







## 雙質子滴定—多重化學反應

### 介紹

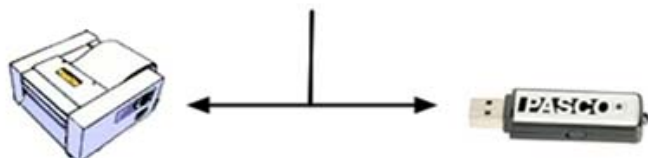
#### 實驗日誌與快照按鈕

-  快照按鈕是用來擷取SPARK科學學習系統螢幕的內容。
-  實驗日誌是指在SPARK科學學習系統中被儲存及觀看的快照內容。
-  共用按鈕是用來把你的日誌內容輸出或轉印到你的工作區域內。



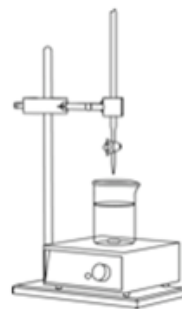
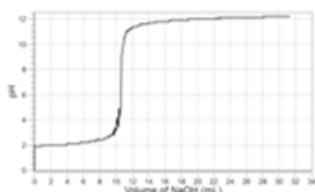
此圖是提醒你在輸入回答之後，要輕敲 ，以便將該頁做一快照動作。

注意：你可以在此實驗的第一頁按快照按鈕，以便作為實驗日誌的封面頁。



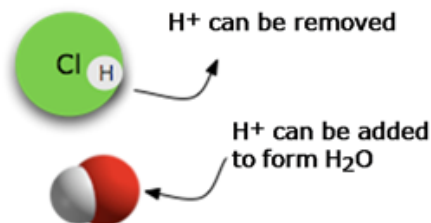
## 實驗挑戰

- 滴定法可以知道一種溶液中有多少酸存在，但如果酸中有超過一種氫離子，那怎麼辦？
- 滴定曲線有何不同？滴定曲線為何會改變？一種飽和濃度的酸如何測出？



## 背景知識

- 酸是物質，它提供氫離子。
- 鹼與酸會互補，它接受氫離子。



- 當分子放掉氫離子，則其剩下的陰離子稱為共軛酸。
- 當酸接受氫離子，則其創新的部分稱為共軛鹼。

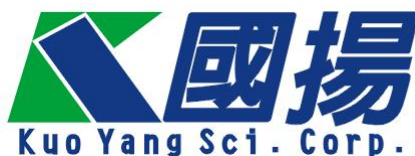


酸

鹼

共軛鹼

共軛酸



**國揚儀器股份有限公司**

台北縣新店市寶橋路188號9樓之1

統一編號: 86337947; 電話: 02-29137000; 傳真: 02-29131212  
www.kuoyang.com.tw; kyinfo@kuoyang.com.tw; skype:kuoyangcom

## 自我檢核



1. 當酸放出一個氫離子，剩下的陰離子部份稱為\_\_\_。
- a) 共軛酸
  - b) 共軛鹼
  - c) 雙質子酸
  - d) 雙質子鹼

此圖示在提醒你在鍵入回答後，要輕敲  以便將此頁快照下來。

<在此輸入文字>

## …背景知識

- 多質子酸可以提供超過一個氫離子。
- 酸可進一步以其可提供氫離子數作為分類。

酸的一般形式	酸的特別形式	可提供H <sup>+</sup> 數目	例子
單質子	多質子	1	HCl
多質子	雙質子	2	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>
多質子	三質子	3	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>

## 自我檢核

2. 氫氨酸最好以何類酸描述？

- a) 三質子
- b) 雙質子
- c) 多質子
- d) 單質子

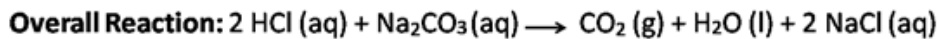
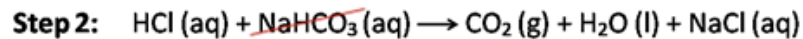
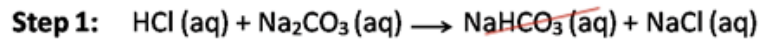


