酸性，電解後酸性變大）。	傾聽、發問	
	溶液中 $\text{Cu}^{2+}$ $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度的變化	溶液中的 $\text{Cu}^{2+}$ 因析出，故濃度變小， $\text{SO}_4^{2-}$ 則因不被電解濃度改變（事實上，稍為變大，因水被電解，水量減少）。		
	以銅棒	再繪出一以銅棒子電極，電		

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
15   17 分鐘	為電極的電解槽	<p>解硫酸銅溶液的全圖如下：</p> <p style="text-align: center;">0.1M<math>\text{CuSO}_4(\text{aq})</math></p> <p>問：</p> <p>①甲、乙兩電極，那一個是正極？那一個是負極？</p> <p>②硫酸銅在溶液中如何解離？</p> <p>③通入電解槽的是直流或交流電？</p> <p>④通入直流電有何作用？</p>	<p>回答</p> <p>上台在黑板上作答</p> <p>回答</p> <p>回答</p>	
	負極反應	<p>不同？首先，溶液中的 <math>\text{Cu}^{2+}</math> 在通電後，移向負極接受 2 個電子析出。</p> $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ <p>此時溶液中的正電總量將減少，溶液非電中性，故正極的銅棒的銅原子即釋出 2 個電子變成離子溶入溶液中，維持溶液的電中性。</p> $\text{Cu} \rightarrow 2\text{e}^- + \text{Cu}^{2+}$	<p>傾聽</p>	
	正極反應		<p>傾聽、發問</p>	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		<p>(水的電解較不易發生)</p> <p>這正、負極的半反應，實際上是同時發生，當溶液中的一個 <math>\text{Cu}^{2+}</math> 在負極析出的同時，正極的一個 <math>\text{Cu}^{2+}</math> 也恰溶入溶液中，故溶液一直保持電中性，溶液中 <math>\text{Cu}^{2+}</math> 濃度一定，溶液顏色不變，又因無 <math>\text{H}^+</math> 濃度的變化，故溶液 pH 值亦不變。</p> <p>故電解時，電極的材料不同，產生的反應也不同，連帶着其他方面也會有許多不同處。</p> <p>同學們，請試着把以碳棒及銅棒為電極，電解硫酸銅溶液有何不同點及相同處，逐項列出。</p> <p>現在那位同學能說明為何氫會在負極析出，氧會在正極析出？</p>	<p>討論，並提出看法，師生共同討論。</p> <p>思考、回答</p>	
	電鍍的功用	<p>(第一節)</p> <p>電解在工業上的應用有：電鍍、電煉、電鑄等。電鍍除了可增加美觀外，尚可保護內部金屬，使不再繼續氧化，如單車的把手部分，鍍成銀白色的，除了好看外，尚</p>		

