中華民國第四十八屆中小學科學展覽會作品說明書

國中組 理化科

031625

酸酸鹼鹼何時和

學校名稱:台中縣立爽文國民中學

作者: 指導老師:

國二 廖城武

國二 林琮翊

國二 曾凱翌

國二 林冠辰

施富吉

關鍵詞: 電解滴定、酸鹼中和、放熱反應

題目:酸酸鹼鹼何時和

摘要

利用電解質水溶液的導電電流大小來判定酸鹼中和的當量點。研究過程中發現若未固定碳棒面積,則影響導電電流大小的因素有加入已知濃度酸(或鹼)的量以及碳棒的接觸面積。於是我們改良實驗裝置將碳棒面積固定,發現所得結果與酸鹼指示劑比較,更能精確判定當量點,且準確度與pH 儀相似。我們也探討兩極深度、兩極距離、外加電壓對導電電流的影響,以及不同濃度和不同種類的酸鹼中和對實驗結果的影響。最後,由於酸鹼中和是放熱反應,我們也利用水溶液的溫度變化來測量酸鹼中和的當量點。

青、研究動機

上實驗課時,理化老師講解課本中酸鹼中和的滴定,是以已知濃度之酸(或鹼)來測定未知濃度之鹼(或酸)。我們發現藉由酸鹼指示劑測定當量點不是件容易之事,所得之結果其誤差甚大,而 pH 儀雖然可以精確測量當量點,但價格較昂貴。於是,我們便想尋找更精確的方法來測量酸鹼中和的當量點以作爲科展的主題。我們利用國中所學測量電解質水溶液導電電流的方法來精確測量酸鹼中和的當量點,並進一步改良實驗裝置以求得更精確的當量點。

貳、研究目的

- 一、探討影響電解質水溶液導電電流大小的因素。
- 二、利用電解質水溶液的導電電流測定酸鹼中和的當量點。
- 三、固定碳棒面積探討濃度和體積對導電電流的影響。
- 四、利用改良的電解裝置測定酸鹼中和的當量點。
- 探討高低濃度酸鹼中和對實驗結果所產生的影響。
- 六、探討提高低濃度酸鹼中和當量點精確性的方法。
- 七、測量不同種類酸鹼中和的當量點。
- 八、利用已知濃度的一元鹼來測定多質子酸的當量點。
- 力、利用溶液的溫度變化來測定當量點。

參、研究設備器材及藥品

- 一、設備:上皿天平、電源供應器、三用電表、玻璃棒、鱷魚夾電線、量筒、升降台、支架、 燒杯、碳棒、游標尺、刮勺、電極固定器、pH 儀。
- 二、藥品:鹽酸(HCl)、硫酸(H2SO4)、氫氧化鈉(NaOH)、氨水(NH4OH)、醋酸(CH3COOH)、食鹽 (NaCl)、酚酞指示劑。







肆、研究過程與方法

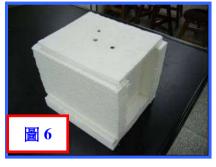
依據研究目的,我們將研究過程分爲前置作業和九項實驗,分別詳述如下:

前置作業

- (一) 實驗組裝:將測量電壓和電流的連接方式用在電解質溶液。利用鱷魚夾電線將電源供應器、電極固定器、伏特計和安培計連接,如圖 4。
- (二) 製作兩極距離調整器:利用一些簡單零件將兩極碳棒製作成可以調整距離的裝置,如圖 5。







(三)製作保溫裝置:利用保麗龍製作簡易的保溫箱,以便測量酸鹼中和所產生的溫度變化,如 圖 6。

一、實驗一:探討影響電解質水溶液導電電流大小的因素

(一)、探討外加電壓與導電電流的關係

- 1. 調製 0.1M 的食鹽水溶液 1 公升。控制兩極距離爲 5cm,並將碳棒沒入液面下 10cm。
- 2. 打開電源供應器逐漸加大電壓測量電壓從 0~15V 之電流値(每增加 0.5V, 讀取電流値一次)。記錄電壓與電流的數據於表一。





圖 7 測量不同外 加電壓下, 電壓與電流 之關係。

(二)、探討兩極距離與導電電流的關係

- 1. 控制電解質溶液其他變因:固定兩極面積、溫度控制在常溫,並調製 0.1M 的食鹽水溶液 1 公升。
- 2. 改變兩極距離:(探討距離與導電電流的關係)
 - (1) 固定電壓為 10V,測量兩極距離為 3cm 時之電流値。記錄距離與電流的數據於表二。
 - (2) 依序改變兩極距離爲 4cm、5cm、6cm、7cm、8cm、9cm、10cm,並重複步驟(1)。

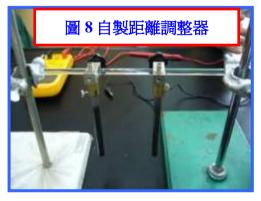






圖 9 固定電壓爲 10V 時,測 量不同碳棒 距離與電流 之關係。

(三)、探討兩極面積與導電電流的關係

- 1. 調製 0.1M 的食鹽水溶液 1 公升,並在燒杯底下架 設升降器(圖 10)。固定兩極距離 5cm、溫度控制在 常溫。
- 2. 改變兩極面積:(測量面積與導電電流的關係)
 - (1) 藉由沒入不同深度以改變兩極面積大小。將深 度與面積之關係整理成表三。
 - (2) 固定電壓為 10V, 測量碳棒沒入深度為 3cm 時之電流値, 記錄面積與電流的數據於表四。
 - (3) 依序改變碳棒沒入深度爲 4cm、5cm、6cm、7cm、8cm、9cm、10cm, 並重複步驟(2)。





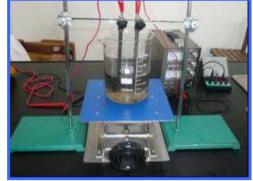


圖 11 固定電壓爲 10V 時,測 量不同碳棒 面積與電流 之關係。

二、實驗二:利用電解質水溶液的導電電流測定酸鹼中和的當量點

- (一) 調製 0.5M 的 NaOH 水溶液 100mL,將碳棒並沒入液面下 3cm。控制兩極距離爲 5cm,外加電壓爲 7V。
- (二) 調製相同莫耳濃度 0.5M 的 HCl 水溶液,將溶液倒入滴定管中。將鹽酸逐漸滴入 NaOH 中,並測量不同鹽酸量的電流值。將數據記錄於表五中。



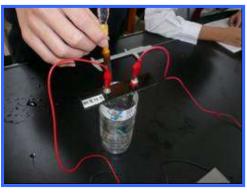


圖 12 未固定碳棒 面積,測量 酸鹼中和的 導電電流。

三、實驗三:固定碳棒面積探討濃度和體積對導電電流大小的影響

- (一) 由實驗二我們知道隨著滴入的鹽酸量越多,液面會逐漸上升使碳棒接觸面積增加。因此影響導電電流大小的因素除了滴入鹽酸的量之外還有碳棒的接觸面積。於是我們改良實驗裝置將碳棒以電工膠布纏繞固定露出長度,並進行下列兩項實驗來驗證改良裝置的可行性。
- (二) 固定碳棒露出長度 3cm,探討相同體積、不同濃度的電解質水溶液對導電電流的影響
 - 1. 調製莫耳濃度 0.1M、0.2M、0.3M、0.4M、0.5M、0.6M、0.7M、0.8M、0.9M 和 1M 的 NaOH 各 150mL。
 - 2. 固定兩極距離為 5cm、外加電壓為 7V。測量相同體積但不同濃度下的導電電流大小, 將數據記錄於表六。
- (三) 固定碳棒露出長度 3cm,探討相同濃度、不同體積的電解質水溶液對導電電流的影響
 - 1. 調製莫耳濃度 0.5M 的 NaOH 溶液 3000mL。
 - 2. 固定兩極距離為 5cm、外加電壓為 7V。測量相同濃度下體積為 150mL、175mL、200mL、225mL、250mL、275mL、300mL、325mL、350mL、375mL 的導電電流大小、 將數據記錄於表土。





圖 13 固定面積探 討濃度與體 積對導電電 流的影響。

四、實驗四:利用改良的實驗裝置測定酸鹼中和的當量點

- (一) 由實驗三的結果得知,固定碳棒面積的情況下,影響導電電流大小的因素是濃度大小而 與溶液的體積多寡無關,驗證改良的實驗裝置可以用於探討酸鹼中和時濃度變化與電流 的關係。於是,利用改良的實驗裝置進行測定酸鹼中和的當量點,使操縱變因只有加入 溶液量的多寡。
- (二) 調製 0.5M 的 NaOH 水溶液 100mL,將露出長度 3cm 的碳棒沒入液面。控制兩極距離爲 5cm,外加電壓爲 7V。
- (三) 將相同莫耳濃度 0.5M 的 HCl 水溶液倒入滴定管中。將鹽酸逐漸滴入 NaOH 中,並測量不同鹽酸量下的電流值。將數據記錄於表八中,並對表八數據進行二次微分記錄於表九中。
- (四) 利用滴定管將 0.5M 的鹽酸逐漸滴入 0.5M、100mL 的 NaOH 水溶液中,並使用 pH 儀測量不同鹽酸量下的 pH 值,以及觀察酚酞指示劑的變色情形。將數據記錄於表十中,並對表十數據進行一次微分記錄於表十一中。
- (五) 比較「改良電解裝置」、「pH 儀」和「酚酞指示劑」所測得之當量點的誤差,記錄於表十二中。





圖 14 固定碳棒面 積,測定酸 鹼中和的當 量點。

五、實驗五:探討高低濃度對實驗結果所產生的影響

- (一) 我們進一步探討不同濃度的酸鹼中和對改良裝置的影響。
- (二) 調製 $0.1M \cdot 0.2M \sim 1M$ 的 NaOH 水溶液各 100mL,並將露出長度 3cm 的碳棒沒入液面。 控制兩極距離為 5cm,外加電壓為 7V。
- (三) 調製莫耳濃度 0.1M、0.2M~1M 的 HCl 水溶液,將溶液倒入滴定管中。利用滴定管將鹽酸逐漸滴入與其同濃度的 NaOH 中,並測量不同鹽酸量下的電流值。將數據記錄於表十三中。

