

สารละลาย (Solution)

- ❖ ชนิดของสารละลาย
- ❖ ความเข้มข้นของสารละลาย
- ❖ กรด-เบส

CHEMISTRY

สารละลาย (Solution)

สารละลาย หมายถึง สารเนื้อเดียวที่มีสารตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมารวมกัน ประกอบด้วย ตัวทำละลายและตัวถูกละลาย

ส่วนประกอบที่มีปริมาณมากกว่า
⇒ ตัวทำละลาย (solvent)

ส่วนประกอบที่มีปริมาณน้อยกว่า
⇒ ตัวถูกละลาย (solute)

ตัวอย่างเช่น
น้ำเกลือ ทิงเจอร์ไอโอดีน น้ำเชื่อม เป็นต้น

สารละลาย (Solution)

สมบัติของสารละลาย

- แยกส่วนประกอบออกจากกันได้โดยการกลั่น
- การระเหย การตกผลึก การแพร่ของแก๊ส
- มีเนื้อเดียว
- สมบัติเหมือนกันทุกส่วน
- d เท่ากันทุกส่วน ($d = m/v$)

1. ชนิดของสารละลาย

โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ตามสถานะคือ สารละลายแก๊ส ของเหลว ของแข็ง รวมเป็น 9 ชนิด

ตารางที่ 1 ชนิดของสารละลาย

สารละลาย	ชนิดของสารละลายในแต่ละสถานะ	ตัวอย่าง
แก๊ส	แก๊สในแก๊ส ของเหลวในแก๊ส ของแข็งในแก๊ส	อากาศ อากาศชั้น I ₂ ในอากาศ
ของเหลว	แก๊สในของเหลว ของเหลวในของเหลว ของแข็งในของเหลว	CO ₂ ในน้ำ Alcohol ในน้ำ น้ำเกลือ
ของแข็ง	แก๊สในของแข็ง ของเหลวในของแข็ง ของแข็งในของแข็ง	H ₂ ใน Pd Hg ใน Ag Cu ใน Zn (โลหะเจือ)

2. ความเข้มข้นของสารละลาย

หมายถึง ปริมาณของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลาย การบอกความเข้มข้นของสารละลายมีหลายวิธีดังนี้

1. ร้อยละของตัวถูกละลาย
2. ส่วนในล้านส่วน
3. โมลาริตี
4. นอร์มอลลิตี
5. ฟอर्मอลลิตี
6. โมแลลิตี
7. เศษส่วนโมล

5

2. ความเข้มข้นของสารละลาย

1. ร้อยละของตัวถูกละลาย

1.1 ร้อยละโดยมวล (percent by weight)

คือ ปริมาณมวลของตัวถูกละลายในมวลของสารละลาย 100 หน่วยมวล

$$\%w/w = \frac{\text{weight of solute}}{\text{weight of solution}} \times 100$$



2. ความเข้มข้นของสารละลาย

1.2 ร้อยละโดยปริมาตร (percent by volume)

คือ ปริมาตรของตัวถูกละลายในสารละลายปริมาตร 100 หน่วยปริมาตร นิยมใช้กับสารละลายที่เป็นของเหลว เช่น สารละลายแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 20 โดยปริมาตร

หมายความว่าสารละลายนี้ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรจะมีแอลกอฮอล์ละลายอยู่ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$\%v/v = \frac{\text{volume of solute}}{\text{volume of solution}} \times 100$$



2. ความเข้มข้นของสารละลาย

1.3 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (percent by weight to volume)

คือ ปริมาณของตัวถูกละลายในปริมาตรของสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร โดยทั่วไปถ้ามวลของตัวถูกละลายมีหน่วยเป็นกรัม ปริมาตรของสารละลายจะมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร และถ้ามวลของตัวถูกละลายมีหน่วยเป็นกิโลกรัม ปริมาตรของสารละลายจะมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เดซิเมตร

หรือลิตร หน่วยมวลและหน่วยปริมาตรต้องให้สอดคล้องกันด้วย

$$\%w/v = \frac{\text{weight of solute}}{\text{volume of solution}} \times 100$$

8

ตัวอย่างการคำนวณ

Ex ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย BaCl_2 เข้มข้น 12% โดยน้ำหนัก ปริมาณ 50 g จากเกลือ

$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ จะเตรียมได้อย่างไร

วิธีคิด BaCl_2 เข้มข้น 12% โดยน้ำหนัก หมายถึง สารละลายหนัก 100 g. มี BaCl_2 ละลายอยู่ 12 g.

สารละลายหนัก 50 g. มี BaCl_2 ละลายอยู่ = 6 g.

ถ้าต้องการ BaCl_2 208.3 g. ต้องใช้ $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 244.3 g.

ดังนั้น เมื่อต้องการ BaCl_2 6 g. ต้องใช้ $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ = $\frac{244.3 \text{ g} \times 6 \text{ g}}{208.3 \text{ g}}$

= 7.04 g.

ดังนั้น ต้องใช้ $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ หนัก 7.04 g. ละลายในน้ำ 42.96 g.

จึงจะได้สารละลาย BaCl_2 เข้มข้น 12% โดยน้ำหนัก ปริมาณ 50 g.