酸的特別形式	可提供H <sup>+</sup> 數目
單質子	1
雙質子	2
三質子	3

<在此輸入文字>

### …背景知識

- 碳酸鹽離子是碳酸的共軛鹼，製造碳酸鈉溶液，它含有碳酸鹽離子，可以接受氫離子。
- 這碳酸鹽離子可以用來滴定，例如鹽酸，接受氫離子的過程有些步驟：



## 自我檢核

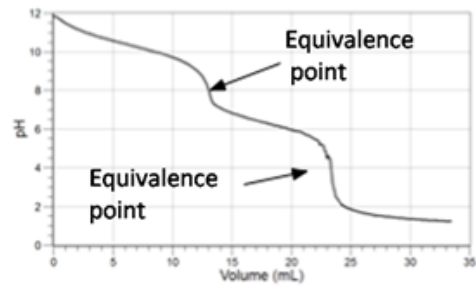
3. 當碳酸鈉和氫氨酸作用時，何時你可見到氣泡(氣體)？
- 僅第一步驟
  - 僅第二步驟
  - 在步驟一與二
  - 沒有氣泡產生



<在此輸入文字>

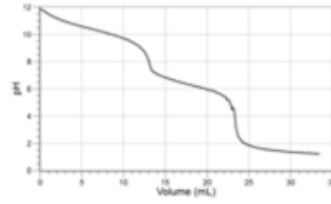
## …背景知識

- 在滴定過程中可看到每一步驟，當滴定進行時，pH可以用感應器測得。
- 曲線在最陡的一點就是平衡點（即酸的莫耳數等於鹼的莫耳數）。
- 對多質子酸而言，其提供的每一氫原子都會有一平衡點。



## 自我檢核

4. 雙質子酸的滴定曲線中有多少個平衡點？
- a) 1
  - b) 2
  - c) 3
  - d) 4



雙質子酸的滴定曲線



<在此輸入文字>

## 安全

- 要遵守實驗室安全規則
- 氫氟酸是強酸，不要碰到眼和皮膚。
- 處理化學品、設備和器皿後要洗手。
- 在丟棄到污水槽前，要確定酸與鹼已經中和了。



## 材料與裝備

實驗前先準備這些材料

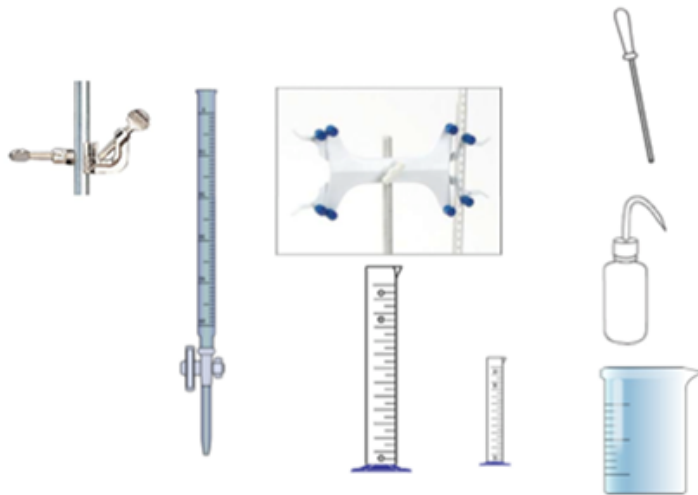
- 滴定計數器
- pH感應器
- 緩和溶液
- 緩和溶液
- 燒杯
- 微攪拌棒
- 磁攪拌器
- 漏斗
- 環形架



## .. 材料與裝備

實驗前先準備這些材料

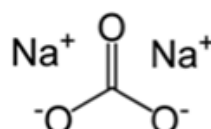
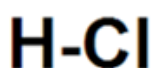
- 滴定管
- 滴定夾
- 燒杯
- 可丟棄式滴管
- 量筒
- 含有蒸餾水的沖洗瓶



