

คู่มือนักเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

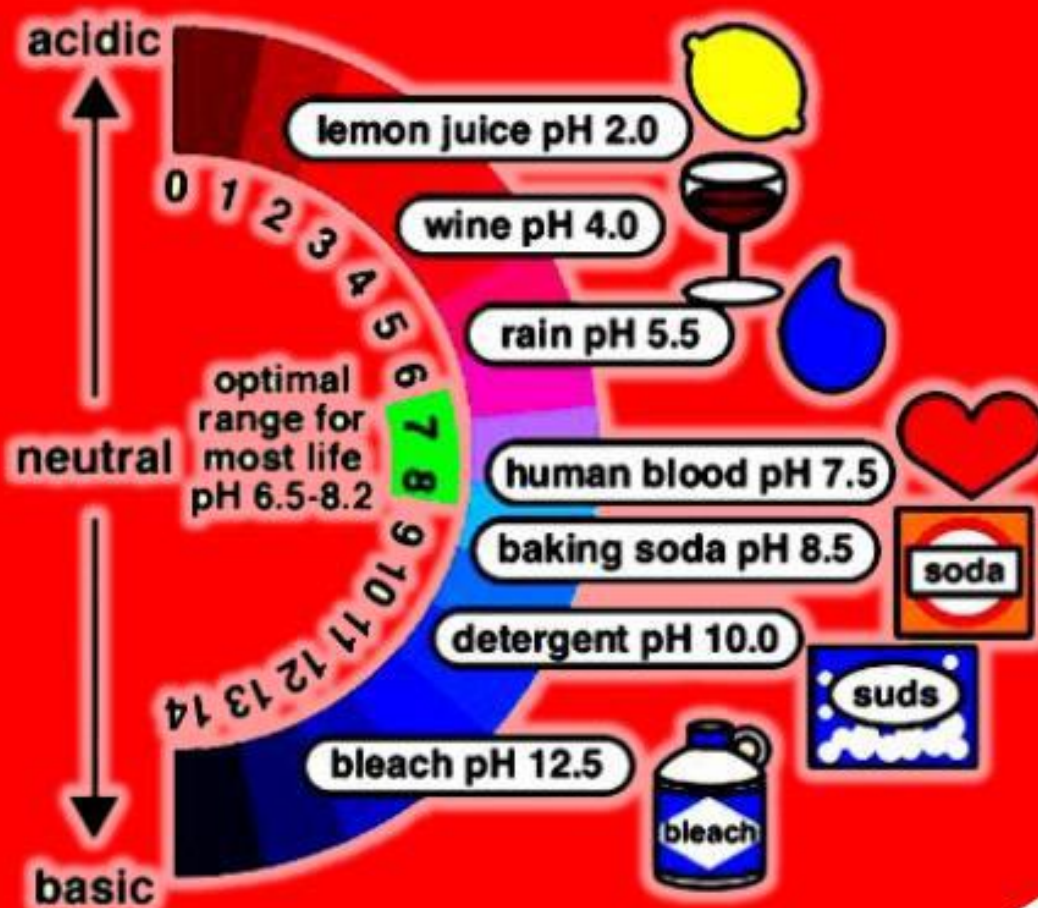
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

เล่มที่ 1

วิชาเคมี 4 รหัสวิชา ว32224 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง กรด-เบส (ACID-BASE)

ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส



มะลิวัลย์ ไชยโย

โรงเรียนเชียงกลาง“ประชาพัฒนา”
อำเภอเชียงกลาง จังหวัดน่าน
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 37



คำนำ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอน วิชาเคมี 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สารที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.1 สารเพิ่มเติม สารเคมี เรื่อง กรด-เบส โดยการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในการสืบค้นข้อมูลฝึกการคิดวิเคราะห์ เหมาะสมกับวัยและความสามารถของนักเรียน สามารถใช้ในการซ่อมเสริมให้กับนักเรียนกรณีที่นักเรียนขาดเรียนหรือเรียนช้า และนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส ใช้เวลาศึกษา 2 ชั่วโมง ประกอบด้วยเนื้อหา

- ความหมายของกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส

- ความหมายคู่กรด-เบส

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบสนี้ จะเป็นประโยชน์สูงสุดในการศึกษา เพื่อให้กิจกรรมการเรียนการสอนบรรลุจุดมุ่งหมาย ด้านความรู้ ด้านทักษะ/กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์/จิตวิทยาศาสตร์และสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

มะลิวัลย์ ไชโย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ.....	ก
สารบัญ.....	ข
คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับนักเรียน.....	1
มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้.....	3
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	5
แบบทดสอบก่อนเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส.....	6
กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและ คู่กรด-เบส.....	8
ใบความรู้ที่ 1.1 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส.....	9
ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส.....	14
ใบความรู้ที่ 1.2 เรื่อง คู่กรด-เบส.....	17
ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง คู่กรด-เบส.....	19
ใบกิจกรรมที่ 1.3 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส.....	21
ใบกิจกรรมที่ 1.4 เรื่อง สรุปความรู้โดยใช้แผนผังความคิด.....	23
แบบทดสอบหลังเรียน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส.....	25
กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและ คู่กรด-เบส.....	27
บรรณานุกรม.....	28



คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนจะได้ศึกษาต่อไปนี้ เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส มุ่งเน้นให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส โดยฝึกการใช้คำถามและทักษะการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้นักเรียนได้คิด และลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามที่กำหนดให้ด้วยตนเอง การใช้เอกสารนี้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด นักเรียนควรปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับดังนี้

1. นักเรียนอ่านคำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และปฏิบัติตามอย่างตั้งใจ
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส จำนวน 10 ข้อ
3. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน โดยละความสามารถนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน เพื่อให้นักเรียนได้ช่วยเหลือกันและแลกเปลี่ยนประสบการณ์กันภายในกลุ่ม ให้ทุกกลุ่มเลือก ประธาน เลขานุการ และแบ่งหน้าที่ในกลุ่มของนักเรียนอาจเป็นดังนี้
 - คนที่ 1 อ่านขั้นตอนการทำกิจกรรมและอธิบายรายละเอียดให้เพื่อนรับทราบ
 - คนที่ 2 จัดเตรียมอุปกรณ์และเก็บอุปกรณ์และเป็นผู้ดำเนินการทำกิจกรรม
 - คนที่ 3 จดบันทึกและเขียนข้อสรุปที่ได้จากการทำกิจกรรม
 - คนที่ 4 เป็นผู้นำวิเคราะห์ สรุปผลการทำกิจกรรมและนำเสนอผลงาน
 และให้เพื่อนมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น จนได้ข้อสรุปที่สมาชิกกลุ่มยอมรับ สมาชิกทุกคนต้องทำความเข้าใจกับผลงานของตนเอง และพร้อมที่จะเป็นตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลงานของกลุ่ม
4. นักเรียนร่วมกันอภิปรายซักถามให้เข้าใจเกี่ยวกับวิธีการ ขั้นตอนและบทบาทของนักเรียนตลอดจนข้อสงสัยอื่นๆ
5. ขณะเรียน นักเรียนต้องปฏิบัติตามกิจกรรมตามลำดับทุกขั้นตอนที่กำหนดให้ความร่วมมือในการปฏิบัติตามข้อตกลงของกลุ่ม รับผิดชอบปฏิบัติตามที่ได้รับมอบหมายโดยสมาชิกทุกคนในกลุ่มต้องมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมให้บรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ หากมีขั้นตอนใดไม่เข้าใจให้สอบถามครู

