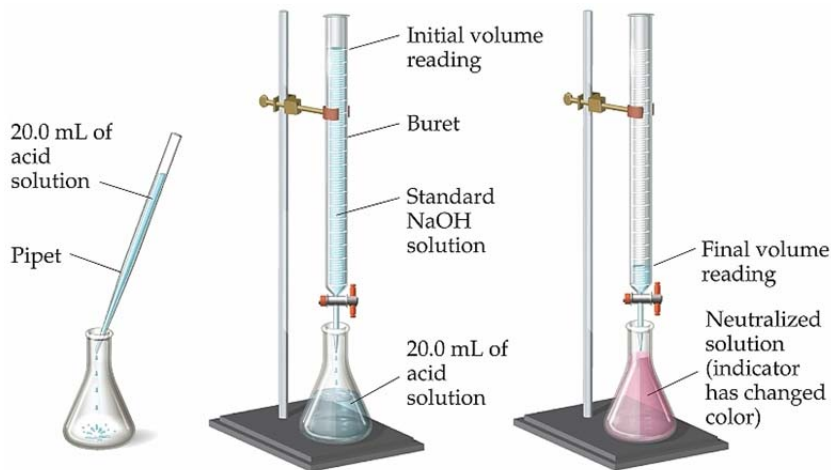




當量點與滴定終點

1. 酸鹼滴定：

藉由酸鹼中和反應，將已知濃度的酸（或鹼）液，逐滴加入待測溶液中，以得知待測溶液中鹼（或酸）的濃度，此種分析方法稱為酸鹼滴定。



2. 當量點：

酸與鹼完全中和時，當酸參與反應的 H^+ 總莫耳數等於鹼參與反應的 OH^- 總莫耳數時，稱為當量點。即酸與鹼的當量數相等。

➤ 「當量」是質量的概念，以克為單位。(可游離 $1\text{ mol } H^+$ 或 OH^- 之酸或鹼的質量)

➤ 「當量數」是莫耳數的概念。(酸或鹼可游離的 H^+ 或 OH^- 之莫耳數)

3. 滴定終點：

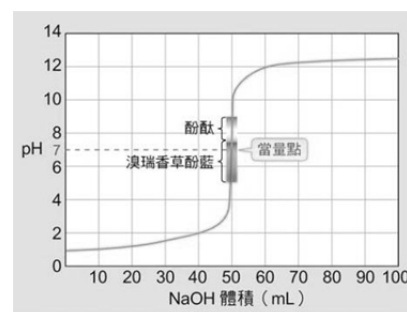
(1) 實際進行實驗時，須選用適當的酸鹼指示劑，當指示劑的顏色發生明顯且持久的變化，即為滴定終點。

(2) 指示劑的變色範圍應在當量點附近，如果選擇的指示劑合宜，通常滴定終點與當量點所耗去鹼（或酸）液體積相差不大，滴定終點可視為當量點。



4. 中性點：

在滴定過程中，混合液的 pH 恰等於 7 時稱為中性點，唯有在特殊的滴定型態，如強鹼與強酸之間的滴定，當量點才會是中性點。



5. 酸鹼滴定注意事項：

(1) 滴定管種類：

橡皮接頭滴定管（鹼液用滴定管）：不可盛裝酸，以避免腐蝕橡皮。

玻璃接頭滴定管（酸液用滴定管）：不可長久儲存鹼性溶液，以避免強鹼腐蝕玻璃栓塞。

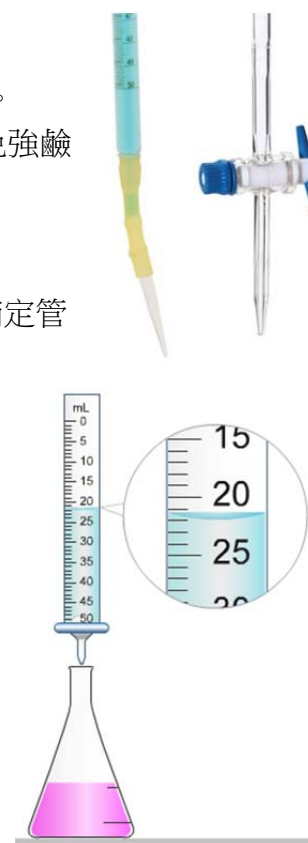
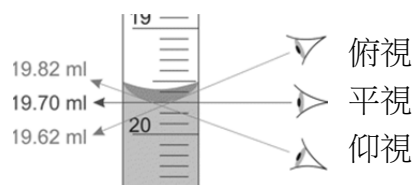
(2) 滴定管用蒸餾水洗淨後，要用將要盛裝的溶液潤洗。