## .. 材料與裝備

實驗前先準備這些材料

- 廢水容器
- 蒸餾水, 200 mL
- 1.0 M 氫氯酸溶液, 50 mL
- 碳酸鈉溶液, 50 mL



## 順次挑戰

**A.** 當pH值穩定，將開關關好，停止收集數據，並記錄最後體積。

**B.** 利用收集的數據計算碳酸鈉的濃度。

左邊是此實驗的部份步驟，它們不是正確步驟，請決定實驗順次，然後快照此頁。

**C.** 裝好滴定裝置，並校準pH感應器。

**D.** 記錄Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>及HCl最初體積，開始收集數據，然後放開滴定物質。

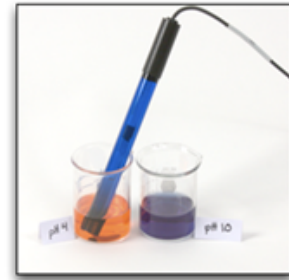


<在此輸入文字>



## 建構實驗

1. 將pH感應器連到SPARK。
2. 校準pH感應器：
  - a) 將大約 25mL pH4緩衝液倒入50mL燒杯中。
  - b) 將大約 25mL pH10 緩衝液倒入50mL燒杯中。
  - c) 將pH感應器從電極儲存瓶中取出，用蒸餾水沖洗。



緩衝液及pH感應器

### 校準 pH感應器:

注意：在校準過程中，你不可回到此頁步驟。

#### 1. 打開校準感應器螢幕:

- a) 輕敲
- b) 輕敲 **CALIBRATE SENSOR**

#### 2. 確定選擇正確的測量:

- a) 感應器：(名子)  
測量：pH  
校準形式：2點
- b) 輕敲 **NEXT**

#### 3. 校準點 1:

- a) 將pH探針置入pH4緩衝液中
- b) 在**Calibration Point 1**中的**Standard Value box**輸入4.0
- c) 在**Calibration Point 1**之下輕敲 **Read From Sensor** .
- d) 用蒸餾水沖洗pH探針

#### 4. 校準點 2:

- a) 用pH10緩衝液重複上述步驟。
- b) 輕敲**OK**離開校準螢幕，然後輕敲**OK**回到實驗。



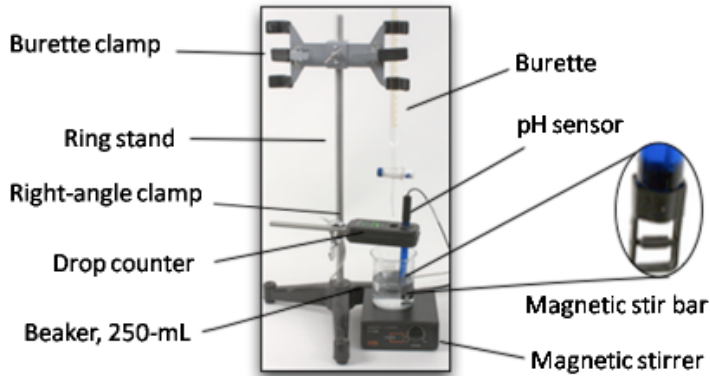
**國揚儀器股份有限公司**

台北縣新店市寶橋路188號9樓之1

統一編號: 86337947; 電話: 02-29137000; 傳真: 02-29131212  
www.kuoyang.com.tw; kyinfo@kuoyang.com.tw; skype:kuoyangcom

### 建構實驗

3. 將滴定計數器連到SPARK。
4. 組裝滴定裝置。



Q1: pH感應器不校準可得到正確結果嗎？為何pH感應器要被校準？



<在此輸入文字>

### 建構實驗

5. 用可拋棄式滴定管取數毫升的標準HCl溶液沖洗滴定管。
6. 用HCl沖洗滴定管，並引流到廢水容器中。
7. 重複這步驟2次以上。
8. 確定開關位於“關”的位置，然後用滴定管裝約50mL的標準HCl溶液。
9. 用一滴定溶液沖洗滴定計數器，並引流到廢水容器中。

Q2: 滴定前為何要將用滴定溶液沖洗滴定計數器？



<在此輸入文字>



## 建構實驗

10. 練習使用滴定管的開關，使滴定液流經過滴定計數器約每秒2至3滴
11. 關好開關，然後移走廢水容器。

Q3: 滴定計數器的綠燈如何協助你確定滴了多少HCl?



