

嘉義縣第 53 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：酸鹼滴定與的折射率

關鍵詞：酸鹼滴定 折射率

編號：

## 摘要

光在不同介質中會有折射的現象，我們這次分別測試了不同濃度的鹽酸、醋酸、硫酸與氫氧化鈉的水溶液折射率變化的情形，發現折射率與濃度大致上成線性關係。我們也探討用鹽酸、硫酸與醋酸分別滴定氫氧化鈉溶液的過程中折射率的變化，發現在滴定終點附近時，折射率有最小值。

## 壹、研究動機

在上學期理化學到光的時候，老師有提到光從一介質射入到另一介質時光會發生偏折現象，我們好奇到底還有哪些因素影響光會偏折程度？問了老師後，老師說光線進入到不同介質後會偏折的原因是因為其光速不同，我們將真空中的光速與在液體中的光速的比值稱為折射率，影響折射率的因素有很多，例如光的顏色、介質種類、介質溫度...等，因此我們想觀察不同溶液的濃度與折射率的關係。

最近老師有提到酸鹼中和部份，我們想平時我們用酸鹼指示劑的顏色變化來判斷滴定終點，是否可以觀察酸鹼中和時的折射率變化，若在滴定終點附近有很明顯的變化，或許有可以在探討的空間。

## 貳、研究目的

- 一、探討不同物質的體積莫耳濃度與折射率的關係。
- 二、觀察不同的酸滴定氫氧化鈉水溶液時的折射率變化。

## 參、研究設備及器材

- 一、器材：正五角柱透明塑膠盒(數學科教具)、綠光雷射光(教學用)、捲尺、滴定管、滴定管夾、鐵架、電子秤、量筒、錐形瓶、玻棒、容量瓶(玻璃、塑膠)
- 二、藥品：蒸餾水、36%鹽酸、99%醋酸、96%硫酸、氫氧化鈉

## 肆、研究過程或方法

### 一、實驗原理：

裝置如圖一，假設空氣的折射率=1，待測液體的折射率為n，在空氣中的折射角為 $\theta$ ，折射面與牆壁的距離為h，雷射光在牆壁上的移動距離為 $\Delta X$ ，則由司乃耳定律可知： $n_1 \times \sin \theta_1 = n_2 \times \sin \theta_2$ ，所以若入射光垂直入射於入射面，則不發生偏折，在液體中入射光線與折射面的夾角為 $54^\circ$  故入射角為 $36^\circ$ ，當折射到空氣後，則：

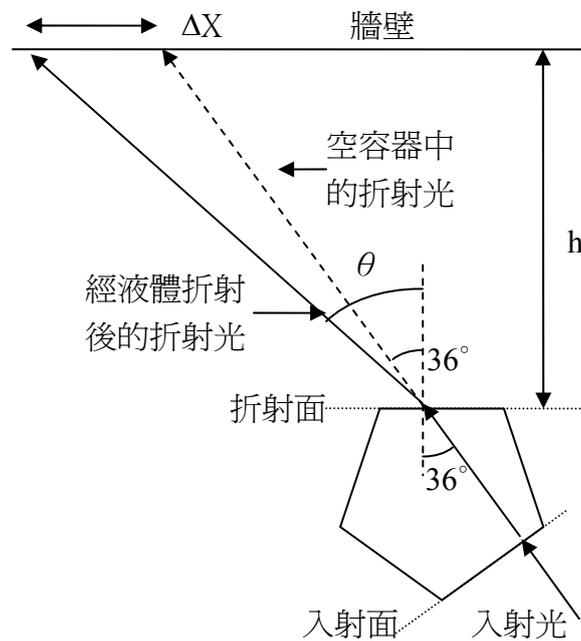
$$1 \times \sin \theta = n \times \sin 36^\circ \quad , \quad \Delta X = h \times (\tan \theta - \tan 36^\circ)$$

$$\tan \theta = \frac{\Delta X}{h} + \tan 36^\circ \quad , \quad \theta = \tan^{-1} \left( \frac{\Delta X}{h} + \tan 36^\circ \right)$$

$$n = \frac{\sin \theta}{\sin 36^\circ} \quad , \quad \text{其中 } \theta = \tan^{-1} \left( \frac{\Delta X}{h} + \tan 36^\circ \right)$$