9

2. ความเข้มข้นของสารละลาย

2. ส่วนในล้านส่วน (parts per million; ppm)

เป็นหน่วยที่บอกมวลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ล้านหน่วยมวลเดียวกัน ซึ่งเป็นหน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่เจือจางมาก ๆ หรืออาจใช้แสดงปริมาณของสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในสารเคมีที่บริสุทธิ์ต่าง ๆ

$$\text{ppm} = \frac{\text{weight of solute}}{\text{weight of solution}} \times 10^6$$

เช่น ในแหล่งน้ำแห่งหนึ่งมีสารตะกั่วปนเปื้อนอยู่ 0.2 ppm หมายความว่า น้ำในแหล่งน้ำนั้น 1 ล้านกรัม มีตะกั่วละลายอยู่ 0.2 กรัม

10

2. ความเข้มข้นของสารละลาย

3. โมลาริตี หรือ โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (mol/dm^3 หรือ mol/l)

เป็นหน่วยที่บอกจำนวนโมลของตัว ถูกละลายในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร หน่วยความเข้มข้นเป็นโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรอาจเรียกย่อได้เป็นโมลาร์ (Molar) ใช้สัญลักษณ์ **M**

$$M = \frac{\text{moles of solute}}{\text{volume of solution (L)}}$$

11

Ex. สารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 27% โดยน้ำหนัก และมีความหนาแน่น 1.198 g/cm^3 จะมี ความเข้มข้นกี่โมลาร์ (น้ำหนักอะตอมของ S = 32, O = 16.0)

วิธีทำ จากค่าความหนาแน่น สารละลาย 1.198 g มีปริมาตร 1 cm^3

$$\text{ถ้าสารละลายหนัก } 100 \text{ g} \text{ จะมีปริมาตร} = \frac{100 \text{ g} \times 1 \text{ cm}^3}{1.198 \text{ g}} = 83.472 \text{ cm}^3$$

จากโจทย์ H_2SO_4 เข้มข้น 27%w/w แสดงว่าสารละลาย 100 g มี H_2SO_4 อยู่ 27 g

ในสารละลาย 83.472 cm^3 จะมี H_2SO_4 อยู่ $27 \text{ g} = \frac{27 \text{ g}}{98 \text{ g/mol}} = 0.28 \text{ mol}$

ถ้าสารละลาย 1000 cm^3 (1 dm^3) จะมี $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1000 \text{ cm}^3 \times 0.28 \text{ mol} = 3.30 \text{ mol}$
 83.472 cm^3

12

2. ความเข้มข้นของสารละลาย

4. นอร์มัลลิตี (Normality)

หมายถึง จำนวนกรัมสมมูลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ลูกบาศก์ เดซิเมตร

หน่วยคือ นอร์มอล (Normal, N)

เช่น สารละลายกรด HCl เข้มข้น 1 นอร์มอล หมายถึงสารละลาย HCl 1 ลูกบาศก์ เดซิเมตร มี HCl ละลายอยู่ 1 กรัมสมมูล ซึ่งคิดเป็นน้ำหนัก 36.5 กรัม

$$N = \frac{\text{จำนวนกรัมสมมูล}}{\text{สารละลาย 1 dm}^3}$$

$$\text{จำนวนกรัมสมมูล} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม)}}{\text{น้ำหนักกรัมสมมูล (กรัม)}}$$

13

จำนวนกรัมสมมูล

จำนวนกรัมสมมูล = กรัมของสาร/กรัมสมมูล

เช่น H_2SO_4 98 กรัม มีจำนวนกรัมสมมูล = $98/49 = 2$

แสดงเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

$$\text{กรัมสูตร} = n \cdot \text{กรัมสมมูล}$$

ปกติค่า n เราจะดูจากสูตรเคมีของสารและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น โดย

1. หากเป็นสารไอออนิก n มาจากการนำเลขห้อยระหว่างไอออนบวกกับลบมาคูณกัน

เช่น $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ n คือ $2 \cdot 3 = 6$

2. หากเป็นกรดหรือเบส n ให้ดูจำนวน H หรือ OH ที่แตกตัวได้

เช่น $\text{H}_2\text{SO}_4 = 2$ $\text{NaOH} = 1$

3. หากสารนั้นเกิดปฏิกิริยรีดอกซ์ n คือจำนวนเลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนไปของสารนั้น

เช่น $\text{Mg} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow 2\text{Ag} + \text{Mg}^{2+}$

เลขออกซิเดชันของ Mg เปลี่ยนไป 2 ดังนั้น n ของ Mg คือ 2 ส่วนของ Ag^+ คือ 1 14

น้ำหนักกรัมสมมูลของสาร สามารถหาได้โดย **น้ำหนักกรัมสมมูลของกรด** :
น้ำหนักเป็นกรัมของกรดที่สามารถให้ H^+ ได้ 1 โมล เช่น HCl 1 โมล ซึ่งหนัก 36.5 กรัม สามารถให้ H^+ 1 โมล

น้ำหนักกรัมสมมูลของ HCl จึงเท่ากับ $\frac{36.5}{1} = 36.5$ กรัม

และ H_2SO_4 ซึ่งหนัก 98 กรัม สามารถให้ H^+ 2 โมล

น้ำหนักกรัมสมมูลของ H_2SO_4 จึงเท่ากับ $\frac{98}{2} = 49$ กรัม

$$\text{น้ำหนักกรัมสมมูลของกรด} = \frac{\text{มวลโมเลกุลของกรด}}{\text{จำนวน โมลของ } \text{H}^+ \text{ ที่แตกตัว}}$$

15

น้ำหนักกรัมสมมูลของเบส : น้ำหนักเป็นกรัมของเบสที่สามารถให้ OH^- 1 โมล หรือรับ H^+ 1 โมล

เช่น NaOH 1 โมล ซึ่งหนัก 40 กรัม สามารถให้ OH^- 1 โมล น้ำหนักกรัมสมมูลของ NaOH

จึงเท่ากับ $\frac{40}{1} = 40$ กรัม และ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1 โมล ซึ่งหนัก 74 กรัม สามารถให้ OH^- 2 โมล

น้ำหนักกรัมสมมูลของ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ จึงเท่ากับ $\frac{74}{2} = 37$ กรัม

น้ำหนักกรัมสมมูลของเกลือ : น้ำหนักเป็นกรัมของเกลือที่สามารถให้ประจุบวกหรือประจุลบ 1 โมล

