

第 17 章

酸和鹼的強度

- 17.1 強酸和弱酸、強鹼和弱鹼的意義
- 17.2 比較酸或鹼強度的方法
- 17.3 酸和鹼的強度和濃度

學習目標

研習本章後，你應能：

- 17.1 • 找出酸和鹼強度與其電離或離解程度的關係；
- 17.2 • 透過量度pH值和導電性來比較酸和鹼的強度；
- 17.3 • 明白酸和鹼的強度及濃度是兩個不同概念；
 - 以適當的詞彙來描述酸和鹼：強與弱、濃與稀。

第 17 章 酸和鹼的強度

氫氯酸和乙酸均會與鎂帶產生反應。然而，若把相同質量的鎂帶分別加入1.0 M氫氯酸和1.0 M乙酸中，氫氯酸較乙酸釋出更多氫氣 (見下圖)。



1.0 M氫氯酸(左)和1.0 M乙酸(右)與相同質量的鎂帶的反應。

試想想...

- 為甚麼上述兩種酸會分別出現不同的觀察結果？
- 為甚麼具相同濃度的氫氯酸和乙酸與鎂帶反應時會有不同的表現？

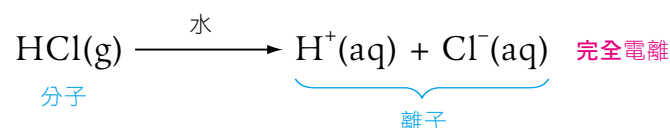
研習本章後，你應能回答以上問題。

17.1 強酸和弱酸、強鹼和弱鹼的意義

我們曾在第14章研習過一些有關酸和鹼的例子。酸和鹼的強度是取決於它們在水中電離或離解的程度。

強酸和弱酸的定義

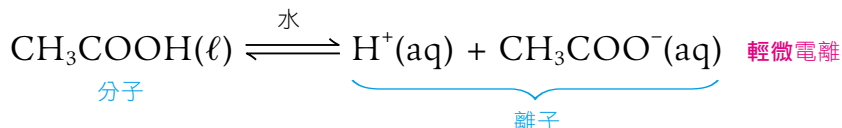
氯化氫溶於水時，分子會完全電離，生成氫離子和氯離子。這表示所有酸分子都變為離子 (圖17.1(a))。



乙酸溶於水時，分子只會輕微電離，生成氫離子和乙酸根離子。這表示只有極小部分的酸分子變為離子。

學習錦囊

在0.1 M 乙酸溶液中，每1000個 CH_3COOH 分子中只有13個分子會電離，產生 $\text{H}^+(\text{aq})$ 離子。



注意我們在上述方程式用了雙箭號「 \rightleftharpoons 」，即表示在溶液中，乙酸分子、氫離子和乙酸根離子均同時存在 (圖17.1(b))。

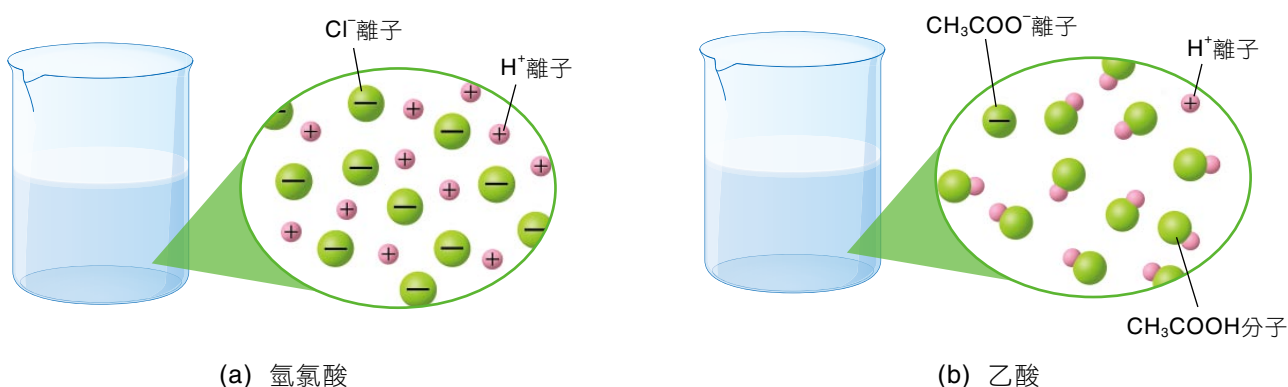


圖17.1 (a) 氫氯酸含有氫離子和氯離子。(b) 乙酸含有乙酸分子、氫離子和乙酸根離子。氫氯酸中的 H^+ 離子較乙酸為多。

(圖中並沒有顯示水分子。)

