

一、前言

「沒白來」，這是辛苦經營了連續七天的高中資賦伏異營化學科研習營，學員們最感安慰的一句留言。看著他們胸有成竹地到來，又滿載而歸地離去，所有的，又豈只在一句互道珍重所能揮去，其所隱藏的默契是希望能在未來的大學生活裏，能攜手共進化學門，再互相鑽研探究那無法釋手的奧秘！

整個資賦伏異營最精采，最緊張也是同學收穫最多的一個單元就是探討研究。以下將整個探討活動所設計的內容摘錄：

二、活動內容(試題)

教育部七十六學年度中學數學及自然科資賦優異學生 化學科研習營“探討研究”活動

各位同學，這個研習營的主要用意是幫助同學能充分發揮自己的潛能及想像力，並由“做中學”，希望大家放鬆心情，帶著學習的心情來接受我們的引導，相信您們一定會滿載而歸！

注意事項：

1. 翻開這本手冊，小心檢查右下角的頁碼，若有缺頁或破損，請馬上舉手向助教換取。
2. 仔細跟著助教讀過所有的注意事項，如果不清楚或不懂之處，馬上舉手詢問。
3. 在探討研究這個活動裏，一共分成三個單元，每個單元都有一本手冊，其中又可分成數小節，活動進行時，請同學依照規定，依序翻閱，已經進行過之活動若欲翻回改正答案，請誠實地用紅筆塗改。
4. 每小節進行之前，助教會向各位說明活動的內容，請特別注意手冊右上角所給的時間限制。
5. 請翻到下一頁的設備清單，並到指定位置檢查器材及用品，有無破損或不足馬上舉手補充。
6. 請盡量維持自己實驗環境的整潔，除了不小心弄破外，器材及藥品均不再補充。

7. 建議各位同學先把每小節的題目全部看過一次，把握時間探討各個問題。
8. 請各位同學善用我們所提供給您的所有東西，想想看，它們可以做什麼？
9. 可以參考在實驗室裡所爲您準備的各種資料。

研究設備清單

單元：探討研究

器材：

燒杯 (100ml)	6 個
玻棒	2 支
刮勺	2 支
鹽橋	5 支
量筒 (50ml)	2 個
三樑天平	1 座
稱量瓶	1 個
稱量紙	20 張
燈泡	2 個
導線	4 條
三用電表	1 個
酒精燈	1 個
石棉心網	
鐵架	一套
鐵圈	
試管	2 支
滴管	5 支
素瓷燒杯	1 個
H 型管	1 個

藥品：

CuSO_4
ZnSO_4
BaSO_4
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
AgNO_3
碳棒
各種金屬 (Zn, Cu, Sn, Fe, Al)
洋菜粉
棉花
化粧棉
海棉
棉線
棉紙
氨水
鹽酸
硝酸鉍

參考書籍：高中化學、大一普通化學、物理化學及電化學書籍近百本。

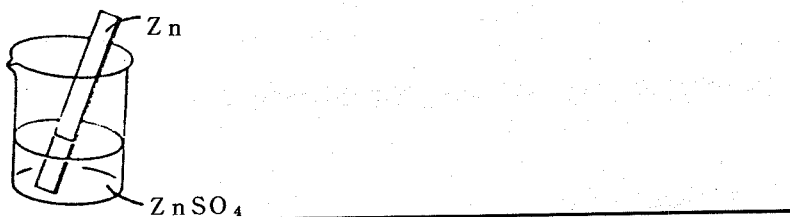
探討研究(一)——您能創造電流嗎？

“電”是能量的一種形式，就像熱能、光能與化學能。電能可經由各種傳導的方式由發電站送到您家及您的學校。在發電廠裏，煤礦、石油、天然氣燃燒所產生的放熱反應使化學能轉換成熱能，熱能使水蒸發，蒸氣便推動渦輪而產生電流，這些聽起來似乎很複雜，是的，因為宇宙中各種“能量”都在交互運轉而始終保持不滅。“電池”可簡化上述的這些關係，直接而且有效率的由化學能轉成電能而不經過熱，在探討研究這個單元裏，我們將有十個小時的時間來面對您手邊的電池及能產生電能之工具，就讓我們一步步抽絲剝繭，看看自己對化學電池到底知多少？

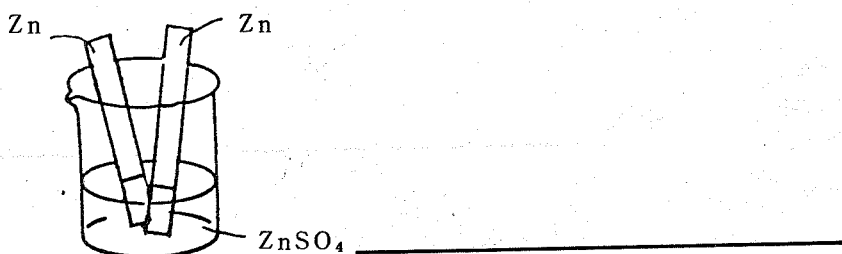
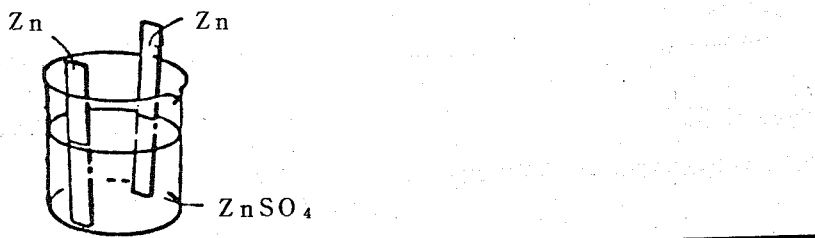
動動腦，試計畫並回答下列問題：

