

電力線，我看見了—在濾紙上電解硫酸銅溶液，由銅晶體的析出探討電場內電力線的分布

國中組物理科第三名

新竹市立光華國民中學

作者：陳佑宇

指導教師：張秀澂、郭素妙

一、研究動機

在國中理化課本 24-2 電解硫酸銅溶液實驗中，當兩電極（銅片）以不同角度放置時，負極所析出的銅量將有不同，而以兩電極板平行放置時，在與正極相對應的負極面上銅會大量且很快析出，而負極的背面析出量少。由這個觀察結果讓我聯想到：

電場會不會只存在兩電極板間？而負極背面會有較少的銅，是否因溶液的流動性才造成的？如果利用電解溶液橫切面來做觀察，是否更能觀察出電場的分布？其電力線的分布圖是否較草籽實驗容易觀察及解釋？

二、研究目的

以下是我在濾紙上電解硫酸銅溶液，所探討的變因之相關性：

1. 探討兩個電極形狀不同，與析出的銅晶體在濾紙上所排列之形狀的關係。
2. 探討多個電極以不同的方式聯接，與析出的銅晶體在濾紙上所排列之形狀的關係。
3. 探討在磁場中，改變兩電極形狀，與析出的銅晶體在濾紙上所排列之形狀的關係。
4. 探討在磁場中，改變磁場方向，與析出的銅晶體在濾紙上所排列之形狀的關係。
5. 探討負極所析出的銅晶體排列形狀，與電場的電力線分布情形的相關性。

三、研究器材

電源供應器、計時器、天平、電磁鐵（670T，內電阻 $1.226\ \Omega$ 、16V、8A、

DC 電源)、導線、濾紙、蒸餾水、燒杯、量筒、玻棒、鱷魚夾、滴管、硫酸銅溶液 (0.15M, 0.1M, 0.2M)，壓克力板 (20cm × 20cm)，安培計、伏特計、空心圓銅管 × 4 (厚 0.1cm，高 2.5 cm，直徑 0.02cm)，空心圓筒管 × 2 (厚 0.1cm，高 2.7cm，直徑 1.5cm)，銅片 × 4 (3cm × 25cm × 0.02cm)、膠帶、延長線。

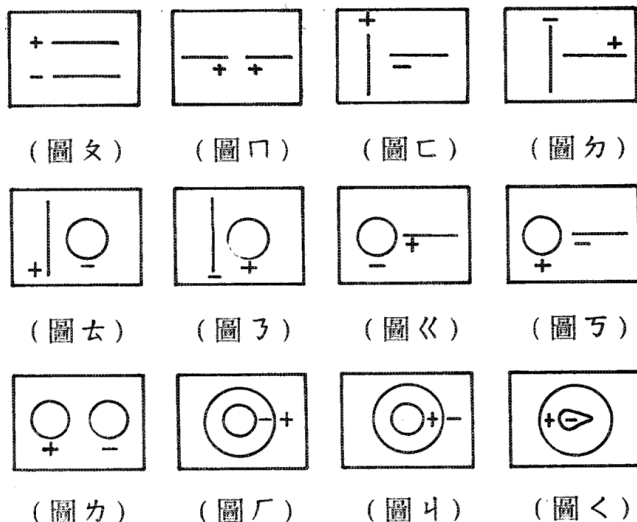
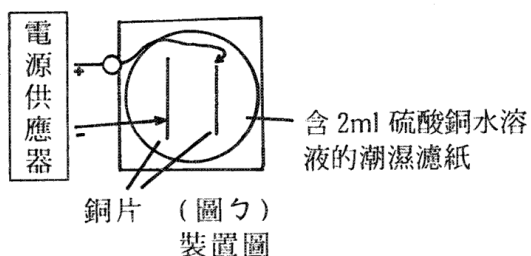
四、研究過程

爲了探討在平面上 (濾紙) 電解硫酸銅溶液時析出銅晶體的分布情形，及其在磁場內是否有差異，我們著手改變電極形狀、磁場大小、方向、電極的電流強度，以探討其變化。

〔實驗一〕探討在濾紙上電解硫酸銅溶液，兩電極形狀不同，與析出的銅晶體在濾紙上所排列之形狀的關係。

實驗步驟 I：

1. 將濾紙放在壓克板上，以滴管慢慢的將硫酸銅溶液 2.5ml (0.15M 與飽和溶液以 1:1 體積混合)，滴入濾紙中，並讓溶液均勻擴散至整張濾紙。
2. 將電源供應器串聯一安培計，並在正負兩極上各接一銅片。
3. 再將二極上的銅片直立並緊壓於濾紙上，且使其相距 1cm，並用膠帶固定。調整電解直流電壓爲 10V，觀察銅晶體在濾紙上析出的情形 (實驗裝置如下圖 ㄅ 所示)。
4. 每隔 3 ~ 4 分鐘觀察濾紙所析出的銅晶體及電路上電流的變化，10 分鐘後，停止實驗並紀錄電流的變化及觀察電極 (負極) 周圍銅晶體析出的形狀。
5. 改變甲乙電極的形狀，如圖 ㄅ ㄆ ㄇ ㄏ ㄏ ㄏ ㄏ ㄏ ㄏ ㄏ ㄏ 等，重覆步驟 1 ~ 5。