(註：圖17.1(b)所顯示的並不是已電離的及沒有電離的乙酸分子的真正相對數量。)

試想想

0.1 M 氫氯酸和 0.1 M 乙酸的 pH 值分別是 1.00 和 2.87。這兩種酸中氫離子的濃度分別是多少？

試想想

硫酸 (H_2SO_4) 是強酸，為甚麼它的水溶液中卻含有亞硫酸根離子 (HSO_4^-)？

氫氯酸是**強酸**的例子，而乙酸則是**弱酸**的例子。

課文重點

強酸是在水中**完全 (或高度) 電離**的酸。

弱酸是在水中只會**輕微電離**的酸。

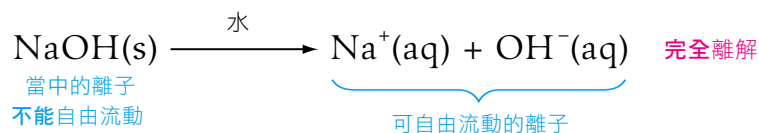
三種常用的礦酸 (HCl 、 HNO_3 和 H_2SO_4) 都是強酸。而亞硫酸 (H_2SO_3)、碳酸 (H_2CO_3)、磷酸 (H_3PO_4) 和大部分有機酸，例如乙酸 (CH_3COOH) 和檸檬酸則是弱酸，當中碳酸和檸檬酸等弱酸可在食物和飲料中找到 (圖 17.2)。



圖 17.2 含有兩種弱酸：碳酸（碳酸水）和檸檬酸的汽水。

強鹼和弱鹼的定義

氫氧化鈉 (NaOH) 是離子化合物，它溶於水時會**完全離解**，生成可自由流動的鈉離子和氫氧離子 (圖 17.3(a))。



氨 (NH_3) 是分子化合物，它溶於水時 (氨水) 只會輕微電離，生成銨離子和氫氧離子 (圖17.3(b))。

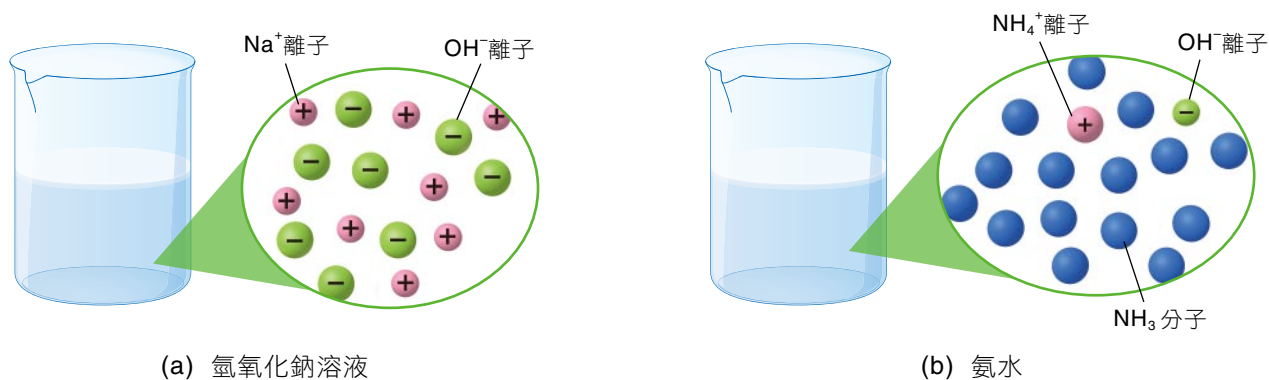
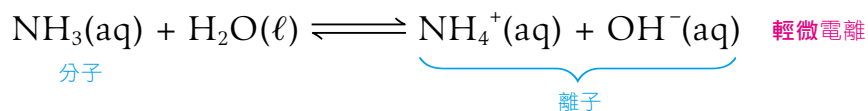


圖17.3 (a) 氫氧化鈉溶液含有鈉離子和氫氧離子。(b) 氨水含有氨分子、銨離子和氫氧離子。氫氧化鈉溶液中的 OH^- 離子較氨水為多。

(圖中並沒有顯示水分子。)

