



หนังสือเรียน

# รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

## เคมี

ชั้น

## มัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

พิมพ์ครั้งที่ ๑

ISBN 978-616-362-807-7

จำนวน ๑๕๐,๐๐๐ เล่ม พ.ศ. ๒๕๖๒

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ ๑๐๓๓๐

[www.chulabook.com](http://www.chulabook.com)

ฝ่ายขายติดต่อ แผนกขายส่ง โทร. ๐-๒๓๗๔-๑๓๗๕-๖ โทรสาร ๐-๒๓๗๔-๑๓๗๔

พิมพ์ที่

สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทร. ๐-๒๒๑๘-๓๕๕๑ โทรสาร ๐-๒๒๑๘-๓๕๕๐

[www.cuprint.chula.ac.th](http://www.cuprint.chula.ac.th)

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ



ประกาศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน  
เรื่อง อนุญาตให้ใช้สื่อการเรียนรู้ในสถานศึกษา

ด้วยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔ ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้พิจารณาแล้วอนุญาตให้ใช้ในสถานศึกษาได้

ประกาศ ณ วันที่ ๒๘ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๒

(นายบุญรักษ์ ยอดเพชร)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

# คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีอำนาจหน้าที่ในการพัฒนาหลักสูตรวิธีการเรียนรู้ การประเมินผล การจัดทำหนังสือเรียน แบบฝึกหัด และสื่อการเรียนรู้ทุกประเภทที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔ นี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จัดทำขึ้นตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ เพื่อให้สถานศึกษาพิจารณาเทียบเคียงกับหลักสูตรของสถานศึกษา และพิจารณาเลือกใช้หนังสือนี้ประกอบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษาของตนได้ตามความเหมาะสม

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนบุคคลและหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้



(นายบุญรักษ์ ยอดเพชร)

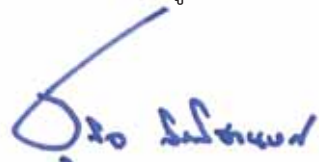
เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

# คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔ นี้ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมเนื้อหาบางส่วนที่ปรากฏตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์กายภาพ เล่ม ๑ โดยเมื่อผู้เรียนเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม ๑ - เล่ม ๖ ครบทุกชั้นปี ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ - ๖ แล้วจะสามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์กายภาพ เล่ม ๑ ได้และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อยอดเนื้อหาจากรายวิชาพื้นฐานไปสู่เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียนซ้ำซ้อน ทั้งนี้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม ๔ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นที่ต้องเรียนประกอบด้วยเรื่องกรด-เบส และเคมีไฟฟ้า ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ หรือประกอบอาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม วัสดุศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ รวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเอง มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบัน และสถานศึกษา ทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม ๔ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

## ข้อแนะนำทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญและเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้ รวมทั้งยังมีสื่อที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสามารถเชื่อมต่อไปยังหน้าเว็บไซต์รายการสื่อได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน จะช่วยให้ผู้เรียนใช้หนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน มีดังนี้

### คำถามสำคัญ



คำถามประจำบทที่นักเรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งนักเรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว

### จุดประสงค์การเรียนรู้



เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งนักเรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ

### ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน



ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งนักเรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหา นั้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท

### ชวนคิด



คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา

### ตรวจสอบความเข้าใจ



คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง

### แบบฝึกหัด



คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยเสริมให้เกิดทักษะและความรู้ในบทเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ตรวจสอบความเข้าใจของเนื้อหาและฝึกฝนตนเองให้มีทักษะที่จำเป็นตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้

## ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

### กิจกรรม



การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

### ตัวอย่าง



การแสดงแนวทางการตอบคำถามหรือการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งนักเรียนสามารถศึกษาเพื่อเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น

### ความรู้เพิ่มเติม



ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล

### รู้หรือไม่



ความรู้ที่เชื่อมโยงให้เห็นความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียนกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

### ศัพท์น่ารู้



ความหมายของคำศัพท์ต่าง ๆ ที่เพิ่มเติม และสอดคล้องกับเนื้อหาภายในบทเรียน

### สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน



การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียน เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด

### แบบฝึกหัดท้ายบท



คำถามท้ายบทเรียนสำหรับให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ซึ่งนักเรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้