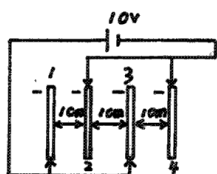


實驗步驟Ⅱ：：將電解直流電壓加大為 20V，硫酸銅溶液增為 3.0ml，重覆〔實驗一〕的 1～6 步驟，記錄之，並觀察比較兩者在濾紙上正負極變化的異同。

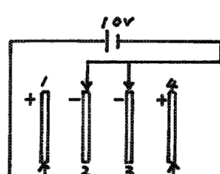
〔實驗二〕探討在濾紙上電解硫酸銅溶液，多個電極不同的連接方式與銅晶體在濾紙上析出時，所排列之形狀的關係。

實驗步驟Ⅰ：多個電極以並聯方式通入電流於電極時，負極上銅線之排列。

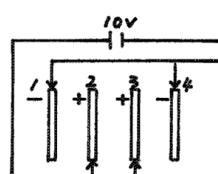
1. 在濾紙上滴入 2.5ml 的硫酸銅水溶液，使之均勻分布在濾紙上，將四個銅片電極正負極交錯，且彼此相距 1cm 平行放置在濾紙上，將(1)(3)之電極連接在直流電源的正極，(2)(4)之電極連接在直流電源的負極（如圖甲），調整直流電壓為 10V，在濾紙上進行硫酸銅溶液的電解，並觀察在濾紙上正負極間銅晶體的變化。
2. 將步驟 1. 中(1)(4)號之電極連接在電源正極，(2)(3)號電極連接電源負極，（如圖乙）所示，重覆步驟 1. 之步驟。
3. 將步驟 1. 中(1)(4)號之電極連接在電源負極，(2)(3)號電極連接電源正極，（如圖丙）所示，重覆步驟 1. 之步驟。
4. 將步驟 1. 中(4)號電極移開其餘接法不變，（如圖丁）所示，重覆步驟 1. 之步驟。
5. 將步驟 1. 中(1)號電極移開其餘接法不變，（如圖戊）所示，重覆步驟 1. 之步驟。



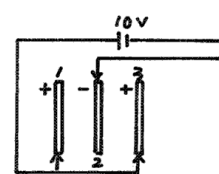
圖甲



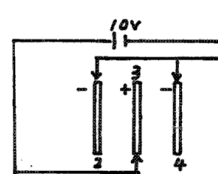
圖乙



圖丙



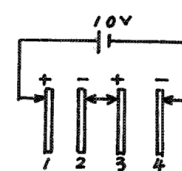
圖丁



圖戊

實驗步驟Ⅱ：以串聯方式通入電流於電極時，負極上銅線之排列。

1. 在濾紙上滴入 2.5ml 的硫酸銅水溶液，使之均勻分布在濾紙上，將四個銅片電極正負極交錯，且彼此相距 1cm 平行放置在濾紙上，和 10V 的電源以串聯方式相接，（如圖己）所示，使之在濾紙上進行硫酸銅溶液的電解，觀察在濾紙上正負極間銅晶體的變化。



圖己

實驗步驟Ⅲ：設置各自獨立的 AB 兩組電極，其中一組正極和另一組負極相靠近，同時分別通入電流於電極時負極上銅線之排列。

1. 在濾紙上滴入 2.5ml 的硫酸銅水溶液，使之均勻分布在濾紙上，將兩組直流電源連接兩組正負極平行放置在濾紙上，以 10V 的直流電源同時進

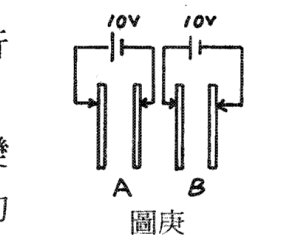
行電解（如圖庚）所示，使之在濾紙上進行硫酸銅溶液的電解，並觀察濾紙上正負極間銅晶體的變化。

2. 在步驟 1. 中將 A 組電源電壓改為 20V，在濾紙上進行硫酸銅的電解，重覆上述步驟。

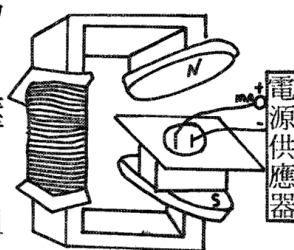
〔實驗三〕探討在磁場中於濾紙上電解硫酸銅溶液，改變兩電極形狀，與銅晶體在濾紙上析出時所排列之形狀的關係。