(註：圖17.3(b)所顯示的並不是已電離的及沒有電離的氨分子的真正相對數量。)

氫氧化鈉是**強鹼**的例子，而氨則是**弱鹼**的例子。

課文重點

強鹼是在水中會完全離解的鹼。

弱鹼是在水中只會輕微電離的鹼。

課堂練習 17.1

寫出下列各化合物所含的所有粒子種類的名稱，並在數目最多的粒子的名稱下劃上底線 (水分子除外)。

- 純硫酸
- 2.0 M 硝酸
- 2.0 M 檸檬酸
- 1.0 M 氨水

17.2 比較酸或鹼強度的方法



學習錦囊

用作比較的酸必須具有相同的鹽基度。

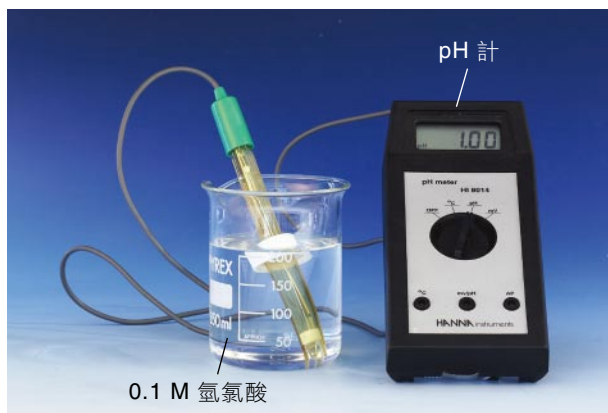
以下是一些比較酸或鹼強度的方法。

(在以下實驗中，用作比較的酸或鹼必須具有相同的摩爾濃度。)

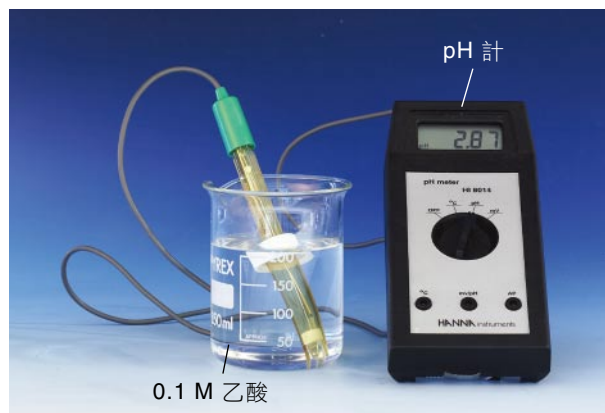
比較酸的強度

透過量度溶液的pH值

我們可使用pH計來量度0.1 M氫氯酸和0.1 M乙酸的pH值，以比較它們的強度 (圖17.4)。



(a)



(b)

圖17.4 使用pH計來量度(a) 0.1 M氫氯酸和(b) 0.1 M乙酸的pH值。



學習錦囊

$\text{pH} = -\log[\text{H}^+(\text{aq})]$ ，
因此水溶液的pH值
越低，表示當中
 $\text{H}^+(\text{aq})$ 的濃度越高。