## 二、架設裝置：

圖一：裝置示意圖



圖二：裝置俯視圖



圖三：裝置側視圖



實驗裝置如圖一，用皮尺拉 5 公尺的長度，一端固定在牆壁上，另一端在實驗桌上標上記號，取好幾點之後，將這些點連成直線，以確認塑膠盒與牆面平行。用木條將塑膠盒外圍固定，也將雷射光的外圍固定，以減少因為塑膠盒或雷射光的移動而造成的誤差。

## 三、溶液配製：

我們先配高濃度的溶液，然後再用量筒取適量的體積後，再用蒸餾水稀釋於 250mL 容量瓶配製，進而算出體積莫耳濃度。

相關計算方法： $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$

其中

$C_1$ ：稀釋前體積莫耳濃度、 $V_1$ ：稀釋前溶液體積

$C_2$ ：稀釋後體積莫耳濃度、 $V_2$ ：稀釋後溶液體積

我們依照這些方法配製氫氧化鈉、鹽酸、醋酸與硫酸的水溶液，其配製方法如下：

(一)、2M 氫氧化鈉水溶液 250mL：氫氧化鈉 20g 配成 250mL 水溶液

其他濃度的氫氧化鈉水溶液配製法如表一：

表一：溶液濃度配置法

稀釋前濃度(M)	2	1.6	1.28	1.02	0.8	0.64	0.32
稀釋前體積(mL)	200	200	200	200	200	125	125
稀釋後體積(mL)	250	250	250	250	250	250	250
稀釋後濃度(M)	1.6	1.28	1.02	0.8	0.64	0.32	0.16

(二)、2M 鹽酸水溶液 250mL：36%鹽酸 21.5mL 配成 250mL 水溶液

其他濃度的鹽酸水溶液配製法如表一：

(三)、2M 硫酸水溶液 250mL：96%硫酸 13.8mL 配成 250mL 水溶液

其他濃度的硫酸配製法如表一：

(四)、2M 醋酸水溶液 250mL：98%醋酸 17mL 配成 250mL 水溶液

其他濃度的醋酸水溶液配製法如表一：

#### 四、實驗步驟

(一)、液體重量百分濃度變化的折射率測量：

1. 將裝置架設好，測量空容器時雷射光在牆壁上的投影，並劃線標記。
2. 將標記位置對準皮尺的 0 刻度，並用透明膠帶固定於牆面上。
3. 倒入蒸餾水並觀察雷射光經折射後在牆壁上的投影，將皮尺拉直對準雷射光點，用透明膠帶固定於牆面上，並紀錄位置。
4. 更換不同濃度的溶液，觀察雷射光經溶液折射後在牆壁上的投影，並紀錄位置。
5. 利用原理所述： $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta X}{h} + \tan 36^\circ\right)$ ， $n = \frac{\sin \theta}{\sin 36^\circ}$  公式來計算折射率。

(二)、不同種類的酸滴定氫氧化鈉溶液時的折射率測量：

1. 將裝置架設好，測量空容器時雷射光在牆壁上的投影，並劃線標記。
2. 將標記位置對準皮尺的 0 刻度，並用透明膠帶固定於牆面上。
3. 倒入 2M 氫氧化鈉水溶液 100mL 並觀察雷射光經折射後在牆壁上的投影，將皮尺拉直對準雷射光點，用透明膠帶固定於牆面上，並紀錄位置。
4. 在鐵架上架設滴定管，使滴定管在塑膠容器的正上方，內裝各實驗的酸性水溶液至 0mL 刻度線。
5. 每加入定量體積的酸並用撥棒攪拌均勻後，測量並紀錄牆壁上的雷射光投影位置。
6. 利用原理所述： $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta X}{h} + \tan 36^\circ\right)$ ， $n = \frac{\sin \theta}{\sin 36^\circ}$  公式來計算折射率。