เช่น NaCl 1 โมล ซึ่งหนัก 58.5 กรัม สามารถให้ Na^+ 1 โมล หรือ Cl^- 1 โมล NaCl จึงมี

น้ำหนักกรัมสมมูล $\frac{58.5}{1} = 58.5$ กรัม

หรือ AlCl_3 1 โมล ซึ่งหนัก 133.5 กรัม สามารถให้ Al^{3+} 1 โมล (ประจุบวก 3 โมล) หรือ Cl^-

3 โมล (ประจุลบ 3 โมล) จึงมีน้ำหนักกรัมสมมูล $\frac{133.5}{3} = 44.5$ กรัม

16

น้ำหนักกรัมสมมูลของสารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน : เป็นปริมาณของสารที่ให้หรือรับอิเล็กตรอน 1 โมล

- ▶ ตัวรีดิวซ์ 1 กรัมสมมูล จะให้อิเล็กตรอน 1 โมล
- ▶ ตัวออกซิไดส์ 1 กรัมสมมูล จะรับอิเล็กตรอน 1 โมล
- ▶ ตัวรีดิวซ์ 1 กรัมสมมูลจะทำปฏิกิริยาพอดีกับตัวออกซิไดส์ 1 กรัมสมมูล (ตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์จะทำปฏิกิริยาพอดีด้วยจำนวนกรัมสมมูลที่เท่ากัน)

$$\text{น้ำหนักกรัมสมมูลของตัวออกซิไดส์หรือตัวรีดิวซ์} = \frac{\text{น้ำหนักกรัมสูตร (กรัม)}}{\text{จำนวนเลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนไปต่อ 1 สูตร}}$$

17

• เช่น เมื่อ KMnO_4 ถูกรีดิวซ์เป็น Mn^{2+}



เลขออกซิเดชันของ Mn เปลี่ยนจาก +7 ใน KMnO_4 เป็น +2 ใน Mn^{2+}

KMnO_4 1 โมล รับอิเล็กตรอน 5 โมล

KMnO_4 1 กรัมสมมูล = KMnO_4 1/5 โมล = 158/5 กรัม = 31.6 กรัม

น้ำหนักกรัมสมมูลของ KMnO_4 = 31.6 กรัม

• KMnO_4 เข้มข้น 1 นอร์มัล มี KMnO_4 ละลายอยู่ 1 กรัมสมมูล หรือ 1/5 โมลในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร

18

นอร์มาลิตี และ โมลาลิตี มีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

$$N = nM$$

เมื่อ n = จำนวนอิเล็กตรอนที่รับหรือให้ต่อสาร 1 โมล ในปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน

เช่น กรณี KMnO_4 ถูกรีดิวซ์เป็น Mn^{2+} n มีค่าเท่ากับ 5 ดังนั้นสารละลาย KMnO_4 1 นอร์มัล คือ สารละลาย 0.20 โมลาร์

$$(N = nM) \quad 1 = 5M$$

$$M = 1/5 = 0.20 \text{ โมลาร์}$$

19

Ex HNO_3 7.88 g ในสารละลาย 1 dm³ (N = 14, O = 16.0, Na = 23.0)

วิธีทำ น้ำหนักกรัมสูตรของ HNO_3 = 63.0 g/mol

น้ำหนักกรัมสมมูลของ HNO_3 = 63.0 g

N = จำนวนกรัมสมมูลของตัวถูกละลายในสารละลาย 1 dm³

สารละลาย 1 dm³ มี HNO_3 ละลายอยู่ = 7.88 g

$$\text{ดังนั้น จำนวนกรัมสมมูล} = \frac{\text{น้ำหนัก (g)}}{\text{น้ำหนักกรัมสมมูล (g)}} = \frac{7.88 \text{ g}}{63.0 \text{ g/g equiv.}} = 0.1251$$

∴ นอร์มาลิตีของสารละลาย HNO_3 = 0.1251 N

20

Ex Na_2CO_3 26.5 g ในสารละลาย 1 dm³ จงหาความเข้มข้นในหน่วย N

วิธีทำ น้ำหนักกรัมสูตรของ $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106.0 \text{ g}$

น้ำหนักกรัมสมมูลของ $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106.0 = 53.0 \text{ g}$

สารละลาย 1 dm³ มี Na_2CO_3 ละลายอยู่ = 26.5 g

$$\text{จำนวนกรัมสมมูล} = \frac{\text{น้ำหนัก (g)}}{\text{น้ำหนักกรัมสมมูล (g)}} = \frac{26.5 \text{ g}}{53}$$

$$= 0.500 \text{ กรัมสมมูล}$$

∴ สารละลาย Na_2CO_3 เข้มข้น 0.50 N

21

2. ความเข้มข้นของสารละลาย

$$F = \frac{\text{gram formular of solute}}{\text{volume of solution (L)}}$$

5. ฟอर्मาลิตี (Formality)

จำนวนกรัมสูตรหรือจำนวนโมลของตัวถูกละลายต่อสารละลาย 1 ลิตร

เรียกย่อได้เป็นฟอर्मอล (Formal) ใช้สัญลักษณ์ F

▶ คล้ายกับหน่วยโมลาร์ ต่างกันที่ หน่วยโมลาร์ใช้กับสารประกอบที่มีสูตรโมเลกุล แต่หน่วยฟอर्मอลใช้กับสารประกอบไอออนิกซึ่งไม่มีสูตรโมเลกุล

▶ เช่น NaOH เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็น Na^+ และ OH^- หมดยโดยไม่มี NaOH

เหลืออยู่ในสภาพโมเลกุลในสารละลายเลย สารละลาย NaOH 1 ฟอर्मอล จะมี NaOH 1 กรัมสูตร ซึ่งหนัก 40 กรัม ในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร

▶ แต่ นักเคมีมักจะใช้ “โมลาริตี” แทน “ฟอर्मาลิตี” เสมอ เช่น NaOH 1 ฟอर्मอล มักจะกล่าวเป็น NaOH 1 โมลาร์

▶ 1 กรัมสูตร = น้ำหนักโมเลกุล ของสารนั้นๆ

22

ตัวอย่างการคำนวณ

Ex. ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ เข้มข้น 0.1 F จำนวน 1 dm³ จะต้องใช้ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ หนักเท่าใด และสารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ เข้มข้น 0.1 F นี้จะมี Pb^{2+} และ NO_3^- เข้มข้นกี่โมลาร์ (Pb = 207.2, N = 14.0, O = 16)

วิธีทำ น้ำหนักสูตรของ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 331.2$

สารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ เข้มข้น 0.1 F หมายถึง สารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 1 dm³ มี

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ละลายอยู่ 0.1 กรัมสูตร ซึ่งคิดเป็นน้ำหนัก = $0.1 \times 331.2 = 33.12$ กรัม นั่นคือ ต้องใช้ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ หนัก 33.12 กรัม

เมื่อ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 1 โมล ละลายน้ำ จะแตกตัวเป็น Pb^{2+} 1 โมล และ NO_3^- 2 โมล
ดังนี้ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \longrightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$

ดังนั้นสารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0.1 F จะมี Pb^{2+} เข้มข้น 0.1 M และ NO_3^- เข้มข้น 0.2 M

23

2. ความเข้มข้นของสารละลาย

6. โมลลิตี (Molality)

จำนวนโมลของตัวถูกละลายในตัวทำละลาย 1000 กรัม (1 กิโลกรัม)

อาจเรียกย่อได้เป็นโมลล (Molal) ใช้สัญลักษณ์ m

$$m = \frac{\text{moles of solute}}{\text{weight of solution (kg)}}$$

24

Ex น้ำตาลซึ่งมีสูตร $C_{12}H_{22}O_{11}$ หนัก 10 กรัม ละลายน้ำ 125 กรัม จะมีความเข้มข้นกี่โมลล (C = 12.0, H = 1, O = 16.0)

$$\text{วิธีทำ} \quad \text{น้ำ 125 g มีน้ำตาลละลายอยู่ } 10 \text{ g} = \frac{10 \text{ g}}{342 \text{ g/mol}} = 0.029 \text{ mol}$$

$$\text{ดังนั้น น้ำ 1000 g (1 kg) จะมีน้ำตาลละลายอยู่} = \frac{1000 \text{ g} \times 0.029 \text{ mol}}{125 \text{ g}} = 0.23 \text{ mol}$$

∴ สารละลายมีความเข้มข้น 0.23 โมลล

25

2. ความเข้มข้นของสารละลาย



7. เศษส่วนโมล (mole fraction)

สัดส่วนจำนวนโมลของสารองค์ประกอบหนึ่งต่อจำนวนโมลรวมของสารทุกชนิดในสารละลายใช้สัญลักษณ์ X เช่น สารละลายชนิดหนึ่งประกอบด้วยสาร A a mol, B b mol และ C c mol จะได้เศษส่วนโมลของสาร A, B และ C ดังนี้

$$\text{เศษส่วนโมลของสาร A } (X_A) = \frac{a}{(a + b + c)}$$

$$\text{เศษส่วนโมลของสาร B } (X_B) = \frac{b}{(a + b + c)}$$

$$\text{เศษส่วนโมลของสาร C } (X_C) = \frac{c}{(a + b + c)}$$

26

ตัวอย่างการคำนวณ

Ex สารละลายประกอบด้วยน้ำ 36 g และกลีเซอริน ($C_3H_5(OH)_3$) 46 g จงคำนวณหาเศษส่วนโมลของน้ำและกลีเซอริน

$$\text{จำนวนโมลของของน้ำ} = 36 / 18 = 2.0 \text{ mol}$$

$$\text{จำนวนโมลของกลีเซอริน} = 46 / 92 = 0.5 \text{ mol}$$

$$\text{ดังนั้นจำนวนโมลทั้งหมด} = 2.0 + 0.5 = 2.5 \text{ mol}$$

$$\text{ดังนั้นเศษส่วนโมลของน้ำ} = 2.0 / 2.5 = 0.8$$

$$\text{ดังนั้นเศษส่วนโมลของกลีเซอริน} = 0.5 / 2.5 = 0.2$$

27

สารละลายอิเล็กโทรไลต์

- สารอิเล็กโทรไลต์ : สารที่เมื่อละลายน้ำหรืออยู่ในสภาพหลอมเหลวแล้วสามารถนำไฟฟ้าได้ เช่น สารละลาย NaCl, KNO_3 , HCl
- สารเหล่านี้ละลายน้ำได้เนื่องจาก ตัวถูกละลายประกอบด้วยไอออน การละลายน้ำหรือการหลอมเหลวทำให้ไอออนแตกตัวเป็นไอออนอิสระ แล้วไอออนอิสระจะเคลื่อนตัวย้ายไปยังอิเล็กโทรดที่มีประจุตรงกันข้าม ไอออนบวกเคลื่อนที่ไปยังแคโทด ไอออนลบเคลื่อนที่ไปยังแอโนด
- **อิเล็กโทรไลต์แก่** จะแตกตัวให้ไอออนอิสระได้มาก
- **อิเล็กโทรไลต์อ่อน** จะแตกตัวให้ไอออนอิสระได้น้อย
- **Non-electrolyte** ไม่แตกตัวเป็นไอออน เช่น น้ำตาล

28

นิยามกรด-เบส

3. นิยามของลิวอิส (Lewis Concept)