# 10

## pH

### กรด-เบส

<b>บทที่ 10</b>	กรด-เบส	1
10.1	ทฤษฎีกรด-เบส	4
10.2	คู่กรด-เบส	9
10.3	การแตกตัวของกรด เบส และน้ำ	14
10.4	สมบัติกรด-เบสของเกลือ	30
10.5	pH ของสารละลายกรดและเบส	33
10.6	ปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดและเบส	49
10.7	การไทเทรตกรด-เบส	51
10.8	สารละลายบัฟเฟอร์	64
10.9	การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส	70
	แบบฝึกหัดท้ายบท	75

# 11



### เคมีไฟฟ้า

<b>บทที่ 11</b>	เคมีไฟฟ้า	79
11.1	เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์	83
11.2	การดุลสมการรีดอกซ์	94
11.3	เซลล์เคมีไฟฟ้า	107
11.4	ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า	128
11.5	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้า	149
	แบบฝึกหัดท้ายบท	153

## สารบัญ

---

### ภาคผนวก

คำศัพท์ในหนังสือเรียน เคมี เล่ม 4	156
ชื่อธาตุ	158
บรรณานุกรม	161
ที่มาของรูป	162
คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียน	163

---



บทที่



ipst.me/8878

## 10

| กรด-เบส



พืชหรือดอกไม้บางชนิด เช่น ดอกอัญชัน มีสารสีที่สามารถเปลี่ยนสีได้เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีสมบัติกรด-เบส หรือสารละลายที่มี pH ต่างกัน สารสกัดจากพืชหรือดอกไม้บางชนิด จึงใช้เป็นอินดิเคเตอร์บ่งบอก pH ของสารละลายได้



### คำถามสำคัญ

1. การระบุว่าเป็นกรดหรือเบสพิจารณาได้อย่างไร
2. ความสามารถในการแตกตัวของกรดและเบสแต่ละชนิดแตกต่างกันหรือไม่
3. ค่า pH สัมพันธ์กับความเป็นกรด-เบสของสารละลายอย่างไร
4. ปฏิกริยาเคมีระหว่างกรดและเบสให้เกลือที่มีสมบัติเป็นอย่างไร
5. การไทเทรตกรด-เบสมีวิธีการอย่างไร และนำไปใช้ประโยชน์ใดได้บ้าง
6. สารละลายบัฟเฟอร์คืออะไร ทำหน้าที่ควบคุม pH ได้อย่างไร
7. ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบสสามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างไร



### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส
2. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี
3. บอกความหมายและระบุว่าเป็นกรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อน และเบสอ่อน
4. คำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออน ร้อยละการแตกตัว และค่าคงที่การแตกตัวของกรดและเบส
5. เปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส
6. อธิบายการเกิดไฮโดรลิซิสของเกลือและเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ
7. ระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ
8. คำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน หรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส
9. คำนวณค่า pH ของสารละลายกรดและเบส
10. บอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายจากช่วง pH ของอินดิเคเตอร์
11. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน
12. ระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน

13. ทดลองและอธิบายหลักการการไทเทรต
14. เลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส
15. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต
16. อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์
17. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส



### ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

1. ดุลสมการเคมีต่อไปนี้
  - 1.1  $\text{CaO(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \longrightarrow \text{Ca(OH)}_2\text{(aq)}$
  - 1.2  $\text{SO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(l)} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3\text{(aq)}$
  - 1.3  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{(aq)} + \text{NaOH(aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4\text{(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
  - 1.4  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{(s)} + \text{CH}_3\text{COOH(aq)} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)} + \text{CO}_2\text{(g)}$
2. ใส่เครื่องหมาย  หน้าข้อความที่ถูกต้อง และเครื่องหมาย  หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง
  - ..... 2.1 สารละลายที่มี pH 3.5 เป็นสารละลายกรด
  - ..... 2.2 เมื่อนำน้ำทะเลไปทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสพบว่าเปลี่ยนจากสีแดงเป็นน้ำเงิน แสดงว่าน้ำทะเลเป็นเบส
  - ..... 2.3 สารละลาย NaCl มีสมบัติเป็นกลางและมี pH 7
  - ..... 2.4  $\text{MgSO}_4$  เมื่อละลายน้ำแตกตัวได้  $\text{Mg}^{2+}$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$
  - ..... 2.5  $\text{CaCl}_2$  1 โมล เมื่อละลายน้ำ แตกตัวให้  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Cl}^-$  อย่างละ 1 โมล
  - ..... 2.6  $\text{HCl}$  1.0 mol/L ปริมาตร 150 mL มี  $\text{HCl}$  1.50 mol
3. พิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้
 
$$\text{HF(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{F}^-\text{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+\text{(aq)} \quad \text{กำหนดให้ } K = 6.4 \times 10^{-4}$$
  - 3.1 เขียนค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาในรูปอัตราส่วนความเข้มข้นของสาร
  - 3.2 ถ้าที่สมดุลมีความเข้มข้นของ  $\text{HF}$  0.10 mol/L และความเข้มข้นของ  $\text{H}_3\text{O}^+$  เท่ากับ  $\text{F}^-$  จงคำนวณความเข้มข้นของ  $\text{H}_3\text{O}^+$

สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดอาจมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส เช่น ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว น้ำส้มสายชู และน้ำอัดลมเป็นกรด ส่วนสบู่ ยาลดกรด และปุ๋ยยูเรียเป็นเบส สารเหล่านี้มีสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกันดังจะได้ศึกษาต่อไปในบทเรียนนี้

สารละลายกรดนำไฟฟ้า มีรสเปรี้ยว มีฤทธิ์กัดกร่อน ทำปฏิกิริยากับโลหะบางชนิดให้เกิดไฮโดรเจน เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง และมี pH น้อยกว่า 7 กรดแบ่งเป็น 2 ประเภทตามธาตุองค์ประกอบ คือ

1. กรดทวิภาค (binary acids) เป็นกรดที่ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนกับธาตุโลหะอีกชนิดหนึ่ง ชื่อกรดส่วนใหญ่ขึ้นต้นด้วยคำว่า “ไฮโดร-” เช่น กรดไฮโดรฟลูออริก (HF) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กรดไฮโดรซัลฟิวริก ( $H_2S$ )

2. กรดออกซี (oxyacids) เป็นกรดที่ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน ออกซิเจน และธาตุโลหะ เช่น กรดแอสติก ( $CH_3COOH$ ) กรดคาร์บอนิก ( $H_2CO_3$ ) กรดฟอสฟอริก ( $H_3PO_4$ )

สารละลายเบสนำไฟฟ้า มีรสฝาด มีฤทธิ์กัดกร่อน รู้สึกลื่นมือเมื่อสัมผัส เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน และมี pH มากกว่า 7 เบสที่พบได้บ่อยและควรรู้จัก เช่น แอมโมเนีย ( $NH_3$ ) โซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปูนขาวหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ( $Ca(OH)_2$ ) โซดาซักผ้าหรือโซเดียมคาร์บอเนต ( $Na_2CO_3$ ) เบกกิ้งโซดาหรือหรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ( $NaHCO_3$ )

นอกจากสมบัติข้างต้นแล้ว การระบุว่าสารเป็นกรดหรือเบสพิจารณาได้อย่างไร

## 10.1 ทฤษฎีกรด-เบส

### 10.1.1 ทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส

ในปี พ.ศ. 2430 อาร์เรเนียส, สวันเต เอกุสต์ (Arrhenius, Svante August) ได้ศึกษาสมบัติและสูตรเคมีของสารที่แสดงสมบัติกรดและเบส และตั้งเป็นทฤษฎีที่มีชื่อว่า **ทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส (Arrhenius theory)** ซึ่งกำหนดว่า กรดคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) เบสคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน ( $OH^-$ ) เขียนสมการเคมีได้ดังนี้

กรด	เบส
สมการทั่วไป $HA \longrightarrow H^+ + A^-$	สมการทั่วไป $BOH \longrightarrow B^+ + OH^-$
ตัวอย่าง $HCl(aq) \longrightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$ $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$	ตัวอย่าง $NaOH(s) \longrightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$ $Ca(OH)_2(s) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$

ไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) ไม่ได้อยู่เป็นอิสระในน้ำ แต่จะรวมตัวกับน้ำเกิดเป็นไฮโดรเนียมไอออน ( $H_3O^+$ ) การแตกตัวเป็นไอออนของกรดในน้ำจึงสามารถเขียนสมการเคมีได้ดังนี้



ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า กรดตามทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียสคือสารที่เมื่อละลายน้ำจะเพิ่มความเข้มข้นของ  $H_3O^+$  ส่วนเบสคือสารที่เมื่อละลายน้ำจะเพิ่มความเข้มข้นของ  $OH^-$



ศัพท์น่ารู้

**โปรตอน (proton)** เป็นชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งของไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) ที่อยู่ในน้ำหรือสารละลาย

**ไฮดรอกโซเนียมไอออน (hydroxonium ion)** เป็นชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งของไฮโดรเนียมไอออน ( $H_3O^+$ )