6. นักเรียนสามารถศึกษาด้วยตนเองโดยอาศัยความซื่อสัตย์ต่อตนเอง ไม่เข้าใจให้ย้อนกลับไปศึกษาเนื้อหาใหม่ จะทำให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนยิ่งขึ้น แล้วกลับมาทำใบกิจกรรมที่ 1.1–1.4 อีกครั้ง

7. นักเรียนต้องรักษาเวลาในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นตอนให้ทันเวลาที่กำหนด

8. สำหรับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส ครูประเมินผลงานนักเรียนจากใบบันทึกกิจกรรมที่ 1.1-1.4

9. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส จำนวน 10 ข้อ ซึ่งอยู่ท้ายชุดกิจกรรมการเรียนรู้

10. นักเรียนประเมินตนเองโดยต้องพยายามตอบคำถามด้วยความตั้งใจ เพราะคำถามในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ใช่ข้อสอบแต่เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้

บทบาทของนักเรียน

1. บทบาทของผู้นำกลุ่ม

- 1.1 ควบคุมดูแลการดำเนินกิจกรรมในกลุ่มให้เป็นไปตามขั้นตอนที่กำหนด
- 1.2 เป็นผู้นำในการวางแผนการศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันในกลุ่ม
- 1.3 รับชุดกิจกรรมการเรียนรู้แจกสมาชิกในกลุ่ม และเก็บส่งครูเมื่อใช้เสร็จแล้ว
- 1.4 เป็นผู้ประสานงานกับครูเมื่อพบปัญหาหรือข้อสงสัย

2. บทบาทสมาชิกในกลุ่ม

- 2.1 ปฏิบัติกิจกรรมด้วยความตั้งใจ เพื่อให้เสร็จทันเวลาที่กำหนด
- 2.2 ศึกษาใบความรู้ที่ 1.1-1.2 ทำใบกิจกรรมที่ 1.1-1.5 และทำแบบทดสอบหลังเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยความตั้งใจและเต็มความสามารถโดยไม่รบกวนเพื่อนในกลุ่ม
- 2.3 ในการทำงานนักเรียนสามารถปรึกษากันได้ ร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม และเสนอความคิดเห็นในการอภิปรายความรู้ได้อย่างเต็มที่





มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สาระเคมี

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

1. ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส
2. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

สาระสำคัญ

ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส มีใจความว่า กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ส่วนเบสคือสารที่ละลายน้ำแล้วให้ไฮดรอกไซด์ไอออน

ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี มีใจความว่า กรด คือ สารที่ให้โปรตอน ส่วนเบสคือสารที่รับโปรตอน สารคู่ใดที่ให้และรับโปรตอนกันเรียกว่าคู่กรด-เบส

ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส มีใจความว่า กรด คือ สารที่สามารถรับคู่อิเล็กตรอน ส่วนเบสคือสารที่สามารถให้คู่อิเล็กตรอน

สารบางชนิดให้และรับโปรตอนได้จึงเป็นได้ทั้งกรดและเบส เรียกว่า สารแอมโฟเทอริก ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

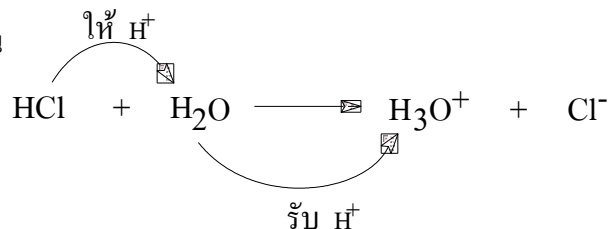
โมเลกุลหรือไอออนที่เป็นคู่กรด-เบสกัน จะมีโปรตอนต่างกันอยู่ 1 โปรตอน

สาระการเรียนรู้

สารที่ทำปฏิกิริยากับน้ำจะได้ไฮโดรเนียมไอออนจะแสดงสมบัติเป็นกรด และสารที่ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วได้ไฮดรอกไซด์ไอออนจะแสดงสมบัติเป็นเบส

ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส มีใจความว่า กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน เช่น $\text{HCl (g)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{H}^+ \text{(aq)} + \text{Cl}^- \text{(aq)}$ ส่วนเบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วให้ไฮดรอกไซด์ไอออน เช่น $\text{NaOH (s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+ \text{(aq)} + \text{OH}^- \text{(aq)}$

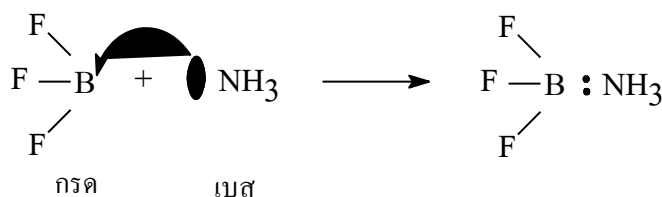
ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี มีใจความว่า กรด คือ สารที่ให้โปรตอน ส่วนเบสคือสารที่รับโปรตอน เช่น



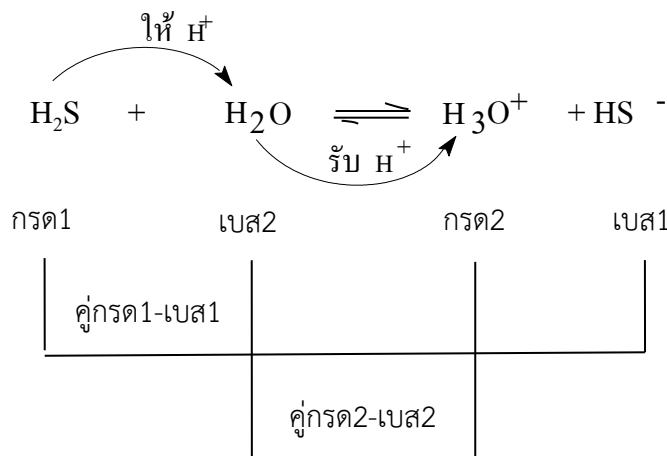
HCl เป็นสารที่ให้โปรตอน (H^+) ดังนั้น HCl จึงเป็นกรด

