



ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.ศิริขวัญ ทินรัตน์

ปร.ด. (เภสัชศาสตร์ชีวภาพ), วท.บ. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)

ผู้ตรวจ

ดร.พันธุ์วดี วัฒนสิน

ปร.ด. (เคมีวิเคราะห์), วท.บ. (เคมี)

ดร.ปิยวรรณ พันสี

ปร.ด. (เคมีวิเคราะห์), วท.บ. (เคมี)

ดร.สุธิชา จันทะ

ปร.ด. (เคมี), วท.ม. (เทคนิคการแพทย์), วท.บ. (เทคนิคการแพทย์)

บรรณาธิการ

ดร.พนทวิ แซ่เตี๋ย

ปร.ด. (เคมีวิเคราะห์), วท.ม. (เคมีอินทรีย์), วท.บ. (เคมี)

ปีที่พิมพ์ ๒๕๖๓

พิมพ์ครั้งที่ ๑

จำนวน ๕,๐๐๐ เล่ม

ISBN : 978-616-07-2026-2

จัดพิมพ์โดย บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด

- ❖ **ฝ่ายการตลาด, ฝ่ายการเงินและบัญชี, ฝ่ายผลิตและจัดส่ง :**
๖๗/๑๐๙ หมู่ ๑ ต.พระแม่กนกุนีย ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ๑๑๑๒๐
โทร. ๐ ๒๕๕๕ ๕๕๘๘, ๐ ๒๕๕๕ ๕๕๙๓, ๐ ๒๕๑๖ ๕๕๘๐-๒ โทรสาร ๐ ๒๕๑๖ ๕๕๙๓
- ❖ **ฝ่ายวิชาการ :**
๘๘/๑๒๒ ถ.เทศบาลสงเคราะห์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐
โทร. ๐ ๒๕๕๕ ๕๕๑๖-๒๐, ๐ ๒๕๕๓ ๘๑๖-๘๙ โทรสาร ๐ ๒๕๕๐ ๒๕๒๓

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ ลิขสิทธิ์เป็นของบริษัท สำนักพิมพ์เอ็มพันธ์ จำกัด



คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **เคมี** ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒ ได้เรียบเรียงขึ้นตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น ๒ หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย สมดุลและปฏิกิริยากรด-เบส และปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี นอกจากนี้ในหนังสือยังมี QR Code (Quick Response Code)  ที่เข้าผ่านระบบ **LINE** หรือแอปพลิเคชันสำหรับอ่าน QR Code เพื่อให้นักเรียนได้เข้าถึงข้อมูลและสื่อการเรียนรู้อื่นๆ อีกด้วย

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **เคมี** ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๒ เล่มนี้ จะอำนวยความสะดวกต่อผู้สอนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพและบรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตรต่อไป



ฝ่ายวิชาการ บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด



คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม



เคมี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

การศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส การแตกตัวของกรด-เบส การแตกตัวของน้ำบริสุทธิ์ การแตกตัวของกรดโพลีโปรติกอินดิเคเตอร์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส สารละลายซัลเฟอร์ การไทเทรตกรด-เบส ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี การดุลสมการรีดอกซ์ ค่าต่างศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ เซลล์อิเล็กโทรไลต์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี

เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ พร้อมทั้งคุณธรรมและจริยธรรม การแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบ และตระหนักถึงวิทยาศาสตร์ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม

ผลการเรียนรู้



- 1 ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส
- 2 ระบุกรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี
- 3 จำนวนและเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส
- 4 จำนวนค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส
- 5 เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน
- 6 เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือและระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ
- 7 ทดลอง และอธิบายหลักการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส
- 8 จำนวนปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต
- 9 อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์
- 10 สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส
- 11 คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์
- 12 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์
- 13 ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์
- 14 ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา
- 15 ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์
- 16 คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ชั่วไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น
- 17 อธิบายหลักการทำงาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ
- 18 ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ
- 19 สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

สมดุลและปฏิกิริยากรด-เบส

• ทฤษฎีกรด-เบส	3
• การแตกตัวของกรด-เบส	11
• ค่าคงที่การแตกตัวของกรด-เบส	18
• ความแรงของกรด-เบส	19
• การแตกตัวของน้ำบริสุทธิ์	30
• การแตกตัวของกรดโพลีโปรติก	33
• pH และ pOH ของสารละลาย	36
• อินดิเคเตอร์	43
• ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส	46
• ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส	50
• สารละลายบัฟเฟอร์	54
• การไทเทรตกรด-เบส	58
• การใช้ประโยชน์ และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส	64
• กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	70

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5

ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี

• ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี	80
• การดุลสมการรีดอกซ์	92
• ค่าต่างศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์	112
• เซลล์อิเล็กโทรไลต์	126
• เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมีในชีวิตประจำวัน	134
• กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	139

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

สมดุลและปฏิกิริยากรด-เบส

แนวคิด

การศึกษาค้นคว้าเคมีที่เกิดขึ้นผ่านปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสช่วยให้เกิดการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อาทิเช่น การนำไฮดรอกไซด์ของอะลูมิเนียมมาใช้เป็นยาลดกรดในกระเพาะอาหาร, การปรับปรุงสภาพดินที่เป็นกรดโดยการเติมเบสอย่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์ รวมถึง เกลือชนิดต่าง ๆ ที่เป็นผลจากปฏิกิริยาสะเทินของกรดและเบส ตลอดจนฝึกทักษะการคำนวณสำหรับห้องปฏิบัติการในการไทเทรตและเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสม

สาระการเรียนรู้

- 1 ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส
- 2 การระบุกรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี
- 3 การคำนวณและเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส
- 4 การคำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส
- 5 สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน
- 6 ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือและระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ
- 7 หลักการไทเทรต และการเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส
- 8 การคำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต
- 9 สมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์
- 10 การใช้ประโยชน์ และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส

ผลการเรียนรู้

- 1 ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส
- 2 ระบุกรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี
- 3 คำนวณและเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส
- 4 คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส
- 5 เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน
- 6 เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือและระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ
- 7 ทดลอง และอธิบายหลักการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส
- 8 คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต
- 9 อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์
- 10 สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส

สมดุลและปฏิกิริยากรด-เบส

สมบัติบางประการของสารละลายกรดและสารละลายเบส



สารละลายกรด



- 1 เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง [กรด = แดง]
- 2 บางชนิดมีรสเปรี้ยว มีฤทธิ์กัดกร่อน
- 3 ทำปฏิกิริยากับโลหะบางชนิด เช่น Mg, Zn ฯลฯ ให้แก๊ส H_2
- 4 ทำปฏิกิริยากับเบสได้เกลือ กับ น้ำ
- 5 นำไฟฟ้าได้

ตัวอย่าง : น้ำมะนาว / แอสไพริน / น้ำยาล้างห้องน้ำ / Vitamin C

สารละลายเบส



- 1 เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน [เบส = น้ำเงิน]
- 2 มีรสฝาด ลื่นมือคล้ายสบู่
- 3 ส่วนใหญ่ไม่ทำปฏิกิริยากับโลหะที่อุณหภูมิปกติ
- 4 ทำปฏิกิริยากับกรดได้เกลือ กับ น้ำ
- 5 นำไฟฟ้าได้

ตัวอย่าง : ยาลดกรด / น้ำปูนใส / น้ำขี้เถ้า / ผงซักฟอก / น้ำยาล้างจาน /

กลาง

ตัวอย่าง : เกลือแกง ($NaCl$), แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl), แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$), ยิปซัม ($CaSO_4$)

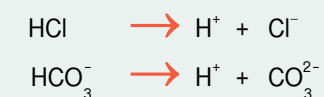
ทฤษฎีกรด - เบส

ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส

สวานเต อาร์เรเนียส (Svante Arrhenius) นักเคมีชาวสวีเดนให้นิยามกรด-เบส ไว้ดังนี้

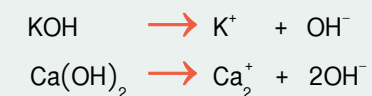
- 1 กรด (Acid) คือ สารที่เมื่อละลายน้ำแล้ว แตกตัวให้ H^+
เช่น HCl , H_2SO_4 , HNO_3 เป็นต้น

Ex :



- 2 เบส (Base) คือ สารที่ละลายน้ำแล้ว แตกตัวให้ OH^-
เช่น $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$ เป็นต้น

Ex :



นิยามของอาร์เรเนียสมีข้อจำกัด คือ

- 1) สารที่มีสมบัติเป็นกรดและเบส จะต้องละลายน้ำได้เท่านั้น (มี H^+ และ OH^-) ในความเป็นจริงปฏิกิริยาเคมีไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นในตัวทำละลายน้ำ
- 2) สารบางตัวไม่มีหมู่ OH เป็นประจุลบในโมเลกุล แต่มีสมบัติเป็นเบส เช่น NH_3



ตัวอย่างที่ 1

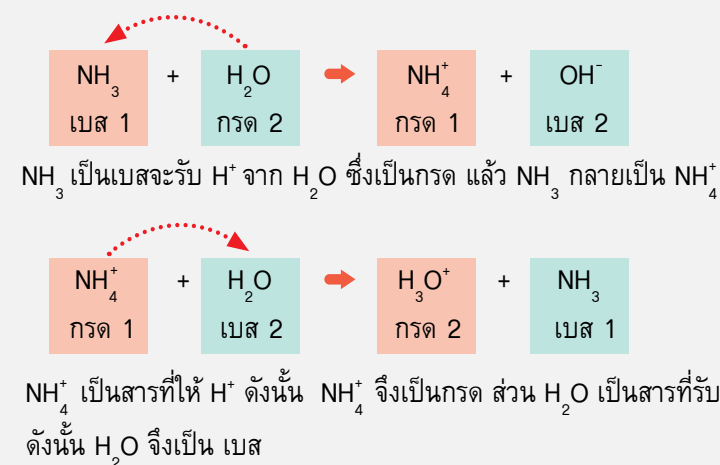
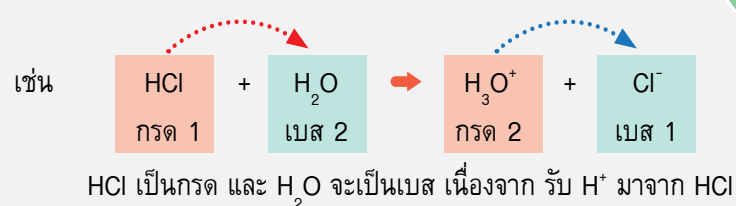
จากนิยามของอาร์เรเนียส จงจำแนกสารใดว่าเป็นกรด, เบสหรือเกลือ และหากเป็นเกลือเกิดจากกรดและเบสใด