時間：25 分鐘

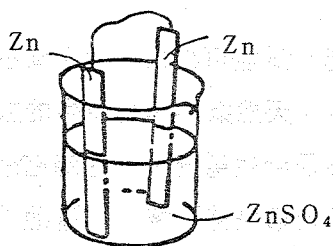
1. 將一塊鋅片放入硫酸鋅（ ZnSO_4 ）溶液中，會有什麼現象發生？



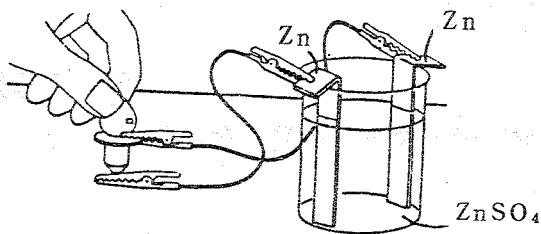
2. 將二塊鋅片同時放入硫酸鋅溶液中，會有什麼現象發生？



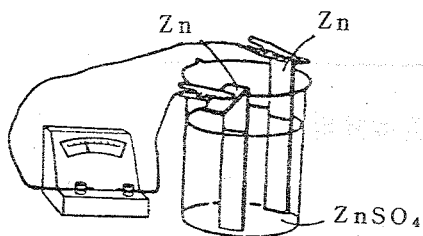
3. 將二塊鋅片（不接觸）放入硫酸鋅溶液，再用一根導線連接，會有什麼反應發生？



4. 如果在導線中接上一個電燈泡，想想看，燈泡會不會亮？



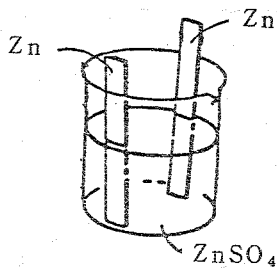
5. 如果換成一個伏特計呢？指針會不會偏轉？讀數為多少？



現在動手操作然後回答問題：

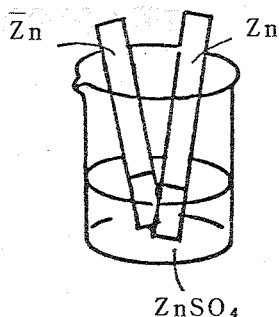
時間：60 分鐘

1. 將二塊鋅片置入硫酸鋅溶液中，仔細觀察。



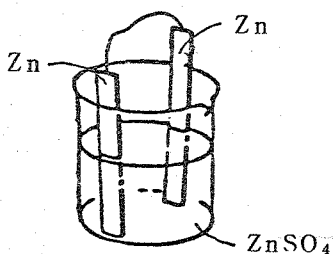
結果：_____

結果：_____



您所使用的硫酸鋅溶液濃度為多少？

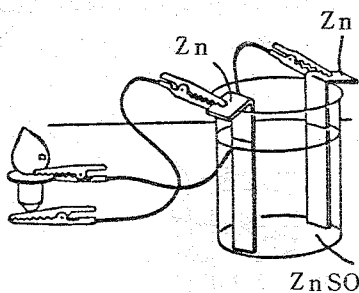