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
	<p>電鍍</p> <p>電鍍裝</p>	<p>可避免鐵因日曬雨淋而生銹。什麼是電鍍呢？</p> <p>電鍍是利用電解的原理，把一種金屬（通常其活性較小）被覆到另一種金屬表面的程序。例如：要在鐵器上鍍鎳，則鐵器表面的銹斑、油污除淨後，放在負極上；鎳片作正極，以含有<math>\text{Ni}^{2+}</math>的鎳電鍍液作電鍍液，通入直流電，則鎳在被鍍物——鐵器上析出，沾附在鐵器表面。如附圖：</p> <div data-bbox="545 968 865 1234" data-label="Diagram"> </div> <p>鎳電鍍液</p> <p>問：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①電鍍後，正極的鎳片重量有無改變？為什麼？</li> <li>②溶液中<math>\text{Ni}^{2+}</math>的濃度有無改變？為什麼？</li> <li>③正極、負極上的半反應如何？</li> </ol> <p>說明：因“電鍍”依據的原</p>	<p>思考，回答，討論</p>	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
	置圖	理是電解，且要使析出的原子能牢牢地附在被鍍物上，故被鍍物表面不導電的銹斑、油污均需除去，洗淨後掛在負極上，正極用鎳片，電鍍液中要含有 $\text{Ni}^{2+}$ ，通電後， $\text{Ni}^{2+}$ 移向負極，接受2個電子，析出在負極上		
	負極反應	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ni}$		
	正極反應	同時，正極的鎳片放出2個電子後溶入溶液中 $\text{Ni} \longrightarrow \text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$ 溶液中的 $\text{Ni}^{2+}$ 濃度不變。故知正極鎳片重量應減少，其減少的量，恰等於負極上析出鎳的重量。		
	影響電鍍品質好壞的因素	問：依據在電解時獲得的經驗，電鍍時，電鍍液濃度的大小，電流的強弱，對電鍍品質的好壞有無影響？還有那些因素會影響電鍍品質的好壞？ 說明：電鍍時，除了把被鍍物表面處理乾淨外，溶液的濃度、溫度、電流的大小等都會影響電鍍的品質。電鍍完畢，取出被鍍物後，先用	思考，回答，討論	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		清水輕輕洗去電鍍液，再使電鍍層乾燥、硬化後擦亮，整個手續才告結束。		
	電煉及其原理	<p>電煉是利用電解的原理，精製金屬的一種技術，以精製銅為例，由還原法製得的粗銅，純度不夠</p> $\text{CuCO}_3 \longrightarrow \text{CuO} + \text{CO}_2$ $\text{CuO} + \text{H}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cu}$ <p style="text-align: center;">(粗銅)</p> <p>如欲得到高純度的銅，須用電煉法，其裝置如下圖：</p> <p style="text-align: center;"><math>\text{CuSO}_4(\text{aq})</math></p> <p>以粗銅為正極，純銅為負極，硫酸銅溶液為電解液，通入直流電，一段時間後，在負極得到純銅，因所得銅是由正極的原子，先變成離子溶入溶液中，再析出在負極上，是以原子一個個沉積而成，故純度頗高。問： 發生在負極的反應如何？正</p>	<p>傾聽</p> <p>傾聽，發問</p> <p>思考，回答，討</p>	



時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		<p>極反應又如何？電解液中 <math>\text{Cu}^{2+}</math> 濃度變化如何？</p> <p>說明：發生在負極的反應為 <math>\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}</math></p> <p>而發生在正極的反應為 <math>\text{Cu} \longrightarrow 2\text{e}^- + \text{Cu}^{2+}</math></p> <p>故溶液中 <math>\text{Cu}^{2+}</math> 濃度不變，溶液顏色當然也不變。</p>	<p>論</p> <p>傾聽，發問</p>	
		<p>電鑄的原理也是電解，但其被鍍物是不導電的物質，為使其能導電，常在表面噴石墨，再看要鍍銅或鎳，來決定選用的正極物質及電解液。</p> <p>如唱片的複製，先在已錄音的臘盤上噴石墨，掛在負極上，正極用鎳片，電解液用硫酸銨亞鎳溶液，通直流電，鎳便析出在負極臘盤上，取下鎳版，即成與原錄音盤相反的凸版，再用此凸版複製唱片，即得與臘盤上相同的錄音。所以唱片的複製即利用電鑄的技術。</p> <p>（實驗另找一堂課進行）</p> <p>（第二節）</p>		

## 評量試題分析〈試題如附〉

- (一) 1. 在甲杯發生的半反應為“ $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cu}$ ”，乙杯則為“ $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-}$ ”。

在受測的 76 位學生中，答對的佔 57.9%。答錯的學生中，空白未作答的佔大多數，離子電荷數寫錯，或得失電子的離子方程式錯的較少數。在常態編班的班級中，這種情形屬於正常。