<在此輸入文字>

## 建構實驗

12. 確定滴定液的初始體積，精確度至0.01mL。
13. 用100mL量筒量出100.0mL蒸餾水，並加到250mL燒杯中。
14. 使用50mL量筒量出20.0mL 0.5M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液，並加至含100mL蒸餾水的燒杯中，在下頁中記錄 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 體積。

Q4: 在下表中記錄HCl初始體積及其濃度。



<在此輸入文字>

## 建構實驗

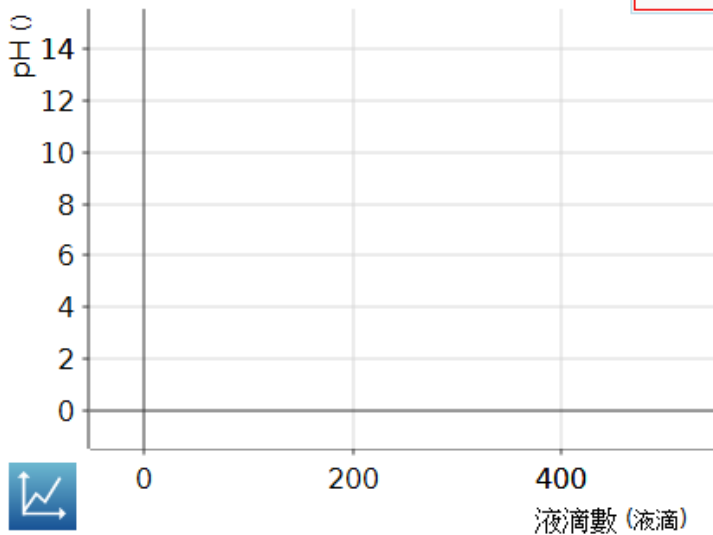
15. 將pH感應器，微攪拌棒及含 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液的燒杯，加入滴定裝置中
16. 打開磁攪拌器，並以低至中速開始攪拌。

注意：pH感應器的探球部分要完全浸入溶液中。


Q5: 在下表中記下加入燒杯的 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 體積。



<在此輸入文字>



## 收集數據

1. 輕敲  開始收集數據。
2. 小心打開滴定管上的開關，使其每秒放出2至3滴滴定溶液。



3. 繼續收集數據，直到溶液的pH值穩定小於2為止。

繼續下一頁

Q6:

在開始pH約12與pH值為8之間開始滴定时，有什麼反應發生？

<在此輸入文字>

Q7:

當pH值小於8時，燒杯開始發生什麼事？說明你的觀察內容。



<在此輸入文字>

pH

000.0---

1.23

-- ▲

液滴數

000 液滴

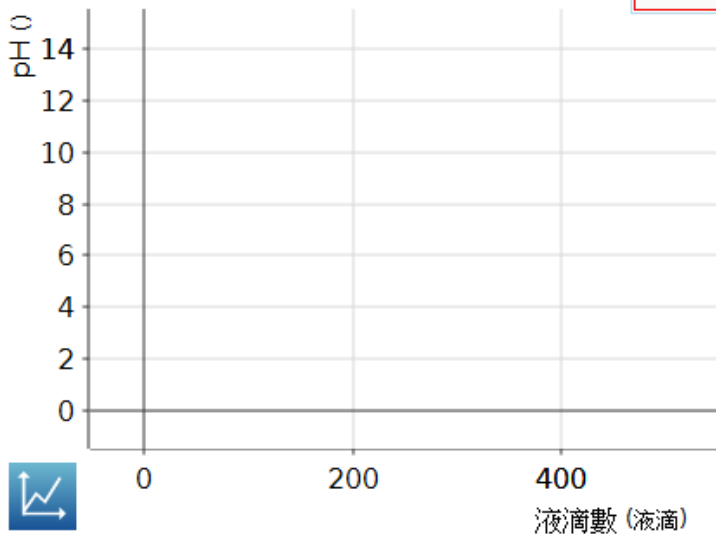
1.23

-- ■

### 收集數據

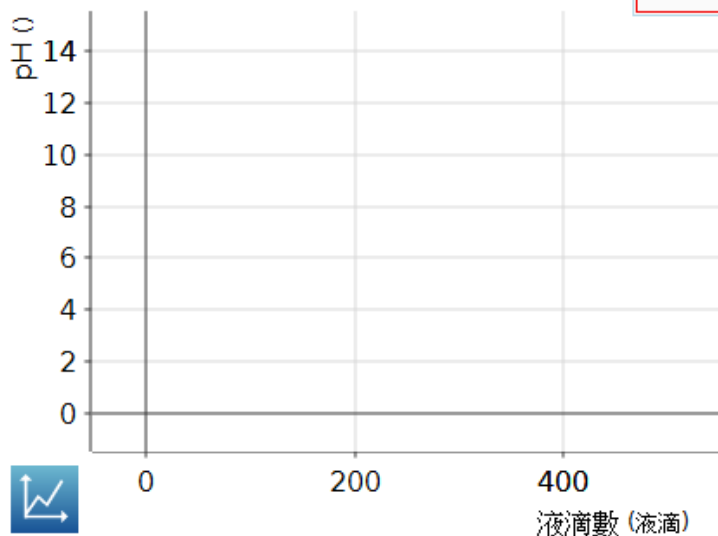
4. 當溶液的pH值穩定低於2時，關上開關。

-- ▲




繼續下一頁

最後HCl的體積為：



### 收集數據

5. 輕敲  停止收集數據。
6. 紀錄滴定管中HCl最後體積。



<在此輸入文字>


### 數據分析

1. 在下面a-c步驟，測出滴定管中HCl的使用體積。

$$\text{HCl體積} = \text{最後HCl體積} - \text{初始HCl體積}$$

注意：HCl的初始與最後體積已記錄在日誌中了，從日誌中可以獲得這些數據。\*

\*要看日誌中的記錄：

1. 輕敲  打開日誌螢幕。
2. 輕敲  或  轉動日誌的大小內容。