六、實驗六:探討提高當量點精確性的方法

(一) 由實驗五發現高濃度的酸鹼中和其當量點非常明顯。而低濃度的酸鹼中和,所得的當量點較不明顯。於是,我們進行下列兩項實驗以提升低濃度酸鹼中和當量點的精確度。

(二) 提高外加電壓:

- 1. 固定兩極距離為 5cm,固定碳棒露出長度 3cm,並提高電壓為 7.5V。
- 2. 利用滴定管將濃度同爲 0.3M 的 HCl 逐漸加入 100mL 的 NaOH 中,並測量不同鹽酸量下的導電電流大小。
- 3. 依序改變電壓爲 8V、8.5V、9V、9.5V 和 10V,並重複步驟 2。將數據記錄於表十四中。

(三) 縮短兩極距離:

- 1. 固定外加電壓為 7V,固定碳棒露出長度 3cm,並縮短兩極距離為 4cm。
- 2. 利用滴定管將濃度同為 0.3M 的 HCl 逐漸加入 100mL 的 NaOH 中,測量不同鹽酸量下的導電電流大小,將數據記錄於表十五中。
- 3. 改變兩極距離爲 3cm,並重複步驟 2。將數據記錄於表十六中。

七、實驗七:探討不同種類酸鹼中和的當量點

(一) 強酸弱鹼:(HCl 和 NH4OH)

- 1. 調製 0.5M 的 NH4OH 水溶液 100mL。控制兩極距離為 5cm,外加電壓為 7V。
- 2. 將相同莫耳濃度 0.5M 的 HCl 水溶液倒入滴定管中。將鹽酸逐漸滴入氨水溶液中,並測量不同鹽酸量的電流值。將數據記錄於表十七中。
- 3. 重複上述步驟,但以氨水滴定鹽酸。測量不同氨水量下的電流值。將數據記錄於表十八中,並對表十八數據進行二次微分記錄於表十九中。
- 4. 將莫耳濃度 0.5M 的 NH4OH 水溶液倒入滴定管中。將氨水逐漸滴入 0.5M、100mL 的 HCl 水溶液中,並使用 pH 儀測量不同氨水量下的 pH 值,以及觀察酚酞指示劑的變色 情形。將數據記錄於表二十中。,並對表二十數據進行一次微分記錄於表二十一中。
- 5. 比較「改良電解裝置」、「pH 儀」和「酚酞指示劑」所測得之當量點的誤差,記錄於表二十二中。





圖 15 利用改良裝置 測定不同種類 的酸鹼中和當 量點。

(二) 弱酸強鹼:(CH₃COOH 和 NaOH)

- 1. 調製 0.5M 的 CH₂COOH 水溶液 100mL,固定碳棒露出長度 3cm。控制兩極距離爲 5cm,外加電壓爲 7V。
- 2. 將相同莫耳濃度 0.5M 的 NaOH 水溶液倒入滴定管中。將氫氧化鈉水溶液逐漸滴入醋酸溶液中,並測量不同氫氧化鈉量下的電流值。將數據記錄於表二十三。
- 3. 重複上述步驟,但以醋酸滴定氫氧化鈉。測量不同醋酸量下的電流值。將數據記錄於 表二十四中,並對表二十四數據進行二次微分記錄於表二十五中。
- 4. 將莫耳濃度 0.5M 的醋酸溶液倒入滴定管中。將醋酸逐漸滴入 0.5M、100mL 的 NaOH 水溶液中,並使用 pH 儀測量不同醋酸量下的 pH 值,以及觀察酚酞指示劑的變色情形。 將數據記錄於表二十六中。,並對表二十六數據進行一次微分記錄於表二十七中。
- 5. 比較「改良電解裝置」、「pH 儀」和「酚酞指示劑」所測得之當量點的誤差,記錄於表二十八中。

(三) 弱酸弱鹼:(CH₃COOH 和 NH₄OH)

- 1. 調製 0.5M 的 CH₂COOH 水溶液 100mL,固定碳棒露出長度 3cm。控制兩極距離爲 5cm,外加電壓爲 7V。
- 2. 將相同莫耳濃度 0.5M 的 NH4OH 水溶液倒入滴定管中。將氨水溶液逐漸滴入醋酸溶液中,並測量不同氨水量下的電流值。將數據記錄於表二十九中。
- 3. 重複上述步驟,但以醋酸滴定氨水。測量不同醋酸量下的電流值。將數據記錄於表三十中,並對表三十數據進行二次微分記錄於表三十一中。
- 4. 將莫耳濃度 0.5M 的醋酸溶液倒入滴定管中。將醋酸逐漸滴入 0.5M、100mL 的 NH4OH 水溶液中,並使用 pH 儀測量不同醋酸量下的 pH 值,以及觀察酚酞指示劑的變色情形。 將數據記錄於表三十二中。,並對表三十二數據進行一次微分記錄於表三十三中。
- 5. 比較「改良電解裝置」、「pH 儀」和「酚酞指示劑」所測得之當量點的誤差,記錄於表三十四中。

八、實驗八:利用已知濃度的一元鹼來判定多質子酸的當量點

- (一) 我們也針對多質子酸進行測定酸鹼中和的當量點。
- (二) 調製 0.5M 的 H_2SO_4 水溶液 100mL 裝於燒杯中,固定碳棒露出長度 3cm。控制兩極距離 為 5cm,外加電壓為 7V。
- (三) 將相同莫耳濃度 1M 的 NaOH 水溶液倒入滴定管中。將氫氧化鈉水溶液逐漸滴入硫酸水溶液中,並測量不同氫氧化鈉量下的電流值。將數據記錄於表三十五中,並對表三十五數據進行二次微分記錄於表三十六中。

九、實驗九:利用溶液的溫度變化來測定當量點

- (一) 由於酸鹼中和是放熱反應。於是,我們便想到利用酸鹼中和水溶液的溫度變化來測定當量點。
- (二) 調製 0.1M 和 1M 的 NaOH 水溶液和 HCl 水溶液各 100mL。
- (三) 利用滴定管分別將鹽酸逐漸滴入與其同濃度的 NaOH 中,並用熱電耦式溫度計精確測量不同鹽酸量下的溫度變化。將數據記錄於表三十七和三十八中。





圖 15 測量酸鹼中和 放熱的溫度變 化,以測定當 量點。

伍、研究結果

- 一、實驗一:探討影響電解質水溶液導電電流大小的因素
- (一) 探討外加電壓與電流的關係
 - 1. 測量不同電壓下,電解質水溶液導電電流的大小。

表一 電解質溶液在不同電壓下之電流值

※電解質溶液:0.1 M 氯化鈉水溶液 1 公升、距離 5cm、沒入深度 10cm											
外加電壓(V)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
電流(A)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.09	0.16	0.22	0.30
外加電壓(V)	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5
電流(A)	0.37	0.45	0.53	0.60	0.68	0.76	0.84	0.91	1.00	1.08	1.16
外加電壓(V)	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0		
電流(A)	1.24	1.32	1.40	1.48	1.56	1.64	1.72	1.79	1.87		

2. 將表一數據對 EXCEL 作圖,得到外加電壓與電流的關係。

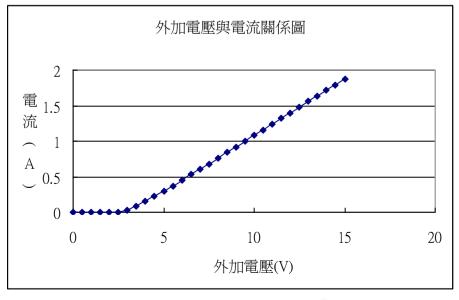


圖 16

說明:

從左圖我們可以發現,電解質溶液的電壓與電流關係,在電壓超過一個限度後,電流會突然上升,且之後電壓與電流成斜直線上升。

(二) 探討兩極距離對導電電流的關係

1. 觀察兩極碳棒在不同距離下之電流值。

表二 測量兩極距離不同時的電流值

兩極 電流 距 (A) 離 外加電壓(V)	3cm	4cm	5cm	бст	7cm	8cm	9cm	10cm
10.0	1.73	1.29	1.08	0.93	0.83	0.73	0.66	0.59

2. 將表二數據對 EXCEL 作圖,得到兩極距離與電流的關係。

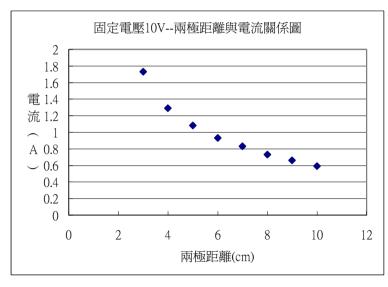


圖 17

說明:

從左圖我們可以發現兩極碳 棒的距離越遠,其電流值越 小。

(三) 探討兩極的接觸面積 (沒入深度)與導電電流的關係

1. 爲了方便改變碳棒面積,我們以碳棒沒入電解液的深度不同,來改變面積。其關係如下表所示:

表三 碳棒沒入深度與面積關係

※碳棒半徑 0.4cm,底面積 0.50cm²,碳棒圓周長 = 2.51 cm²									
深度(cm)	3	4	5	6	7	8	9	10	
面積(cm²)	8.04	10.56	13.07	15.58	18.10	20.61	23.12	25.64	

2. 觀察兩極間在不同面積(沒入深度)下之電流值。

表四 測量兩極面積不同時之電流值

面積 (cm²) 電流 (A) 外加電壓 (V)	8.04	10.56	13.07	15.58	18.10	20.61	23.12	25.64
10.0	0.29	0.39	0.48	0.57	0.66	0.75	0.83	0.92

3. 將表四數據對 EXCEL 作圖,得到面積與電導度的關係。

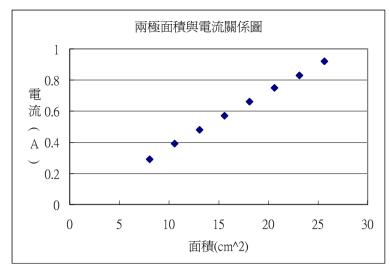


圖 18

說明:

從左圖我們可以發現兩極碳棒沒 入液面的面積越多,其電流值越 大。

二、實驗二:利用電解質水溶液的導電電流測定酸鹼中和的當量點

(一) **未固定碳棒面積**:使用未固定碳棒面積的裝置測定酸鹼中和的當量點,將鹽酸逐漸滴入 氫氧化鈉水溶液中,觀察鹽酸量與導電電流的關係。

表五 未固定碳棒面積其滴入鹽酸量與電導度之關係

※電解質溶液	: 0.5 1	產產 N	化鈉水	(溶液)	l00mL	、距離	5cm \	沒入深	程度 3cm	n,0.5N	M HCl
鹽酸量 V (mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	75	80	85
電流 I (A)	0.66	0.65	0.64	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.5	0.47
鹽酸量 V (mL)	90	95	100	105	110	115	120	125	130	140	150
電流 I (A)	0.46	0.46	0.46	0.47	0.49	0.54	0.57	0.62	0.67	0.75	0.87
鹽酸量 V (mL)	160	170	180	190	200						
電流 I (A)	0.96	1.04	1.1	1.17	1.23						

(二) 將表五數據對 EXCEL 作圖,得到鹽酸量與電流的關係。

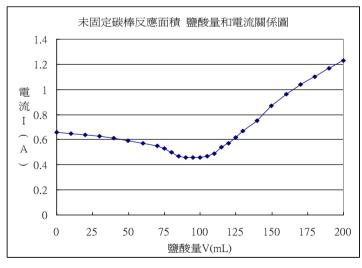


圖 19

說明:

由左圖可以發現要精確判斷酸鹼中和 的當量點並不容易。經過我們探討後 發現原因是因爲碳棒未固定面積時, 則所加入的酸越多,其液面上升所接 觸的面積也越多,影響電流大小除了 所加入的酸之外還有碳棒接觸面積的 關係,同時有兩個操縱變因在影響導 電電流,所得的結果較不準確。

三、實驗三:固定碳棒面積探討濃度和體積對導電電流的影響

(一) 固定碳棒面積和電解質溶液的體積,測量不同濃度的導電電流。

表六 固定體積測量不同濃度的導電電流

※電壓 7V、	兩極距离	雛 5cm、	碳棒露	出長度	3cm、匡	1-2-	化鈉體	積爲 150)mL	
濃度(M)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
電流(A)	0.15	0.32	0.45	0.58	0.66	0.84	0.93	1.08	1.28	1.35

(二) 將表六的數據對 EXCEL 作圖,得到氫氧化鈉濃度與電流的關係。

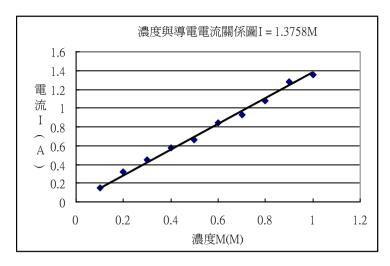


圖 20

說明:

由左圖可知,當溶液的濃度越大 時,其導電能力越強,其電流值也 越大。兩者成正比的關係。

(三) 固定碳棒面積和電解質溶液的濃度,測量相同濃度但不同體積的導電電流。

表七 固定濃度測量不同體積的導電電流

※電壓 7V、	兩極距离	雅 5cm、	碳棒露	出長度	3cm、固	記念氫氧	化鈉濃	度爲 0.5	M	
體積(mL)	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375
電流(A)	0.65	0.65	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	0.65	0.66	0.66

(四) 將表七的數據對 EXCEL 作圖,得到氫氧化鈉體積與電流的關係。

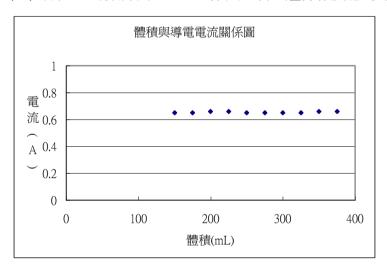


圖 21

說明:

由左圖可知,當碳棒面積固定 時,所加入的氫氧化鈉體積的多 寡並不會影響導電能力,導電電 流幾乎爲一定值。

四、實驗四:利用改良的實驗裝置測量酸鹼滴定的中和點

(一) 固定碳棒面積:利用固定碳棒面積的改良裝置測定酸鹼中和的當量點。

表八 固定碳棒面積其滴入鹽酸量與電流值之關係

※0.5 M 氫氧化	/鈉溶液	友 100mI	_、距离	₤ 5cm、	電壓 7	V、碳棒	奉露出去	長度 3c	m 、 0.5	M 鹽酸	ž Ž
鹽酸量 V (mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
電流 I (mA)	650	630	610	570	520	480	419	365	330	304	291
鹽酸量 V (mL)	95.5	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	100.5
電流 I (mA)	289	288	286	285	283	282	281	280	278	276	278
鹽酸量 V (mL)	101	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	110	120
電流 I (mA)	280	281	282	283	284	285	287	289	290	311	352
鹽酸量 V (mL)	130	140	150	160	170	180	190	200			
電流 I (mA)	430	481	570	630	650	690	700	730			

(二) 將表八數據對 EXCEL 作圖,得到鹽酸量與電流的關係。

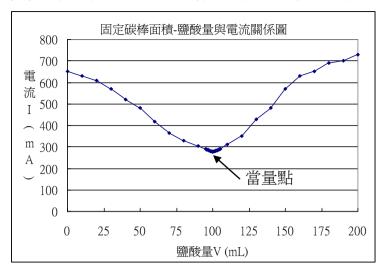


圖 22

說明:

當固定碳棒面積時,即使加入的 酸越多,其液面會上升但與碳棒 接觸的面積不變,影響電流大小 只有溶液的濃度。由左圖我們可 以大約判斷酸鹼中和的當量點 (最低點)。

(三) 將表八數據中的電流值對鹽酸量進行二次微分並加上絕對值。

表九 電流值對鹽酸量二次微分後加絕對值與鹽酸量之關係

※0.5 M 氫氧化鈉溶液 100mL、距離 5cm、電壓 7V、碳棒露出長度 3cm、0.5M 鹽酸											
鹽酸量 V (mL)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	95.5
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0	0.2	0.1	0.1	0.21	0.07	0.19	0.09	0	0.509 091	4
鹽酸量 V (mL)	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	100.5	101
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	4	4	4	4	0	0	4	0	16	0	4
鹽酸量 V (mL)	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	110	120	130
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0	0	0	0	4	0	4	0.8	0.013	0.37	0.27
鹽酸量 V (mL)	140	150	160	170	180	190					
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0.38	0.29	0.4	0.2	0.3	0.2					

(四) 將表九數據對 EXCEL 作圖,得到鹽酸量與 $\left| \frac{d^2 I}{dV^2} \right|$ 的關係。

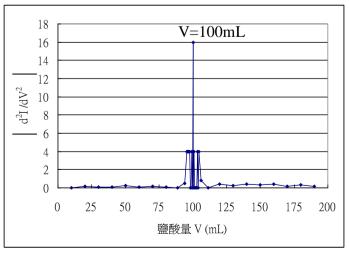


圖 23

說明:

由圖 22 我們只能大致判斷酸鹼中和的當量點。但是,以 d^2I/dV^2 對所加入的鹽酸體積作圖(如左圖),在曲線極大值之點即爲當量點。因此,我們可以精確判斷當量點的位置爲 $V=100 \,\mathrm{mL}$ 。

(五) 利用 pH 儀和酚酞指示劑測定酸鹼中和的當量點。

表十 pH 值與鹽酸量之關係

※0.5M 的鹽酸	8滴入 0	.5 M · 1	.00mL É	的氫氧化	七鈉水洋	容液,四	份酞變色	色時的盟	鹽酸量=	=99.5mL	,
鹽酸量 V (mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
pH 値	11.9	11.9	11.9	11.8	11.8	11.7	11.7	11.6	11.6	11.4	11.2
鹽酸量 V (mL)	95.5	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	100.5
pH 値	11.1	11.1	11.0	10.9	10.8	10.7	10.4	10.0	9.5	8.7	6.9
鹽酸量 V (mL)	101	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	110	120
pH 値	6.0	4.7	3.4	2.5	2.4	2.2	2.1	2.1	2.0	1.7	1.4
鹽酸量 V (mL)	130	140	150	160	170	180	190	200			
pH 値	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9			

(六) 將表十數據對 EXCEL 作圖,得到 pH 值與鹽酸量的關係。

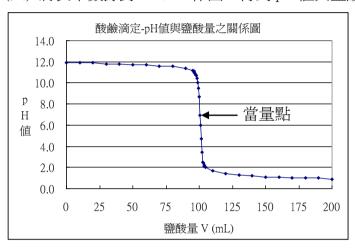


圖 24

說明:

直接將 pH 讀值對所加入的鹽酸體積作圖(如圖 24),所得曲線中斜率最大的點即是當量點,此方法最爲簡單,但誤差也較大。

(七) 將表十數據中的 pH 值對鹽酸量進行微分並加上絕對值。

表十一 pH 值對鹽酸量微分後加絕對值與鹽酸量之關係

※0.5M 的鹽酸	6滴入 0	.5 M 、 1	l00mL É	的氫氧化	化鈉水剂	容液,四	份酞變色	色時的盟	鹽酸量=	99.5mL	,
鹽酸量 V (mL)	5	15	25	35	45	55	65	75	85	92.5	95.25
$\left egin{aligned} dpH/\ dV \end{aligned} ight $	0	0	0.01	0	0.01	0	0.01	0	0.02	0.04	0.2
鹽酸量 V (mL)	95.75	96.25	96.75	97.25	97.75	98.25	98.75	99.25	99.75	100.2 5	100.7 5
$\left egin{array}{c} dpH/\ dV \end{array} ight $	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	0.8	1	1.6	3.6	1.8
鹽酸量 V (mL)	101.2 5	101.7 5	102.2 5	102.7 5	103.2 5	103.7 5	104.2 5	104.7 5	107.5	115	125
$\left egin{array}{c} dpH/\ dV \end{array} ight $	2.6	2.6	1.8	0.2	0.4	0.2	0	0.2	0.06	0.03	0.01
鹽酸量 V (mL)	135	145	155	165	175	185	195				
$\left egin{array}{c} dpH/\ dV \end{array} ight $	0.01	0.01	0	0.01	0	0	0.01				

