

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

030207

破解電解質的密碼—電解對沸點與熔點的影響

學校名稱：桃園縣立建國國民中學

作者：  國二 詹歲仁  國二 林世育  國二 呂韋德	指導老師：  王 開
---	------------------

關鍵詞：電解質、沸點、熔點

## 壹、摘要

我們蒐集了很多資料，知道電解質在電解時會影響水溶液的熱力學性質(電解質水溶液之熔點下降、沸點上升)，我們發現**對電解質水溶液通電會使沸點與熔點越接近原本沒加電解質的狀態**，而且還會使**電解質水溶液達到沸點與熔點的時間縮短 10%以上** (如表一)。若在蒸乾電解質水溶液時通電，**可縮短蒸乾時間並節省約 10%的能量**，對於節約能源有很大的幫助。這些現象可應用在海水淡化及其他工業上。

表一、到達沸點所減少的時間

電解質	電壓 3V	電壓 6V
氯化鈉	21%	25%
氯化鎂	20%	42%

## 貳、研究動機

在我們的生活中，電解質已成為很重要的一部分；在化工製程、環境工程、醫學工程、石油工業、石化工業都有應用到電解質水溶液，在水中加入電解質會使水有不同的特性，改變其原有的熱力學性質，使得溶液偏離了理想性。除此之外，日常生活中有很多使沸點上升的應用，例如壓力鍋。但使沸點下降的應用並不多見。因此我們對此進行研究，其中所帶來的效益可不小。我們從電解質的沸點與熔點著手研究，並進一步探討溶液施加電壓後與沸點、熔點之關係。

## 參、研究目的

- 一、探討電解質溶液中所施加的電壓與沸點的關係。
- 二、探討電解質溶液中所施加的電壓與熔點的關係。
- 三、研究電解質溶液中所施加的電壓與升到沸點所需時間的關係。
- 四、研究電解質溶液中所施加的電壓與升到熔點所需時間的關係。
- 五、研究電解對電解質水溶液蒸乾所需時間的影響。

## 肆、研究設備及器材

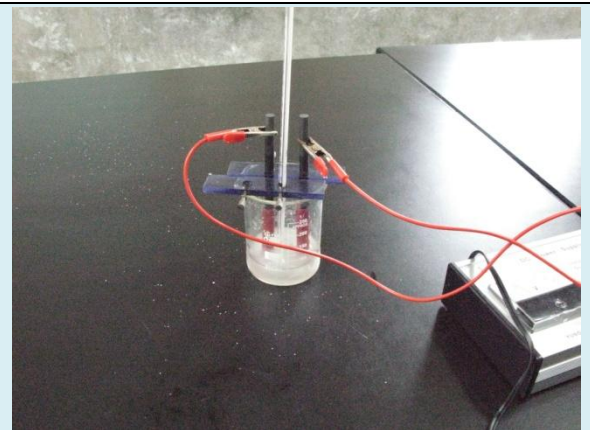
化學藥品：氯化鈉、氯化鎂

研究器材：

1.碳棒x4	2.吸管x4	3.燒杯(250ml)	4.水銀溫度計	5.上皿天秤
6.秤紙	7.鱈魚夾x3	8.固定夾x4	9.計時器	10.酒精燈x2
11.直流電源供應器x2	12.放大鏡	13.安培計	14.相機(G1)	



測量沸點的電解實驗裝置



測量熔點的電解實驗裝置



蒸乾水溶液的裝置

## 伍、研究過程及方法

### 一、探討電解質溶液中所施加的電壓與沸點的關係。

(一)器材：碳棒、吸管、燒杯、水銀溫度計、上皿天平、秤紙、鱈魚夾、直流電源供應器、酒精燈、固定夾

(二)藥品：氯化鈉、氯化鎂

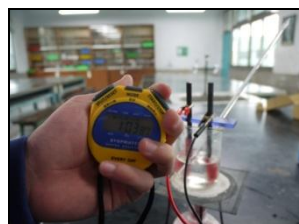
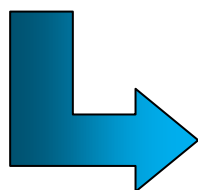
(三)過程：

- 1.將 63 毫升的水與 7 公克之電解質混合(10%之水溶液)。
- 2.加熱至  $70^{\circ}\text{C}$  開始施加電壓。
- 3.記錄溫度與時間的關係。
- 4.記錄沸點與到達沸點的時間。

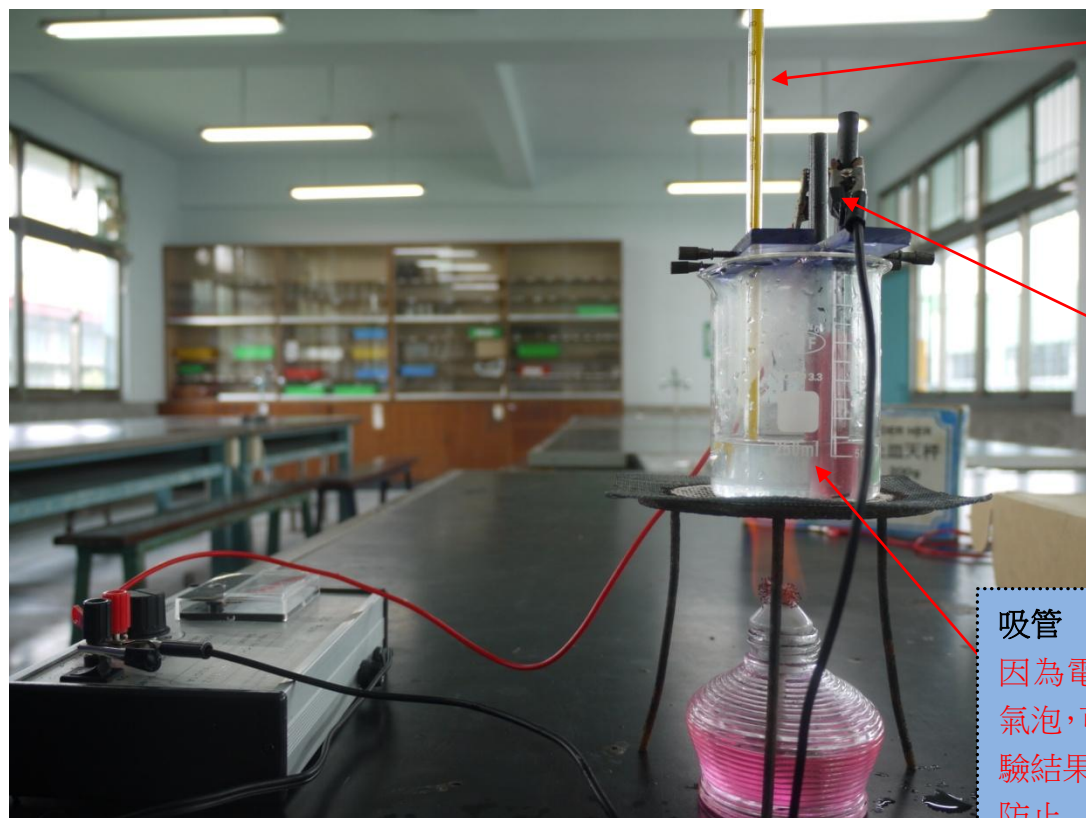
### 實驗流程示意圖



在水中加入電解質溶液之後即可加熱



將溫度達到 70°C 時同時加熱、通電與計時

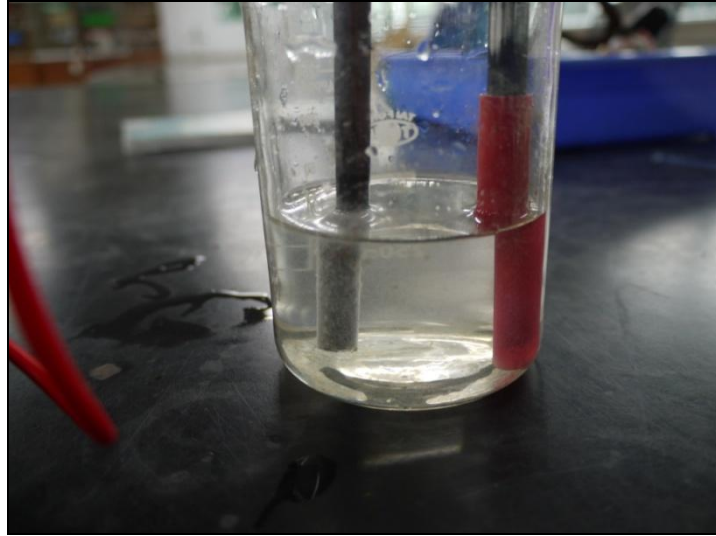


水銀溫度計

以碳棒作電極

吸管  
因為電解時會冒出氣泡，可能會影響實驗結果，故用吸管來防止

電解實驗的示意圖



可發現有加吸管與沒加吸管的差別

## 二、探討電解質溶液中所施加的電壓與熔點的關係。

(一)器材：碳棒、吸管、燒杯、水銀溫度計、上皿天平、秤紙、鱷魚夾、直流電源供應器、固定夾

(二)藥品：氯化鈉（一價）、氯化鎂(二價)

(三)過程：

- 1.將 45 毫升的水與 5 公克之電解質混合(10%之水溶液)。
- 2.後放冷凍庫使電解質水溶液凝固。
- 3.全部結冰後，在常溫下施加電壓。
- 4.記錄熔點與到達熔點的時間。



熔點實驗的示意圖



### 三、研究電解質溶液升到沸點的時間快慢。

(一)器材：碳棒、吸管、燒杯、水銀溫度計、上皿天平、秤紙、鱷魚夾、直流電源供應器、酒精燈、計時器、固定夾

(二)藥品：氯化鈉(1 價)、氯化鎂(2 價)