- กรด คือสารที่รับคู่อิเล็กตรอนจากเบสแล้วเกิดพันธะโควาเลนต์
- เบส คือสารที่สามารถให้คู่อิเล็กตรอนในการเกิดพันธะโควาเลนต์



OH^- จัดเป็นเบสเพราะให้คู่อิเล็กตรอนกับ H^+

และ H^+ จัดเป็นกรด เพราะรับคู่อิเล็กตรอนจาก OH^- แล้วเกิดพันธะ O-H

- สารประกอบที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่ครบแปด เรียก กรดลิวอิส (Lewis Acid)
- สารประกอบที่มีคู่อิเล็กตรอนที่ยังไม่ได้ใช้สร้างพันธะ เรียก เบสลิวอิส (Lewis Base)

33

นิยามกรด-เบส

- ถ้า เบส ประกอบด้วยหลายอะตอม อะตอมที่ทำหน้าที่ให้คู่อิเล็กตรอนในการสร้างพันธะ เรียก Donor Atom เช่น O ใน OH^-
- กรดลิวอิส = อิเล็กโตรไฟล์ (Electrophile)
อะตอมหรือไอออนบวกที่มีออร์บิทัลว่างพอที่จะรับคู่อิเล็กตรอนเมื่อทำปฏิกิริยากับเบส
- เบสลิวอิส = นิวคลีโอไฟล์ (Nucleophile)
ต้องมีคู่อิเล็กตรอนที่จะให้กับนิวเคลียสอื่นที่ขาดอิเล็กตรอน

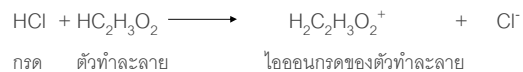
34

นิยามกรด-เบส

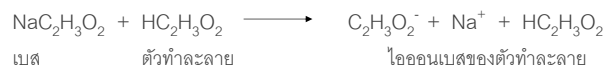
4. นิยามของระบบตัวทำละลาย

- ▶ กรด คือ สารที่ให้ไอออนบวกของตัวทำละลายที่เรียกว่า ไอออนกรด
- ▶ เบส คือ สารที่ให้ไอออนลบของตัวทำละลายที่เรียกว่า ไอออนเบส

เช่น HCl เป็นกรด ในตัวทำละลายกรดอะซีติกปริสทรี ($\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$) เพราะสามารถละลายและแตกตัวให้ไอออนกรด $\text{H}_2\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^+$



$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ เป็นเบสในตัวทำละลายกรดอะซีติกปริสทรี เพราะสามารถละลายและแตกตัวให้ไอออนเบส ($\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$)



35

ความแรงของกรด

- กรดไฮโดร (H_nX เมื่อ X เป็นอโลหะ) ของธาตุที่อยู่คาบเดียวกัน ความแรงของกรดเพิ่มขึ้นเมื่อธาตุมีเลขอะตอมสูงขึ้น
เช่น $\text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O} < \text{HF}$ (คาบที่ 2)
 $\text{H}_2\text{S} < \text{HCl}$ (คาบที่ 3)
- ความแรงของกรดไฮโดรของอโลหะในหมู่เดียวกันจะเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น
เช่น $\text{HF} < \text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI}$ (หมู่ 7)
 $\text{H}_2\text{O} < \text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{Se} < \text{H}_2\text{Te}$ (หมู่ 6)

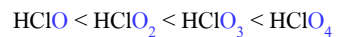
36

ความแรงของกรด

- กรดออกซีที่ประกอบด้วย H, O และอโลหะ และมีโครงสร้างเป็น H-O-X (เมื่อ X เป็นอโลหะ) ความแรงของกรดเพิ่มขึ้นเมื่อค่า EN ของ X สูงขึ้น



- ถ้าเป็นกรดออกซีของอโลหะตัวเดียวกัน ถ้าจำนวนอะตอมของ O ที่ยึดกับ X เพิ่มขึ้น ความแรงของกรดจะเพิ่มขึ้น

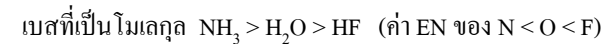
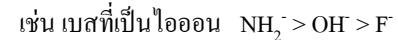


หรือ อาจมองได้ว่า ความแรงของกรด เพิ่มขึ้นตามเลขออกซิเดชันของคลอรีน

37

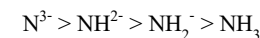
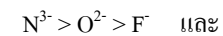
ความแรงของกรด

- ธาตุที่อยู่คาบเดียวกัน ความแรงของเบสลดลง เมื่อค่า EN เพิ่มขึ้น



- เบสที่เป็นไอออนลบอะตอมเดียว

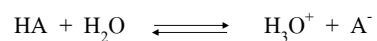
ความแรงของเบสลดลง เมื่อประจุของไอออนลดลง



38

ค่าคงที่ของการแตกตัวเป็นไอออนของกรดอ่อน, K_a

- สมมติ HA เป็นกรดชนิดหนึ่ง จะมีสมดุลในน้ำดังนี้



$$\text{ค่าคงที่การแตกตัวของกรด } K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

เช่น ถ้าเป็นกรดอ่อน กรดอะซิติก (CH_3COOH) ละลายน้ำจะแตกตัวให้ H^+ และไอออนลบของกรด ดังสมการ



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

39

ค่าคงที่ของการแตกตัวเป็นไอออนของกรดอ่อน, K_a

- เศษส่วนการแตกตัวของกรด (α) =
$$\frac{\text{จำนวนโมลของกรดที่แตกตัว}}{\text{จำนวนโมลของกรดทั้งหมด}}$$

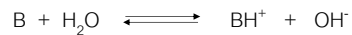
$$\alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$$

$$\text{ร้อยละของการแตกตัวของกรด} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} \times 100$$

