บทที่ 3

วิธีดำเนินการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม

การวิจัยเรื่องนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยประดิษฐ์ (Invention research) โดยการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่องกรดและเบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นขั้น ๆ ดังนี้คือ

1. สร้างบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่องกรดและเบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ห้า

จากการที่ผู้วิจัยเป็นครูในโครงการดำเนินการสอนวิชาเคมีตามหลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้พิจารณาเห็นว่าเรื่องกรดและเบสเป็นเรื่องที่น่าสนใจและเหมาะสมที่จะนำมาสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม เพราะเนื้อหาบทเรียนมีความคงตัวพร้อมทั้งมีความยากง่ายพอเหมาะที่นักเรียนจะศึกษาได้ด้วยตนเอง การทดลองในบทเรียนที่จะนำไปสู่การเรียนรู้ก็เป็นการทดลองง่าย ๆ สะดวกที่นักเรียนจะทดลองได้ด้วยตนเองโดยไม่เกิดอันตราย นอกจากนั้นบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่องนี้ยังไม่มีผู้ใดเคยสร้างมาก่อน เป็นบทเรียนที่สามารถสร้างให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนดได้และเมื่อสร้างเป็นบทเรียนแบบโปรแกรมแล้วสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยการสอนของครูได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวแล้วข้างต้น ผู้วิจัยเห็นว่าเนื้อหาเรื่องกรดและเบสมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม จากการได้ศึกษาเนื้อหาวิชาอย่างละเอียดตามรายหัวข้อในหลักสูตรจากหนังสือแบบเรียน[1] และคู่มือครู[2] ผู้วิจัยได้พิจารณาแบ่งเนื้อเรื่องกรดและเบส ออกเป็น 3 ตอนคือ

---

[1]สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, "กรด-เบส," <u>แบบเรียนวิชาเคมีมัธยมศึกษาตอนปลาย เล่ม 3</u>, โครงการดำเนินการสอนวิชาเคมี มัธยมศึกษาตอนปลาย, 2517 หน้า 1-35.

[2]สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, "กรด-เบส" <u>คู่มือการสอนวิชาเคมีมัธยมศึกษาปีที่ห้า</u>, โครงการดำเนินการสอนวิชาเคมี มัธยมศึกษาตอนปลาย, 2517, หน้า 1-46.

ตอนที่ 1 สมบัติทั่วไปของสารละลายกรดและเบส

ตอนที่ 2 ทฤษฎีกรดเบสของบรอนเสตและเลาว์รี

ตอนที่ 3 การคำนวณค่าคงตัวของสมดุลของกรดออนเบสอ่อน

การเขียนบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่องกรดและเบส ผู้วิจัยเลือกสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมชนิดเส้นตรงประเภทให้นักเรียนตอบเองโดยการเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้ ซึ่งเป็นแบบของสกินเนอร์(Skinner) เหตุที่ผู้วิจัยเลือกเขียนบทเรียนแบบโปรแกรมชนิดเส้นตรง เนื่องจากเทคนิคการสร้างแบบนี้เป็นแบบที่นิยมกันมากที่สุดใช้ได้ง่ายและสร้างได้ง่าย บทเรียนแบบโปรแกรมชนิดนี้สามารถแบ่งเป็นขั้นย่อย ๆ เพื่อช่วยอธิบายให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้น และการให้นักเรียนเติมคำตอบโดยการนำความรู้ที่มีอยู่มาสร้างคำตอบเองและเขียนคำตอบลงไป จะช่วยย้ำความเข้าใจให้แน่นทำให้มีความโน้มเอียงที่จะทำให้การเรียนรู้มากขึ้นและจำได้นาน

ในการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม ผู้วิจัยได้สร้างตามลำดับขั้นดังนี้คือ

1. จุดมุ่งหมายทั่วไป
2. จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมที่สามารถวัดได้และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายทั่วไป
3. สร้างบทเรียนแบบโปรแกรมให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายตามวิธีการของการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม

เพื่อให้ครูผู้นำบทเรียนแบบโปรแกรมไปใช้ได้รับความสะดวกในการเตรียมเคมีล่วงหน้าเพื่อใช้ในการทดลองของนักเรียน ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือครูประกอบการใช้เรียนแบบโปรแกรม

2. สร้างแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเรื่องกรดและเบส

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาเคมีเรื่องกรดและเบส แบบสอบฉบับนี้ได้ นำไปใช้กับกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่ม 2 ครั้งคือ

ครั้งที่ 1 สอบก่อนเริ่มใช้บทเรียนแบบโปรแกรม

ครั้งที่ 2 สอบหลังจากใช้บทเรียนแบบโปรแกรม

แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเรื่องกรดและเบส แบ่งเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 แบบสอบมีลักษณะเป็นแบบชนิดเลือกตอบ ประกอบด้วยตัวเลือก 4 ตัวคือ (ก)(ข)(ค)และ(ง) จำนวน 20 ข้อ

ตอนที่ 2 แบบสอบมีลักษณะเป็นการเติมคำในช่องว่างที่กำหนดให้จำนวน 5 ข้อ

รวมแบบสอบทั้งฉบับมีจำนวน 25 ข้อ ใช้เวลาในการสอบ 40 นาที ในการสอบครั้งนี้อนุญาตให้นักเรียนเดาคำตอบได้

กระดาษคำตอบ

การสร้างกระดาษคำตอบ แบ่งหน้ากระดาษเป็น 3 ตอน คือตอนบนมีที่ว่างให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น เลขที่ ตอนกลางเป็นกระดาษคำตอบสำหรับตอนที่ 1 และตอนล่างเป็นกระดาษคำตอบสำหรับตอนที่ 2

แบบสอบที่สร้างขึ้นนี้ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้โดยสร้างข้อสอบตอนที่ 1 จำนวน 30 ข้อ ตอนที่ 2 จำนวน 10 ข้อ นำไปใช้สอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ห้า แผนกวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีสมุทรปราการจำนวน 40 คน เมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม พุทธศักราช 2517 และนำผลมาวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อเพื่อคัดเลือกข้อสอบที่ดีนำมาใช้

การเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดลอง

ประชากรของการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สี่ แผนกวิชาวิทยาศาสตร์ห้องหนึ่ง สอง และสาม โรงเรียนสตรีสมุทรปราการ ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย(Simple random sampling) จำนวน 61 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้มีหนังสือถึง ท่านอาจารย์กัณฑิกา พิชิตานนท์ รักษาการในตำแหน่งผู้อำนวยการโรงเรียนชั้นพิเศษโรงเรียนสตรีสมุทรปราการ เพื่อขออนุญาตนำบทเรียนแบบ-

โปรแกรมมาทดลองใช้ ซึ่งได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดี ผู้วิจัยเริ่มเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 ธันวาคม พุทธศักราช 2517 ถึงวันที่ 24 มกราคม พุทธศักราช 2518 โดยนำบทเรียนแบบโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาทดลองใช้ 3 ครั้งคือ

ครั้งที่ 1 แบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to one testing) คือแบบที่ประกอบด้วยผู้วิจัยหนึ่งคนกับตัวอย่างประชากร 1 คน

ครั้งที่ 2 แบบกลุ่มเล็ก(Small group testing) ใช้กลุ่มตัวอย่าง 10 คน

ครั้งที่ 3 แบบภาคสนาม(Field testing) ใช้กลุ่มตัวอย่าง 50 คน

ในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบสอบก่อนเรียน แล้วจึงเรียนด้วยบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่องกรดและเบส เมื่อเรียนจบให้ทำแบบสอบอีกครั้งหนึ่ง

นำผลที่ได้จากการทดลองมาตรวจให้คะแนน สำหรับแบบสอบใช้เกณฑ์ให้คะแนนข้อที่ตอบถูก " 1 " คะแนนและข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบไม่ชัดเจนให้ "0" คะแนน เมื่อตรวจเสร็จแล้วจึงรวมคะแนนของนักเรียนแต่ละคน ส่วนบทเรียนแบบโปรแกรมตรวจคำตอบทุกคำตอบในแต่ละกรอบบทเรียนแบบโปรแกรมโดยใช้เกณฑ์เดียวกับแบบสอบ และบันทึกผลลงในตารางบันทึกผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ทดสอบเป็นรายชื่อ

ผู้วิจัยนำคะแนนรวมทั้งฉบับของนักเรียนในกลุ่มทดลองใช้แบบสอบมาเรียงลำดับคะแนนสูงไปหาคะแนนต่ำ ใช้เทคนิค 50 %[3] แบ่งกลุ่มสูง (H) กลุ่มต่ำ (L) ได้จำนวนนักเรียนกลุ่มสูง (N_H) 20 คน นักเรียนกลุ่มต่ำ (N_L) จำนวน 20 คน รวมทั้งสิ้น 40 คน นับจำนวนนักเรียนแต่ละกลุ่มที่ตอบถูกในแต่ละข้อของแบบสอบ แล้วคำนวณหาระดับความยาก(P)

---

[3]Robert L. Ebel, Measuring Educational Achievement, New Jersey: Englewood Cliffs, Prentice-Hall Inc., 1965, p.349.