H_2O เป็นสารที่รับโปรตอน (H^+) ดังนั้น H_2O จึงเป็นเบส

ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส มีใจความว่า กรด คือ สารที่สามารถรับคู่อิเล็กตรอน ส่วนเบส คือ สารที่สามารถให้คู่อิเล็กตรอนเช่น



และทฤษฎีกรด-เบส สามารถเขียนแผนภาพแสดงคู่กรด-เบสได้ และระบุคู่กรด-เบสได้ โดยคู่กรดจะมี ไฮโดรเจนไอออนเพิ่ม 1 และคู่เบสจะมีไฮโดรเจนไอออนลดลง 1 สามารถเขียนแผนภาพได้ดังนี้



จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินส เตด-ลาวรี และลิวอิส

ด้านทักษะแห่งศตวรรษที่ 21/ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ
2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา/
1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

คุณลักษณะอันพึงประสงค์/จิตวิทยาศาสตร์

1. ความใจกว้าง
2. การใช้วิจารณญาณ

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการแก้ปัญหา



แบบทดสอบก่อนเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้

เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส

จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน เวลา 10 นาที



คำชี้แจง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ในกระดาษคำตอบ

1. กำหนดปฏิกิริยาต่อไปนี้ $\text{HPO}_4^{2-} + \text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{NH}_3$ ข้อใดถูกต้องตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

- ก. HPO_4^{2-} เป็นกรด ส่วน NH_4^+ เป็นเบส
- ข. HPO_4^{2-} เป็นกรด ส่วน NH_3 เป็นเบส
- ค. NH_4^+ และ NH_3 เป็นกรดทั้งคู่
- ง. HPO_4^{2-} เป็นเบส ส่วน H_2PO_4^- เป็นกรด

2. กรดซัลฟิวริกทำปฏิกิริยากับกรดไพโรซัลฟิวริก ดังสมการ



โมเลกุลและไอออนคู่ใดในปฏิกิริยาทำหน้าที่เป็นกรด

- ก. H_2SO_4 และ H_3SO_4^+
- ข. H_2SO_4 และ $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$
- ค. $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ และ HS_2O_7^-
- ง. $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ และ H_3SO_4^+

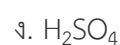
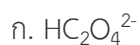
3. โมเลกุลหรือไอออนใดที่ไม่สามารถทำหน้าที่เป็นกรดได้ คือ

- ก. HSO_4^-
- ข. H_2O
- ค. CH_4
- ง. NH_4^+

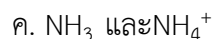
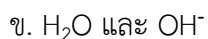
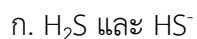
4. จากทฤษฎีเกี่ยวกับกรด-เบส ของอาร์เรเนียสและเบรินสเตด-ลาวรี สารกลุ่มใดที่จัดว่าเป็นเบสทุกตัว

- ก. CO_3^{2-} , HPO_3^{2-} , Cl^- , NH_4^+
- ข. Na^+ , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NO_3^- , NH_3
- ค. OH^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , NH_3
- ง. KOH , H_2PO_4^- , H_3O^+ , SO_3^{2-}

5. สารต่อไปนี้ ข้อใดทำหน้าที่ได้ทั้งกรดและเบส



6. จากสารต่อไปนี้ คู่ใดเป็นคู่กรด-คู่เบสกัน

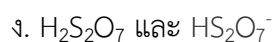
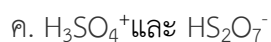


ง. ทั้ง ก , ข และ ค

7. กรดซัลฟิวริกทำปฏิกิริยากับกรดไพโรซัลฟิวริก ดังสมการ



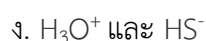
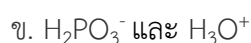
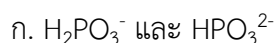
โมเลกุลและไอออนคู่ใดในปฏิกิริยาที่ทำหน้าที่เป็นเบส



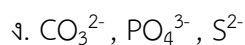
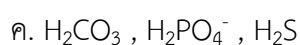
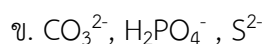
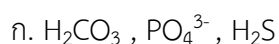
8. จากปฏิกิริยาต่อไปนี้



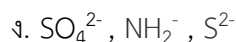
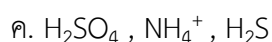
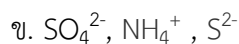
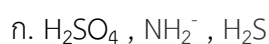
ไอออนในข้อใดเป็นคู่กรด-เบส ซึ่งกันและกัน



9. จงบอกสารที่เป็นคู่เบสของกรดต่อไปนี้ HCO_3^- , HPO_4^{2-} , HS^-



10. ข้อใดเป็นคู่กรดของเบสต่อไปนี้ตามลำดับ HSO_4^- , NH_3 , HS^-



กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส

จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน เวลา 10 นาที

ชื่อ-สกุลกลุ่ม.....ชั้น.....เลขที่.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
คะแนน				



คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
10	
ระดับคุณภาพ	

เกณฑ์การตัดสิน

9 - 10 คะแนน ได้ระดับดีมาก
 7 - 8 คะแนน ได้ระดับดี
 5 - 6 คะแนน ได้ระดับพอใช้
 0 - 4 คะแนน ได้ระดับปรับปรุง

ใบความรู้ที่ 1.1

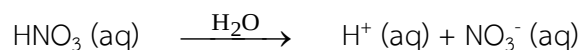
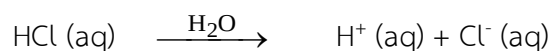
เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส

ในการที่จะให้นิยามของกรด-เบส และในการจำแนกสารต่างๆ ว่าเป็นกรดหรือเบสนั้น นักวิทยาศาสตร์ ได้ศึกษา ตั้งทฤษฎีกรด-เบส ขึ้นหลายทฤษฎีด้วยกัน ทฤษฎีกรด-เบสที่สำคัญมีดังนี้

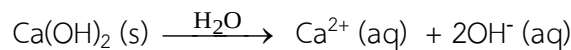
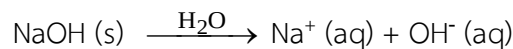
1.ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส

อาร์เรเนียส เป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน ได้ตั้งทฤษฎีกรด-เบส ในปี ค.ศ. 1887 (พ.ศ. 2430) อาร์เรเนียส ศึกษาสารที่ละลายน้ำ (Aqueous solution) และการนำไฟฟ้าของสารละลายนั้น เขาพบว่าสารอิเล็กโทรไลต์ จะแตกตัวเป็นไอออน เมื่อละลายอยู่ในน้ำ และให้นิยาม กรด ไว้ว่า