### ตรวจสอบความเข้าใจ

จงเติมข้อมูลในช่องว่างให้สมบูรณ์

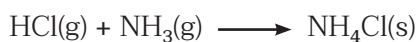
สมการเคมี	กรด/เบส
$\text{HClO}_4(\text{aq}) \longrightarrow \dots\dots\dots (\text{aq}) + \dots\dots\dots (\text{aq})$	กรด
$\text{LiOH}(\text{aq}) \longrightarrow \dots\dots\dots (\text{aq}) + \dots\dots\dots (\text{aq})$	เบส
$\dots\dots\dots (\text{aq}) + \dots\dots\dots (\text{l}) \longrightarrow \text{HSO}_4^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	
$\dots\dots\dots (\text{aq}) \longrightarrow \text{Sr}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	
$\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \dots\dots\dots (\text{aq}) + \dots\dots\dots (\text{aq})$	

เนื่องจากทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียสกำหนดว่า สารที่เป็นกรดหรือเบสต้องเป็นสารที่ละลายในน้ำเท่านั้น ดังนั้นสารที่ไม่ละลายน้ำหรือปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ได้เกิดขึ้นในน้ำ จะไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นกรดหรือเบสตามทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส จึงเกิดทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี ซึ่งให้นิยามกรดและเบสที่กว้างขึ้นและไม่จำเป็นต้องมีน้ำเป็นตัวทำละลาย

#### 10.1.2 ทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี

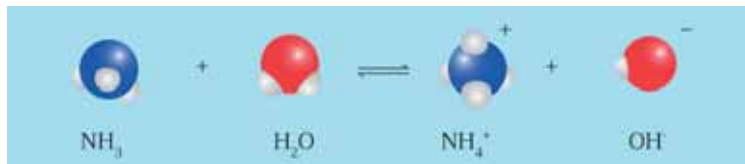
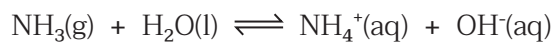
ในปี พ.ศ. 2466 เบรินสเตด, โยฮันเนส นีโคเลาส์ (Brønsted, Johannes Nicolaus) และ ลาวรี, ทอมัส มาร์ติน (Lowry, Thomas Martin) ได้เสนอ **ทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี** (Brønsted – Lowry theory) โดยให้นิยามว่า กรดคือสารที่ให้โปรตอน และเบสคือสารที่รับโปรตอน ทฤษฎีนี้พิจารณาคาความเป็นกรดและเบสของสารจากการถ่ายโอนโปรตอน เช่น

ปฏิกิริยาของแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์กับแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ได้เกิดขึ้นในน้ำสามารถเขียนสมการเคมีได้ดังนี้



ในปฏิกิริยานี้ HCl ให้โปรตอนกับ  $\text{NH}_3$  เกิดเป็น  $\text{Cl}^-$  และ  $\text{NH}_4^+$  ซึ่งยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิกเกิดเป็น  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ดังนั้น HCl เป็นกรด และ  $\text{NH}_3$  เป็นเบสตามทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี

นอกจากนี้ทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรียังสามารถใช้พิจารณาความเป็นกรด-เบสของสารที่เกิดปฏิกิริยาในน้ำได้ด้วย เช่น

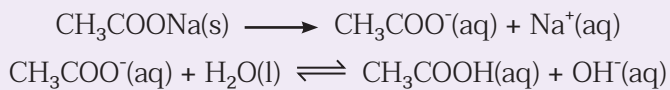


จากปฏิกิริยาข้างต้นแสดงว่า HCl เป็นกรด เพราะให้โปรตอนกับ  $\text{H}_2\text{O}$  ส่วน  $\text{NH}_3$  เป็นเบส เพราะรับโปรตอนจาก  $\text{H}_2\text{O}$



### ตรวจสอบความเข้าใจ

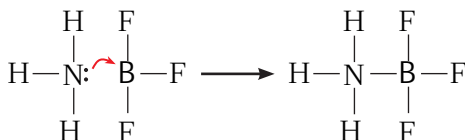
พิจารณาปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้



ตามทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี สารละลายโซเดียมแอสีเตต ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) มีสมบัติเป็นกรดหรือเบส เพราะเหตุใด

### 10.1.3 ทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส

ในปี พ.ศ. 2466 ลิวอิส, กิลเบิร์ต นิวตัน (Lewis, Gilbert Newton) ได้เสนอทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส (Lewis theory) โดยให้นิยามว่า กรดคือสารที่รับคู่อิเล็กตรอน และเบสคือสารที่ให้คู่อิเล็กตรอน ทฤษฎีนี้พิจารณาความเป็นกรดและเบสของสารจากการให้และรับคู่อิเล็กตรอนในปฏิกิริยาที่เกิดพันธะเคมีขึ้นใหม่ เช่น ปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) กับโบรอนไตรฟลูออไรด์ ( $\text{BF}_3$ )