2. 電流的方向是由銅片經導線到鋅片；而電子在導線中的流動方向恰相反。

本題採填空式作答，是希望藉此引導學生如何作答，不料竟有 15.8% 的學生猜答，以同樣的流向回答這兩小題（即兩題答案均填銅片流向鋅片，或填鋅片流向銅片），結果必然會答對其中一題，這是投機取巧的作法，故評量試題實不宜採用這種題型。本題全答對的佔 61.2%，空白未作答及全答錯的佔 23.0%。

3. 本題的用意在評量學生是否了解“陰、陽離子應如何流動才能維持溶液的電中性”，也可評量學生是否了解電流的定義——正電荷流動的方向。在導線中正電荷從高電位流向低電位，在電池內電路（溶液中）到由低電位流向電位。其答案是陽離子應流向甲杯，陰離子流向乙杯，以維持溶液的電中性。

本題答對的佔 54.0%，不知陰、陽離子的流向，却知要維持溶液電中性的佔 39.5%。可見學生知道溶液電中性的重要，却不知溶液中離子應如何流動才能維持溶液電中性的也不少。

4. 鋅銅電池的全反應方程式為“ $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ ”。

本題答對的有 51.3%，答錯的絕大部分是空白未作答，雖然上課時，一再強調學習伏打電池時，對正、負極所發生的半反應及全反應方程式要特別注意，但答對的學生也恰超過半數而已。可見學生上課時，心不在焉者不在少數。三年級學生中這種放棄學習的心態

- ，實有加以了解的必要。
5. 本題係應用了化學計量及莫耳概念。不了解化學方程式意義的學生無法正確作答。本題答對的佔 60.5%，答錯的以空白未作答者居多，計算錯誤的極少。可見，只要了解化學計量，就很容易正確回答這題。
  6. 鹽橋的功能，係電流的橋樑，它可聯繫兩溶液維持溶液的電中性，使反應得以繼續進行。少了鹽橋，電流沒有迴路，變成斷路。本題只要能回答：維持溶液的電中性或是電流的橋樑，就算答對。若回答說：它是電子流動的橋樑，則算錯。本題答對的佔 74.0%，空白未作答者，比前五題均少，但回答內容錯誤的不少，大多把“離子”與“電子”混了，誤認為鹽橋是電子流通的管道。
  7. 若鹽橋兩端用橡皮塞塞緊，因離子無法通過，電流中斷，故檢流計指針不偏轉。本題答對者佔 57.9%，答錯的同學中回答指針“會”偏轉的佔 14.4%。知道指針不偏轉，但說不出理由者也不少。這題在上課時還特地讓學生討論過檢流計指針不偏轉的原因，但答對的學生仍未超過五分之三。

綜觀有關電池的七個問題，每題答對人數均超過半數，對常態編班的班級，又是三年級的學生來說，尚是不錯的表現。三年級有些低成就的學生，根本就不想學習，上課時既不聽講，復習時也不參與，實驗時拿著儀器、藥品隨興玩弄，評量時，也不讀題目，只把選項①、②、③或④任意填入答案欄，真是令人傷腦筋的一群。也難怪這次評量，空白不作答的不少。

- (二) 對用不同材料作電極，電解硫酸銅溶液時產生的不同變化，原希望學生能把各項不同點逐項列出，故題目中列出幾項作為說明，不料學生僅就列出的各點作答，其他一概不寫。顯然，學生對問答題的作答能力不夠也不耐煩作答，不能把一個題目的答案，很重點的且完整的好好回答。

本題，甲、乙兩電解槽的電極，負極 b、d 因有銅析出，重量增加，a（碳棒）重量不變，c（銅棒）重量減輕。b、d 極反應均為“ $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cu}$ ”，a 極則為電解水“ $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{H}^{+} + \text{O}_2 +$

$4e^-$ ”，c 極反應為“ $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ ”。故甲電解槽硫酸銅溶液中銅離子濃度變小，乙電解槽硫酸銅溶液銅離子濃度不變。且甲電解槽溶液酸性增加，pH 值變小，溶液藍色變淡，而乙電解槽到無此現象。