(八) 將表十一數據對 EXCEL 作圖,得到 dpH/dV 與鹽酸量的關係。

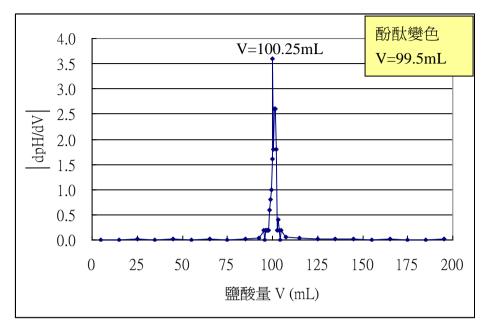


圖 25

說明:

計算單位鹽酸體積的 pH 值變化(即 dpH/dV

値),再以 $\left|\frac{dpH}{dV}\right|$ 對所

加入的鹽酸量作圖(如圖 25),在曲線極大値之點即爲當量點。以 pH 儀測得的當量點爲 V=100.25mL,以酚酞指示劑測得之當量點爲 V=99.5mL。

(九) 計算以改良電解裝置、pH 儀和酚酞指示劑所測得之當量點的誤差。

表十二 三種工具測量強酸強鹼滴定之當量點的誤差值

※0.5M 的鹽酸滴入 0.5 M、100	mL 的氫氧化鈉水溶液	
測量當量點之方法	測得之當量點	誤差値
改良電解裝置	100mL	0%
pH 儀	100.25mL	0.25%

說明:

由上表我們發現以改良後的電解裝置所測得的當量點與實際值相同,而 pH 儀和酚酞 指示劑所測得的當量點其誤差值也非常小,三種工具都能精準測得強酸強鹼中和當量點。

酚酞指示劑 99.5mL 0.5%

五、實驗五:探討不同濃度對實驗結果所產生的影響

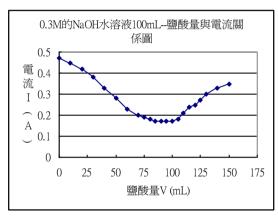
(一) 我們利用改良後的實驗裝置進行測量不同濃度下的酸鹼中和點。

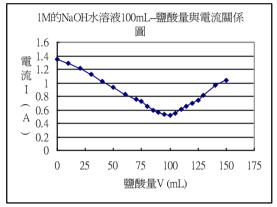
表十三 固定碳棒面積測量不同濃度下之導電電流値

※氫氧化鈉水溶液 100mL、距離 5cm、沒入深度 3cm、電壓 7V										
濃度 電流 (M) (A) 鹽酸量(mL)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0	0.16	0.3	0.47	0.54	0.67	0.86	0.93	1.11	1.23	1.35
10	0.15	0.28	0.45	0.51	0.65	0.84	0.89	1.08	1.20	1.29
20	0.14	0.26	0.42	0.47	0.63	0.79	0.83	1.06	1.18	1.22
30	0.12	0.24	0.38	0.44	0.60	0.73	0.77	1.02	1.08	1.12
40	0.10	0.21	0.33	0.40	0.56	0.67	0.70	0.95	0.99	1.02
50	0.09	0.19	0.28	0.37	0.51	0.63	0.63	0.88	0.88	0.94
60	0.08	0.17	0.23	0.34	0.47	0.56	0.54	0.82	0.82	0.83

70	0.07	0.14	0.20	0.33	0.42	0.47	0.49	0.70	0.77	0.75
75	0.06	0.13	0.19	0.31	0.40	0.41	0.45	0.59	0.70	0.72
80	0.06	0.12	0.18	0.29	0.37	0.39	0.42	0.57	0.67	0.65
85	0.05	0.12	0.17	0.28	0.35	0.35	0.40	0.54	0.61	0.60
90	0.05	0.11	0.17	0.27	0.33	0.33	0.38	0.50	0.55	0.56
95	0.05	0.10	0.17	0.26	0.31	0.32	0.37	0.44	0.51	0.54
100	0.05	0.10	0.17	0.26	0.29	0.31	0.36	0.42	0.50	0.52
105	0.05	0.11	0.18	0.26	0.31	0.35	0.37	0.45	0.51	0.55
110	0.05	0.12	0.21	0.26	0.34	0.39	0.43	0.49	0.56	0.61
115	0.06	0.13	0.24	0.27	0.36	0.42	0.48	0.62	0.64	0.65
120	0.06	0.14	0.25	0.28	0.39	0.46	0.52	0.66	0.66	0.70
125	0.07	0.16	0.27	0.30	0.41	0.51	0.57	0.70	0.75	0.74
130	0.08	0.17	0.30	0.32	0.43	0.56	0.60	0.74	0.76	0.82
140	0.09	0.20	0.33	0.35	0.47	0.58	0.65	0.78	0.81	0.97
150	0.10	0.22	0.35	0.38	0.53	0.64	0.70	0.81	0.92	1.04

(二) 對表十三取濃度爲 0.3M 和 1.0M 的數據對 EXCEL 作圖,得到濃度與電流的關係。





說明: 圖 26 圖 27

由圖 26、27 可以發現當酸與鹼的濃度較高時,酸鹼中和的當量點較容易判斷。但是, 低濃度的酸鹼中和,其當量點的判定較困難。

六、實驗六:探討提高中和點精確度的方法

(一) 測量不同電壓下, 滴入之鹽酸量與導電電流關係。

表十四 固定碳棒面積測量不同電壓下,鹽酸量與導電電流值之關係

ストロ		H KKKIH			27177		
※0.3M 氫氧化釒	內水溶液 1	00mL、距	離 5cm、注	2入深度3	cm • 0.3M	鹽酸	
電壓 電流 (V) (A) 鹽酸量(mL)	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
0	0.52	0.58	0.67	0.72	0.76	0.84	0.87
10	0.49	0.56	0.62	0.67	0.71	0.81	0.81
20	0.47	0.53	0.58	0.61	0.66	0.74	0.75
30	0.44	0.49	0.53	0.55	0.60	0.68	0.70
40	0.39	0.44	0.47	0.49	0.54	0.61	0.64
50	0.35	0.38	0.40	0.45	0.47	0.56	0.58
60	0.30	0.34	0.35	0.39	0.41	0.50	0.53
70	0.25	0.31	0.31	0.33	0.37	0.44	0.45
75	0.23	0.28	0.28	0.32	0.34	0.41	0.42
80	0.22	0.27	0.27	0.29	0.32	0.39	0.40
85	0.21	0.25	0.25	0.28	0.30	0.37	0.38

90	0.20	0.23	0.24	0.26	0.27	0.33	0.36
95	0.19	0.22	0.24	0.24	0.26	0.30	0.34
100	0.18	0.21	0.23	0.23	0.25	0.29	0.32
105	0.18	0.22	0.24	0.25	0.26	0.31	0.34
110	0.20	0.25	0.25	0.27	0.28	0.33	0.36
115	0.24	0.27	0.28	0.30	0.30	0.36	0.38
120	0.26	0.28	0.30	0.33	0.34	0.39	0.4
125	0.28	0.29	0.33	0.35	0.36	0.41	0.44
130	0.30	0.31	0.35	0.37	0.40	0.45	0.47
140	0.34	0.36	0.40	0.41	0.45	0.49	0.51
150	0.37	0.41	0.45	0.48	0.52	0.57	0.58

(二) 對表十四取電壓爲 10V 的數據對 EXCEL 作圖,得到鹽酸量與電流的關係。

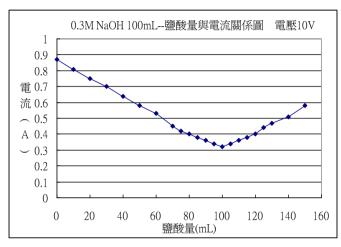


圖 28

說明:

由左圖可以得到當外加電壓較大 時,低濃度的酸鹼中和其當量點較 容易判斷。

(三) 測量不同碳棒距離 4cm、3cm,滴入之鹽酸量與導電電流關係。

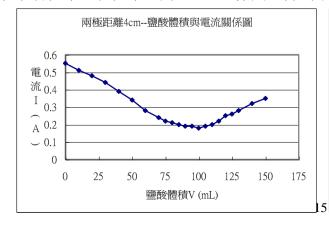
表十五 兩極距離 4cm 時,測量鹽酸量與導電電流值之關係

※兩極距離 4c	m、沒	入深度	更3cm ·	· 0.3 M	氫氧化	比鈉水洋	容液 10	00mL、	電壓 7	V , 0.3	M HCl
鹽酸量 V (mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	75	80	85
電流 I (A)	0.55	0.51	0.48	0.44	0.39	0.34	0.28	0.24	0.22	0.21	0.2
鹽酸量 V (mL)	90	95	100	105	110	115	120	125	130	140	150
電流 I (A)	0.19	0.19	0.18	0.19	0.2	0.22	0.25	0.26	0.28	0.32	0.35

表十六 兩極距離 3cm 時,測量鹽酸量與導電電流值之關係

※兩極距離 3c	m、沒	入深度	更3cm·	• 0.3 M	氫氧化	比鈉水沟	容液 10	00mL、	電壓 7	V , 0.3	SM HCl
鹽酸量 V (mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	75	80	85
電流 I (A)	0.63	0.61	0.57	0.51	0.44	0.39	0.32	0.28	0.26	0.25	0.24
鹽酸量 V (mL)	90	95	100	105	110	115	120	125	130	140	150
電流 I (A)	0.23	0.22	0.21	0.23	0.25	0.27	0.29	0.32	0.35	0.38	0.4

(三) 將表十五和表十六對 EXCEL 作圖,得到不同距離下鹽酸量與電流關係圖。



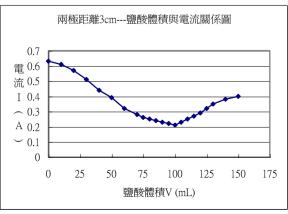


圖 29

說明:

由圖29、30可以知道當兩極距離越靠近時,酸鹼中和的當量點越容易判斷。

七、實驗七:探討不同種類酸鹼中和的滴定終點

(一)強酸弱鹼中和:

1. 探討改良後的實驗裝置是否能測定強酸(鹽酸)與弱鹼(氨水)的酸鹼中和點。

表十七 測量強酸滴入弱鹼的導電電流

※兩極距離 5c	m、沒	入深度	3cm \ ().5 M 复	水溶液	支 100mI	、電壓	₹7V · (O.5 M 鹽	整酸	
鹽酸量 V (mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
電流 I (A)	0.01	0.06	0.11	0.17	0.23	0.30	0.36	0.42	0.49	0.54	0.60
鹽酸量 V (mL)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
電流 I (A)	0.62	0.65	0.67	0.70	0.73	0.74	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81
鹽酸量 V (mL)	220	230	240	250	260	270	280	290	300		
電流 I (A)	0.83	0.84	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.93		

表十八 測量弱鹼滴入強酸的導電電流

※兩極距離 5cm、沒入深度 3cm、0.5 M 鹽酸水溶液 100mL、電壓 7V、0.5 M 氨水											
氨水量 V (mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
電流 I (mA)	620	600	570	540	500	470	420	370	320	270	245
氨水量 V (mL)	95.5	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	100.5
電流 I (mA)	242	240	237	235	233	231	229	227	224	223	222
氨水量 V (mL)	101	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	110	120
電流 I (mA)	220	219	218	216	215	214	213	212	210	202	191
氨水量 V (mL)	130	140	150	160	170	180	190	200			
電流 I (mA)	182	173	161	150	145	137	135	131			

2. 將表十七數據對 EXCEL 作圖,得鹽酸量與電流關係圖。

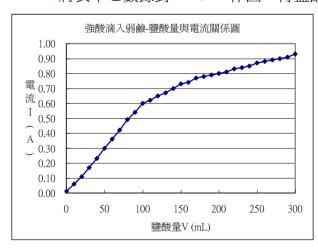


圖 31

說明:

由左圖我們發現當強酸滴入弱鹼 時,鹽酸量與電流的關係呈現兩條 不同斜率的曲線。而其轉折點則是 酸鹼中和的當量點。由左圖我們只 能大約判斷酸鹼中和的當量點。

3. 將表十八數據對 EXCEL 作圖,得氨水量與電流關係圖。

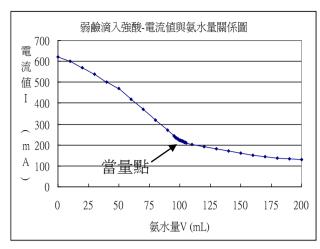


圖 32

說明:

當弱鹼滴入強酸時,氨水量與電流的關係亦清楚呈現兩條不同斜率的曲線。而其轉折點則是酸鹼中和的當量點。由左圖我們只能大約判斷酸鹼中和的當量點。

4. 將表十八數據的電流值對氨水量進行二次微分並加上絕對值。

表十九 電流值對氨水量二次微分後加絕對值與氨水量之關係

※兩極距離 5c	※兩極距離 5cm、沒入深度 3cm、0.5 M 鹽酸水溶液 100mL、電壓 7V、0.5 M 氨水										
氨水量 V (mL)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	95.5
$\left \frac{d^2I}{dV^2}\right $	0.1	0	0.1	0.1	0.2	0	0	0	0	0.363 636	4
氨水量 V (mL)	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	100.5	101
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	4	4	0	0	0	0	4	8	0	4	4
氨水量 V (mL)	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	110	120	130
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0	4	4	0	0	0	4	0.872 727	0.066 667	0.02	0
氨水量 V (mL)	140	150	160	170	180	190					
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0.03	0.01	0.06	0.03	0.06	0.02					

5. 將表十九數據對 EXCEL 作圖,得到氨水量與 $\left| d^2 I \middle/ dV^2 \right|$ 的關係。

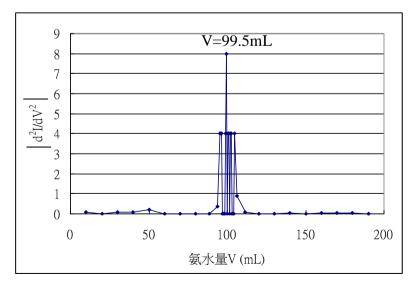


圖 33

說明:

由圖 32 我們只能大致判斷酸鹼中和的當量點。但是,以

 $\left| \frac{d^2 I}{dV^2} \right|$ 對所加入的氨水體積

作圖(如上圖),在曲線極大値 之點即爲當量點。因此,我們能 精確判斷當量點的位置爲 V=99.5mL。

6. 利用 pH 儀和酚酞指示劑測定酸鹼中和的當量點。

表二十 pH 值與氨水量之關係

※0.5M 的氨水	溶液滴	5入 0.5]	M • 100	mL 的鹽	鹽酸,	份酞無變	美色情 形	钐			
氨水量 V (mL) pH 値	0.9	10 0.9	20 0.9	30 0.9	40 0.9	50 0.9	60	70 1.1	80	90 1.4	95 1.7
氨水量 V (mL) pH 値	95.5 2.0	96 2.1	96.5 2.2	97 2.3	97.5 2.5	98 2.7	98.5 2.9	99	99.5	100	100.5
氨水量 V (mL) pH 値	101 7.2	101.5 7.2	102 7.3	102.5 7.4	103 7.6	103.5	104	104.5 7.8	105 7.8	110 8.1	120 8.4
氨水量 V (mL) pH 値	130 8.6	140 8.7	150 8.8	160 8.9	170 9.0	180 9.1	190 9.1	200	1.0	0.1	0.4

7. 將表二十數據對 EXCEL 作圖,得到 pH 值與氨水量的關係,如下圖所示。

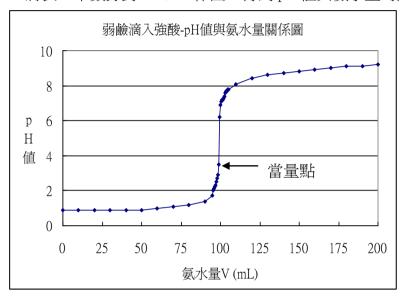


圖 34

說明:

直接將 pH 讀値對所加入的氨水體積作圖(如左圖),所得曲線中斜率最大的點即是當量點,此方法最爲簡單,但誤差也較大。

8. 將表二十數據中的 pH 值對氨水量進行微分並加上絕對值。

表二十一 pH 值對氨水量微分後加絕對值與氨水量之關係

※0.5M 的氨水溶液滴入 0.5 M、100mL 的鹽酸, 酚酞無變色情形											
氨水量 V (mL)	5	15	25	35	45	55	65	75	85	92.5	95.25
$\left egin{array}{c} dpH/\ dV \end{array} ight $	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06	0.6
氨水量 V (mL)	95.75	96.25	96.75	97.25	97.75	98.25	98.75	99.25	99.75	100.2 5	100.7 5
$\left egin{array}{c} dpH/ \ dV \end{array} ight $	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	1.2	5.4	1.4	0.4	0.2
氨水量 V (mL)	101.2 5	101.7 5	102.2 5	102.7 5	103.2 5	103.7 5	104.2 5	104.7 5	107.5	115	125
$\left rac{dpH}{dV} ight $	0	0.2	0.2	0.4	0.2	0	0.2	0	0.06	0.03	0.02
氨水量 V (mL)	135	145	155	165	175	185	195				
$\left egin{array}{c} dpH/ \ dV \end{array} ight $	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01				

9. 將表二十一數據對 EXCEL 作圖,得到 $\begin{vmatrix} dpH/\\ dV \end{vmatrix}$ 與氨水量的關係。

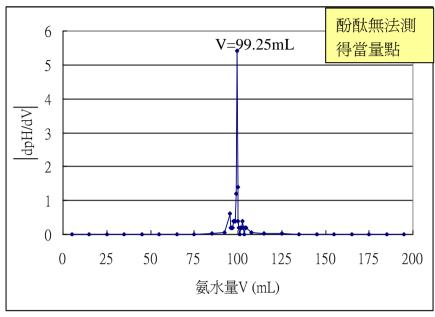


圖 35

說明:

計算單位氨水體積的pH值變化(即 | dpH / dV | 值),再以 | dpH / dV | 對所加入的氨水量作圖(如圖 35),在曲線極大值之點即爲當量點。以pH 儀測得的當量點爲 V=99.25mL,而酚酞指示劑一直到 V=200mL 都沒有變色,無法測得當量點。

10. 計算以改良電解裝置、pH 儀和酚酞指示劑所測得之當量點的誤差。

表二十二 三種工具測量弱鹼強酸滴定之當量點的誤差值

※0.5M 的氨水溶液滴入 0.5 M	、100mL 的鹽酸	
測量當量點之方法	測得之當量點	誤差値
改良電解裝置	99.5mL	0.5%
pH 儀	99.25mL	0.75%
酚酞指示劑	無法測得	很大

說明:

由上表我們發現以改良後的電解裝置所測得的當量點幾乎與實際值相同,而 pH 儀所 測得的當量點其誤差值也非常小,但酚酞指示劑無法測得當量點。因此,要精確測量弱鹼 強酸中和的當量點,我們建議使用「改良電解裝置」和「pH 儀」。

(二) 強鹼弱酸中和:

1. 探討改良後的實驗裝置是否能測定強鹼(氫氧化鈉)與弱酸(醋酸)的酸鹼中和點。

表二十三 測量強鹼滴入弱酸的導電電流

※兩極距離 50	m、沒	入深度	3cm \	0.5 M 酢	#酸水溶	容液 100)mL、言	電壓 7V	• 0.5M	[氫氧(公 鈉
氫氧化鈉(mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
電流 I (A)	0.01	0.03	0.07	0.12	0.17	0.23	0.28	0.33	0.39	0.43	0.48
氫氧化鈉(mL)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
電流 I (A)	0.5	0.52	0.54	0.57	0.6	0.61	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68
氫氧化鈉(mL)	220	230	240	250	260	270	280	290	300		
電流 I (A)	0.7	0.71	0.72	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.80		