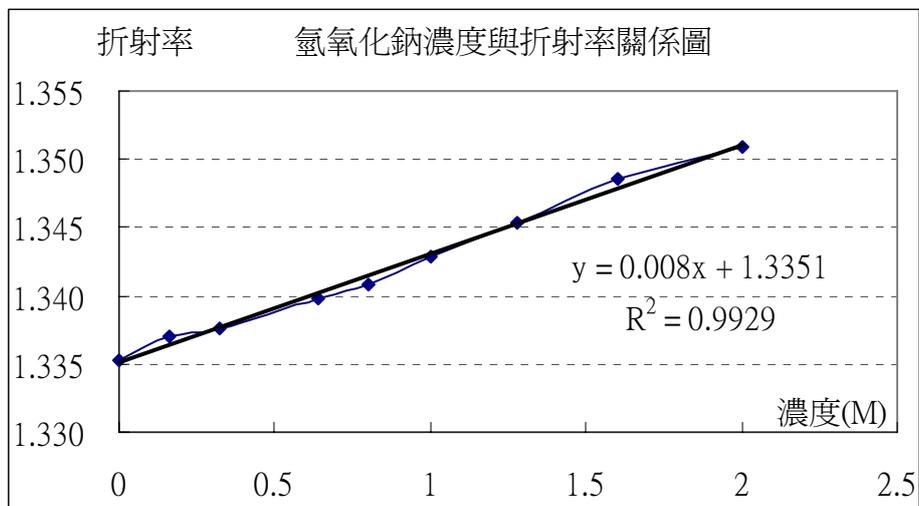
## 伍、研究結果

一、不同體積莫耳濃度氫氧化鈉水溶液的折射率變化情形：

表二：氫氧化鈉濃度與折射率關係實驗數據

液體種類：		氫氧化鈉水溶液	
與牆壁距離：		500	cm
體積莫耳濃度(M)	移動距離(cm)	折射角(度)	液體折射率 (n)
2	290.0	52.569	1.3510
1.6	286.9	52.439	1.3486
1.28	282.6	52.255	1.3453
1	279.6	52.126	1.3429
0.8	276.9	52.009	1.3408
0.64	275.6	51.951	1.3397
0.32	273.0	51.837	1.3377
0.16	272.1	51.799	1.3370
0	270.0	51.707	1.3353

圖四：氫氧化鈉濃度與折射率關係圖

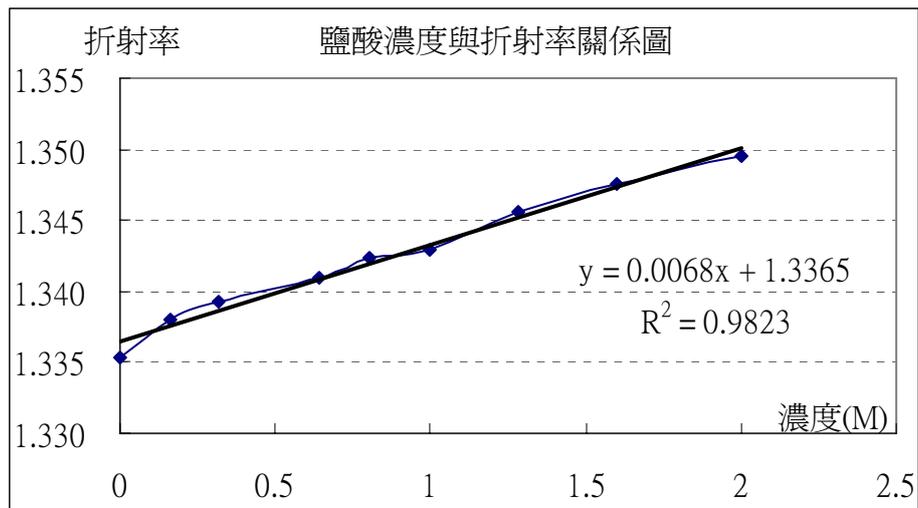


二、不同體積莫耳濃度鹽酸水溶液的折射率變化情形：

表三：鹽酸濃度與折射率關係實驗數據

液體種類：		鹽酸水溶液	
與牆壁距離：		500	cm
體積莫耳濃度(M)	移動距離(cm)	折射角(度)	液體折射率 (n)
2	288.0	52.485	1.3495
1.6	285.6	52.383	1.3476
1.28	283.0	52.272	1.3456
1	279.5	52.121	1.3429
0.8	278.8	52.091	1.3423
0.64	277.2	52.020	1.3410
0.32	275.0	51.924	1.3393
0.16	273.4	51.856	1.3380
0	270.0	51.707	1.3353

