

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

高中-化學科

科 別：化 學 科

組 別：高 中 組

作品名稱：電解與磁場的秘密

關 鍵 詞：比較速率、角度 θ 、磁場強度 H

編 號：040209

學校名稱：

國立鳳山高級中學

作者姓名：

李浩任、何亞謙

指導老師：

梁榮財



一.研究動機：

現在許多工廠，如電鍊、食品、化學工業……等，電解皆為其中不可或缺的重要步驟之一，如能提高電解效率，將能有效提高產量，並節約所浪費的電能，達到環保與經濟的雙贏局面。

在討論加快電解速率的研究中，影響電解的因素有許多，但是其中卻較少見到磁場對電解影響的研究，因此我們希望能綜合前人的研究，達成最小能源卻有最大效率的目標。

二.研究目的：

(一) 探討電場中之「電位移」受磁場影響，形成「磁偶極矩」對「總電壓」的影響，**是否可能影響其「整體電阻」，而使「反應速率」改變？**

(二) 當電場與磁場成一角度 θ 改變時，如平行與垂直還有磁場反轉時，其**角度 θ 對「反應速率」的影響為何？**

(三) 當電場與磁場成一角度 θ 固定時，其「**磁場強度**」對「**反應速率**」的影響為何？

(四) 電解反應中，**金屬離子對磁場的感應如何？**

(五) 金屬離子**不同價數對磁場的感應如何？**

(六) 涉及電解質**離子鍵中分子鍵斷鍵之電解反應對磁場感應如何？**

(七) **分子的極性大小**對磁場的感應如何？

三.研究設備及器材：

(一) 藥品：

1. 氫氧化鈉 $\text{NaOH} = 40.0$
2. 氫氧化鉀 $\text{KOH} = 56.1$
3. 硝酸鈉 $\text{NaNO}_3 = 85.0$
4. 硝酸鎂 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} = 256.4$
5. 硝酸鋁 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} = 375.1$
6. 硝酸鐵 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} = 404.0$
7. 過錳酸鉀 $\text{KMnO}_4 = 158.4$

(二) 實驗器材：

- | | | |
|------------|-----------|-----|
| 1. 塑膠注射筒 | 3 ml | 2 支 |
| | 35ml | 2 支 |
| | 60ml | 4 支 |
| 2. 塑膠雙向閥 | 內徑 3.5mm | 2 個 |
| 3. 塑膠 T 型管 | 內徑 6.0mm | 1 個 |
| 4. 碳棒 | 約 2.5 cm | 數個 |
| | 約 10.0 cm | 數個 |
| 5. 容量瓶 | 250 ml | 數個 |
| 6. 燒杯 | 250 ml | 數個 |

7. 壓克力板	10 ×10 cm	1 片
8. 強力磁鐵		4 組
9. 微量天平		1 台
10.熱熔膠槍		1 支
11.測磁儀		1 台
12.PH 儀		1 台
13.直流供應器		2 台
14.三用電表		2 台
15.刮勺		1 支
16.鐵製書架		1 組

四.研究步驟與方法：

(一) 研究原理：

1.古典物理的四大基石之一：電磁學。物理學家，馬克士威最重要的貢獻，是他所提出的一組電磁學方程組「馬克士威方程組」。每個方程式對應一個重要的電磁學定律，將四個定律放在一起，並寫成形式統一的數式：

(1)電的高斯定律：電荷與周圍電場之間的關係。

(2)磁的高斯定律：指出孤立的磁極絕不存在。

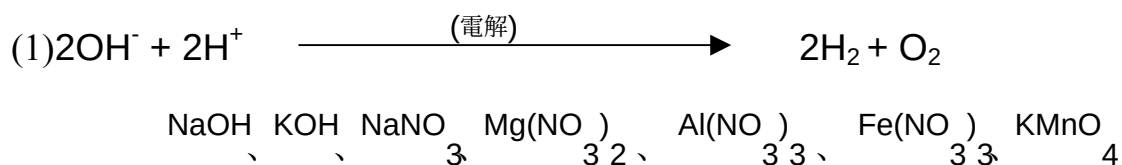
(3)法拉第定律：描述變動的磁場如何產生電場。

(4)安培定律修正版：描述磁場如何由電流與變動的電場共同產生。

2.「磁矩」具有向量和，根據量子力學的解釋，磁矩是由粒子的電子軌道運動與電子的自旋運動而成，又依據居里由實驗發現順磁性物質的磁化強度與有效磁場成正比，反磁性物質則不會受影響，其受磁場強度的影響而形成的磁偶極矩所造成的磁場應該可以增大或減少電阻，當電解反應進行時施與外加磁場，由此探討電場、磁場與電解反應的關係。

3.歐姆定律：電壓 V = 電流 I $\times$ 電阻 R

4.化學反應式：



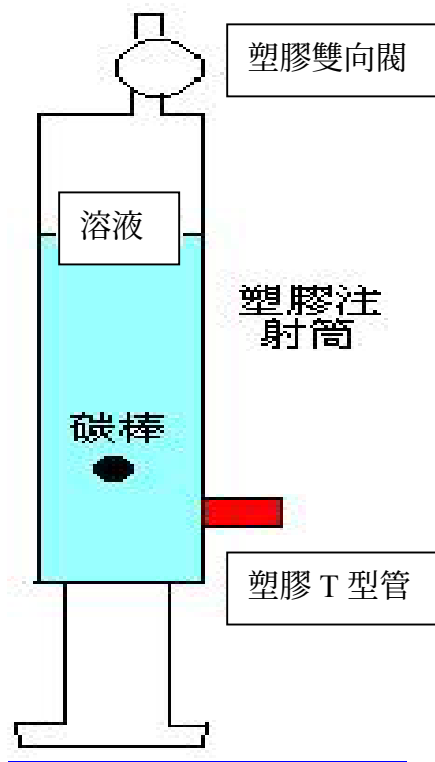
5. 在強磁場下會造成整體電解液中離子的流動，此流動比擴散速率佔優勢，即稱為 **MHD** 【Magnetohydrodynamic effect】 磁流動效應。

(二) 實驗方法：

1. 使用適合的廢乾電池中取出的碳棒和 35 ml 塑膠注射筒、塑膠雙向閥、塑膠 T 型管製成下列的電解反應容器(1)。如圖【1】、【2】

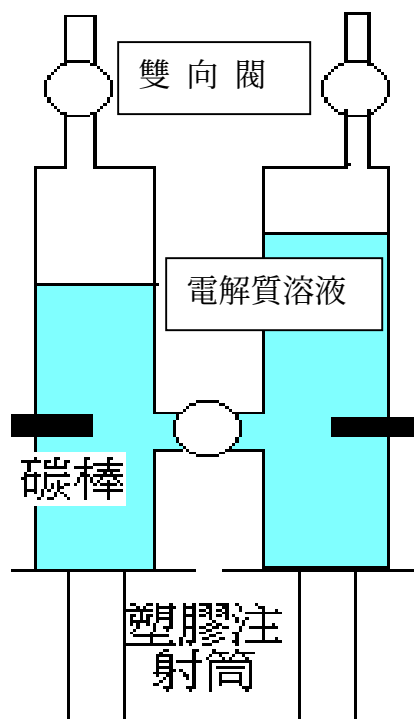
圖【1】

微型電解儀器側面圖



圖【2】

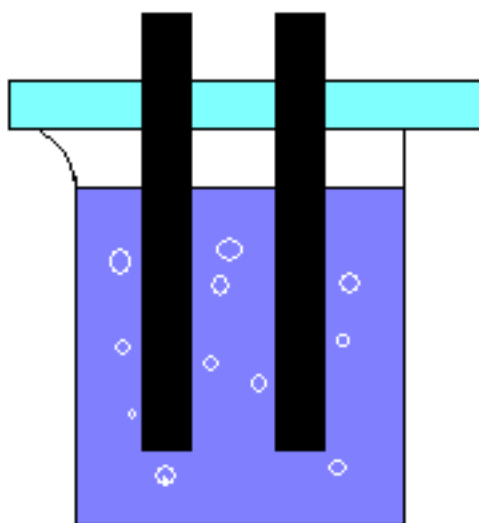
微型電解儀器正面圖



2. 將壓克力板鑽兩孔相距約 3 公分，以兩支 10 公分碳棒插入此兩孔，並用熱熔膠固定此兩碳棒為互相平行並與壓克力板垂直，配合 250 ml 燒杯，製成下列的電解反應容器(2)。如圖【3】。

圖【3】

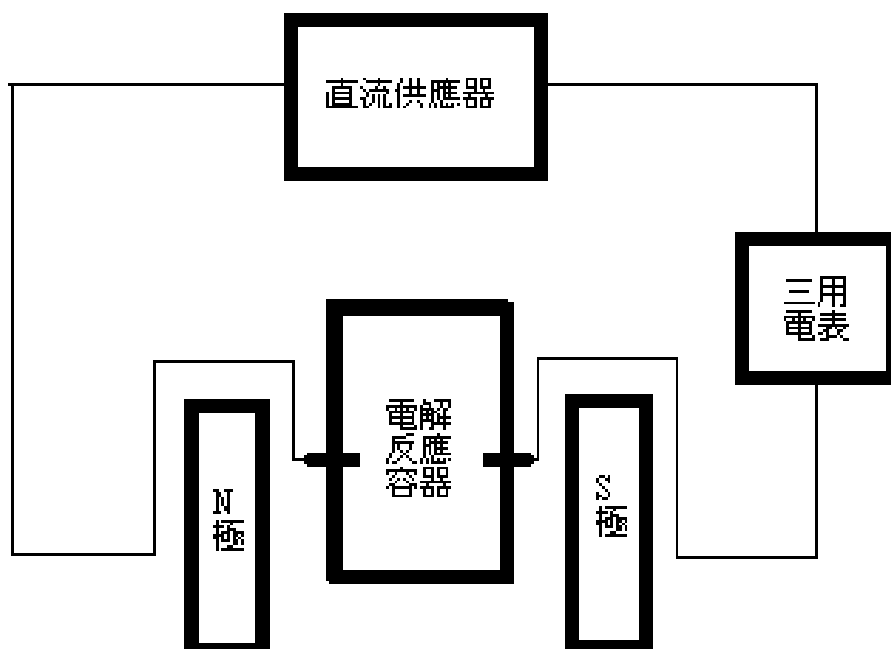
電解反應容器(2)縱切圖



3. 以 DC 供應器提供適當伏特數之電壓，並使用三用電表測電流。以 250 ml 容量瓶泡製 NaOH 2M、 KOH 2M、 NaNO_3 2M、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 2M、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 2M、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 2M、 KMnO_4 0.01 M，使 NaOH 、 KOH 、 NaNO_3 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液密封避免與空氣接觸，等待冷卻至室溫後，裝入 60 ml 塑膠注射筒內，注入反應容器(1)， KMnO_4 置入反應容器(2)，各以兩組不同組合的永久磁鐵，分別放置兩側，相距約 12 公分。

電路分配如圖【4】。

圖【4】 電路分配圖



4. 以無外加磁場之下進行一組實驗為對照組，紀錄其電壓、電流、反應時間、反應生成物的多寡，再進行以下實驗。依據反應速率公式討論不同變因。(反應速率公式： $R = \text{反應生成物} / \text{反應時間}$)

