

擁有生命的金屬樹

高中組化學科第三名

台灣省立武陵高中

作者：陳正偉、邱繼弘

指導教師：簡大漳

一、研究動機

美麗的金屬樹是金屬氧化還原中的特殊現象，到底是什麼原因使的在氧化還原中還原出的金屬呈現分枝樹狀，而不是團狀或是其他的形狀？而能夠影響金屬樹成因的到底有那些因素？有沒有什麼方法能夠模擬出金屬樹生長的情形？這一連串的問題引起了我想著手進一步去研究的興致，於是設計了一連串的實驗進而探討之。

二、研究目的

1. 平面金屬樹與立體金屬樹之比較。
2. 金屬樹向外生長的原因及影響其生。
3. 金屬樹的形狀與什麼因素有關。
4. 寫出用電腦模擬之構想。
5. 試著模擬其生長的情形。

三、研究儀器與藥品

(一) 儀器

電源供應器 2臺

毫安培計 (MA) 1臺

伏特計 1臺

加熱器 1臺

投影機 1臺

解剖顯微鏡 1臺

電腦 (ETBASIC, TURBO C++) 1臺

自製的直流線圈磁場 1臺

培養皿 10個

燒杯 2個

玻棒 1隻

保鮮膜 1捆

銅線 數圈

(一)藥品

CuSO_4

ZnSO_4

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 皆適量

AgNO_3

$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$

洋菜粉 1罐

銅片 數片

鋅片 數片

銀片 數片

四、研究過程

(一) # 首先比較直接以溶液做金屬樹和以洋菜培養基及濾紙所製做出金屬樹的優缺點 #。

1. 配製0.5M的 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 溶液200ml取適量置於培養皿中及100ml的燒杯內。

ㄅ 於培養皿中置入1平方cm之鋅片，放置一段時間觀察之。

ㄆ 於燒杯中以絲線吊入1平方cm之鋅片，放置一段時間觀察之。

ㄇ 於另一培養皿中平放一濾紙，加入適量溶液潤濕，以同樣的方法置入1平方cm之鋅片，放置一段時間觀察之。

2. 洋菜粉1克加蒸餾水200ml煮成膠態溶液，另外入 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (0.1 mole)共煮，即是0.5M的 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 洋菜溶液。

*** 比較培養基的厚度對金屬樹的影響 ***

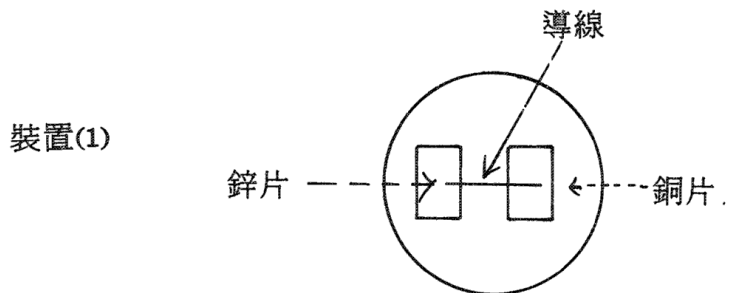
(1) 趁熱取15ml的硝酸鉛洋菜溶液置入培養皿A，另取5ml置入培養皿B，靜置凝結後放入1平方cm的鋅片，靜置24小時觀察之。

*** 以試管製做三維空間的金屬樹 ***

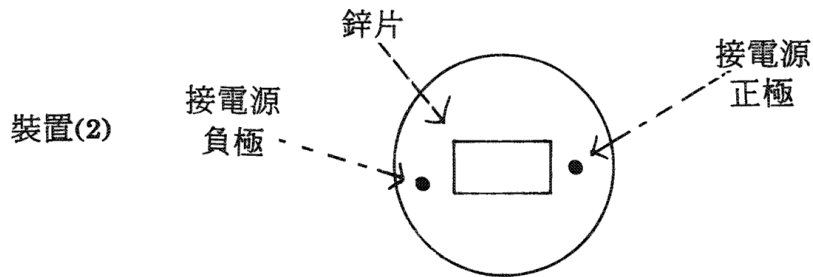
(2) 先取15ml的硝酸鉛洋菜溶液置入試管，待靜置凝結後，小心放入1片鋅片，再加入溶液15ml待其凝結後靜置觀察之。