40

ค่าคงที่ของการแตกตัวเป็นไอออนของเบสอ่อน, K_b

- สมมุติ B เป็นเบสชนิดหนึ่ง จะมีสมดุลในน้ำดังนี้



$$\text{ค่าคงที่ของการแตกตัวของเบส } K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

- เช่น ถ้าเป็นเบสอ่อน แอมโมเนีย (NH_3) เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวดังสมการ



$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

41

ค่าคงที่ของการแตกตัวเป็นไอออนของเบสอ่อน, K_b

- เศษส่วนการแตกตัวของเบส (α) = $\frac{\text{จำนวน โมลของเบสที่แตกตัว}}{\text{จำนวน โมลของเบสทั้งหมด}}$

$$\alpha = \frac{[OH^-]}{[B]}$$

$$\text{ร้อยละของการแตกตัวของเบส} = \frac{[OH^-] \times 100}{[B]}$$

42

ค่าคงที่ผลคูณของไอออนของน้ำ, K_w

- จากการแตกตัวของกรดและเบสในน้ำ จะเห็นว่าน้ำสามารถรับและให้โปรตอนได้ ดังนั้น น้ำจึงมีการแตกตัวดังนี้



ปฏิกิริยานี้เรียกว่า การแตกตัวได้เอง (Autoprotolysis หรือ Self-ionization) ของน้ำ

$$\text{ค่าคงที่ผลคูณของไอออนของน้ำ } K_w = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$$

$$\text{หรือ } K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

- น้ำบริสุทธิ์ ความเข้มข้นของ H_3O^+ ต้องเท่ากับ OH^- เสมอ นั่นคือ

$$[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

43

มาตราส่วน pH

- สารละลายในน้ำ ไม่ว่าจะเป็กรดหรือเป็นเบสหรือเป็นกลาง ก็ย่อมประกอบไปด้วย H_3O^+ และ OH^- เสมอ โดยมีผลคูณของไอออนทั้งสองเท่ากับ 10^{-14}

ดังนั้นถ้าทราบ $[H_3O^+]$ อย่างเดียวก็สามารถบอกได้ว่าสารละลายเป็นกรด เป็นเบส หรือเป็นกลาง

- มาตราส่วน pH (pH scale)

$$pH = -\log[H^+] \quad \text{หรือ} \quad pH = -\log[H_3O^+]$$

$$pOH = -\log[OH^-]$$

$$\text{เนื่องจาก } [H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

$$\text{เมื่อใส่ } \log \text{ ทั้งสองข้าง } \log[H^+][OH^-] = \log 10^{-14}$$

$$\log[H^+] + \log[OH^-] = -14 \log 10$$

$$pH + pOH = 14$$

44

- สารละลายกรด จะมี $[H^+] > [OH^-]$ $pH < 7$
- สารละลายเบส จะมี $[H^+] < [OH^-]$ $pH > 7$
- สารละลายที่เป็นกลาง จะมี $[H^+] = [OH^-]$

$$pH = pOH = 7$$

- จงคำนวณหา pH ของสารละลายกรดที่มี $[H_3O^+] = 3 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$

วิธีทำ $pH = -\log [H_3O^+] = -\log [3 \times 10^{-3}] = -\log [0.003] = -(-2.523)$

$$= 2.523 \text{ Ans}$$

- จงคำนวณหา pH ของสารละลายกรดเข้มข้น 0.002 mol/dm^3

วิธีทำ $pH = -\log [H^+] = -\log [0.002] = -(-2.699) = 2.699 \text{ Ans}$

45

ตัวอย่าง

7. จงคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายต่อไปนี้ที่มี $pH = 4.5$

(7.1) $[H_3O^+]$

(7.2) $[OH^-]$

วิธีทำ (7.1)

$$pH = -\log [H_3O^+] = 4.5$$

$$[H_3O^+] = 10^{-4.5} = 10^{0.5} \times 10^{-5} = 3.16 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

วิธีทำ (7.2)

$$pH + pOH = 14$$

$$4.5 + pOH = 14$$

$$pOH = 14 - 4.5 = 9.5$$

$$-\log [OH^-] = pOH = 9.5$$

$$[OH^-] = 10^{-9.5} = 10^{0.5} \times 10^{-10} = 3.16 \times 10^{-10} \text{ mol/dm}^3$$

46

ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส

- กรดแก่ = กรดที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) หรือไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) เกือบทั้งหมด เช่น HCl , H_2SO_4
- กรดอ่อน = กรดที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) หรือไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) เพียงบางส่วน เช่น CH_3COOH
- เบสแก่ = เบสที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) ได้มาก เช่น $NaOH$, KOH
- เบสอ่อน = เบสที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) น้อย เช่น NH_4OH
- ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกรดกับเบส แล้วได้เกลือกับน้ำ เรียกว่า การทำให้เป็นกลาง
- ถ้าปริมาณของ H^+ พอดีกับ OH^- จุดที่ได้เรียกว่า **จุดสมมูล (Equivalent Point)**

47

ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส

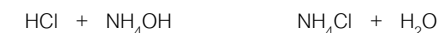
- **ปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่-เบสแก่**

(เช่น ปฏิกิริยาระหว่าง HCl กับ $NaOH$ ที่จุดสะเทินจะได้เกลือ $NaCl$ ซึ่งเป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกลาง $pH = 7$)



- **ปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่-เบสอ่อน**

เช่น ปฏิกิริยาระหว่าง HCl กับ NH_4OH ที่จุดสะเทินจะได้เกลือ NH_4Cl เกลื่อนี้จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในน้ำ โดย NH_4^+ จะไปทำปฏิกิริยากับน้ำ เกิดเป็นสารละลายที่มีสภาพเป็นกรด ($pH \sim 3-4$)