(3) 錐形瓶用蒸餾水清洗後，不可用要盛裝的溶液沖洗。

(4) 滴定管的液體要裝到最上面零刻度以上，打開活塞，使液體充滿滴定管尖端（除去氣泡）。

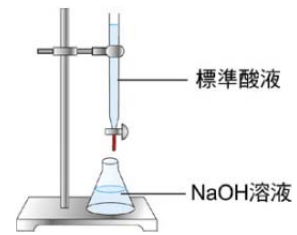
(5) 指示劑不可多加，一般約加 2~3 滴(0.1mL)。

(6) 讀取體積時，需取其彎月面凹處的刻度，且與眼睛同一水平。



右圖的裝置進行酸鹼滴定實驗，則定NaOH的含量時，下列何者會降低實驗的準確度？

- (A) 滴定前，從滴定管尖端除去氣泡或欲滴下酸液
- (B) 將標準酸液濃度稀釋成一半
- (C) 在 NaOH 溶液中加入蒸餾水
- (D) 將 NaOH 溶液留置桌上，隔數日後再滴定



用已標定之氫氧化鈉溶液來滴定未知濃度的鹽酸時，下列事項：

- (甲) 將標準鹼液濃度稀釋成一半。
 - (乙) 滴定前，從滴定管尖端除去氣泡或欲滴下之鹼液。
 - (丙) 以蒸餾水清洗過之滴定管，且使用前未經過滴定液的潤洗。
 - (丁) 在錐形瓶中加入約 1 mL 的指示劑。
 - (戊) 將標準鹼液留置桌上，等待隔日再繼續滴定，以確認實驗結果。
- 其中會降低實驗準確度的有幾項？ (A) 2 (B) 3 (C) 4 (D) 5

下列有關利用氫氧化鈉滴定未知濃度醋酸的敘述，何者錯誤？

- (A) 滴定管、錐形瓶、分度吸量管等器材，用蒸餾水洗淨後，必須以盛裝液體潤洗
- (B) 取未知濃度醋酸時，使用分度吸量管而不用量筒，原因為量筒每毫升的間隔較大
- (C) 若指示劑加大量，會改變醋酸本身的當量數，故指示劑加 2 ~ 3 滴即可
- (D) 以 KHP 作為標定氫氧化鈉的藥劑，主要原因為 KHP 為單質子強酸穩定性佳
- (E) 滴定終點判斷為酚酞指示劑紅色維持 10 分鐘不褪色

某生以 0.1 M NaOH 標準溶液滴定未知濃度 HCl 溶液 20 mL。下列實驗操作，哪幾項可能造成測得 HCl 溶液的濃度偏高？

- (A) 裝 NaOH 的滴定管水洗後，未用標準溶液潤洗
- (B) 錐形瓶水洗後，未用 HCl 溶液潤洗
- (C) 滴定前，滴定管尖端有氣泡未除去，滴定後氣泡不見了
- (D) 滴定前，對滴定管平視讀數，滴定達終點後仰視讀數
- (E) 滴定前，對滴定管仰視讀數，滴定達終點後平視讀數

常溫下，某酸溶液 20.0 毫升中含此酸 0.256 克，以 0.1 M 的氫氧化鈉溶液滴定至當量點時，用去 20.0 毫升，則此酸最可能為下列何種酸？（原子量：N=14，S=32，Cl=35.5，I=127）

- (A) 氫硫酸
- (B) 鹽酸
- (C) 氫氰酸
- (D) 氫碘酸

某固體酸之分子量為 150，稱取 1.5 克溶於少量水中，完全溶解後，再以 1.0 M NaOH 溶液滴定，加入 20 毫升達當量點，則此酸為幾質子酸？ (A) 2 (B) 3 (C) 1 (D) 4