(二) * 接著統一以洋菜溶液當生長培養基，設計各種裝置，找出生長的原因 *

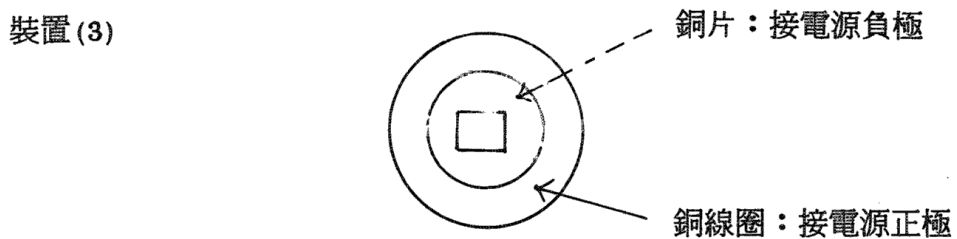
1. 以硝酸鉛洋菜溶液15ml置入培養皿，靜置後如圖裝置實驗。(一端放鋅片，一端放銅片，中間以導線連接)



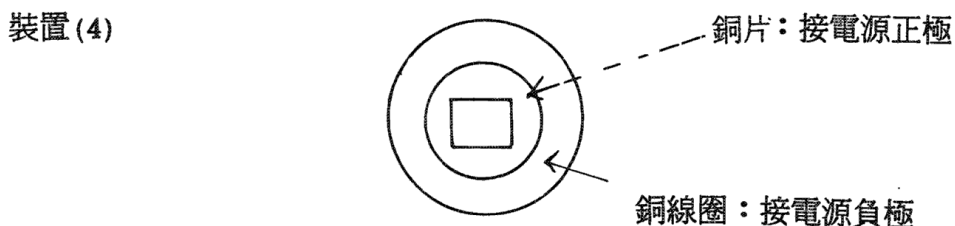
2. 以硝酸鉛洋菜溶液15ml置入培養皿，靜置後如圖裝置實驗。(在中央置一鋅片，於兩端接一電流(5V))



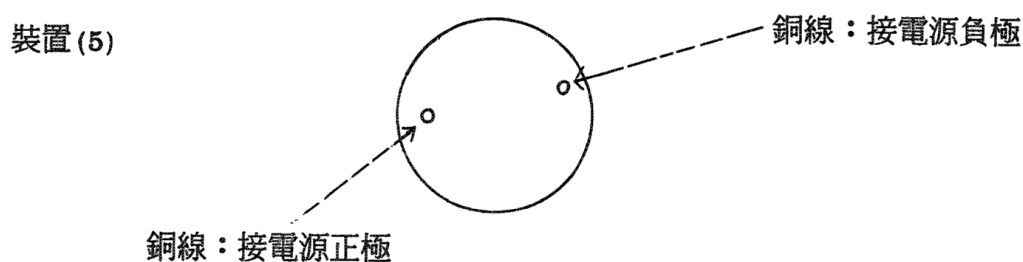
3. 以硝酸鉛洋菜溶液15ml置入培養皿，靜置後如圖裝置實驗。(中間置一銅線接電源負極，周圍放置一銅圈接電源正極(5V))



4. 以硝酸鉛洋菜溶液15ml置入培養皿，靜置後如圖裝置實驗。(中間置一銅線接電源正極，周圍放置一銅圈接電源負極(5V))



5. 以硝酸鉛洋菜溶液15ml置入培養皿，靜置後如圖裝置實驗。(一端插入銅線接電源負極，另一端插入銅線接電源正極(5V))



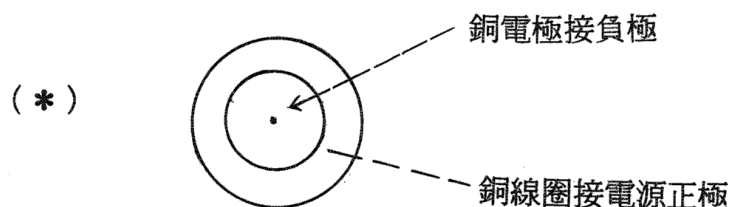
(三) #找出影響金屬樹生長及形狀的因素# *比較不同類金屬對金屬樹形狀的關係*

1. 用步驟(一)之2同樣的方法，製作各種鹽類的培養基，依其活性置入活性比其大的金屬，即金屬游離傾向較其鹽溶液中金屬離子的游離傾向大的金屬。觀察其金屬樹的成長。

2. *仿金屬樹形成的原因置作不明的金屬樹比較* 使用同樣步驟，製作各種鹽類的洋菜培養基，以下列方法實驗。

(1) 先挑取一種鹽類，如 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 作培養基以不同伏特的電壓在一定時間內觀察其金屬樹形成的面積形狀。