(三)過程：

- 1.將 63 毫升的水與 7 公克之電解質混合(10%之水溶液)
- 2.加熱至 70°C 開始施加電壓
- 4.每 30 秒記錄溫度
- 5.記錄沸點與到達沸點的時間。

### 四、研究電解質溶液從特定溫度(電解質水溶液在結冰狀態的某一溫度)升到到熔點的快慢。

(一)器材：碳棒、吸管、燒杯、水銀溫度計、上皿天平、秤紙、鱷魚夾、直流電源供應器、固定夾

(二)藥品：氯化鈉(1 價)、氯化鎂(2 價)

(三)過程：

- 1.將 45 毫升的水與 5 公克之電解質混合(10%之水溶液)
- 2.放冷凍庫使電解質水溶液凝固。
- 3.全部結冰後，在常溫下施加電壓。
- 4.從特定溫度開始每 30 秒記錄一次溫度
- 5.記錄熔點與到達熔點的時間。

### 五、電解對電解質水溶液蒸乾所需時間的影響

(一)器材：碳棒、吸管、燒杯、水銀溫度計、上皿天平、秤紙、鱷魚夾、直流電源供應器、酒精燈、固定夾、安培計。

(二)藥品：氯化鈉

(三)過程：

- 1.將 45 毫升的水與 5 公克之電解質混合(10%之水溶液)。
- 2.點燃酒精燈。
- 3.從 70°C 開始施加 6V 電壓(一組不通電作為對照組)。
- 4.記錄溫度和電流隨時間變化的關係。(為了避免酒精燈過熱，本實驗每 12 分鐘冷卻酒精燈並暫時用另一個酒精燈加熱，待原本的酒精燈冷卻後再換回)

## 陸、研究結果

一、探討電解質溶液中所施加的電壓與沸點的關係。

表二、水在不同電壓時的沸點

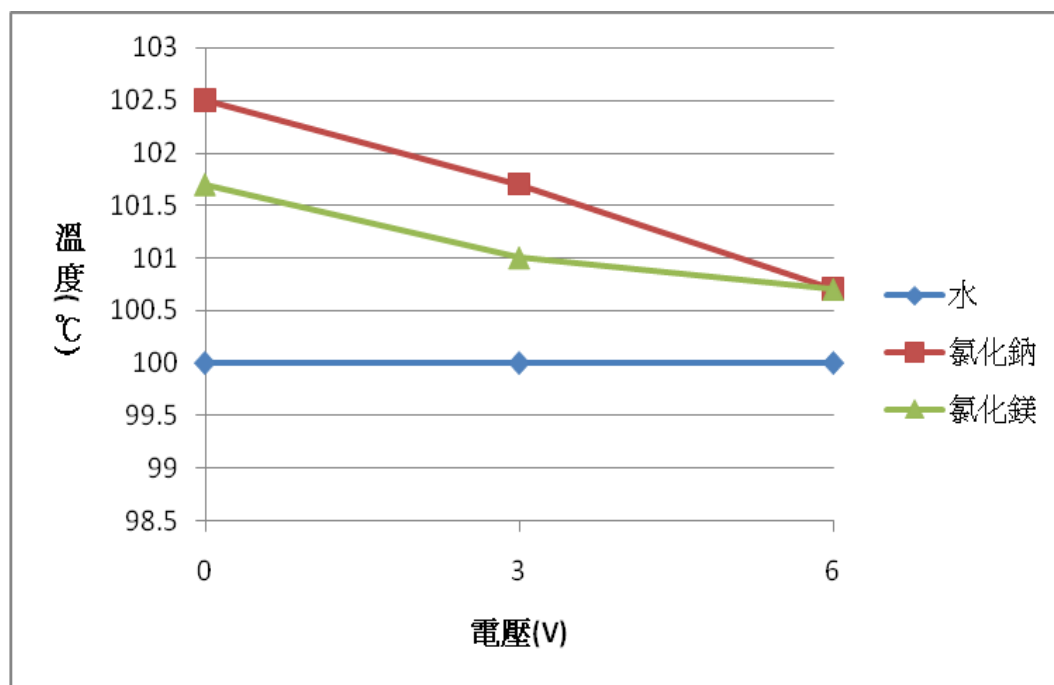
電壓(V) 沸點(°C)	0	3	6
第一次	100.0	100.0	100.0
第二次	100.0	100.0	100.0
<b>平均</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

表三、10% 氯化鈉水溶液在不同電壓時的沸點

電壓(V) 沸點(°C)	0	3	6
第一次	102.1	101.5	100.5
第二次	103.0	101.5	101.0
第三次	102.5	102.0	100.5
第四次	102.5	101.7	101.0
<b>平均</b>	<b>102.5</b>	<b>101.7</b>	<b>100.7</b>

表四、10% 氯化鎂水溶液在不同電壓時的沸點

電壓(V) 沸點(°C)	0	3	6
第一次	101.5	101.2	101.0
第二次	101.3	101.3	100.5
第三次	101.8	100.5	100.2
第四次	102.0	101.0	100.9
<b>平均</b>	<b>101.7</b>	<b>101.0</b>	<b>100.7</b>



圖一、水、氯化鈉和氯化鎂水溶液中施加的電壓與沸點的關係

觀察結果：水溶液的沸點會隨施加的電壓增加而降低，但水的沸點不會受電壓影響。而且氯化鈉水溶液的沸點變化較氯化鎂水溶液大。

二、探討電解質溶液中所施加的電壓與熔點的關係。

表五、冰在不同電壓時的熔點

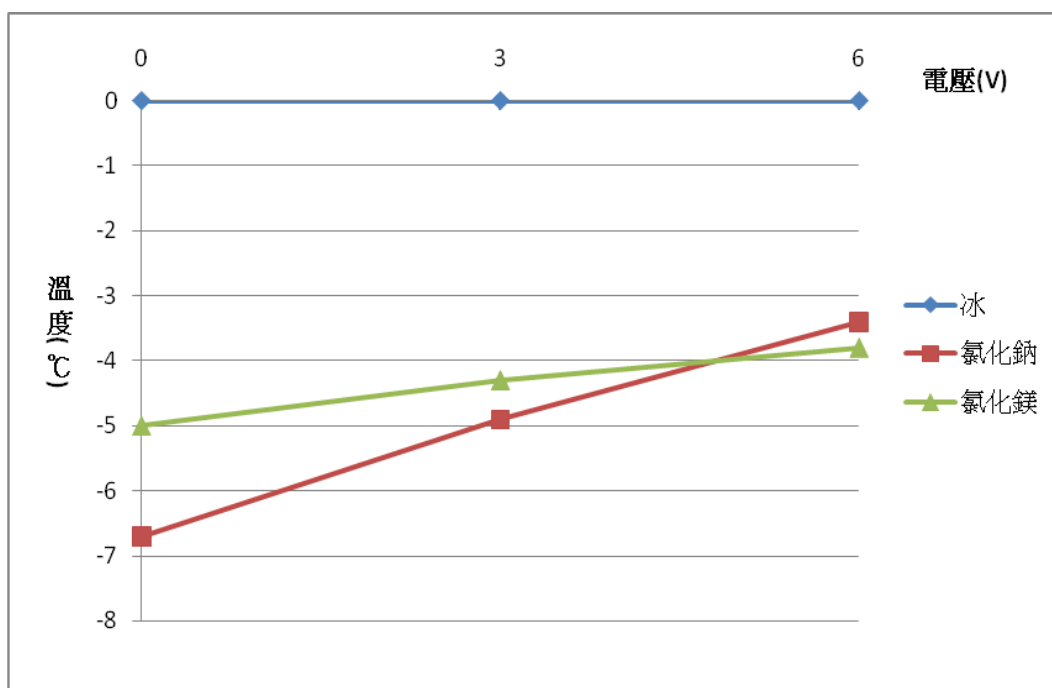
電壓(V) 熔點(°C)	0	3	6
第一次	0.0	0.0	0.0
第二次	0.0	0.0	0.0
<b>平均</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

表六、10%固態氯化鈉水溶液在不同電壓時的熔點

電壓(V) 熔點(°C)	0	3	6
第一次	-6.5	-5.0	-3.5
第二次	-6.2	-5.2	-3.7
第三次	-6.8	-5.0	-3.2
第四次	-6.5	-4.7	-3.0
第五次	-7.5	-4.5	-3.5
<b>平均</b>	<b>-6.7</b>	<b>-4.9</b>	<b>-3.4</b>

表七、10%固態氯化鎂水溶液在不同電壓時的熔點

電壓(V) 熔點(°C)	0	3	6
第一次	-5.0	-4.5	-4.2
第二次	-4.8	-4.5	-4.0
第三次	-5.0	-4.8	-4.0
第四次	-5.0	-4.3	-3.2
第五次	-5.2	-3.5	-3.5
<b>平均</b>	<b>-5.0</b>	<b>-4.3</b>	<b>-3.8</b>