奎寧是一種治療瘧疾的藥物，為一種有機鹼。若常溫下，取 1.5 g 的奎寧配成 50 mL 溶液，以 0.1 M 硫酸溶液滴定至當量點時，需耗去 50 mL 硫酸溶液，則奎寧之分子量最可能為下列哪一個？
(A) 50 (B) 75 (C) 100 (D) 150

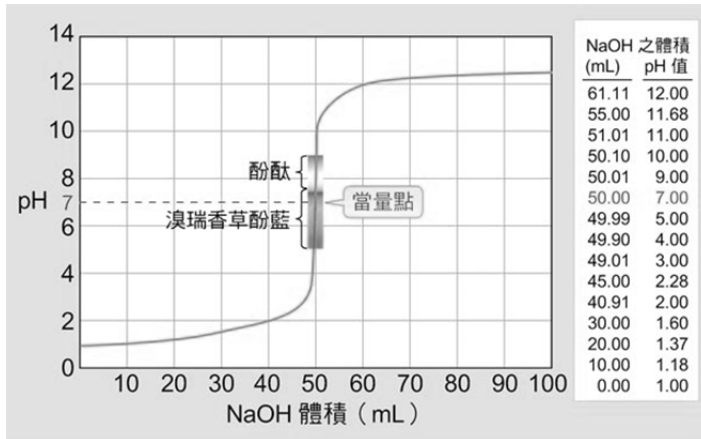
甲：0.10 M $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ ，乙：0.10 M $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ ，甲、乙各取 25.0 mL，分別加入適當指示劑後，再以 0.10 M $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 分別滴定。關於此滴定的敘述，下列何者正確？
(A) 酚酞適宜作為甲、乙兩滴定之指示劑
(B) 達當量點時之 pH 值大小為：甲 < 乙
(C) 滴定達 pH = 7 時，所需滴加之 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 體積為：甲 < 乙
(D) 滴加 20 mL $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 時，溶液的 pH 值大小為：甲 < 乙
(E) 達當量點時，所需滴加之 NaOH 體積為：甲 > 乙

取濃度均為 0.1 M 之(甲) $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ 、(乙) $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ 、(丙) $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ 各 20 mL，分別用 0.1 M $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 滴定。下列敘述何者正確？
(A) 滴定前，尚未加入 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 時，各溶液之 pH 值大小：(甲) > (乙) > (丙)
(B) 若在(甲)、(乙)、(丙)三溶液內加入過量的金屬鋅，則產生的氫氣莫耳數：(丙) > (乙) > (甲)
(C) 達當量點時，所需滴加 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 的總體積大小：(丙) > (甲) = (乙)
(D) 達當量點時，各溶液 pH 值大小：(丙) = (乙) = (甲)
(E) 達當量點時，放出的熱量：(丙) > (甲) = (乙)



強鹼滴定強酸之曲線

以標準 0.10 M NaOH 滴定強酸 0.10 M HCl 50.00 mL 所呈現的滴定曲線



➤當 NaOH 滴入 49.90mL

➤當 NaOH 滴入 50.00mL(當量點)

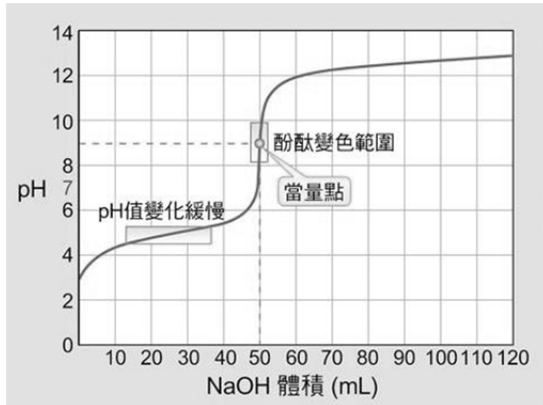
➤當 NaOH 滴入 50.10mL

指示劑	pH 變色範圍及顏色
甲基橙	紅 3.2~4.4 黃
甲基紅	紅 4.8~6.0 黃
石蕊	紅 4.5~8.3 藍
溴瑞香草酚藍 (BTB)	黃 6.0~7.6 藍
酚酞 (PP)	無色 8.2~10.0 粉紅
茜素黃	黃 10.1~12.0 紅



