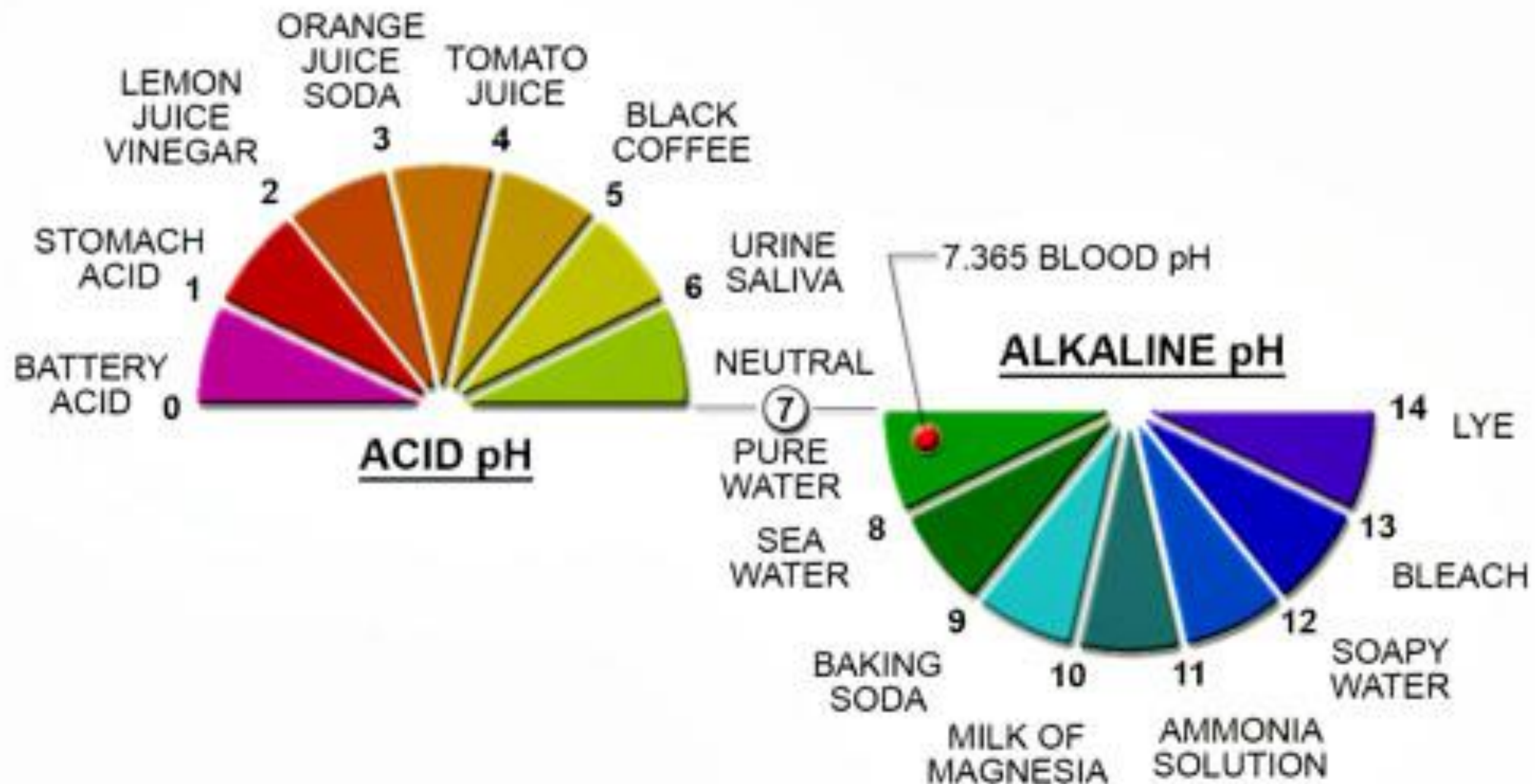




สมดุลกรด-เบส

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ จันทรสุวรรณ



Download เอกสารอ่านเพิ่มเติม
เอกสารเผยแพร่เพื่อประโยชน์แก่การศึกษา
woravith.c@rmutp.ac.th

ทฤษฎีกรด-เบส

อาร์เรเนียส
(Arrhenius, 1887)



“ พิจารณา
ไอออนที่แตกตัว
เมื่อสารนั้นละลายในน้ำ
แล้วแตกตัวเป็นไอออน

ไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+)
หรือ
ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-)

เบรินสเตด-ลาวรี
(Bronsted & Lowry, 1923)



“ พิจารณา
จากสารที่สามารถแตก
ตัวให้ไฮโดรเจนไอออน
(H^+)

ลิวอิส
(Lewis, 1938)

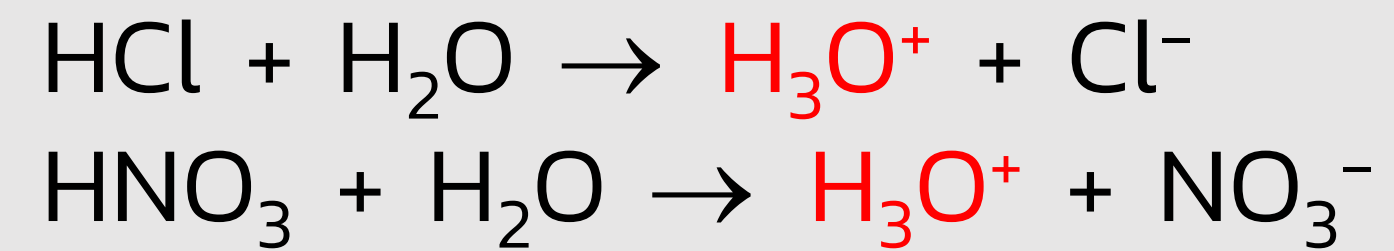


“ พิจารณา
จากสารที่สามารถรับคู่
อิเล็กตรอน (กรดลิวอิส)
หรือ ให้คู่อิเล็กตรอน (เบส
ลิวอิส)

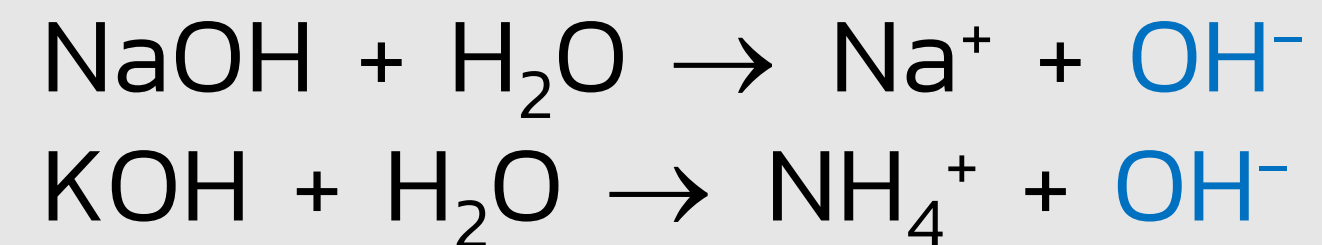
อาร์เรเนียส

(Arrhenius, 1887)

กรด คือสารที่ละลายน้ำแล้วแตก
ตัวให้ H^+ (หรือ H_3O^+)



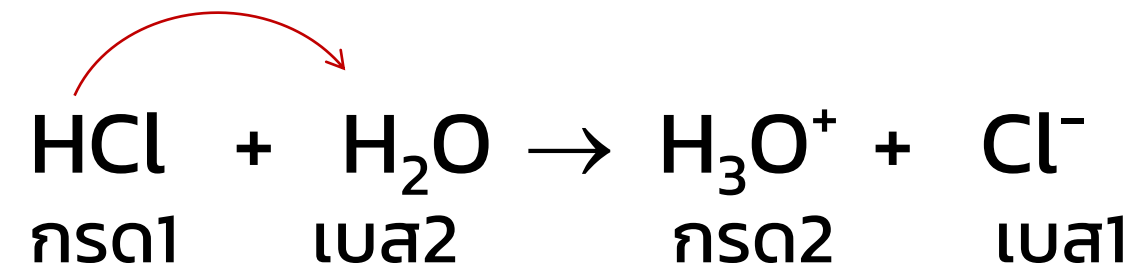
เบส คือสารที่ละลายน้ำแล้วแตก
ตัวให้ OH^-