- | | | | |
|--------------------------------------|---------|--------------------------------------|---------|
| 1 HCN | = _____ | 7 HF | = _____ |
| 2 H ₂ SO ₄ | = _____ | 8 ZnI ₂ | = _____ |
| 3 HNO ₃ | = _____ | 9 Li ₂ SO ₄ | = _____ |
| 4 Ca(OH) ₂ | = _____ | 10 CH ₃ COOH | = _____ |
| 5 CH ₃ COONH ₄ | = _____ | 11 Ca(NO ₃) ₂ | = _____ |
| 6 KBr | = _____ | 12 NaHSO ₄ | = _____ |

• ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

โยฮันเนส เบรินสเตด (J.N Bronsted) นักวิทยาศาสตร์ชาวเดนมาร์ก และมาร์ติน ลาวรี (Martin Lowry) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษได้ให้นิยามของกรด-เบสได้ดังนี้

- 1 กรด (Acid) คือ สารที่ให้โปรตอน (H⁺) แก่ สารอื่น
 - 2 เบส (Base) คือ สารที่รับโปรตอน (H⁺) จาก สารอื่น
- ต้องพิจารณาสองส่วนควบคู่กัน คือ สารที่เป็นกรดและเบส



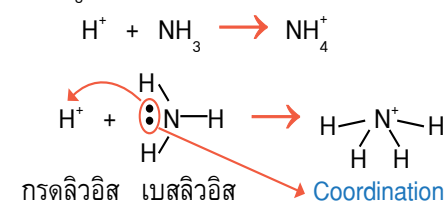
• ทฤษฎีกรด - เบสของลิวอิส

กรด หมายถึง สารที่สามารถ รับ คู่อิเล็กตรอน (e⁻) จากสารอื่น

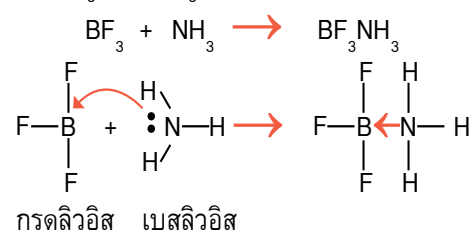
เบส หมายถึง สารที่สามารถ ให้ คู่อิเล็กตรอน (e⁻) แก่สารอื่น

คู่อิเล็กตรอน หมายถึง เวเลนซ์อิเล็กตรอนสองตัวที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างพันธะ หรือ อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (lone pair electron) โดยพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างกรดลิวอิสและเบสลิวอิส เป็น พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ (coordinate covalent bond) เช่น สาร B มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลือน้อยหนึ่งคู่ ในขณะที่สาร A มีออร์บิทัลว่างพอที่จะสามารถรับคู่อิเล็กตรอนได้

ปฏิกิริยาระหว่าง NH₃ กับ H⁺



ปฏิกิริยาระหว่าง BF_3 และ NH_3



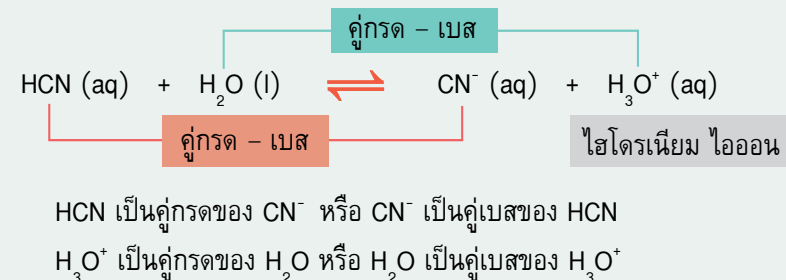
จำไว้นะ!

คู่กรด - เบส

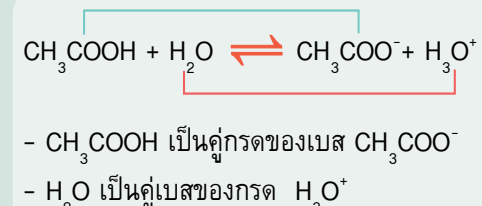
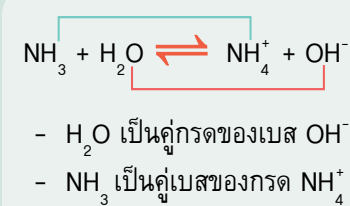
- 1 เกิดจากการผันกลับได้และมีการถ่ายเทโปรตอนระหว่างกรด → เบส
- 2 คู่กรด - เบส จะอยู่คนละฝั่งของสมการเสมอ
- 3 ตัวที่มี H มากกว่าจะทำหน้าที่เป็นกรด
- 4 ตัวที่มี H น้อยกว่าจะทำหน้าที่เป็นเบส

• คู่กรด - เบสตามทฤษฎีเบรินสเตด - ลาวรี

สนใจในปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ กล่าวคือ การถ่ายเทไอออนระหว่างกรดไปยังเบสทั้งด้านซ้ายและขวามือของสมการ โดยมีการอยู่ทางด้านหนึ่ง และเบสอีกทางด้านหนึ่งของสมการ มีสูตรต่างกันเพียง H^+ 1 ตัว เช่น