圖二、固態的水、氯化鈉和氯化鎂水溶液中施加的電壓與熔點的關係

觀察結果：固態水溶液的熔點會隨施加的電壓增加而增加，但冰的熔點不受電壓影響。而且固態氯化鈉水溶液的熔點變化較固態氯化鎂水溶液大。



三、研究電解質溶液中所施加的電壓與升到沸點所需時間的關係。

表八、水從 70°C 升到沸點的時間

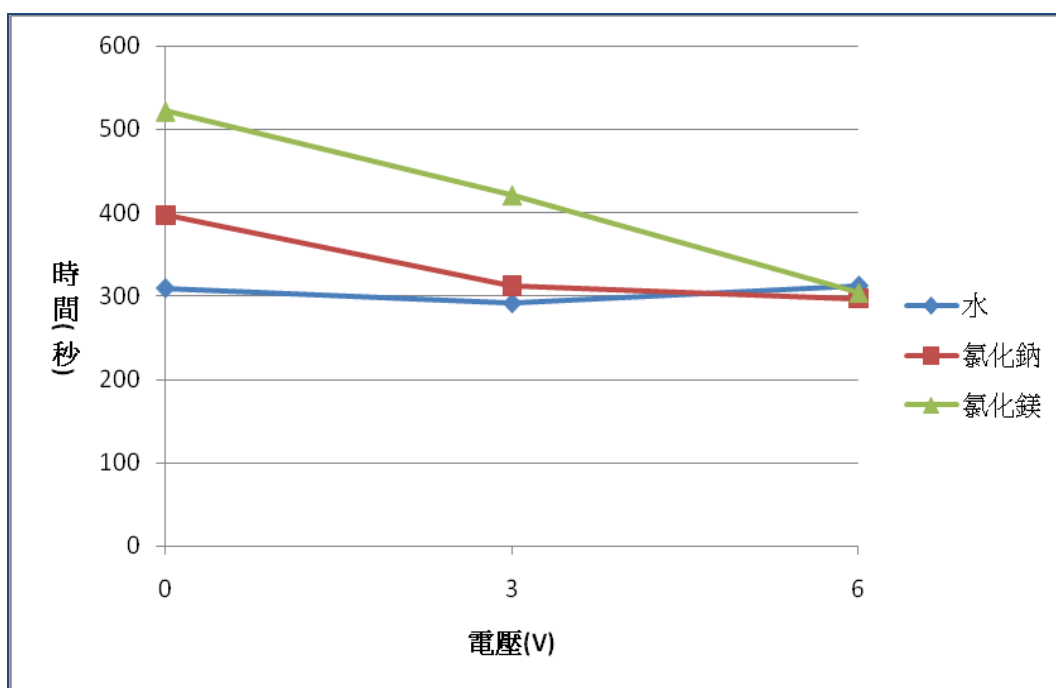
電壓(V) 時間(秒)	0	3	6
第一次	311	307	314
第二次	306	274	309
<b>平均</b>	<b>309</b>	<b>291</b>	<b>312</b>

表九、10%氯化鈉水溶液從 70°C 升到沸點的時間

電壓(V) 時間(秒)	0	3	6
第一次	415	368	324
第二次	368	310	281
第三次	411	262	287
第四次	394	298	266
<b>平均</b>	<b>397</b>	<b>312</b>	<b>297</b>

表十、10%氯化鎂水溶液從 70°C 升到沸點的時間

電壓(V) 時間(秒)	0	3	6
第一次	557	390	246
第二次	510	450	401
第三次	502	424	269
第四次	499	430	290
<b>平均</b>	<b>522</b>	<b>421</b>	<b>304</b>



圖三、水、氯化鈉與氯化鎂水溶液從 70°C 升到沸點所需的時間

觀察結果：水溶液升到沸點所需的時間會隨施加的電壓增加而縮短，但水升到沸點所需的時間與電壓無關。

四、研究電解質溶液中所施加的電壓與升到熔點所需時間的關係。

表十一、水從-7°C升到熔點的時間

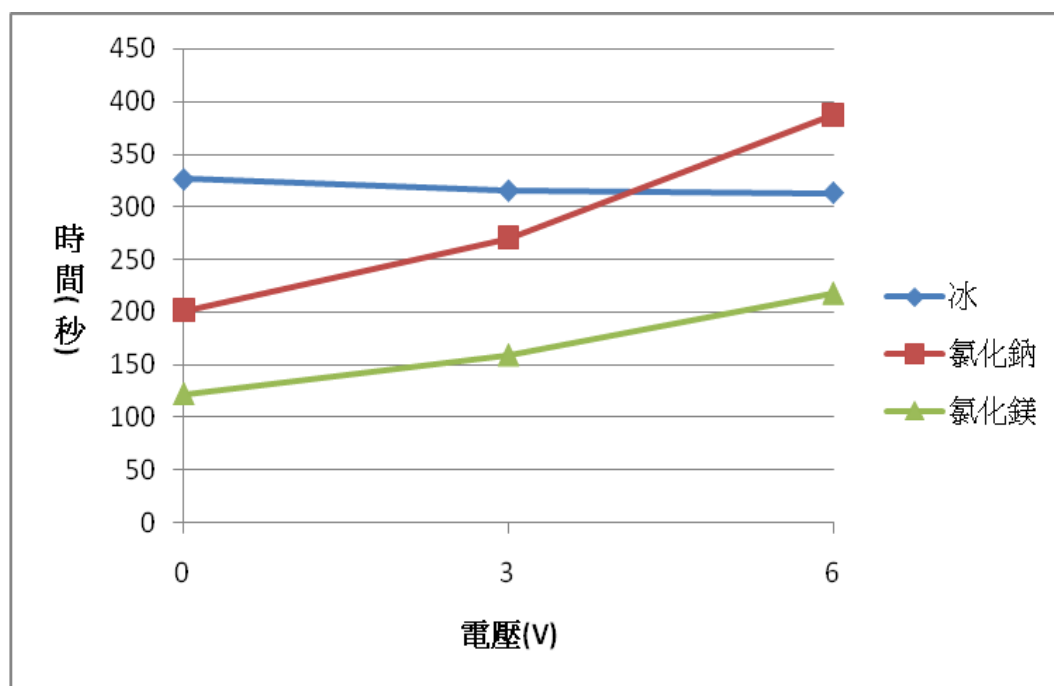
電壓(V) 時間(秒)	0	3	6
第一次	342	317	328
第二次	308	324	294
第三次	328	304	316
<b>平均</b>	<b>326</b>	<b>315</b>	<b>313</b>

表十二、10%氯化鈉溶液從-10°C升到熔點的時間

電壓(V) 時間(秒)	0	3	6
第一次	237	290	408
第二次	177	200	395
第三次	202	270	354
第四次	192	304	411
第五次	197	286	367
<b>平均</b>	<b>201</b>	<b>270</b>	<b>387</b>

表十三、10%氯化鎂溶液從-7°C升到熔點的時間

電壓(V) 時間(秒)	0	3	6
第一次	144	150	250
第二次	128	187	204
第三次	117	140	201
第四次	114	175	227
第五次	106	145	206
<b>平均</b>	<b>122</b>	<b>159</b>	<b>218</b>



圖四、水、氯化鈉和氯化鎂水溶液分別從-10°C和-7°C升到熔點所需的時間

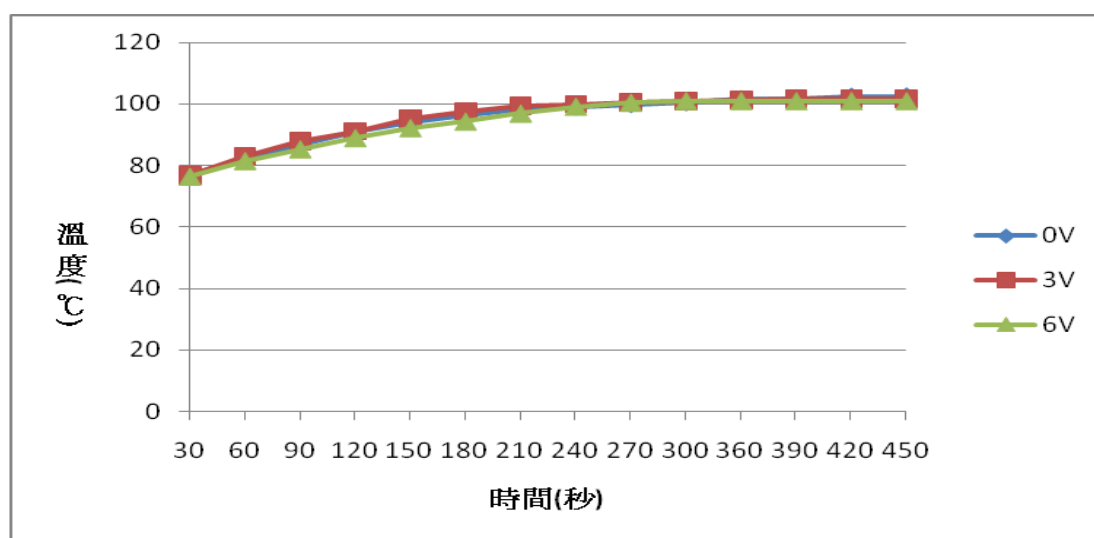
觀察結果：固態水溶液從特定溫度升到熔點所需的時間會隨施加的電壓增加而縮短，但冰從特定溫度升到熔點的時間不受電壓影響。