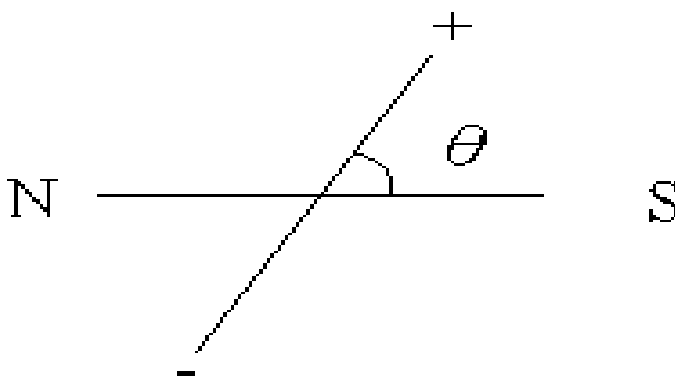
(1) θ 對「反應速率」的影響：

以電極方向與磁場方向所夾角度為 θ ，放置於磁場中約 30 分鐘後開始電解。定在電解反應容器(1)中，電解 KOH 2M、NaOH 2M 溶液時正極產生氣體至 15ml，電解 NaNO_3 2M、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 2M、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 2M 溶液時，正極產生氣柱 5ml，電解 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 2M 溶液時，因其反應甚慢，所以定正極產生氣體至 1ml 為基準，紀錄其電壓、電流、反應時間後，計算出 R ，由此比較「 θ 相對於 R 的關係」。

(定相對速率 $R^C = \text{對照組反應速率} / \text{實驗組反應速率}$)

磁場與電場配置角度如圖【5】

圖【5】 角度圖



(2)「磁場強度」對「反應速率」的影響：

將兩組永久磁鐵分別組成與 2000、3000、4000、5000、6000 高斯相近的五種強度的磁場，定在電解反應容器(1)中，電解 KOH 2M、NaOH 2M 溶液時正極產生氣體至 15ml，電解 NaNO_3 2M、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 2M、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 2M 溶液時，正極產生氣柱 5ml，電解 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 2M 溶液時，正極產生氣柱 1ml 為基準，紀錄其電壓、電流、反應時間後，計算出 R，由此比較「磁場強度相對於 R」的關係。

(定相對速率 $R^C = \text{對照組反應速率} / \text{實驗組反應速率}$)

(3)分子鍵斷鍵之電解反應對磁場感應：

將 KMnO_4 0.01 M 溶液置入電解反應容器(2)內，電解並紀錄其四小時之內電流的變化，比較「磁場」的強度、與電場角度 Θ ，探討對離子移動速度的影響。

五.研究結果：

(一)電解反應中，磁場與電場角度 θ 對各離子的影響：

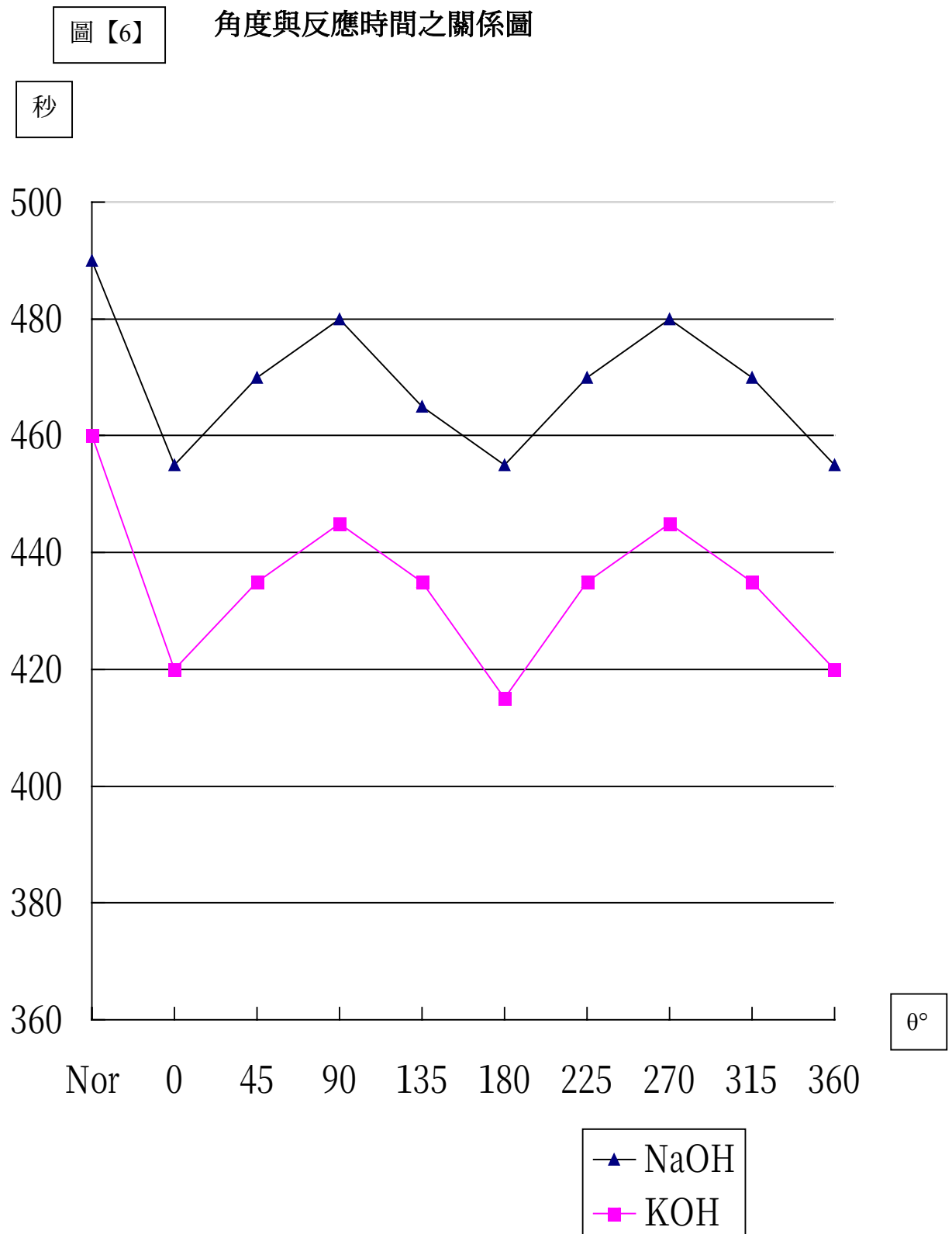
1.電壓 20V、**NaOH** 2M、**KOH** 2M 溶液，磁場強度約 6000 高斯時。

(1) 角度對 **NaOH**、**KOH** 電解反應時間之影響：如下表【1】。

表【1】 角度對反應時間之影響

V	高斯	θ	反應時間 〈秒〉	
			NaOH	KOH
20.0	0	0	490	460
20.0	6000	0	455	420
20.0	6000	45	470	435
20.0	6000	90	480	445
20.0	6000	135	465	435
20.0	6000	180	460	425
20.0	6000	225	465	435
20.0	6000	270	480	445
20.0	6000	315	470	435

將表【1】繪成圖形，如圖【6】。



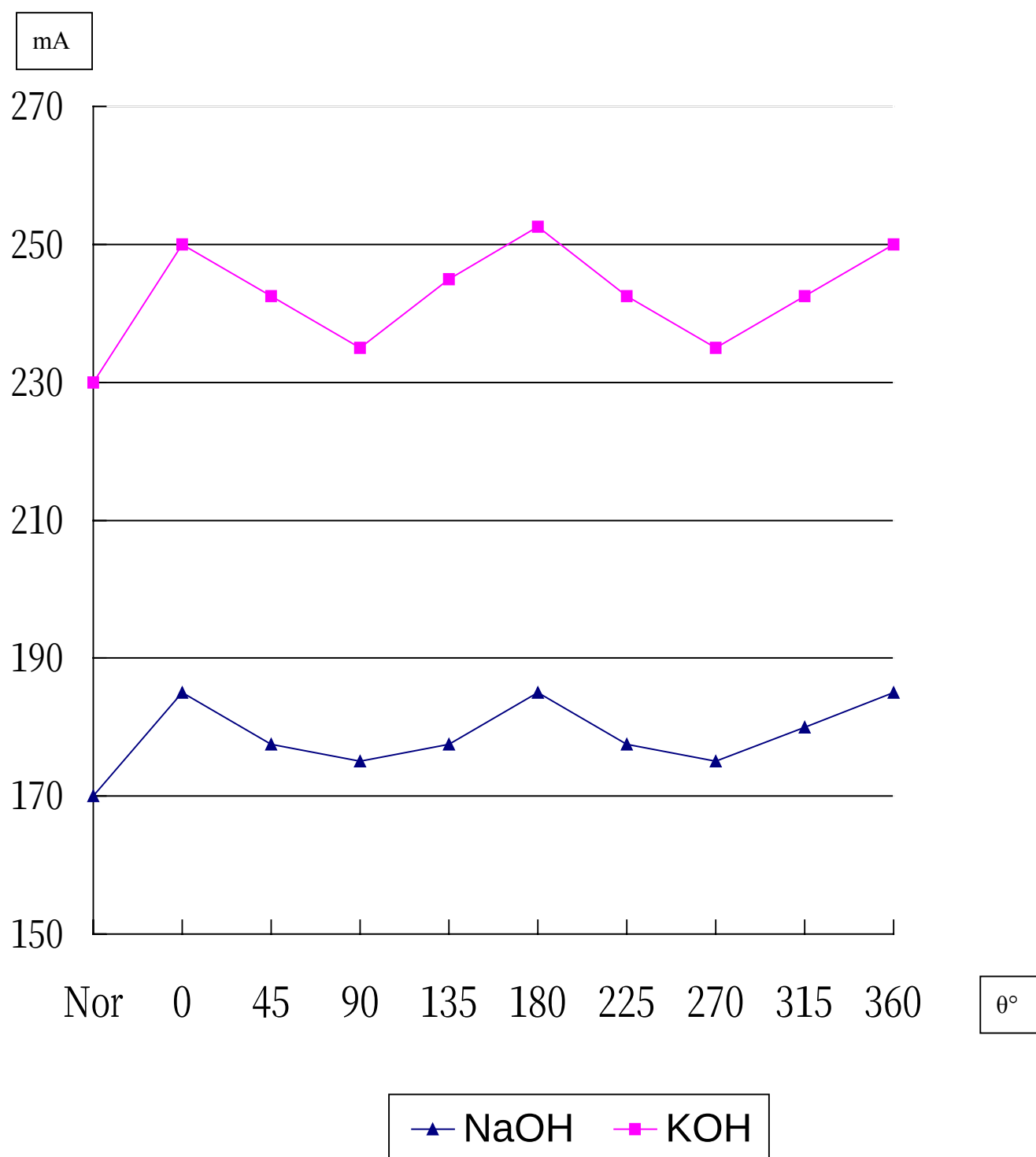
(2)角度對 NaOH、KOH 電解電流大小之影響：如表【2】

表【2】 角度對電流大小之影響

V	高斯	θ	mA	
			NaOH	KOH
20.0	0	0	170.0	230.0
20.0	6000	0	185.0	250.0
20.0	6000	45	177.5	242.5
20.0	6000	90	175.0	235.0
20.0	6000	135	177.5	242.5
20.0	6000	180	185.0	252.5
20.0	6000	225	177.5	242.5
20.0	6000	270	175.0	235.0
20.0	6000	315	180.0	245.0