เราเรียกรู้อย่างนี้เป็น “คู่กรด - เบส” ซึ่งกันและกัน ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี เช่น



การแตกตัว

Acid 1 - Base 1 → เป็นคู่กรด - เบสกัน
 Acid 2 - Base 2 → เป็นคู่กรด - เบสกัน

คู่กรดเบส จะมีหน้าตาเหมือนกัน คู่ที่เป็นกรดจะมี H^+ 1 ตัว



ตัวอย่างที่ 2

จงตอบคำถามต่อไปนี้



NO_3^- เป็น คู่เบส ของ HNO_3 และ HF เป็น คู่กรด ของ F^-

HF ทำหน้าที่เป็นกรดหรือเบสและ NO_3^- ทำหน้าที่เป็นกรดหรือเบส

คู่กรดเบส ได้แก่ HF เป็นคู่กรดของ F^- NO_3^- เป็นคู่เบสของ HNO_3
 F^- เป็นคู่เบสของ HF HNO_3 เป็นคู่กรดของ NO_3^-

ตัวอย่างที่ 3

จงพิจารณาสมการต่อไปนี้



- SH^- เป็นคู่กรดของ S^{2-} OH^- เป็นคู่เบสของ H_2O
- S^{2-} เป็นคู่เบสของ SH^- H_2O เป็นคู่กรดของ OH^-



- HCO_3^- เป็นคู่กรดของ CO_3^{2-} H_2O เป็นคู่เบสของ H_3O^+
- CO_3^{2-} เป็นคู่เบสของ HCO_3^- H_3O^+ เป็นคู่กรดของ H_2O



- H_2SO_3^- เป็นคู่กรดของ H_2SO_4 OH^- เป็นคู่เบสของ H_2O
- H_2SO_4 เป็นคู่เบสของ H_2SO_3^- H_2O เป็นคู่กรดของ OH^-



- HNO_3 เป็นคู่กรดของ NO_2^- CN^- เป็นคู่เบสของ HCN
- NO_2^- เป็นคู่เบสของ HNO_3 HCN เป็นคู่กรดของ CN^-

ตัวอย่างที่ 4

จงเขียนคู่เบสของ H_2S , HCN และ OH^-

คู่เบสของ H_2S คือ HS^-
 HCN คือ CN^-
 OH^- คือ O^{2-}

ตัวอย่างที่ 5

จงเขียนคู่กรดของ $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$, CO_3^{2-} และ Br^-

คู่กรดของ $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ คือ $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}^+$
 CO_3^{2-} คือ HCO_3^-
 Br^- คือ HBr

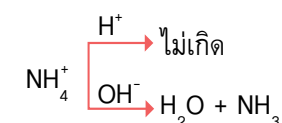
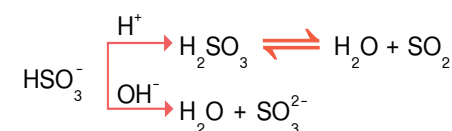
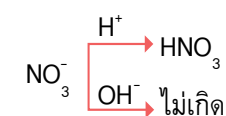
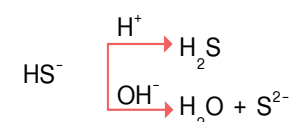
สารตัวเดียวกันเป็นได้ทั้งกรดและเบส หมายถึงสารที่ให้หรือรับโปรตอนได้

เรียกว่า สารแอมโฟเทอริก (Amphoteric substances)

H_2O เป็นได้ทั้งกรดและเบส (สภาวะปกติจะเป็นกลาง)

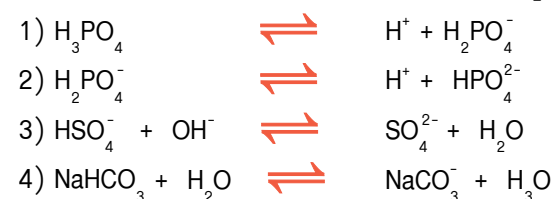
รวมถึงพวกไฮดรอกไซด์อื่นๆ ที่มี H^+ เหลืออยู่