圖五：鹽酸濃度與折射率關係圖

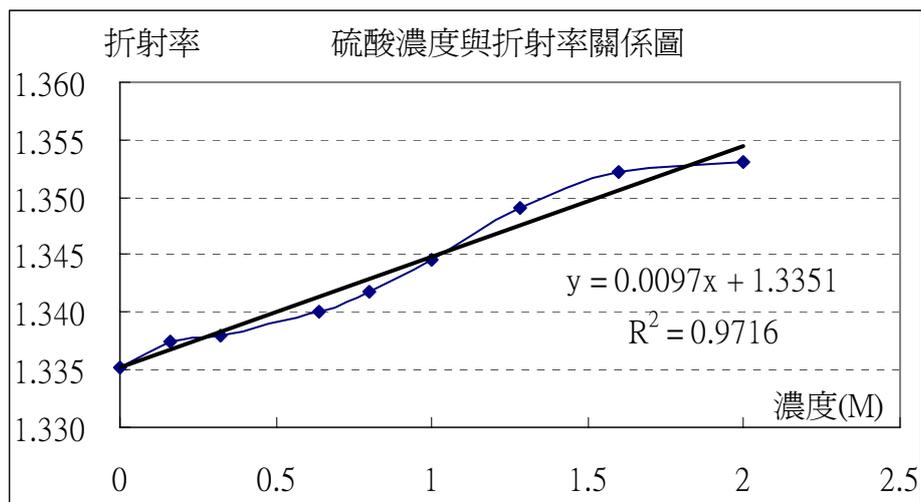


二、不同體積莫耳濃度硫酸水溶液的折射率變化情形：

表四：硫酸濃度與折射率關係實驗數據

液體種類：		硫酸水溶液	
與牆壁距離：		500	cm
體積莫耳濃度(M)	移動距離(cm)	折射角(度)	液體折射率 (n)
2	292.8	52.689	1.3531
1.6	291.5	52.634	1.3521
1.28	287.4	52.460	1.3490
1	281.7	52.216	1.3446
0.8	278.2	52.065	1.3418
0.64	276.0	51.970	1.3401
0.32	273.4	51.856	1.3380
0.16	272.8	51.830	1.3375
0	270.0	51.707	1.3353

圖六：硫酸濃度與折射率關係圖

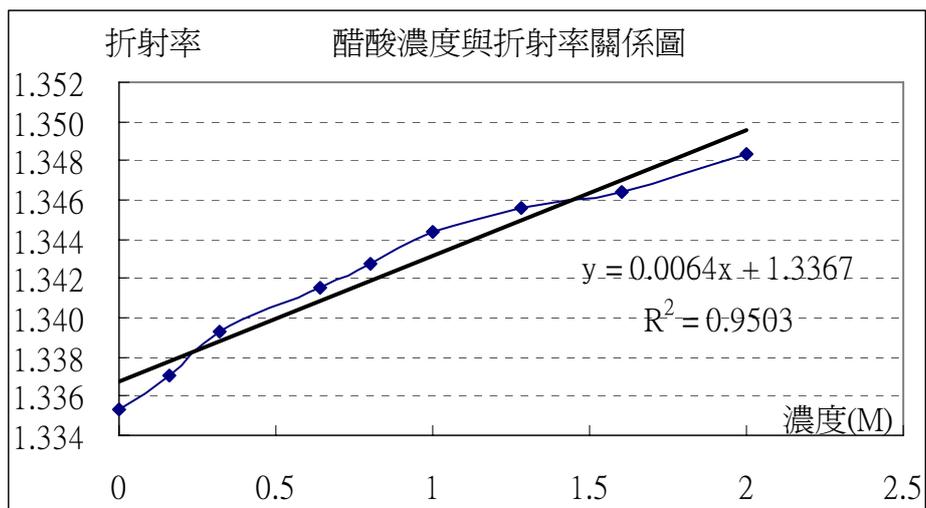


二、不同體積莫耳濃度醋酸水溶液的折射率變化情形：

表五：醋酸濃度與折射率關係實驗數據

液體種類：		醋酸水溶液	
與牆壁距離：		500	cm
體積莫耳濃度(M)	移動距離(cm)	折射角(度)	液體折射率 (n)
2	286.6	52.424	1.3484
1.6	284.0	52.315	1.3464
1.28	283.0	52.270	1.3456
1	281.4	52.203	1.3444
0.8	279.3	52.113	1.3427
0.64	277.8	52.048	1.3415
0.32	275.0	51.926	1.3393
0.16	272.2	51.804	1.3370
0	270.0	51.707	1.3353