## 五、電解質溶液電解時的溫度與時間的關係。

### (一)氯化鈉水溶液升到沸點的溫度隨時間變化的關係

表十四、10%氯化鈉溶液從 70°C 升到沸點的溫度變化（反白表示沸點）

電壓(V) 時間(秒)	0					3					6				
	1	2	3	4	平均	1	2	3	4	平均	1	2	3	4	平均
30	75.4	75.6	75.8	78.5	76.3	75.9	77.0	77.0	77.0	76.7	76.5	76.9	75.5	76.7	76.4
60	83.5	80.5	80.0	84.0	82.0	86.7	81.7	83.0	80.5	83.0	80.0	81.0	82.0	83.0	81.5
90	88.7	85.0	84.5	89.0	86.8	89.5	86.7	88.0	87.5	87.9	83.9	84.5	86.1	86.6	85.3
120	93.4	90.0	87.5	93.5	91.1	91.9	90.5	91.0	91.0	91.1	87.8	87.8	88.9	91.0	88.9
150	95.8	92.5	91.1	97.0	94.1	94.0	98.0	94.0	94.5	95.1	90.0	91.6	92.0	94.7	92.1
180	96.5	95.0	94.0	99.5	96.3	94.8	100.0	97.9	98.0	97.7	92.9	94.1	94.0	95.6	94.2
210	96.9	98.5	96.5	101.0	98.2	95.5	101.0	101.0	100.5	99.5	95.4	97.5	96.2	98.0	96.8
240	97.2	100.0	98.0	101.5	99.2	96.7	101.0	101.3	101.0	100.0	98.8	99.0	98.0	100.2	99.0
270	98.5	101.5	99.0	101.0	100.0	97.4	101.5	102.0	101.5	100.6	99.6	100.5	100.5	100.5	100.3
300	99.0	101.7	99.8	102.0	100.6	98.1	101.8	102.0	101.7	100.9	100.5	101.0	100.5	101.0	100.8
330	99.9	103.0	101.3	102.5	101.7	99.5	101.8	102.0	101.7	101.3	100.5	101.0	100.5	101.0	100.8
360	100.5	103.0	102.0	102.5	102.0	101.5	101.8	102.0	101.7	101.8	100.5	101.0	100.5	101.0	100.8
390	101.8	103.0	102.5	102.5	102.5	101.5	101.8	102.0	101.7	101.8	100.5	101.0	100.5	101.0	100.8
420	102.1	103.0	102.5	102.5	102.6	101.5	101.8	102.0	101.7	101.8	100.5	101.0	100.5	101.0	100.8



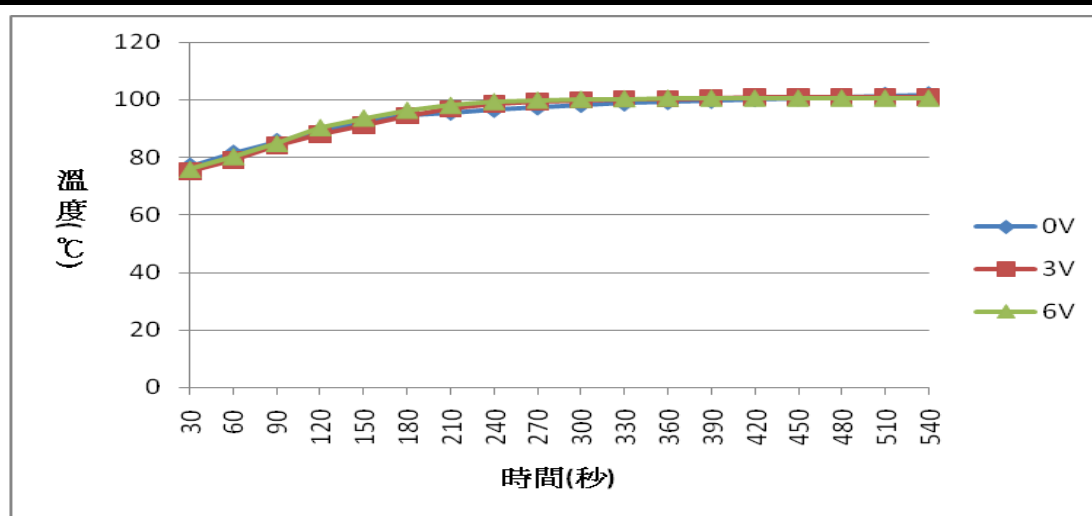
圖五、氯化鈉水溶液從 70°C 升到沸點的溫度與時間的關係

觀察結果：當溫度不變時，表示氯化鈉溶液到達沸點。當溫度愈靠近沸點，溶液溫度上升愈慢。

(二) 氯化鎂水溶液升到沸點的溫度隨時間變化的關係

表十五、10%氯化鎂溶液從 70°C 升到沸點的溫度變化(反白表示沸點)

電壓(V) 時間(秒)	0					3					6				
	1	2	3	4	平均	1	2	3	4	平均	1	2	3	4	平均
30	77.5	77.0	76.5	76.0	76.8	78.5	75.0	74.9	72.0	75.1	77.0	75.0	76.4	75.5	76.0
60	81.4	80.7	81.0	82.0	81.3	83.0	80.0	78.0	75.0	79.0	82.5	79.0	80.0	80.0	80.4
90	85.6	85.5	85.3	85.0	85.4	87.7	87.2	83.4	78.5	84.2	88.3	82.5	85.6	83.7	85.0
120	89.9	89.0	88.5	89.0	89.1	91.5	89.0	87.5	83.5	87.9	92.5	89.5	91.4	88.5	90.5
150	93.7	92.0	91.9	91.2	92.2	94.0	92.7	90.2	87.6	91.1	97.0	91.0	94.8	92.5	93.8
180	95.0	93.9	94.8	95.1	94.7	95.5	94.1	93.8	94.0	94.4	99.5	94.0	97.0	95.5	96.5
210	95.5	95.5	95.6	95.9	95.6	97.0	98.0	95.4	96.8	96.8	100.0	95.0	98.1	99.5	98.2
240	95.7	97.0	97.1	96.4	96.6	98.7	99.0	97.0	99.5	98.6	101.0	97.0	99.5	100.5	99.5
270	96.5	98.0	97.5	97.6	97.4	99.3	99.3	97.5	101.5	99.4	101.0	98.0	100.2	100.9	100.0
300	96.7	99.0	98.9	98.5	98.3	100.0	100.0	98.1	101.0	99.8	101.0	99.2	100.2	100.9	100.3
330	97.3	99.2	99.5	99.0	98.8	100.6	100.0	99.0	101.0	100.2	101.0	100.0	100.2	100.9	100.5
360	98.0	99.5	100.0	99.5	99.3	101.0	100.0	99.0	101.0	100.3	101.0	100.5	100.2	100.9	100.7
390	98.3	100.1	100.3	100.0	99.7	101.2	100.8	99.8	101.0	100.7	101.0	100.5	100.2	100.9	100.7
420	98.9	100.5	101.3	100.4	100.3	101.2	100.7	100.5	101.0	100.9	101.0	100.5	100.2	100.9	100.7
450	99.2	100.5	101.5	101.0	100.6	101.2	101.0	100.5	101.0	100.9	101.0	100.5	100.2	100.9	100.7
480	99.7	100.9	101.8	101.6	101.0	101.2	101.0	100.5	101.0	100.9	101.0	100.5	100.2	100.9	76.0
510	100.9	101.3	101.8	102.0	101.5	101.2	101.0	100.5	101.0	100.9	101.0	100.5	100.2	100.9	80.4
540	101.5	101.3	101.8	102.0	101.7	101.2	101.0	100.5	101.0	100.9	101.0	100.5	100.2	100.9	85.0



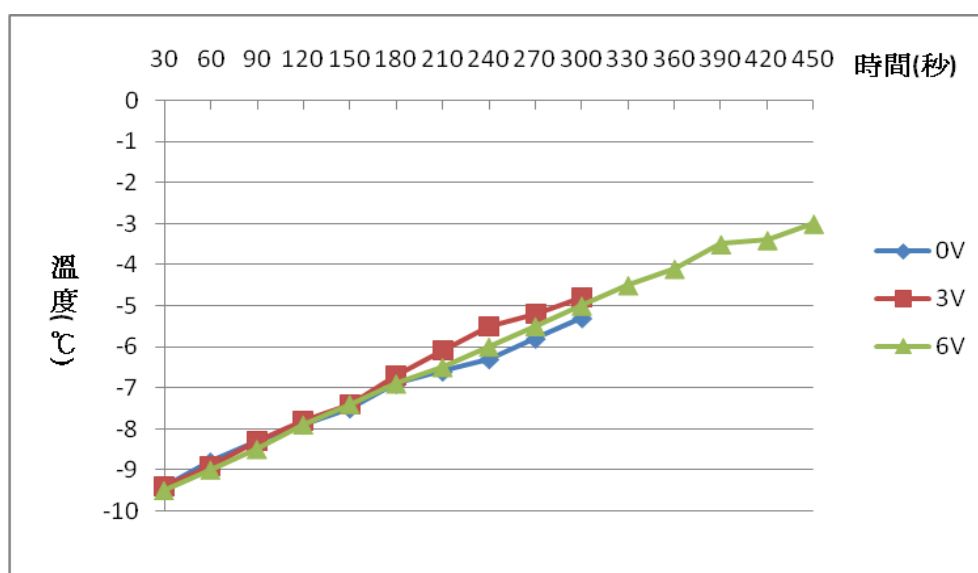
圖六、氯化鎂水溶液從 70°C 升到沸點的溫度與時間的關係

觀察結果：當溫度不變時，表示氯化鎂溶液到達沸點。當溫度愈靠近沸點，溶液溫度上升愈慢。

(三) 固態氯化鈉水溶液升到熔點的溫度隨時間變化的關係

表十六、固態 10%氯化鈉溶液從-10°C升到熔點的溫度變化(反白表示熔點)