將表【2】繪成圖形，如圖【7】。

圖【7】 角度與電流大小之關係圖



(3)角度對 NaOH、KOH 反應速率大小之影響：如表【3】。在此將反應速率公式：『 $R = \text{反應生成物} / \text{反應時間}$ 』轉化，定『對照組反應速率為 1』，【比較速率 $R = \text{對照組反應時間} / \text{實驗組反應時間}$ 】

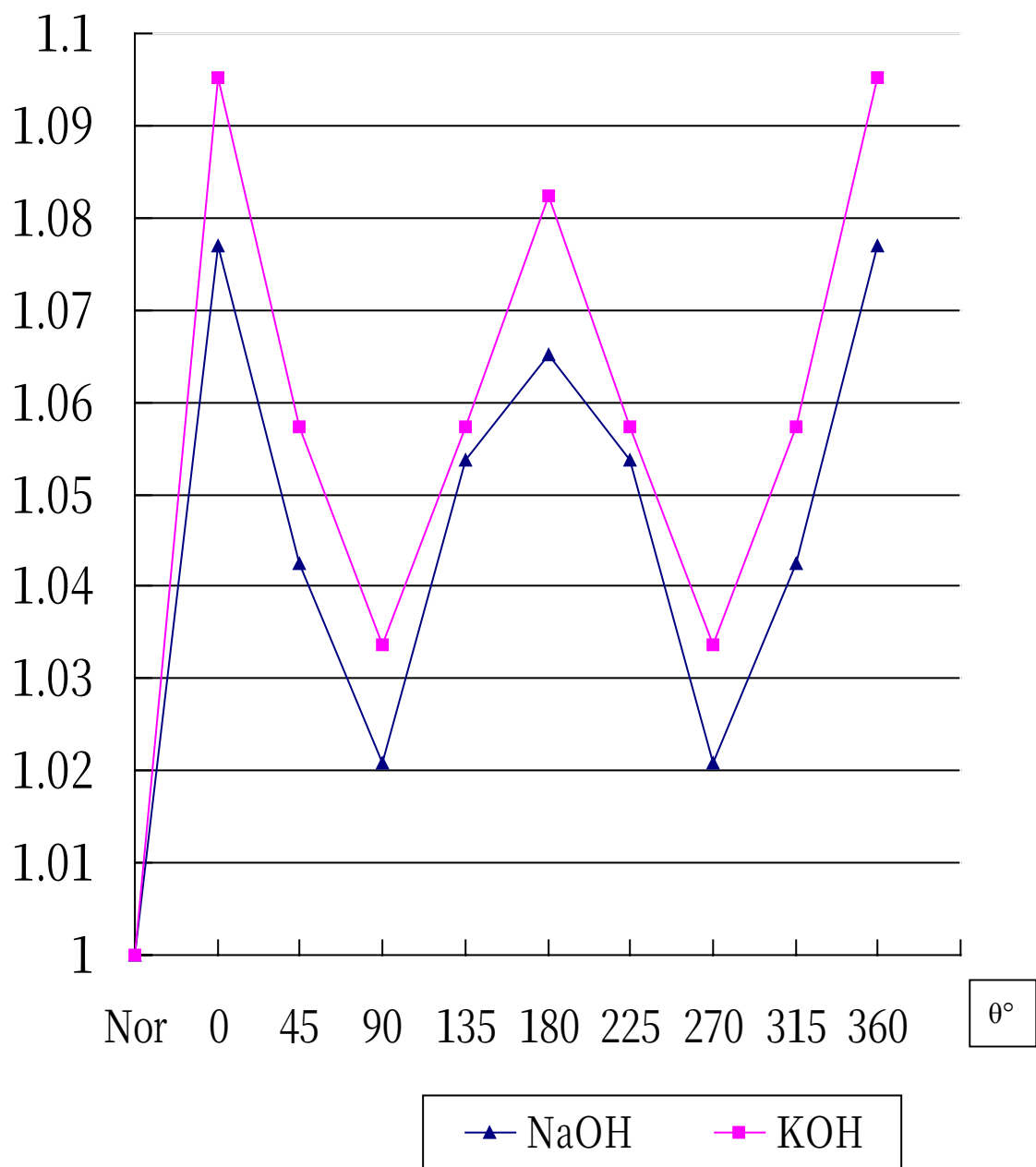
表【3】 6000 高斯下 角度對反應速率之影響

V	高斯	θ	反應速率	
			NaOH	KOH
20.0	0	0	1.0000	1.0000
20.0	6000	0	1.0769	1.0952
20.0	6000	45	1.0425	1.0574
20.0	6000	90	1.0208	1.0337
20.0	6000	135	1.0537	1.0574
20.0	6000	180	1.0652	1.0823
20.0	6000	225	1.0537	1.0574
20.0	6000	270	1.0208	1.0337
20.0	6000	315	1.0425	1.0574

將表【3】繪成圖形，如圖【8】。

圖【8】 角度對反應速率之關係圖

比較速率



2. 電壓 20V、 NaNO_3 2M、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 2M、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 2M、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 2M，磁場強度約 6000 高斯時。

(1) 角度對 NaNO_3 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 電解反應

時間之影響：如下表【4】。

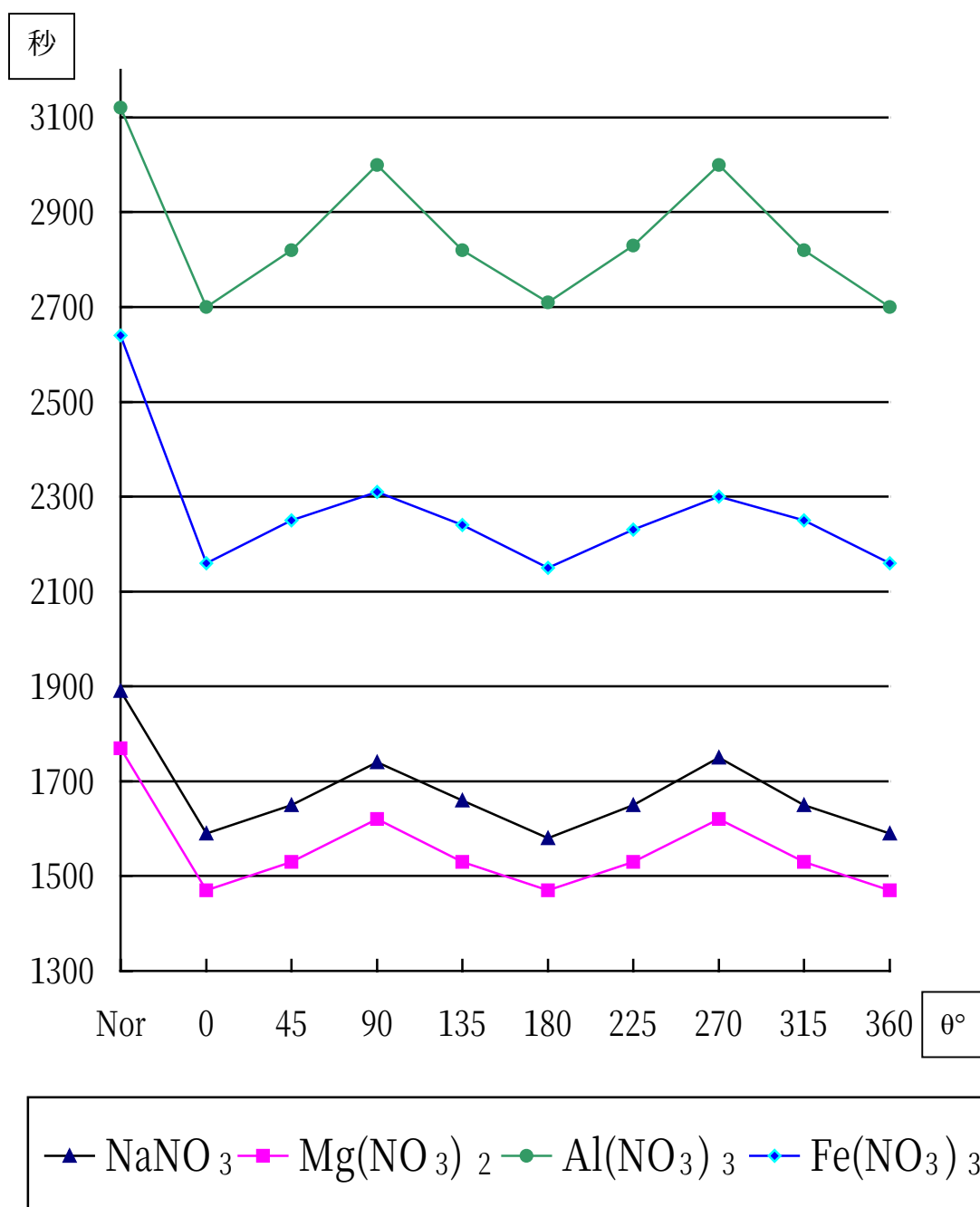
表【4】

角度對反應時間之影響

V	高斯	θ	反應時間(秒)			
			NaNO_3	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
20.0	0	0	1890	1770	3120	2640
20.0	6000	0	1590	1470	2700	2160
20.0	6000	45	1650	1530	2820	2250
20.0	6000	90	1740	1620	3000	2310
20.0	6000	135	1660	1530	2820	2240
20.0	6000	180	1580	1470	2710	2150
20.0	6000	225	1650	1530	2830	2230
20.0	6000	270	1750	1620	3000	2300
20.0	6000	315	1650	1530	2820	2250

將表【4】繪成圖形，如圖【9】。

圖【9】 角度與反應時間之關係圖



(2)角度對 NaNO_3 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 電解電流大小之影響：如表【5】