กิ  
ฮ

ศัพท์น่ารู้

**กรดลิวอิส** (Lewis acid) คือสารที่รับคู่อิเล็กตรอน

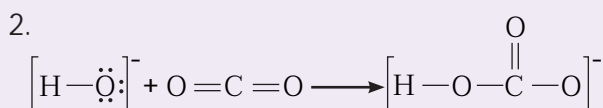
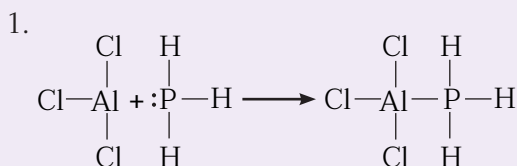
**เบสลิวอิส** (Lewis base) คือสารที่ให้คู่อิเล็กตรอน

ในปฏิกิริยานี้  $\text{NH}_3$  ให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในการเกิดพันธะเคมีร่วมกับ  $\text{BF}_3$  จึงถือว่า  $\text{NH}_3$  ให้อิเล็กตรอน ดังนั้น  $\text{NH}_3$  จึงเป็นเบส ส่วน  $\text{BF}_3$  รับคู่อิเล็กตรอนจึงเป็นกรดตามทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส



#### ตรวจสอบความเข้าใจ

พิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้ พร้อมระบุว่าสารใดเป็นกรดและสารใดเป็นเบสตามทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส



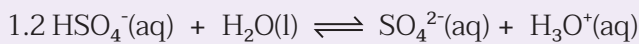
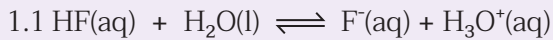




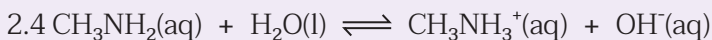
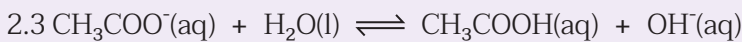
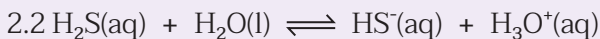
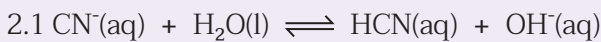
## แบบฝึกหัด 10.1

พิจารณาปฏิกิริยาไปข้างหน้าและตอบคำถามต่อไปนี้

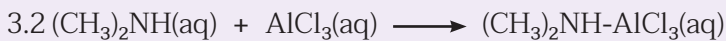
1. สารตั้งต้นใดเป็นกรดตามทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส



2. สารตั้งต้นใดเป็นเบสตามทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี

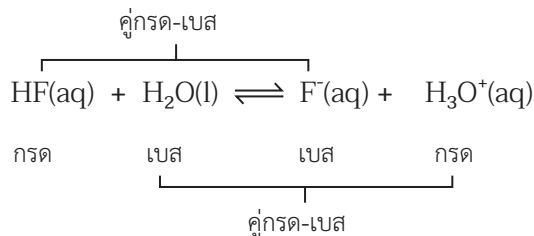


3. สารตั้งต้นใดเป็นกรดตามทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส

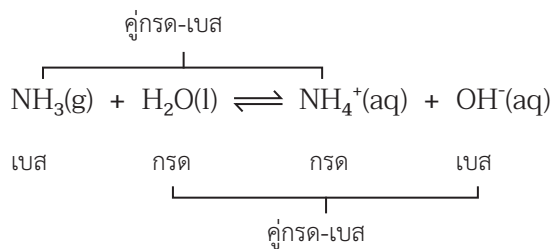
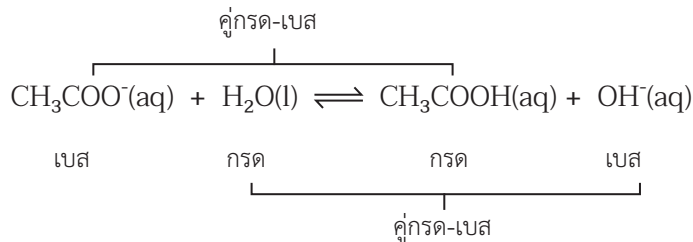


## 10.2 คู่กรด-เบส

ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี เมื่อสารทำปฏิกิริยากันจะมีการถ่ายโอนโปรตอนให้กัน สารตั้งต้นชนิดหนึ่งทำหน้าที่เป็นกรด อีกชนิดหนึ่งทำหน้าที่เป็นเบสเกิดผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นโมเลกุลหรือไอออนที่เป็นคู่กรด-เบส (conjugate acid-base pairs) ของสารตั้งต้นนั้น การระบุคู่กรด-เบสของสารที่ทำปฏิกิริยากันพิจารณาได้จากตัวอย่างปฏิกิริยาของกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) ในน้ำ ดังนี้