電壓(V) 時間(分)	0						3						6					
	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均
30	-9.5	-9.5	-9.5	-9.5	-9.1	-9.4	-9.5	-9.0	-9.5	-9.5	-9.5	-9.4	-9.5	-9.5	-9.5	-9.5	-9.5	-5.7
60	-9.0	-8.7	-9.0	-9.0	-8.5	-8.8	-9.0	-8.8	-8.8	-9.0	-8.7	-8.9	-9.0	-9.0	-9.0	-9.0	-9.0	-5.4
90	-8.5	-8.0	-8.5	-8.5	-8.0	-8.3	-8.5	-8.5	-8.0	-8.5	-8.2	-8.3	-8.5	-8.5	-8.5	-8.5	-8.3	-8.5
120	-8.3	-7.5	-8.0	-8.0	-7.5	-7.9	-8.0	-8.2	-7.5	-8.0	-7.5	-7.8	-8.0	-8.0	-8.0	-8.0	-7.5	-7.9
150	-7.9	-7.2	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-8.0	-7.0	-7.5	-7.0	-7.4	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-7.0	-7.4
180	-7.0	-6.5	-7.0	-7.0	-7.0	-6.9	-6.5	-7.5	-6.5	-6.5	-6.5	-6.7	-7.2	-7.0	-7.0	-7.0	-6.5	-6.9
210	-6.5	-6.5	-6.8	-6.5	-6.5	-6.6	-6.0	-7.2	-5.5	-6.0	-6.0	-6.1	-7.0	-6.5	-6.5	-6.5	-6.0	-6.5
240	-6.2	-6.2	-6.8	-6.5	-6.0	-6.3	-5.5	-6.5	-5.0	-5.2	-5.5	-5.5	-6.5	-6.0	-6.0	-6.0	-5.5	-6.0
270	-6.2	-5.5	-6.0	-6.2	-5.0	-5.8	-5.0	-6.2	-5.0	-4.7	-5.0	-5.2	-5.9	-5.5	-5.3	-5.5	-5.2	-5.5
300	-6.2	-5.0	-5.5	-5.5	-4.5	-5.3	-5.0	-5.2	-4.5	-4.7	-4.5	-4.8	-5.5	-5.0	-4.5	-5.0	-5.0	-5.0
330													-5.0	-4.5	-4.0	-4.5	-4.5	-4.5
360													-4.5	-4.2	-3.5	-4.2	-4.0	-4.1
390													-4.0	-3.5	-3.2	-3.5	-3.5	-3.5
420													-3.7	-3.5	-3.2	-3.0	-3.5	-3.4
450													-3.7	-2.5	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0



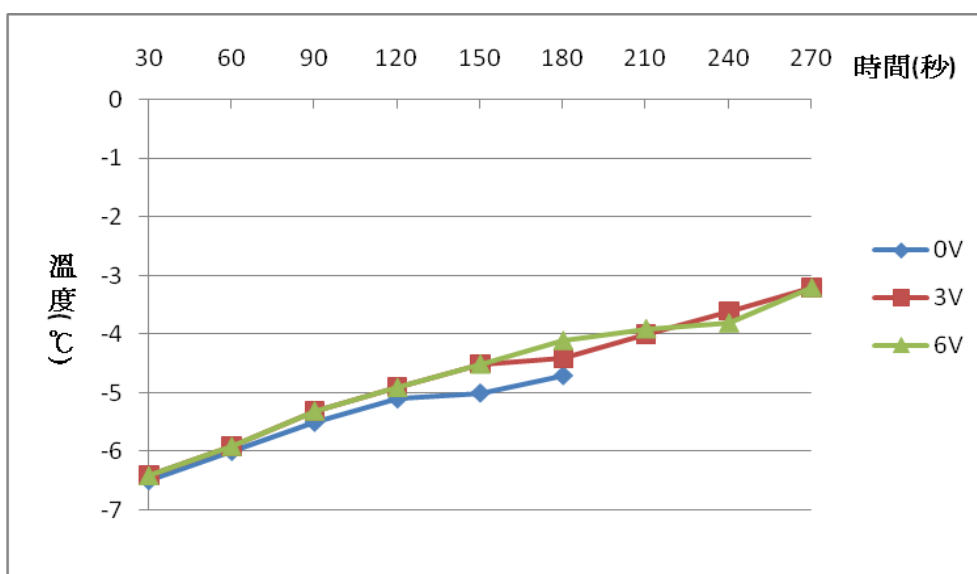
圖七、固態 10%氯化鈉溶液從-10°C升到熔點的溫度與時間的關係

觀察結果：當溫度不變時，表示氯化鈉溶液到達熔點。當溫度愈靠近熔點，溶液溫度上升愈慢。

(四) 固態氯化鎂水溶液升到熔點的溫度隨時間變化的關係

表十七、固態 10%氯化鎂溶液液從-7°C升到熔點的溫度變化(反白表示熔點)

電壓(V) 時間(秒)	0						3						6					
	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均
30	-6.5	-6.5	-6.5	-6.5	-6.5	-6.5	-6.5	-6.5	-6.5	-6.5	-6.2	-6.4	-6.5	-6.5	-6.5	-6.5	-6.2	-6.4
60	-6.2	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-5.5	-5.9	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-5.5	-5.9
90	-5.7	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.2	-5.5	-4.8	-5.3	-5.5	-5.5	-5.2	-5.5	-5.0	-5.3
120	-5.3	-5.2	-5.0	-5.0	-5.2	-5.1	-5.2	-5.0	-5.0	-5.0	-4.3	-4.9	-5.0	-5.0	-5.0	-5.0	-4.5	-4.9
150	-5.0	-4.8	-5.0	-5.0	-5.2	-5.0	-5.0	-4.5	-4.8	-4.5	-3.5	-4.5	-4.8	-4.5	-4.8	-4.0	-4.2	-4.5
180	-5.0	-4.8	-4.5	-4.2	-4.8	-4.7	-5.0	-4.5	-4.8	-4.3	-3.5	-4.4	-4.5	-4.3	-4.3	-3.5	-4.0	-4.1
210							-4.5	-4.2	-4.0	-4.3	-3.0	-4.0	-4.2	-4.0	-4.0	-3.2	-4.0	-3.9
240							-4.5	-3.5	-3.5	-4.0	-2.5	-3.6	-4.2	-4.0	-4.0	-3.2	-3.6	-3.8
270							-4.5	-3.0	-3.0	-3.5	-2.0	-3.2	-3.5	-3.5	-3.2	-2.5	-3.2	-3.2