圖七：醋酸濃度與折射率關係圖

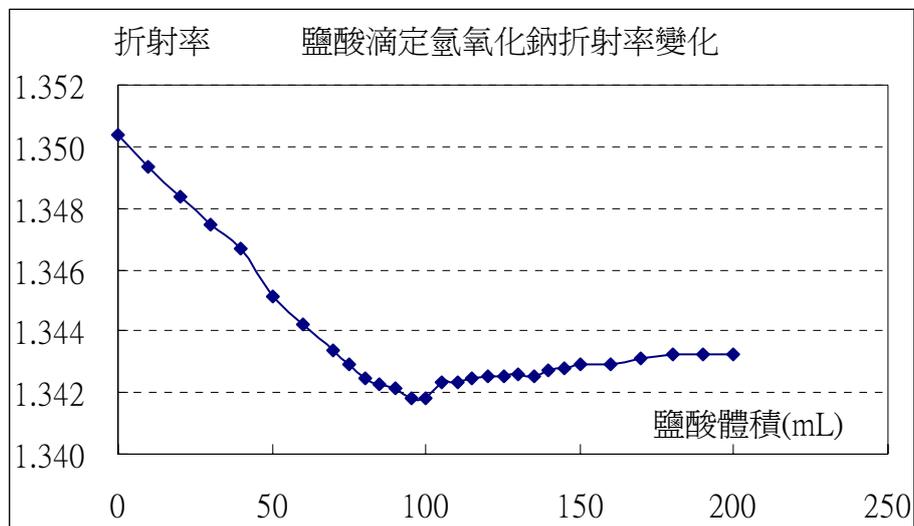


七、2M 鹽酸水溶液滴定 2M 氫氧化鈉水溶液過程中的折射率變化情形

表六：鹽酸滴定氫氧化鈉時折射率變化實驗數據

液體種類：	2M 氫氧化鈉溶液		100mL
與牆壁垂直距離：	500		公分
鹽酸體積(mL)	移動距離( $\Delta X$ )	折射角(度)	折射率
0	289.2	52.535	1.3504
10	287.8	52.477	1.3493
20	286.6	52.424	1.3484
30	285.4	52.375	1.3475
40	284.4	52.330	1.3467
50	282.4	52.245	1.3451
60	281.2	52.195	1.3442
70	280.2	52.150	1.3434
80	279.0	52.098	1.3424
90	278.6	52.081	1.3421
95	278.2	52.065	1.3418
100	278.2	52.063	1.3418
105	278.8	52.091	1.3423
110	278.8	52.091	1.3423
115	279.0	52.100	1.3425
120	279.1	52.102	1.3425
125	279.1	52.104	1.3425
130	279.2	52.108	1.3426
135	279.1	52.104	1.3425
140	279.3	52.113	1.3427
145	279.4	52.117	1.3428
150	279.6	52.126	1.3429