強鹼滴定弱酸之曲線

以標準 0.10 M NaOH 溶液滴定弱酸 0.10 M CH_3COOH 溶液 50.00 mL 所呈現的滴定曲線



➤ 當 NaOH 滴入 25.00mL (半當量點或滴定中點)

➤ 當 NaOH 滴入 49.90mL

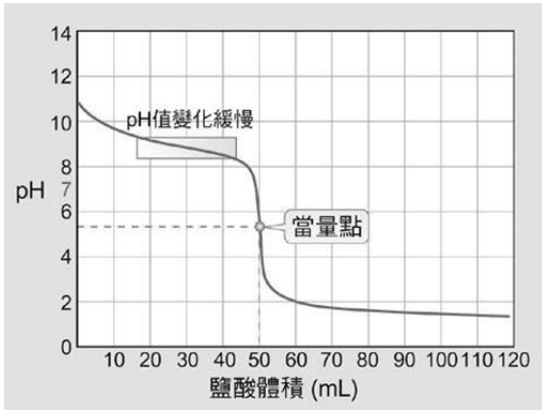
➤ 當 NaOH 滴入 50.00mL(當量點)

➤ 當 NaOH 滴入 50.10mL



強酸滴定弱鹼之曲線

以 0.10 M 鹽酸滴定 0.10 M 氨水 50.00 mL 所呈現的滴定曲線



➤ 當 HCl 滴入 25.00mL (半當量點或滴定中點)

➤ 當 HCl 滴入 49.90mL

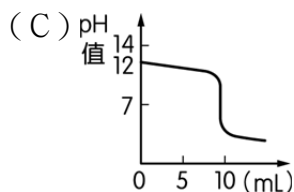
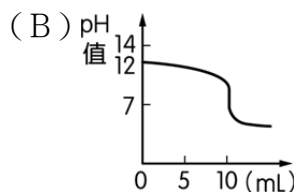
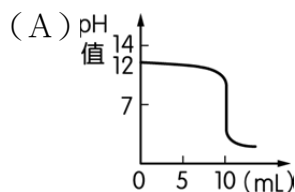
➤ 當 HCl 滴入 50.00mL(當量點)

➤ 當 HCl 滴入 50.10mL

酸鹼中和達當量點時，不一定是中性點

酸	鹼	酸性	中性	鹼性	實例	指示劑
強	強					
強	弱					
弱	強					
弱	弱					

下列小題的滴定曲線為何？（請填(A)、(B)或(C)）需加什麼指示劑才恰當？（請填(甲)、(乙)或(丙)）

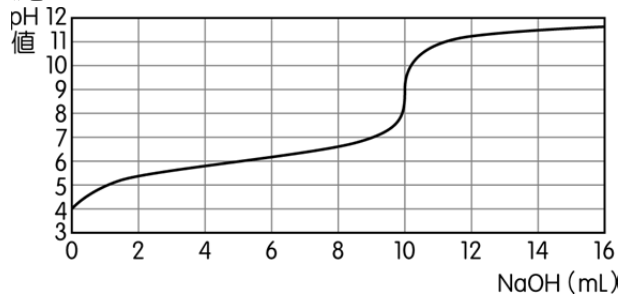


指示劑：(甲)甲基紅、(乙)酚酞、(丙)甲基紅與酚酞皆可。

- (1) $0.01 \text{ M NaOH}_{(aq)}$ 10 mL 被 $0.01 \text{ M HNO}_{3(aq)}$ 滴定。(曲線) _____ (指示劑) _____。
- (2) $0.1 \text{ M NaOH}_{(aq)}$ 10 mL 被 $0.1 \text{ M HCl}_{(aq)}$ 滴定。(曲線) _____ 指示劑) _____。
- (3) $0.1 \text{ M NH}_{3(aq)}$ 10 mL 被 $0.1 \text{ M HCl}_{(aq)}$ 滴定。(曲線) _____ (指示劑) _____。
- (4) $0.1 \text{ M NaOH}_{(aq)}$ 10 mL 被 $0.1 \text{ M CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ 滴定。(曲線) _____ (指示劑) _____。