圖八、固態 10%氯化鎂溶液從-7°C升到熔點的溫度與時間的關係

觀察結果：當溫度不變時，表示氯化鎂溶液到達熔點。當溫度愈靠近熔點，氯化鎂溫度上升愈慢。



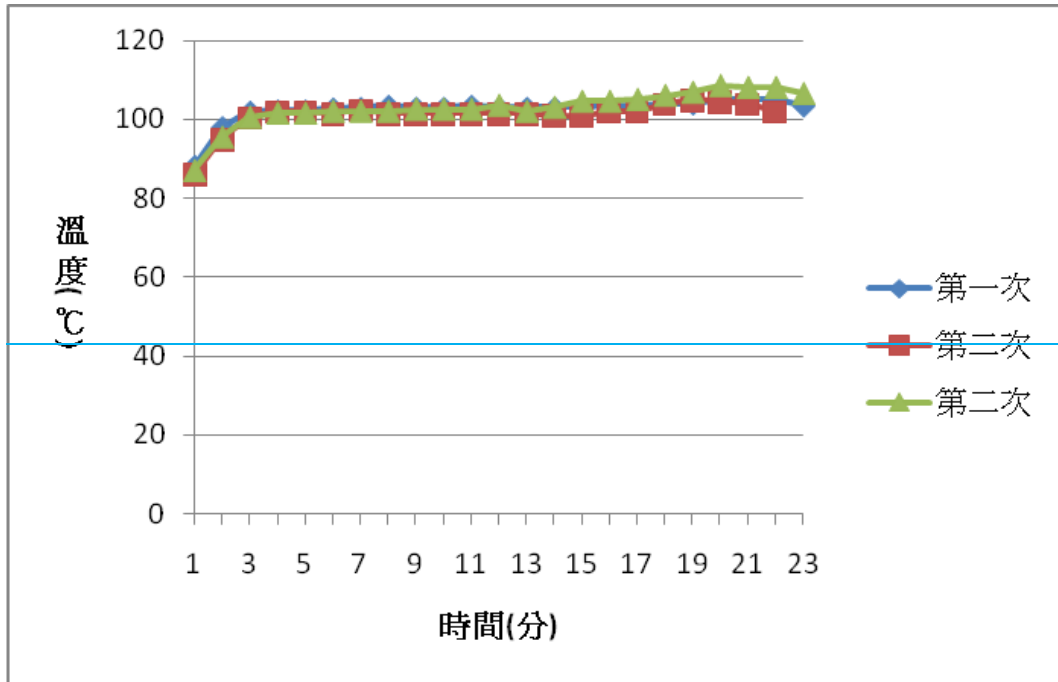
## 六、電解對電解質溶液蒸乾所需時間的影響

### (一)氯化鈉水溶液汽化過程中的溫度、電流與時間的關係

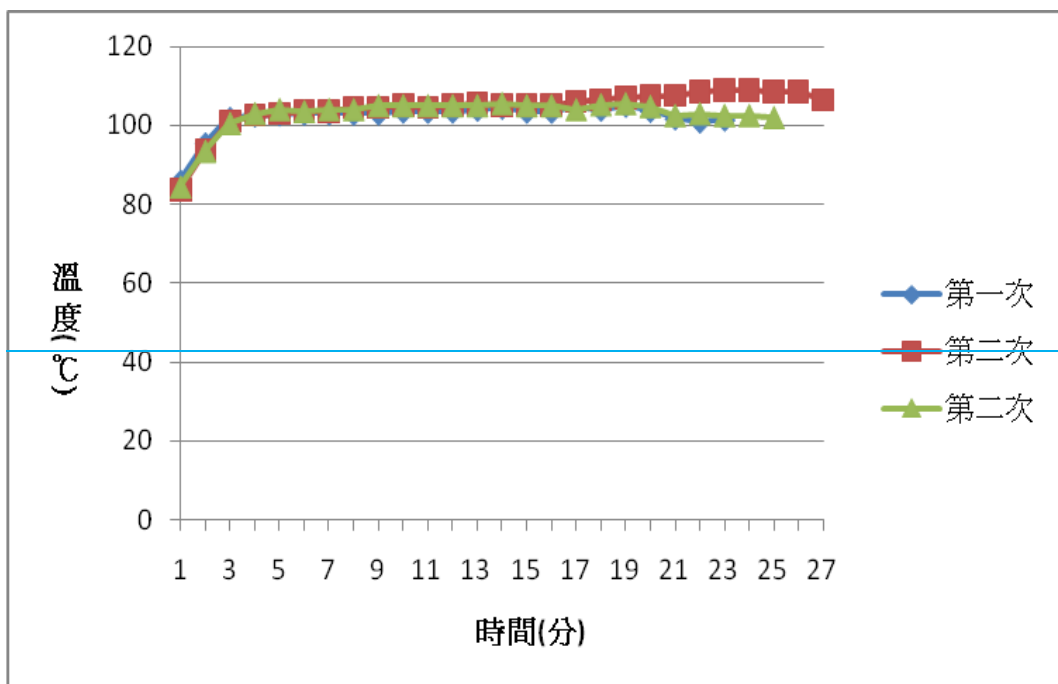
表十八、10%氯化鈉溶液液從 70°C 加熱並通電，溫度、電流與時間的關係

電壓(V) 時間(分)	6						0		
	溫度 (°C)			電流 (mA)			溫度 (°C)		
次數	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	88.0	86.0	87.0	37.0	16.0	14.0	86.0	83.5	84.5
2	98.0	95.0	95.5	23.0	9.0	9.0	95.5	93.5	93.5
3	102.0	100.5	100.5	16.0	9.0	4.0	102.0	101.0	100.5
4	102.3	102.0	101.5	16.0	8.0	5.0	102.5	102.5	103.0
5	102.3	102.0	101.5	16.0	8.0	5.0	102.8	103.0	104.0
6	102.8	101.5	102.0	14.0	8.0	5.0	103.0	103.5	103.5
7	103.0	102.5	102.0	14.0	9.0	6.0	103.0	103.5	104.0
8	103.5	101.5	102.0	13.0	10.0	10.0	103.0	104.5	104.0
9	103.0	101.5	102.5	14.0	12.0	10.0	103.0	104.5	105.0
10	103.0	101.5	102.5	14.0	15.0	10.0	103.5	105.0	105.0
11	103.5	101.5	102.5	15.0	13.0	9.0	103.5	104.5	105.0
12	103.0	101.5	103.5	15.0	13.0	15.0	103.5	105.0	105.0
13	103.0	101.5	102.0	20.0	13.0	4.0	104.0	105.5	105.0
14	103.0	101.0	103.0	18.0	12.0	5.0	104.5	105.0	105.5
15	103.0	101.0	104.5	20.0	10.0	2.0	103.5	105.0	105.0
16	103.5	102.0	104.5	18.0	10.0	2.0	103.5	105.0	105.0
17	103.5	102.0	105.0	18.0	10.0	5.0	104.5	106.0	104.0
18	104.0	104.0	106.0	20.0	11.0	5.0	104.0	106.5	105.2
19	104.0	105.0	106.8	20.0	11.0	6.0	105.0	107.0	105.5
20	105.0	104.5	108.5	24.0	11.0	5.0	103.7	107.5	104.8
21	105.0	104.0	108.0	22.0	10.0	5.0	101.8	107.5	102.5
22	105.0	102.0	108.0	20.0	7.0	5.0	101.0	108.5	103.0
23	103.5		106.5	13.0	0.0	2.0	101.5	109.0	102.5
24				0.0		0.0		109.0	102.5
25								108.5	102.0
26								108.5	
27								106.5	

觀察結果：蒸乾氯化鈉水溶液的過程中，通電會縮短蒸乾的時間。

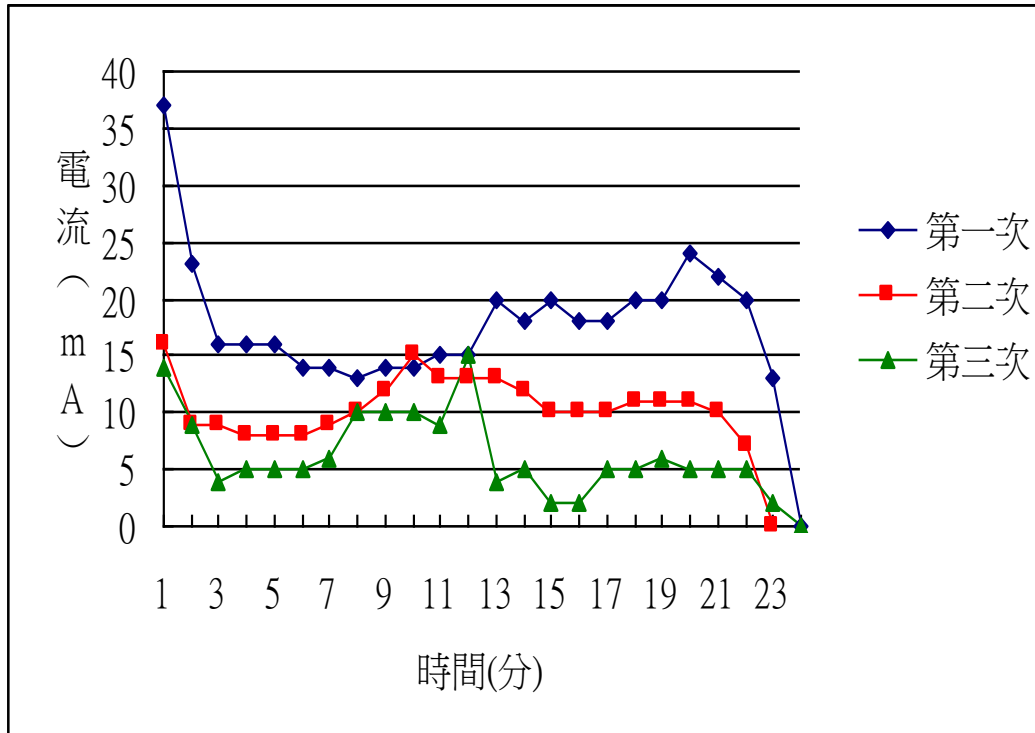


圖九、通電並蒸乾氯化鈉水溶液的溫度與時間的關係



圖十、(未通電) 蒸乾氯化鈉水溶液的溫度與時間的關係

觀察結果：由圖九和圖十發現，氯化鈉水溶液到達沸點後，沸點會持續上升。由於加熱時間愈久，水份蒸發愈多，水溶液濃度增加使沸點持續上升。



圖十一、通電蒸乾氯化鈉水溶液的電流與時間的關係

觀察結果：

1. 溶液到達沸點時，電流快速下降。由於沸騰時產生大量氣泡，阻礙離子傳遞，電阻上升使電流快速下降。
2. 加熱過程中，電流變化不穩定。由於沸騰使水溶液對流劇烈，離子傳遞受到干擾，導致電流變化不穩定。
3. 溶液接近蒸乾時，電流快速下降。水溶液接近蒸乾時，水分極少，導電度下降，使電流下降。當水完全汽化時，電流為 0mA。

## (二)計算蒸乾氯化鈉水溶液所需能量

我們分別計算溶液通電蒸乾所需的熱能與電能，以及溶液未通電蒸乾所需的熱能，比較何者所需能量較少。我們利用以下公式：

$$\text{電能} = \text{電流} \times \text{電壓} \times \text{通電時間}$$

$$\text{熱量} = \text{質量} \times \text{比熱} \times \text{溫度變化}$$

因為加熱過程中電流會一直跳動，所以取每一分鐘的平均溫度變化及平均電流來計算熱源提供的熱能與供電器提供的電能。

### 1. 第一次實驗：

氯化鈉水溶液通電蒸乾所需能量： $114.04 + 76544.16 = 76658.20$ (焦耳)

氯化鈉水溶液未通電蒸乾所需能量： $85322.16$ (焦耳)

**通電蒸乾可節省 8663.96 焦耳(大約是 10%)**

### 2. 第二次實驗：

氯化鈉水溶液通電蒸乾所需能量： $82.86 + 68400.64 = 68483.50$ (焦耳)

氯化鈉水溶液未通電蒸乾所需能量： $82790.40$ (焦耳)

**通電蒸乾可節省 14306.90 焦耳(大約是 17%)**

### 3. 第三次實驗：

氯化鈉水溶液通電蒸乾所需能量： $69.58 + 71576.12 = 71645.70$ (焦耳)

氯化鈉水溶液未通電蒸乾所需能量： $79430.12$ (焦耳)