圖八：鹽酸滴定氫氧化鈉時折射率變化關係圖

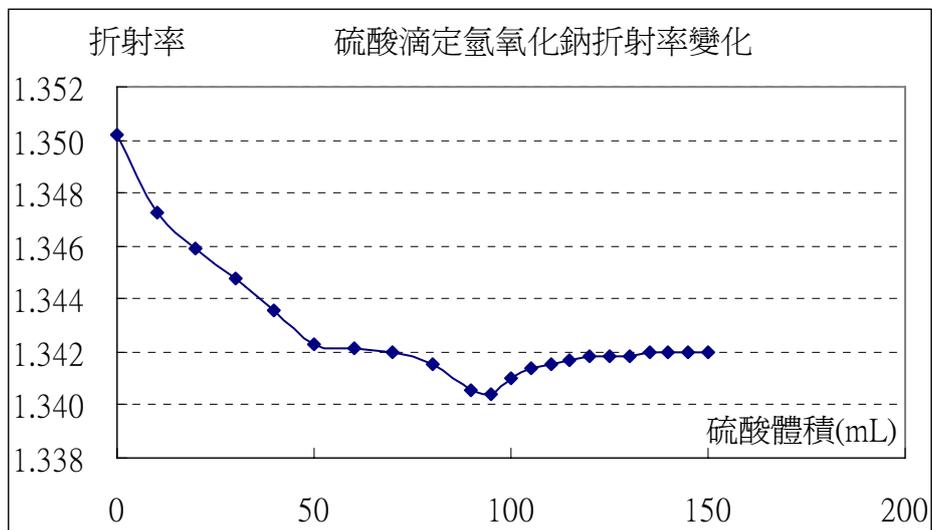


七、1M 硫酸水溶液滴定 2M 氫氧化鈉水溶液過程中的折射率變化情形

表七：硫酸滴定氫氧化鈉時折射率變化實驗數據

液體種類：	2M 氫氧化鈉溶液		100mL
與牆壁垂直距離：	500		公分
硫酸體積(mL)	移動距離( $\Delta X$ )	折射角(度)	折射率
0	289.0	52.526	1.3502
10	285.2	52.365	1.3473
20	283.4	52.288	1.3459
30	282.0	52.227	1.3448
40	280.4	52.159	1.3435
50	278.8	52.089	1.3423
60	278.6	52.082	1.3421
70	278.4	52.072	1.3420
80	277.8	52.048	1.3415
90	276.6	51.996	1.3406
95	276.4	51.985	1.3404
100	277.2	52.020	1.3410
105	277.6	52.039	1.3414
110	277.8	52.048	1.3415
115	278.0	52.056	1.3417
120	278.2	52.065	1.3418
125	278.2	52.065	1.3418
130	278.2	52.065	1.3418
135	278.4	52.074	1.3420
140	278.4	52.074	1.3420
145	278.4	52.074	1.3420
150	278.4	52.074	1.3420

圖九：硫酸滴定氫氧化鈉時折射率變化關係圖

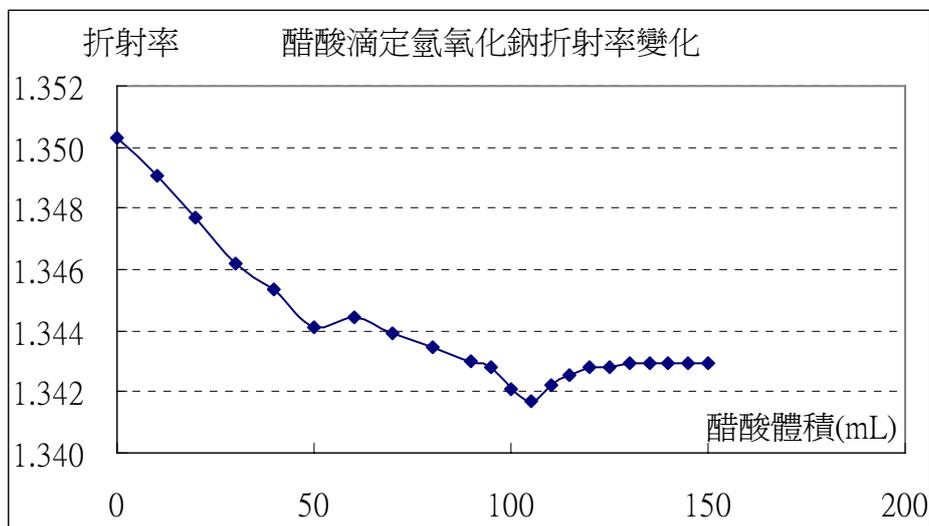


七、2M 醋酸水溶液滴定 2M 氫氧化鈉水溶液過程中的折射率變化情形

表八：醋酸滴定氫氧化鈉時折射率變化實驗數據

液體種類：	2M 氫氧化鈉溶液	100mL	
與牆壁垂直距離：	500	公分	
醋酸體積(mL)	移動距離( $\Delta X$ )	折射角(度)	折射率
0	289.1	52.531	1.3503
10	287.5	52.463	1.3491
20	285.7	52.386	1.3477
30	283.8	52.306	1.3462
40	282.7	52.258	1.3453
50	281.1	52.189	1.3441
60	281.5	52.208	1.3444
70	280.9	52.180	1.3439
80	280.3	52.156	1.3435
90	279.7	52.128	1.3430
95	279.4	52.117	1.3428
100	278.5	52.078	1.3421
105	278.1	52.059	1.3417
110	278.7	52.087	1.3422
115	279.1	52.104	1.3425
120	279.4	52.117	1.3428
125	279.4	52.117	1.3428
130	279.6	52.126	1.3429
135	279.6	52.126	1.3429
140	279.6	52.126	1.3429
145	279.6	52.126	1.3429
150	279.6	52.126	1.3429