(2) 再以同樣的電壓，以(*)的方法，製作不同類的金屬樹。

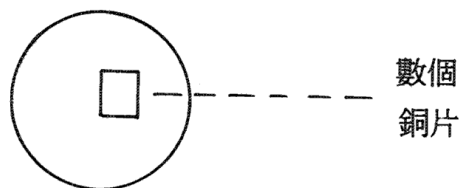


以下列裝置探討影響金屬樹形狀的因素

(3) 再以不同形狀的鋅片，如三角形、圓形、長方形，當生長起始點，通以電流觀察其生長。

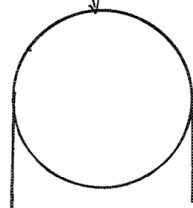
(4) (在(*)的裝置內，於中間的銅電極旁放障礙物如銅片。)

裝置(6)



(5) (以(*)的裝置放入直流線圈內，給予一垂直磁場。)

裝置(7) 直流線圈



五、實驗結果

(一)

1. (1) 培養皿中析出的金屬鉛成圓團狀，無明顯分枝。

②燒杯中析出的金屬鉛因重力影響析出過重而掉落杯底，且因上面的鉛壓迫底下的鉛，分枝無法產生。

③濾紙容易因蒸散而乾燥，其金屬樹為平面，分枝尚明顯。

2. ①培養皿A中的金屬樹因培養基較厚，所以長出的金屬樹較立體，但面積較小。

②試管中的金屬樹為三維空間生長，可明看出其往上長及往下長的情形。

(二)

1. 鋅片旁有鉛樹產生，銅片旁也有些許鉛樹。

2. 鉛樹偏向正極生長。

3. 接負極的銅線旁產生較細的鉛樹。

4. 銅圈上析出鉛樹，且由外向中心點長。

5. 負極析出鉛樹，但偏向正極生長。

(三)

1. ①

種類	生長點	形狀	備註
鉛樹	以鋅片	呈葉片狀分枝	鋅片上有白色膏狀物
銅樹	以鋅片	呈卷柏狀分枝	
銀樹	以鋅片	呈松葉狀分枝	避免陽光照射
鎳樹	以鋅片	無分枝	析出少許

②

電壓	析出狀況
2.5V	分枝疏鬆且細
5.0V	分枝變較密
10.0V	分枝擠在一起
20.0V	電壓過大，產生的溫度過高，洋菜融化且冒出水蒸氣

③三角形及矩形因電子是由外界提供，電子在導體內移動因其形狀的影響，產生尖端放電的現象，金屬樹偏向尖端生長。

④和③一樣受到尖端放電的影響，當已析出金屬樹碰到銅片時，電子傳導到銅片，金屬樹偏向尖端生長。

⑤通以磁場時，正在生長中的金屬樹似乎不受影響，或許是影響很小或是其它原因。

⑥1.0M的硝酸銀培養基所生長出的銀樹分枝不明顯且主幹靠的很近宛如棉花團狀，隨著莫耳濃度由0.5 0.4 0.3 0.2 0.1慢慢降低可清楚看出其分枝變的越明顯。