**通電蒸乾可節省 7784.42 焦耳(大約是 10%)**

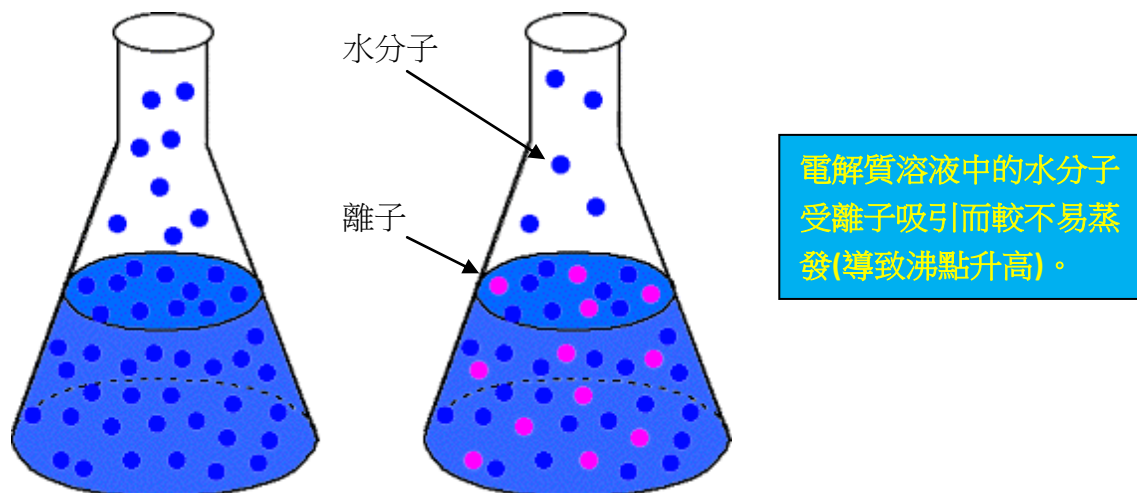
由以上三次實驗，對氯化鈉水溶液通電蒸乾平均可節省約 12% 的能量。

## 柒、討論

### 一、探討電解質溶液中所施加的電壓與沸點的關係。

#### (一)在水中加入電解質沸點會上升

**沸騰定義：**當液體蒸氣壓和大氣壓力相等時，液體便開始沸騰。加入電解質，因為離子和水分子互相吸引(離子-偶極的吸引力)，水分子受束縛，需提升至更高溫度才能使水分子到達沸騰的蒸氣壓，故沸點升高。

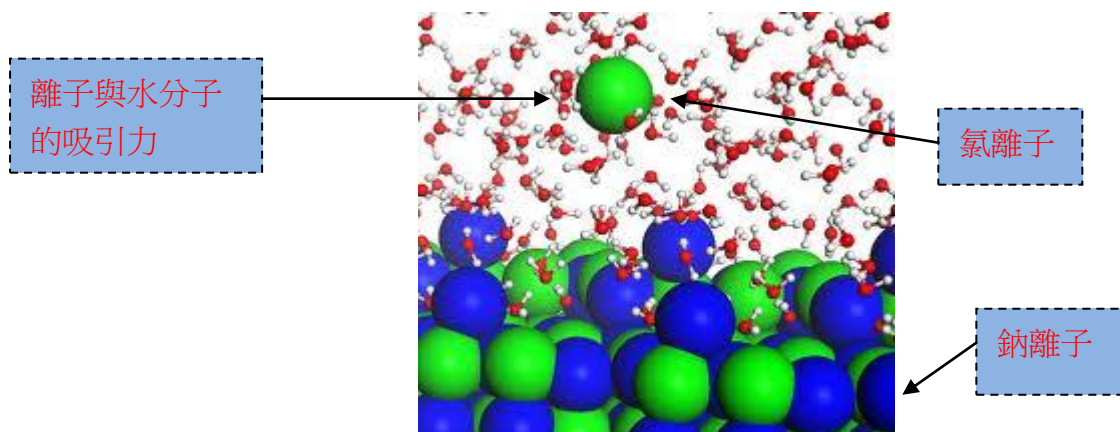


圖十二、蒸氣壓示意圖

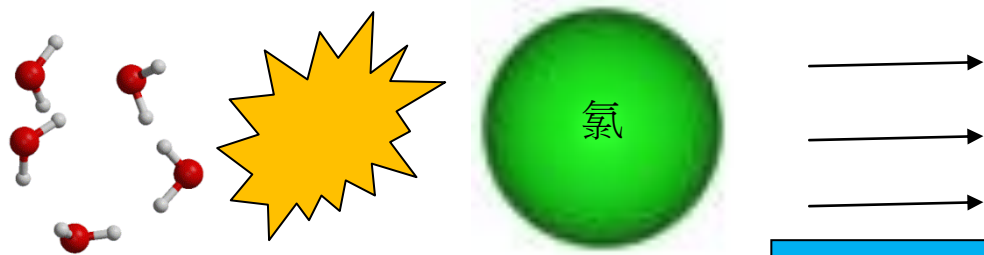
(二)由圖一發現，同時對電解質水溶液加熱與電解會使沸點下降，施加電壓愈高，沸點下降愈多。

我們認為電解會使沸點下降的原因有以下兩點：

- 1.在電解質水溶液裡，離子和水分子間有離子-偶極的吸引力，使水溶液沸點升高。如果在此溶液中通電會使離子移動，導致離子與水分子之間的吸引力減弱，使水溶液接近未加電解質的狀態。
- 2.溶液中的正、負離子會被兩電極吸引，使離電極較遠的區域，電解質濃度下降，造成水溶液較接近沒加電解質的狀態。沸點下降往  $100^{\circ}\text{C}$  變化。施加電壓愈高，沸點愈接近  $100^{\circ}\text{C}$ 。

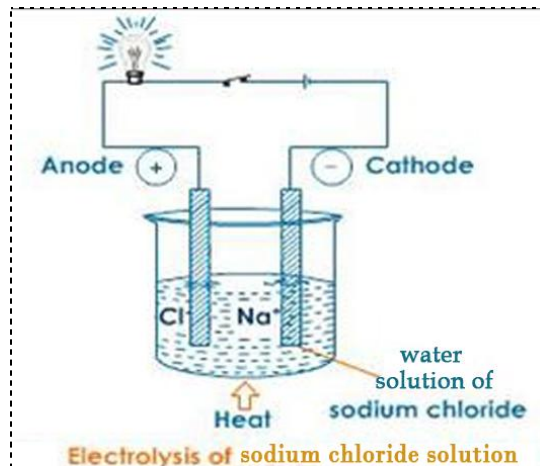


圖十三、離子與水分子的吸引力之示意圖



圖十四、氯離子受電場作用產生的現象

氯離子受電場作用，與水分子的吸引力減弱



圖十五、以氯化鈉為例，電解時離子的狀況

## 二、探討電解質溶液中所施加的電壓與熔點的關係。

(一)由圖二發現，同時對電解質水溶液解凍與電解會使熔點上升，施加電壓愈高，熔點上升愈多。

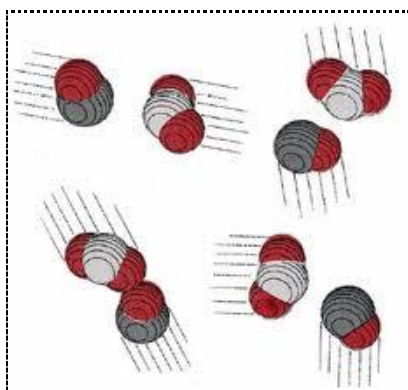
在固態溶液中通電會使離子與水分子間的吸引力減弱，使水分子較不受束縛，以及離子被電極吸引過去，使水溶液接近未加電解質的狀態，熔點上升往  $0^{\circ}\text{C}$  變化。施加電壓愈高，熔點愈接近  $0^{\circ}\text{C}$ 。

## 三、研究電解質溶液中所施加的電壓與升到沸點所需時間的關係。

(一)由圖三發現，同時對電解質水溶液加熱與電解會縮短溶液升到沸點的時間，施加電壓愈高，愈快到達沸點。

我們推測離子受電場的作用會獲得動能，離子運動的過程中碰撞其他水分子，使水分子獲得更多動能，產生電流的熱效應。因此水分子較快達到飽和蒸氣壓而沸騰。如果將電壓提高，電流的熱效應更顯著，造成到達沸點的時間更短。





圖十六、水分子與氯化鈉分子的碰撞情形

#### 四、研究電解質溶液中所施加的電壓與升到熔點所需時間的關係。

(一)由圖四發現，同時對電解質水溶液解凍與電解會增加溶液升到熔點的時間，施加電壓愈高，愈慢到達熔點。

通電造成電流熱效應，以及電壓趨使離子運動造成攪拌作用，使溶液對流更旺盛，溫度均勻分布，加速融化。所以固態溶液升到熔點所需的時間縮短。

#### 五、研究電解質隨時間的溫度變化

(一)電解質水溶液加熱至接近沸點時，溫度變化會趨緩

我們以受熱位置、汽化過程等觀念來討論。在實驗時酒精燈的火源上方處的溫度上升較快，因此靠近火源上方處的水溶液會先到達沸點。接近沸點時，水分子汽化的過程需要很多汽化熱，造成系統的溫度上升變慢。