2. 將二塊鋅片（不接觸）放入硫酸鋅溶液，再用一根導線連接，仔細觀察。



結果：_____

硫酸鋅溶液濃度：_____

3. 同上，在導線中連接一個燈泡，仔細操作並觀察。

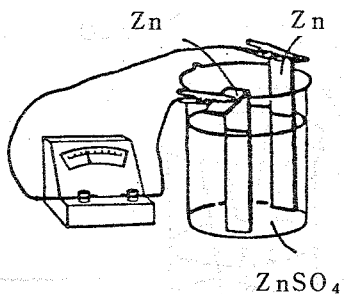


燈泡亮了嗎？_____

亮度多少？_____

為什麼？_____

4. 把燈泡換成伏特計，觀察指針偏轉了嗎？



指針偏轉了嗎？_____

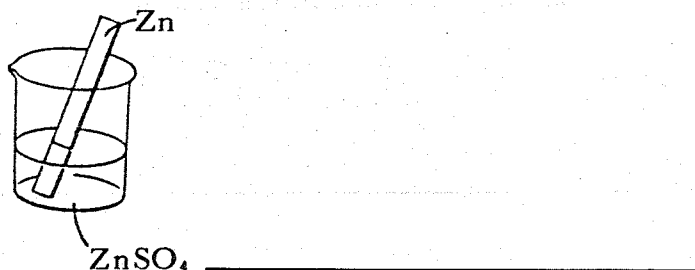
偏轉多少？_____

為什麼？_____

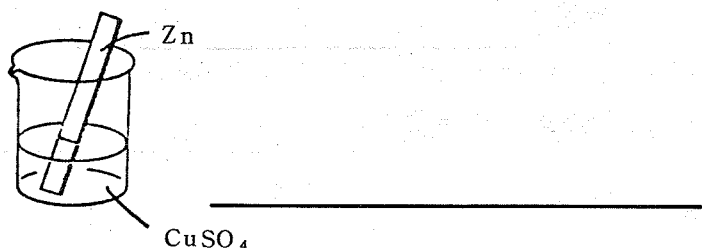
動動腦，試計畫並回答下列問題：

時間：30 分鐘

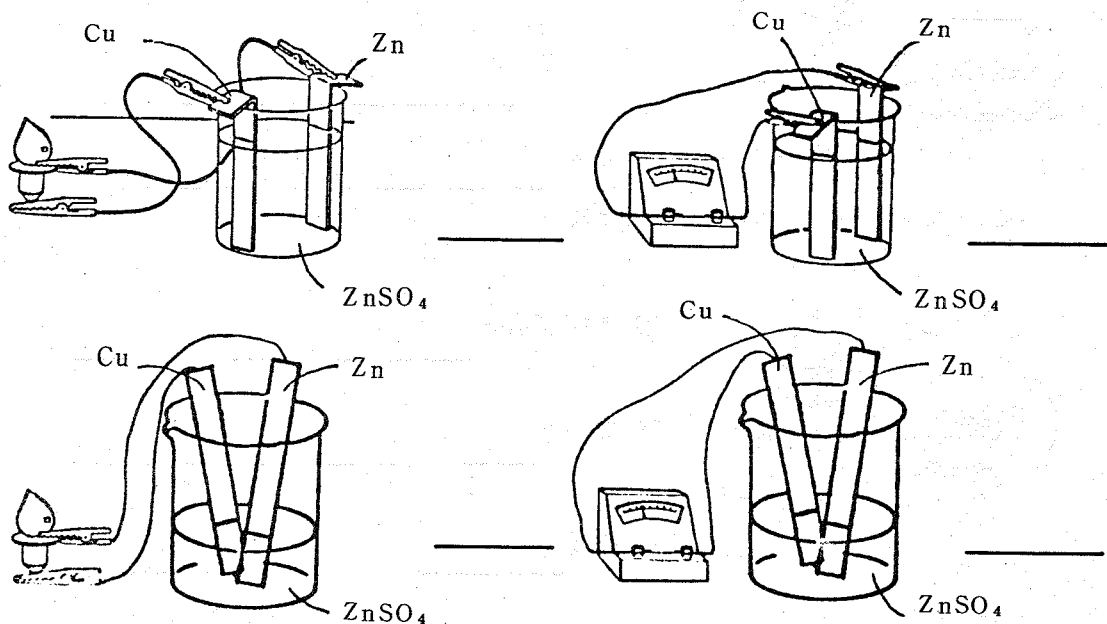
1. 將一塊鋅片放入硫酸鋅溶液中，會有什麼反應發生？



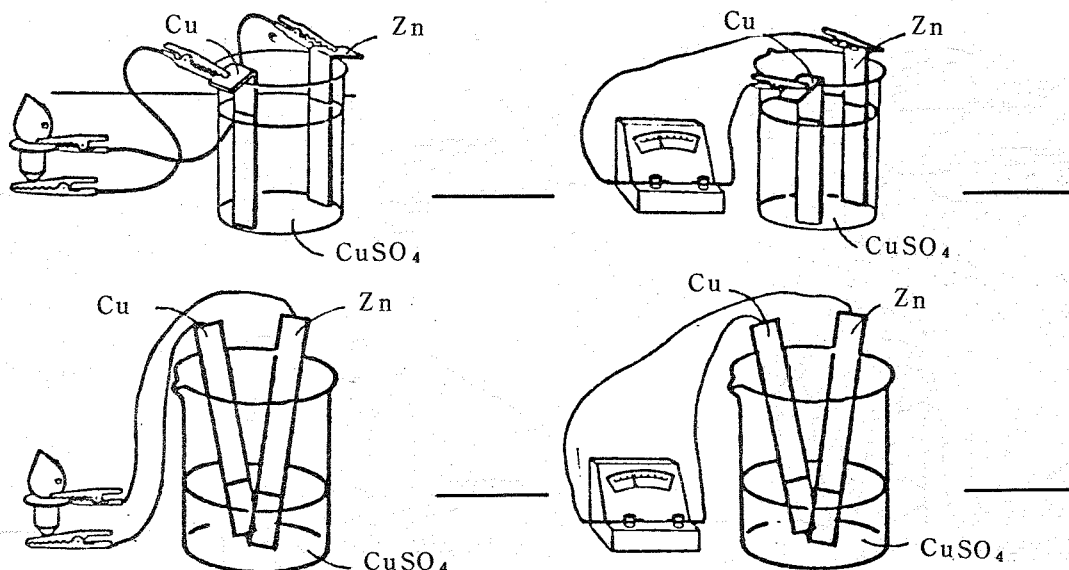
2. 將一塊鋅片放入硫酸銅溶液中，會有什麼反應發生？



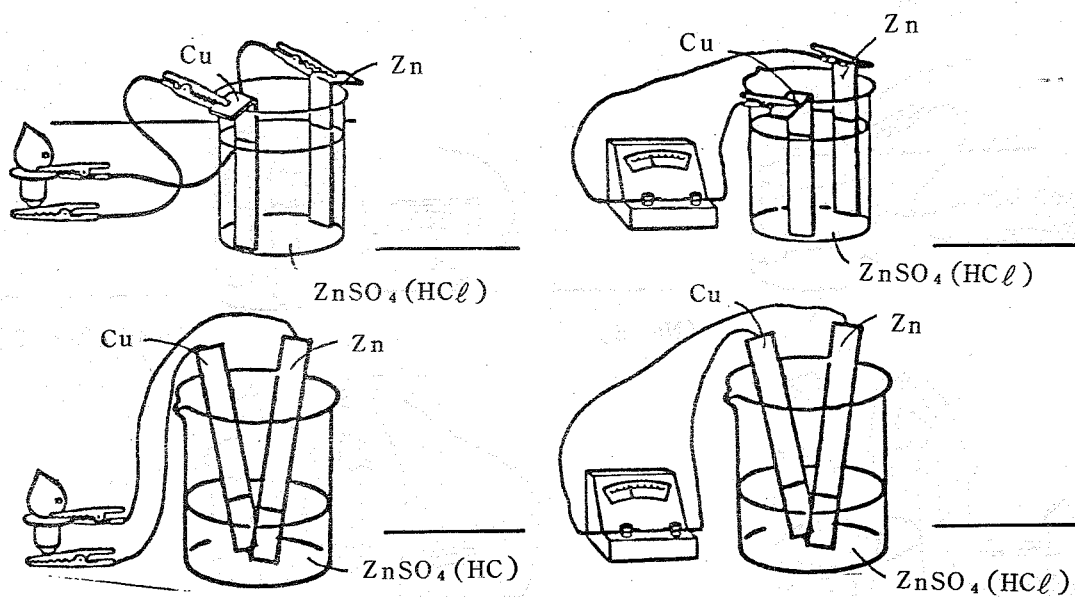
3. 一塊鋅片及一塊銅片同時放入硫酸鋅溶液中，並用導線連接燈泡或伏特計，燈泡會亮嗎？伏特計指針會偏轉嗎？