表【5】

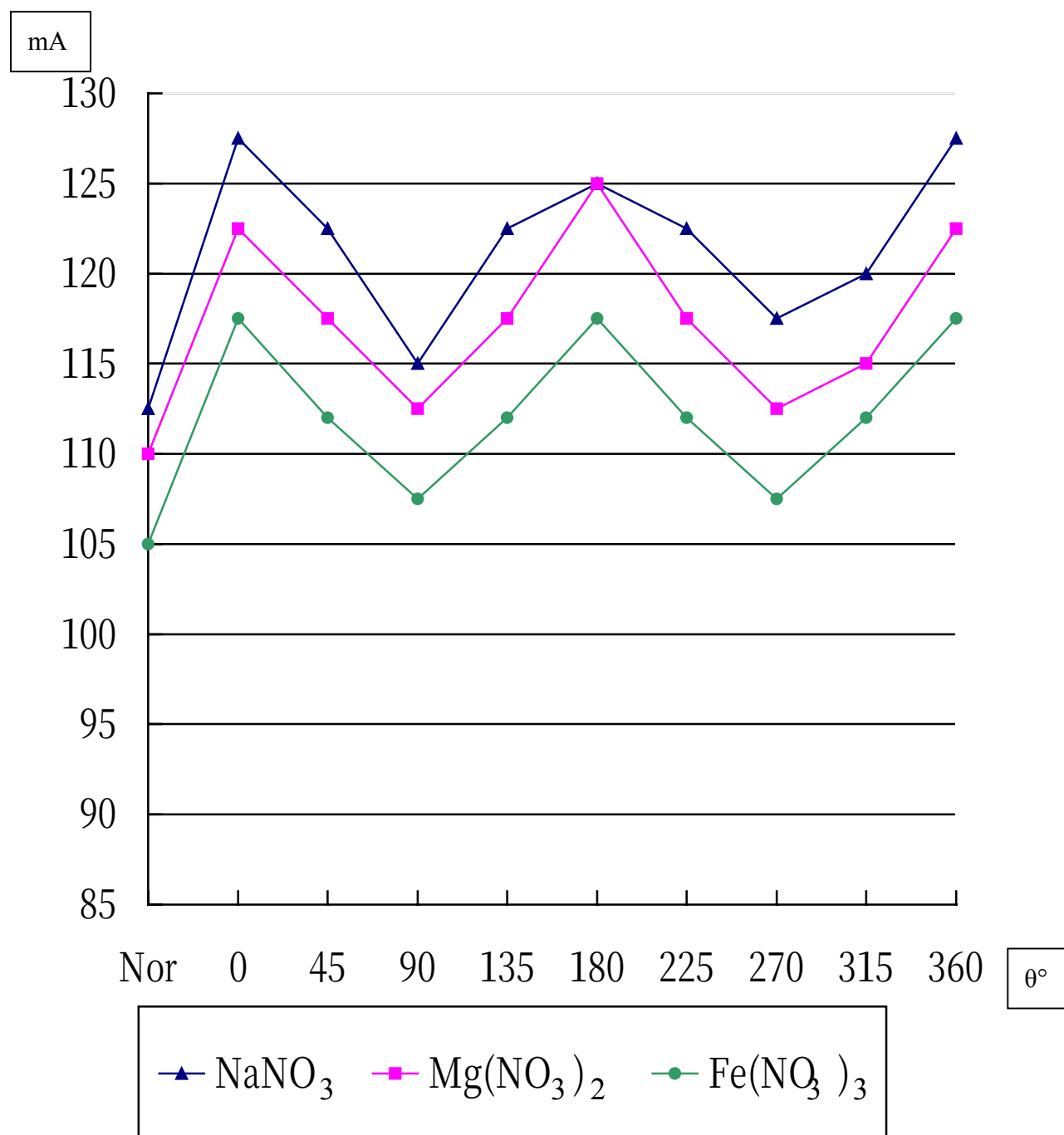
角度對電流大小之影響

V	高斯	θ	mA		
			NaNO_3	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
20.0	0	0	112.5	110.0	105
20.0	6000	0	127.5	122.5	117.5
20.0	6000	45	122.5	117.5	112
20.0	6000	90	115.0	112.5	107.5
20.0	6000	135	122.5	117.5	112
20.0	6000	180	125.0	125.0	117.5
20.0	6000	225	122.5	117.5	112
20.0	6000	270	117.5	112.5	107.5
20.0	6000	315	120.0	115.0	112

由於電解 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 反應其電流變化較為特殊，我們將於 (4) 呈現。

將表【5】繪成圖形，如圖【10】。

圖【10】 角度與電流大小之關係圖



(3)角度對 NaNO_3 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 反應速率大小之影響：

如表【6】。

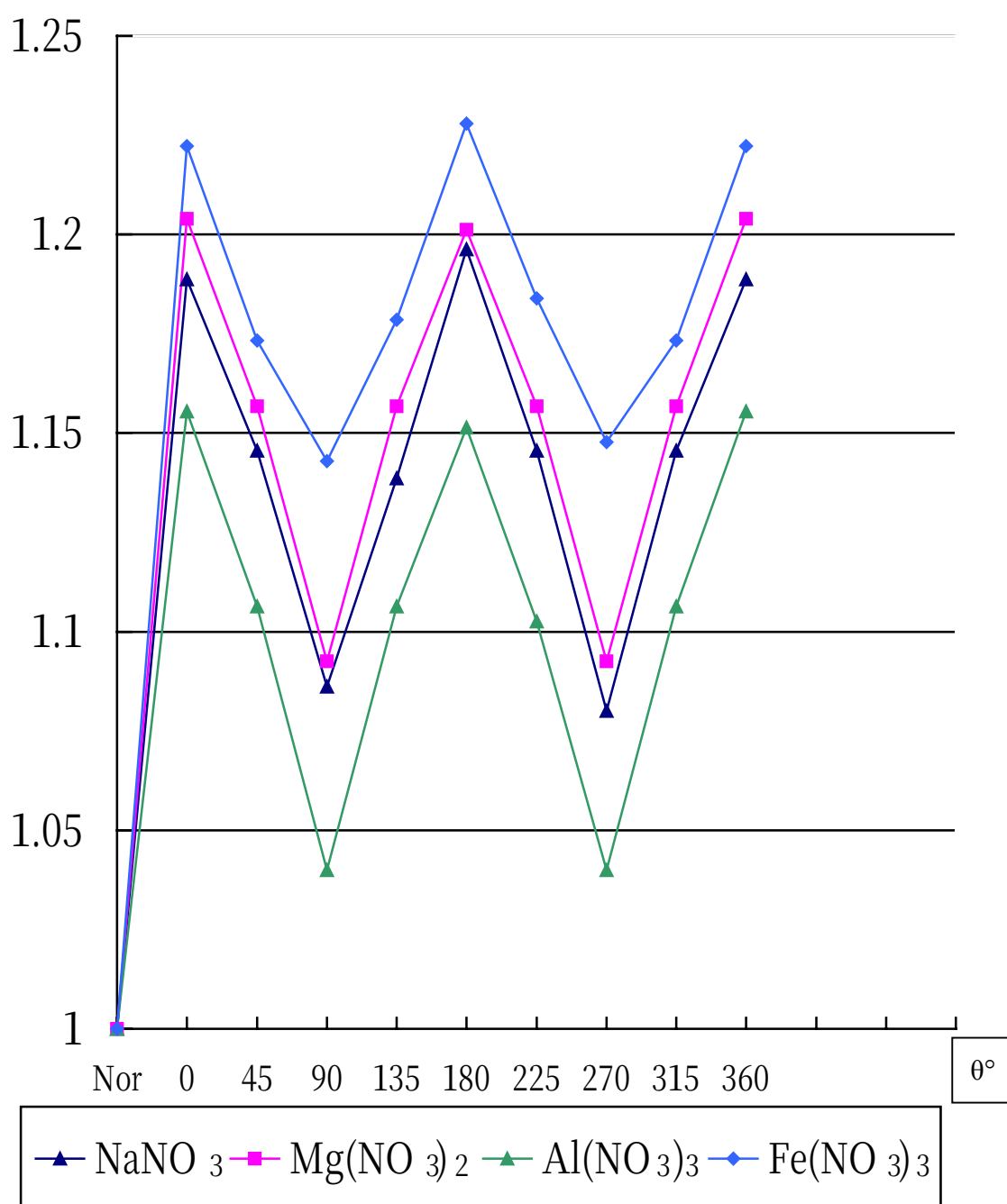
表【6】 6000 高斯下 角度對反應速率之影響

V	高斯	θ	反應速率			
			NaNO_3	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
20.0	0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20.0	6000	0	1.1887	1.2040	1.1555	1.2222
20.0	6000	45	1.1455	1.1568	1.1064	1.1733
20.0	6000	90	1.0862	1.0925	1.0400	1.1429
20.0	6000	135	1.1386	1.1568	1.1025	1.1786
20.0	6000	180	1.1962	1.2012	1.1513	1.2279
20.0	6000	225	1.1455	1.1568	1.1064	1.1839
20.0	6000	270	1.0800	1.0925	1.0400	1.1478
20.0	6000	315	1.1455	1.1568	1.1064	1.1733

將表【6】繪成圖形，如圖【11】。

圖【11】 角度對反應速率之關係圖

比較速率



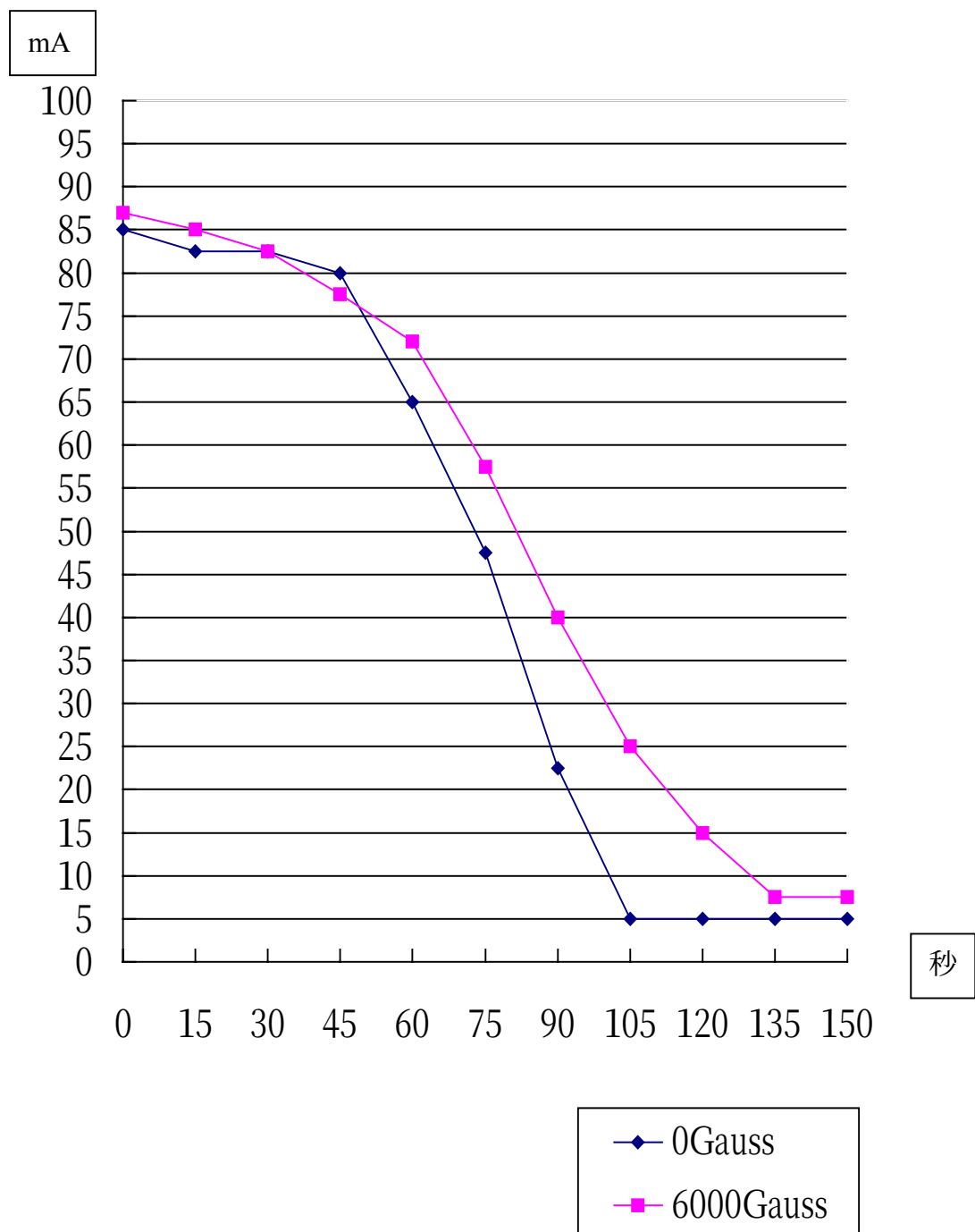
(4)有無外加磁場對 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 2M 溶液電解：如表【7】。