และอำนาจจำแนก (D) โดยใช้สูตร[4]

$$P = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L} \times 100$$

$$D = \frac{R_H + R_L}{N_H}$$

เมื่อ P คือ ระดับความยากของข้อสอบแต่ละข้อ

D คือ อำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ

R_H คือ จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L คือ จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

N_L คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

ถือว่าข้อกระทงที่อยู่ในเกณฑ์ข้อทดสอบที่ดี ต้องมีระดับความยาก 20% ถึง 80 % และมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป[5]

การหาสัมประสิทธิ์แห่งความเที่ยงของแบบสอบ ผู้วิจัยได้นำแบบสอบซึ่งประกอบด้วยข้อทดสอบจำนวน 25 ข้อ ไปสอบอีกครั้งหนึ่งกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนกวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีสมุทรปราการ จำนวน 50 คน แล้วนำคะแนนมาคำนวนหาค่าสัมประสิทธิ์แห่งความเที่ยงที่เป็นความสอดคล้องภายในของแบบสอบทั้งฉบับ ด้วยสูตร คูเดอร์ ริชาร์ดสัน สูตรที่ 21[6](Kuder Richardson Formula 21)

---

[4]Henry E. Garrett, Testing for Teachers, 2 an ed., American Book Company, New York, 1965, p. 237.

[5]ชวาล แพรัตกุล, เทคนิคการวัดผล, (ฉบับปรับปรุง พิมพ์ครั้งที่ 4,พระนคร : โรงพิมพ์วัฒนาพานิช, 2509), หน้า 281-318.

[6]George Sachs Adams, Measurement and Evaluation in Education Psychology and Guidance, (New York : Holt Rinehart and Winston Inc., 1970) p. 87.

$$r_{KR_{21}} = \frac{N}{N-1}\left[1-\frac{\bar{X}(n-\bar{X})}{nS^2}\right]$$

เมื่อ $r_{KR_{21}}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์แห่งความเที่ยงของแบบสอบ

n คือ จำนวนข้อกระทงในแบบสอบ

$\bar{X}$ คือ ค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง

S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง

คำนวณหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดจากสูตร

$$SE_{meas} = S^2\sqrt{1-r_{tt}}$$ [7]

เมื่อ SE_{meas} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด

S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง

r_{tt} คือ สัมประสิทธิ์แห่งความเที่ยงของแบบ

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแบบเรียน

ในการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ผู้วิจัยได้นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขบทเรียนแบบโปรแกรมเพื่อที่จะนำไปใช้กับกลุ่มเล็ก โดยคำนึงถึงสำนวนภาษา และการเรียงลำดับความรู้ โดยผู้วิจัยสังเกตจากการลงมือทำการทดลองด้วยตนเองของนักเรียน เมื่อได้แก้ไขบทเรียนแบบโปรแกรมให้ดีขึ้นแล้วได้นำบทเรียนแบบโปรแกรมไปทดลองใช้แบบกลุ่มเล็ก และนำผลที่ได้มาปรับปรุงบทเรียนแบบโปรแกรมโดยคำนึงถึงการเรียงลำดับเนื้อหา เวลาที่ใช้ การทำการทดลองว่าได้ผลเพียงไร แล้วจึงนำบทเรียนแบบโปรแกรมที่ได้แก้ไขครั้งที่ 2 แล้วไปใช้ทดลองภาคสนาม การทดลองทั้ง 3 ครั้ง ได้ใช้เกณฑ์มาตรฐาน 90/90 เป็นเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนแบบโปรแกรม

---

[7] J.P. Guildford Fundamental Statistics in Psychology and Education, 4th ed. New York : McGraw-Hill Book Company, 1965, p. 444.

ใช้ค่าซี[8] (Z - test) ในการทดสอบหาความเชื่อถือได้ของความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของการสอบก่อนและหลังใช้บทเรียนแบบโปรแกรม

$$Z = \frac{\bar{d}}{Sd/\sqrt{N}}$$

เมื่อ Z คือ อัตราส่วนวิกฤต

$\bar{d}$ คือ คะแนนเฉลี่ยของผลต่าง

Sd คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างของคะแนนทดสอบ

N คือ จำนวนคนในกลุ่มที่ใช้ในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[8] Gene V. Glass and Julian C. Stanley, Statistical Methods in Education and Psychology, New Jersey : Englewood Cliffs, Prentice-

บทเรียนแบบโปรแกรม

เรื่อง

"กรดและเบส"

โดย

นางสาวลัดดาวัลย์ พรศรีสุมทร

สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนกวิทยาศาสตร์ผู้ซึ่งเรียนตามหลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี่

หรือ ผู้ที่เรียนวิชาเคมีตามหลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี่และมีความรู้เรื่องสมดุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความมุ่งหมายทั่วไป

1. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของคำว่า กรดและเบสตามทฤษฎีของบรอนเสตและเลาว์รี่ คู่กรดเบส ความแรงของกรดและเบส กรดแก่ กรดอ่อน เบสแก่ และเบสอ่อน

2. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำเอาทฤษฎีกรดและเบสของบรอนเสตและเลาว์รี่มาใช้เป็นหลักในการพิจารณาว่าสารใดเป็นกรดสารใดเป็นเบสได้

3. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถคำนวณค่าคงตัวของสมดุลของกรดอ่อนเบสอ่อนได้

ความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

1. ให้ผู้เรียนจำแนกสารละลายเป็นกรด เป็นเบส หรือเป็นกลางตามสมบัติที่ทดสอบได้

2. ให้ผู้เรียนบรรยายวิธีดำเนินการทดลอง ทำการทดลอง บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์และแปลผลการทดลองในเรื่องที่เรียนได้

3. ให้ผู้เรียนให้เหตุผลได้ว่า เหตุใดเมื่อมีกรดเกิดขึ้นก็ต้องมีเบสเกิดขึ้นเสมอ พร้อมทั้งยกตัวอย่างคู่กรดและเบสได้

4. ให้ผู้เรียนสามารถนำค่าคงตัวของกรดหรือเบสที่กำหนดให้ไปประกอบการพิจารณาจัดเรียงลำดับความแรงของกรดหรือเบส

5. ให้ผู้เรียนสามารถนำความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงตัวของสมดุลของคู่กรดและเบสและค่าคงตัวของน้ำไปใช้ประกอบในการคำนวณหาความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนและไฮดรอกไซด์อิออนในสารละลายเมื่อกำหนดค่าคงตัวของสมดุล และความเข้มข้นของคู่กรดและเบสค่าหนึ่งมาให้

6. ให้ผู้เรียนสามารถตรวจคำตอบที่ได้แต่ละข้ออย่างถูกต้องตามที่แบบเรียนกำหนดให้

คำแนะนำในการทำบทเรียนแบบโปรแกรม

1. ข้อความที่นักเรียนจะอ่านต่อไปนี้ไม่ใช่ข้อสอบ แต่เป็นบทเรียนเรื่องกรดและเบส ซึ่งนักเรียนจะได้ความรู้ทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติ

2. ในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมให้เรียนไปทีละกรอบ โดยใช้กระดาษที่แนบมากับบทเรียนปิดคำตอบในกรอบด้านขวามือไว้ก่อน

3. ให้อ่านด้วยความตั้งใจและทำความเข้าใจให้ดีในคำถามแต่ละข้อ แล้วตอบคำตอบในช่องว่างที่เว้นให้ การเรียนและการตอบต้องทำเรียงลำดับข้ออย่าทำข้ามข้อ

4. การทดลองแต่ละครั้งอย่าทำเกินวิธีการทดลองที่กำหนดและอย่าใช้สารอื่นที่มิได้กำหนดให้ ถ้าสังเกตผลที่เกิดขึ้นไม่ชัดเจนหรือไม่แน่ใจต้องมีการทำซ้ำทันที

5. ถ้ากรดหรือเบสถูกร่างกายให้รีบล้างน้ำ และรายงานให้อาจารย์ผู้สอนวิชาเคมีทราบทันที