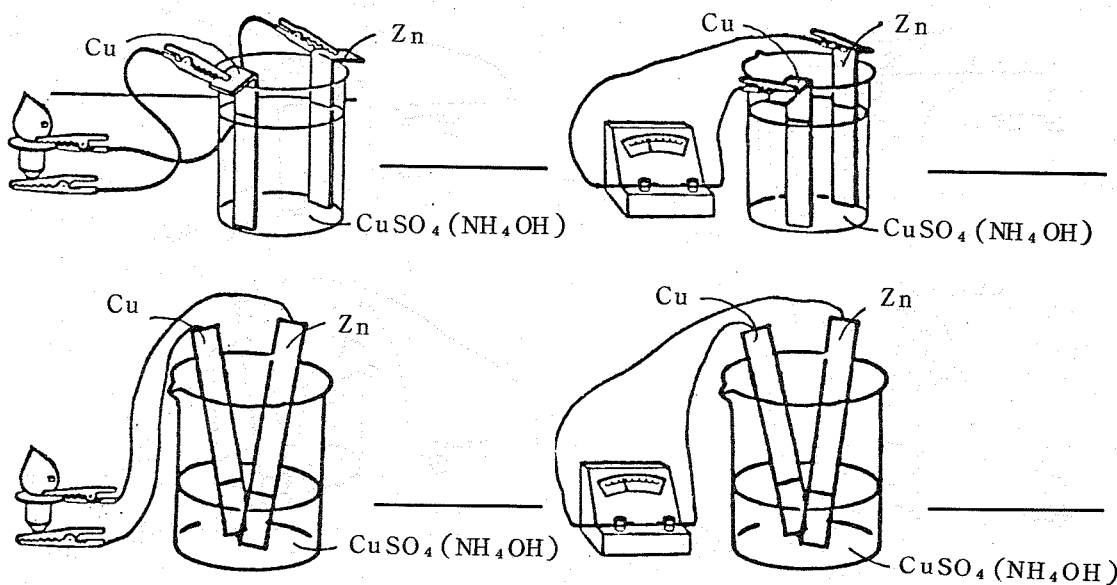
4. 一塊鋅片及一塊銅片同時放入硫酸銅溶液中呢？



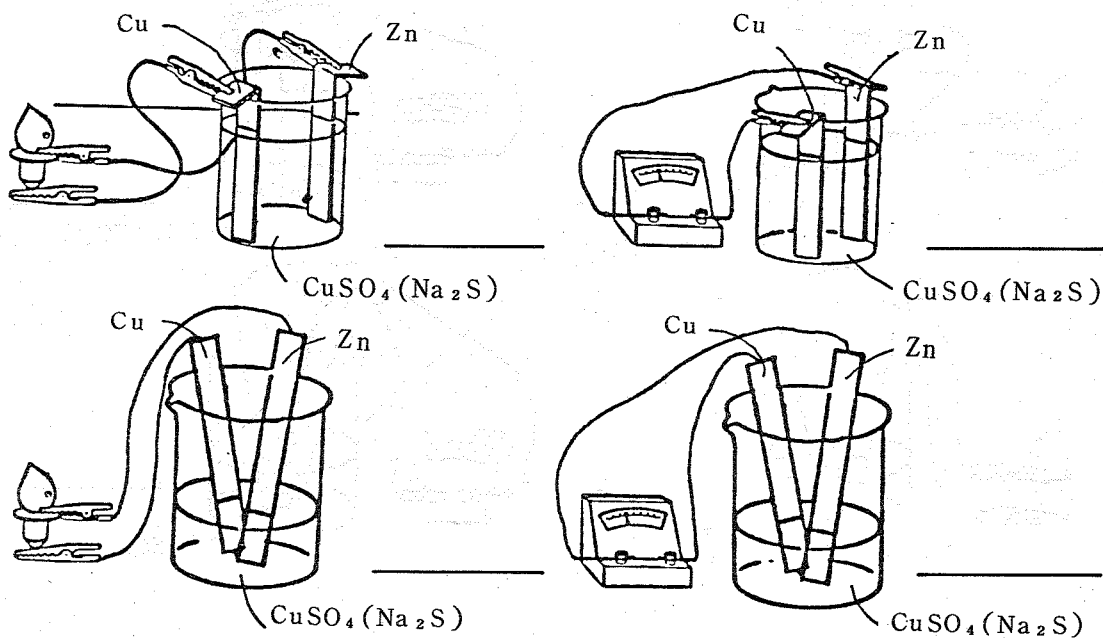
5. 放入滴有鹽酸的硫酸鋅溶液中呢？



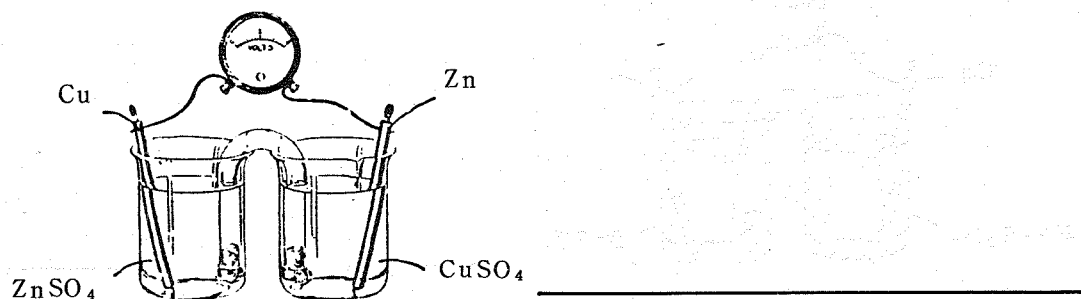
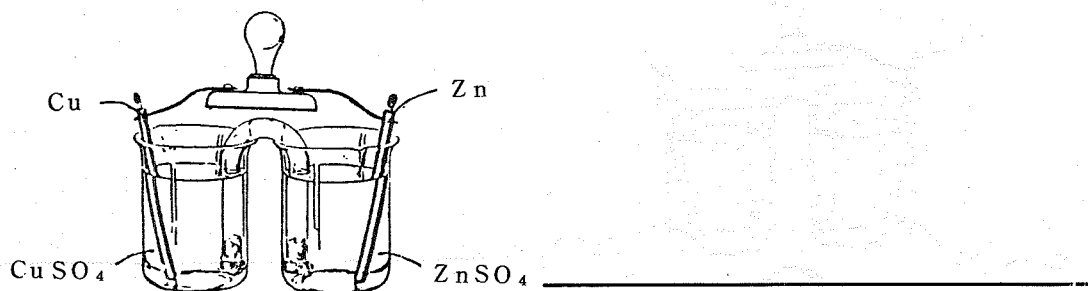
6. 放入滴有氨水的硫酸銅溶液中呢？