表【7】 無外加磁場對 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 溶液電解的電流變化 (mA)

V	高斯	時間(秒)	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	
			無外加磁場	6000Gauss
20.0	0	0	0	0
20.0	0	15	85.0	87.0
20.0	0	30	82.5	85.0
20.0	0	45	82.5	82.5
20.0	0	60	80.0	77.5
20.0	0	75	65.0	72.0
20.0	0	90	47.5	57.5
20.0	0	105	22.5	40.0
20.0	0	120	7.5	25.0
20.0	0	135	5.0	15.0
20.0	0	150	5.0	7.5
20.0	0	165	5.0	7.5

將表【7】繪成圖形，如圖【12】。

圖【12】 電流與反應時間之關係圖



(二)電解反應中，磁場強度對各離子的影響：

1. 電壓 20V、**NaOH** 2M、**KOH** 2M 溶液，磁場強度各約為 0、2000、3000、4000、5000、6000 高斯時。

(1) 磁場強度對 **NaOH**、**KOH** 電解反應時間之影響。如表【8】

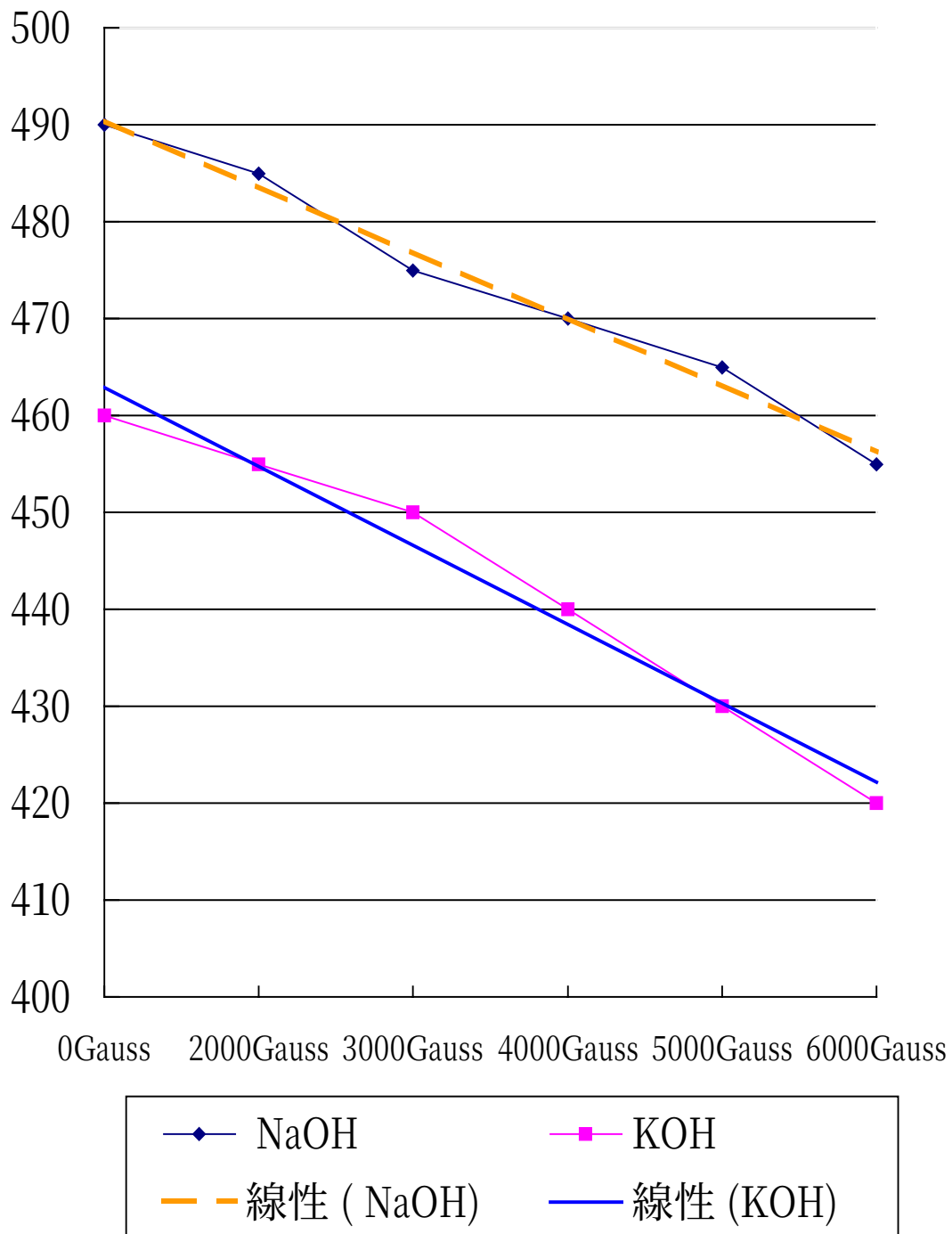
表【8】 磁場強度對反應時間之影響

V	高斯	反應時間〈秒〉	
		NaOH	KOH
20.0	0	490	460
20.0	2000	485	455
20.0	3000	475	450
20.0	4000	470	440
20.0	5000	465	430
20.0	6000	455	420

將表【8】繪成圖形，如圖【13】。

圖【13】 磁場強度與反應時間之關係圖

秒



(2) 磁場強度對 NaOH、KOH 電解電流大小之影響。表【9】

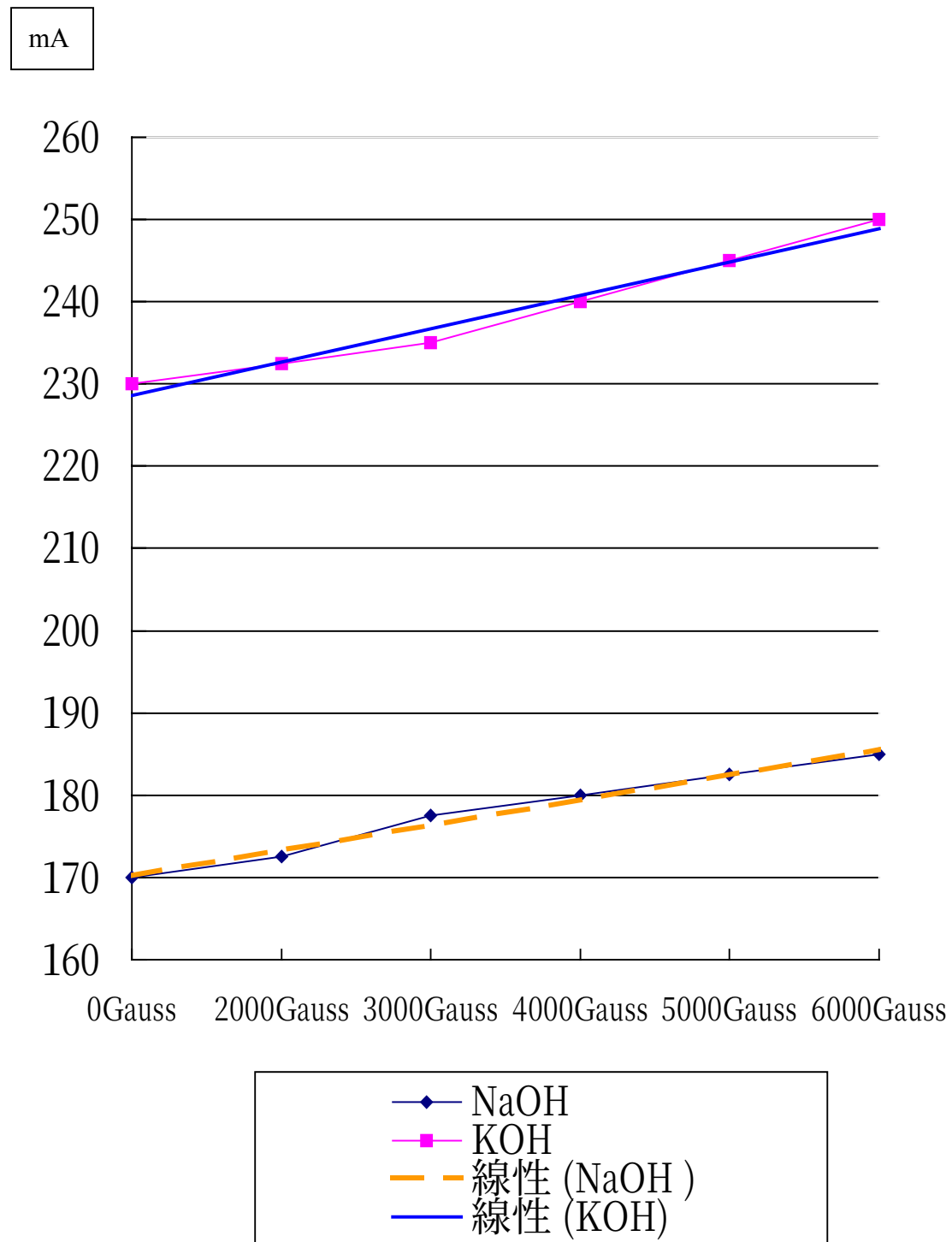
表【9】 磁場強度對電流大小之影響

V	高斯	mA	
		NaOH	KOH
20.0	0	170.0	230.0
20.0	2000	172.5	232.5
20.0	3000	177.5	235.0
20.0	4000	180.0	240.0
20.0	5000	182.5	245.0
20.0	6000	185.0	250.0