2. ①將其細部放大後，其一小部分截下仍與整體相似。

②利用投影機可清楚分辨其分枝。

六、電腦模擬金屬樹

在研究的最當初，我們的演算法是這樣子的：

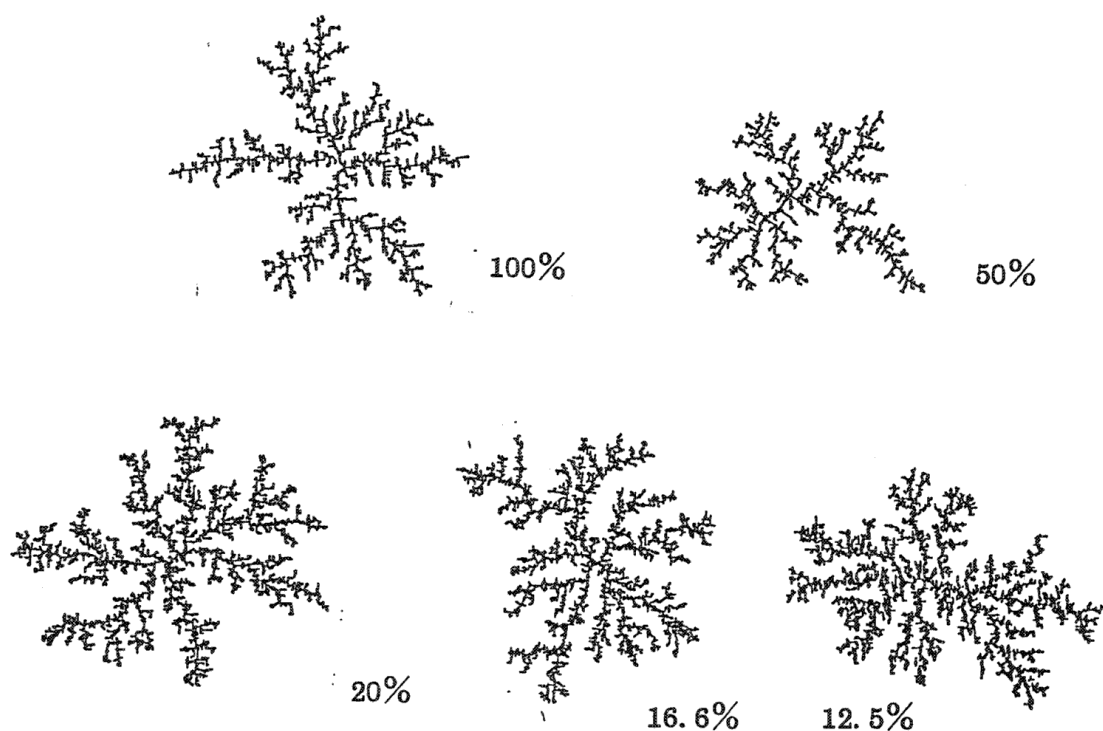
1. 在螢幕的中間選擇一個點做為金屬樹的生長點。
2. 螢幕上的所有黑點代表洋菜離子溶液。
3. 螢幕上的白點代表已經析出的金屬。
4. 從生長點開始模擬一電子作亂數移動。
5. 當移動的電子碰到代表洋菜離子溶液的黑點時析出成金屬，但圖形怎樣看都是不像一般實驗出來的圖形。當師大教授推薦我們去見泰山高中的邱智宏老師後，這一切都明瞭了。

電子移動的速度比離子移動的速度要快，所以我們必須要把金屬看成是佈滿著電子，而由離子移動撞到金屬後析出。所以我們必須要從溶液中模擬離子移動，而當碰到金屬後析出。

加以改變後發現其所繪製出的圖形和實驗出的結果十分相近：

有了以上的結果我們嘗試要去改變它形成的變因。

圖改變電子析出機率



七、實驗心得討論及應用

(一)實驗心得討論

以洋菜培養基製成的金屬樹呈立體狀，分隻較清楚，電流會影響其生長，和金屬種類也有些關係。

洋菜煮成膠狀冷卻後因凝膠作用，形成高分子固體，不過因仍含有水份，鹽類仍能解離，所以可以做為金屬樹的培養基（因礙於篇幅儘列出幾點盼請見諒）。

(二)應用

近年來（CAI）正盛行，利用青年學子們對電腦的新鮮感，以電腦模擬說明金屬氧化還原中產生的金屬樹呈現美麗的碎形將能得到好的教學效果。

八、參考資料

(一)方金祥、蔡玉真應用投影機演示化學實驗科教月刊153期。

(二)數學傳播季刊第十五卷第三期混沌與碎形專題。

(三)中山自然科學大辭典（有關洋菜的凝膠作用）。

(四)大學普通化學（下） 曉園出版社。

(五)第十八章電化學，第二十章金屬 金屬之氧化還原。

(六)物理化學杜逸虹，第十六章化學電池與電動勢，第十七章表面化學與膠體 三民書局。

(七)前幾屆由莊淑雀老師所指導的科展作品。

(八)特別感謝泰山高中邱智老師給予的指導。

評語

本件作品初用電腦模擬金屬樹生長的情形，探討金屬樹向外生成的原因及影響其生長的因素，模擬金屬樹生成的形狀因考慮有效碰撞而有改進與實驗結果所得的圖案已漸接近，但生長因素的模擬考慮仍有待改進，以區分原圖金屬所形成之金屬樹之差異。