ตัวอย่าง เช่น



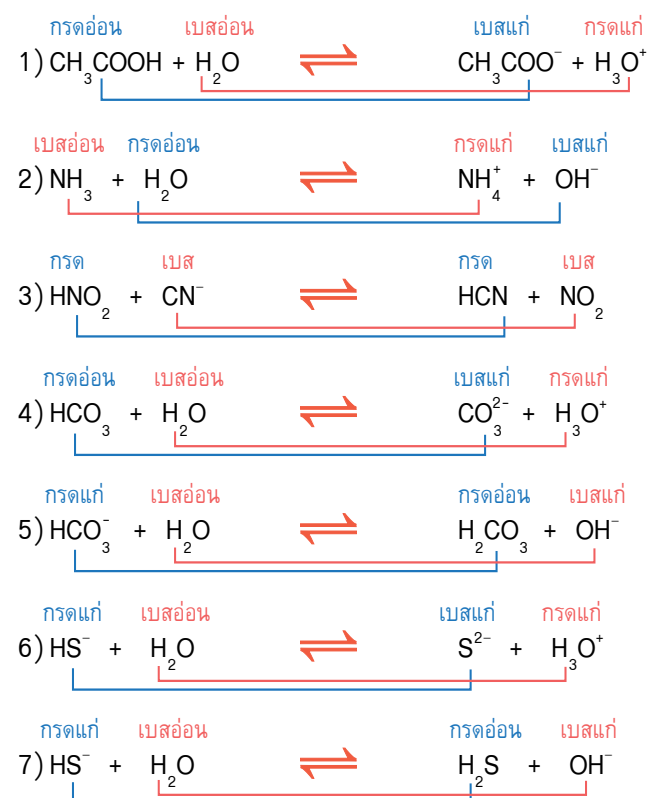
ตัวอย่างที่ 6

เขียนปฏิกิริยาการแตกตัวของสารต่อไปนี้ให้สมบูรณ์



ตัวอย่างที่ 7

จงจับคู่กรด-เบส พร้อมบอกว่าสารตัวใดเป็นกรดและตัวใดเป็นเบส



การแตกตัวของกรด-เบส

การแตกตัวของกรด-เบส คือ ความสามารถในการแตกตัวให้ชนิดที่แสดงความเป็นกรดหรือเบสในตัวทำละลายหนึ่งๆ ในหน่วยการเรียนรู้นี้จะอธิบายเฉพาะการแตกตัวของกรด-เบสที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย เท่านั้น

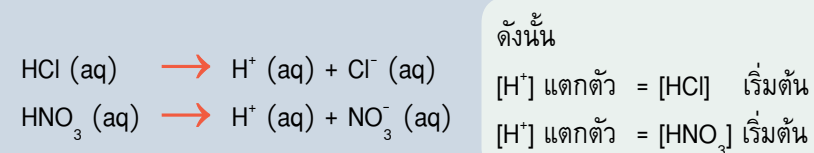
การแตกตัวของกรด-เบสขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ

- 1) ชนิดของกรดหรือเบส
- 2) อิทธิพลของตัวทำละลาย โดยตัวทำละลายแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ตัวทำละลายน้ำ (aqueous solvent) และ ตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำ (non-aqueous solvent)

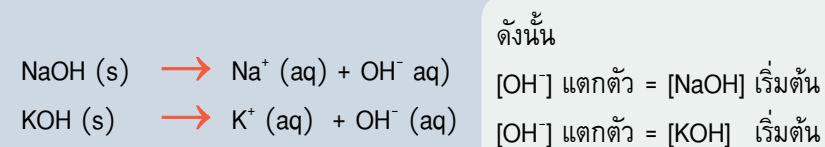
โดยทั่วไปจะศึกษาการแตกตัวของกรดและเบสใน 2 ลักษณะ ได้แก่

1) การแตกตัวของกรดแก่-เบสแก่

กรดแก่ (strong acid) หมายถึง กรดที่สามารถแตกตัวเป็น H^+ ได้อย่างสมบูรณ์ (100%) หรือแตกตัวให้ H^+ ได้ทั้งหมด ดังนั้น ความเข้มข้นของ H^+ ที่เกิดจากการแตกตัวจะเท่ากับ ความเข้มข้นเริ่มต้นของกรดแก่ นั้น เช่น

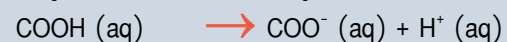
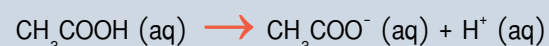


เบสแก่ (strong base) หมายถึง เบสที่สามารถแตกตัวเป็น OH^- ได้อย่างสมบูรณ์ (100%) แตกตัวให้ OH^- ได้ทั้งหมด ดังนั้น ความเข้มข้นของ OH^- ที่เกิดจากการแตกตัวจะเท่ากับ ความเข้มข้นเริ่มต้นของเบสแก่ นั้น เช่น



2 การแตกตัวของกรดอ่อน-เบสอ่อน

กรดอ่อน (weak acid) หมายถึง กรดที่แตกตัวเป็น H^+ ได้ไม่สมบูรณ์ ($\ll 100\%$) หรือแตกตัวให้ H^+ ได้ไม่ทั้งหมด ยังพบกรดอ่อนนั้นอยู่ในระบบ ดังนั้น ความเข้มข้นของ H^+ ที่เกิดจากการแตกตัวของกรดอ่อนจึงน้อยกว่าความเข้มข้นเริ่มต้นของกรดนั้น เช่น



ดังนั้น

$[H^+]$ แตกตัว $< [CH_3COOH]$ เริ่มต้น

$[H^+]$ แตกตัว $< [COOH]$ เริ่มต้น



เบสอ่อน (weak base) หมายถึง เบสที่แตกตัวเป็น OH^- ได้ไม่สมบูรณ์ ($\ll 100\%$) หรือแตกตัวให้ OH^- ได้ไม่ทั้งหมด ยังพบเบสอ่อนนั้นอยู่ในระบบ ดังนั้น ความเข้มข้นของ OH^- ที่เกิดจากการแตกตัวของเบสอ่อนจึงน้อยกว่าความเข้มข้นเริ่มต้นของเบสนั้น เช่น



ดังนั้น

$[OH^-]$ แตกตัว $< [NH_3]$ เริ่มต้น

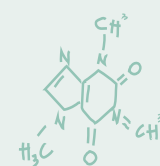
$[OH^-]$ แตกตัว $< [NH_2]$ เริ่มต้น



ตัวอย่างกรดอ่อน		ตัวอย่างเบสอ่อน	
ชื่อกรด	สูตรเคมี	ชื่อเบส	สูตรเคมี
กรดกรด หรือ กรดฟอร์มิก	HCOOH	แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์	NH_4OH
กรดน้ำส้ม หรือ กรดอะซิติก	CH_3COOH	แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์	$Mg(OH)_2$
กรดไฮโดรไซยานิก	HCN	อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์	$Al(OH)_3$
กรดไฮโดรฟลูออริก	HF	ไพรีน	C_5H_5N
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	H_2S	อนิลิน	$C_6H_5NH_2$