實驗步驟：

1. 將電磁鐵兩極上下放置，並調節通過電磁鐵的電流為 0.5A。
2. 在兩磁極的中央部分且垂直磁場的方向上，放置一壓克力板重覆〔實驗一〕步驟 1 ~ 5。
3. 裝置如圖一所示，改變磁場的電流為 2.5A 重覆上述 1 ~ 2 步驟。



圖庚



圖一

〔實驗四〕探討在磁場內於濾紙上電解硫酸銅溶液，改變磁場方向，與銅晶體在濾紙上析出時，所排列之形狀的關係。

實驗步驟：

1. 將電磁鐵兩磁極左右放置，調整電壓使電流為 0.5A。
2. 重覆〔實驗三〕步驟 2、3。

五、實驗結果

〔實驗一〕結果如下：

編號	電壓 (V)	電解時間 (分)	安培計讀數 (mA)	負極析出銅的形狀	編號	電壓 (V)	電解時間 (分)	安培計讀數 (mA)	負極析出銅的形狀
A	10	0	70		D	10	0	30	
		3	50				3	25	
		7	32				7	18.5	
		10	18				10	12.5	
B	10	0	24		E	10	0	35	
		3	18				3	28.5	
		7	14				7	20.1	
		10	9				10	16	
C	10	0	30		F	10	0	35	
		3	26				3	29.7	
		7	19				7	21.2	
		10	13				10	16.8	

編號	電壓 (V)	電解時間 (分)	安培計讀數 (mA)	負極析出銅的形狀
G	10	0	17.5	
		3	13.1	
		7	10.3	
		10	8	
H	10	0	20	
		3	16.5	
		7	11.2	
		10	7.2	
I	10	0	20	
		3	15.5	
		7	13.0	
		10	8.5	

編號	電壓 (V)	電解時間 (分)	安培計讀數 (mA)	負極析出銅的形狀
J	10	0	100	
		4	162	
		7	201	
		10	235	
K	10	0	100	
		4	145	
		7	320	
		10	485	
L	10	0	100	
		4	145	
		7	231	
		10	310	

編號	電壓 (V)	電解時間 (分)	安培計讀數 (mA)	負極析出銅的形狀
A'	20	0	50	
		1	80	
		2	160	
		3'36"	250	
B'	20	0	40	
		2	60	
		4	100	
		5'23"	175	
C'	20	0	75	
		1	140	
		2	160	
		2'17"	180	
D'	20	0	75	
		1	130	
		2	155	
		6	170	
E'	20	0	28	
		1	65	
		2	105	
		4'43"	125	
F'	20	0	25	
		1	75	
		2	100	
		6'20"	125	

編號	電壓 (V)	電解時間 (分)	安培計讀數 (mA)	負極析出銅的形狀
G'	20	0	25	
		1	37	
		2	50	
		4'30"	115	
H'	20	0	30	
		1	50	
		2	85	
		5'01"	180	
I'	20	0	40	
		2	55	
		3	85	
		5	176	
J'	20	0	175	
		0.5	300	
		1	700	
		2	1000	
K'	20	0	150	
		0.5	235	
		1	800	
		1'32"	980	
L'	20	0	180	
		0.5	245	
		1	270	
		2.5	340	

〔實驗二〕結果如下：

編號	電極排列	電解時間(分)	安培計讀數(mA)	負極析出銅的形狀	編號	電極排列	電解時間(分)	安培計讀數(mA)	負極析出銅的形狀
甲		0	19		戊		0	21	
		10	15				5	7.5	
		20	8				15	5	
		28	6				20	4	
乙		0	60		己		0	25	
		5	25				5	20	
		15	12.5				10	10	
		20	10				15	10	
丙		0	25		庚		0	A 62 B 57	
		10	15				5	25 19	
		20	10				10	18 17	
		25	7.5				15	13 10	
丁		0	25		辛		0	92.5 75	
		10	15				5	70 40	
		20	10				10	50 15	
		30	5				15	50 15	


〔實驗三〕結果如下：

編號	電壓(V)		電解時間(分)	安培計讀數(mA)	
I	0.5A		0	60	
			3	40	
			7	15	
			9	10	
II	2.5A		0	75	
			3	70	
			6	50	
			10	25	
III	0.5A		0	125	
			4	200	
			5	240	
			5'12"5	280	
IV	2.5A		0	120	
			2	170	
			3	650	
			3'33"	800	
V	0.5A		0	150	
			2	165	
			3	250	
			4	320	
VI	2.5A		0	140	
			2	190	
			3	310	
			4	400	