ในปฏิกิริยาไปข้างหน้า  $\text{HF}$  เป็นกรดเพราะให้โปรตอนกับน้ำ เกิดเป็น  $\text{F}^-$  โดยจะเรียก  $\text{F}^-$  ว่าเป็นคู่เบสของกรด  $\text{HF}$  ส่วนปฏิกิริยาย้อนกลับ  $\text{F}^-$  เป็นเบส เพราะรับโปรตอนจาก  $\text{H}_3\text{O}^+$  เกิดเป็น  $\text{HF}$  โดยเรียก  $\text{HF}$  ว่าเป็นคู่กรดของเบส  $\text{F}^-$  ดังนั้น  $\text{HF}$  กับ  $\text{F}^-$  จึงเป็นคู่กรด-เบสกัน สำหรับคู่กรด-เบสของ  $\text{H}_2\text{O}$  กับ  $\text{H}_3\text{O}^+$  ก็สามารถอธิบายได้ในทำนองเดียวกัน ตัวอย่างการระบุคู่กรด-เบสของสารในปฏิกิริยาเคมีอื่น ๆ ดังแสดง



### ตรวจสอบความเข้าใจ

ระบุคู่กรด-เบสของสารในปฏิกิริยาต่อไปนี้

- $\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$
- $\text{NH}_2^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- $\text{HCOOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCOO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
- $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{NH}_3^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$

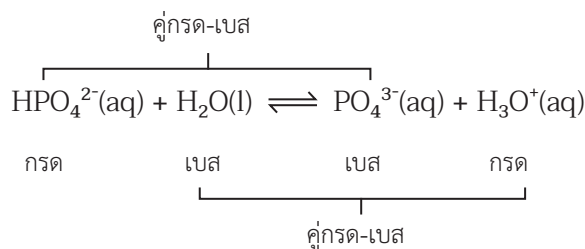
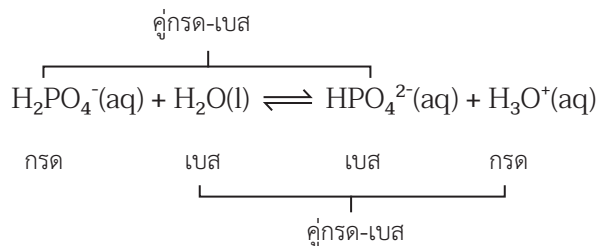
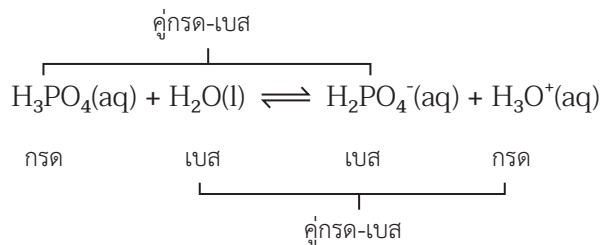
ก  
ฮ

### ศัพท์น่ารู้

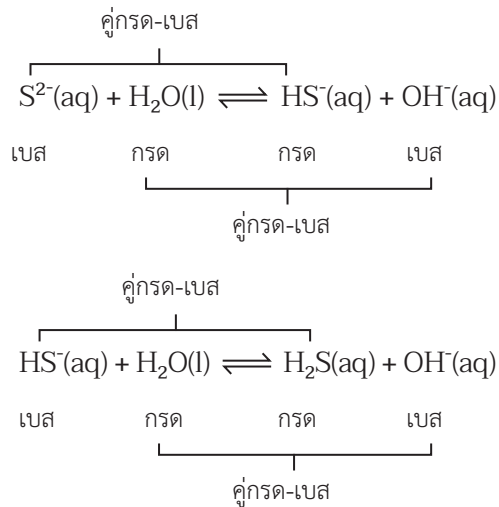
**กรดมอนอโปรติก (monoprotic acid)** คือกรดที่แตกตัวให้ 1 โปรตอนต่อ 1 โมเลกุล เช่น HF HCOOH

**กรดพอลิโปรติก (polyprotic acid)** คือกรดที่แตกตัวให้โปรตอนมากกว่า 1 โปรตอนต่อ 1 โมเลกุล เช่น H<sub>2</sub>S H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