6. เมื่อนักเรียนเติมคำหรือข้อความแล้วให้ตรวจคำตอบที่ใช้ความมือที่ให้ไว้

7. การทำบทเรียนนักเรียนไม่ควรดูคำตอบก่อน เพราะจะทำให้นักเรียนไม่ได้รับความรู้เพิ่มขึ้นเป็นการเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์

8. ถ้านักเรียนทำได้ถูกต้องให้นักเรียนเรียนกรอบต่อไปจนครบทุกกรอบ

9. อย่าท้อแท้ใจถ้านักเรียนตอบคำถามผิด ให้นักเรียนย้อนกลับไปอ่านข้อนั้นใหม่อีกครั้งหนึ่งและทำความเข้าใจใหม่ โปรดอย่าผ่านข้อหนึ่งข้อใดหรือกรอบหนึ่งกรอบใดโดยที่ยังทำไม่ได้หรือไม่เข้าใจ เพราะจะทำให้นักเรียนไม่เข้าใจบทเรียนตอนต่อไป

10. การทำบทเรียนนักเรียนไม่ต้องรีบร้อนและแข่งขันกับเพื่อน ถ้าเกิดอาการเมื่อยล้าให้หยุดพักให้สบายแล้วจึงเรียนต่อไป

11. ถ้านักเรียนเกิดปัญหาในการใช้บทเรียนโปรดปรึกษากับอาจารย์ผู้สอนวิชาเคมี

กรอบที่ 1

นักเรียนคงคุ้นเคยกับผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว เช่น ส้ม มะนาว มะขาม ฯลฯ เครื่องดื่มจำพวกน้ำอัดลม น้ำโซดา ฯลฯ สารเหล่านี้จัดเป็นพวกกรดหรือเบส นอกจากนั้น นักเรียนยังเคยใช้กรดและเบสหลายชนิดในห้องปฏิบัติการเสมอ ๆ จากตัวอย่างที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่ากรดและเบสเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเราอย่างใกล้ชิด จึงควรที่จะศึกษา เรื่องราวของกรดและเบสให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

ในการศึกษาเรื่องกรดและเบสนี้นักเรียนจะต้องนำความรู้เรื่องสมดุลมาเกี่ยวข้องด้วย นักเรียนลืมแล้วหรือยัง ลองทบทวนดูสักหน่อยดีไหม ถ้าพร้อมแล้วโปรดตอบคำถามในหน้าต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 2

จงพิจารณาหาค่าคงตัวของสมดุล (K) จากปฏิกริยาต่อไปนี้เขียนสมการแสดงปฏิกริยาได้ดังนี้

1. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

K = ...

2. $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$

K = ...

3. $H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$

K = ...

ตรวจคำตอบของนักเรียนกับคำตอบที่ถูกต้องทางขวามือ

$$\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

$$\frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2}$$

$$\frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

ดีจริงที่นักเรียนทำได้ถูกหมดเราจะได้เริ่มศึกษาเรื่องกรดเบสในหน้าต่อไป ไม่เป็นไรถ้ามีบางข้อผิดขอให้นักเรียนกลับไปศึกษาเรื่องสมดุลใหม่เมื่อเข้าใจดีแล้วจึงเริ่มเรียนหน้าต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 3

นักเรียนเคยทดสอบความแตกต่างระหว่างกรดและเบสมาแล้วโดยใช้การเปลี่ยนสีของลิตมัสเป็นเกณฑ์ พบว่า

กรด จะเปลี่ยนสีของลิตมัสจาก....เป็น.....

เบส จะเปลี่ยนสีของลิตมัสจาก....เป็น.....

นักเรียนจะได้ศึกษาสมบัติอื่น ๆ ของกรดและเบสเพิ่มขึ้น

สีน้ำเงิน สีแดง

สีแดง สีน้ำเงิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 4

ต้องการให้นักเรียนทดสอบสมบัติของกรดและเบสบางประการเพื่อจะได้นำสมบัติเหล่านั้นมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินว่าสารละลายใดเป็นกรดสารละลายใดเป็นเบส ขอให้นักเรียนทำการทดลองต่อไปนี้โดยใช้เครื่องมือจากหีบอุปกรณ์ของนักเรียนและสารเคมีชุดที่ 1 อ่านวิธีทำให้เข้าใจก่อนทำการทดลอง

การทดลองที่ 1 สมบัติบางประการของสารละลายในน้ำ

วิธีทำ ใช้กระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรตวงสารละลายชนิดจากสารเคมีชุดที่ 1.1 ชนิดละ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลางหลอดละชนิด เขียนชื่อสารแต่ละหลอดกำกับไว้

2. นำกระดาษลิตมัสจากสารเคมีชุดที่ 1.2 ทั้ง 2 สีวางบนกระจกนาฬิกาแล้วใช้แท่งแก้วสะอาดจุ่มสารละลายทีละชนิดแล้วนำมาแตะกระดาษลิตมัส สังเกตการเปลี่ยนสีและบันทึกผล (ต้องล้างแท่งแก้วทุกครั้งก่อนนำไปจุ่มสารละลายต่อไป)

3. จุ่มลวดตัวนำของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าจากอุปกรณ์พิเศษชุด ก. ลงในสารละลายแต่ละหลอดเพื่อทดสอบการนำไฟฟ้าโดยสังเกตความสว่างของหลอดไฟ บันทึกผล (ต้องล้างลวดตัวนำด้วยน้ำสะอาดและเช็ดให้แห้งก่อนใช้ทุกครั้ง)

4. ใส่ชิ้นมักเนเซียมจากสารเคมีชุดที่ 1.3 ลงในสารละลายแต่ละหลอด สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและบันทึกผล

ให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในตารางหน้าต่อไป

I 17158710

กรอบที่ 4 (ต่อ)

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

สารละลาย	การเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัส	การนำไฟฟ้า	การทำปฏิกิริยากับมกเนเซียม
กรดไฮโดรคลอริก			
กรดไนตริก			
กรดซัลฟุริก			
กรดอะซีติก			
โซเดียมไฮดรอก-ไซด์			
โปตัสเซียมไฮ-ดรอกไซด์			

นักเรียนสังเกตเห็นสมบัติที่เหมือนกันและแตกต่างกันของสารละลายอย่างไรบ้าง

1	2	3
น้ำเงิน → แดง	นำ	ให้ฟองก๊าซ
น้ำเงิน → แดง	นำ	ให้ฟองก๊าซ
น้ำเงิน → แดง	นำ	ให้ฟองก๊าซ
น้ำเงิน → แดง	นำ	ให้ฟองก๊าซ
แดง → น้ำเงิน	นำ	ไม่มีฟองก๊าซ
แดง → น้ำเงิน	นำ	ไม่มีฟองก๊าซ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 5

จากผลการทดลองนักเรียนทดสอบได้ว่าสารละลายของกรดไฮโดร-คลอริก กรดไนตริก กรดซัลฟุริก และกรดอะซีติกมีสมบัติทั้ง 3 ประการเหมือนกัน เราจะใช้สมบัติที่ทดสอบได้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งสารละลายออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. สารละลายของกรดทุกชนิดที่นำมาทดสอบมีสมบัติเหมือนกันคือ
   1. เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นแดง
   2. นำไฟฟ้า
   3. ทำปฏิกริยากับมักเนเซียมให้ก๊าซไม่มีสี
2. สารละลายของเบสทุกชนิดที่นำมาทดสอบมีสมบัติเหมือนกันคือ
   1. .....
   2. .....
   3. .....

สารละลายทั้ง 2 กลุ่มมีสมบัติ...เหมือนกันส่วนสมบัติที่แตกต่างกันคือการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสและ.....