“กรด คือ สารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน” เช่น



“เบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน” เช่น



ข้อจำกัดของทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส

- ทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส จะเน้นเฉพาะการแตกตัวในน้ำ ให้เป็น H^+ และ OH^- ไม่รวมถึงตัวทำละลายอื่นๆ ทำให้อธิบายความเป็นกรด-เบสได้จำกัด
- สารที่จะเป็นกรดได้ต้องมี H^+ อยู่ในโมเลกุล และสารที่จะเป็นเบสได้ก็ต้องมี OH^- อยู่ในโมเลกุล

2. ทฤษฎีกรด-เบส ของเบรินสเตด-เลารี

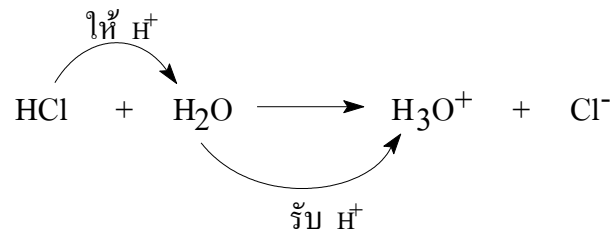
โจฮันส์ นิโคลัสเบรินสเตด นักเคมีชาวเดนมาร์ก และ โทมัสมาร์ติน ลาวรี นักเคมีชาวอังกฤษ ได้ศึกษาการให้และรับโปรตอนของสาร เพื่อใช้ในการอธิบายและจำแนกกรด-เบสได้กว้างขึ้น และได้ตั้งทฤษฎีกรด-เบสขึ้นในปี ค.ศ.1923 (พ.ศ.2466)

กรด คือ สารที่สามารถให้โปรตอนกับสารอื่นๆ ได้ (Proton donor)

เบส คือ สารที่สามารถรับโปรตอนจากสารอื่นได้ (Proton acceptor)

พิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้

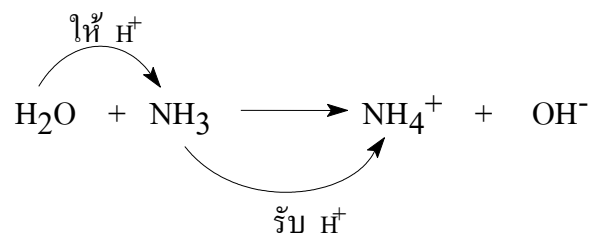
1.



ดังนั้น HCl เป็นกรด เพราะเป็นสารที่ให้โปรตอน (H^+)

H_2O เป็นเบส เพราะเป็นสารที่รับโปรตอน (H^+)

2.

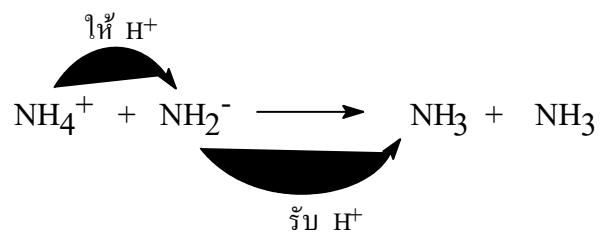


ดังนั้น H_2O เป็นกรด เพราะเป็นสารที่ให้โปรตอน (H^+)

NH_3 เป็นเบส เพราะเป็นสารที่รับโปรตอน (H^+)

จากปฏิกิริยาทั้ง 2 ปฏิกิริยา จะมีสารที่ให้และรับโปรตอนในแต่ละปฏิกิริยา และมี H_3O^+ และ OH^- เกิดขึ้น แต่บางปฏิกิริยาอาจ不会有สารทั้งสองชนิดนี้เลย ทฤษฎีนี้ก็ยังคงอธิบายได้ เช่น

3.

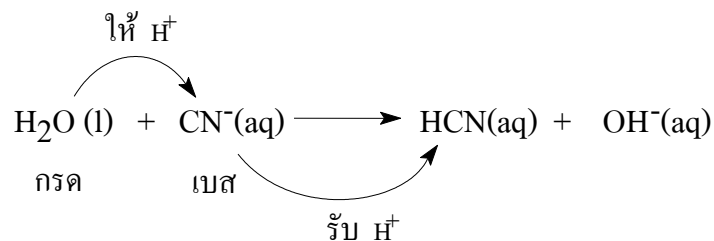


ดังนั้น NH_4^+ เป็นกรด

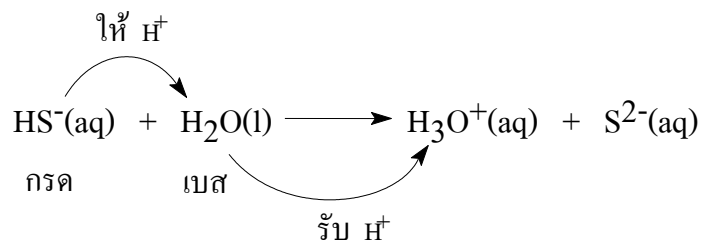
NH_2^- เป็นเบส

ตัวอย่างอื่นๆ ได้แก่

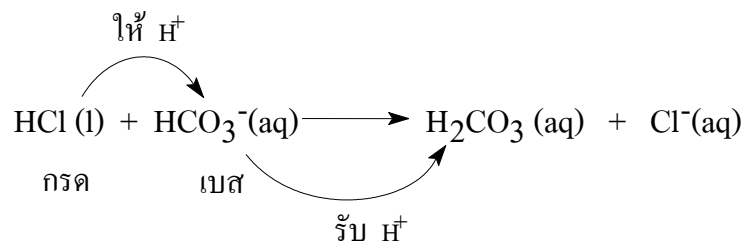
4.



5.



6.