3. 用大拇指輕敲此頁圖案去觀察。

- a) 在右邊格子裡輸入HCl最後體積。
- b) 在右邊格子裡輸入HCl初始體積。
- c) 在右邊格子裡輸入HCl最後體積減去初始體積。



<在此輸入文字>

## 數據分析: HCl

液滴數

2. 將滴定次數轉換體積。

計量體積1 = (滴定次數) \* 滴定體積 / 最後滴定次數

注意：

滴定次數 = 收集的數據

滴定管體積 = 整個使用的NaOH體積




最後滴定數數 = 整個加入的滴定數

000 液滴

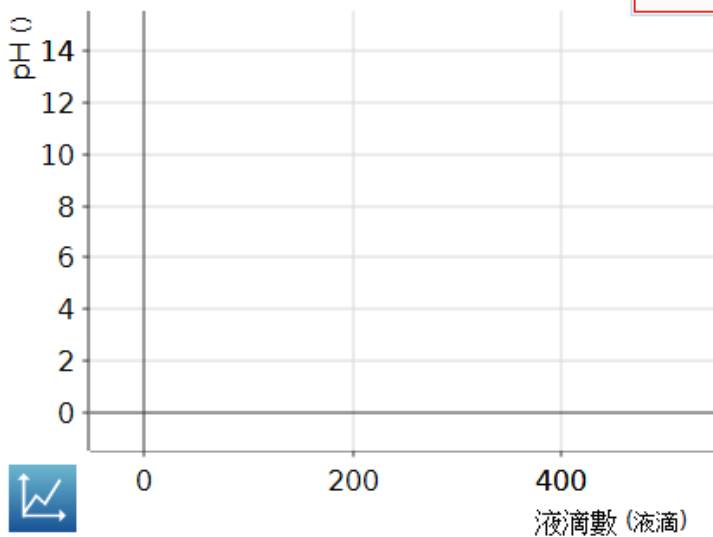
1.23

--

\*進行計算：

1. 輕敲  打開實驗螢幕。
2. 輕敲  計算的資料 打開計算器
3. 在空格處進行計算。
4. 輕敲  輸入收集的數據進行計算。

## DATA

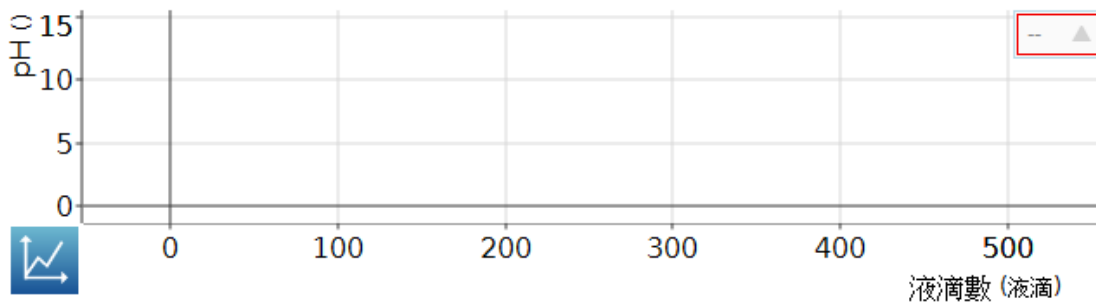
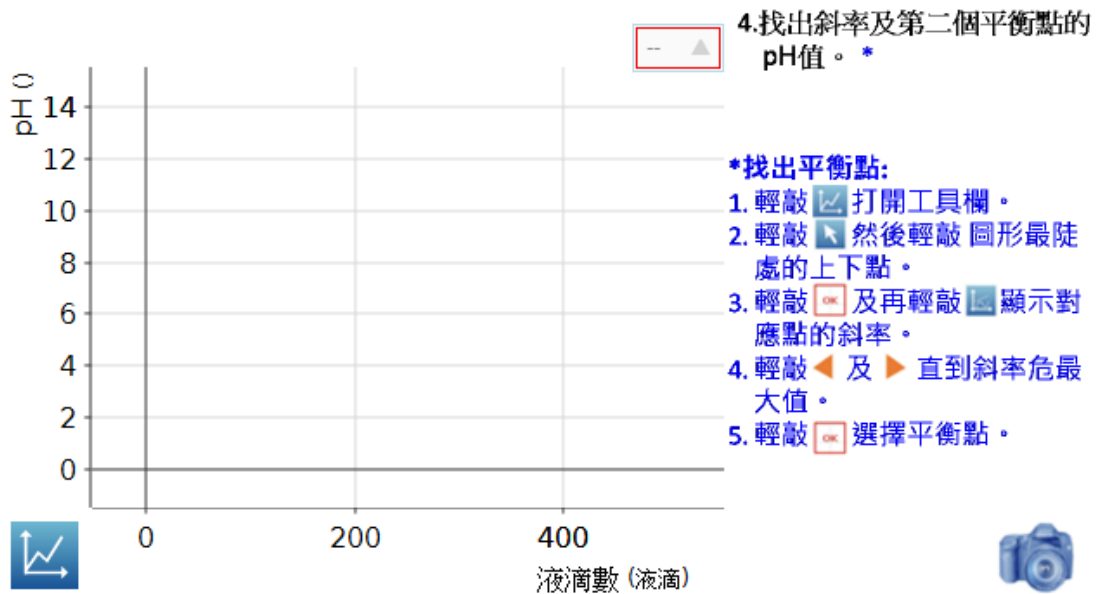