นักเรียนจะพบว่าสารละลายทั้ง 2 กลุ่มมีสมบัติต่างกันอย่างเด่นชัด เราจะพยายามหาคำอธิบายว่าเพราะเหตุใดต่อไป

เปลี่ยนสีลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน
นำไฟฟ้า
ไม่ทำปฏิกริยากับมักเนเซียม
การนำไฟฟ้า
การทำปฏิกริยากับมักเนเซียม

กรอบที่ 6

เราจะหาคำอธิบายเพื่อตอบคำถามว่าเพราะเหตุใดสารละลายแต่ละกลุ่มจึงมีสมบัติเหมือนกัน โดยจะศึกษาแต่ละกลุ่ม สารละลายของกรดมีสมบัติทั้ง 3 ประการเหมือนกันควรจะมีองค์ประกอบบางส่วนที่เหมือนกันและการที่สารละลายนำไฟฟ้าได้แสดงว่ามีอิออนในสารละลาย เมื่อรวมกับผลจากการที่สารละลายกรดทำปฏิกริยากับมักเนเซียมให้ก๊าซไฮโดรเจน ดังนั้นในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกประกอบด้วยไฮโดรเจนอิออน และคลอไรด์อิออนดังนี้

$$HCl\ (aq.) \longrightarrow H^+(aq.) + Cl^-(aq.)$$

สารละลายกรดซัลฟุริกก็คงประกอบด้วยไฮโดรเจนอิออนและซัลเฟตอิออนดังนี้

$$H_2SO_4\ (aq.) \longrightarrow 2H^+\ (aq.) + SO_4^{2-}(aq.)$$

สารละลายกรดไนตริกก็คงประกอบด้วยไฮโดรเจนอิออนและไนเตรตอิออนดังนี้

.....

$HNO_3(aq.) \rightarrow H^+(aq.) + NO_3^-(aq.)$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 7

จะเห็นได้ว่าในสารละลายกรดมี....เป็นอิออนร่วมดังนั้น สมบัติทั่วไปของสารละลายกรดก็คือสมบัติของ.....นั่นเอง

เมื่อกรดอะซีติกละลายน้ำจะแตกตัวดังนี้

$CH_3COOH\ (aq.) \longrightarrow H^+(aq.) + CH_3COO^-(aq.)$

เมื่อกรดไฮโดรคลอริกและกรดไนตริกละลายน้ำจะแตกตัวดังนี้

.....

.....

ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกจะมี.....และ.....

ส่วนสารละลายกรดไนตริกประกอบด้วย.....และ.....

ไฮโดรเจนอิออน

ไฮโดรเจนอิออน

$HCl(aq.) \rightarrow H^+(aq.) + Cl^-(aq.)$

$HNO_3(aq.) \rightarrow H^+(aq.) + NO_3^-(aq.)$

ไฮโดรเจนอิออน คลอไรด์อิออน

ไฮโดรเจนอิออน ไนเตรตอิออน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 8

สารละลายเบสมีสมบัติทั้ง 3 ประการเหมือนกันแสดงว่าในสารละลายเบส คงจะมีองค์ประกอบบางส่วนที่เหมือนกัน และเนื่องจากสารละลายนำไฟฟ้าได้ แสดงว่าในสารละลายต้องมีอิออนซึ่งต่างจากสารละลายกรด เพราะมีสมบัติบางประการต่างกัน เบสที่นำมาทดสอบคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อละลายน้ำแตกตัวให้โซเดียมอิออนกับไฮดรอกไซด์อิออน ดังนี้

$$NaOH\ (aq.) \longrightarrow Na^{+}(aq.) + OH^{-}\ (aq.)$$

เมื่อโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ละลายน้ำแตกตัวให้โปตัสเซียมอิออนและไฮดรอกไซด์อิออน ดังนี้

.....

$KOH(aq.) \longrightarrow K^{+}(aq.) + OH^{-}(aq.)$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 9

สารละลายเบสมี.....เป็นอิออนร่วม ดังนั้นสมบัติทั่วไปของสารละลายเบสก็คือสมบัติของ.....นั่นเอง

เมื่อโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ละลายน้ำแตกตัวดังนี้

$KOH\ (aq.) \longrightarrow K^{+}\ (aq.) + OH^{-}(aq.)$

เมื่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายน้ำแตกตัวดังนี้

.....

ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ประกอบด้วย.....และ.....

ไฮดรอกไซด์อิออน

ไฮดรอกไซด์อิออน

$NaOH(aq.) \longrightarrow Na^{+}(aq.) + OH^{-}(aq.)$

โซเดียมอิออน

ไฮดรอกไซด์อิออน

กรอบที่ 10

นักเรียนสังเกตหรือไม่ว่ากรดต่าง ๆ มีอิออนบวกคือ..... เหมือนกันแต่มีอิออนลบต่างกันจึงทำให้กรดมีสมบัติบางประการต่างกัน เช่น กรดไฮโดรคลอริกเมื่อทำปฏิกริยากับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตจะได้ตะกอนขาว ส่วนกรดไนตริกไม่ได้ตะกอนขาว

ในทำนองเดียวกันเบสต่าง ๆ ก็มีอิออนลบคือ..... เหมือนกัน แต่มีอิออนบวกต่างกัน จึงมีสมบัติบางประการต่างกัน เช่น เอาไส้ดินสอดำแตะสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วเผาไฟจะได้เปลวไฟสีเหลือง แต่ถ้าใช้โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์แทนจะได้เปลวไฟสีม่วง

ไฮโดรเจนอิออน

ไฮดรอกไซด์อิออน

กรอบที่ 11

สารละลายกรดและเบสมิใช่มีอยู่เฉพาะในห้องปฏิบัติการเท่านั้น แต่มีอยู่ทั่วไปและเป็นสารที่เราใช้อยู่ในชีวิตประจำวันเสมอ นักเรียนคิดดูซิว่านักเรียนรู้จักสารอะไรบ้าง เราจะให้นักเรียนได้ใช้ความรู้จากการทดลองที่ 1 มาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินสารละลายต่อไปนี้ โดยทำการทดลองที่ 2 ใช้เครื่องมือจากหีบอุปกรณ์ของนักเรียนและสารเคมีชุดที่ 2

การทดลองที่ 2 สมบัติของสารละลายที่ใช้ตามบ้าน

วิธีทำ 1 ใช้กระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรตวงสารละลาย 2 ชนิด จากสารเคมีชุดที่ 2.1 ชนิดละ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กหลอดละชนิด ถ้าหลอดมีไม่พอใช้ขนาดกลางก็ได้ (เพื่อความรวดเร็วใช้ประมาณความสูงของสารละลายจากหลอดแรก) สำหรับน้ำมะนาวให้นักเรียนผ่าและบีบจากผลมะนาวเมื่อจะใช้

2. ทดสอบการเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัสทั้งสองสีโดยใช้กระดาษลิตมัสจากสารเคมีชุดที่ 2.1 วิธีการทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3. แบ่งสารละลายเป็น 2 พวกตามสมบัติที่ทดสอบได้

ให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในตารางในหน้าต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 11 (ต่อ)

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

ครั้งที่	สารละลาย	การเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัส	ความเป็นกรดหรือเป็นเบสของสารละลาย
1	สารละลายอัมโมเนียมคลอไรด์		
2	น้ำโซดา		
3	น้ำมะนาว		
4	สารละลายโซเดียมคลอไรด์		
5	น้ำปูนใส		
6	น้ำขี้เถ้า		
7	น้ำส้มสายชู		
8	น้ำยาล้างห้องน้ำ		
9	สารละลายอัมโมเนีย		
10	น้ำฝน		
11	น้ำสบู่		
12	สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต		

นักเรียนสามารถแบ่งสารละลายเป็น 2 พวกได้หรือไม่

1	2
น้ำเงิน → แดง	กรด
น้ำเงิน → แดง	กรด
น้ำเงิน → แดง	กรด
ไม่เปลี่ยนสี	กลาง
แดง → น้ำเงิน	เบส
แดง → น้ำเงิน	เบส
น้ำเงิน → แดง	กรด
น้ำเงิน → แดง	กรด
แดง → น้ำเงิน	เบส
น้ำเงิน → แดง	กรด
แดง → น้ำเงิน	เบส
แดง → น้ำเงิน	เบส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 12

จากการใช้สมบัติในการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสของสารละลายเป็นเกณฑ์ เราแบ่งสารละลายที่ทดสอบได้เป็น 2 พวกคือ

พวกที่ 1 สารละลายที่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นแดงจัดเป็นสารละลาย.....

พวกที่ 2 สารละลายที่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นน้ำเงินจัดเป็นสารละลาย.....

นักเรียน มีปัญหาในการแบ่งพวกสารละลายหรือไม่ ดีมากที่นักเรียนสังเกตเห็นว่ามีสารละลายบางชนิดไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้ง 2 ชนิด เราจะแยกสารละลายพวกนี้ไว้ต่างหากโดยเรียกว่า สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลาง

กรด

เบส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 13

สารละลายที่แสดงสมบัติเป็นกรดแสดงว่ามีไฮโดรเจนอิออนในสารละลาย ส่วนสารละลายที่แสดงสมบัติเป็นเบสแสดงว่ามีไฮดรอกไซด์อิออนในสารละลาย เมื่อพิจารณาสารตัวอย่างบางชนิดที่นำมาทดสอบเช่นอัมโมเนียมคลอไรด์ของแข็ง และคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซ เมื่อละลายน้ำแสดงสมบัติเป็นกรด แสดงว่าในสารละลายมี.....เกิดขึ้น

สารอีกพวกหนึ่งเช่น โซเดียมคาร์บอเนต เป็นของแข็ง อัมโมเนียเป็นก๊าซ เมื่อละลายน้ำสารละลายแสดงสมบัติเป็นเบส แสดงว่ามี.....เกิดขึ้นในสารละลาย

.....ในสารละลายกรดและ.....