雖然氫氯酸和乙酸具有相同的摩爾濃度，但氫氯酸的pH值卻較乙酸為低，這表示氫氯酸中 $\text{H}^+(\text{aq})$ 的濃度較高。

透過量度溶液的導電性

我們可分別量度1.0 M氫氯酸和1.0 M乙酸的導電性來比較它們的強度 (圖17.5)。

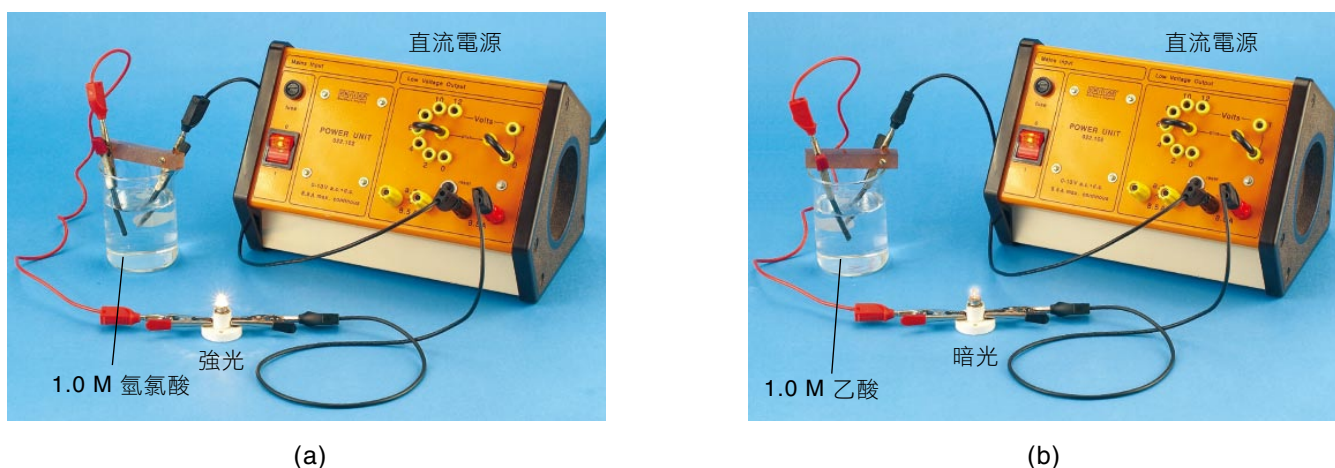


圖17.5 量度(a) 1.0 M 氫氯酸和(b) 1.0 M 乙酸的導電性所用的實驗裝置。

從圖17.5(a)和圖17.5(b)所見，1.0 M 氫氯酸的實驗裝置中的燈泡較1.0 M 乙酸的更光亮。測試結果顯示在相同摩爾濃度下，氫氯酸的導電性較乙酸為高，這表示氫氯酸含有較高濃度的可自由流動離子 ($\text{H}^+(\text{aq})$ 和 $\text{Cl}^-(\text{aq})$)。

比較鹼的強度

透過量度溶液的pH值

同樣地，我們可使用pH計來量度0.1 M 氫氧化鈉溶液和0.1 M 氨水的pH值，以比較它們的強度。

雖然氫氧化鈉溶液和氨水具有相同的摩爾濃度，但氫氧化鈉溶液的pH值卻較氨水為高，這表示氫氧化鈉溶液中 $\text{OH}^-(\text{aq})$ 的濃度較高。

透過量度溶液的導電性

透過量度1.0 M 氫氧化鈉溶液和1.0 M 氨水的導電性，也可比較它們的強度。

在相同摩爾濃度下，氫氧化鈉溶液的導電性較氨水為高，這表示氫氧化鈉溶液含有較高濃度的可自由流動離子 ($\text{Na}^+(\text{aq})$ 和 $\text{OH}^-(\text{aq})$)。因此，1.0 M 氫氧化鈉溶液的實驗裝置中的燈泡會更光亮。

 例題17.1

辨別具相同pH值的強酸和弱酸

*P*和 Q 是兩種具不同強度的一元酸溶液。它們的pH值都是3.0。已知其中一種溶液是氫氯酸溶液，另一種則是乙酸溶液。

- 建議一個可分辨這兩種酸的物理方法。
- 解釋你在(a)部所用的方法。
- 某學生提出藉著把同等長度的鎂帶加進該兩溶液中，可以辨別它們。原因是較強的酸會以較高速率釋出氫氣泡。你是否同意這學生的看法？解釋你的答案。

題解

- 加入蒸餾水，把這兩種酸溶液各稀釋10倍，然後利用pH計量度它們的pH值。
- 由於氫氯酸是強酸，故它在水中完全電離。它被稀釋10倍時，溶液中 $H^+(aq)$ 離子的濃度會減少10倍（即濃度會是 $10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ ），因此，所得溶液的pH值會是4.0。

至於乙酸，它是弱酸，故在水中不完全電離。它被稀釋10倍時，除溶液中已有的 $H^+(aq)$ 離子被稀釋外，一些未電離的 CH_3COOH 分子會進行電離作用產生 $H^+(aq)$ 離子。



因此，所得溶液所含的 $H^+(aq)$ 離子會大於 $10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ ，而所得溶液的pH值會小於4.0。

- 不同意。由於該兩溶液所含 $H^+(aq)$ 離子的濃度相等，即 $10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ 。兩者起始時會以相同的速率釋出氫。