#### 六、電解對電解質溶液蒸乾的影響

(一)由圖九、圖十發現，汽化過程中溫度還是不斷上升

汽化過程中，因為水量的減少使得濃度增加，造成沸點持續增加。

(二)由圖十一發現，到達沸點後電流會下降，蒸乾時沒有電流

到達沸點時，水溶液大量產生氣泡，使電阻上升，所以電流下降。

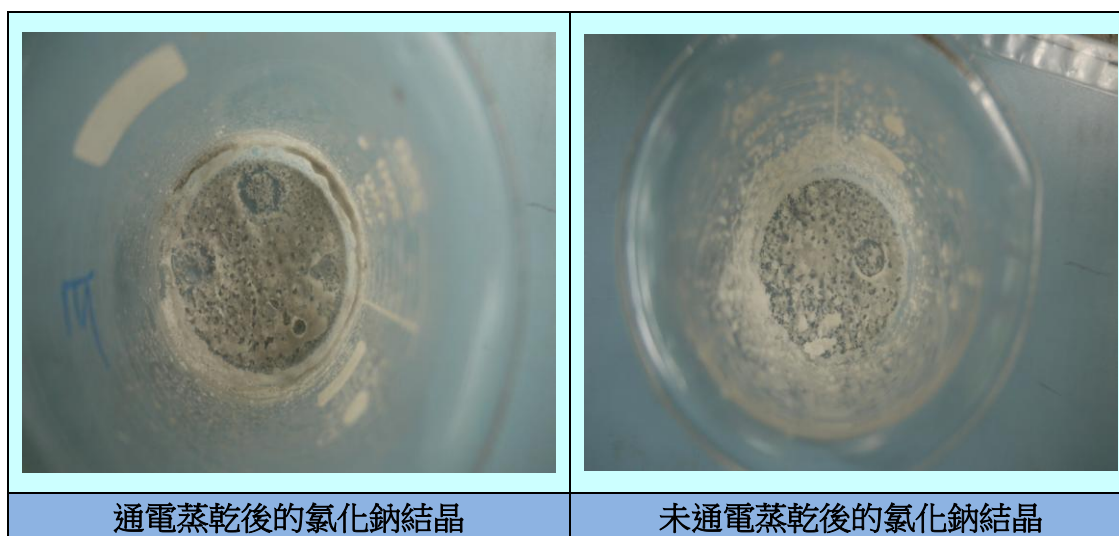
(三)由圖十一發現，蒸乾時沒有電流

蒸乾代表沒有水，此時電解質不能形成離子，使得電流消失。此現象可用來檢查水分是否完全汽化。

(四)在蒸乾氯化鈉水溶液的過程中，施加電壓能縮短蒸乾時間並節省能量

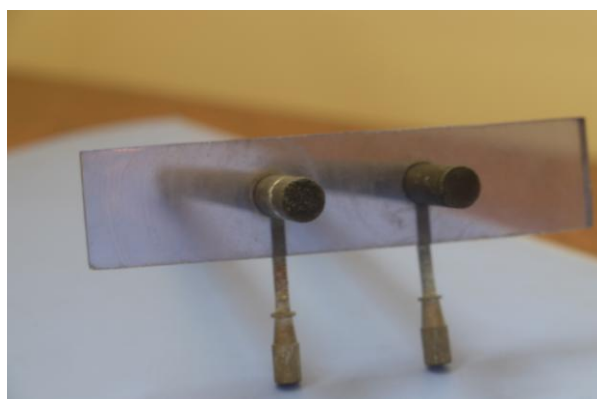
電解能縮短溶液升到沸點的時間，且電流的熱效應及攪拌作用，使溶液溫度加速上升並均勻分布，加速蒸乾速度，省下大量能量。

## 七、電解質溶液蒸乾後所得的結晶的比較



圖十九、通電與未通電的氯化鈉溶液的結晶比較

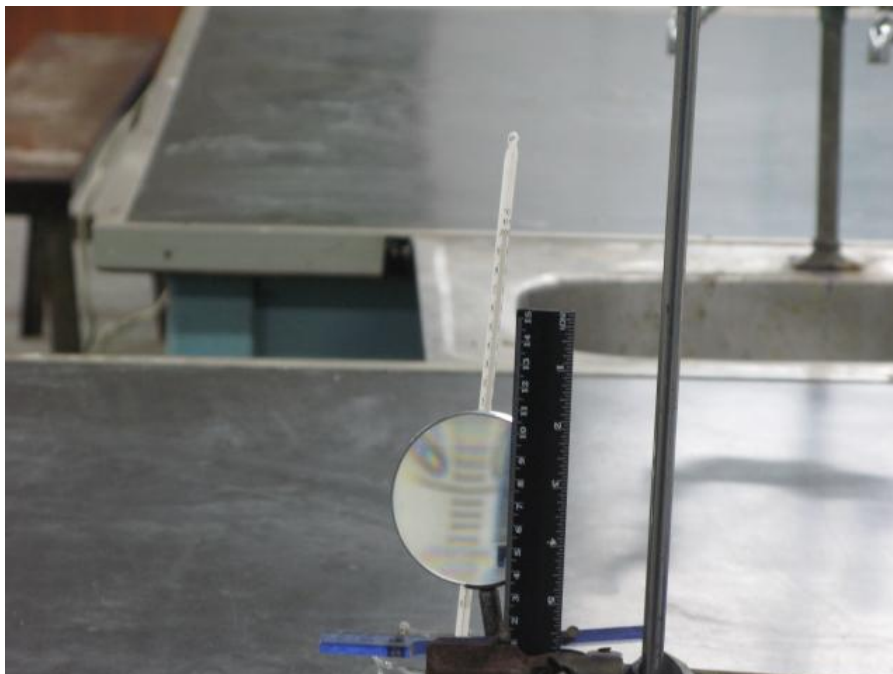
由圖十九發現，通電蒸乾後的氯化鈉結晶顏色較未通電蒸乾後的氯化鈉結晶黑，我們推測水溶液通電，離子受電極吸引撞擊碳棒，使碳棒中的碳脫落（圖二十），造成通電蒸乾後的氯化鈉結晶顏色較黑。



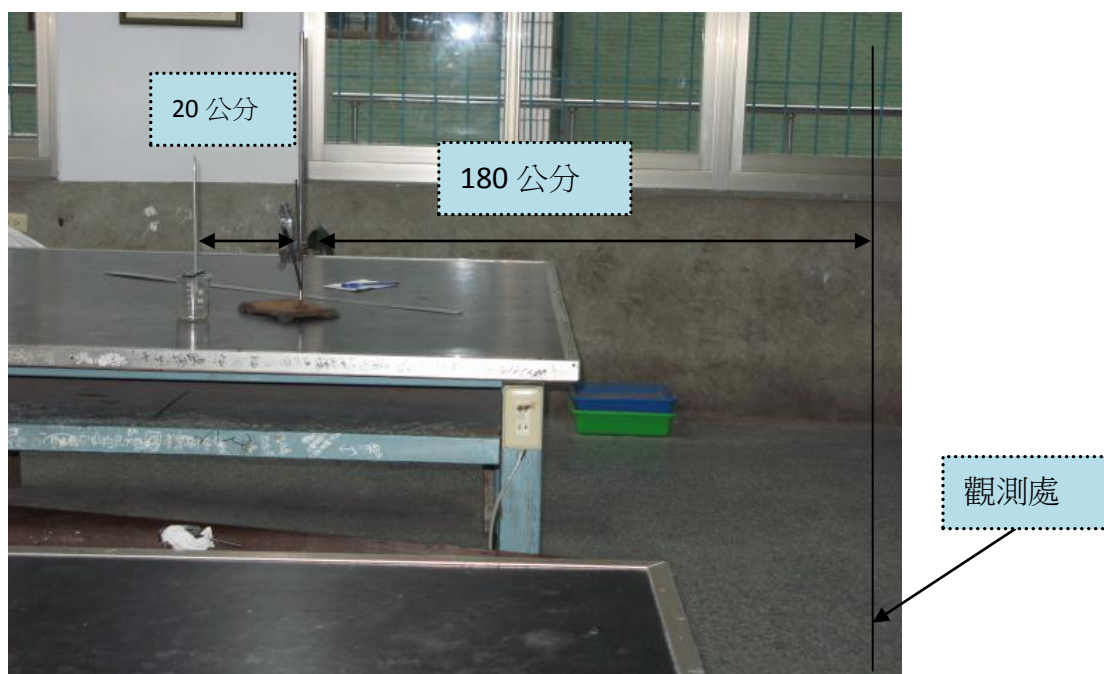
圖二十、有電解過的碳棒（左）與沒電解過的碳棒（右）之差別

## 八、精確測量的方法

我們利用放大鏡將水銀溫度計上的刻度放大至每  $1^{\circ}\text{C}$  的間隔有 1 公分，再用尺來觀測更精確的數據。



圖十七、精確測量裝置



圖十八、觀察者與精確測量裝置間的距離示意圖

## 捌、結論

- 一、電解質的離子會吸引水分子，使水分子較難蒸發，導致沸點上升。
- 二、在電解質水溶液通電會使離子與水分子的吸引力減弱，以及離子被電極吸引使溶液較接近原本的狀態，進而使沸點下降和熔點上升。
- 三、在電解質水溶液通電後，離子撞擊水分子造成電流的熱效應及攪拌作用，使得溶液升到沸點及熔點的時間縮短。
- 四、電解質水溶液加熱至接近沸點及熔點時，溫度變化會趨緩。
- 五、在蒸乾氯化鈉水溶液的過程中，施加電壓能縮短到達沸點的時間，並產生電流熱效應及攪拌作用，因此可縮短溶液蒸乾的時間並節省能量。
- 六、在蒸乾氯化鈉水溶液的過程中，溶液沸騰時產生大量氣泡使電流快速下降；水分完全蒸乾時，沒有電流。
- 七、電解質水溶液沸騰過程中，因為水量減少使得濃度增加，造成沸點持續上升。
- 八、未來展望：
  - (一)若要使電解質水溶液**更快**升到沸點或熔點，可對溶液通電，達到效果。
  - (二)若要使電解質水溶液降低沸點或升高熔點，可對溶液通電，達到效果。
  - (三)在工業上蒸餾海水使海水淡化，若在海水裡施加電壓，會降低海水的沸點，使加熱到沸點的時間縮短，並節省蒸乾所需的能量。

## 玖、參考資料

- 一、維基百科 <http://zh.wikipedia.org>
- 二、臺灣二〇〇七年國際科學展覽會  
作品名稱：磁場中的離子轉速-探討離子遷移速度變因
- 三、中華民國第四十四屆中小學科學展覽會  
作品名稱：電！電！電！－電解、電解質、電池相關問題之探討
- 四、國立中央大學博碩士論文單一電解質水溶液之汽化熱、凝固點下降、沸點上升之預測
- 五、靜宜大學應用化學系研究所碩士論文電解質水溶液之性質  
(The properties of aqueous electrolyte solutions)
- 六、John suchoki (2006) 觀念化學第二冊－化學鍵·分子。臺北市；天下遠見。ISBN 986-417-676-3
- 七、John suchoki (2006) 觀念化學第三冊－化學反應。臺北市；天下遠見。ISBN 986-417-677-1

## 【評語】 030207

溶液的熔點與沸點考慮受電壓的影響深具研究價值。唯實驗裝置的穩定性及實驗數據的分析，討論可以加強研究。