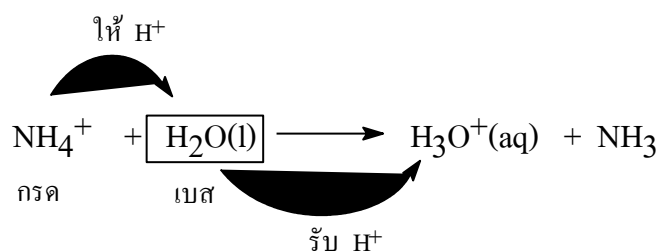
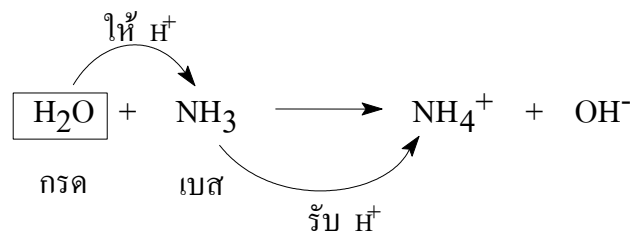
ข้อจำกัดของทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี ใช้อธิบายสมบัติของกรด-เบส ได้กว้างกว่าทฤษฎีของอาร์เรเนียส แต่ยังมีข้อจำกัดคือ สารที่ทำหน้าที่เป็นกรดจะต้องมีโปรตอนอยู่ในสารนั้น

สารที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส(Amphoteriс)

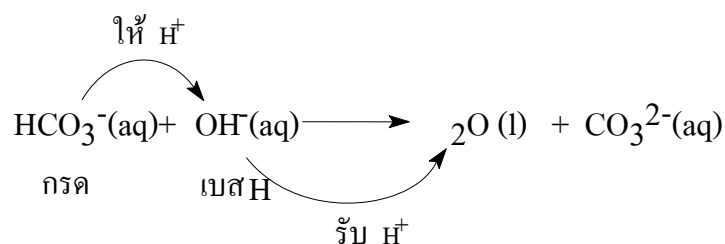
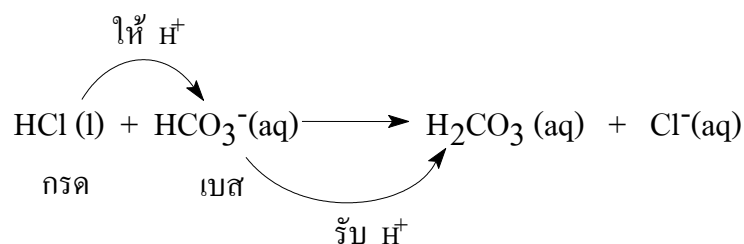
สารบางตัวทำหน้าที่เป็นทั้งกรด เมื่อทำปฏิกิริยากับสารตัวหนึ่ง และทำหน้าที่เป็นเบส เมื่อทำปฏิกิริยากับอีกสารหนึ่ง นั่นคือเป็นได้ทั้งกรดและเบส สารที่มีลักษณะนี้เรียกว่า สารแอมโฟเทริก (Amphoteriс) เช่น H_2O , HCO_3^- เป็นต้น

กรณีของ H_2O



ในกรณีนี้ H_2O เป็นกรดเมื่อทำปฏิกิริยากับ NH_3 และเป็นเบสเมื่อทำปฏิกิริยากับ NH_4^+

กรณีของ HCO_3^-



ในกรณีนี้ HCO_3^- เป็นเบสเมื่อทำปฏิกิริยากับ HCl และเป็นกรดเมื่อทำปฏิกิริยากับ OH^-

ดังนั้นอาจจะสรุปได้ว่า สารที่เป็นแอมโฟเทอริก ถ้าทำปฏิกิริยากับสารที่ให้โปรตอนได้ดีกว่า ตัวมันเองจะรับโปรตอน (ทำหน้าที่เป็นเบส) แต่ถ้าไปทำปฏิกิริยากับสารที่ให้โปรตอนได้ไม่ดี ตัวมันเองจะเป็นตัวให้โปรตอนกับสารนั้น (ทำหน้าที่เป็นกรด)

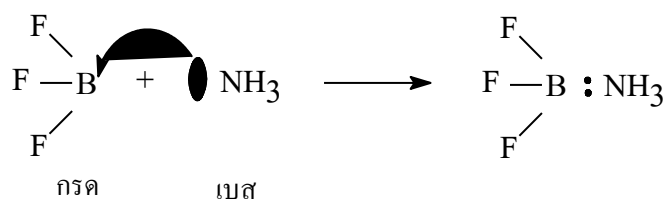
3. ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส

ในปี ค.ศ. 1923 (พ.ศ. 2466) ลิวอิสได้เสนอนิยามของกรดและเบสดังนี้

กรด คือ สารที่สามารถรับอิเล็กตรอนคู่ จากเบส แล้วเกิดพันธะโคเวเลนต์

เบส คือ สารที่สามารถให้อิเล็กตรอนคู่ในการเกิดพันธะโคเวเลนต์

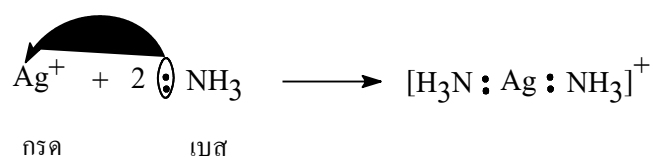
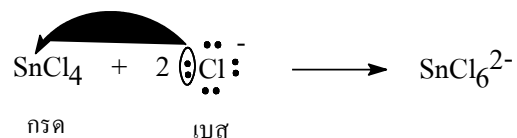
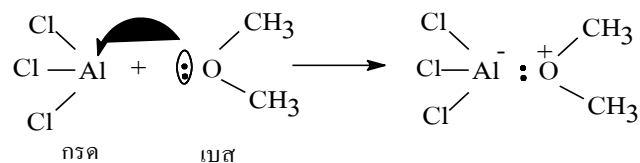
ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส ตามทฤษฎีนี้ อธิบายในเทอมที่มีการใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมกัน กรดรับอิเล็กตรอนเรียกว่าเป็น Electrophile และเบสให้อิเล็กตรอนเรียกว่าเป็น Nucleophile และตามทฤษฎีนี้สารที่เป็นเบสต้องมีอิเล็กตรอนคู่อิสระ เช่น



ในกรณีนี้ NH_3 เป็นเบส มีอิเล็กตรอนคู่ 1 คู่ จะให้อิเล็กตรอนคู่กับกรดในการเกิดพันธะโคเวเลนต์ และ BF_3 รับอิเล็กตรอนจาก NH_3 ดังนั้น BF_3 จึงเป็นกรด

ทฤษฎีของลิวอิสนี้มีข้อดีคือ สามารถจำแนกกรด-เบส ที่ไม่มีทั้ง H^+ หรือ OH^- ในสารนั้น และแม้ว่าสารนั้นไม่ได้อยู่ในรูปสารละลายแต่อยู่ในสถานะก๊าซก็สามารถใช้ทฤษฎีลิวอิสอธิบายความเป็นกรดเบสได้

ตัวอย่างอื่นๆ เช่น



เมื่อเพื่อนๆ ศึกษาใบความรู้ที่ 1.1 แล้ว
เพื่อนๆ ลองทำใบกิจกรรมที่ 1.1 กันเลยดีกว่าครับ... สู้ๆ



ใบกิจกรรมที่ 1.1

เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส



คำชี้แจง ร่วมกันแสดงความคิดและตอบคำถามให้ถูกต้อง (ใช้เวลา 10 นาที)

รายชื่อสมาชิกกลุ่ม

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ห้อง.....