48

ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส

• ปฏิกิริยาระหว่างกรดอ่อน-เบสแก่

เช่น ปฏิกิริยาระหว่าง CH_3COOH กับ NaOH ที่จุดสะเทินจะได้เกลือ CH_3COONa ซึ่ง CH_3COO^- จะเกิดไฮโดรไลซิสในน้ำให้สารละลายที่มีสภาพเป็นเบส ($\text{pH} \sim 9-10$)



• ปฏิกิริยาระหว่างกรดอ่อน-เบสอ่อน

ที่จุดสะเทินจะพิจารณาจากค่าคงที่ของการแตกตัว K_a และ K_b

ถ้า $K_a = K_b$ ที่จุดสะเทิน $\text{pH} = 7$

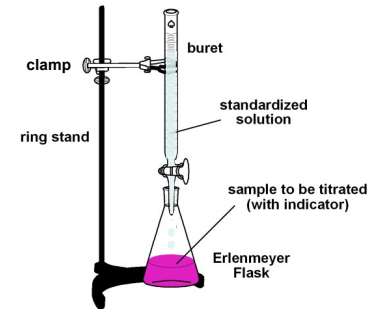
ถ้า $K_a > K_b$ การแตกตัวของกรดจะมากกว่าเบส ที่จุดสะเทิน สารละลายจะเป็น **กรด**

ถ้า $K_a < K_b$ การแตกตัวของกรดจะน้อยกว่าเบส ที่จุดสะเทิน สารละลายจะเป็น **เบส**

49

การไทเทรตกรดและเบส

- เป็นการนำกรดและเบสมาทำปฏิกิริยากัน เพื่อหาปริมาณของกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยากันพอดี โดยมีสารละลายหนึ่งเป็นสารละลายที่ทราบค่าความเข้มข้น เรียกว่า สารละลายมาตรฐาน ซึ่งจะใส่ไว้ในบิวเรต ส่วนอีกสารละลายหนึ่งเป็นสารละลายที่ต้องทราบค่าความเข้มข้นจะใส่ไว้ในขวดรูปชมพู่ และหยดอินดิเคเตอร์ลงไป 2-3 หยด แล้วค่อยๆ เปิดให้สารละลายจากบิวเรตลงไป ในสารละลายในขวดรูปชมพู่จนกรดและเบสทำปฏิกิริยากันพอดี เรียกว่า **จุดสมมูล** และถ้าไทเทรตต่อจากนั้นจนถึงของสารละลายเปลี่ยนสีอ่อนๆ อย่างถาวร เรียกจุดนี้ว่า **จุดยุติ**



50

ตัวอย่าง

8. จงหาค่า pH ของสารละลายเมื่อทดลองหยดสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.10 M

จำนวน 50 cm^3 ลงในสารละลาย HCl เข้มข้น 0.10 M จำนวน 100 cm^3

วิธีทำ NaOH เข้มข้น 0.10 M แสดงว่า

ในสารละลาย 1000 cm^3 มี $\text{NaOH} = 0.10$ โมล

ถ้าในสารละลาย 50 cm^3 มี $\text{NaOH} = \frac{0.10 \text{ โมล} \times 50 \text{ cm}^3}{1000 \text{ cm}^3} = 0.005$ โมล

HCl เข้มข้น 0.10 M แสดงว่า

ในสารละลาย 1000 cm^3 มี $\text{HCl} = 0.10$ โมล

ถ้าในสารละลาย 100 cm^3 มี $\text{HCl} = \frac{0.10 \text{ โมล} \times 100 \text{ cm}^3}{1000 \text{ cm}^3} = 0.01$ โมล

51

ตัวอย่าง 8 (ต่อ)

สมการแสดงปฏิกิริยาระหว่าง HCl กับ NaOH ที่ทำให้ดุลแล้วเป็นดังนี้



ซึ่งแสดงว่า HCl ทำปฏิกิริยากับ NaOH ด้วยจำนวนโมลที่เท่ากัน คือ 1:1 แต่จากการทดลองนี้ในสารละลาย HCl มี HCl อยู่ 0.01 โมล สารละลาย NaOH มี NaOH อยู่ 0.005 โมล แสดงว่า

หลังปฏิกิริยาจะเหลือ $\text{HCl} = 0.01$ โมล - 0.005 โมล = 0.005 โมล

ในปฏิกิริยาสารละลายทั้งหมด = สารละลาย HCl + สารละลาย NaOH

= $100 \text{ cm}^3 + 50 \text{ cm}^3$

= 150 cm^3

52

ตัวอย่าง 8 (ต่อ)

ในสารละลาย 150 cm³ เหลือ HCl = 0.005 โมล

ถ้าในสารละลาย 1000 cm³ เหลือ HCl = $\frac{0.005 \text{ โมล} \times 1000 \text{ cm}^3}{150 \text{ cm}^3} = 0.033 \text{ โมล}$

ดังนั้น HCl เข้มข้น = 0.033 M

หาค่า pH ได้ดังนี้ $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$

เนื่องจาก HCl เป็นกรดแก่ ซึ่งในปฏิกิริยาจะแตกตัวให้ H⁺ ที่มีอยู่ทั้งหมดคือ 0.033 M

$$\text{pH} = -\log[0.033]$$

$$= 1.48$$

∴ pH ของสารละลาย = 1.48

53

ตัวอย่าง

9. จงหาค่า pH ของสารละลายเมื่อทดลองหยดสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.10 M จำนวน 50 cm³ ลงในสารละลาย CH₃COOH เข้มข้น 0.10 M จำนวน 100 cm³

กำหนดให้ K_a ของ CH₃COOH = 1.8×10^{-5}

วิธีทำ NaOH เข้มข้น 0.10 M แสดงว่า

ในสารละลาย 1000 cm³ มี NaOH = 0.10 โมล

ถ้าในสารละลาย 50 cm³ มี NaOH = $\frac{0.10 \text{ โมล} \times 50 \text{ cm}^3}{1000 \text{ cm}^3} = 0.005 \text{ โมล}$