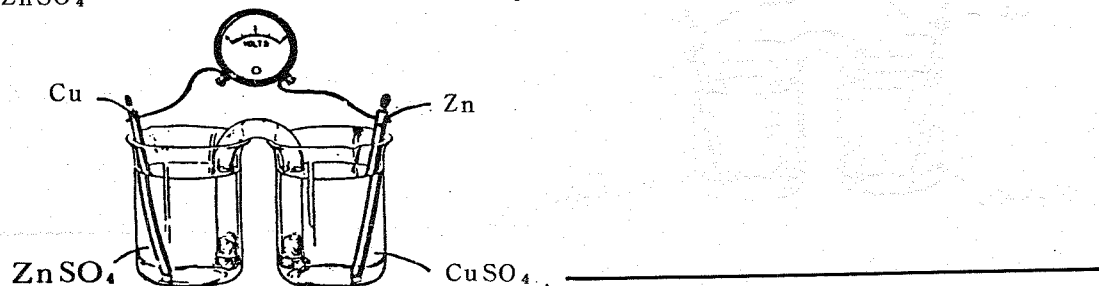
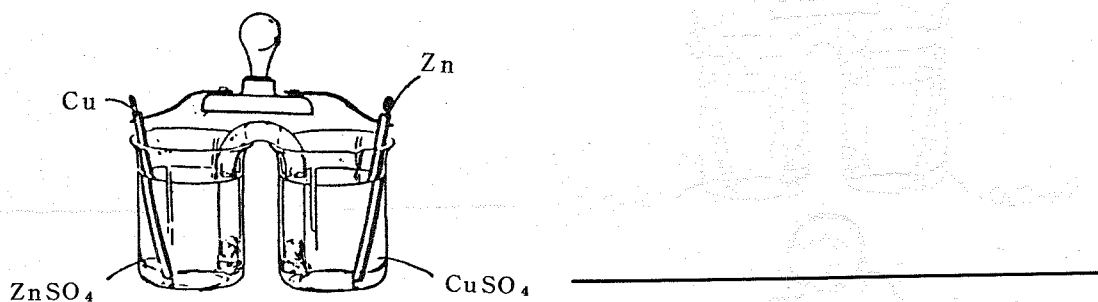
7. 放入滴有硫化鈉的硫酸銅溶液中呢？



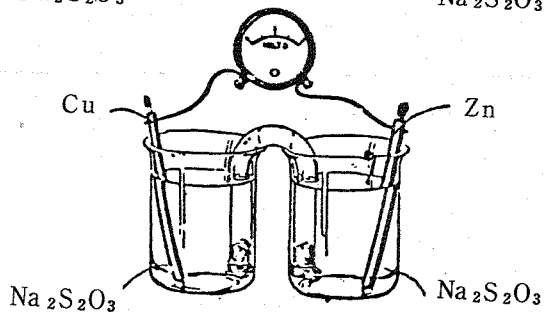
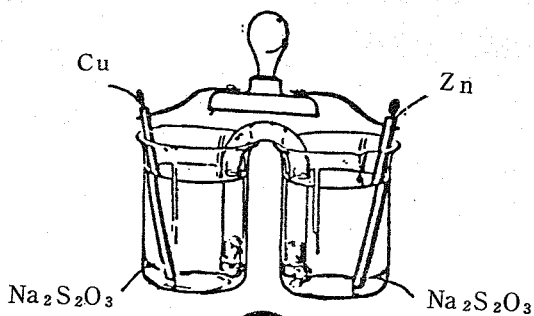
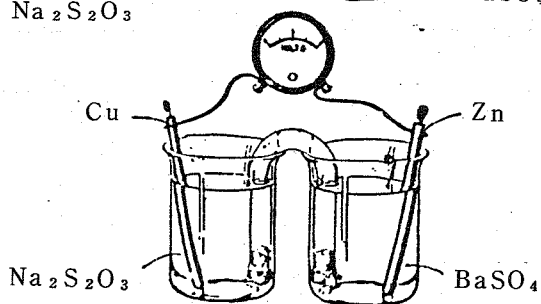
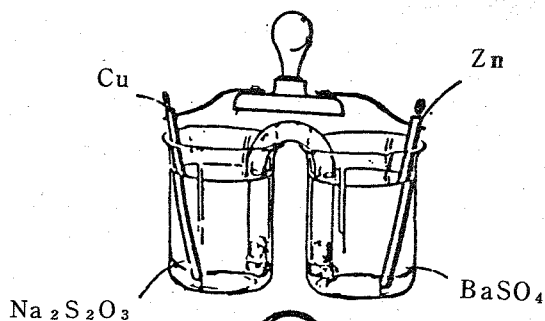
8. 一塊鋅片及一塊銅片分別各置入硫酸鋅溶液及硫酸銅溶液中，並以鹽橋相連，再連接燈泡或伏特計，燈泡會亮嗎？伏特計的指針會偏轉嗎？

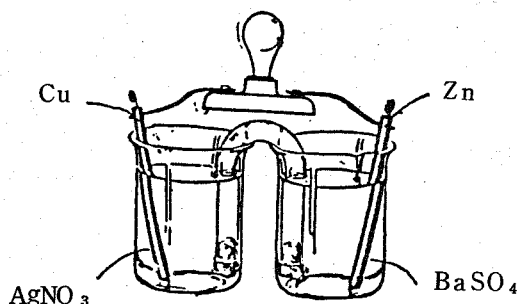


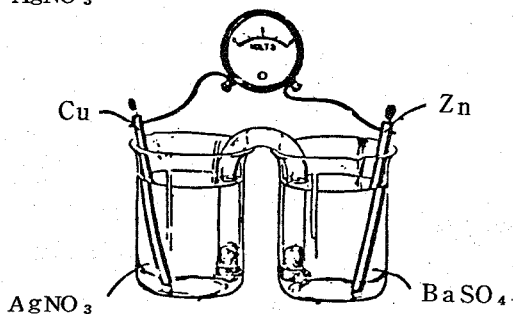
9. 一塊鋅片及一塊銅片分別各置入硫酸銅溶液及硫酸鋅溶液中，並以鹽橋相連，再連接燈泡或伏特計，燈泡會亮嗎？伏特計的指針會偏轉嗎？