將表【9】繪成圖形，如圖【14】

圖【14】

磁場強度與電流大小關係圖



(3) 磁場強度對 NaOH、KOH 電解反應速率之影響：如表【10】

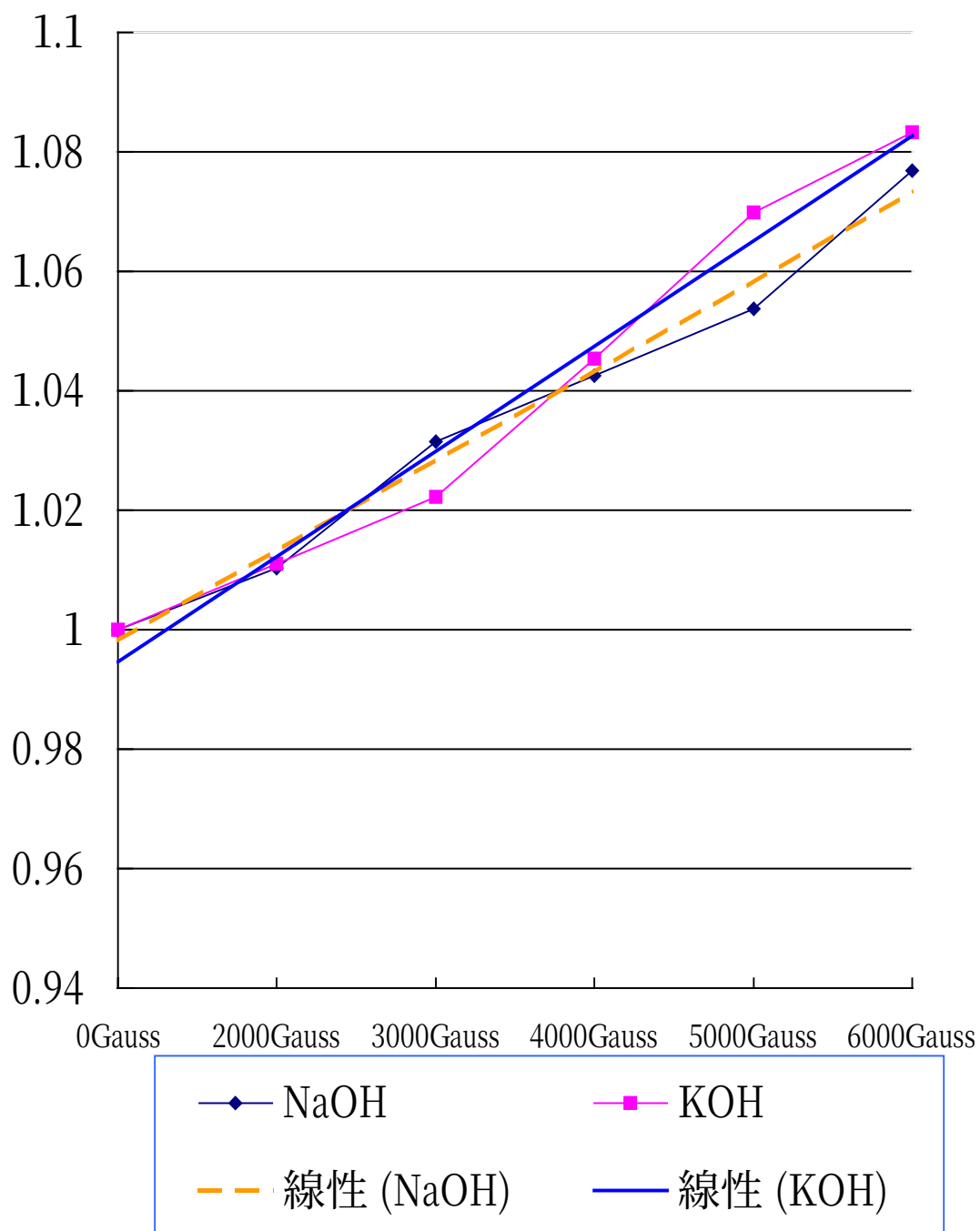
表【10】 磁場強度對反應速率之影響

V	高斯	反應速率	
		NaOH	KOH
20.0	0	1.0000	1.0000
20.0	2000	1.0103	1.0110
20.0	3000	1.0315	1.0222
20.0	4000	1.0425	1.0454
20.0	5000	1.0538	1.0698
20.0	6000	1.0769	1.0833

將表【10】繪成圖形，如圖【15】。

圖【15】 磁場強度對反應速率之關係圖

比較速率



2. 電壓 20V、 NaNO_3 2M、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 2M、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 2M 溶液，磁場強度各約為 0、2000、3000、4000、5000、6000 高斯時。

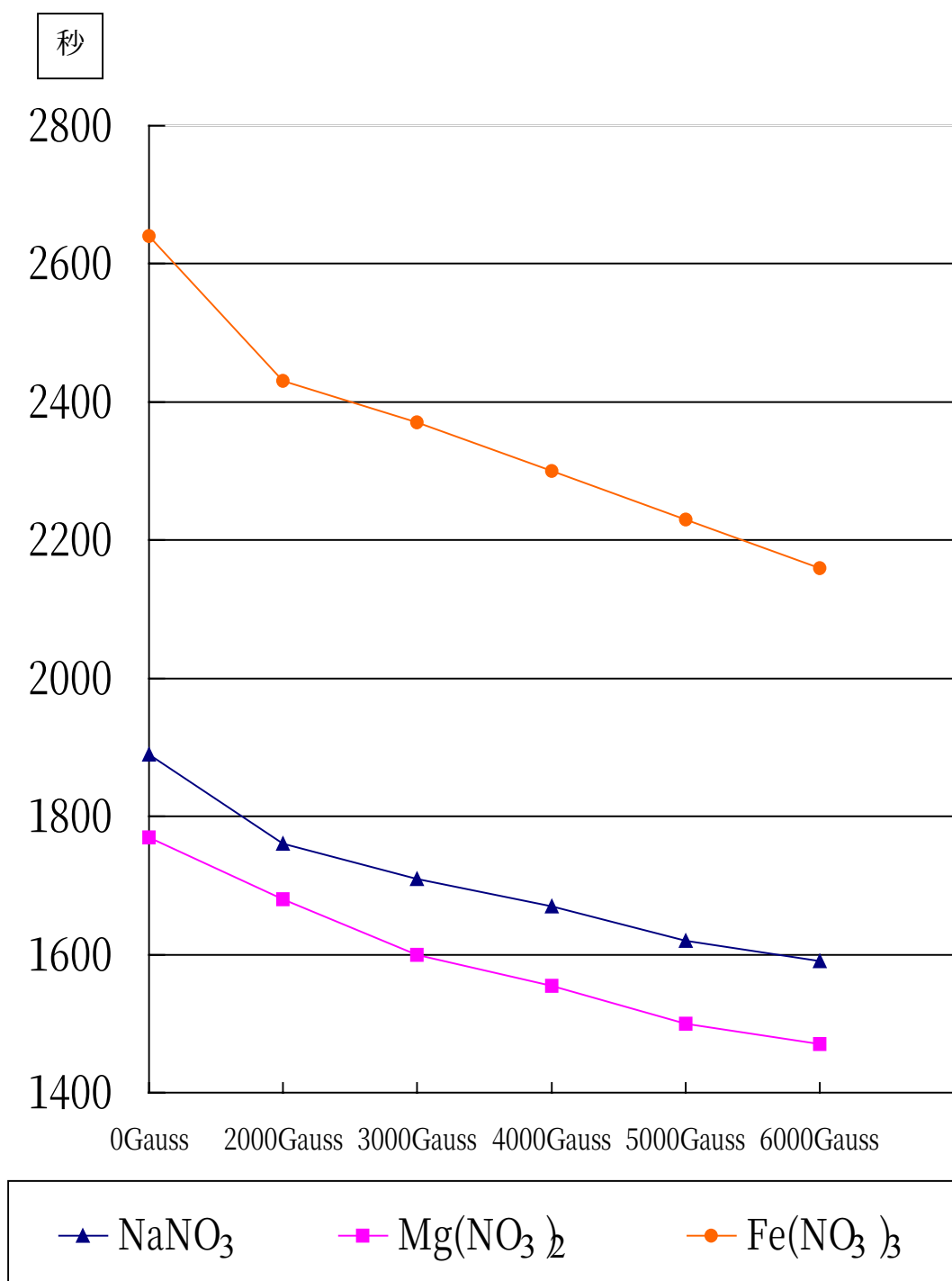
(1) 磁場與電場平行時，磁場強度對 NaNO_3 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 電解反應時間之影響。如表【11】

表【11】 磁場強度對反應時間之影響

V	高斯	反應時間〈秒〉		
		NaNO_3	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
20.0	0	1890	1770	2640
20.0	2000	1760	1680	2430
20.0	3000	1710	1600	2370
20.0	4000	1670	1555	2300
20.0	5000	1620	1500	2230
20.0	6000	1590	1470	2160

將表【11】繪成圖形，如圖【16】。

圖【16】 磁場強度與反應時間之關係圖



(2) 磁場與電場平行時, 磁場強度對 NaNO_3 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$

電解電流大小之影響。表【12】

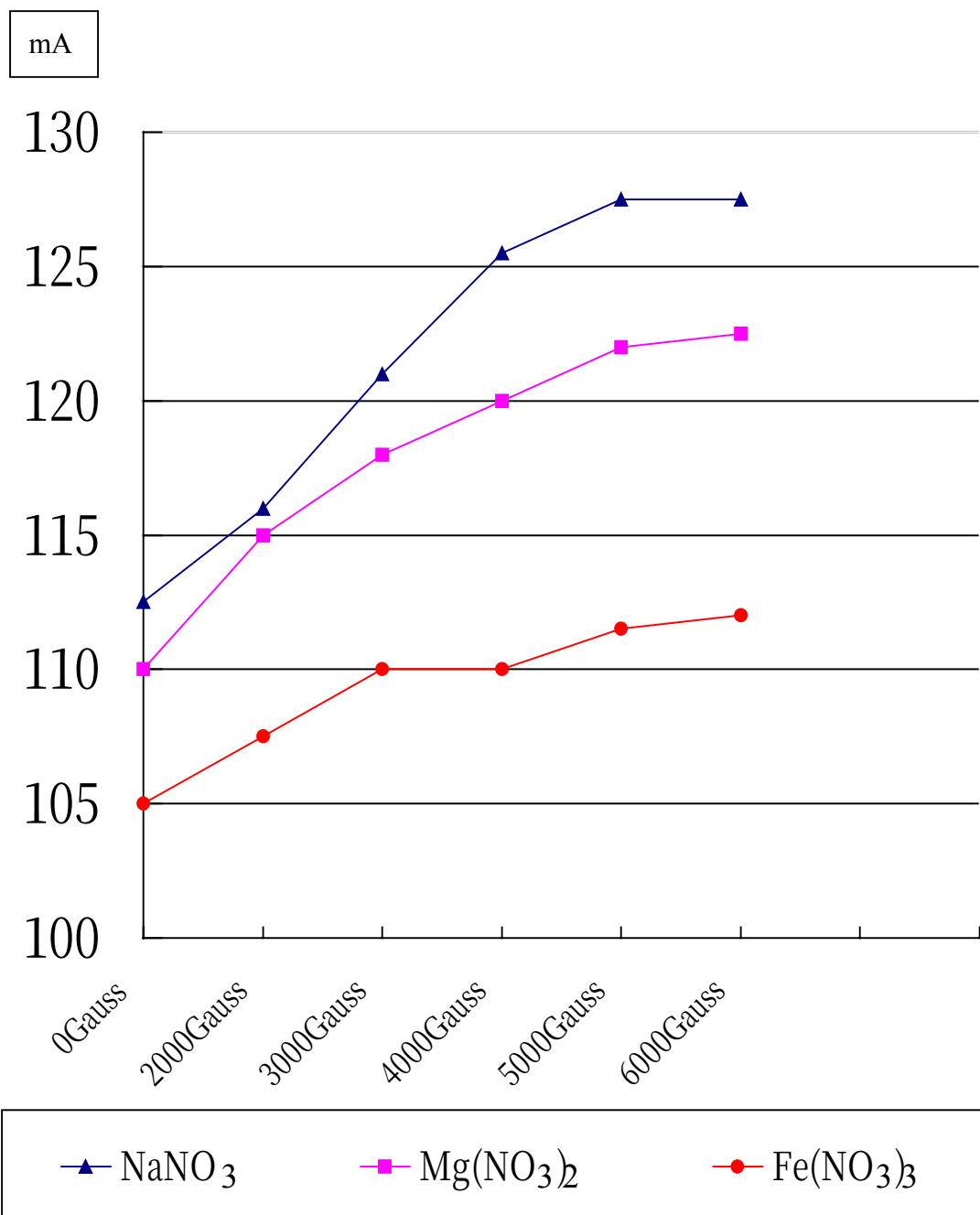
表【12】 磁場強度對電流大小之影響

V	高斯	mA		
		NaNO_3	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
20.0	0	112.5	110.0	105
20.0	2000	116	115.0	107.5
20.0	3000	121	118	110
20.0	4000	125.5	120	110
20.0	5000	127.5	122	111.5
20.0	6000	127.5	122.5	112