 課堂練習17.2

下表顯示0.1 M NaOH(aq)和0.1 M $NH_3(aq)$ 的pH值和導電性。

	0.1 M NaOH(aq)	0.1 M $NH_3(aq)$
pH值	13.00	11.12
導電性	較高	較低

續

- (a) 水溶液中哪種離子會導致兩種溶液具有鹼性性質？
- (b) 寫出氨水形成在(a)部所提及的離子過程的方程式。
- (c) 根據兩種溶液的pH值，推定哪種溶液是強鹼，並加以解釋。
- (d) 解釋兩種溶液在導電性上的差異。



實驗17.1

實驗作業2

比較酸和鹼的強度

在本實驗中，你將會設計並進行實驗，以比較氫氯酸和乙酸的強度；以及氫氧化鈉溶液和氨水的強度。

17.3 酸和鹼的強度和濃度

我們不應混淆**強度**（用**強**或**弱**來形容）和**濃度**（用**濃**或**稀**來形容）這兩個詞彙。

- **強度**是指酸或鹼在水中**電離**或**離解**的程度。
- **濃度**則是指**每一單位體積**溶液中所含**溶質**的分量。

以下的例子可說明強度和濃度的不同意義。

1 M HCl(aq)是一種**強酸**的**稀**溶液。

12 M HCl(aq)是一種**強酸**的**濃**溶液。

1 M CH₃COOH(aq)是一種**弱酸**的**稀**溶液。

12 M CH₃COOH(aq)是一種**弱酸**的**濃**溶液。

1 M NaOH(aq)是一種**強鹼**的**稀**溶液。

10 M NH₃(aq)是一種**弱鹼**的**濃**溶液。

總括而言，強酸或強鹼的水溶液可以是濃或稀，而弱酸或弱鹼的水溶液也可以是濃或稀。

圖17.6展示了酸在強度和濃度上的分別。鹼的情況也是一樣。