10. 更換燒杯中的溶液，如圖，再回答問題。



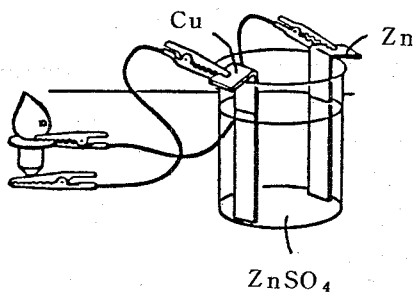




現在動手操作，然後再繼續回答問題：

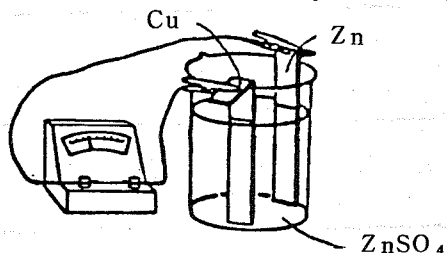
時間：80 分鐘

1. 一塊鋅片及一塊銅片同時放入硫酸鋅溶液中，並用導線連接燈泡或伏特計，燈泡亮了嗎？亮度如何？伏特計指針有無偏轉？偏轉多少？



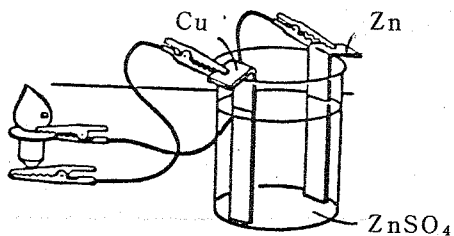
結果：（燈泡）_____

結果：（伏特計）_____



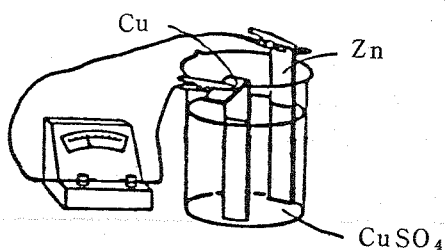
硫酸鋅溶液濃度：_____

2. 放入硫酸銅溶液中呢？



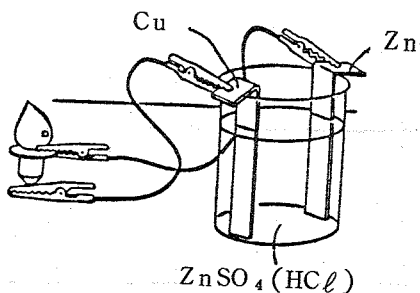
結果：（燈泡）_____

結果：（伏特計）_____



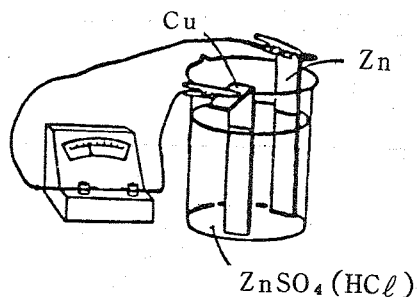
硫酸銅溶液濃度：_____

3. 放入滴有鹽酸的硫酸鋅溶液中呢？



結果：（燈泡）_____

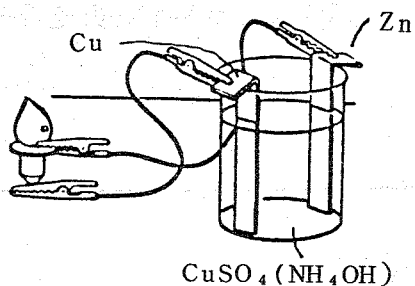
結果：（伏特計）_____



鹽酸濃度：_____

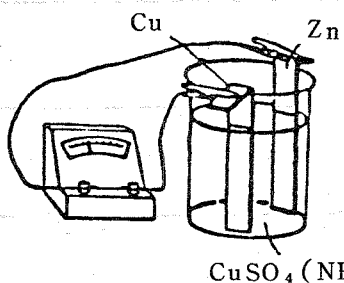
鹽酸滴數：_____

4. 放入滴有氨水的硫酸銅溶液中呢？



結果：（燈泡）_____

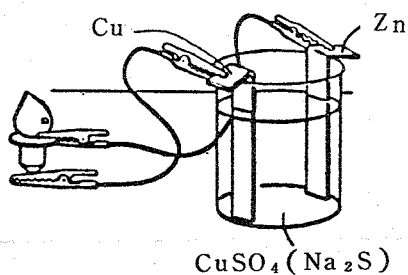
結果：（伏特計）_____



氨水濃度：_____

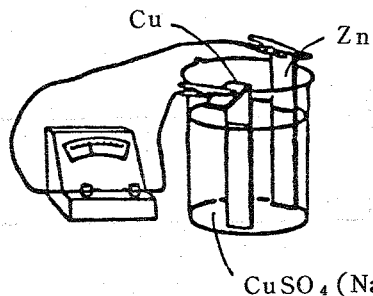
氨水滴數：_____

5. 放入滴有硫化鈉的硫酸銅溶液中呢？



結果：（燈泡）_____

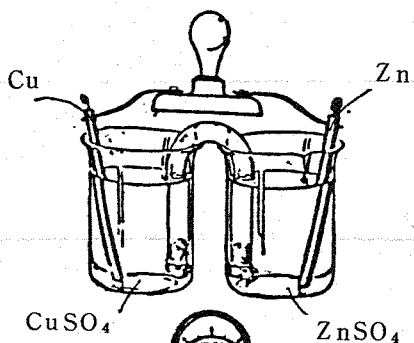
結果：（伏特計）_____



硫化鈉濃度：_____

硫化鈉滴數：_____

6. 一塊鋅片及一塊銅片各置入硫酸鋅溶液及硫酸銅溶液中，並以硝酸銨溶液作為鹽橋相連，再用導線串連燈泡或伏特計，燈泡亮了嗎？亮度多少？伏特計指針是否偏轉？偏轉了多少？