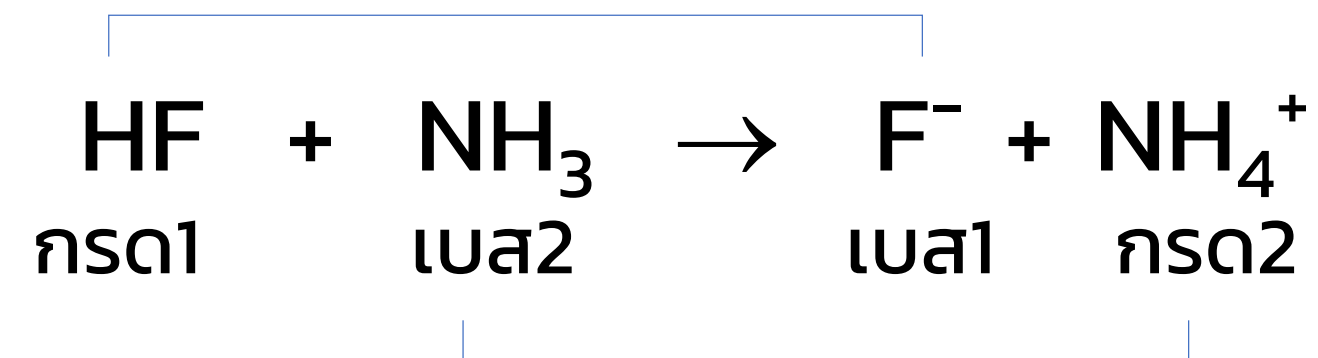
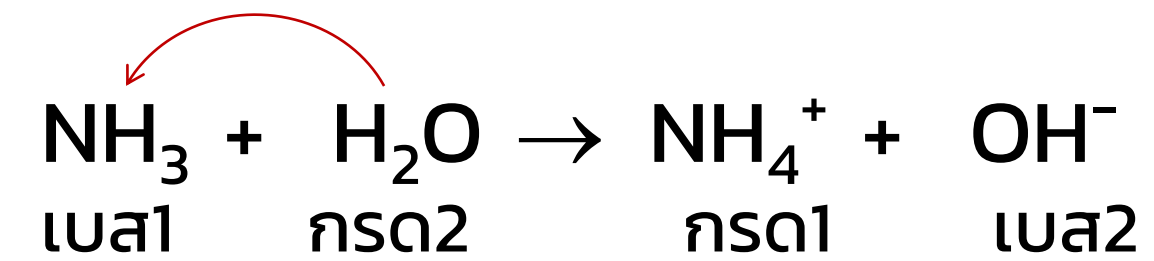
ข้อจำกัด

- ต้องละลายในน้ำ
- กรด ต้องมี H^+ และ เบส ต้องมี OH^- ในโมเลกุล

กรด คือสารที่ให้ H^+ แก่สารอื่น



เบส คือ สารที่รับ H^+ จากสารอื่น



HF เป็นคู่กรดของ F^- และ F^- เป็นคู่เบสของ HF

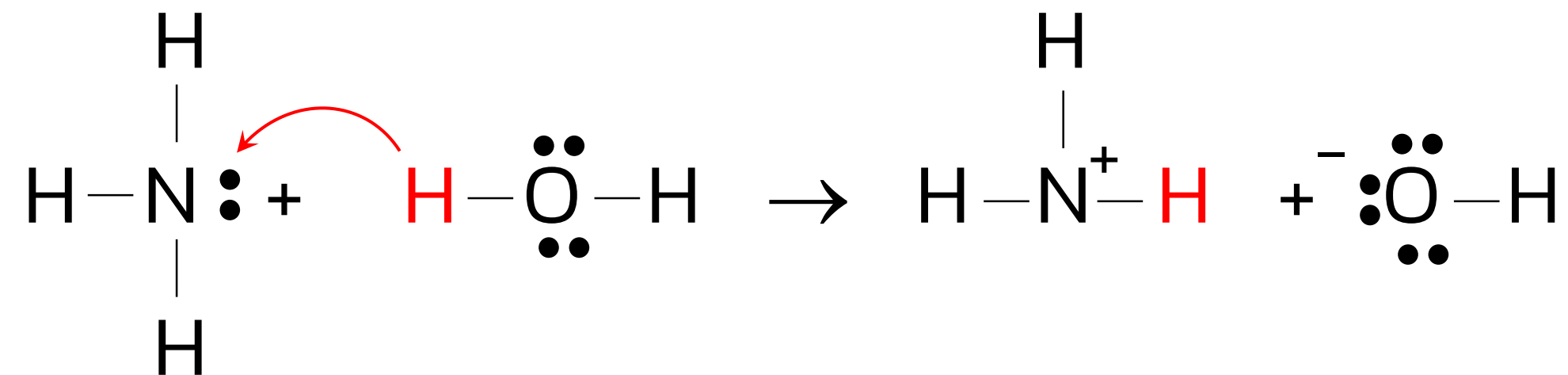
NH_4^+ เป็นคู่กรดของ NH_3 และ NH_3 เป็นคู่เบสของ NH_4^+

ในปฏิกิริยาหนึ่งๆ จะมีตัวให้และตัวรับ H^+ เสมอ

- สารที่เป็นกรด เมื่อแตกตัวให้ H^+ แก่สารอื่น > อนุโมลที่เหลือจะเป็นเบส
- สารที่เป็นเบส เมื่อรับ H^+ จากสารอื่น > อนุโมลจะเปลี่ยนไปเป็นกรด

อาร์เรเนียส
(Arrhenius, 1887)

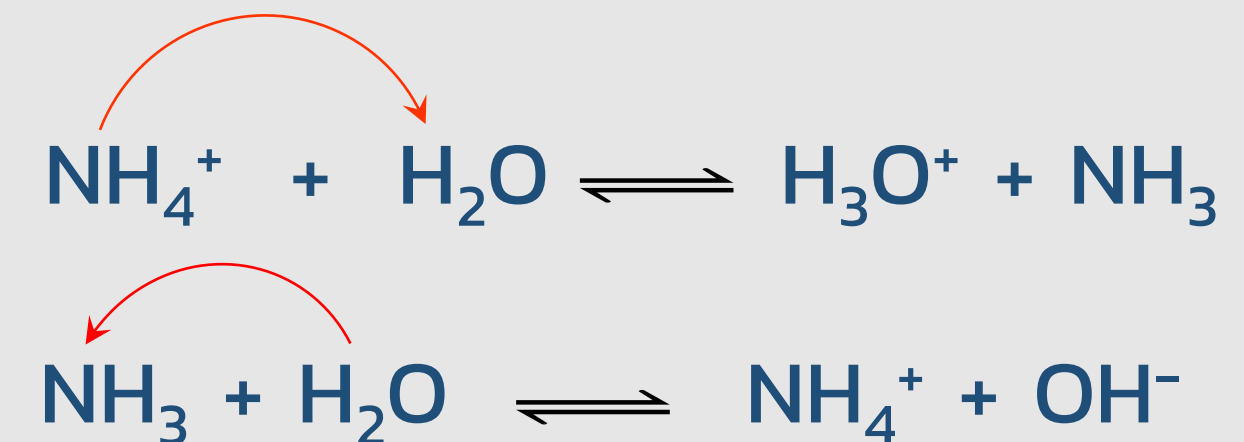
เบรินสเตด-ลาวรี
(Bronsted&Lowry, 1923)



คู่กรด-เบส $\text{H}_2\text{O} / \text{OH}^-$
 $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$

คู่กรด-เบส จะมีจำนวน H^+ ต่างกัน 1 ตัว
จำนวน H^+ ของคู่กรดจะมากกว่าคู่เบสอยู่ 1 ตัวเสมอ

แอมฟิโพรติก (amphiprotic) : สารที่มีสมบัติ
เป็นได้ทั้งกรดและเบส เช่น H_2O



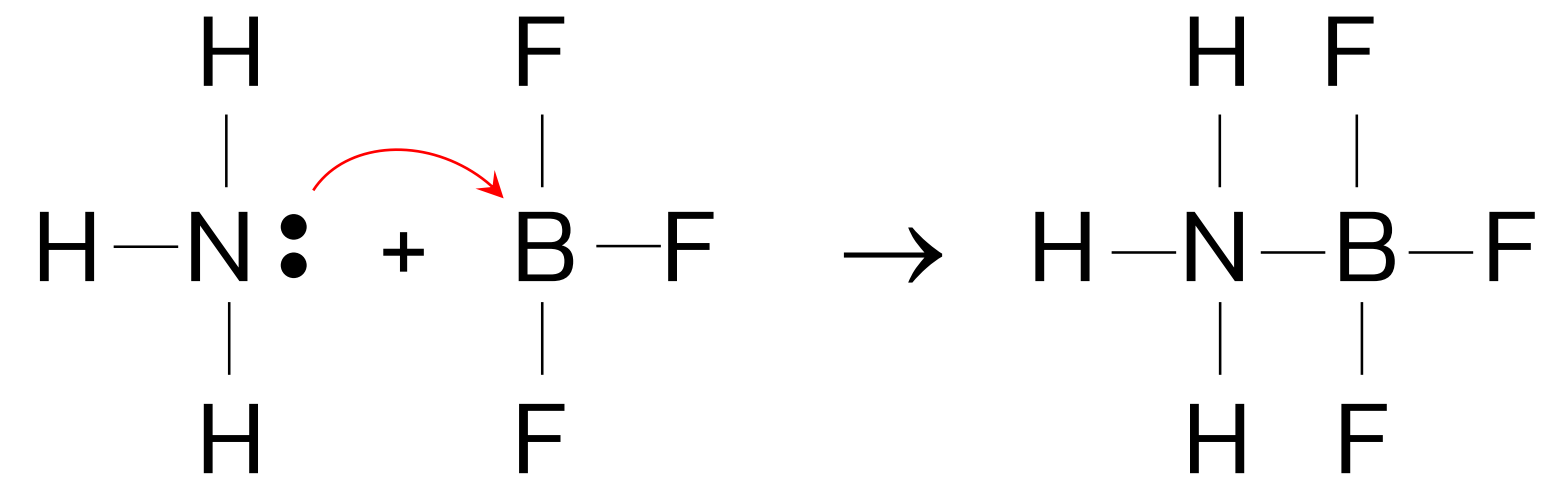
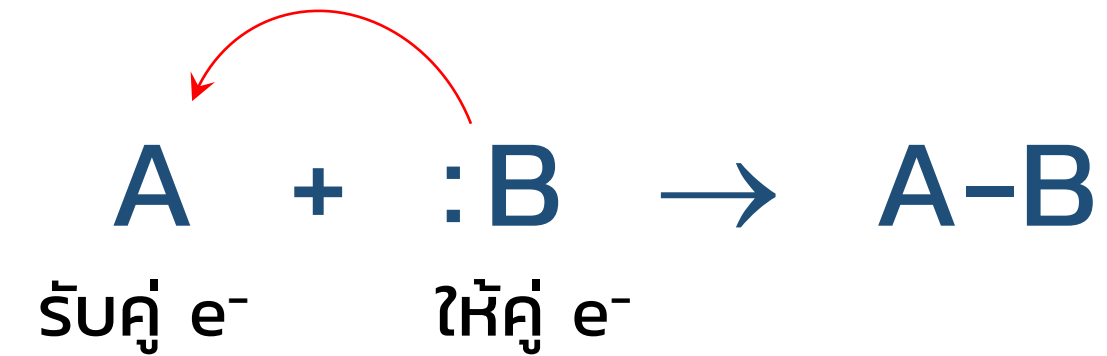
อาร์เรเนียส
(Arrhenius, 1887)