สารบางชนิดสามารถให้หรือรับโปรตอนได้มากกว่า 1 โปรตอนต่อ 1 โมเลกุล ในแต่ละขั้นของปฏิกิริยาการแตกตัวจะมีคู่กรด-เบสเกิดขึ้น เช่น กรดฟอสฟอริก (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) แตกตัวในน้ำให้ 3 โปรตอน การระบุคู่กรด-เบสในแต่ละขั้น แสดงดังสมการเคมี



ซัลไฟด์ไอออน ( $S^{2-}$ ) รับโปรตอนจากน้ำได้ 2 โปรตอน การระบุคู่กรด-เบสในแต่ละขั้น แสดงดังสมการเคมี



จากปฏิกิริยาที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าสารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีโปรตอนต่างกัน 1 โปรตอน โดยคู่กรดมีโปรตอนมากกว่าเบส 1 โปรตอน และคู่เบสมีโปรตอนน้อยกว่ากรด 1 โปรตอน



### ตรวจสอบความเข้าใจ

จากตัวอย่างปฏิกิริยาการแตกตัวของ  $H_3PO_4$  และ  $S^{2-}$  ในน้ำ จงระบุคู่กรดและคู่เบสของสารต่อไปนี้

คู่กรด	สาร	คู่เบส
-	$H_3PO_4$	
	$H_2PO_4^-$	
-	$H_2S$	
	$HS^-$	

จากปฏิกิริยาเคมีของ  $\text{H}_3\text{PO}_4$  และ  $\text{S}^{2-}$  ในน้ำ จะเห็นว่าสารบางชนิด เช่น  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$   $\text{HS}^-$  สามารถเป็นได้ทั้งกรดและเบสขึ้นอยู่กับปฏิกิริยา เรียกสารประเภทนี้ว่า สารแอมโฟเทอริก (amphoteric substances) ซึ่งสารแอมโฟเทอริกมีทั้งคู่กรดและคู่เบส



### ชวนคิด

จากตัวอย่างปฏิกิริยาการแตกตัวของ  $\text{H}_3\text{PO}_4$  และ  $\text{S}^{2-}$  ในน้ำ นอกจาก  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  และ  $\text{HS}^-$  แล้วยังมีสารใดที่เป็นสารแอมโฟเทอริก

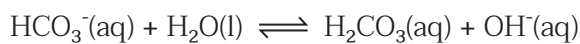


### ตัวอย่าง 1

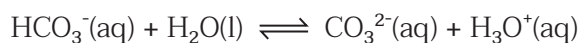
เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาของไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน ( $\text{HCO}_3^-$ ) ในน้ำ เพื่อแสดงว่า  $\text{HCO}_3^-$  เป็นสารแอมโฟเทอริก พร้อมทั้งระบุคู่กรดและคู่เบสของ  $\text{HCO}_3^-$

วิธีทำ

คู่กรดของ  $\text{HCO}_3^-$  คือ  $\text{H}_2\text{CO}_3$  สมการเคมีของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



ส่วนคู่เบสของ  $\text{HCO}_3^-$  คือ  $\text{CO}_3^{2-}$  สมการเคมีของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



### แบบฝึกหัด 10.2

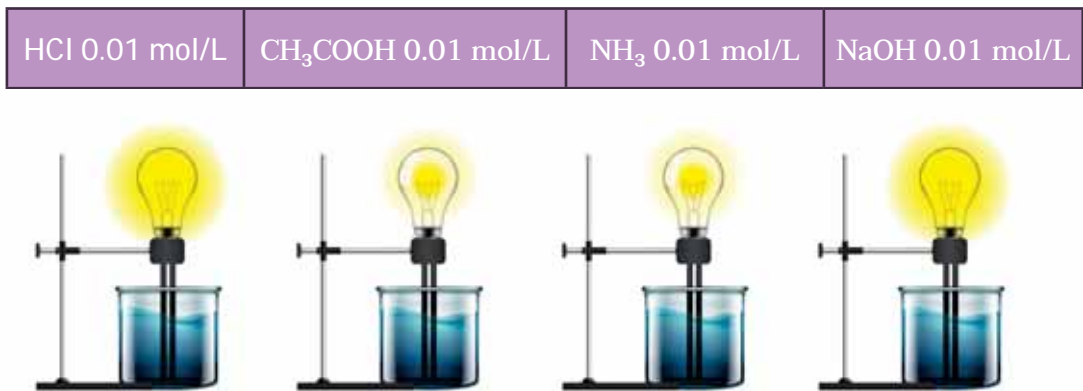
1. เขียนสมการเคมีและแผนภาพแสดงคู่กรด-เบสของสารต่อไปนี้ในน้ำ
  - 1.1 แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ )
  - 1.2 กรดแอสซิติค ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
2. เขียนคู่เบสของสารต่อไปนี้
 