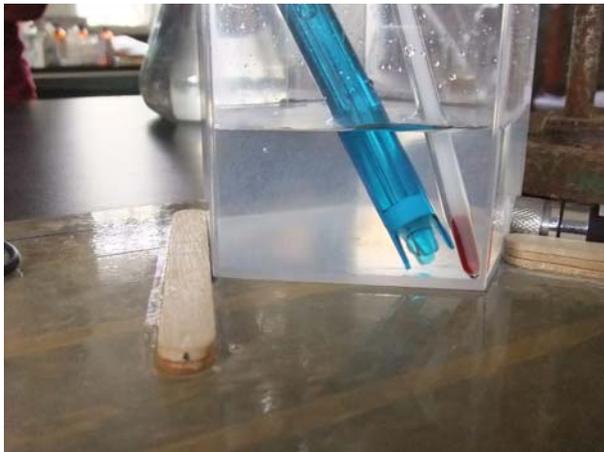
圖十：醋酸滴定氫氧化鈉時折射率變化關係圖



## 陸、討論

- 一、我們發現物質濃度越高，折射率越大，大致上與體積莫耳濃度成正相關(若 $R^2$ 越接近 1，則越有線性關係)，本次實驗的 $R^2$ 皆有 0.95 以上。
- 二、一開始我們是用玻璃燒杯配製氫氧化鈉溶液，而且酸鹼滴定是以氫氧化鈉滴定鹽酸，結果發現在加到 90 毫升時，開始出現白色懸浮物體，重複實驗三次結果相同，改用醋酸去滴定時，大約加到接近 100 毫升也有少量白色懸浮物產生，但以鹽酸最嚴重，所以判斷可能是氫氧化鈉溶液有問題，重新配製狀況仍然一樣，所以找老師討論後，發現可能是高濃度的氫氧化鈉與玻璃反應產生矽酸鈉所導致，雖然在此之前已經知道清氧化鈉可以與玻璃反應，但一般的說法是氫氧化鈉溶液不可以長期以玻璃瓶保存，在這裡有可能是因為配製的溶液濃度太高，導致短時間內可以溶掉部分的玻璃，後來就改用塑膠燒杯來配製氫氧化鈉溶液，並且改用塑膠的容量瓶，果真狀況改善很多，所以之後的酸鹼滴定也就改以不同種類的酸來滴定氫氧化鈉溶液，避免氫氧化鈉溶液裝在玻璃製的滴定管而反應掉。

圖十一：實驗過程中的白色混濁



圖十二：倒出後靜置可見白色固體



- 三、我們由各物質的濃度對折射率的關係圖發現其斜率不同，這代表不同物質其濃度對折射率的影響程度不同，斜率越大代表影響程度越大，本次實驗結果之斜率由大到小分別為：硫酸 > 氫氧化鈉 > 鹽酸 > 醋酸。
- 四、鹽酸、硫酸與醋酸滴定氫氧化鈉水溶液時，發現其折射率先降後升。後來有用 50mL 的鹽酸、硫酸與醋酸分別用氫氧化鈉溶液低定，滴定結果分別用掉了 48.8mL、49.1mL 與 50.2mL 的氫氧化鈉溶液，所以判斷酸鹼的濃度配製沒有出太大的問題。在此實驗中發現在滴定終點附近時折射率有最小值出現，所以我們認為可以不用酸鹼指示劑來判斷是否到達滴定終點，但是還是以酸鹼指示劑顏色變化來判斷滴定終點比較精確一點。

## 柒、結論

- 一、物質的折射率與其濃度可能有線性關係。
- 二、體積莫耳濃度對折射率的影響程度：硫酸 > 氫氧化鈉 > 鹽酸 > 醋酸。
- 三、用鹽酸、硫酸與醋酸滴定氫氧化鈉水溶液時，發現其折射率先降後升，而且在滴定終點附近有最小值出現。

## 捌、參考資料及其他

一、折射率密度查詢：維基百科。民 102 年 1 月 15 日，取自：

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8A%98%E5%B0%84%E7%8E%87>

二、司乃耳定律查詢：維基百科。民 102 年 1 月 15 日，取自：

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%96%AF%E6%B6%85%E5%B0%94%E5%AE%9A%E5%BE%8B>

三、氫氧化鈉查詢：維基百科。民 102 年 2 月 7 日，取自：

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%AB%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%88%89>

四、矽酸鈉查詢：維基百科。民 102 年 2 月 7 日，取自：

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A1%85%E9%85%B8%E9%92%A0>