ในสารละลายเบสมาจากไหนตัวทำละลายมีส่วนทำให้เกิดขึ้นหรือไม่ เราจะศึกษาหาคำตอบต่อไป

ไฮโดรเจนอิออน

ไฮดรอกไซด์อิออน

ไฮโดรเจนอิออน ไฮดรอกไซด์อิออน

ก่อนเรียนต่อไปเรามาพักสักครู่ดีไหม สมองจะได้แจ่มใส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 14

จากผลการทดลองที่ 2 ทำให้คิดว่าน้ำคงมีส่วนในการแสดงสมบัติเป็นกรดหรือเบสของสาร เราจะได้ทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อหาข้อมูลที่จะสนับสนุนข้อคิดนี้ว่าเป็นจริงหรือไม่

การทดลองที่ 3 จะแบ่งเป็น 2 ตอน ก่อนทำการทดลองต้องนำอุปกรณ์ในหีบของนักเรียนและอุปกรณ์พิเศษชุด ข ไปผึ่งแดดให้แห้งสนิท โทลูอีนจากสารเคมีชุดที่ 3.1 ต้องไม่มีน้ำปนอยู่เลยซึ่งอาจทำได้โดยใส่แคลเซียมคลอไรด์ลงในโทลูอีนและทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมง ก่อนทำการทดลองเพื่อดูดความชื้น กระดาษลิตมัสจากสารเคมีชุดที่ 3.2 ต้องผึ่งแดดให้แห้งหรือใส่ลงในขวดแคลเซียมคลอไรด์

เมื่อเตรียมทุกอย่างพร้อมจึงทำการทดลองต่อไปอ่านวิธีทำก่อน

การทดลองที่ 3 บทบาทของตัวทำละลาย

ตอนที่ 1 เตรียมกาซไฮโดรเจนคลอไรด์

วิธีทำ 1. ใช้ช้อนตวงเบอร์ 2 ตวงเกลือโซเดียมคลอไรด์จากสารเคมีชุดที่ 3.1 4 ช้อน ใส่ในหลอดทดลองชนิดที่มีแขนข้างหนึ่งของอุปกรณ์ชุดพิเศษ ข ต่อสายยางเข้ากับแขนของหลอดสำหรับเป็นหลอดนำกาซยึดหลอดไว้กับที่จับหลอดซึ่งติดกับหีบ

2. ใช้หลอดหยด ขนาดใหญ่ที่เสียบอยู่ในจุกยางซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ชุดพิเศษ ดูดกรดซัลฟุริกเข้มข้นจากสารเคมีชุดที่ 3.1 ประมาณครึ่งหลอด (ระวังอย่าให้กรดหยดหรือหกรดสิ่งใด เพราะกรดซัลฟุริกมีปฏิกริยารุนแรงมาก ถ้าถูกผิวหนังให้ล้างน้ำมาก ๆ ทันที) นำจุกยางนี้ไปปิดปากหลอดทดลองในข้อ 1

3. ใช้กระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรตวงโทลูอีนจากสารเคมีชุดที่ 3.1 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในหลอดทดลองขนาดกลาง 1 หลอด และตวงน้ำ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ในอีกหลอด ต้องตวงโทลูอีนก่อน

4. คุลุย ๆ หยดกรดให้ไหลลงไปทำปฏิกริยากับโซเดียมคลอไรด์ จะเกิดปฏิกริยาให้กาซไฮโดรเจนคลอไรด์ออกไปตามหลอดนำกาซ

5. ผ่านกาซที่เกิดขึ้นลงไปในหลอดที่ใส่โทลูอีนประมาณ 1-2 นาที แล้วจึงผ่านลงไปในหลอดที่ใส่น้ำ (ต้องให้สายยางจุ่มในของเหลวและต้องผ่านลงในโทลูอีนก่อนเสมอ) เก็บสารละลายทั้ง 2 หลอดไว้เปรียบเทียบสมบัติ

กรอบที่ 15

การทดลองที่ 3 บทบาทของตัวทำละลาย

วิธีทำ ตอนที่ 2 ทดสอบสารละลายของกาซไฮโดรเจนคลอไรด์ในตัวทำละลายต่างชนิดกัน

1. ทดสอบการนำไฟฟ้าของสารละลายแต่ละหลอด โดยใช้อุปกรณ์พิเศษชุด ก ปฏิบัติเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 (อย่าลืมล้างลวดตัวนำทุกครั้ง)

2. ทดสอบสารละลายกับกระดาษลิตมัสทั้งสองสี โดยใช้กระดาษลิตมัสจากสารเคมีชุดที่ 3.2

3. ใส่ชิ้นมักเนเซียมจากสารเคมีชุดที่ 3.3 ลงในสารละลายทั้ง 2 หลอด สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและบันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3. ตอนที่ 2

สารละลายของกาซในตัวละลาย	การนำไฟฟ้า	การเปลี่ยนสีของลิตมัส	การทำปฏิกิริยากับมักเนเซียม	ความเป็นกรดของสารละลาย
โทลูอีน				
น้ำ				

นักเรียนคิดว่าสมมุติฐานที่ตั้งไว้เป็นจริงหรือไม่ เราจะได้หาคำอธิบายต่อไป

1	2	3	4
ไม่นำ	ไม่เปลี่ยน	ไม่ทำ	ไม่เป็น
นำ	น้ำเงิน-แดง	เกิดกาซ	กรด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 16

จากผลการทดลองที่ 3. นักเรียนจะเห็นความแตกต่างของสารละลายของก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ในโทลูอีนและน้ำ (สมบัติการนำไฟฟ้าเห็นได้ชัดกว่าสมบัติอื่น เพราะบางครั้งโทลูอีนที่ใช้อาจไม่แห้งสนิทพอ ทำให้กระดาษลิตมัสมีการเปลี่ยนสี) สารละลายของก๊าซในน้ำแสดงสมบัติเป็น..... แสดงว่าในสารละลายมี..... เกิดขึ้นเป็นสารละลายของก๊าซในโทลูอีนไม่แสดงสมบัติเป็น.....แสดงว่าในสารละลายไม่มี..... เกิดขึ้น เพราะฉะนั้นตัวทำละลายคงเป็นบทบาทในการแสดงความเป็นกรดเบสแน่นอน

ไฮโดรเจนอิออนในสารละลาย คือไฮโดรเจนอิออนที่มีโมเลกุลของน้ำล้อมรอบ ซึ่งอาจเขียนสูตรแทนได้เป็น $H^+(H_2O)_n$ หรือ H_3O^+ หรือ $H^+(aq.)$ สวนไฮโดรเจนอิออนที่อยู่เป็นก๊าซไม่มีน้ำล้อมรอบ คือ <u>โปรตอน</u> ดังนั้นจะเรียกไฮโดรเจนอิออนที่มีน้ำล้อมรอบว่า <u>ไฮโดรเนียมอิออน</u> เขียนสูตรว่า H_3O^+ หรือ $H^+(aq.)$ การเกิดไฮโดรเนียมอิออนนั้นเรากล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า น้ำรับเอาโปรตอนมารวมตัวด้วย

นักเรียนต้องจำสูตรของไฮโดรเนียมอิออนให้ได้เพราะต่อไปเราจะเขียนสูตรแทน

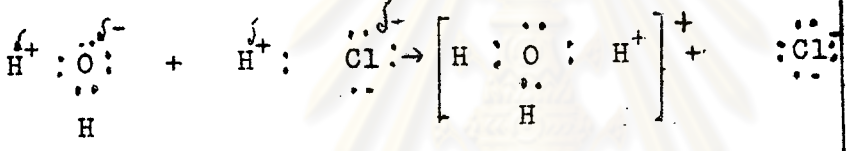
กรด ไฮโดรเจนอิออน

กรด ไฮโดรเจนอิออน

กรอบที่ 17

สารละลายของก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ในน้ำแสดงสมบัติเป็น... กรด อธิบายได้ว่า ไฮโดรเจนคลอไรด์ให้โปรตอนแก่น้ำ และน้ำรับโปรตอนได้ เพราะน้ำเป็นโมเลกุลแบบมีขั้ว เขียนสมการแสดงปฏิกริยาได้ดังนี้

$$H_2O + HCl \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$$



สมการที่เขียนด้วยสูตรแบบจุดจะช่วยให้นักเรียนเห็นชัดขึ้นว่าโปรตอนจากไฮโดรเจนคลอไรด์มาใช้อิเลคตรอนคู่โดดเดี่ยวของน้ำ จึงทำให้น้ำกลายเป็นไฮโดรเนียมอิออนซึ่งมีประจุเป็นบวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 18