CH₃COOH เข้มข้น 0.01 M แสดงว่า

ในสารละลาย 1000 cm³ มี CH₃COOH = 0.01 โมล

ถ้าในสารละลาย 100 cm³ มี CH₃COOH = $\frac{0.01 \text{ โมล} \times 100 \text{ cm}^3}{1000 \text{ cm}^3} = 0.01 \text{ โมล}$

54

ตัวอย่าง 9 (ต่อ)

สมการแสดงปฏิกิริยาระหว่าง NaOH กับ CH₃COOH ที่ดุลแล้วเป็นดังนี้



ซึ่งแสดงว่า NaOH ทำปฏิกิริยากับ CH₃COOH ด้วยจำนวนโมลที่เท่ากัน คือ 1:1 แต่จากการทดลอง ในสารละลาย NaOH มี NaOH อยู่ 0.005 โมล และสารละลาย CH₃COOH มี CH₃COOH อยู่ 0.01 โมล ดังนั้น

หลังปฏิกิริยาจะเหลือ CH₃COOH = 0.01 โมล - 0.005 โมล = 0.005 โมล

ในปริมาตรสารละลายทั้งหมด = 100 + 50 = 150 cm³

ในสารละลาย 150 cm³ เหลือ CH₃COOH = 0.005 โมล

ในสารละลาย 150 cm³ เหลือ CH₃COOH = 0.005 โมล

ถ้าในสารละลาย 1000 cm³ เหลือ CH₃COOH = $\frac{0.005 \text{ โมล} \times 1000 \text{ cm}^3}{150 \text{ cm}^3} = 0.033 \text{ โมล}$

55

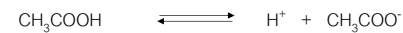
ตัวอย่าง 9 (ต่อ)

ดังนั้น CH₃COOH เข้มข้น = 0.033 M

หาค่า pH จาก $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$

สามารถหาค่า [H⁺] ได้ 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 เนื่องจาก CH₃COOH เป็นกรดอ่อน แตกตัวได้ดังนี้



$$0.033-x \qquad \qquad \qquad x \qquad \qquad x$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(x)(x)}{0.033-x}$$

56

ตัวอย่าง 9 (ต่อ)

ให้ $0.033-x$ มีค่าประมาณ 0.033 เนื่องจาก x มีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับ 0.033

$$\text{ดังนั้น } 1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.033}$$

$$x^2 = 0.033 \times 1.8 \times 10^{-5}$$

$$x = 7.707 \times 10^{-4}$$

$$\text{นั่นคือ } [H^+] = 7.707 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \text{หาค่า pH จาก } pH &= -\log[H^+] \\ &= -\log[7.707 \times 10^{-4}] \end{aligned}$$

$$\therefore pH = 3.11$$

57

ตัวอย่าง 9 (ต่อ)

$$\text{วิธีที่ 2} \text{ หาจากสูตร } [H^+] = \sqrt{Ca \cdot Ka}$$

เมื่อ Ca คือความเข้มข้นของกรด = 0.033 M

$$[H^+] = \sqrt{0.033 \times 1.8 \times 10^{-5}} = 7.707 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \text{จากนั้นหาค่า pH จาก } pH &= -\log[H^+] \\ &= -\log[7.707 \times 10^{-4}] \\ &= 3.1131 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{pH ของสารละลาย} = 3.11$$

58

ตัวอย่าง

10. จงหาความเข้มข้นของสารละลาย CH_3COOH ที่มี $pH = 5.3$

กำหนดให้ K_a ของ $CH_3COOH = 1.85 \times 10^{-5}$

$$\text{วิธีทำ} \text{ หา } [H^+] \text{ จาก } pH = -\log[H^+]$$

$$5.3 = -\log[H^+]$$

$$-\log[H^+] = 5.3$$

$$[H^+] = 10^{-5.3} = 5.012 \times 10^{-6}$$

หาความเข้มข้นของ CH_3COOH

$$[H^+] = \sqrt{Ca \cdot K_a}$$

$$5.012 \times 10^{-6} = \sqrt{Ca \times 1.85 \times 10^{-5}}$$

$$Ca = 3.414 \times 10^{-2}$$

$$\therefore \text{ความเข้มข้นของ } CH_3COOH = 3.41 \times 10^{-2} \text{ M}$$

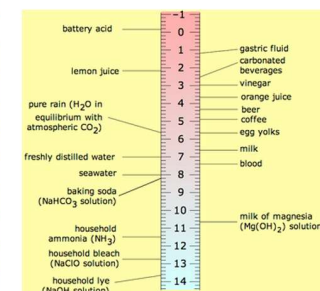
59

สาร

พีเอช

กรดสารพิษจากเหมืองร้าง	0.6 - 1.9
กรดจากแบตเตอรี่	< 0.5
กรดในกระเพาะอาหาร	1.5 - 2.0
เลมอน	2.4
โค้ก	2.5
น้ำส้มสายชู	2.9
ส้ม หรือ แอปเปิ้ล	3.5
เบียร์	4.5
ฝนกรด	< 5.0
กาแฟ	5.0
ชา	5.5
นม	6.5
น้ำบริสุทธิ์	7.0
น้ำลายมนุษย์	6.5 - 7.5
เลือด	7.34 - 7.45
น้ำทะเล	8.0
สบู่ล้างมือ	9.0 - 10.0
แอมโมเนีย (ยาส้วมญี่ปุ่นประจำบ้าน)	11.5
น้ำยารับฟาร์ม	12.5
โซดาไฟ	13.5

กรด เบส ในชีวิตประจำวัน



60