ตารางแสดงลักษณะของกรด - เบสแก่ และ กรด - เบสอ่อน

สารละลายกรด	สารละลายเบส
กรดแก่ → กรดที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวได้หมด 100% ตามสมการ (ไม่มีสมดุล) → ความเข้มข้นของ H^+ ที่เกิดจากการแตกตัวจะเท่ากับ ความเข้มข้นเริ่มต้นของกรดแก่ → มี 7 ตัว HCl, HBr, HI, HNO_3 , $HClO_3$, $HClO_4$, H_2SO_4	เบสแก่ → เบสที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวได้หมด 100% ตามสมการ (ไม่มีสมดุล) → ความเข้มข้นของ OH^- ที่เกิดจากการแตกตัวจะเท่ากับ ความเข้มข้นเริ่มต้นของเบสแก่ สารประกอบ OH^- ของหมู่ IA (XOH) และ IIA ($X(OH)_2$)
กรดอ่อน → กรดที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวไม่หมด มีภาวะสมดุลเกิดขึ้น → ความเข้มข้นของ H^+ ที่เกิดจากการแตกตัวของกรดอ่อนจึงน้อยกว่าความเข้มข้นเริ่มต้นของกรดนั้น → กรดทุกตัวที่ไม่ใช่กรดแก่	เบสอ่อน → เบสที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวไม่หมด มีภาวะสมดุลเกิดขึ้น → ความเข้มข้นของ OH^- ที่เกิดจากการแตกตัวของเบสอ่อนจึงน้อยกว่าความเข้มข้นเริ่มต้นของเบสนั้น → เบสทุกตัวที่ไม่ใช่เบสแก่ → มีค่าที่แสดงปริมาณการแตกตัว



การคำนวณการเตรียมสารละลายกรด - เบส

สูตรที่ใช้ในการคำนวณการเตรียมสารละลายกรด - เบส

$$1 \text{ mol} = \frac{g}{M_w} = \frac{N}{6.02 \cdot 10^{23}} = \frac{V \text{ (cm}^3\text{)}}{22.4} = \frac{C \cdot V}{1,000}$$

$$2 \text{ } C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$3 \text{ } C_{\text{รวม}} V_{\text{รวม}} = C_1 V_1 + C_2 V_2 + \dots + C_n V_n$$

$$4 \text{ } k_1 C_1 V_1 = k_2 C_2 V_2$$



ตัวอย่างที่ 8

มี NaOH 12 กรัม ละลายในน้ำ 2,000 cm³ จะมีความเข้มข้น NaOH และ OH⁻ เท่าใด

วิธีทำ $\text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+ + \text{OH}^-$; แยกตัว 100%

$$\frac{g}{M_w} = \frac{CV}{1,000}$$

$$\frac{12}{40} = \frac{C \times 2,000}{1,000}$$

$$C = \frac{12 \times 1,000}{40 \cdot 1,000} = 0.15 \text{ mol/l}$$

$$\square [\text{NaOH}] = [\text{OH}^-] = 0.15 \text{ mol/l}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 9

$\text{Sr}(\text{OH})_2$ เป็นเบสแก่เมื่อนำ $\text{Sr}(\text{OH})_2$ 61 กรัม มาละลายในน้ำ 200 cm³ สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้น OH⁻ ไอออนกี่โมลต่อลิตร

(Sr = 88 , O = 16 , H = 1)

วิธีทำ $\text{Sr}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Sr}^{2+} + 2\text{OH}^-$; แยกตัว 100%

$$\frac{g}{M_w} = \frac{CV}{2(1,000)}$$

$$\frac{61}{122} = \frac{C \cdot 2,000}{2(1,000)}$$

$$C = 2.5 \times 2 = 0.15 \text{ mol/l}$$

$\square$ สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้น OH⁻ ไอออนเท่ากับ 0.5 mol/dm³ **ตอบ**

$$\begin{aligned} \text{Sr}(\text{OH})_2 ; \\ M_w &= 88 + 2(16) + 2(1) \\ &= 122 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 10

มีสารละลาย HNO₃ เข้มข้น 0.2 mol/dm³ ปริมาตร 500 cm³ ถ้าเติมน้ำไปอีก 500 cm³ สารละลายใหม่ที่ได้จะมีความเข้มข้นของ H₃O⁺ กี่ mol/dm³

วิธีทำ $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$; แยกตัว 100%

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$0.2 \times 500 = C_2 (500 + 500)$$

$$C_2 = \frac{0.2 \cdot 500}{1,000} = 0.1 \text{ mol/dm}^3$$

$\square$ สารละลายใหม่ที่ได้จะมีความเข้มข้นของ H₃O⁺ เท่ากับ 0.1 mol/dm³ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 11

นำ Ca(OH)_2 7.4 กรัม ละลายน้ำ 200 cm^3 จะมีความเข้มข้น OH^- เท่าใด และถ้าเติม Ca(OH)_2 อีก 7.4 กรัม ความเข้มข้นของ Ca(OH)_2 จะเปลี่ยนไปที่ mol/dm^3