สารละลายของก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ในน้ำแสดงสมบัติเป็นกรดได้เพราะก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ให้โปรตอนแก่น้ำ และน้ำรับโปรตอนไปทำให้มี<u>ไฮโดรเนียมอิออนในสารละลาย</u>

ในทำนองเดียวกันสารละลายอื่น ๆ ที่แสดงสมบัติเป็นกรด เป็นเพราะสารนั้นให้.....แก่น้ำ ทำให้มี .....เกิดขึ้นในสารละลาย เช่นสารละลายกรดไนตริกแสดงสมบัติเป็นกรด เพราะกรดไนตริกให้.....แก่น้ำทำให้มี.....เกิดขึ้นในสารละลาย เขียนสมการแสดงปฏิกริยาได้ดังนี้

$HNO_3 + H_2O \longrightarrow$.....

เมื่อกรดอะซีติกละลายน้ำ เขียนการแสดงปฏิกริยาได้ดังนี้

.....

โปรตอน ไฮโดรเนียมอิออน

โปรตอน ไฮโดรเนียมอิออน

$H_3O^+ + NO_3^-$

$CH_3COOH + H_2O \rightarrow H_3O^+ + CH_3COO^-$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 19

จากผลการทดลองที่ 2 พบว่าสารละลายบางชนิดเช่น คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ (น้ำโซดา) อัมโมเนียมคลอไรด์ในน้ำ แสดงสมบัติเป็นกรด โดยที่สารทั้งสองในภาวะอิสระไม่แสดงสมบัติเป็นกรด จึงเห็นได้ชัดว่าน้ำซึ่งเป็น.....มีบทบาทในเรื่องนี้

ตัวทำละลาย

เราอธิบายได้ว่า เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำจะรวมกับน้ำเป็นกรดคาร์บอนิก และกรดคาร์บอนิกให้โปรตอนแก่น้ำ กรดคาร์บอนิกแตกตัวไม่สมบูรณ์ (เขียนแสดงด้วย $\rightleftharpoons$ ในสมการ) ดังนั้นเมื่อระบบอยู่ในสมดุลในสารละลายมีทั้งโมเลกุลของกรดคาร์บอนิก น้ำ ไฮโดรเจนคาร์บอเนตอิออนและไฮโดรเนียมอิออนรวมกันอยู่ ไฮโดรเนียมอิออนในสารละลายทำให้สารละลายแสดงสมบัติเป็น.....

กรด

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H_3O^+ + HCO_3^-$$

ในกรณีของอัมโมเนียมคลอไรด์ก็อธิบายได้เช่นเดียวกันว่า อัมโมเนียมคลอไรด์ละลายน้ำแล้ว แตกตัวเป็นอัมโมเนียมอิออนกับคลอไรด์อิออน อัมโมเนียมอิออนให้.....แก่น้ำกลายเป็นอัมโมเนียในสารละลายมี.....เกิดขึ้นทำให้สารละลายแสดงสมบัติเป็น.....ส่วนคลอไรด์อิออนอยู่ในสภาพอิออนที่มีน้ำล้อมรอบดังนี้

โปรตอน

ไฮโดรเนียมอิออน

กรด

$$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons \text{.....}$$

$NH_3 + H_3O^+$

เราอาจคิดอีกแง่หนึ่งว่า ปฏิกริยาระหว่างอัมโมเนียมอิออนกับน้ำก็คือการชิงโปรตอนระหว่างอัมโมเนียมอิออนกับน้ำน้ำชิงโปรตอนจากอัมโมเนียมอิออนมาแล้วเกิดเป็น.....อัมโมเนียมอิออนกลายเป็น.....

ไฮโดรเนียมอิออน

อัมโมเนีย

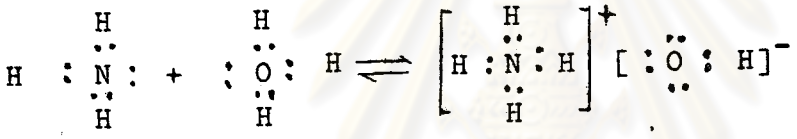
ดังนั้น สรุปได้ว่า สารที่มีสมบัติเป็นกรดคือสารที่สามารถให้โปรตอนแก่สารอื่นได้

กรอบที่ 20

สารอีกพวกหนึ่งมีสมบัติเป็นเบสทั้งที่สารนั้นในสภาพอิสระไม่มีไฮดรอกไซด์อิออนในโมเลกุล เช่น สารละลายอัมโมเนีย สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ไฮดรอกไซด์อิออนในสารละลายมาจากไหน เราจะได้ศึกษาต่อไป

เมื่ออัมโมเนียทำปฏิกริยากับน้ำเขียนสมการแสดงปฏิกริยาดังนี้

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$



สมการที่เขียนด้วยสูตรแบบจุดแสดงถึงการรับโปรตอนของอัมโมเนียจะเห็นว่าโปรตอนจากน้ำมาใช้อิเลคตรอนคู่โดดเดี่ยวของไนโตรเจนในอัมโมเนียแล้วกลายเป็นอัมโมเนียมอิออน ส่วนโมเลกุลของน้ำเสียโปรตอนไปแล้วกลายเป็น.....สารละลายจึงแสดงสมบัติเป็นเบส

กรณีที่อัมโมเนียชิงโปรตอนจากน้ำทำให้สารละลายมี.....สารละลายแสดงสมบัติเป็น.....สรุปได้ว่าสารที่รับโปรตอนจากสารอื่นคือ เบส

ไฮดรอกไซด์อิออน

ไฮดรอกไซด์อิออน

เบส

กรอบที่ 21

ในปี ค.ศ. 1923 เจ.เอน บรอนสเตด นักเคมีชาวเดนมาร์ค และ ที.เอม เลาว์รี่ นักเคมีชาวอังกฤษ ได้รวมกันตั้งทฤษฎีเกี่ยวกับกรดและเบสขึ้นเรียกว่าทฤษฎีกรดและเบสของบรอนสเตดและเลาว์รี่ มีใจความว่า "สารที่เป็นกรดคือ สารที่ให้โปรตอนแก่สารอื่น และสารที่เป็นเบสคือ สารที่รับโปรตอนจากสารอื่นได้"

ลองพิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้

เมื่อ H_2O ทำปฏิกริยากับ HCl เขียนสมการแสดงปฏิกริยาดังนี้

$$H_2O + HCl \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$$

เราวิเคราะห์ได้ว่า H_2O ทำหน้าที่เป็นเบส เพราะมีหน้าที่รับโปรตอน HCl ทำหน้าที่เป็นกรด เพราะทำหน้าที่ให้โปรตอน สวนสารละลายแสดงสมบัติเป็นกรดเพราะมีไฮโดรเจนอิออนในสารละลาย

เมื่อ H_2O ทำปฏิกริยากับ NH_3 เขียนสมการแสดงปฏิกริยาดังนี้

$$H_2O + NH_3 \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

เราวิเคราะห์ได้ว่า H_2O ทำหน้าที่เป็น.....เพราะมีหน้าที่ ..... NH_3 ทำหน้าที่เป็น.....เพราะมีหน้าที่ ..... สวนสารละลายแสดงสมบัติเป็น..... เพราะมี.....เกิดขึ้นในสารละลาย

กรด ให้โปรตอน เบส รับโปรตอน เบส ไฮดรอกไซด์อิออน

กรอบที่ 22

นักเรียนต้องยึดหลักไว้เสมอว่า

1. สารละลายจะแสดงสมบัติเป็นกรดหรือเบสขึ้นกับว่าในสารละลายนั้นมี.....หรือ .....

2. สารที่รับโปรตอนได้ สารนั้นทำหน้าที่เป็น.....ส่วนสารที่ให้โปรตรอนได้ สารนั้นทำหน้าที่เป็น.....