เบรินสเตด-ลาวรี
(Bronsted & Lowry, 1923)

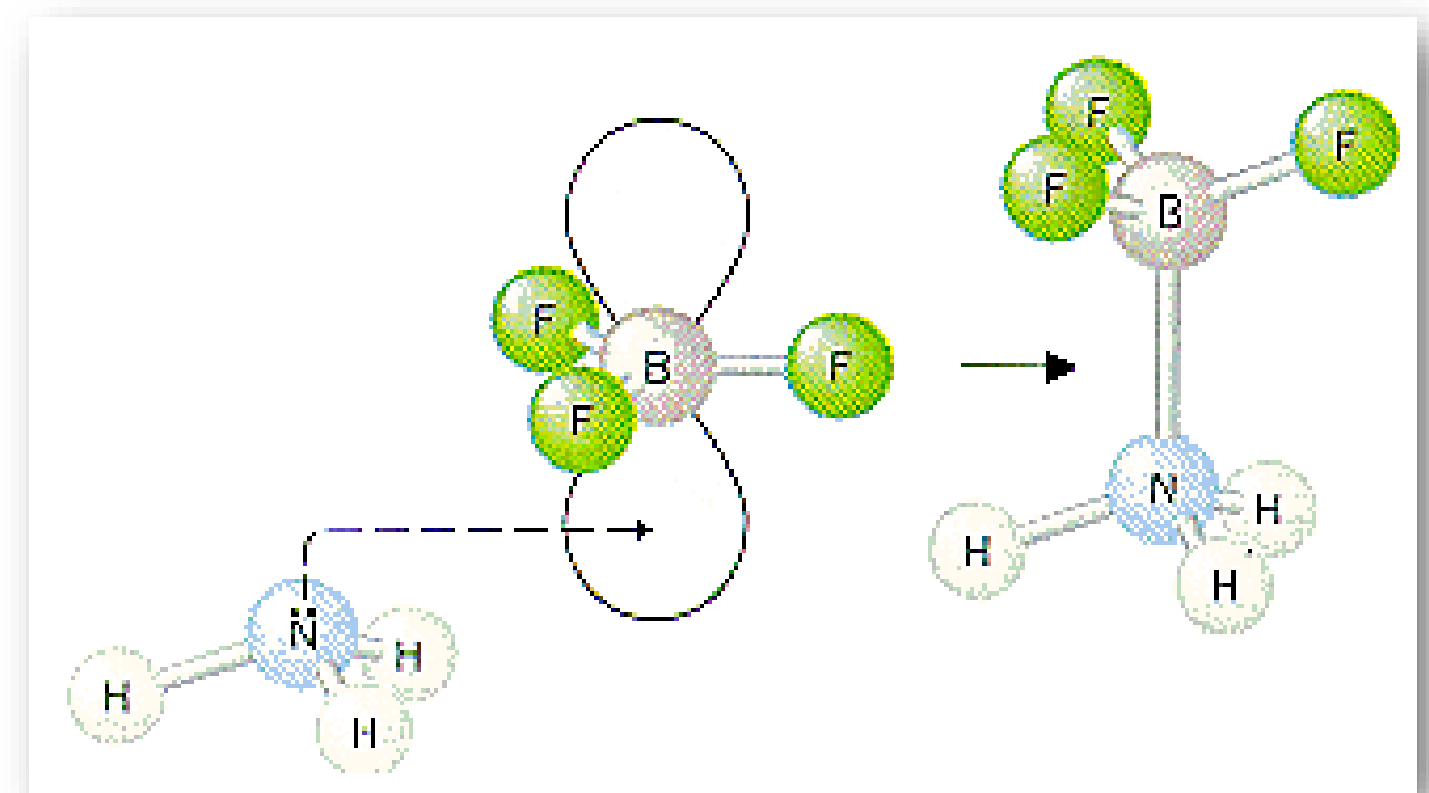
ลิวอิส
(Lewis, 1938)

กรด คือ สารที่สามารถรับคู่
อิเล็กตรอน (electron pair
acceptor)

เบส คือ สารที่สามารถให้คู่อิเล็กตรอน
(electron pair donor)

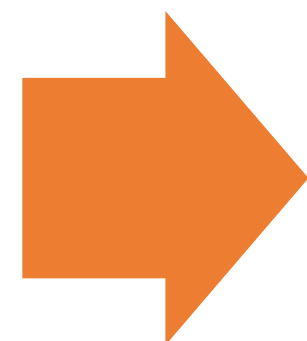


เบสลิวอิส กรดลิวอิส



การแตกตัวของกรด-เบส

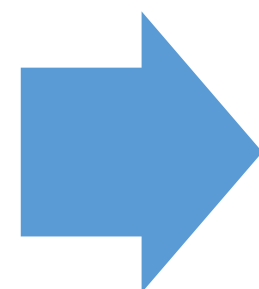
กรดแก่ หรือ เบสแก่



แตกตัวเป็นไอออนอย่างสมบูรณ์

- $[H^+]_{\text{ที่แตกตัว}} =$ ความเข้มข้นของกรดเริ่มต้น
- $[OH^-]_{\text{ที่แตกตัว}} =$ ความเข้มข้นของเบสเริ่มต้น

กรดอ่อน หรือ เบสอ่อน



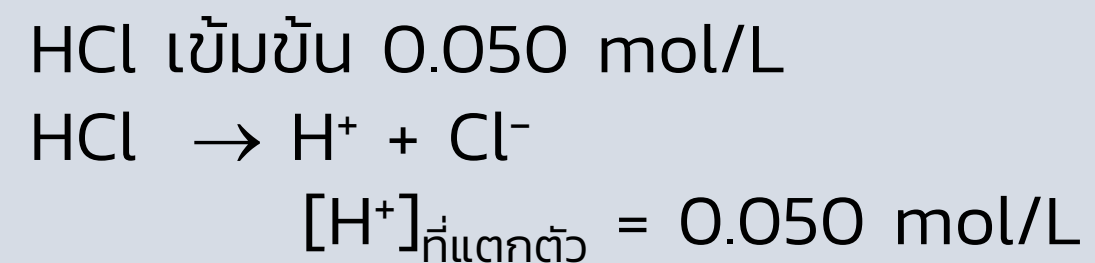
- แตกตัวเป็นไอออนอย่างไม่สมบูรณ์
- แตกตัวได้เพียงบางส่วน (น้อย)

$[H^+]_{\text{ที่แตกตัว}} <$ ความเข้มข้นของกรดเริ่มต้น
 $[OH^-]_{\text{ที่แตกตัว}} <$ ความเข้มข้นของเบสเริ่มต้น

การแตกตัวของกรด-เบส

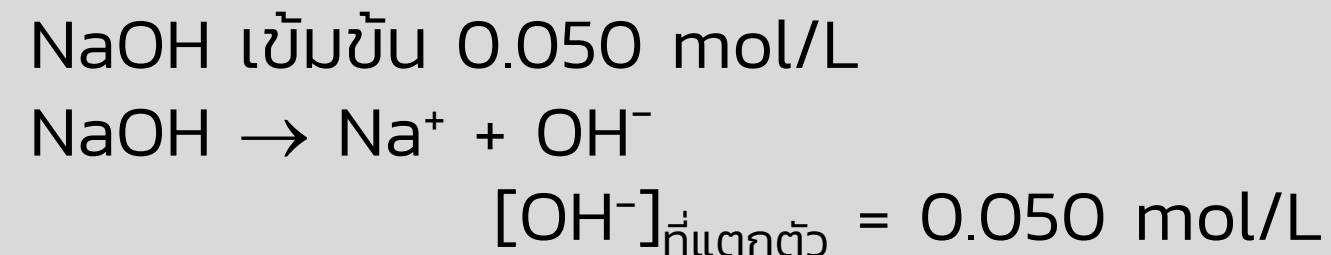
กรดแก่

แตกตัวได้ $[H^+]$ ได้ทั้งหมด
 $[H^+]_{\text{ที่แตกตัว}} = \text{ความเข้มข้นเริ่มต้น}$



เบสแก่

แตกตัวได้ $[OH^-]$ ได้ทั้งหมด
 $[OH^-]_{\text{ที่แตกตัว}} = \text{ความเข้มข้นเริ่มต้น}$