表二十四 測量弱酸滴入強鹼的導電電流

※兩極距離 5cm、沒入深度 3cm、0.5 M 氫氧化鈉水溶液 100mL、電壓 7V、0.5M 醋酸													
醋酸量 V (mL) 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 95													
電流 I (mA) 650 620 580 540 490 440 390 320 270 220 194													

醋酸量 V (mL)	95.5	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	100.5
電流 I (mA)	191	188	185	182	180	178	175	172	170	170	169
醋酸量 V (mL)	101	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	110	120
電流 I (mA)	168	167	166	166	165	164	163	162	161	157	155
醋酸量 V (mL)	130	140	150	160	170	180	190	200			
電流 I (mA)	151	148	145	142	137	135	135	133			

2. 將表二十三數據對 EXCEL 作圖,得氫氧化鈉量與電流關係圖。

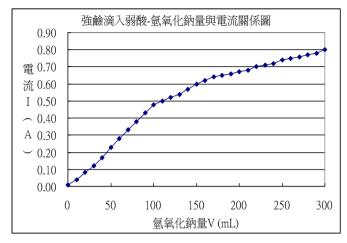


圖 36

說明:

由左圖我們發現強鹼滴入弱酸,與強酸滴入弱鹼的結果相似(圖 31)。氫氧化鈉量與電流的關係呈現兩條不同斜率的曲線。而其轉折點則是酸鹼中和的當量點。由左圖我們只能大約判斷酸鹼中和的當量點。

3. 將表二十四數據對 EXCEL 作圖,得醋酸量與電流關係圖。

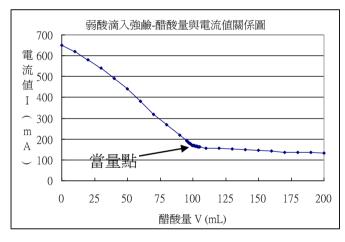


圖 37

說明:

而當弱酸滴入強鹼的結果則與弱鹼滴 入強酸相似(圖 32)。當弱酸滴入強鹼 時,醋酸量與電流的關係亦清楚呈現兩 條不同斜率的曲線。而其轉折點則是酸 鹼中和的當量點,由左圖我們大約可以 判斷酸鹼中和的當量點。

4. 將表二十四數據中的電流值對醋酸量進行二次微分並加上絕對值。

表二十五 電流值對醋酸量二次微分後加絕對值與醋酸量之關係

※兩極距離 5c	m、沒	入深度	3cm • 0).5 M 氫	氧化鈉	水溶液	i 100mL	、電壓	7V • 0	.5M 醋酉	捘
醋酸量 V (mL)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	95.5
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1	0.16	0.290 909	0
醋酸量 V (mL)	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	100.5	101
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0	0	4	0	4	0	4	8	4	0	0
醋酸量 V (mL)	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	110	120	130
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0	4	4	0	0	0	0	0.436 364	0.08	0.02	0.01
醋酸量 V (mL)	140	150	160	170	180	190					

$\left \frac{d^2I}{dV^2}\right $	0	0	0.02	0.03	0.02	0.02	
/ av							

5. 將表二十五數據對 EXCEL 作圖,得到醋酸量與 $\left| \frac{d^2I}{dV^2} \right|$ 的關係。

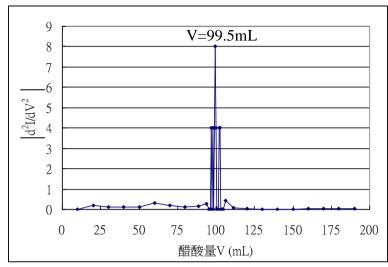


圖 38

說明:

由圖 37 我們只能大致判斷酸鹼中和的當量點。但是,以 $\left| \frac{d^2 I}{dV^2} \right|$ 對

所加入的醋酸體積作圖(如左圖),在曲線極大値之點即爲當量點。因此,我們能精確判斷當量點的位置爲 V=99.5mL。

6. 利用 pH 儀和酚酞指示劑測定酸鹼中和的當量點。

表二十六 pH 值與醋酸量之關係

※0.5M 的醋酸	资液液	5入 0.5]	M • 100	mL 的氫	氫氧化鉛	汭水溶液	友 , 酚 酉	汰變色 阳	寺的氨乙	火量=10	3mL
醋酸量 V (mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
pH 値	11.9	11.9	11.9	11.8	11.8	11.7	11.7	11.6	11.6	11.4	11.2
醋酸量 V (mL)	95.5	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	100.5
pH 値	11.1	11.1	11	10.9	10.8	10.7	10.4	10	9.5	8.7	6.9
醋酸量 V (mL)	101	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	110	120
pH 値	6	4.7	3.4	2.5	2.4	2.2	2.1	2.1	2	1.7	1.4
醋酸量 V (mL)	130	140	150	160	170	180	190	200			
pH 値	1.3	1.2	1.1	1.1	1	1	1	0.9			

7. 將表二十六數據對 EXCEL 作圖,得到 pH 值與醋酸量的關係。

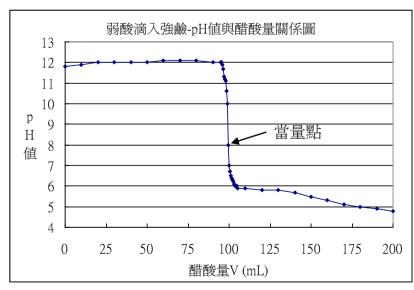


圖 39

說明:

直接將 pH 讀值對所加入的 醋酸體積作圖(如左圖),所 得曲線中斜率最大的點即是 當量點,此方法最爲簡單, 但誤差也較大。

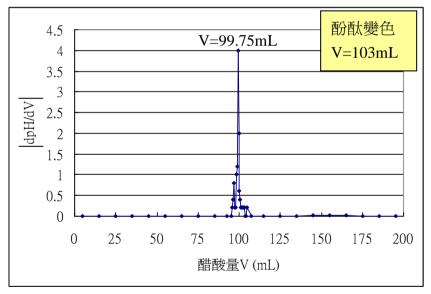
8. 將表二十六數據中的 pH 值對醋酸量進行微分並加上絕對值。

表二十七 pH 值對醋酸量微分後加絕對值與醋酸量之關係

※0.5M 的醋酸	资液液	5入 0.5	M • 100	mL的	氫氧化鉛	汭水溶剂	夜, 酚 酉	肽變色	寺的氨乙	火量=10	3mL
醋酸量 V (mL)	5	15	25	35	45	55	65	75	85	92.5	95.25
$\left rac{dpH}{dV} ight $	0.01	0.01	0	0	0	0.01	0	0	0.01	0	0.01
醋酸量 V (mL)	95.75	96.25	96.75	97.25	97.75	98.25	98.75	99.25	99.75	100.2 5	100.7 5
$\left egin{array}{c} dpH/\ dV \end{array} ight $	0	0.2	0.4	0.8	0.2	0.2	1	1.2	4	2	0.6
醋酸量 V (mL)	101.2 5	101.7 5	102.2 5	102.7 5	103.2 5	103.7 5	104.2 5	104.7 5	107.5	115	125
$\left egin{array}{c} dpH/ \ dV \end{array} ight $	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0.2	0	0.01
醋酸量 V (mL)	135	145	155	165	175	185	195				
$\left egin{array}{c} dpH/\ dV \end{array} ight $	0	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01				

9. 將表二十七數據對 EXCEL 作圖,得到 $\left| \frac{dpH}{dV} \right|$ 與醋酸量的關係。





說明:

計算單位醋酸體積的 pH 值 變化(即 dpH/dV 值),再以 dpH/dV 對所加入的醋酸量作圖(如圖 40),在曲線極大值之點即爲當量點。以 pH 儀測得的當量點 爲 V=99.25mL,以酚酞指示

劑測得之當量點為 V=103mL。

10. 計算以改良電解裝置、pH 儀和酚酞指示劑所測得之當量點的誤差。

表二十八 三種工具測量弱酸強鹼滴定之當量點的誤差值

※0.5M 的醋酸溶液滴入 0.5 M	、100mL 的氫氧化鈉水溶液	
測量當量點之方法	測得之當量點	誤差値
改良電解裝置	99.5mL	0.5%
pH 儀	99.75mL	0.25%
酚酞指示劑	103mL	3%

說明:

雖然酚酞指示劑的誤差在合理範圍內但仍然較大。因此,要精準測得弱酸強鹼中和之當量點,我們建議使用「改良電解裝置」和「pH 儀」。

(三) 弱鹼弱酸中和:

1. 探討改良後的實驗裝置是否能測定弱酸(醋酸)與弱鹼(氨水)的酸鹼中和點。

表二十九 測量弱鹼滴入弱酸的導電電流

※兩極距離 5cm、沒入深度 3cm、0.5 M 醋酸水溶液 100mL、電壓 7V、0.5M 氨水												
氨水量 V (mL) 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 10												
電流 I (mA)	15	64	93	116	138	155	170	183	196	208	211	
氨水量 V (mL)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	
電流 I (mA)	210	208	202	196	188	183	180	176	171	168	160	
氨水量 V (mL)	220	230	240	250	260	270	280	290	300			
電流 I (mA)	159	154	150	148	147	146	144	142	142			

表三十 測量弱酸滴入弱鹼的導電電流

※兩極距離 5c	※兩極距離 5cm、沒入深度 3cm、0.5 M 氨水溶液 100mL、電壓 7V、0.5M 醋酸													
醋酸量 V (mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95			
電流 I (mA)	20	70	103	126	145	160	173	185	194	200	204			
醋酸量 V (mL)	95.5	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	100.5			
電流 I (mA)	205	205	205	205	205	205	205	205	206	205	205			
醋酸量 V (mL)	101	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	110	120			
電流 I (mA)	204	204	204	203	203	203	203	203	203	200	195			
醋酸量 V (mL)	130	140	150	160	170	180	190	200						
電流 I (mA)	190	181	175	172	167	164	161	159						