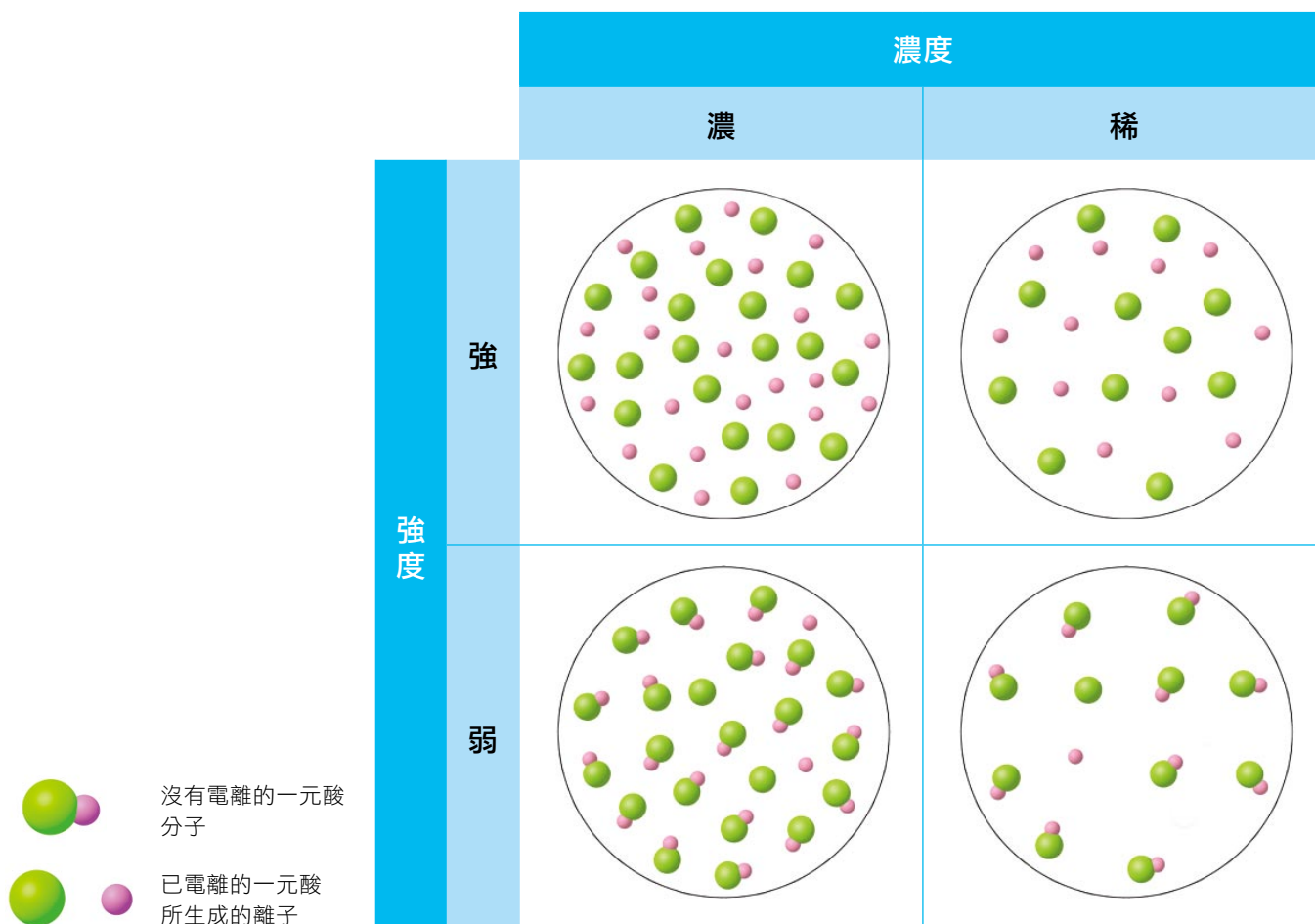


圖17.6 展示酸在強度和濃度上的分別的圖表（以一元酸為例）。（圖中並沒有顯示水分子。）



課堂練習17.3

- 評論下列句子：
 - 具有pH 5的氫氯酸是弱酸。
 - 12 M乙酸 (CH_3COOH) 是強酸。
- 現有三瓶酸：2.0 M氫氯酸、2.0 M乙酸和2.0 M硫酸。
 - 描述如何準確地量度三種酸的pH值。
 - 把三種酸按pH值的遞減次序排列，並加以解釋。

重要詞彙

中文詞彙	英文翻譯	頁數
1. 強酸	strong acid	4
2. 弱酸	weak acid	4
3. 強鹼	strong alkali	5
4. 弱鹼	weak alkali	5
5. 強度	strength	6

進度評估

若能回答下列問題，在問題旁邊的空格內劃上「✓」號。若未能回答，便需要翻閱課本相關的頁數。

		頁數
1. 強酸和弱酸的定義是甚麼？	<input type="checkbox"/>	4
2. 你能舉出一些強酸和弱酸的例子嗎？	<input type="checkbox"/>	4
3. 強鹼和弱鹼的定義是甚麼？	<input type="checkbox"/>	5
4. 你能舉出一些強鹼和弱鹼的例子嗎？	<input type="checkbox"/>	5
5. 我們可用甚麼方法來比較酸或鹼的強度？	<input type="checkbox"/>	6-7

摘要

17.1 強酸和弱酸、強鹼和弱鹼的意義

1. **強酸**是在水中完全(或高度)電離的酸，例子包括氫氯酸、硝酸和硫酸。
弱酸是在水中只會輕微電離的酸，例如乙酸。
2. **強鹼**是在水中完全離解的鹼，例子包括氫氧化鉀和氫氧化鈉。
弱鹼是在水中只會輕微電離的鹼，例如氨。