แต่การแตกตัวของกรดอ่อนและเบสอ่อน แตกตัวเป็นไอออนอย่างไม่สมบูรณ์ จึงเกิดภาวะสมดุล

กรดอ่อน

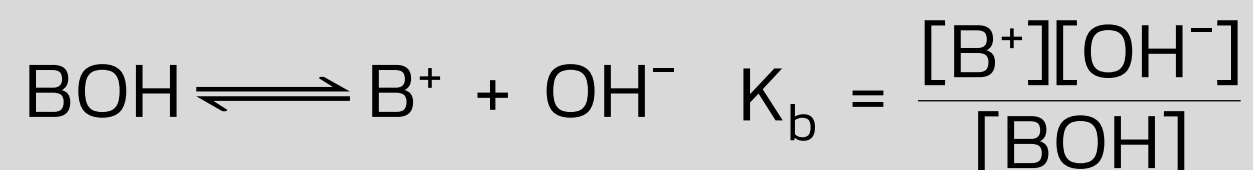
แตกตัวได้ $[H^+]$ เพียงบางส่วน
เกิดภาวะสมดุลระหว่าง $[H^+]_{\text{ที่แตกตัว}}$
กับกรดอ่อนที่ไม่ได้แตกตัว



$$\% \text{การแตกตัว} = \frac{[H^+]_{\text{ที่แตกตัว}}}{[HA]} \times 100$$

เบสอ่อน

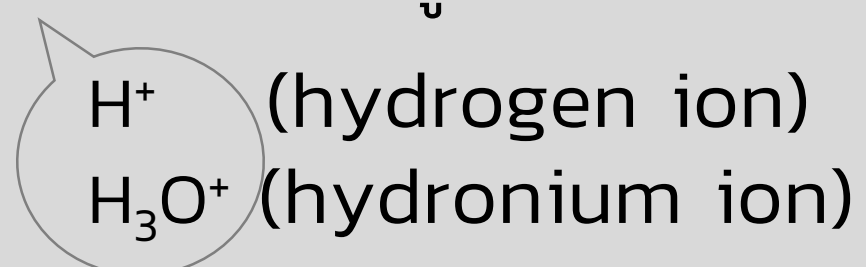
แตกตัวได้ $[OH^-]$ ได้เพียงบางส่วน
เกิดภาวะสมดุลระหว่าง $[OH^-]_{\text{ที่แตกตัว}}$
กับเบสอ่อนที่ไม่ได้แตกตัว



$$\% \text{การแตกตัว} = \frac{[OH^-]_{\text{ที่แตกตัว}}}{[BOH]} \times 100$$

กรดแก่**กรดอ่อน**

แตกตัวเป็นไอออนอย่างสมบูรณ์

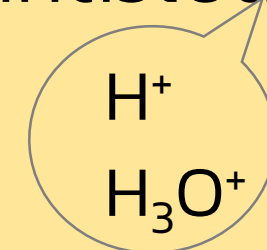


แตกตัวเป็นไอออน ได้ทั้งหมด (100%)



$$[\text{H}^+]_{\text{ที่แตกตัว}} = [\text{กรดแก่}]_{\text{เริ่มต้น}}$$

แตกตัวเป็นไอออนอย่างไม่สมบูรณ์



แตกตัวเป็นไอออนได้น้อย จึงมีภาวะสมดุล

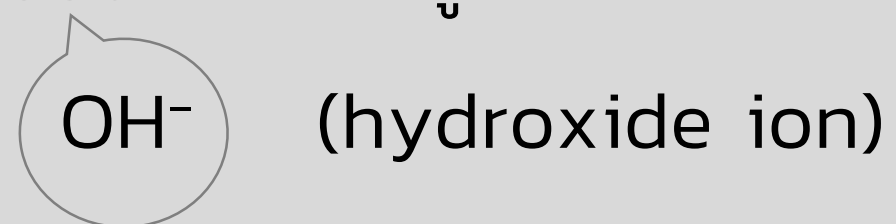
แตกตัวเป็นไอออน ได้เพียงบางส่วน (<100%)



$$[\text{H}^+]_{\text{ที่แตกตัว}} \ll [\text{กรดอ่อน}]_{\text{เริ่มต้น}}$$

เบสแก่**เบสอ่อน**

แตกตัวเป็นไอออนอย่างสมบูรณ์

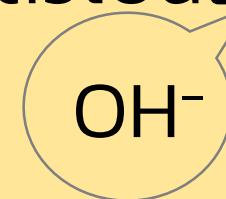


แตกตัวเป็นไอออน ได้ทั้งหมด (100%)



$$[\text{OH}^-]_{\text{ที่แตกตัว}} = [\text{เบสแก่}]_{\text{เริ่มต้น}}$$

แตกตัวเป็นไอออนอย่างไม่สมบูรณ์



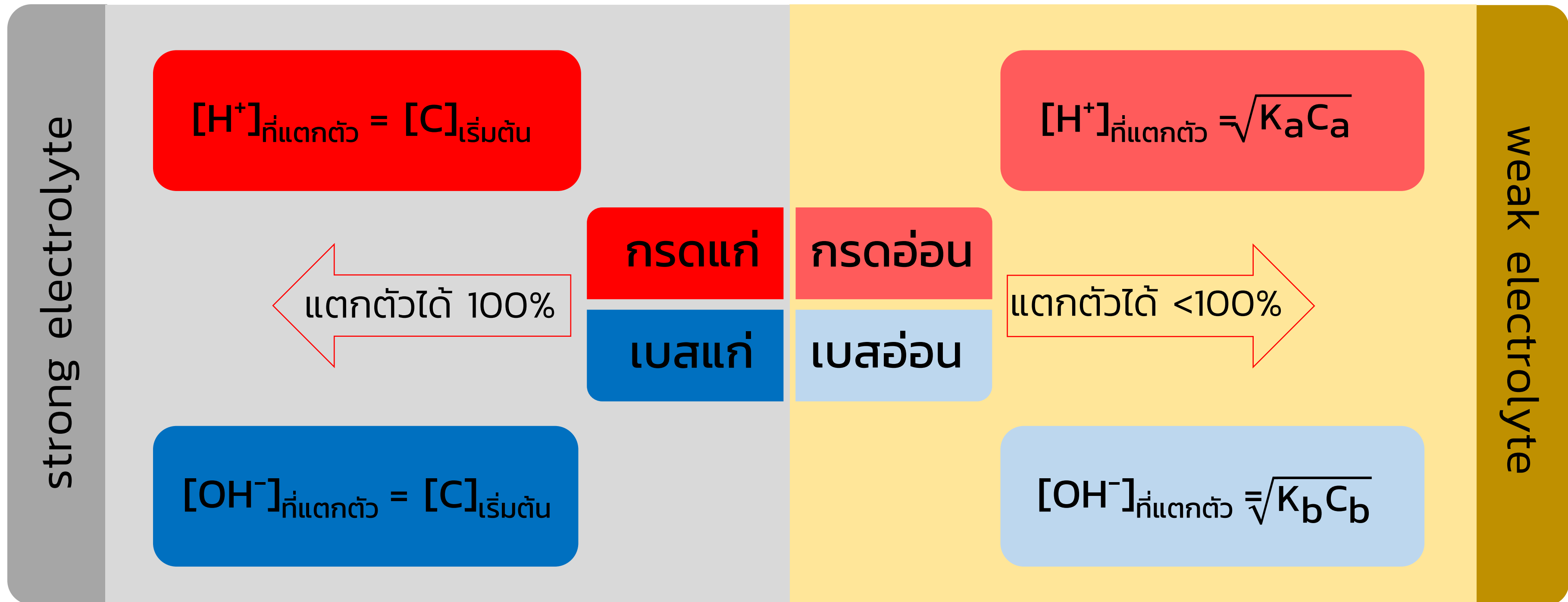
แตกตัวเป็นไอออนได้น้อย จึงมีภาวะสมดุล

แตกตัวเป็นไอออน ได้เพียงบางส่วน (<100%)



$$[\text{OH}^-]_{\text{ที่แตกตัว}} \ll [\text{เบสอ่อน}]_{\text{เริ่มต้น}}$$

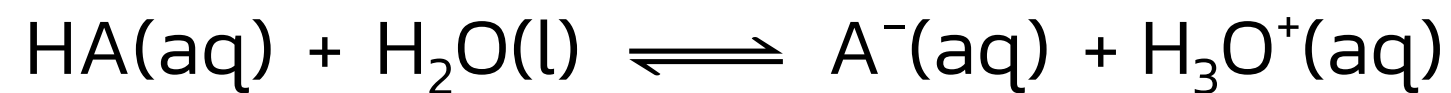
$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$



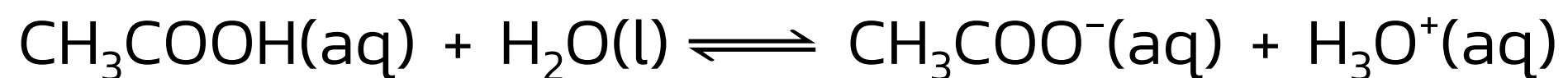
$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$
$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

ค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อน

K_a : บอกความสามารถในการแตกตัวเป็นไฮออน (H^+) ของกรดอ่อน



$$K_a = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]}$$

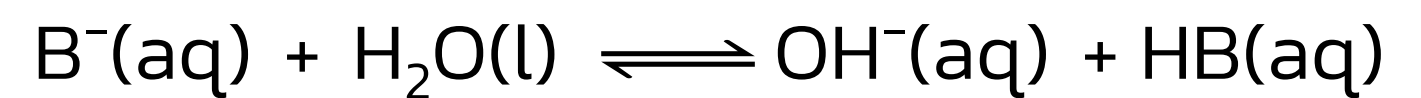


$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

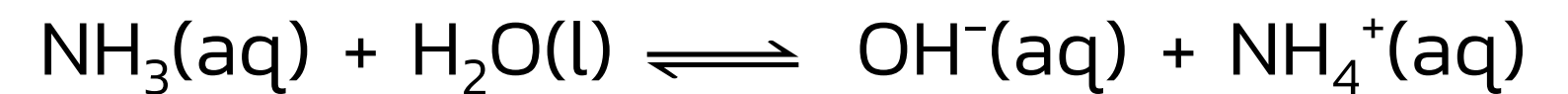
- กรดอ่อนที่มีค่า K_a สูงกว่าจะแตกตัวได้มากกว่า และจะมีความแรงมากกว่า
- กรดอ่อนต่างชนิดกันที่มีความเข้มข้นเท่ากัน กรดอ่อนที่มีร้อยละการแตกตัวสูงกว่าจะมีความแรงมากกว่า
- กรดอ่อนต่างชนิดกันที่มีความเข้มข้นต่างกัน และมีร้อยละการแตกตัวเท่ากัน กรดอ่อนมีความเข้มข้นสูงกว่าจะมีความแรงมากกว่า