〔實驗四〕結果如下：

編號	電壓(V)		電解時間(分)	安培計讀數(mA)	
I	2.5A		0	40	
			3	31	
			7	10	
			9	7	
II	0.5A		0	62	
			3	53	
			6	37	
			10	10	
III	2.5A		0	82	
			4	111	
			7	153	
			10	174	
IV	0.5A		0	88	
			4	120	
			7	173	
			10	192	
V	2.5A		0	75	
			4	101	
			7	153	
			10	184	
VI	0.5A		0	83	
			4	105	
			7	167	
			10	220	

六、討論

1. 帶異性電的兩電極，在兩極板間有銅晶體析出，在負極另一側無銅晶體析出，故知兩異性電板之間有電場存在，而外側無電場。
2. 以銅環為負極，（如圖 E ~ I）銅環內無晶體析出，可知銅環內部有金屬屏蔽作用，使環內無電場存在。
3. 兩半徑不等的同心圓銅環，若彼此帶異種電，其電場存在於同心圓的正負極之間，而內環內側及外環的外側無電場，當負極為“”型時，曲率半徑小的尖端析出銅線較密，即電荷分布較多。
4. 電壓加大 (20V)，電解速率增快且析出的銅線多呈樹枝狀。
5. 二組電極以並聯方式電解如圖甲所示，置於兩正極中間的負極其兩側皆有銅析出和單獨的正極相對的負極，其上的銅線析出時只朝正極的那一側而已。故知電極並聯只要是相鄰的正負極間都有電場存在。
6. 四個平行電極以串聯放置與二組正負極等距平行放置，且分別由二個直流電源同時進行電解的情形相似（如圖己、庚）。即銅線只有在自己獨立系統的正負極間析出。電場只存在於獨立系統的正負極間。
7. 由實驗三、四得知，在磁場中於濾紙上電解硫酸銅，在負極上銅晶體的析出圖，與〔實驗一〕的結果，並無明顯不同，唯一差異是銅晶體析出的快慢。
 - (1) 當磁場水平放置時，銅線析出較慢。（相同時間內析出銅線較短）
 - (2) 當磁場垂直放置時，銅線析出較快。（相同時間內析出銅線較長）

七、結論

1. 在濾紙上電解硫酸銅溶液，負極上析出的銅晶體方向，只由負極向正極移動，故知在兩相異電極間有電場存在，且銅離子是由正極向負極方向移動。
2. 在濾紙上電解硫酸銅溶液，從負極上析出的銅晶體，我發現銅線的析出圖即是電力線公布的趨勢。
3. 我從實驗中發現，在濾紙上電解硫酸銅溶液，呈現類似電力線排列的銅晶體，有下列特性：
 - ① 銅晶體排列出的線條，開始時與導體表面成垂直。且兩平行電板間析出的銅線幾乎平行。
 - ② 若銅金屬環為負極，線狀或環狀為正極時，銅金屬環只在外圍析出銅晶體，證實銅金屬環內無電場。

- ③大小二金屬環若以同心圓放置時，只有在兩異種電極間才有電場存在。
- ④若負極為“○”型時，放入半徑較大的正極銅金屬環內，曲度較大的一端析出的銅線比曲度小的一端多且密。
- 4. 以多個電極不同聯接的方式在濾紙上電解硫酸銅溶液時，
 - ①電極並聯時，只要是相鄰的正負極間都有電場存在。
 - ②電極串聯時，和兩組正負極等距平行放置且分別由二個直流電源同時進行電解的情形相似，電場只存在於獨立系統的正負極間。
- 5. 外加磁場對濾紙上電解硫酸銅溶液的影響：
 - ①磁場水平放置時，銅線析出較慢但銅線的分布圖與對照組並無明顯的差別。
 - ②磁場垂直放置時，銅線析出較快，銅線的分布圖與對照組相似。

八、參考資料

- 1. 國中理化（第四冊，七十四年） 國立編譯館 P.142 ~ P.145
- 2. 高中物理（第三冊） 國立編譯館 P.87 ~ P.131
- 3. 物理 世界書局
- 4. 電場、磁場、電磁波 復文書局 P.296 ~ P.297 P.280 ~ P.281
- 5. 竹市第十一屆科展作品 磁場對電解硫酸銅溶液的影響之探討
作者：陳琦、郭宇軒、陳文昌、姜智偉

評語

設計在濾紙上電解硫酸銅溶液的實驗以觀察電場分布以及磁場對電解硫酸銅溶液所產生影響。雖然此項實驗內容涵蓋於高中物理實驗範圍，但作者對方法的掌握相當正確，實驗內容亦尚稱完整，對國中程度學生而言，值得嘉許。