以 0.10 M 的 NaOH 溶液滴定某單質子弱酸的滴定曲線如附圖所示。橫軸為加入 NaOH 的毫升數，縱軸為溶液的 pH 值。試問下列何者正確？

- (A) 在滴定過程中，當加入 0.10 M 的 NaOH 溶液 2 mL 時，所得的溶液具有最佳的緩衝能力
- (B) 此單質子弱酸的解離常數 (K_a) 約為 1.0×10^{-6}
- (C) 此弱酸的濃度為 10^{-4} M
- (D) 此實驗最好選用甲基紅做指示劑
- (E) 此滴定反應為吸熱反應。



實驗課後王同學發現實驗桌上有六瓶試劑未予歸位，可能為醋酸、鹽酸、硫酸、氫氧化鉀、氫氧化鈣以及氨水。王同學取出其中兩瓶，進行簡易分析實驗以辨識兩者成分。以下為其實驗紀錄：

【實驗一】從第一瓶溶液中取出 25.00 mL，以標準 NaOH 溶液滴定，滴定結果列於下表中。

體積 (NaOH) /mL	pH 值
5.0	2.2
10.0	2.4
20.0	3.0
24.0	3.8
24.8	4.5
25.0	7.0
25.2	9.5
26.0	10.0
30.0	10.7

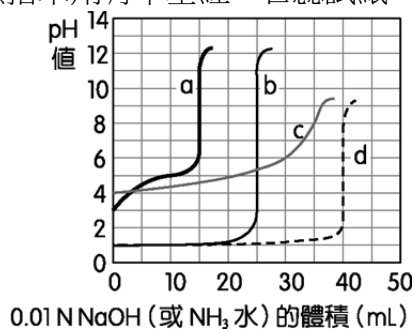
【實驗二】從第一瓶溶液中取出 25.0 mL，加入 10.0 mL、0.01 M 的硫酸，再以同一標準 NaOH 溶液滴定，滴定結果繪於上圖中。

【實驗三】從第一瓶與第二瓶溶液中分別取出 25.0 mL 與 10.0 mL，相互混合之後，再以標準 NaOH 溶液滴定。滴定結果也繪於上圖中。

【實驗四】完成實驗三後，再加入數滴 BaCl₂，溶液並無沉澱出現，但若改加草酸鈉，則溶液出現白色沉澱。

- (1) 在答案紙上，比照上圖的繪圖方式，將實驗一的滴定結果繪於方格紙內，並以平滑曲線連接各點。〔注意：繪圖可以先用鉛筆，但最後要在鉛筆所繪的點與線上，再用原子筆、鋼珠筆或中性筆描繪（包括縱坐標與橫坐標）〕
- (2) 計算標準 NaOH 溶液的濃度。（單位：M）
- (3) 若在 12.5 mL 標準 NaOH 溶液中加入 12.5 mL 0.01 M 的鹽酸溶液，則最後溶液的 pH 值為何？
- (4) 寫出第一瓶所含成分的正确中文名稱與化學式，並計算其濃度。（單位：M）
- (5) 寫出第二瓶所含成分的正确中文名稱與化學式，並計算其濃度。（單位：M）

濃度未知的三種酸液：硫酸、醋酸和鹽酸，各取 25 mL，分別用 0.1 M 的 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 或 0.1 M 的 $\text{NH}_3_{(\text{aq})}$ 滴定，得下圖的滴定曲線。酸鹼指示劑有甲基紅、石蕊試紙、酚酞可供選用。請回答下列問題：



(1) 由圖中選出適當滴定曲線：

① 硫酸與 $\text{NH}_3_{(\text{aq})}$ 為_____、② 醋酸與 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 為_____、③ 鹽酸與 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 為_____

(2) 由第(1)題的②與③的兩種滴定，可使用的共同指示劑應為_____

(3) 滴定前，硫酸、醋酸、鹽酸的莫耳濃度分別為_____、_____、_____

(4) 滴定前，醋酸的解離百分率為_____，解離常數 (K_a) 為_____

甲：0.1 M 之 $\text{HNO}_3_{(\text{aq})}$ ；乙：0.1 M 之 $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ ；丙：0.1 M 之 $\text{HCN}_{(\text{aq})}$ ；三杯等體積之酸液皆以 0.1 M 之 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 滴定，則下列敘述何者正確？