ค่าคงที่การแตกตัวของเบสอ่อน

K_b : บอกความสามารถในการแตกตัวเป็นไฮออน (OH^-) ของเบสอ่อน



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



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

- เบสอ่อนที่มีค่า K_b สูงกว่าจะแตกตัวได้มากกว่า และจะมีความแรงมากกว่า
- เบสอ่อนต่างชนิดกันที่มีความเข้มข้นเท่ากัน เบสอ่อนที่มีร้อยละการแตกตัวสูงกว่าจะมีความแรงมากกว่า
- เบสอ่อนต่างชนิดกันที่มีความเข้มข้นต่างกัน และมีร้อยละการแตกตัวเท่ากัน กรดอ่อนมีความเข้มข้นสูงกว่าจะมีความแรงมากกว่า

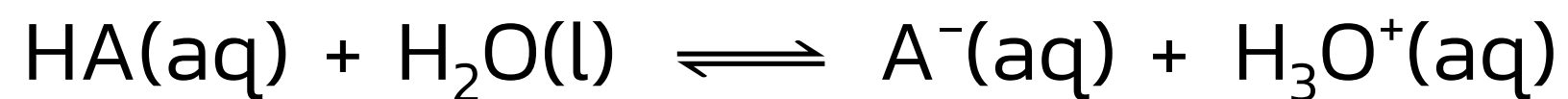
ค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อน-เบสอ่อน (ในน้ำที่ 25°C)

กรด		K_a	pK_a
ไอโอดิก	$\text{HIO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{IO}_3^-$	1.6×10^{-1}	0.80
คลอรัส	$\text{HClO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}_2^-$	1.1×10^{-2}	1.96
คลอโรแอสีติก	$\text{HC}_2\text{H}_2\text{ClO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HC}_2\text{H}_2\text{ClO}_2^-$	1.4×10^{-3}	2.85
ไฮโดรฟลูออริก	$\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$	7.2×10^{-4}	3.14
ฟอร์มิก	$\text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{COOH}^-$	1.8×10^{-4}	3.74
เบนโซอิก	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$	6.5×10^{-5}	4.20
แอสีติก	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$	1.8×10^{-5}	4.74
คาร์บอนิก	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$	4.2×10^{-7}	6.38
ไฮโดรไซยานิก	$\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$	6.2×10^{-10}	9.21
ฟีนอล	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$	1.1×10^{-10}	10.00
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2^-$	1.8×10^{-12}	11.74
เบส		K_b	pK_b
ไดเอทิลลามีน	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}_2^+ + \text{OH}^-$	6.9×10^{-4}	3.16
เอทิลลามีน	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$	4.3×10^{-4}	3.37
แอมโมเนีย	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$	1.8×10^{-5}	4.74
ไฮดรอกซีลามีน	$\text{HONH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HONH}_3^+ + \text{OH}^-$	9.1×10^{-9}	8.04
ไพรีดีน	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_5\text{H}_5\text{NH}^+ + \text{OH}^-$	1.5×10^{-9}	8.82
แอนิลีน	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$	7.4×10^{-10}	9.13
ยูเรีย	$\text{C}_2\text{H}_4\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{CO}_2$	1.5×10^{-14}	13.8

กรดอ่อนที่มีค่า K_a มาก แสดงว่าเป็นกรดที่มีความแรงมากกว่ากรดอ่อนที่มีค่า K_a น้อย

เบสอ่อนที่มีค่า K_b มากแสดงว่าเป็นเบสที่มีความแรงมากกว่าเบสอ่อนที่มีค่า K_b น้อย

การคำนวณหา $[H^+]$ ที่แตกต่างกัน ภาวະสมดุลของกรดอ่อน



[] เริ่มต้น	C_a	0	0
[] เปลี่ยนแปลง	$-x$	$+x$	$+x$
[] สมดุล	$C_a - x$	$+x$	$+x$

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

$$K_a = \frac{(x)(x)}{(C_a - x)} \rightarrow K_a = \frac{x^2}{(C_a - x)}$$



$$x^2 = K_a C_a - K_a x$$

จัดรูปสมการกำลังสอง

$$x^2 + K_a x - K_a C_a = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

เทอม x หาได้จากสมการกำลังสอง



วิธีประมาณค่า

$$K_a = \frac{x^2}{C_a - x}$$



สมมติให้ $x < C_a$ มากๆ (x ตัดทิ้งได้)

$$K_a = \frac{x^2}{C_a}$$

$$x = \sqrt{K_a C_a}$$

หมายเหตุ วิธีประมาณค่าไม่สามารถใช้ได้ ถ้า C_a/K_a แตกต่างกันน้อยกว่า 1000 เท่า

กรดอ่อน

การคำนวณ $[H^+]$ ที่แตกตัว ณ ภาวะสมดุล



[] เริ่มต้น	C_a	0	0
[] เปลี่ยนแปลง	$-x$	$+x$	$+x$
[] สมดุล	$C_a - x$	x	x

$$K_a = \frac{(x)(x)}{C_a - x}$$

$$K_a = \frac{x^2}{C_a - x}$$

$$K_a = \frac{x^2}{C_a}$$

สมมติให้ $x < C_a$ มาก ๆ
 ดังนั้น x มีค่าน้อยมากเมื่อ
 เทียบกับ C_a จึงตัด x ทิ้ง
 ได้

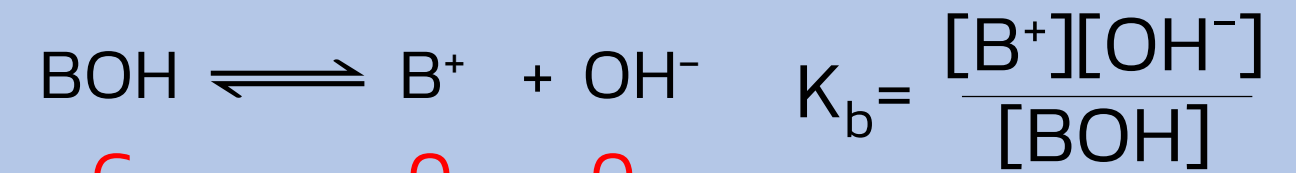
$$x = [H^+] = \sqrt{K_a C_a}$$

○ → %การแตกตัว

○ → $pH = -\log[H^+]$

เบสอ่อน

การคำนวณ $[OH^-]$ ที่แตกตัว ณ ภาวะสมดุล



[] เริ่มต้น	C_b	0	0
[] เปลี่ยนแปลง	$-x$	$+x$	$+x$
[] สมดุล	$C_b - x$	x	x

$$K_b = \frac{(x)(x)}{C_b - x}$$

$$K_b = \frac{x^2}{C_b - x}$$

$$K_b = \frac{x^2}{C_b}$$

สมมติให้ $x < C_b$ มาก ๆ
 ดังนั้น x มีค่าน้อยมากเมื่อ
 เทียบกับ C_b จึงตัด x ทิ้ง
 ได้

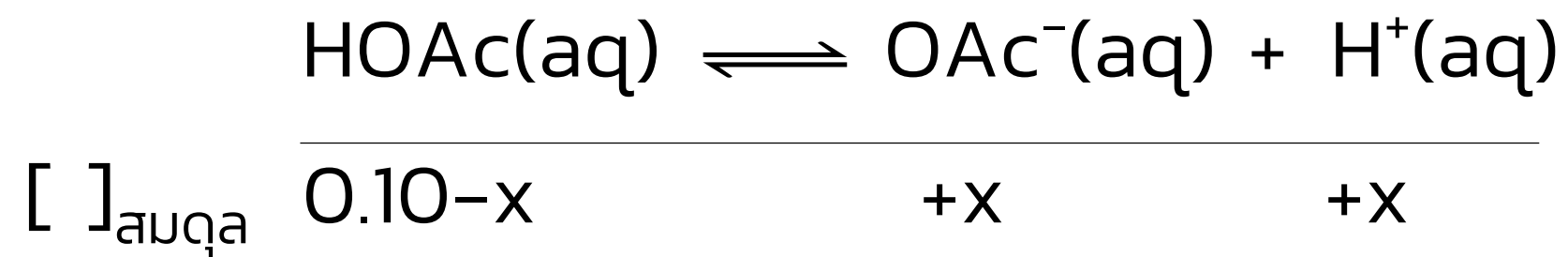
$$x = [OH^-] = \sqrt{K_b C_b}$$

○ → %การแตกตัว

○ → $pOH = -\log[OH^-]$

$pH = 14 - pOH$

จงคำนวณความเข้มข้นของ H^+ ในสารละลาย HOAc เข้มข้น 0.10 mol/L ($K_a=1.8 \times 10^{-5}$)



$$K_a = \frac{[\text{OAc}^-][\text{H}^+]}{[\text{HOAc}]}$$
$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(x)(x)}{(0.10-x)} = \frac{x^2}{(0.10-x)}$$