- 2. 將表二十九數據對 EXCEL 作圖,得到氨水量與電流關係圖。
- 3. 將表三十數據對 EXCEL 作圖,得到醋酸量與電流關係圖。

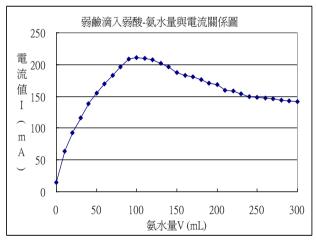
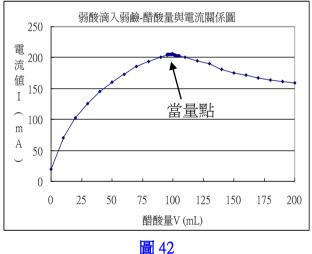


圖 41



說明:

弱酸弱鹼中和所得的結果與強酸強鹼中和的結果恰好相反,隨著滴入弱酸(或弱鹼) 的量逐漸增加,其導電電流值也逐漸上升,直到酸鹼中和的當量點(大約 100mL)後,電流 值才經過一個 據中的電流值對醋酸量進行二次微分並加上絕對值。

表三十一 電流值對醋酸量二次微分後加絕對值與醋酸量之關係

※兩極距離 5cm、沒入深度 3cm、0.5 M 氨水溶液 100mL、電壓 7V、0.5M 醋酸												
醋酸量 V (mL)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	95.5	
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0.17	0.1	0.04	0.04	0.02	0.01	0.03	0.03	0.026 667	0.436 364	4	

醋酸量 V (mL)	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	100.5	101
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0	0	0	0	0	0	4	8	4	4	4
醋酸量 V (mL)	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	110	120	130
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0	4	4	0	0	0	0	0.218 182	0.013 333	0	0.04
醋酸量 V (mL)	140	150	160	170	180	190					
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0.03	0.03	0.02	0.02	0	0.01					

5. 將表三十一數據對 EXCEL 作圖,得到醋酸量與 $\left| \frac{d^2 I}{dV^2} \right|$ 的關係。

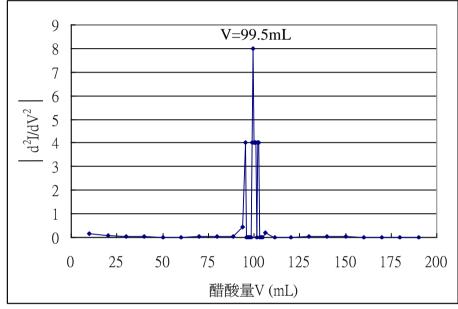


圖 43

說明:

由圖 42 我們只能大致 判斷酸鹼中和的當量

點。但是,以 d^2I/dV^2 對

所加入的醋酸體積作圖 (如左圖),在曲線極大 値之點即爲當量點。因 此,我們能精確判斷當 量點的位置爲 V=99.5mL。

6. 利用 pH 儀和酚酞指示劑測定酸鹼中和的當量點。

表三十二 pH 值與醋酸量之關係

※0.5M 的醋酸溶液滴入 0.5 M、100mL 的氨水溶液, 酚酞變色時的氨水量=95mL											
醋酸量 V (mL) pH 値	0 11	10 10.1	20 9.8	30 9.5	40 9.4	50 9.2	60 9.1	70 8.9	80 8.6	90 8.2	95 7.8
醋酸量 V (mL)	95.5 7.7	96 7.6	96.5 7.5	97 7.4	97.5 7.3	98 7.1	98.5 6.9	99 6.8	99.5 6.5	100 6.4	100.5
醋酸量 V (mL) pH 値	101 6.2	101.5	102 6.1	102.5	103 5.9	103.5 5.8	104 5.8	104.5 5.8	105 5.7	110 5.5	120 5.2
醋酸量 V (mL) pH 値	130 5.1	140 4.9	150 4.8	160 4.7	170 4.7	180 4.6	190 4.6	200 4.5			

7. 將表三十二數據對 EXCEL 作圖,得到 pH 值與醋酸量的關係。

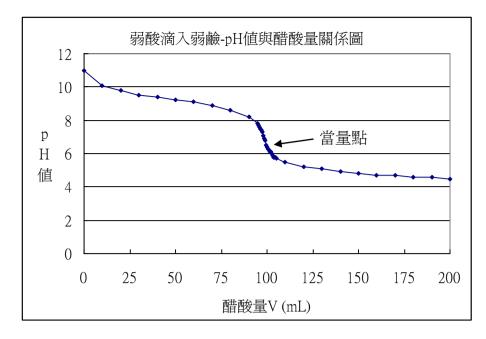


圖 44

說明:

直接將 pH 讀值對所加入的醋酸體積作圖(如左圖),所得曲線中斜率最大的點即是當量點,此方法最爲簡單,但誤差也較大。

8. 將表三十二數據中的 pH 值對醋酸量進行微分並加上絕對值。

表三十三 pH 值對醋酸量微分後加絕對值與醋酸量之關係

※0.5M 的醋酸	资溶液滴	5入 0.5	M • 100	mL 的氨	氨水溶液	夜, 酚 酉	肽變色	寺的氨石	火量=95	mL	
醋酸量 V (mL)	5	15	25	35	45	55	65	75	85	92.5	95.25
$\left egin{array}{c} dpH/ \ dV \end{array} ight $	0.09	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.04	0.08	0.2
醋酸量 V (mL)	95.75	96.25	96.75	97.25	97.75	98.25	98.75	99.25	99.75	100.2 5	100.7 5
$\left egin{array}{c} dpH/ \ dV \end{array} ight $	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.2	0.6	0.2	0.2	0.2
醋酸量 V (mL)	101.2 5	101.7 5	102.2 5	102.7 5	103.2 5	103.7 5	104.2 5	104.7 5	107.5	115	125
$\left egin{array}{c} dpH/ \ dV \end{array} ight $	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0	0	0.2	0.04	0.03	0.01
醋酸量 V (mL)	135	145	155	165	175	185	195				
$\left rac{dpH}{dV} ight $	0.02	0.01	0.01	0	0.01	0	0.01				

9. 將表三十三數據對 EXCEL 作圖,得到 dpH/dV 與醋酸量的關係。

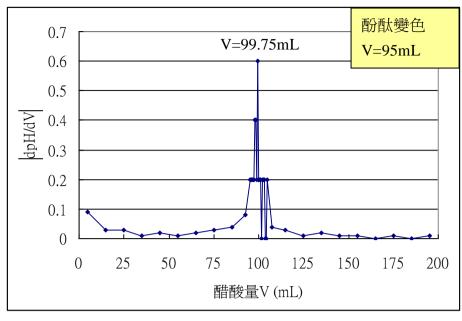


圖 45

說明:

V=95mL •

計算單位醋酸體積的 pH 值變化(即 | dpH / dV | dV | dpH / dV | 對所 加入的醋酸量作圖(如 圖 45),在曲線極大值之點即爲當量點。以 pH 儀測得的當量點爲 V=99.75mL,以酚酞指示劑測得之當量點爲

10. 計算以改良電解裝置、pH 儀和酚酞指示劑所測得之當量點的誤差。

表三十四 三種工具測量弱酸弱鹼滴定之當量點的誤差值

※0.5M 的醋酸溶液滴入 0.5 M	、100mL 的氨水溶液	
測量當量點之方法	測得之當量點	誤差値
改良電解裝置	99.5mL	0.5%
pH 儀	99.75mL	0.25%

說明:

由上表我們發現以改良後的電解裝置所測得的當量點幾乎與實際值相同,而 pH 儀所 測得的當量點其誤差值也非常小。但是,酚酞指示劑的誤差值較大。因此,要精準測得弱 酸弱鹼之當量點,我們建議使用「改良電解裝置」和「pH 儀」。

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■			
	MANT 15 75 WI	95mL	5%

八、實驗八:利用已知濃度的一元鹼來測定多質子酸的當量點

(一) 利用改良裝置測定濃度 1M 的 NaOH 水溶液滴定 0.5M 的 H_2SO_4 水溶液 100mL 的當量點。 表三十五 **測量** NaOH **滴入** H_2SO_4 **的導電電流**

※兩極距離 5cm、沒入深度 3cm、0.5 M 硫酸水溶液 100mL、電壓 7V、1M 氫氧化鈉											
氫氧化鈉 V(mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
電流 I (mA)	1080	1020	970	880	780	680	580	510	440	411	397
氫氧化鈉 V(mL)	95.5	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	100.5
電流 I (mA)	395	393	392	391	390	390	389	389	388	388	390
氫氧化鈉 V(mL)	101	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	110	120
電流 I (mA)	393	396	400	404	407	411	414	418	422	447	486
氫氧化鈉 V(mL)	130	140	150	160	170	180	190	200			
電流 I (mA)	530	570	600	630	650	660	690	720			

(二) 將表三十五數據對 EXCEL 作圖,得氫氧化鈉量與電流關係圖。

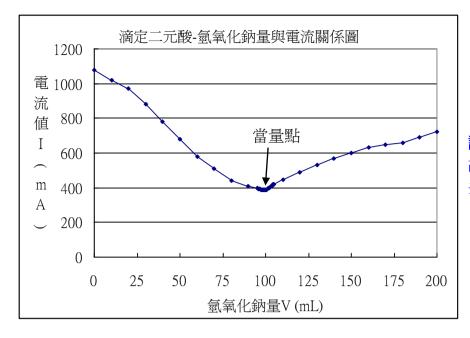


圖 46 說明: 改良後的實驗裝置亦能 測定二元酸的當量點。

(三) 將表三十五數據中的電流值對氫氧化鈉量進行二次微分並加上絕對值。

表三十六 電流值對氫氧化鈉量二次微分後加絕對值與氫氧化鈉量之關係

※兩極距離 5c	m、沒	入深度	3cm • 0).5 M 硫	酸水溶	液 100r	nL、電	壓 7V、	· 1M 氫	氧化鈉	
氫氧化鈉 V(mL)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	95.5
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0.1	0.4	0.1	0	0	0.3	0	0.41	0.013 333	0.436 364	0
氫氧化鈉 V(mL)	96	96.5	97	97.5	98	98.5	99	99.5	100	100.5	101
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	4	0	0	4	4	4	4	4	4	12	4
氫氧化鈉 V(mL)	101.5	102	102.5	103	103.5	104	104.5	105	110	120	130
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	4	0	4	4	4	4	0	1.090 909	0.146 667	0.05	0.04
氫氧化鈉 V(mL)	140	150	160	170	180	190					
$\left \frac{d^2I}{dV^2} \right $	0.1	0	0.1	0.1	0.2	0					