วิธีทำ หา $[\text{Ca(OH)}_2]$;



$$\frac{g}{M_w} = \frac{CV}{1,000}$$

$$\frac{7.4}{7.4} = \frac{C \cdot 2,000}{1,000}$$

$$C = \frac{7.4 \cdot 1,000}{7.4 \cdot 200} = 0.5 \text{ mol/dm}^3$$



จากสมการ ; $[\text{OH}^-] = 0.5 \times 2 = 1 \text{ mol/dm}^3$

$[\text{Ca(OH)}_2]$ ใหม่ $\rightarrow$ เติม 7.4 g

$$\square \quad 200 \text{ cm}^3 ; [\text{Ca(OH)}_2] = (7.4 + 7.4)/74 = 0.2 \text{ mol}$$

$$mo = \frac{CV}{1,000}$$

$$0.2 = \frac{C \cdot 200}{1,000}$$

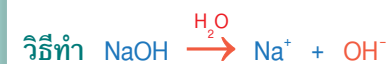
$$C = 1.0 \text{ mol/dm}^3$$

$$\square \quad \text{มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเท่ากับ } 1 - 0.5 = 0.5 \text{ mol/dm}^3 \quad \text{ตอบ}$$



ตัวอย่างที่ 12

นำสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.5 mol/dm^3 จำนวน 250 cm^3 ผสมกับ สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.2 mol/dm^3 ปริมาตร 250 cm^3 จงหาความเข้มข้นของ OH^- หลังจากผสมเรียบร้อยแล้ว



$$C_{\text{รวม}} V_{\text{รวม}} = C_1 V_1 + C_2 V_2$$

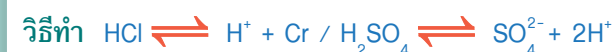
$$C_{\text{รวม}} V = \frac{(0.5 \cdot 250) + (0.5 \cdot 250)}{(250 + 250)} = 0.35 \text{ mol/dm}^3$$

$$C = 2.5 \times 2 = 0.15 \text{ mol/l}$$

$$\square \quad \text{ความเข้มข้นของ } \text{OH}^- \text{ หลังจากผสมเรียบร้อยแล้วเท่ากับ } 0.35 \text{ mol/dm}^3 \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 13

ผสมสารละลาย HCl เข้มข้น 1 โมล/ลิตร 200 cm^3 กับ สารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 0.5 โมล/ลิตร 600 cm^3 แล้วเติมน้ำลงไปอีก 200 cm^3 สารละลายใหม่ที่ได้จะมีความเข้มข้น H^+ ไอออนกี่โมลต่อลิตร



$$C_{\text{รวม}} V_{\text{รวม}} = C_1 V_1 + C_2 V_2$$

$$C_{\text{รวม}} (1000) = (1.0 \times 200) + ((0.5 \times 2) \times 600)$$

$$C_{\text{รวม}} = 0.80 \text{ mol/dm}^3$$

$$\square \quad \text{สารละลายใหม่ที่ได้จะมีความเข้มข้น } \text{H}^+ \text{ ไอออน เท่ากับ } 0.80 \text{ mol/dm}^3 \quad \text{ตอบ}$$

ค่าคงที่การแตกตัวของกรด-เบส

ปริมาณการแตกตัวของกรดอ่อน - เบสอ่อน พิจารณาได้จากการใช้ค่าคงที่สมดุลที่เรียกว่า ค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อน (weak acid dissociation constant, K_a) และค่าคงที่การแตกตัวของเบสอ่อน (weak base dissociation constant, K_b) โดยค่าคงที่นี้สามารถบอกความแรงของกรดหรือเบสได้



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



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

หลักในการพิจารณาความแรงของกรด-เบส จากค่า K_a และ K_b

- 1) กรดอ่อนที่มีค่า K_a สูงกว่าจะแตกตัวได้มากกว่า จะมีความแรงมากกว่ากรดอ่อนที่มีค่า K_a ต่ำกว่า
- 2) เบสอ่อนที่มีค่า K_b สูงกว่าจะแตกตัวได้มากกว่า จะมีความแรงมากกว่าเบสอ่อนที่มีค่า K_b ต่ำกว่า
- 3) กรดอ่อนต่างชนิดกันที่มีความเข้มข้นเท่ากัน กรดอ่อนที่มีร้อยละการแตกตัวสูงกว่า จะมีความแรงมากกว่า และกรณีเบสอ่อนเป็นในแนวเดียวกัน
- 4) กรดอ่อนต่างชนิดกันที่มีความเข้มข้นต่างกัน และมีร้อยละการแตกตัวเท่ากัน กรดอ่อนที่มีความเข้มข้นสูงกว่าจะมีความแรงมากกว่า และกรณีเบสอ่อนเป็นในแนวเดียวกัน

จำไว้นะ!