(A) 均可用石蕊試劑作為指示劑

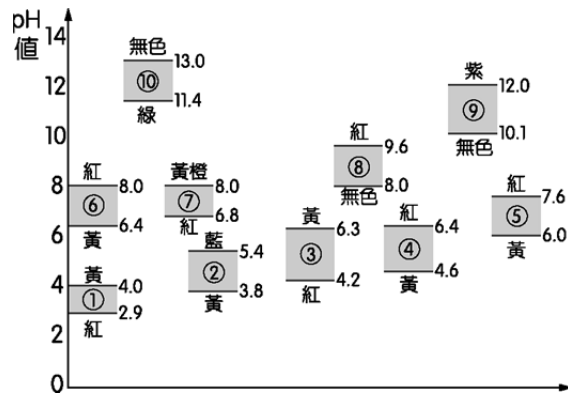
(B) 欲達 $\text{pH} = 7$ ，均須加等量之 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$

(C) 達當量點時，各酸液 pH 值皆相同

(D) 達當量點時，須加等量的 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$

(E) 滴定前，各酸液之 pH 值皆相同

下圖標示①～⑩種指示劑的變色範圍及顏色。例如①的變色範圍為 $\text{pH}=2.9 \sim 4.0$ ， $\text{pH}<2.9$ 時該指示劑呈紅色， $\text{pH}>4.0$ 時該指示劑即呈黃色，如 pH 值在 2.9 與 4.0 之間時該指示劑呈現黃與紅的中間色。今以 0.1 M 氫氧化鈉溶液滴定 50 毫升的某單質子弱酸 ($K_a=1.0 \times 10^{-5}$) 溶液時需要 20 毫升方可到達當量點。利用下圖作答下列各題：(對數值： $\log 2=0.3010$ ， $\log 3=0.4771$ ， $\log 7=0.8451$)



- (1) 滴定開始前，該 50 mL 試料弱酸溶液對下列許多指示劑的呈色反應中，何者正確？
 (A) ①呈紅色 (B) ②呈黃色，且③呈紅色 (C) ①呈黃色，且③呈紅色
 (D) ⑤呈黃色，且①呈中間色 (E) ②呈中間色，且③呈紅色。
- (2) 當滴入氫氧化鈉溶液 10 毫升時，所得溶液對下列許多指示劑的呈色反應中，何者正確？
 (A) ②及③皆呈中間色，且①呈黃色 (B) ②呈藍色，且⑤呈黃色
 (C) ①及⑥皆呈黃色 (D) ③呈黃色，且⑦呈紅色 (E) ⑤呈紅色。
- (3) 當滴入氫氧化鈉溶液 40 mL 時，所得溶液對下列許多指示劑的呈色反應中，何者正確？
 (A) ⑧呈紅色，且⑨不顯色 (B) ⑨呈紫色，且⑩呈中間色
 (C) ⑤呈紅色，且⑥呈紅色 (D) ⑨呈中間色 (E) ④呈紅色，且⑧呈紅色

以 0.1 M NaOH 標準溶液滴定 0.1 M HCl 溶液 25 毫升：首先取 0.1 M HCl 溶液 25 毫升注入於 250 毫升錐形瓶中，再把 HCl 溶液以蒸餾水稀釋到 100 毫升，然後加入 3 滴適當之指示劑。最後從滴定管滴加 0.1 M NaOH 標準溶液，直到溶液之顏色變化為止。回答下列問題：

- (1) 稀釋到 100 毫升後，HCl 溶液的 $[H^+]$ 為多少？
- (2) 加入 10 毫升 0.1 M NaOH 標準溶液時，溶液的 $[H^+]$ 為多少？
- (3) 在滴定達當量點時，氯化鈉溶液濃度為多少？
- (4) 在當量點以後，再滴加 0.1 M NaOH 溶液 1 毫升時，溶液的 $[H^+]$ 為多少？

某單質子酸的 K_a 值為 1×10^{-8} ，濃度為 1 M，試問：

- (1) 該溶液的 pH 值為多少？
- (2) 取該溶液 20 mL，加入 5 mL 1 M 的 NaOH 溶液，則該溶液的 pH 值為多少？
- (3) 取該溶液 10 mL，加入 10 mL 1 M 的 NaOH 溶液，則該溶液的 $[H^+]$ 為多少？