1.เลขที่ประธาน
2.เลขที่เลขานุการ
3.เลขที่สมาชิก
4.เลขที่สมาชิก

1. คำศัพท์ที่ควรรู้

- 1.1 ทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส =
- 1.2 ทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี =
- 1.3 ทฤษฎีกรด-เบส ลิวอิส =

2. จงแสดงสมการการแตกตัวในน้ำของสารต่อไปนี้ และบอกด้วยว่าในสารละลายมีไอออนและโมเลกุลชนิดใดบ้าง

2.1 กรดไฮโปคลอรัส(HClO) เป็นอิเล็กโทรไลต์อ่อน

สมการ(1).....ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ.....

2.2 กรดไนตริก(HNO_3) เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่

สมการ(2).....ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ.....

จากผลิตภัณฑ์ทั้งสองสมการ 2.1 และ 2.2 ได้เหมือนกันคือ.....

สรุปได้ว่า สารละลายกรด แตกตัวให้ไอออน.....

2.3 แอมโมเนีย (NH_3) เป็นอิเล็กโทรไลต์อ่อน

สมการ(3).....ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ.....

2.4 แบเรียมไฮดรอกไซด์ (Ba(OH)_2) เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่

สมการ(4).....ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ.....

จากผลิตภัณฑ์ทั้งสองสมการ 2.3 และ 2.4 ได้เหมือนกันคือ.....

สรุปได้ว่า สารละลายเบส แตกตัวให้ไอออน.....

3. ทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียสนิยามว่า

กรด คือ.....

เบส คือ.....

สมการทั่วไปของกรด คือ.....

สมการทั่วไปของเบส คือ.....

4. ทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี นิยามว่า

กรด คือ.....

เบส คือ.....

สมการทั่วไป คือ.....

5. ทฤษฎีกรด-เบส ลิวิส นิยามว่า

กรด คือ.....

เบส คือ.....

สมการทั่วไป คือ.....

6. กรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี แตกต่างจากทฤษฎีกรด-เบสของ

อาร์เรเนียสอย่างไร

.....

.....

.....

.....

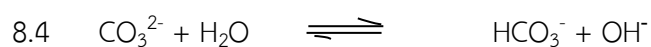
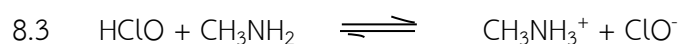
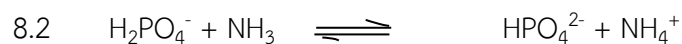
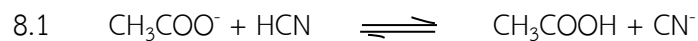
7. จากการทดสอบความเป็นกรด-เบส ของสารต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันด้วยกระดาษลิตมัส ได้ข้อมูลดังตาราง

สารละลาย	การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส	ความสว่างของหลอดไฟ
A	ไม่เปลี่ยนสี	สว่างมาก
B	สีแดง → สีนํ้าเงิน	สว่างเล็กน้อย
C	สีนํ้าเงิน → สีแดง	สว่างมาก
D	ไม่เปลี่ยนสี	ไม่สว่าง
E	สีนํ้าเงิน → สีแดง	สว่างเล็กน้อย

สารละลายใดมีไอออนชนิดเดียวกัน และเป็นไอออนชนิดใด เพราะเหตุใด

.....

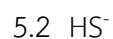
8. สารตั้งต้นในสมการต่อไปนี้ สารใดเป็นกรด และสารใดเป็นเบส ตามทฤษฎีกรดเบสอาร์เรเนียส และเบรินสเตด-เลารี



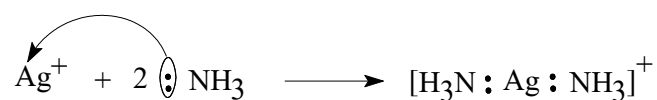
9. จงเขียนสมการที่แสดงว่า HPO_4^{2-} และ H_2O เป็นได้ทั้งกรดและเบส

10. สารละลาย NH_4Cl เป็นกรด ส่วนสารละลาย NaHS และสารละลาย Na_3PO_4 เป็นเบส

จงแสดงปฏิกิริยาระหว่างไอออนต่อไปนี้กับน้ำ



11. ปฏิกิริยาต่อไปนี้



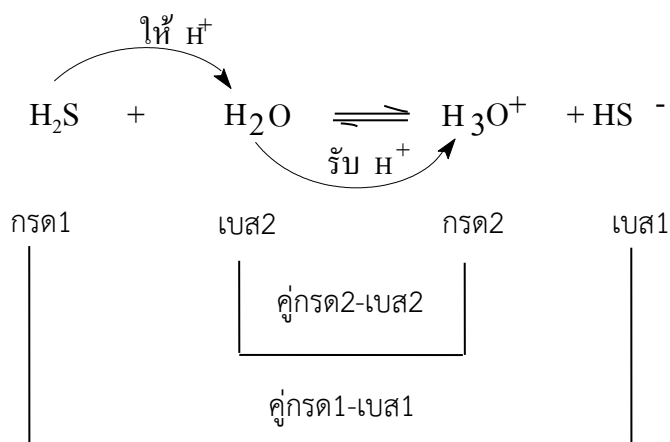
สารใดเป็นกรด หรือ เบส ตามทฤษฎีกรด-เบส ของลิวอิส เพราะเหตุใด



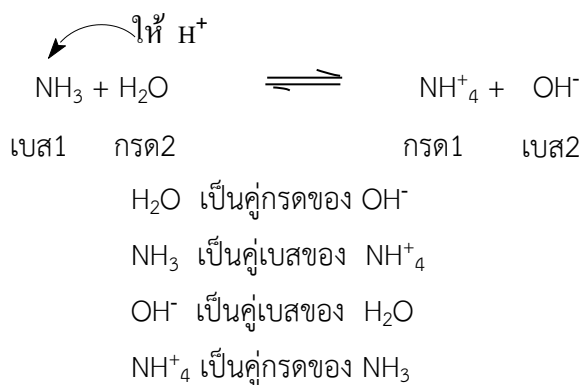
ใบความรู้ที่ 1.2 เรื่อง คู่กรด-เบส

คู่กรด-เบส (Acid-Base pair)