ถ้า K_a, K_b มาก $\rightarrow$ กรดอ่อนหรือเบสอ่อนนั้นมีความแรงมาก
ถ้า K_a, K_b น้อย $\rightarrow$ กรดอ่อนหรือเบสอ่อนนั้นมีความแรงน้อย

ตัวอย่างที่ 14

จงเขียนสมการค่าคงที่สมดุลของกรด-เบส



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



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



$$K_a = \frac{[H_2PO_4^-][H_3O^+]}{[H_3PO_4]}$$



$$K_a = \frac{[HPO_4^{2-}][H_3O^+]}{[HPO_4^{2-}]}$$

ความแรงของกรดเบส

เบสแก่ $\rightarrow$ เบสที่แตกตัวได้มากหรือ เบสที่แตกตัวให้ OH^- ได้ 100 % ได้แก่ เบสหมู่ IA ทุกตัว และเบสหมู่ ยกเว้น $Be(OH)_2$ IIA

กรดแก่ $\rightarrow$ กรดที่แตกตัวได้มากหรือ กรดที่แตกตัวได้ H^+ ได้ 100 % แบ่งออกเป็น

- กรด Hydro ได้แก่ HCl, HBr, HI
- กรด Oxy ได้แก่ $HNO_3, H_2SO_4, HClO_3, HClO_4$

Note:

กรด Oxy ที่แก่พิจารณาจากจำนวนออกซิเจน - จำนวน H^+ ที่แตกตัวได้ หากมากกว่า 2 ขึ้นไป จะเป็น กรดแก่

ข้อสังเกตเกี่ยวกับความแรงของกรด - เบส

1 กรด 2 ธาตุ

- ความแรงจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง เช่น $\text{HF} < \text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI}$
- ความแรงจะเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา เช่น $\text{CH}_4 < \text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O} < \text{HF}$

2 กรด 3 ธาตุ ชนิดเดียวกัน

ถ้าอะตอมกลางมีเลขออกซิเดชันมาก จะมีความแรงมาก หรือกรดที่มีอะตอมออกซิเจนมาก จะมีความแรงมากเช่น เช่น $\text{HClO} < \text{HClO}_2 < \text{HClO}_3 < \text{HClO}_4$

+1 +3 +5 +7

3 กรด 3 ธาตุ ที่อยู่หมู่เดียวกัน

อะตอมกลางมีเลขออกซิเดชันเท่ากัน ขนาดเล็กจะมี ความแรงมาก เช่น $\text{HNO}_3 > \text{H}_3\text{PO}_4 > \text{H}_3\text{AsO}_4$

4 เบสหมู่เดียวกัน

ความแรงจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง เช่น $\text{LiOH} < \text{NaOH} < \text{KOH} < \text{RbOH}$

5 เบสคาบเดียวกัน

ความแรงจะลดลงจากซ้ายไปขวา เช่น $\text{NaOH} > \text{Mg}(\text{OH})_2 > \text{Al}(\text{OH})_3$

* แต่ถ้าเลขออกซิเดชันของธาตุเท่ากัน
ความแรงของกรดจะลดลง เมื่อขนาด
ของอะตอมกลางใหญ่ขึ้น*



ตัวอย่างที่ 15

จำไว้นะ!

ตามคาบ - เล็กดี
ตามหมู่ - ใหญ่ดี

จงเรียงลำดับความแรงของความเป็นกรดต่อไปนี้

- | | |
|---|--|
| 1 $\text{HF}, \text{NH}_3, \text{H}_2\text{O}$ | $\text{HF} > \text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3$ |
| 2 $\text{HI}, \text{HF}, \text{HBr}, \text{HCl}$ | $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl} > \text{HF}$ |
| 3 $\text{HClO}, \text{HClO}_2, \text{HClO}_3, \text{HClO}_4$ | $\text{HClO}_4 > \text{HClO}_3 > \text{HClO}_2 > \text{HClO}$ |
| 3 $\text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{SeO}_4, \text{H}_2\text{TeO}_4$ | $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_2\text{SeO}_4 > \text{H}_2\text{TeO}_4$ |
| 5 $\text{NaOH}, \text{KOH}, \text{LiOH}$ | $\text{LiOH} < \text{NaOH} < \text{KOH}$ |
| 6 $\text{HClO}_4, \text{HBrO}_4, \text{HIO}_4$ | $\text{HClO}_4 < \text{HBrO}_4 < \text{HIO}_4$ |
| 7 $\text{H}_3\text{PO}_4, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{HClO}_4, \text{H}_2\text{SiO}_4$ | $\text{HClO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_2\text{SiO}_4 > \text{H}_3\text{PO}_4$ |
| 6 $\text{HCOOH}, \text{CH}_3\text{COOH}$ | $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{HCOOH}$ |
| 9 $\text{CH}_3\text{COO}^-, \text{HCOO}^-$ | $\text{HCOO}^- > \text{CH}_3\text{COO}^-$ |
| 10 $\text{H}_2\text{PO}_4^-, \text{SO}_4^{2-}$ | $\text{HSO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ |

การเปรียบเทียบความแรงของกรด สามารถพิจารณาได้จากค่า K_a
กรดที่มีค่า K_a มาก จะแตกตัวให้ H^+ ได้มาก จะมีความเป็นกรดสูงกว่าที่มีค่า K_a น้อย
สิ่งที่ควรรู้

- 1 $K_{a1} > K_{a2} > K_{a3}$ เสมอ
- 2 เมื่อเปรียบเทียบความเป็นกรด : $\text{H}_3\text{PO}_4 > \text{H}_2\text{PO}_4^- > \text{HPO}_4^{2-}$
- 3 เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารต่างๆ ที่สมดุล
 $\text{H}_3\text{PO}_4 > \text{H}^+ > \text{H}_2\text{PO}_4^- > \text{HPO}_4^{2-} > \text{PO}_4^{3-}$