17.2 酸的性質和化學反應

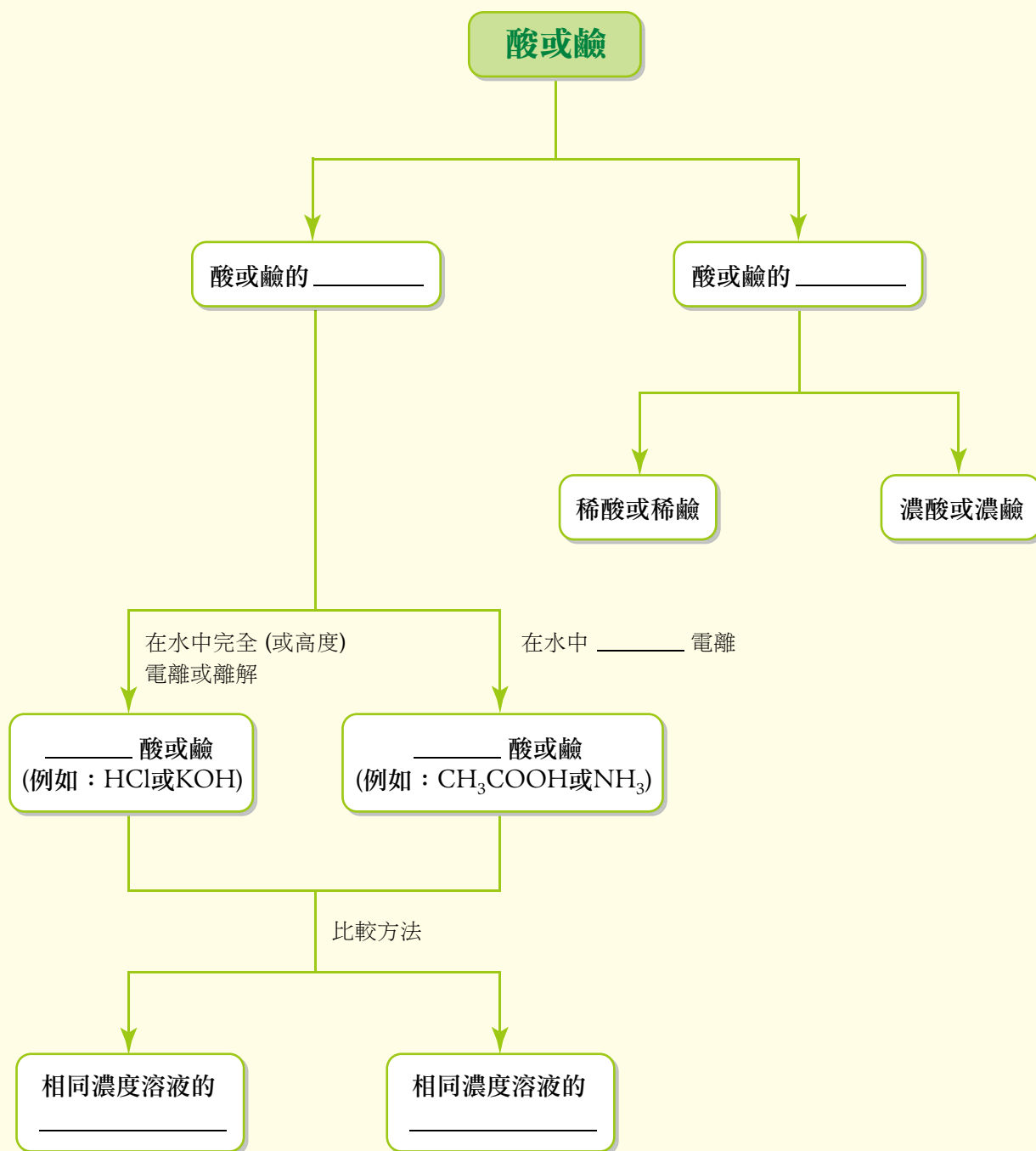
3. 我們可量度具相同摩爾濃度的酸或鹼溶液的：
 - (a) pH值和
 - (b) 導電性來比較酸或鹼的**強度**。

17.3 酸和鹼的強度和濃度

4. 酸和鹼的強度是指其在水中電離或離解的程度。
5. 酸和鹼的濃度是指每一單位體積溶液中所含溶質的分量。
6. 酸和鹼的強度與酸和鹼的濃度並沒有關係。
強酸或強鹼可以是濃或稀溶液。弱酸或弱鹼也可以是濃或稀溶液。

概念圖

完成以下概念圖。



(提示：濃度、導電性、pH值、輕微、強度、強、弱)

章節練習

填充題

第17.1節

- (a) 強酸是在水中 _____ (或 _____) 電離的酸，例如 _____。

(b) 弱酸是在水中只會 _____ 電離的酸，例如 _____ 酸。
- (a) 強鹼是在水中 _____ 離解的鹼，例如 _____。

(b) 弱鹼是在水中只會 _____ 電離的鹼，例如 _____。

第17.2節

- 若溶液的摩爾濃度相等，
 - 強酸或強鹼的導電性較弱酸或弱鹼 _____。
 - 強酸的pH值較弱酸 _____。
 - 強鹼的pH值較弱鹼 _____。

多項選擇題

第17.1節

- 氫氯酸是強酸，因為

 - 它只會與強鹼反應。
 - 它具有腐蝕性。
 - 它可完全溶於水中。
 - 它可在水中完全電離。
- 0.1 M 乙酸溶液中哪種粒子的分量最少？

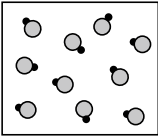
 - CH_3COOH
 - H^+
 - OH^-
 - CH_3COO^-

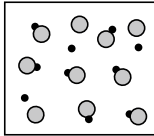
- 下列哪項或哪些有關稀乙酸的陳述正確？

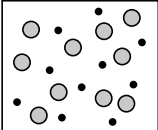
 - 它是多元酸。
 - 它含有乙酸分子和乙酸根離子。
 - 它不會與氨水反應。

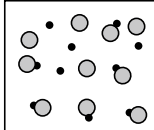
- 只有(1)
- 只有(2)
- 只有(1)和(3)
- 只有(2)和(3)

- 下列哪幅圖能顯示具最高強度的酸溶於水後粒子的情況？

A. 