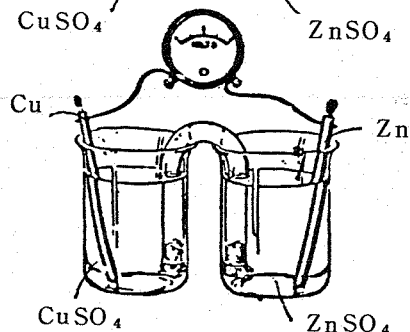
結果：（燈泡）_____

結果：（伏特計）_____

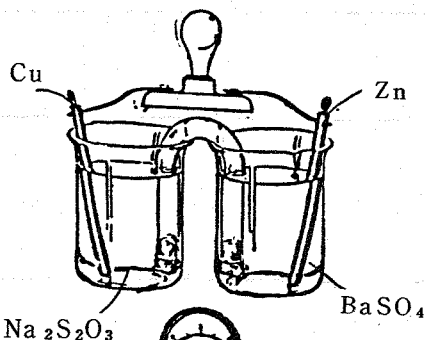
硫酸鋅溶液濃度：_____

硫酸銅溶液濃度：_____

硝酸銨溶液濃度：_____



7. 更換燒杯中溶液，如圖，再回答問題：

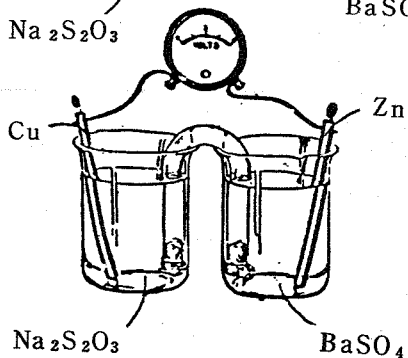


結果：（燈泡）_____

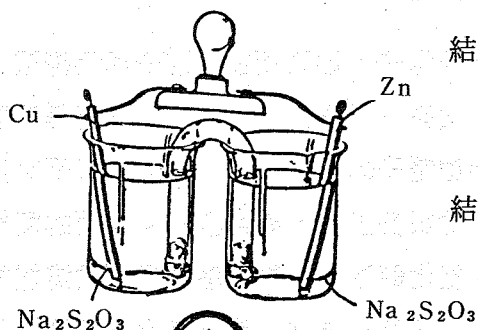
結果：（伏特計）_____

硫酸鋇溶液濃度：_____

硫代硫酸鈉溶液濃度：_____

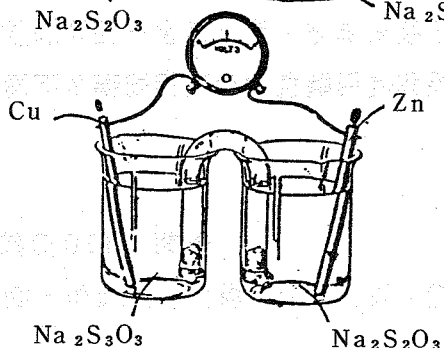


硝酸銨溶液濃度：_____



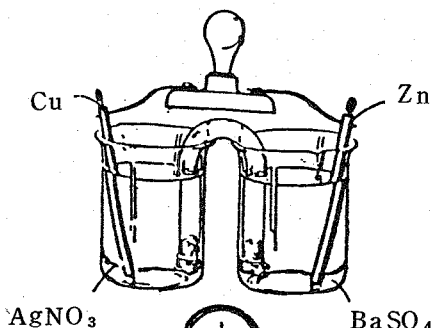
結果：(燈泡) _____

結果：(伏特計) _____



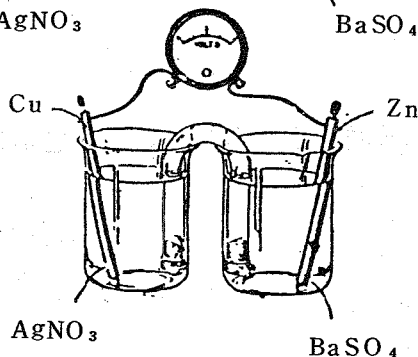
硫代硫酸鈉溶液濃度： _____

硫酸銨溶液濃度： _____



結果：(燈泡) _____

結果：(伏特計) _____



硫酸鋇溶液濃度： _____

硝酸銀溶液濃度： _____

硝酸銨溶液濃度： _____

探討研究(二)——化學電池知多少？

化學電池是利用氧化還原反應中，氧化劑接受電子，還原劑放出電子而供應電子流的裝置，如果氧化劑與還原劑不以直接接觸的方式轉移電子，而使氧化半反應與還原半反應分開在不同燒杯內進行，則二者必須有可傳遞電子的媒介。從上午的探討研究裏，我們可以知道像鹽橋、金屬導線等都是傳遞電子的很好工具，經常我們所使用的鹽橋溶液是解離度高的鹽類溶液，像硝酸銨、硝酸鉀、氯化鉀溶液，為什麼我們要做這樣的選擇，如果用其它的溶液來取代，甚至用半電池溶液直接來填充，是不是會有相同的效果？相同的，用金屬傳線跨接兩個半電池所得反應結果與使用鹽橋的效果相同嗎？不同金屬物質又會作何影響？

時間：110 分鐘

參考所附的表格及資料，利用所提供的所有設備，設計一個實驗並實際操作，回答我們所想解決的問題：

問題(一)：不同的鹽類溶液對電池反應有何影響？

(實驗設計)

(結果與討論)

問題(二)：鹽類溶液的濃度是否會影響電池反應？

(實驗設計)

(結果與討論)

問題(三)：還有沒有其它物質可以用來填充鹽橋？譬如說固體？液體？氣體及其它溶液？它們的效果如何？

(實驗設計)

(結果與討論)

問題(四)：不同的金屬物質（包括不同形態，例如片狀、顆粒、粉狀等）跨接半電池，對化學反應的影響如何？

（實驗設計）

（結果與討論）

問題(五)：如果金屬物質與溶液接觸的面積不同，又會有什麼影響？

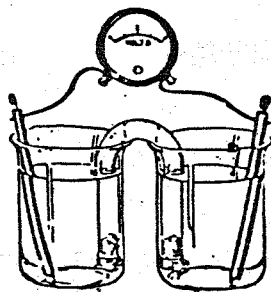
（實驗設計）

（結果與討論）

時間：30 分鐘

累了吧！休息一下。我們來玩尋寶遊戲，除了鹽橋、金屬片外，您是否能找到其它的代用品？在我們所提供給您的器材中，請您仔細搜索，列舉出可以作為此項“媒介”的物品，並以圖示畫出它們與電池裝置的關係位置。

範例：



設計圖(一)

設計圖(二)

設計圖(三)

設計圖(四)

設計圖(五)

設計圖(六)

設計圖(七)

設計圖(八)

時間：60 分鐘

現在，就動手依照您所構想的設計圖，去拼成實際的電池，看看那些裝置可構成通路？那些裝置行不通？然後選擇一種您最滿意的裝置，包括昨天做過的鹽橋及導線，作為底下探討研究的工具。