2.1 $\text{H}_2\text{SO}_3$	2.2 $\text{HC}_2\text{O}_4^-$
2.3 $\text{NH}_4^+$	2.4 $\text{H}_2\text{O}$

3. จงเขียนคู่กรดของสารต่อไปนี้
  - 3.1  $\text{SO}_3^{2-}$
  - 3.2  $\text{NH}_3$
  - 3.3  $\text{H}_2\text{O}$
  - 3.4  $\text{CN}^-$
4. เขียนสมการเคมีแสดงการแตกตัวของน้ำ เพื่อแสดงว่าน้ำเป็นสารแอมโฟเทอริก พร้อมทั้งระบุคู่กรดและคู่เบส

### 10.3 การแตกตัวของกรด เบส และน้ำ

จากที่ทราบแล้วว่ากรดและเบสส่วนใหญ่แตกตัวได้ในน้ำ ให้ผลิตภัณฑ์เป็นไอออนจึงทำให้สารละลายนำไฟฟ้าได้ ซึ่งกรดและเบสแต่ละชนิดแตกตัวเป็นไอออนได้ไม่เท่ากัน สำหรับสารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากัน กรดหรือเบสที่แตกตัวได้ดีกว่าจะนำไฟฟ้าได้ดีกว่า โดยอาจสังเกตจากความสว่างของหลอดไฟ ดังรูป



รูป 10.1 การนำไฟฟ้าของสารละลายบางชนิดที่มีความเข้มข้นเท่ากัน

จากรูป 10.1 สังเกตว่าในสารละลายกรด  $\text{HCl}$  นำไฟฟ้าได้ดีกว่า แสดงว่าแตกตัวได้ดีกว่า  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ในทำนองเดียวกันในสารละลายเบส  $\text{NaOH}$  ก็แตกตัวได้ดีกว่า  $\text{NH}_3$  นอกจากความสามารถในการนำไฟฟ้าแล้ว ยังอาจใช้ค่า  $\text{pH}$  ในการเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวของกรดและเบสในสารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากันได้ โดยกรดที่แตกตัวได้ดีกว่าจะมี  $\text{pH}$  ต่ำกว่า และเบสที่แตกตัวได้ดีกว่าจะมี  $\text{pH}$  สูงกว่า

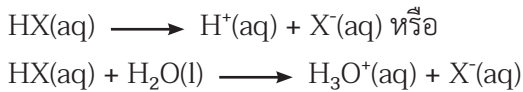


## ตรวจสอบความเข้าใจ

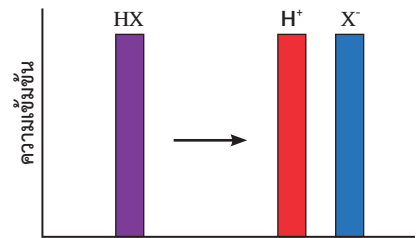
เรียงลำดับสารละลายในรูป 10.1 ที่มีค่า pH จากน้อยไปหามาก

## 10.3.1 การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่

กรดแก่สามารถแตกตัวเป็นไอออนในน้ำได้มากจนถือว่าสมบูรณ์ เช่น กรดแก่ HX เมื่อแตกตัวเป็นไอออน ในสารละลายจะมี  $H^+$  และ  $X^-$  โดยไม่มี HX เหลืออยู่ ดังรูป 10.2 ซึ่งสามารถเขียนสมการเคมีในรูปทั่วไปได้ดังนี้



ตัวอย่างการแตกตัวเป็นไอออนของกรดแก่ เช่น สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 1.0 mol/L แตกตัวให้คลอไรด์ไอออน ( $Cl^-$ ) 1.0 mol/L ไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) 1.0 mol/L ดังนี้



รูป 10.2 ความเข้มข้นของสารจากการแตกตัวของกรดแก่ HX

ความเข้มข้น (mol/L)	HCl(aq) $\longrightarrow$	$H^+(aq)$	+	$Cl^-(aq)$
เริ่มต้น	1.0	0.0		0.0
สุดท้าย	0.0	1.0		1.0

เบสแก่ (BOH) สามารถแตกตัวเป็นไอออนในน้ำได้มากจนถือว่าสมบูรณ์เช่นเดียวกับกรดแก่ ในสารละลายจะมี  $B^+$  และ  $OH^-$  โดยไม่มี BOH เหลืออยู่ ซึ่งสามารถเขียนสมการเคมีในรูปทั่วไปได้ดังนี้