3. 找出斜率及第一個平衡點的pH值。\*

\*找出平衡點：

1. 輕敲  打開工具欄。
2. 輕敲  然後輕敲  圖形最陡處的上下點。
3. 輕敲  及再輕敲  顯示對應點的斜率。
4. 輕敲  及  直到斜率危最大值。
5. 輕敲  選擇平衡點。





5. 改變x軸展示HCl體積(輕敲 放大軸的比例)。
6. 測定第一個平衡點的HCl體積，輕敲 然後輕敲平衡點(可用 及 )。
7. 輕敲 及 展示體積及pH值。
8. 輕敲 且輸入體積。針對第二個平衡點重複6-8步驟。

- \*改變x軸及y軸的變數:
1. 輕敲 打開工具欄。
  2. 輕敲 打開圖形性質螢幕。
  3. 對每一軸，輕敲 選擇所需變數。



## 數據分析

9. 在第一個平衡點計算 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 的莫耳濃度：
- 利用第一個平衡點所加的HCl體積及HCl溶液莫耳分子量測出所加的HCl莫耳數。
  - 利用化學反應平衡式將HCl莫耳數轉換成 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 莫耳數。
  - 使用 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 莫耳數及其初始體積算出 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 莫耳分子量。



- HCl莫耳數
- $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 莫耳數
- $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 分子量

## 數據分析

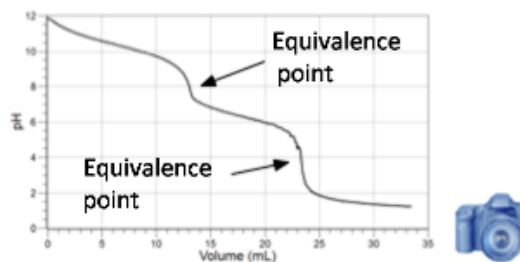
10. 在第二個平衡點計算 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 的莫耳濃度：
- 利用第一個平衡點所加的HCl體積及HCl溶液莫耳分子量測出所加的HCl莫耳數。
  - 利用化學反應平衡式將HCl莫耳數轉換成 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 莫耳數。
  - 使用 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 莫耳數及其初始體積算出 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 莫耳分子量。



- HCl莫耳數
- $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 莫耳數
- $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 分子量

## 數據分析

11. 利用每個平衡點算出 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 的平均莫耳分子量。說明你的步驟。



<在此輸入文字>

## 分析

1. 何時可以看到 $\text{CO}_2$ 氣體產生的氣泡？



<在此輸入文字>

## 分析

2. 將兩個分別步驟的化學方程式合併寫出一完整方程式：



第一步驟的方程式

第二步驟的方程式

## 分析

3a. 在第一個平衡點前，燒杯內有碳酸離子及雙碳酸離子，哪一個離子接受氫離子較容易？  
3b. 你怎麼知道？



<在此輸入文字>

## 分析

4a.在第一個平衡點之後，迅速產生CO<sub>2</sub>，在溶液中有剩餘的碳酸離子？

4b.第一個平衡點表示什麼？



<在此輸入文字>

## 分析

5. 在第二個平衡點停止產生氣泡，你注意到每個平衡點的酸需要達到的體積？



<在此輸入文字>

## 分析

6. 在第二個平衡點，為何氣泡停止產生？



<在此輸入文字>

## 整理

1. 通常一個化學反應的產物會造成另一個化學反應的反應物，利用本實驗如何描述此件事。



<在此輸入文字>

### 整理

2a. 計算所製造的CO<sub>2</sub>莫耳數，說明你如何做的。

2b. 有限的反應是什麼？



<在此輸入文字>

### 整理

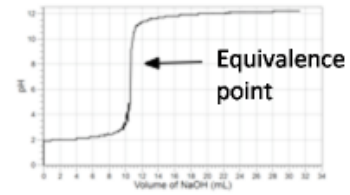
3. 計算所製造的CO<sub>2</sub>體積為多少公升？假設是在標準溫度與壓力的情況。說明你如何做的。