(四) 將表三十六數據對 EXCEL 作圖,得到氫氧化鈉量與 $\left| d^2 I / dV^2 \right|$ 的關係。

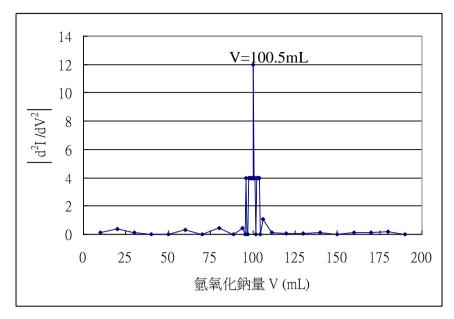


圖 47

說明:

由圖 46 我們只能大致 判斷酸鹼中和的當量

點。但是,以 $\left| \frac{d^2I}{dV^2} \right|$ 對

所加入的氫氧化鈉體積作圖(如左圖),在曲線極大值之點即爲當量點。因此,我們可以精確判斷當量點的位置爲V=100.5mL。

九、實驗九:利用溶液的溫度變化測量中和點

(一) 酸鹼中和爲放熱反應,測量濃度 0.1M 和 1M 的酸鹼中和其溫度變化。

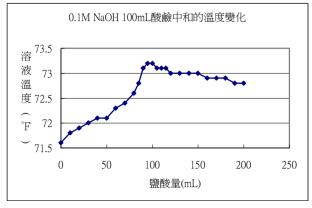
表三十七 測量酸鹼中和在不同濃度下的溫度變化

※0.1M 鹽酸滴入 0.1M、100mL 的氫氧化鈉水溶液											
鹽酸量 V (mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	85	90
溫度 T (°F)	71.6	71.8	71.9	72	72.1	72.1	72.3	72.4	72.6	72.8	73.1
鹽酸量 V (mL)	95	100	105	110	115	120	130	140	150	160	170
溫度 T (°F)	73.2	73.2	73.1	73.1	73.1	73	73	73	73	72.9	72.9
鹽酸量 V (mL)	180	190	200								
溫度 T (°F)	72.9	72.8	72.8								

表三十八 測量酸鹼中和在不同濃度下的溫度變化

※1M 鹽酸滴入 1M、100mL 的氫氧化鈉水溶液											
鹽酸量 V (mL)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	85	90
溫度 T (°F)	80	81.5	83.8	84.3	85.2	86	86.5	87	87.4	87.6	88.1
鹽酸量 V (mL)	95	100	105	110	115	120	130	140	150	160	170
溫度 T (°F)	88.3	88.5	87.9	87.6	87.4	87	86.3	86	85.4	85.2	84.5
鹽酸量 V (mL)	180	190	200								
溫度 T (°F)	84.3	84	84								

(二) 將表三十七和表三十八數據對 EXCEL 作圖,得到鹽酸量與溫度的關係。



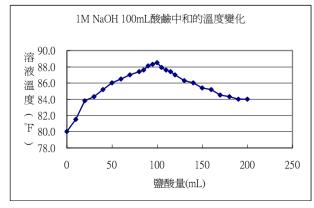


圖 48

說明:

由圖 48、圖 49,我們可以發現當高濃度的酸鹼中和,其所放出的熱量較多,溫度變化也較明顯,其當量點較容易判定。而低濃度的酸鹼中和所放出的熱量較少,故當量點較難判定。

陸、研究討論

- 一、1.我們發現電解質溶液在電壓超過一個限度後,電流會忽然上升,且之後電流與電壓呈 斜直線上升。
 - 2.我們發現兩極碳棒的距離越遠,其電流值越小。相對的,兩極碳棒的距離越近,其電流值也就越大。
 - 3. 為了改變碳棒面積,我們以碳棒沒入電解質溶液的深度不同來改變面積,因為底面積固定,所以碳棒的面積與高度成正比。從改變碳棒面積的實驗中,我們發現兩極碳棒沒入面積越多,其電流值越大。
- 二、我們仿照第十九屆全國科展「酸鹼中和反應中和點之研究」的實驗,發現加入的滴定液 越多,液面上升所接觸的面積也越多,發現影響電流大小的因素除了加入溶液的多寡, 也包含了接觸面積,這樣會有兩個操縱變因,故所得的當量點較不準確。
- 三、由實驗二發現,兩個操縱變因會影響當量點的準確性,因此我們加以改良碳棒,用電工 膠布綑綁碳棒,使其反應面積固定,並利用 NaOH 溶液探討濃度大小和體積多寡對導電 電流值的影響。結果發現影響導電電流的因素只與濃度有關,與體積多寡無關。
- 四、我們利用改良的實驗裝置,測定酸鹼中和的當量點,因爲固定碳棒接觸面積只改變滴入溶液多寡,使操縱變因只有一個,實驗結果發現改良後的實驗裝置更能精確測得當量點。
- 五、固定碳棒反應面積,我們繼續測量不同濃度 0.3M 和 1M 酸鹼中和的當量點。所測出的鹽酸量與電流關係圖,明顯看出低濃度 0.3M 的中和點前後電流值相近,不易判定;反
 - 之, 高濃度 1M 的中和點前後落差較大, 可明顯看出中和點。
- 六、1.我們試著找出其他提高實驗準確性的方法,所以我們提高外加電壓,發現外加電壓越高,鹽酸量與電流關係圖所得到的中和點更加準確,證明提高電壓能增加實驗準確性。
 - 2.我們縮短兩極距離,發現兩極距離越近,實驗結果也越準確,也證明縮短兩極距離可以提高實驗準確件。
- 七、確定了各項影響實驗的方法,我們試著以不同的溶液種類(氫氧化納、氨水、鹽酸、醋酸)相互測量酸鹼中和的當量點,如:強酸弱鹼滴定、強鹼弱酸滴定、弱酸弱鹼滴定。 我們發現不同溶液的滴定終點都能準確的測得。但是過中和點後,會因滴入溶液的種類不同而產生不同的曲線。但是經過二次微分之後的圖形,都能精確測得當量點。
- 八、利用已知濃度的鹼溶液來測定多質子酸的中和點,由實驗結果所得到的當量點也相當準確,證明也可以測出多質子酸的當量點。
- 九、利用酸鹼中和時會放出熱量的原理,得知到達中和點時溶液溫度會最高,因此可以利用 反應熱來測量中和點,而高濃度的酸鹼中和比較能精確判斷當量點。

柒、研究結論

- 一、1.外加電壓越高,導電電流值也會隨之增加。
 - 2. 兩極距離越近, 導電電流值也會隨之增加。
 - 3.兩極反應面積越多,導電電流值也會隨之增加。
- 二、未固定碳棒面積時,影響電解質水溶液導電電流值的因素有碳棒接觸面積增加和溶液 的濃度變化,由於兩個操縱變因使得酸鹼中和的當量點較難判定。
- 三、固定碳棒反應面積,我們發現只有溶液濃度會影響導電電流值的大小,而溶液體積卻 不影響電流值。
- 四、固定碳棒反應面積,並將導電電流值對滴入溶液體積二次微分之後,我們可以很精確的得到強酸強鹼中和的當量點,且準確度很高與pH 儀測得的結果相似。
- 五、當溶液濃度較小時,較難精確判斷酸鹼中和的當量點。而濃度越高當量點越明顯。
- 六、1.提高外加電壓,可提升低濃度溶液酸鹼中和當量點的準確度。
 - 2.縮短兩極距離,可提升低濃度溶液酸鹼中和當量點的準確度。
- 七、固定碳棒反應面積,並將導電電流值對滴入溶液體積二次微分之後,我們可以很精確 的
 - 測定不同種類酸鹼中和(如強酸弱鹼、強鹼弱酸、弱酸弱鹼)的當量點,而且準確度 很

高與 pH 儀所測得的結果相似。

- 八、利用改良的電解裝置,我們也可以很精確的測定多質子酸的當量點。
- 力、由於酸鹼中和是放熱反應,利用溶液的溫度變化,也可以測出酸鹼中和的當量點。

捌、參考資料

- (一) 南一書局,國民中學自然與生活科技教科書第四冊,P.16~P.24,2007年。
- (二) 南一書局, 國民中學自然與生活科技教科書第四冊, P.52~P.67, 2007年。
- (三)翰林出版社,國民中學自然與生活科技教科書第六冊,P.8~P.37,2007年。
- (四) 國立編譯館,高級中學化學教科書第一冊,P.76~P.77、P.87~P.88,民國 85年。
- (五) 國立編譯館,高級中學化學教科書第二冊,P.25~P.50、P.87~P.88,民國86年。
- (六) 酸鹼中和反應中和點之研究,中華民國第十九屆中小學科學展覽,國中組化學科,國立台灣科學教育館
- (七) 電解質的導電分析及實驗教具的改良,中華民國第二十二屆中小學科學展覽,國中組 化學科,國立台灣科學教育館
- (八)當歐姆遇上阿瑞尼士,中華民國第四十七屆中小學科學展覽,國中組理化科,國立台灣科學教育館
- (九) 邱紀良教授著,科學發展雜誌 393 期, P.66~P.71, 2005 年。
- (十) 黃瑞雄、顏溪成教授著,科學發展雜誌 359 期, P.22~P.24, 2002 年。

【評語】031625

- 1. 利用測量溶液導電度方式來測定當量點,有別於國中實驗單純採用指示劑測定的方式,創意性佳。
- 2. 對於滴定曲線的微分計算與當量點的關聯性,若有更詳盡的說明,更具說服性。