本題全答對的及大部份答對的，佔 38.2%，答對者却依電極發生的反應，溶液中離子的濃度（主要討論  $Cu^{2+}$  及  $SO_4^{2-}$ ）、酸鹼性及顏色上說明，因題目中未提電極重量的變化，所以學生說明電極重量變化的很少。再者，甲電解槽中，正極(a)的半反應為“ $2H_2O \longrightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$ ”，有  $H^+$  產生，使溶液的酸性增加，不少學生便誤以為乙電解槽中的硫酸銅溶液為中性。其實，硫酸銅水溶液原為弱酸性，乙電解槽經電解一段時間後，雖無  $H^+$  產生，仍應為酸性，而非中性。

- (三) 電鍍，是電解在工業上的應用，除了可使被鍍物增加美觀外，還可保護被鍍物內部金屬，使不再被氧化。由於溶液中的金屬陽離子是在負極接受電子而析出在負極上，故被鍍物應置於負極，但是妨礙原子附着的氧化物及油污，必須在電鍍前先行除去，再把被鍍物洗淨後，掛在負極上。要鍍到被鍍物表面的金屬，則當作正極，電鍍液中需含正極金屬的陽離子。

本題為便於學生作答，把要回答的內容分成電鍍前、正負極反應，其他及電鍍後四個部份。其負極反應為“ $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$ ”而正極反應為“ $Ag \longrightarrow e^- + Ag^+$ ”，其他部份可寫：電鍍液中  $Ag^+$  濃度不變，且電鍍時，電流不可過大，否則電鍍層變黑，且高低不平，如沾附黑泥在被鍍物上一般；又電鍍液的 pH 值，溫度高低及有無攪拌等均會影響電鍍的品質。電鍍後，先用清水輕輕洗去被鍍物電鍍層上的電鍍液，再乾燥之，使電鍍層硬化後，用棉布擦亮，電鍍才告一段落。學生作答，較不易完整，能把答案各部份內容列出一、二項的都算對。本題答對的學生佔 39.5%，答錯或空白未作答的也有 39.5%，可見要把一個概念作完整的描述，對學生言，實在不容易。又電鍍槽的裝置圖，能把正極金屬，負極被鍍物的位置，及含  $Ag^+$  的電鍍液——硝酸銀或銀氰化鉀溶液標示清楚、正確的、佔 46%，其他屬空白未繪圖或畫錯的，此中有部份對電池組（—|—|—）的正、負極認識

不清楚，不知接電池正極的電極為正極，接電池負極的電極叫負極的，約佔10%，實在出乎意料之外。

- (四) 電煉法精製銅的原理是電解。因還原法製得的銅，純度不夠，如欲製得純銅，則宜用電煉法。其法是以粗銅為正極，純銅作負極，硫酸銅溶液作電解液，通入直流電電解之，即可在負極取得純銅。

本題答對的學生只佔40.8%，未超過半數，空白未作答的不少。或許改用選擇題式，學生較易接受。學生看到是問答題，又要繪製裝置圖，早放棄作答了。所以，電煉法製純銅的裝置圖，畫對的也只佔40.8%，比預期的結果少得多。

- (五) “電池”與“電解”有何不同？在原理上，二者恰相反，電池是利用化學變化產生電能；而電解是通入電能，引起化學變化。電池內的變化屬放熱反應；而電解則屬吸熱反應。電池的陽、陰極分別是負、正極，而電解的陽、陰極則是正、負極。雖然陽、陰極的定義在國中理化教材中並未提及，但視班上學習情形順便提提，學生也能接受，且對電池的陽極不是正極，陰極不是負極感到訝異與不解，待再次說明，並在電解單元中說明電解的正負極及陰陽極時才釋然。