您共找到了幾種代用品？

它們有沒有共同的特徵？

您如何去偵試它們的導電能力？

它們均能成功的扮演傳遞電子的角色嗎？

有那些可以，那些不可以，您知道為什麼嗎？

您選擇了那一種裝置作為以下我們研究的工具？

現在，您該可以明白影響一項科學結果的變因有多麼多了吧！除了鹽橋的不同外，您能告訴我們，還有那些因素可以控制一個化學電池供應電流的大小？

這些因素就留待我們明天早上再做進一步的探討了。

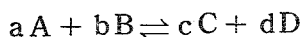
探討研究(三)——看誰的燈泡點得最亮？

化學電池源自氧化還原反應的進行，因此電池電位差的大小，表示自發性氧化還原由左向右進行趨勢之大小。

電池電位差之大小，不但與電池反應中所用氧化劑與還原劑有關，同時亦與各物質

的濃度有關。爲了便於比較各電池電位差之大小，通常規定一種標準狀態，即氣態物質爲1大氣壓，溶解性物質爲1M，固態物質爲25°C時之最穩定態，在這種情況下，電池的電位差稱之爲標準電位差，記作 E° ，如果構成電池的物質不是標準狀態，則電池電位差可以用奈恩斯特（Nerst）方程式表示如下：

化學反應：



$$\Delta E = \Delta E^\circ - \frac{0.059}{n} \log \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

n 爲電子轉移之數目

[] 表各物質之濃度

Δ 代表“差”或“變化”

由此方程式可知，反應物之濃度增高或生成物之濃度減少，從左向右進行的趨勢會加大而使 ΔE 值變大。

利用昨天您所選擇的探討方式，進行今天的研究題目，相信有了前兩次的心得，您一定得心應手了許多，加油！

問題(一)：選擇不同的半電池溶液做反應，設計一個實驗證奈恩斯特方程式。

（實驗設計）

（結果與討論）

問題(二)：選擇不同的半電池電極，設計一個實驗探討電極對化學電池的影響。

（實驗設計）

（結果與討論）

最後，我們回想一下連續這三個單元的探討研究結果，請您製作一個屬於您自己的化學電池，可以把您的燈泡點得最亮，當您覺得最滿意時，請舉手請指導老師過去與您一同分享這份成就。

（實驗設計）

(結果與討論)

恭喜您已經順利完成，替它取一個名字吧！它就叫做_____電池，這可是正字標記的專利品喔！

三、活動紀實與結論

這次在連續三個半天的探討研究活動中，一共劃分成三個單元，每個單元進行時間平均為 220 分鐘，並依實際的活動情形酌量小幅度調整時間。每個單元又可分成數個小節，依序引導。

“引導”是做任何研究活動的原動力，在第一單元裏，我們收集了一般學生，其中包括國中生、高中生⁽¹⁾、大學生，甚至已經畢業在擔任化學教學的老師，他們所感到困惑的概念做為動動腦的材料來源⁽²⁾，而同學們發揮他們充份的想像力後對每個題目的答法各有千秋。一些奇想及解釋翻騰紙上，甚至原先已澄清的概念反被自己的創造力所駁倒，然後令其操作原先的問題，並誠實地更正及記錄自己所得的結果。有些同學的反應是時間不夠，當然這是各人所運用的技巧各有不同，由於此單元完全由同學照本宣科的操作，想訓練的是在短時間內磋商自己的思緒以得一綜合收斂性的結論。能達成此任務的同學倒也不少，只是未完成的同學總帶著懷疑又遺憾的表情。學員們可能習慣對一個問題深思熟慮後再小心作答，而忽略了原設計者一直強調的時間限制，但是無論如何，由學員們所答的問卷，知悉仍是獲得不少的心得，且滿載而歸。尤其有一點值得再三強調：很多學員們說「奇怪，我的化學一向很強，可是卻從來沒有想過這些問題，雖很緊張，但又覺得蠻好玩的」。

第二個單元強調的重點在針對不同效應的探討。此處，沒有再詳細引導，只給學員目標及方向，令其設計引導自己的方式，也就是作科學的態度及方法，從這裏，可以看出學員們作答的方式，有的學員重視對一個問題的鑽研探討，深入剖析，有的同學則希望掌握全局，所以第一部分的五個目標中，有同學只完成一個，亦有同學五個通通都做了，大部分同學挑選 2～3 個目標進行探討。此外，在鹽橋取代物的設計上，太多別出心裁，雖然很多自己設計的方式均告失敗，但是已充分表現出他們豐富及大膽的實驗精神，這真可謂“後生可畏”！

最後一個單元“看誰的燈泡點得最亮”中，大家拿到題目紙的第一個直覺就是“怎麼這麼

薄！「什麼都沒告訴我們」，事實上，採用的已是開放式的實驗方式，提供給每一位學員各式各樣的器材，甚至任其要求自己所須要的藥品，或其它資源，學員可由前面兩個單元所獲得的經驗，腦力激盪，設計一組可以點亮手電筒所用的燈泡或發光二極體的電池。大部分學員針對半電池所選擇之溶液、電極板、濃度等變因著手設計，有幾位同學甚至串連了他們所製作的電池。理論與實際的配合是他們爭取的重點，但結果真的那麼重要嗎？！許多沒有將燈泡點亮的同學仍對自己的設計充滿自信，而且能自圓其說，試想這才是他們最大的收穫吧！至於在三個階段的探討研究同學們作答的精華，限於篇幅將另以專文來報導與解析。

最令人覺得可惜的是實驗室裡所陳列一排一排的參考書籍，使用的頻率沒有想像的高，同學自己前去翻閱參考資料的很少，也許這也是他們無法再進一步拓寬自己思考領域的主因之一，或許需要再有更多的時間來考驗“國內中學生對資料搜尋能力的培養”。

參考資料

1. 高中化學及實驗，第一、二、三冊；國立臺灣師範大學科學教育中心主編，國立編譯館出版，民國76年。
2. 美國 IAC Project Team 所出版的一套書，共有七本分別為；(1)Reaction and Reason；(2)Diversity and Periodicity；(3)Form and Function；(4)Molecules in Living Systems；(5)The Heart of Matter；(6)The Delicate Balance；(7)Communities of Molecules；Harper & Row, Publishers 民國70出版。