將表【12】繪成圖形，如圖【17】。

圖【17】

磁場強度與電流大小關係圖



(3)磁場與電場平行時磁場強度對 NaNO_3 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$

電解反應速率之影響。如表【13】。

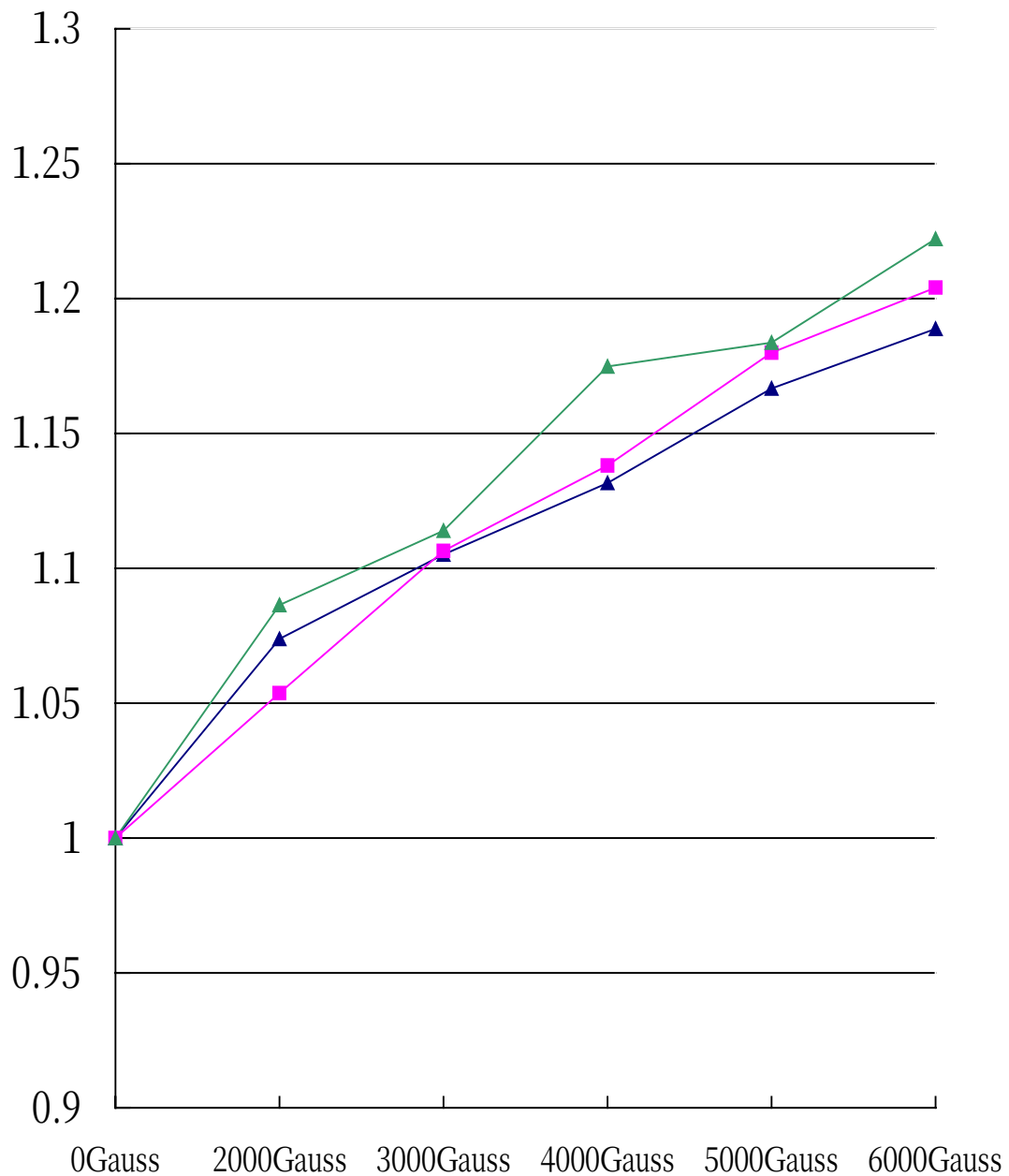
表【13】 磁場強度對反應速率之影響

V	高斯	反應速率		
		NaNO_3	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
20.0	0	1.0000	1.0000	1.0000
20.0	2000	1.0738	1.0536	1.0864
20.0	3000	1.1052	1.1063	1.1139
20.0	4000	1.1317	1.1382	1.1748
20.0	5000	1.1666	1.1800	1.1838
20.0	6000	1.1887	1.2040	1.2222

將表【13】繪成圖形，如圖【18】。

圖【18】

磁場強度對反應速率之關係圖



—▲— NaNO₃

—■— Mg(NO₃)₂

—▲— Fe(NO₃)₃

3. 電壓 20V、 KMnO_4 0.01M 溶液，磁場強度各約為 0、6000 高斯時。

(1) 磁場與電場平行時磁場強度對 KMnO_4 電流變化之影響。

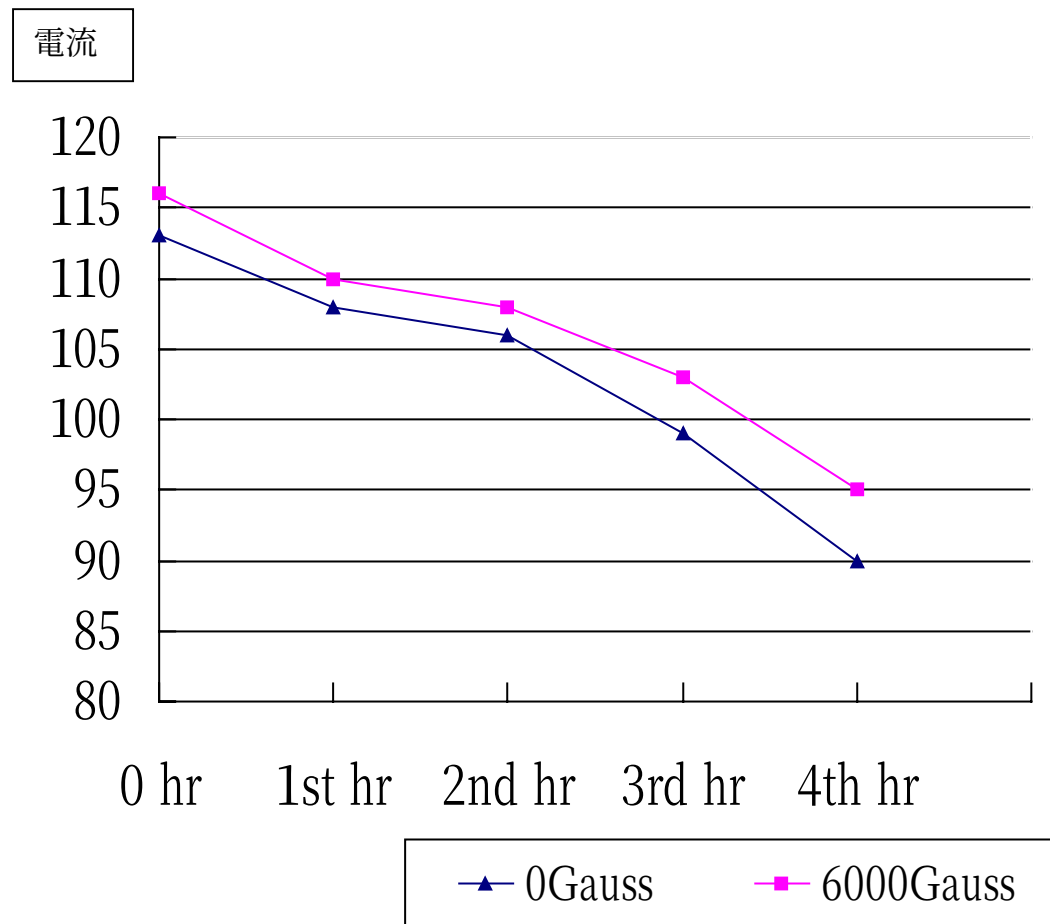
如表【14】

表【14】 磁場強度對電流變化之影響

V	高斯	電流變化 mA				
		0 hr	1 st hr	2 nd hr	3 rd hr	4 th hr
20.0	0	113	108	106	99	90
20.0	6000	116	110	108	103	95

將表【14】繪成圖形，如圖【19】。

圖【19】 磁場與反應時間之關係圖



磁場與電場平行時磁場對 HCl 和 H₂SO₄ 之影響：

表【20】 磁場與電場平行時電解時間比

V	高斯	反應時間〈秒〉	
		HCl	H ₂ SO ₄
20.0	0	930	570
20.0	6000	870	555

表【21】 磁場與電場平行時電流比

V	高斯	mA	
		HCl	H ₂ SO ₄
20.0	0	51	82
20.0	6000	55	82.5

表【21】 磁場與電場平行時之反應速率比

V	高斯	反應速率	
		HCl	H ₂ SO ₄
20.0	6000	1.0689	1.0270

六.討論：

(一) 磁場強度對電解質溶液之電阻的影響：

由上表【8】、表【11】及圖【13】、圖【16】中可得知，反應時間在磁場 2000 高斯、3000 高斯、4000 高斯、5000 高斯、6000 高斯下，以磁場 6000 高斯所需電解時間為最短，也就是說，若電壓相同，且電解液濃度不變，依歐姆定律： $\text{電壓} = \text{電流} \times \text{電阻值}$ 。電阻值假設為相同時，則電壓固定，電流也應保持定值。但依表【9】、表【12】及圖【14】、圖【17】中可得知電流隨磁場強度之強弱而改變了。由圖【15】、圖【18】中我們發現磁場對不同的離子，也會有些不同幅度的改變，這個部分將留到後面作統整性的討論，話說回來，磁場對不同離子的影響，都有一個共同點就是，不同離子在越強的磁場下電解，其電流就越大，換言之就是，強磁場必定影響的整個電解液的電阻了。而且我們在圖【14】、圖【17】中我們發現電流大小與磁場大小的趨勢關係就類似一條不通過原點的線性函數。

(二) 磁場與電場所夾角度對反應速率的影響：

由上討論(一)中我們已討論到，反應時間在磁場 6000 高斯下，形成等量產物之所需電解時間為最短，我們推測若外加磁場與電極成平行時其反應速率最大，則由表【3】、圖【8】及表【6】、圖【11】中，我們可以得到當磁場同為 6000Gauss 時，及當電場與磁場所成角度 θ 為 0° 或 180° 時反應速率 R 值為最大，實驗中巨觀性的證明了假設的正確性，而當 θ 為 90° 或 270° 時磁場對反應速率 R 值的影響則在同磁場強度下是最小的，但我們發現就算磁場的方向向量與電場垂直也仍會比未加外磁場時的 R 值還要大，我們在微觀的理論推測下，認為應該是在磁場與電場垂直的狀況下，其所造成平行方向之磁距最小所致，反之，就是說當為平行時磁距為最大，才會影響電解液，使電阻值變小，所以才會提升反應速率。而當 θ 為 45° 、 135° 、 225° 或 315° 時反應速率 R 值相近且介於 0° 至 90° 之間，若以之前的猜想推測，當磁場與電極成 45° 時，其磁距在平行方向的影響，剛好與表【3】、圖【8】及表【6】、圖【11】不謀而合。因此我們的猜想應該是正確的。從觀察中，我們發現，反應速率 $R_{\max}$ 值出現在 θ 為 0° 或 180° ；反應速率 $R_{\min}$ 值出現在 θ 為 90° 或 270° 時。 θ 對電解速率的影響與三角函數圖形中的 $\cos \theta$ 函數圖形相類似。