本題只要能說出前段中提及的任一項，且敘說正確，即算答對，答對學生佔53.9%，可見學生對電池與電解的不同，認識尚屬清楚。

## 評量試題

(一) 右圖為鋅銅電池，請回答下列問題：

1. 試寫出甲杯及乙杯中發生的半反應。

甲杯中的半反應：\_\_\_\_\_

乙杯中的半反應：\_\_\_\_\_

2. 試寫出導線上電流的方向及電子流動的方向。

電流由\_\_\_\_\_經導線流向\_\_\_\_\_；

而電子流動的方向，則是由\_\_\_\_\_經導線流向\_\_\_\_\_。

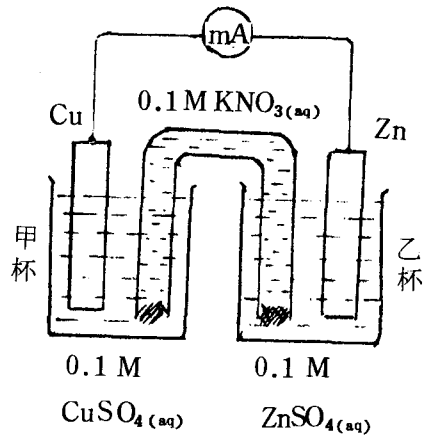
3. 溶液中的陽離子及陰離子流動方向如何？

陽離子將流向\_\_\_\_\_杯；而陰離子流向\_\_\_\_\_杯，以維持溶液的\_\_\_\_\_性。

4. 試寫出鋅銅電池的全反應方程式(參考1題)

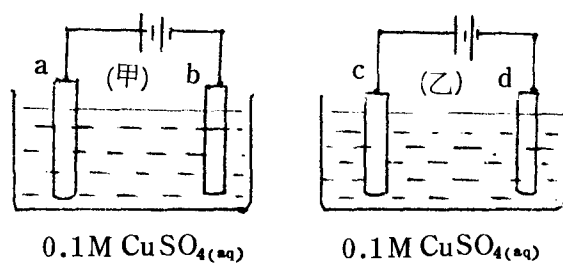
5. 已知原子量  $Zn=65.4$ ， $Cu=63.5$ 。若電池放電一段時間後，鋅片減輕  $0.654$  克，試根據 4 題計算銅片會增加或減輕多少克？

6. 試述鹽橋在電池中的功用？



7. 鹽橋兩端若用橡皮塞塞緊，再放入兩燒杯中如上圖，則毫安計的指針能否偏轉？爲什麼？

- (二) 下圖甲、乙兩電解槽，a、b是碳棒，c、d是銅棒，電解硫酸銅溶液。試就電極的反應，溶液中離子的濃度、酸鹼性、或顏色等，說明兩電解槽經電解一段時間後有何不同？



- (三) 買笙要把一銅製手鐲鍍銀，請你爲買笙設計一電鍍的全圖，並詳細說明電鍍前、電鍍中及電鍍後應注意的事項，應做的各種處理。

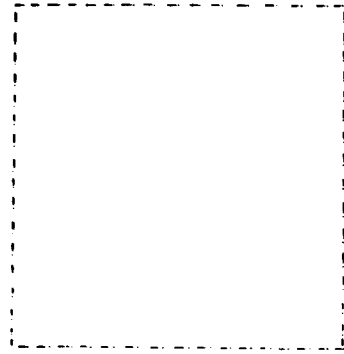
電鍍前：

電鍍中：正極反應：

負極反應：

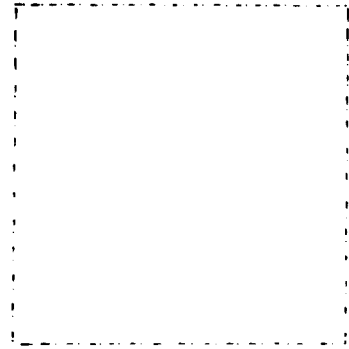
其他：

電鍍後：



電鍍槽全圖

- (四) 倚昇擬用電煉法將粗銅精製成純銅，請你為倚昇設計一電煉法精製銅的全圖，其正、負極的反應及如何得到純銅等，詳細說明。



- (五) 試盡你所知，說明“電池”與“電解”有何不同？