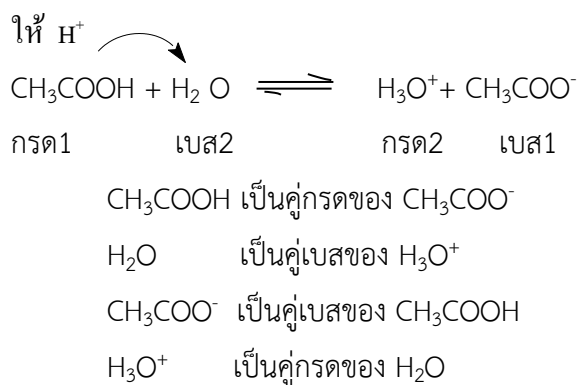
จากปฏิกิริยาของกรดกับเบสที่กล่าวถึงแล้วตามทฤษฎีของเบรินสเตด-ลาวรี จะเห็นว่าในปฏิกิริยาหนึ่งๆ อาจจะมีจัดคู่กรด-เบสได้ 2 คู่ด้วยกัน



ตัวอย่างที่ 1



ตัวอย่างที่ 2



ตัวอย่างที่ 3 ให้เขียนคู่กรด-เบสของสารต่อไปนี้

ก. คู่เบสของ H_2O และ HNO_3

ข. คู่กรดของ SO_4^{2-} และ $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$

คำตอบ ก. คู่เบสของ H_2O และ HNO_3 คือ OH^- และ NO_3^- ตามลำดับ

ข. คู่กรดของ SO_4^{2-} และ $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$ คือ HSO_4^- และ $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ ตามลำดับ

ตัวอย่างที่ 4 สารคู่ใดต่อไปนี้ ข้อใดเป็นคู่กรด - เบสกันบ้าง

ก. H_2O และ OH^-

ง. NH_4^+ และ NH_3

ข. H_3O^+ และ OH^-

จ. H_2CO_3 และ CO_3^{2-}

ค. H_2PO_4^- และ HPO_4^{2-}

คำตอบ ข้อ ก , ค และ ง เป็นคู่กรดเบสกัน ข้อ ข และ จ ไม่เป็นคู่กรดเบสกัน

ตัวอย่างที่ 5 ตารางแสดงตัวอย่างคู่กรด-เบส

คู่กรด	คู่เบส
HF	F^-
HCl	Cl^-
HBr	Br^-
HI	I^-
H_2O	OH^-

คู่กรด	คู่เบส
H_2S	HS^-
NH_3	NH_2^-
HNO_3	NO_3^-
HClO_4	ClO_4^-
H_3O^+	H_2O

ข้อสังเกต

คู่กรด-คู่เบส จะมีสูตรเคมีคล้ายกัน

คู่กรด จะมี H^+ เพิ่มขึ้น 1 ไอออน

คู่เบส จะมี H^+ ลดลง 1 ไอออน





ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง คู่กรด-เบส

คำชี้แจง ร่วมกันแสดงความคิดและตอบคำถามให้ถูกต้อง (ใช้เวลา 10 นาที)

รายชื่อสมาชิกกลุ่ม

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ห้อง.....

1.เลขที่ประธาน
2.เลขที่เลขานุการ
3.เลขที่สมาชิก
4.เลขที่สมาชิก

1. จงแสดงปฏิกิริยาและแผนภาพคู่กรด-เบส เมื่อสารต่อไปนี้ละลายในน้ำ

1.1 กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3)

1.2 กรดฟอร์มิค (H_2SO_3)

1.3 กรดฟอร์มิค(HCOOH)

2. จงบอกคู่เบส ของสารต่อไปนี้

2.1 HIO_4 คือ.....2.2 HSO_3^- คือ.....2.3 H_2PO_4^- คือ.....2.4 NH_4^+ คือ.....

3. จงบอกคู่กรดของสารต่อไปนี้

3.1 HPO_4^{2-} คือ.....3.2 HS^- คือ.....3.3 CO_3^{2-} คือ.....3.4 OH^- คือ.....4. คู่เบสของสาร จะมี H^+ เพิ่ม1 หรือ ลด1.....คู่กรดของสาร จะมี H^+ เพิ่ม1 หรือ ลด1.....



ใบกิจกรรมที่ 1.3

เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส

คำชี้แจง

ศึกษาใบความรู้ที่ 1.1 และใบความรู้ที่ 1.2 และปฏิบัติตามใบกิจกรรมที่ 1.3 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบสใช้เวลา 15 นาที

จุดประสงค์

1. อธิบายความสัมพันธ์ของทฤษฎีกรด-เบสต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน
2. ลงข้อสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีกรดของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-เลาวรี และลิวอิสได้
3. ลงความคิดเห็นจากข้อมูล และนำความรู้เรื่องทฤษฎีกรด-เบสมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

อุปกรณ์

- | | |
|-------------------|--------------|
| 1. กระดาษแผ่นใหญ่ | จำนวน 1 แผ่น |
| 2. สีเมจิก | จำนวน 3 สี |
| 3. เทปกาวใส | จำนวน 1 ม้วน |

การปฏิบัติกิจกรรม

1. ลงข้อสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีกรดของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-เลาวรี และลิวอิส
2. ระดมความคิดร่วมกันตอบใบบันทึกกิจกรรมที่ 1.3 และคัดลอกลงกระดาษปรู๊ฟ
3. นำเสนอผลงานโดยนำไปติดที่หน้าชั้นเรียน



ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1.3

เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส

คำชี้แจง บันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมจากใบกิจกรรมที่ 1.3 (ใช้เวลา 15 นาที)

รายชื่อสมาชิกกลุ่ม

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ห้อง.....

1.เลขที่ประธาน
2.เลขที่เลขานุการ
3.เลขที่สมาชิก
4.เลขที่สมาชิก

1. จงยกตัวอย่าง ทฤษฎีกรด-เบสที่นักเรียนรู้จัก พร้อมอธิบายมาพอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. เขียนแผนภาพคู่กรด-เบส พร้อมแสดงตัวอย่างและอธิบายมาพอเข้าใจ ตามที่ได้เรียนรู้มาตามชุดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ดังนี้ (ออกแบบได้ตามความเหมาะสม)





ใบกิจกรรมที่ 1.4

เรื่อง สรุปความรู้โดยใช้แผนผังความคิด

คำชี้แจง

ศึกษาและปฏิบัติตามใบกิจกรรมที่ 1.4 เรื่อง สรุปความรู้โดยใช้แผนผังความคิด

จุดประสงค์

1. จำแนกทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิสได้
2. ลงข้อสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส

อุปกรณ์

- | | |
|--------------|---------------|
| 1. กระดาษ A4 | จำนวน 1 แผ่น |
| 2. ดินสอสี | จำนวน 1 กล่อง |

การปฏิบัติกิจกรรม

1. ให้นักเรียนทุกคนสรุปความรู้ที่ได้รับจากการศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรดเบส ลงในกระดาษ A4
2. ระบายสีให้สวยงาม และนำเสนอครูในวันพรุ่งนี้ ในเวลาไม่เกิน 10.00 น.



ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1.4
เรื่อง สรุปความรู้โดยใช้แผนผังความคิด



ชื่อ-สกุล.....รายวิชา.....ชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....เลขที่.....

คำชี้แจง สรุปความรู้ที่ได้รับจากการศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรดเบส
เป็นแผนผังความคิด

แบบทดสอบหลังเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้

เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส

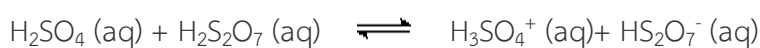
จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน เวลา 10 นาที

คำชี้แจง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ในกระดาษคำตอบ

1. จากสารต่อไปนี้ คู่ใดเป็นคู่กรด-คู่เบสกัน

- ก. H_2S และ HS^- ข. H_2O และ OH^- ค. NH_3 และ NH_4^+ ง. ทั้ง ก ข และ ค

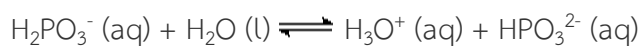
2. กรดซัลฟิวริกทำปฏิกิริยากับกรดไพโรซัลฟิวริก ดังสมการ



โมเลกุลและไอออนคู่ใดในปฏิกิริยาที่ทำหน้าที่เป็นเบส

- ก. H_2SO_4 และ H_3SO_4^+ ข. H_2SO_4 และ $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$
ค. H_3SO_4^+ และ HS_2O_7^- ง. $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ และ HS_2O_7^-

3. จากปฏิกิริยาต่อไปนี้



ไอออนในข้อใดเป็นคู่กรด-เบส ซึ่งกันและกัน

- ก. H_2PO_3^- และ HPO_3^{2-} ข. H_2PO_3^- และ H_3O^+
ค. H_3O^+ และ S^{2-} ง. H_3O^+ และ HS^-

4. จงบอกสารที่เป็นคู่เบสของกรดต่อไปนี้ HCO_3^- , HPO_4^{2-} , HS^-

- ก. H_2CO_3 , PO_4^{3-} , H_2S ข. CO_3^{2-} , H_2PO_4^- , S^{2-}
ค. H_2CO_3 , H_2PO_4^- , H_2S ง. CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , S^{2-}

5. ข้อใดเป็นคู่กรดของเบสต่อไปนี้ตามลำดับ HSO_4^- , NH_3 , HS^-

- ก. H_2SO_4 , NH_2^- , H_2S ข. SO_4^{2-} , NH_4^+ , S^{2-}
ค. H_2SO_4 , NH_4^+ , H_2S ง. SO_4^{2-} , NH_2^- , S^{2-}

6. กำหนดปฏิกิริยาต่อไปนี้ $\text{HPO}_4^{2-} + \text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{NH}_3$ ข้อใดถูกต้องตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี



- ก. HPO_4^{2-} เป็นกรด ส่วน NH_4^+ เป็นเบส

ข. HPO_4^{2-} เป็นกรด ส่วน NH_3 เป็นเบส

ค. NH_4^+ และ NH_3 เป็นกรดทั้งคู่

ง. HPO_4^{2-} เป็นเบส ส่วน H_2PO_4^- เป็นกรด

7. กรดซัลฟิวริกทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรซัลฟิวริก ดังสมการ



โมเลกุลและไอออนใดๆในปฏิกิริยาทำหน้าที่เป็นกรด

៣. H_2SO_4 និង H_3SO_4^+

ค. $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ และ HS_2O_7^- ง. $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ และ H_3SO_4^+

8. โมเลกุลหรือไอออนใดที่ไม่สามารถทำหน้าที่เป็นกรดได้ คือ

- ဂ. HSO_4^- ဃ. H_2O င. CH_4 ဇ. NH_4^+

9. จากทฤษฎีเกี่ยวกับกรด-เบส ของอาร์เรเนียสและเบรินสเตด-ลาวรี สารกลุ่มใดที่จัดว่าเป็นเบสทุกตัว

- г. CO_3^{2-} , HPO_3^{2-} , Cl^- , NH_4^+

၅. Na^+ , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NO_3^- , NH_3

੧. OH^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , NH_3

9. KOH , H_2PO_4^- , H_3O^+ , SO_3^{2-}

10. สารต่อไปนี้ ข้อใดทำหน้าที่ได้ทั้งกรดและเบส

- ก. $\text{HC}_2\text{O}_4^{2-}$ ข. CO_3^{2-} ค. CN^- ง. H_2SO_4

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
เล่มที่ 1 ทฤษฎีกรด-เบสและคู่กรด-เบส
จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน เวลา 10 นาที

ชื่อ-สกุลกลุ่ม.....ชั้น.....เลขที่.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
คะแนน				

คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
10	
ระดับคุณภาพ	



เกณฑ์การตัดสิน

9 - 10 คะแนน ได้ระดับดีมาก
7 - 8 คะแนน ได้ระดับดี
5 - 6 คะแนน ได้ระดับพอใช้
0 - 4 คะแนน ได้ระดับปรับปรุง

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และ วัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). **แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). **แนวทางการพัฒนา การวัดและประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2541). **เคมี เล่ม 1.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์ จำกัด.
- สุทัศน์ ไตรสถิตวร. (2544). **เคมี ม.5 เล่ม 3.** กรุงเทพฯ: บริษัทไอเอ็ดพับลิชชิง จำกัด.
- สำราญพลกฤษสุนทร. (2550). **คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544.** นนทบุรี: โรงพิมพ์เพิ่มทรัพย์การพิมพ์.
- สำราญ ทังทอง. (2549). **หัวใจเคมีคำนวณ เล่ม 2.** กรุงเทพฯ: บริษัทไอเอ็ดพับลิชชิง จำกัด.
- สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2555). **คู่มือประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551** **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6** แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **หนังสือเรียน รายวิชาเคมีเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). หนังสือเรียน รายวิชาเคมีเพิ่มเติม
เคมี เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม
วิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4 ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์แห่งมหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม
วิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4 ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์แห่งมหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม
วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตร
แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอน
ปลาย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์แห่งมหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). ครุวิทยาศาสตร์มีอาชีพ:แนวทางการ
เรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: บริษัทอินเตอร์เอดดูเคชั่นซัพพลายส์ จำกัด.

สถาบันกวดวิชาติวเตอร์พอยด์ท์. (2554).สรุปเคมี ม.ปลาย.กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด
สามลดา.

สยามนิรัฐ พันธ์สรณ์. (2549).เตรียมสอบ A-NET เคมี.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม็ก จำกัด.