จัดรูปสมการกำลังสอง

$$x^2 = (1.8 \times 10^{-5})(0.10 - x)$$
$$x^2 + (1.8 \times 10^{-5})x - (1.8 \times 10^{-6}) = 0$$

แก้สมการ หาดั้วแปร x

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-(1.8 \times 10^{-5}) \pm \sqrt{(1.8 \times 10^{-5})^2 + 4(1.8 \times 10^{-6})}}{2}$$

$$x = 1.33 \times 10^{-3}$$



วิธีประมาณค่า

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{(0.10-x)}$$

สมมติให้ $x < 0.10$ มากๆ (x ตัดทิ้งได้)

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.10}$$

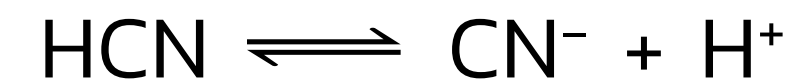
$$x = \sqrt{(1.8 \times 10^{-5})(0.10)}$$

$$x = 1.34 \times 10^{-3}$$

กรด HA เข้มข้น 2.50 mol/L พบว่าที่ภาวะสมดุล มีความเข้มข้นของ H^+ ที่แตกตัวได้เท่ากับ 6.4×10^{-3} mol/L จงคำนวณร้อยละการแตกตัว

$$\%HA = \frac{6.4 \times 10^{-3}}{2.50} \times 100 = 0.26\%$$

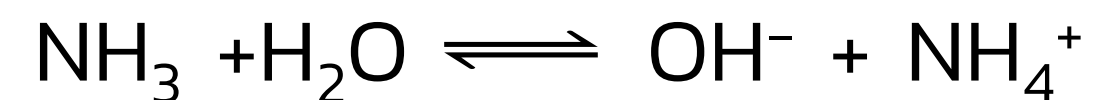
จงหา $[H^+]$ จาก 2.50 mol/L HCN ($K_a = 6.4 \times 10^{-10}$)



$$\begin{aligned} [H^+] &= \sqrt{(2.50)(6.4 \times 10^{-10})} \\ &= 4.0 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

$$\%HCN = \frac{4.0 \times 10^{-5}}{2.50} \times 100 = 0.0016\%$$

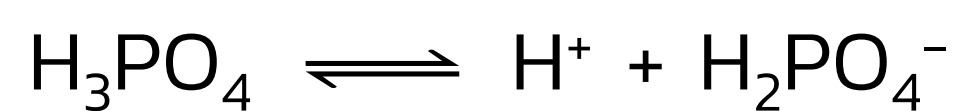
จงหา $[OH^-]$ จาก 2.50 mol/L NH_3 ($K_b = 1.8 \times 10^{-5}$)



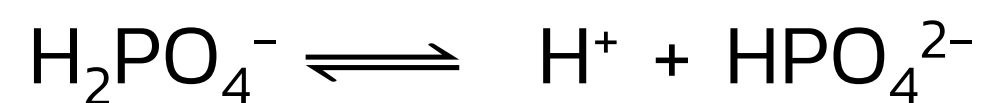
$$\begin{aligned} [OH^-] &= \sqrt{(2.50)(1.8 \times 10^{-5})} \\ &= 6.7 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\%NH_3 = \frac{6.7 \times 10^{-3}}{2.50} \times 100 = 0.27\%$$

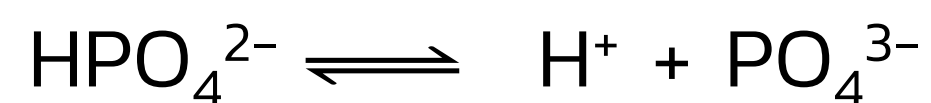
การแตกตัวของกรดโพลีโปรติก



$$K_{a1} = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} = 7.5 \times 10^{-3}$$



$$K_{a2} = \frac{[\text{H}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = 6.2 \times 10^{-8}$$



$$K_{a3} = \frac{[\text{H}^+][\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} = 2.2 \times 10^{-12}$$

ค่าคงที่
การแตกตัวของ
กรดโพลีโปรติก
บางชนิดที่ 25°C

กรด	สูตรเคมี	K_{a1}	K_{a2}	K_{a3}
แอสคอร์บิก	$\text{H}_2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$	8.0×10^{-5}	1.6×10^{-12}	
คาร์บอนิก	H_2CO_3	4.2×10^{-7}	5.6×10^{-11}	
ซิตริก	$\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	7.4×10^{-4}	1.7×10^{-5}	4.0×10^{-7}
ออกซาลิก	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	5.9×10^{-2}	6.4×10^{-5}	
ฟอสฟอริก	H_3PO_4	7.5×10^{-3}	6.2×10^{-8}	2.2×10^{-12}
ซัลฟิวรัส	H_2SO_3	1.7×10^{-2}	6.4×10^{-8}	4.2×10^{-13}
ซัลฟิวริก	H_2SO_4	มาก	1.2×10^{-2}	
ทาร์ทาริก	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	1.0×10^{-3}	4.6×10^{-5}	

การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ



$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

K_w = ค่าคงที่การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ (dissociation constant of water)
ที่ 25°C $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$

ที่ภาวะสมดุล $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$

น้ำบริสุทธิ์เป็นกลาง สมมติให้ $[\text{OH}^-] = [\text{H}^+]$

$$[\text{H}^+]^2 = 1.0 \times 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-7}$$

สารละลายกรด $[\text{H}^+] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

สารละลายกลาง $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

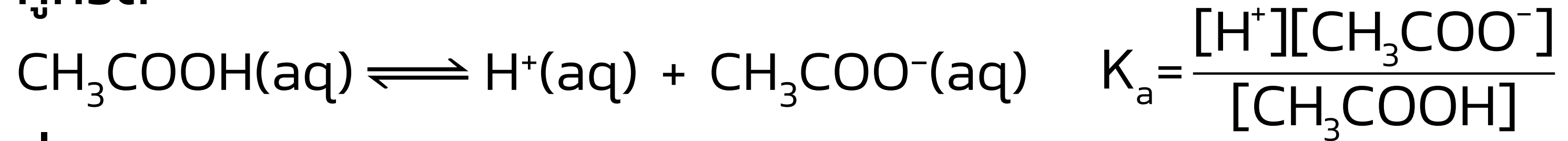
สารละลายเบส $[\text{H}^+] < 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

$$[\text{H}^+] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{[\text{OH}^-]}$$

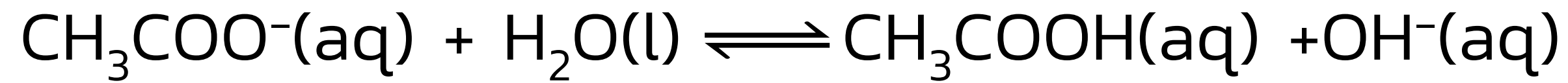
$$[\text{OH}^-] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{[\text{H}^+]}$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง K_a K_b และ K_w

คู่กรด



คู่เบส



$$K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

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

$$K_a K_b = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

$$K_a K_b = K_w$$

สารละลายกรด $[H^+] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$, $[OH^-] < 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$
 สารละลายที่เป็นกลาง $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$, $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$
 สารละลายเบส $[H^+] < 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$, $[OH^-] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

มาตร pH

“
 ฟังก์ชันลอการิทึมที่ติด
 เครื่องหมายลบ
 ของ $[H^+]$ หรือเรียกว่า
 p-function
 ”