ดังนั้น ความหมายของทั้งสองข้อความจึงแตกต่างกัน นักเรียนต้องทำความเข้าใจให้ดีอย่าให้มีการสับสน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจดีขึ้นลองพิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้

เมื่อโซเดียมคาร์บอเนตละลายน้ำ เขียนสมการแสดงปฏิกริยาดังนี้

$$Na_2CO_3 \longrightarrow 2Na^+ + CO_3^{2-}$$

และ $$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$$

ฉะนั้น ในภาวะสมดุล ในสารละลายจะมีโซเดียมอิออนคาร์บอเนตอิออน ไฮโดรเจนคาร์บอเนตอิออน และ.....

.....ทำหน้าที่เป็นเบส เพราะมีหน้าที่.....ส่วน..... ทำหน้าที่เป็นกรดเพราะมีหน้าที่.....

สารละลายแสดงสมบัติเป็น.....เพราะมี.....เกิดขึ้นในสารละลาย

ไฮโดรเนียมอิออน ไฮดรอกไซด์อิออน

เบส

กรด

ไฮดรอกไซด์อิออน

CO_3^{2-} รับโปรตอน

H_2O ให้โปรตอน

เบส ไฮดรอกไซด์อิออน

กรอบที่ 23

จากตัวอย่างที่ศึกษาในกรอบที่ 22 จะเห็นว่าน้ำสามารถให้หรือรับโปรตอนก็ได้สุดแท้แต่ชนิดของสารหรืออิออนที่มาทำปฏิกริยากับน้ำดังนั้นการที่จะบอกว่าน้ำเป็นกรดหรือเบสนั้น ต้องดูจากปฏิกริยา

นอกจากน้ำยังมีสารและอิออนอีกหลายชนิดที่สามารถให้และรับโปรตอนได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 24

ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นจะบอกให้ทราบถึงหน้าที่ของสารว่าสารใดทำหน้าที่เป็นกรดหรือเบส เพื่อให้เข้าใจดียิ่งขึ้นจะให้นักเรียนพิจารณาปฏิกริยาของไฮโดรเจนคาร์บอนเนตอิออน เพื่อศึกษาถึงหน้าที่ของอิออนในปฏิกริยา

การทดลองที่ 4 ปฏิกริยาของไฮโดรเจนคาร์บอเนตอิออน

วิธีทำ 1 ใช้กระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตวงสารละลายคัลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตจากสารเคมีชุดที่ 4.1 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในหลอดทดลองขนาดกลาง ทดสอบความเป็นกรดเป็นเบสของสารละลายโดยใช้กระดาษลิตมัสจากสารเคมีชุดที่ 4.2 แบ่งไว้ใช้ในการทดลองข้อ 3-5 ด้วย

2. ตวงสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จากสารเคมีชุด 4.1 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในหลอดในข้อ 1 เขย่าให้เข้ากันสังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล

3. ตวงสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตจากสารเคมีชุดที่ 4.1 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในหลอดทดลองขนาดกลาง ทดสอบความเป็นกรดเป็นเบสของสารละลายด้วยกระดาษลิตมัสบันทึกผล

4. ตวงสารละลายกรดไฮโดรคลอริกจากสารเคมีชุดที่ 4.1 ใส่ในหลอดข้อ 3 เขย่าให้เข้ากันสังเกตการเปลี่ยนแปลงและทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส

5. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกลงไปอีก 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากันและทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส บันทึกผล

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4

สารละลาย	ความเป็นกรดเป็นเบส	การเปลี่ยนแปลงอย่างอื่นที่เกิดขึ้น	หน้าที่ของไฮโดรเจนคาร์บอนเนตอิออน
คัลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต	-	-	-
คัลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต + โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 cm^3			
โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต		-	-
โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต+ กรดไฮโดรคลอริก 2 cm^3			
โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต+ กรดไฮโดรคลอริก 5 cm^3			

พิจารณาจากปฏิกริยานักเรียนบอกหน้าที่ของ ไฮโดรเจนคาร์บอนเนตอิออนได้หรือไม่

1	2	3
เบส		
เบส	มีตะกอนขาวเกิดขึ้น	กรด
เบส	-	-
เบส	มีฟองก๊าซเกิดขึ้น	เบส
เบส	มีฟองก๊าซเกิดขึ้น	เบส

กรอบที่ 25

จากผลการทดลองที่ 4 สารละลายไฮโดรเจนคาร์บอเนตแสดงสมบัติเป็นเบสเพราะ HCO_3^- ทำปฏิกริยากับ H_2O ทำให้สารละลายมี ..... เกิดขึ้นเขียนสมการแสดงปฏิกริยาได้ดังนี้

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + ...$$

เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในสารละลายคัลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตจะเกิดปฏิกริยาซึ่งเขียนสมการได้คือ

$$HCO_3^- + OH^- \rightleftharpoons H_2O + CO_3^{2-}$$

คาร์บอเนตอิออนที่เกิดขึ้นรวมกับคัลเซียมอิออนในสารละลายได้คัลเซียมคาร์บอเนตเป็นตะกอนขาวตลอดมา

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightleftharpoons CaCO_3$$

จากปฏิกริยา HCO_3^- จำทำหน้าที่เป็น..... เพราะ.....

การเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกลงไปในสารละลายไฮโดรเจนคาร์บอเนต จะเกิดปฏิกริยาเขียนสมการได้ดังนี้

$$HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons H_2CO \rightleftharpoons H_2O + CO_2$$

HCO_3^- จำทำหน้าที่เป็น..... เพราะ..... ได้ H_2CO_3 ซึ่งเป็นสารที่ไม่อยู่ตัวสลายตัวให้คาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น

การเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกลงไปไม่มากนัก ยังมี HCO_3^- เหลืออยู่สารละลายจะมีสมบัติเป็นเบส แต่ถ้าเติมกรดลงไปอีกจน HCO_3^- ทำปฏิกริยาหมดไปและมีกรดเหลือ สารละลายจะแสดงสมบัติเป็นกรดเพราะมี..... ในสารละลาย

สรุปได้ว่าการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกลงในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ไฮโดรเจนคาร์บอเนตอิออนทำหน้าที่เป็นเบสตลอดเวลา แต่สารละลายจะแสดงสมบัติเป็นกรดหรือเบสขึ้นอยู่กับว่าในสารละลายนั้นมี..... หรือ..... อยู่มาก

เป็นอย่างไรบ้างคำอธิบายช่วยให้แจ่มชัดหรือยัง ถ้ายังลองอ่านซ้ำอีกสักครั้ง รับรองเข้าใจแน่

ไฮดรอกไซด์อิออน

OH^-

กรด ให้โปรตอน

เบส รับโปรตอน

ไฮโดรเนียมอิออน

ไฮโดรเนียมอิออน ไฮดรอกไซด์อิออน

กรอบที่ 26

เมื่อผสมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์กับโซเดียมไฮโดร-เจนซัลไฟด์เขียนสมการแสดงปฏิกริยาที่เกิดขึ้นดังนี้

$OH^- + HS^- \rightleftharpoons H_2O + S^{2-}$

ในปฏิกริยานี้ไฮดรอกไซด์อิออนจากโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ทำหน้าที่เป็นเบส ส่วนไฮโดรเจนซัลไฟด์อิออนจากโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำหน้าที่เป็นกรด

เมื่อผสมกรดไฮโดรคลอริกกับโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์เข้าด้วยกัน เขียนสมการแสดงปฏิกริยาที่เกิดขึ้นดังนี้

..... $H^+ + HS^- \rightleftharpoons H_2S$

ในปฏิกริยานี้ H^+ จากกรดไฮโดรคลอริกทำหน้าที่เป็..... กรด

ส่วน HS^- จากโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำหน้าที่เป็น..... เบส

จากผลการทดลองที่ 4 พบว่าไฮโดรเจนคาร์บอเนตทำหน้าที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส เขียนสมการแสดงการเปลี่ยนแปลงเมื่อ HCO_3^- ทำหน้าที่เป็นกรดได้คือ $HCO_3^- \longrightarrow H^+ + CO_3^{2-}$

ทำหน้าที่เป็นเบส $HCO_3^- + H^+ \longrightarrow H_2CO_3$

ยังมีสารอื่นที่ทำหน้าที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส เช่นไฮโดรเจนซัลไฟต์อิออน(HSO_3^-) เขียนสมการแสดงการเปลี่ยนแปลงเมื่อ HSO_3^- ทำหน้าที่เป็นกรดได้คือ