B. 

C. 

D. 

(• 代表 H^+ ；○代表電離後酸的陰離子。圖中並沒有顯示水分子。)

第17.2節

- 下列哪項有關相同摩爾濃度的 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 和 $\text{NH}_3(\text{aq})$ 的描述不正確？

$\text{NaOH}(\text{aq})$	$\text{NH}_3(\text{aq})$
A. 在水中完全離解	在水中輕微電離
B. $\text{OH}^-(\text{aq})$ 的濃度較高	$\text{OH}^-(\text{aq})$ 的濃度較低
C. 會與 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ 反應生成沉澱	不會與 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ 反應生成沉澱
D. 導電性較高	導電性較低

9. 下列哪項或哪些有關具相同體積的0.5 M KOH(aq)和0.5 M NH₃(aq)的陳述正確？

- (1) 把石蕊溶液加入溶液中，會呈現相同的顏色。
 (2) 把通用指示劑加入溶液中，會呈現相同的顏色。
 (3) 把溶液加入Fe₂(SO₄)₃(aq)中，會形成相同的沉澱。
- A. 只有(1)
 B. 只有(2)
 C. 只有(1)和(3)
 D. 只有(2)和(3)

10. 下列哪種溶液與鈣粒反應的初速最高？

- A. 0.1 M硝酸
 B. 0.1 M亞硫酸
 C. 0.1 M磷酸
 D. 0.1 M檸檬酸

11. 考慮下列各種酸：

- (1) 1.0 M氫氯酸
 (2) 1.0 M硫酸
 (3) 1.0 M乙酸

下列哪項是以上各種酸的酸度的遞增次序？

- A. (2)、(1)、(3)
 B. (2)、(3)、(1)
 C. (3)、(1)、(2)
 D. (3)、(2)、(1)

判斷理由題

(請參看封底內頁的答題指示。)

第一敘述句

12. 銅不會與稀乙酸反應。

第二敘述句

稀乙酸是弱酸。

結構題

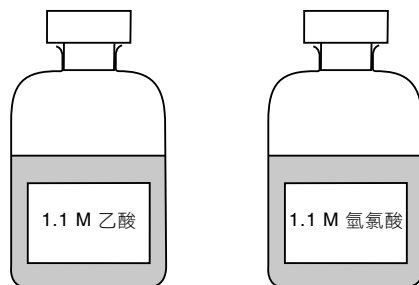
第17.2節

13. (a) 0.1 M HCl(aq)中氫離子的摩爾濃度是多少？試加以解釋。

(b) 計算0.1 M HCl(aq)的pH值。

(c) 解釋為甚麼0.1 M CH₃COOH(aq)的pH值與0.1 M HCl(aq)的pH值並不相同。

14. 下圖顯示了兩個盛有酸的試劑瓶。



(a) 把這兩種酸分類為強酸或弱酸。

(b) 強酸和弱酸有甚麼分別？

(c) 這兩種酸中，哪種酸的pH值較低？試加以解釋。

(d) 建議一個可在實驗室內準確量度這些酸的pH值的方法。

15. 某學生量度三種具有相同摩爾濃度的一元酸 (X 、 Y 和 Z) 的pH值，以比較它們的強度。已得知只有 Y 是強酸，而下表顯示了該實驗的結果：

酸	pH值
X	4.0
Y	2.0
Z	5.0

- (a) 計算 Y 的摩爾濃度。
- (b) 比較 X 和 Z 的強度，並加以解釋。
16. 酸與固態碳酸鹽的反應可反映酸的強度。
- (a) 寫出酸與碳酸鎂反應的離子方程式。
- (b) 你現有數塊碳酸鎂。概述怎樣透過進行實驗來顯示硫酸是較亞硫酸強的酸。
- (c) 寫出在(b)部的預期觀察結果，並加以解釋。