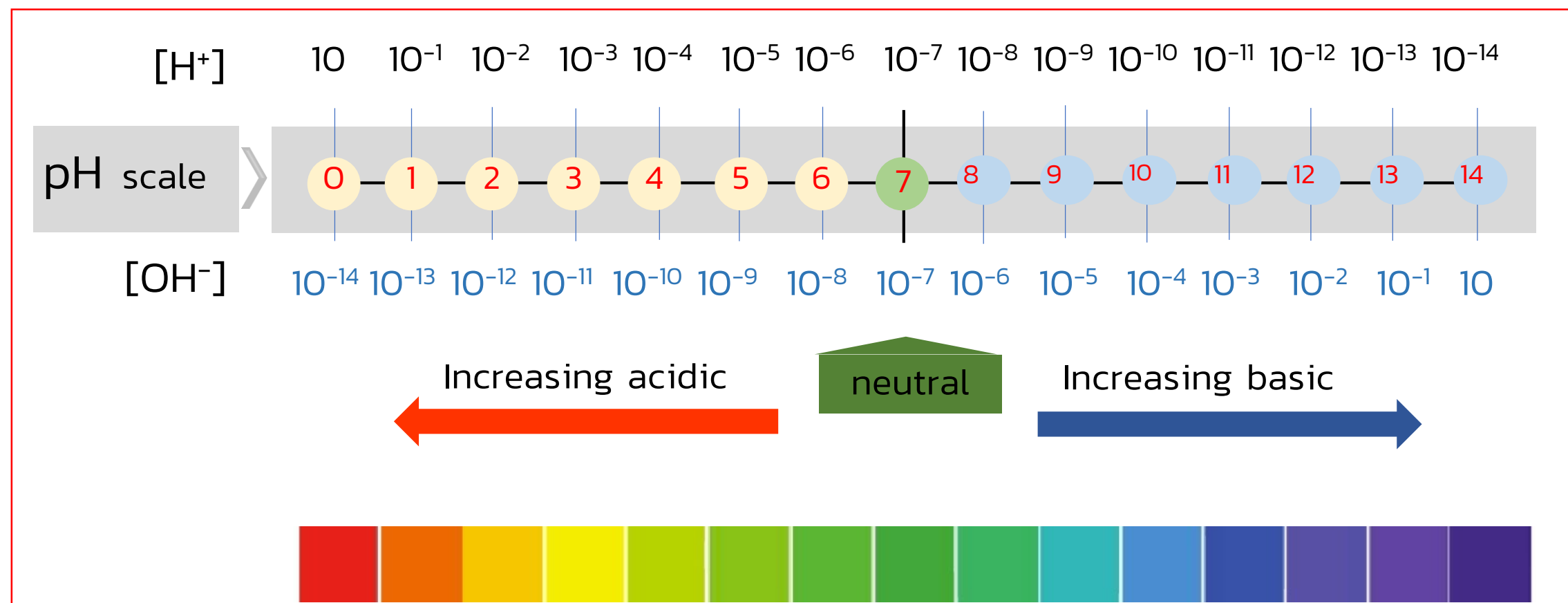
$$pH = -\log[H^+]$$

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

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

$$[OH^-] = 10^{-pOH}$$

$$pH + pOH = 14$$



จงคำนวณหา pH ของสารละลาย HCl เข้มข้น 0.0020 mol/L
วิธีคิด HCl เป็นกรดแก่ ดังนั้น $[H^+] = 2.0 \times 10^{-3}$ mol/L

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log[H^+] \\ &= -\log 2.0 \times 10^{-3} \\ &= 2.70 \end{aligned}$$

จงคำนวณหา pH ของสารละลาย NaOH เข้มข้น 5.0×10^{-4} mol/L
วิธีคิด NaOH เป็นเบสแก่ ดังนั้น $[OH^-] = 5.0 \times 10^{-4}$ mol/L

$$\begin{aligned} \text{pOH} &= -\log[OH^-] \\ &= -\log 5.0 \times 10^{-4} = 3.30 \\ \text{pH} &= 14.0 - 3.30 = 10.7 \end{aligned}$$

จงคำนวณหาเข้มข้นของ H^+ และ OH^- ในสารละลายที่มี pH=4.4

วิธีคิด

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log[H^+] = 4.4 \\ [H^+] &= 10^{-4.4} \\ &= 4.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

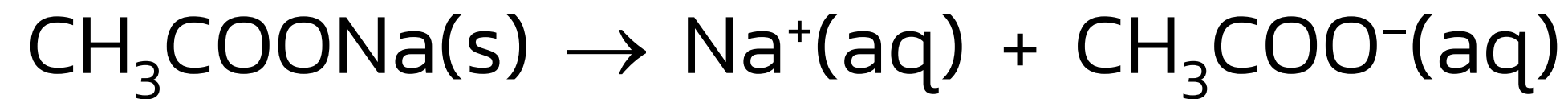
จาก $K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} \Rightarrow [OH^-] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.0 \times 10^{-5}} = 2.5 \times 10^{-10}$$

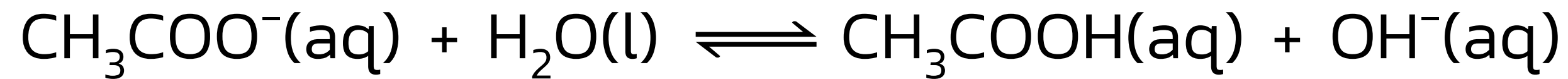
$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log[H^+] \\ \text{pOH} &= -\log[OH^-] \\ [H^+] &= 10^{-\text{pH}} \\ [OH^-] &= 10^{-\text{pOH}} \\ \text{pH} + \text{pOH} &= 14 \end{aligned}$$

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาแยกสลายด้วยน้ำ

ปฏิกิริยาการแตกตัวของเกลือ CH_3COONa (เกลือที่เกิดจากกรดอ่อนเบสแก่)



ปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยน้ำ



ค่าคงที่สมดุล

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

คูณด้วย $[\text{H}^+]$ ทั้งเศษและส่วน

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

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

K_w

ค่าคงที่สมดุลปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยน้ำ เกลือที่เกิดจากเบสอ่อนกรดแก่

$$K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

ค่าคงที่สมดุลปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยน้ำ เกลือที่เกิดจากเบสอ่อนกรดอ่อน

$$K_h = \frac{K_w}{K_a K_b}$$

คำนวณค่า pH ที่ภาวะสมดุลของสารละลาย CH_3COONa เข้มข้น 1.00 mol/L (K_a ของ $\text{CH}_3\text{COOH} = 1.8 \times 10^{-5}$)

วิธีคิด CH_3COONa เป็นเกลือที่เกิดระหว่าง CH_3COOH และ NaOH

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.5 \times 10^{-10}$$

	$\text{CH}_3\text{COO}^- (\text{aq})$	$+ \text{H}_2\text{O} (\text{l})$	\rightleftharpoons	$\text{CH}_3\text{COOH} (\text{aq})$	$+ \text{OH}^- (\text{aq})$
[] เริ่มต้น	1.00	0		0	
[] สมดุล	-x	+x		+x	
[] สมดุล	1.00-x	+x		+x	

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

$$K_h = \frac{x^2}{1.00-x}$$

วิธีประมาณค่า
 $x < 1.00$ มากๆ

$$K_h = \frac{x^2}{1.00}$$

$$x^2 = \sqrt{K_h} = \sqrt{(5.5 \times 10^{-10})}$$

$$x = 2.3 \times 10^{-5}$$

$$[\text{OH}^-] = 2.3 \times 10^{-5}$$

$$\begin{aligned} \text{pOH} &= -\log(2.3 \times 10^{-5}) \\ &= 4.64 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 14.0 - 4.64 \\ &= 9.36 \end{aligned}$$

สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer Solution)

สารละลายที่มีสมบัติในการต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH เมื่อเติมกรด หรือเบสลงไปเป็นปริมาณเล็กน้อย

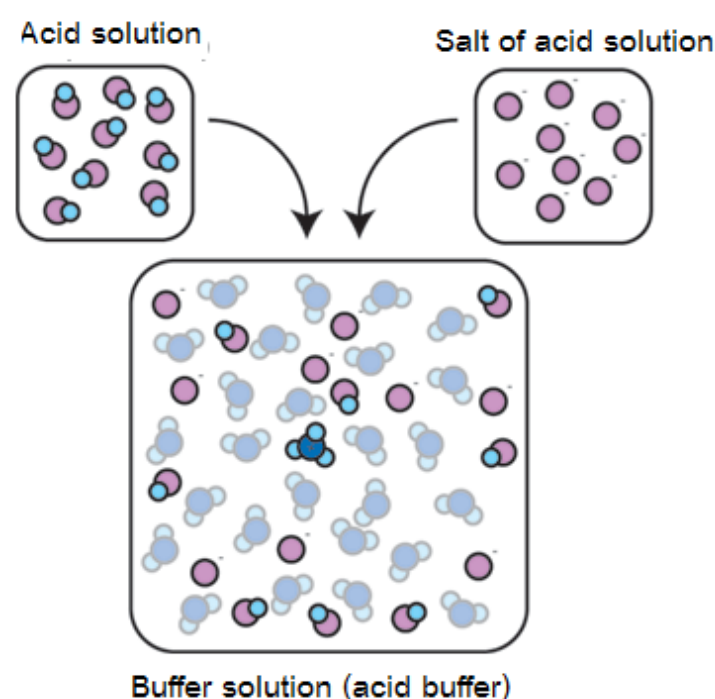
เป็นสารละลายผสมระหว่างกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน

- บัฟเฟอร์กรด (ที่เกิดจากระหว่างกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน) จะมี $\text{pH} < 7$
- บัฟเฟอร์เบส (ที่เกิดจากระหว่างเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน) จะมี $\text{pH} > 7$

สมการของเฮนเดอร์สัน-ฮาเซลบัลช (Henderson-Hasselbalch)

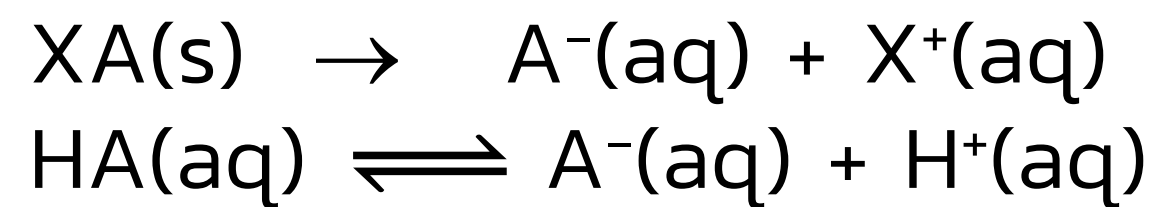
$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{salt}]}{[\text{acid}]}$$

$$\text{pOH} = \text{pK}_b + \log \frac{[\text{salt}]}{[\text{base}]}$$



สารละลายบัฟเฟอร์กรด

ประกอบด้วยกรด HA และเกลือ A⁻
เขียนสมการแสดงการแตกตัวและค่าคงที่สมดุล



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

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

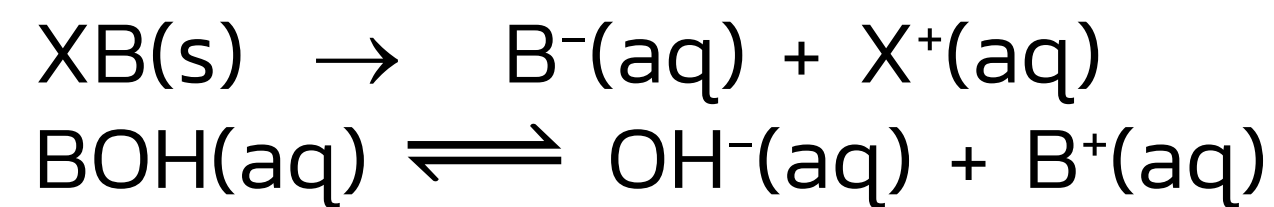
$$-\log[\text{H}^{\text{+}}] = -\log\left(K_a \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^{\text{-}}]}\right)$$

$$\text{pH} = -\log K_a - \log \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^{\text{-}}]}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^{\text{-}}]}{[\text{HA}]}$$