(三) 磁場強度與角度對 NaOH、KOH 兩種金屬氫氧化物 影響之比較：

由表【1】及圖【6】可知在無外加磁場的情況下電解 NaOH、KOH 溶液，KOH 溶液產生相同量氫氣的時間比 NaOH 還要來的短，但以週期表來說，Na 在第二週期，K 在第三週期，則 K^+ 離子比 Na^+ 離子重，分子移動速度應該比較慢，我們猜測應該是因為 K 活性比 Na 大，我們由此推測，若是改由 K 原子溶於水中，使其形成 KOH，其使水解離成 H^+ 、 OH^- 的程度應該比等量 Na 原子溶於水中，其形成 NaOH 使水解離成 H^+ 、 OH^- 的程度還大，因此 2M 之 $KOH_{(aq)}$ PH 值(12.60)也就比 2M 之 $NaOH_{(aq)}$ PH 值(11.85)大，因此在無外加磁場的情況下 PH 值對電解反應速率的影響更勝過離子重量的影響。此時若再加入強磁場，就像同施予一相等的能量，防止電解液的極化。因此我們說，即使外加了 6000Gauss 的強磁場，生成等量氣柱時， $KOH_{(aq)}$ 的速率仍會比 $NaOH_{(aq)}$ 快。

(有關 PH 值與文獻之衝突，請見附錄)

有外加磁場時，磁場強度與角度對 NaOH、KOH 影響的趨勢幾乎相同，但仍以 KOH 略大，以 MHD 效應的角度來看， Na^+ 較輕，應該較好推動，提升的反應速率也應該較大，但事實上，水中的 H^+ 、 OH^- 皆會受到磁場感應，PH 值較大， OH^- 越多，它的移動也就越較 H^+ 佔優勢，我們也嘗試過泡製 1L 的水中含有 1mole 的 KOH 和 1mole 的 NaOH，使其 PH 值介於兩者間，電解時間果然在兩者之間，剛好證實「PH 值大對磁場的感應較大」，所以『磁場對強酸及強鹼提升的反應速率較弱酸及弱鹼更大。』

(四) 磁場強度與角度對 NaNO_3 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 三種不同價數金屬硝化物的影響：

磁場對硝酸根系、 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 離子化合物的影響的比較變得較不規則，但我們發現離子價數的確會影響反應速率。從中我們可知道在有外加磁場的狀況下，如表【6】及圖【11】中我們可以看出電解效率 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 > \text{NaNO}_3 > \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ，但由於 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 的情況極為特殊，其電流在兩分鐘內降至不到 10mA，電解的時間也長，所以其誤差也較大，不得已下，我們只好選擇了同價數的 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 來比較，如圖【11】所示，**電解速率 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 > \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 > \text{NaNO}_3 > \text{Al}(\text{NO}_3)_3$** ，價離子最高的 Fe^{3+} 大於 Mg^{2+} 大於 Na^+ ，所以我們推測，**【金屬離子價數越高、對磁場的感應也將越大】**，但因 NO_3^- 離子電解時彼此有差異(如 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 電解時負極也有氣體產生，其他三者則無)，加上 Fe^{3+} 為 B 族離子，價數雖同，但與我們原先所希望差異小的同週期已相差頗多，希望有人能繼續深入探討下去。

(五) 強磁場下電解 KMnO_4 對電流變化的影響：

當電解 $\text{KMnO}_{4(\text{aq})}$ 時，因過錳酸鉀的溶解度低，室溫下 0.01M 的溶液已趨近飽和，如果電壓調為較低的伏特數，電流的變化就不夠顯著，因為我們主要是觀察電解反應進行時，磁場與電流變化的趨勢，所以選擇以 20 伏特為電解電壓，在這種電壓下，即使是結合力強大的過錳酸根離子也可能崩解產生複雜的副反應，任何可能的氧化還原反應也許也會發生，就不會像文獻記載的純粹電解水那麼簡單了，在附錄中我們作了幾個簡單的定性分析實驗，以證明電阻的來源是 MnO_4^- 分解產生的 MnO_2 。

電解反應進行的過程中電阻值因 MnO_2 之產生，而隨反應時間漸漸變大。由表【14】及圖【19】中，我們知道在外加磁場 6000Gauss 下電流改變趨勢雖與無外加磁場相似，但很明顯的磁場提高了電解反應的電流，就這個部分已達成了我們的目的。

(六) 磁場對分子極性大小的影響:

由表【17】可看出在磁場中，所提升的反應速率是 $\text{HCl} > \text{H}_2\text{SO}_4$ 的，尤於之前在討論(三)已經討論過，PH 值的影響會大過於磁場，所以我們調配了 PH 值=2 的 HCl 溶液及 H_2SO_4 的溶液，來比較這極性大小不同的兩者，磁場對他們的影響，由結果我們可以知道， HCl 所提升的反應速率大於 H_2SO_4 ，而 HCl 的極性也是遠大於 H_2SO_4 ，雖有略小的分子量的影響，但我們仍可以說極性大者，對磁場的感應也將較大。

七.結論：

(一)在電解反應中不同磁場強度與反應速率的關係：

本報告探討的電解反應中以鹼金族氫氧化物的電解最為規率，也是今日工業電解最常用的兩種電解質。

我們發現磁場強度對電解反應速率的影響呈線性關係，也就是說，磁場強度越大，反應速率就越快，關係式為：

$R(\text{實驗速率}) - R_0(\text{正常速率})$ 正比於 $H(\text{磁場強度})$

(二)在電解反應中不同磁場角度與反應速率的關係：

電場是由電荷所產生的，而磁場是由電荷運動的產物，並不是靠這磁荷所產生的，誠如安培假設磁性物質的磁場，是由分佈在磁性物質內部的永久性環流所建立的。且自然界中尚未發現對應於磁荷的電荷，因此將磁場反轉 180° 時並不會造成反效果，由實驗應證亦為如此。又由實驗得知當磁場與電場平行時所得 R 值為最大，垂直時為最小， R 值應與 $\cos \theta$ 有相當的關連性。其具有向量性質，所以原子或離子磁距大小，即其所有電子產生的磁距向量和。得到下列關係式：

$R(\text{實驗速率}) - R_0(\text{正常速率})$ 正比 $H(\text{磁場強度}) \times |\cos \theta|$

電場強度增加時對同狀態之電解質溶液之電解速率必然增大。由法拉弟定律：

析出物質量 $m = \text{比例常數 } Z \times \text{電流強度 } |E| \times \text{時間 } t \rightarrow (a)$

可知電解速率必正比於 $|E|$ ，且 $m = \text{總電解速率 } R_p \times \text{時間 } t$

將(a)代入法拉弟電解第一定律可得：

$$R_p = \text{比例常數 } Z \times \text{電流強度 } |E|$$

然而因為磁場內磁力線並不相交，且磁力線並非全都平行於電場，應用上述磁力僅作用於平行於電場的分量造成電解速率之改變。所以電解速率應為磁場內所有磁力線作用於電場平行方向的積分：

$$\int \langle |H \text{ 向量}| \times |\cos \theta| \rangle$$

又由實驗得知當磁場與電場平行時所得 R 值為最大，垂直時為最小， R 值應與 $\cos \theta$ 有相當的關連性。其具有向量性質，所以原子或離子磁距大小，即其所有電子產生的磁距向量和。

因此即使磁場與電場相垂直仍可加快反應速率，
不會因 $\cos 90^\circ = 0$ 而使反應速率之值為 0，而使邏輯上矛盾。

若不考慮磁場與電場以外的因素下，可求得：

$$\text{電解速率 } R_p = k \times \int \langle |H \text{ 向量}| \times |\cos \theta| \rangle \times |E \text{ 向量}|$$

(三)磁場強度對不同價數金屬離子 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 關係：

在電解反應中，取不同價數離子，我們發現，金屬離子的電解效率的確有隨著價數增高而略為增快的情況， $\text{Fe}^{3+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{+} > \text{Al}^{3+}$ ，但 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 的電解效率幾乎降低到趨近於零，所以其誤差也大，我們懷疑 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 在電解反應中會產生沉澱物，而嚴重影響其導電度，因為我們所要探討的是價數，所以我們選擇了同價的 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 來操做，另外由於 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 電解時，產生的產物與 NaNO_3 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 並不完全相同，B 族的 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 和其他三者也有差異，因此我們不能完全肯定地確定他們的關聯。

(四)磁場強度對鹼金族離子 Na^+ 、 K^+ 的關係：

電解反應中， K^+ 離子雖比 Na^+ 離子還重，但 KOH 之解離度比 NaOH 大，因此 PH 值對在外加磁場下電解 KOH 、 NaOH 之反應速率的影響佔了絕大比例，遠大於其原子量的影響，也就是說較強的電解質，其對磁場的感應也越大，如果就同一族而言，往下其活性越強，對磁場的感應也越強。

(五)磁場對分子極性大小的影響：

在 PH 值同為 2 的情況下，比較極性大小不同的 HCl、 H_2SO_4 ，我們發現 HCl 在磁場中所提升的反應速率較 H_2SO_4 大，因此我們認為在分子量影響不大的狀態下，電解質極性大者，對磁場的感應也將較大

(六)磁場中各離子互不影響

在我們比較 2M 的 KOH、2M 的 NaOH、和 1L 中含有 1moleKOH 和 1moleNaOH 的混合液的數據，我們發現各離子在不發生化學反應下，其受磁場的感應和其未混合一樣，並未有加成性，而整體的速率取決於各離子的總向量和。

*結語：我們希望將我們的研究推展到工業上以減少能源的浪費，使用永久磁鐵也可避免耗能，因此我們認為將磁場運用於電化學工業的確是可行的。

八.參考文獻：

- 1.方金祥 著 《微型化學實驗之設計與製作》 高雄復文圖書出版社
2. 林雲海 著 《電磁學》(二版) 銀禾文化出版 74 年 10 月
3. 田福助 著 《電化學—基本原理與應用》(四版) 高立圖書出版
79 年 8 月 P.1~77
4. 段木干 主編 《物理大辭典》(初版) 人文出版社 69 年 4 月
5. 孫又予 著 《微波電路學-電磁理論》(初版) 國立編譯館 81
年 3 月 P.16~55
6. 曾國輝 著 《化學》(二版) 藝軒圖書出版社 75 年 1 月
P.789~795

(第一名)

1. 以磁場的條件來探討電解的情形，具有創新性，而變因探討也完整
2. 在實驗條件的精確上，可以更再精細控制
3. 公式的來源宜交代清楚，既是由研究數據得來，則必須將所有變數、係數之單位大小皆說明清楚
4. 磁場強度與均勻度的控制如何？宜進一步說明。