<在此輸入文字>

## 選擇題

1. 在酸鹼滴定中，曲線的平衡點表示\_\_\_\_\_。
- a) 有相同的酸和鹼莫耳數的點
  - b) 滴定管已用完酸的點
  - c) pH值是最大情況的點
  - d) pH值是最小情況的點



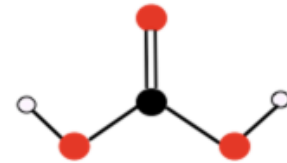
Titration Curve



<在此輸入文字>

## 選擇題

2. 碳酸是已知的雙質子酸，為什麼？
- a) 因為它會與鹼反應
  - b) 因為它提供2個氫離子
  - c) 因為它產生CO<sub>2</sub>
  - d) 因為它如酸或鹼反應



H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>



<在此輸入文字>

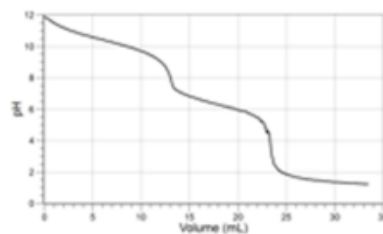


**國揚儀器股份有限公司**  
台北縣新店市寶橋路188號9樓之1  
統一編號: 86337947; 電話: 02-29137000; 傳真: 02-29131212  
www.kuoyang.com.tw; kyinfo@kuoyang.com.tw; skype:kuoyangcom

## 選擇題

3. 雙質子酸有多少個平衡點？

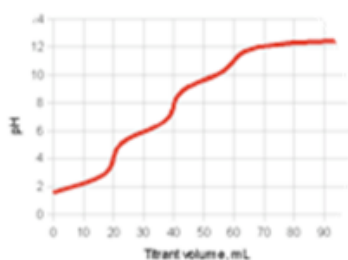
- a) 0
- b) 1
- c) 2
- d) 3



<在此輸入文字>

## 選擇題

4. 下面的滴定曲線表示一個\_\_\_\_\_酸



- a) 單質子酸
- b) 雙質子
- c) 三質子酸
- d) 四質子酸

Specific Type of Acid	Number of H <sup>+</sup> Ions to Donate
monoprotic	1
diprotic	2
triprotic	3



<在此輸入文字>



**國揚儀器股份有限公司**  
台北縣新店市寶橋路188號9樓之1  
統一編號: 86337947; 電話: 02-29137000; 傳真: 02-29131212  
www.kuoyang.com.tw; kyinfo@kuoyang.com.tw; skype:kuoyangcom



## 選擇題

5. 當酸與 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 反應產生什麼氣體？
- a) 氫氣
  - b) 氧氣
  - c) 甲烷氣體
  - d) 二氧化碳氣體



<在此輸入文字>

**恭喜！**

你已完成實驗。

請遵照你的老師指示整理器材並提交你的實驗紀錄。



## 參考資料

- 1.CUP WITH GAS <http://www.freeclipartnow.com/food/beverages/soda/soft-drink-icon.jpg.html>
  - 2.BEAKER <http://freeclipartnow.com/science/flasks-tubes/beaker.jpg.html>
  - 3.CORROSIVE WARNING [http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:DIN\\_4844-2\\_Warnung\\_vor\\_Aetzenden\\_Stoffen\\_D-W004.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:DIN_4844-2_Warnung_vor_Aetzenden_Stoffen_D-W004.svg)
  - 4.BE SAFE <http://freeclipartnow.com/signs-symbols/warnings/safety-hands.jpg.html>
  - 5.VINEGAR (DISTILLED WATER) <http://freeclipartnow.com/household/chores/cleaners/vinegar.jpg.html>
  - 6.BURETTE <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Burette.svg>
  - 7.BEAKER <http://www.freeclipartnow.com/science/flasks-tubes/beaker-2.jpg.html>
  - 8.HYDROXIDE ION <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydroxide-3D-vdW.png>
  - 9.THINK SIGN <http://www.freeclipartnow.com/education/signs/think.jpg.html>
  - 10.CALCULATE CLIP ART <http://www.freeclipartnow.com/education/supplies/ruler-and-calculator.jpg.html>
-