สารละลายบัฟเฟอร์เบส

ประกอบด้วยเบส BOH และเกลือ B⁻
เขียนสมการแสดงการแตกตัวและค่าคงที่สมดุล



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

$$[\text{OH}^{\text{-}}] = K_b \frac{[\text{BOH}]}{[\text{B}^{\text{-}}]}$$

$$-\log[\text{OH}^{\text{-}}] = -\log\left(K_b \frac{[\text{BOH}]}{[\text{B}^{\text{-}}]}\right)$$

$$\text{pOH} = -\log K_b - \log \frac{[\text{BOH}]}{[\text{B}^{\text{-}}]}$$

$$\text{pOH} = \text{p}K_b + \log \frac{[\text{B}^{\text{-}}]}{[\text{BOH}]}$$

สมการของเฮนเดอร์สัน-ฮาเซลบัลซ์

จงคำนวณน้ำหนักของ NH_4Cl ที่ใช้เตรียมสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ปริมาตร 1.0 L ให้มี pH 10.0 จากสารละลาย NH_3 0.10 mol/L

เป็นระบบบัฟเฟอร์เบส ระหว่างเบสอ่อน NH_3 ($K_b=1.8 \times 10^{-5}$) กับเกลือ NH_4Cl

$$\text{pOH} = \text{p}K_b + \log \frac{[\text{salt}]}{[\text{base}]}$$

$$4.00 = 4.74 + \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{(0.10)}$$

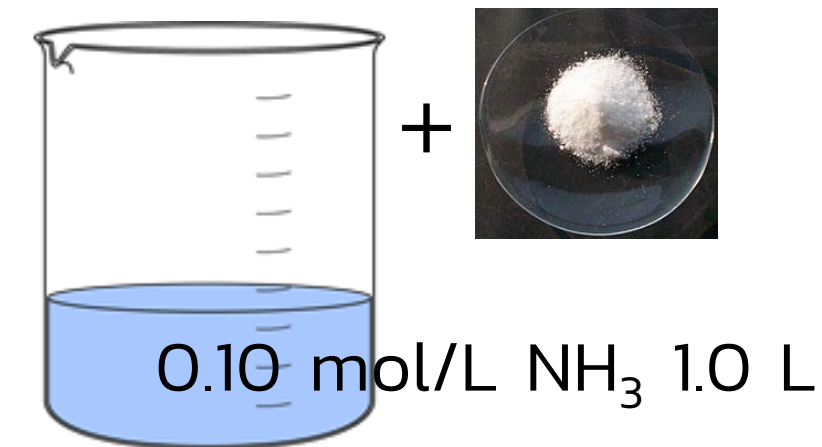
$$\log \frac{[\text{NH}_4^+]}{(0.10)} = -0.74$$

ทำ anti-logarithm

$$\frac{[\text{NH}_4^+]}{(0.10)} = 10^{-0.74}$$

$$\begin{aligned} [\text{NH}_4^+] &= 0.18 \times 0.10 \\ &= 0.018 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

คำนวณน้ำหนักของ NH_4Cl



$$\left(\frac{0.018 \text{ mol NH}_4\text{Cl}}{1 \text{ L}} \right) \left(\frac{53.49 \text{ g NH}_4\text{Cl}}{1 \text{ mol NH}_4\text{Cl}} \right) = 0.96 \text{ g}$$

ชั่ง NH_4Cl 0.96 g ละลายในสารละลาย NH_3 0.10 mol/L ปริมาตร 1.0 L

อธิบายวิธีการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 5.00 โดยใช้สารละลาย CH_3COOH เข้มข้น 0.50 mol/L ปริมาตร 50.00 mL และ CH_3COONa เข้มข้น 0.50 mol/L

เป็นระบบบัฟเฟอร์กรด ระหว่างกรดอ่อน CH_3COOH ($K_a=1.8 \times 10^{-5}$) กับเกลือ CH_3COONa

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{salt}]}{[\text{base}]}$$

$$5.00 = 4.74 + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$\log \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 0.26$$

ทำ anti-logarithm

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 10^{0.26}$$

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1.8$$

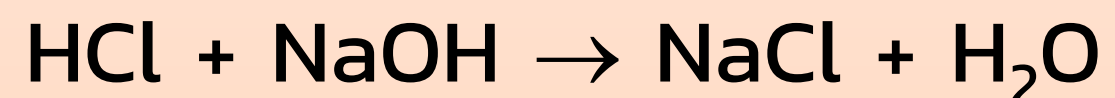
“ อัตราส่วนของสารผสมระหว่าง CH_3COONa กับ CH_3COOH ต้องมีอัตราส่วนเป็น 1.8 : 1 โดยหน่วยปริมาตร ”

ต้องผสมสารละลาย CH_3COONa 0.50 mol/L ให้มีปริมาตรเป็น 1.8 เท่าของสารละลาย CH_3COOH

สารละลาย CH_3COOH เข้มข้น 0.50 mol/L ปริมาตร 50.00 mL ผสมกับสารละลาย CH_3COONa 0.50 mol/L ปริมาตร 90 mL

ปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่

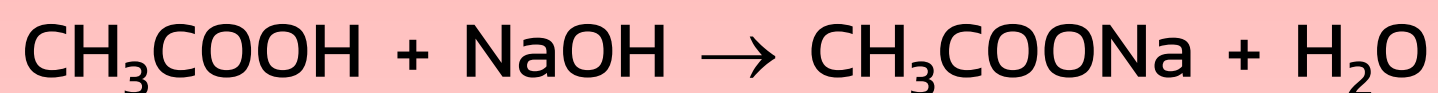
กรดแก่ แตกตัวเป็น H^+ อย่างสมบูรณ์
เบสแก่ แตกตัวเป็น OH^- อย่างสมบูรณ์



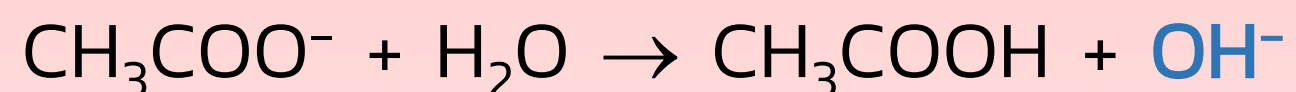
เกลือที่เกิดจากกรดแก่กับเบสแก่ไม่เกิดปฏิกิริยา
แยกสลายตัวน้ำ
ที่จุดสมมูล สารละลายมี $pH = 7$

ปฏิกิริยาระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่

กรดอ่อน แตกตัวเป็น H^+ อย่างไม่สมบูรณ์
เบสแก่ แตกตัวเป็น OH^- อย่างสมบูรณ์



เกลือ CH_3COONa ทำปฏิกิริยาแยกสลายตัวน้ำ เกิดอนุมูล OH^-

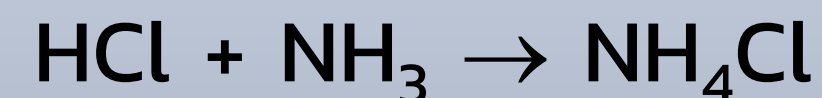


ที่จุดสมมูล สารละลายมี $pH > 7$



ปฏิกิริยาระหว่างเบสอ่อนกับกรดแก่

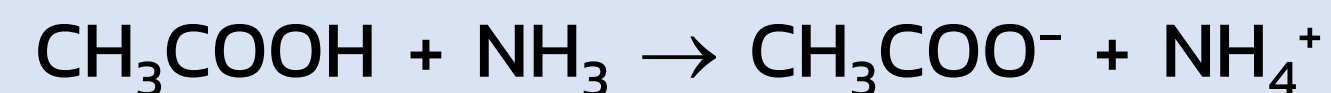
กรดแก่ แตกตัวเป็น H^+ อย่างสมบูรณ์
เบสอ่อน แตกตัวเป็น OH^- อย่างไม่สมบูรณ์



เกลือ NH_4Cl ทำปฏิกิริยาแยกสลายตัวน้ำ เกิดอนุมูล H^+
 $NH_4^+ + H_2O \rightarrow NH_3 + H_3O^+$
ที่จุดสมมูล สารละลายมี $pH < 7$

ปฏิกิริยาระหว่างเบสอ่อนกับกรดอ่อน

กรดอ่อน แตกตัวเป็น H^+ อย่างไม่สมบูรณ์
เบสอ่อน แตกตัวเป็น OH^- อย่างไม่สมบูรณ์



เกลือ CH_3COO^- และ NH_4^+
สามารถเกิดปฏิกิริยาแยกสลายตัวน้ำได้ เกิดอนุมูล H^+ หรือ OH^-

ที่จุดสมมูล สารละลายจึงเป็นกรดหรือเบสที่อ่อนมาก ขึ้นกับ
ชนิดของกรดอ่อนและเบสอ่อน