..... $HSO_3^- \longrightarrow H^+ + SO_3^{2-}$

ทำหน้าที่เป็นเบส

..... $HSO_3^- + H^+ \longrightarrow H_2SO_3$

กรอบที่ 27

สารจะทำหน้าที่เป็นกรดคือให้โปรตอนได้ต่อเมื่อมีเบสมารับโปรตอน เมื่อสารอยู่ตามลำพังจะไม่ทำหน้าที่เป็นกรดหรือเบส เนื่องจากไม่มีการให้หรือรับโปรตอนเกิดขึ้น ลองพิจารณาปฏิกริยาระหว่างกรดกับเบส

การละลายของกรดอะซีติกในน้ำ ในสารละลายกรดอะซีติกมีสมดุลเกิดขึ้นเนื่องจากกรดอะซีติกแตกตัวไม่สมบูรณ์ เขียนสมการได้ดังนี้

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3COO^-$$

ในปฏิกริยาไปข้างหน้า สารที่ให้โปรตอนคือ.....สารที่รับโปรตอนคือ..... ฉะนั้นสารที่ทำหน้าที่เป็นกรดคือ.....ส่วน สารที่ทำหน้าที่เป็นเบสคือ.....ในปฏิกริยาย้อนกลับอิออนที่ทำหน้าที่เป็นกรดคือ..... และอิออนที่ทำหน้าที่เป็นเบสคือ.....สารละลายแสดงสมบัติเป็น..... .....เพราะมี.....เกิดขึ้นในสารละลาย

CH_3COOH
H_2O CH_3COOH
H_2O
H_3O^+ CH_3COO^-
กรด ไฮโดรเนียมอิออน

ถ้าเขียนสมการย่อยแสดงการเปลี่ยนแปลงของกรดอะซีติกโดยเฉพาะเขียนได้ดังนี้

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

จะเห็นว่าอะซีเตตอิออนที่เกิดขึ้นทำหน้าที่เป็นเบสได้ในปฏิกริยาย้อนกลับ ฉะนั้นถือว่าสารทั้งสองนี้เป็นคู่กรด-เบส ซึ่งกันและกัน

ในทำนองเดียวกัน ถ้าเขียนสมการย่อยแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำได้ดังนี้

$$H_2O + H^+ \longrightarrow H_3O^+$$

ดังนั้น ไฮโดรเนียมอิออนและน้ำเป็น คู่กรด-เบสซึ่งกันและกัน เขียนสมการรวมได้ดังนี้

$$\underbrace{\overbrace{CH_3COOH}^{\text{กรด}} + \overbrace{H_2O}^{\text{เบส}}}_{\text{คู่กรด - เบส}} \rightleftharpoons \underbrace{\overbrace{H_3O^+}^{\text{กรด}} + \overbrace{CH_3COO^-}^{\text{เบส}}}_{\text{คู่กรด - เบส}}$$

คู่กรด-เบส

กรอบที่ 28

สารที่เป็นคู่กรด - เบสกันจะมีจำนวนไฮโดรเจนในสูตรผิดกันหนึ่งอะตอมสารที่เป็นกรดจะมีไฮโดรเจนอะตอมในสูตรมากกว่าคู่เบส และในปฏิกริยาระหว่างกรดกับเบส จะมีคู่กรด - เบส สองคู่เสมอ

การละลายของอัมโมเนีย ในสารละลายอัมโมเนียมีสมดุลเกิดขึ้น เขียนสมการได้ดังนี้

$$HN_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

ในปฏิกริยาไปข้างหน้า.....ทำหน้าที่เป็นกรด เพราะมีหน้าที่.....ส่วน.....ทำหน้าที่เป็นเบส เพราะมีหน้าที่.....

ในปฏิกริยาย้อนกลับ .....ทำหน้าที่เป็นกรด ส่วน..... ทำหน้าที่เป็นเบส สารละลายแสดงสมบัติเป็น.....เพราะมี .....ไอ้ดขึ้นในสารละลาย

สมการย่อยแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัมโมเนียโดยเฉพาะคือ

$$NH_3 + H^+ \rightleftharpoons NH_4^+$$

จะเห็นว่าอัมโมเนียมีอิออนกับ.....เป็นคู่กรด-เบสซึ่งกันและกัน

สมการย่อยแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำ

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ดังนั้น.....กับ.....เป็นคู่กรด-เบสซึ่งกันและกัน

เขียนสมการรวมได้ดังนี้

H_2O

ให้โปรตอน NH_3 รับโปรตอน

NH_4^+ OH^-

เบส

ไฮดรอกไซด์อิออน

อัมโมเนีย

น้ำ ไฮดรอกไซด์อิออน

$$\overbrace{NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-}^{\text{กรด-เบส}}$$

เบส กรด กรด เบส

คู่กรด-เบส

กรอบที่ 29

1. จงเขียนสมการแสดงคู่กรด-เบสในสารละลายต่อไปนี้

ก. สมการแสดงคู่กรด-เบส ในสารละลายกรดไฮโดร-คลอริก.....

คู่กรด-เบส

$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$

คู่กรด-เบส

ข. สมการแสดงคู่กรด-เบส ในสารละลายไฮโดรเจนซัล-ไฟด์ .....

$H_2S + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HS^-$

คู่กรด-เบส

2. ~~จงบอกคู่เบสของสารต่อไปนี้ เมื่อสารเหล่านี้ทำหน้าที่เป็น~~ กรด

ก. คู่เบสของ HSO_4^- คือ..... SO_4^{2-}

ข. คู่เบสของ H_2O คือ..... OH^-

3. จงบอกคู่กรดของสารต่อไปนี้ เมื่อสารเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นเบส

ก. คู่กรดของ HS^- คือ..... H_2S

ข. คู่กรดของ NH_3 คือ..... NH_4^+

โอ้โฮเก่งจริง ทำไก้ถูกหมดเลย

เรามาพักกันสักครู่เถอะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 30

จากปฏิกริยาการละลายของกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งเขียนสมการแสดงได้ดังนี้

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$$

ถ้าพิจารณาความสามารถในการชิงโปรตอนระหว่าง HCl กับ H_2O จะเห็นว่า HCl ชิงโปรตอนสู่ H_2O ไม่ได้ HCl ถูกชิงโปรตอนไปได้เป็นจำนวนมาก จัดว่ากรดไฮโดรคลอริก เป็นกรดแก่

และจากปฏิกริยาการละลายน้ำของอัมโมเนีย

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

อัมโมเนียเมื่อละลายน้ำจะชิงโปรตอนมาจากน้ำ ทำให้เกิดไฮดรอกไซด์ออออนขึ้น อัมโมเนียมีความสามารถชิงโปรตอนสูงกว่าน้ำ

จะเห็นว่า เบสมีความสามารถในการชิงโปรตอนมากกว่ากรด เบสแก่ สามารถชิงโปรตอนได้ดีกว่าเบสอ่อน

กรอบที่ 31

ตามทฤษฎีของบรอนสเตดและเลาว์รี การตัดสินว่าสารใดเป็นกรดหรือเบสได้โดยดูจากปฏิกริยาการถ่ายเท.....สารหรืออิออนที่ให้โปรตอนได้ดี หรือแตกตัวได้เป็นจำนวนมาก จัดเป็นกรดแก่ ทำนองเดียวกับสารหรืออิออนที่รับโปรตอนได้ดีจัดเป็นเบสแก่ ตรงกับข้ามสารที่ให้โปรตรอนได้น้อยหรือแตกตัวได้น้อยจัดเป็นกรดออน และสารหรืออิออนที่ไม่ค่อยรับโปรตอนจัดเบสออน

โปรตอน

กรอบที่ 32

วิธีง่าย ๆ ที่เราจะตัดสินว่าสารใดเป็นกรดแก่หรือกรดอ่อน สารใดเป็นเบสแกหรือเบสอ่อน คือการทดสอบการนำไฟฟ้าของสารละลายนักเรียนจะได้ทำการทดลองเพื่อนำผลการทดลองมาเป็นข้อมูลในการวินิจฉัย โดยอาศัยข้อเท็จจริงที่ว่า ไฮโดรเนียมอิออนหรือไฮดรอกไซด์อิออนนำไฟฟ้าได้ดีกว่าอิออนอื่น ๆ โดยเฉพาะไฮโดรเนียมอิออนนำไฟฟ้าได้ดีที่สุด

การทดลองนี้นักเรียนใช้อุปกรณ์จากกล่องชุดนักเรียนและอุปกรณ์พิเศษชุด ก ใช้สารเคมีชุดที่ 5 อ่านวิธีทำให้เข้าใจก่อนลงมือทำการทดลอง

การทดลองที่ 5 ความแรงของกรดและเบส

วิธีทำ 1 ใช้กระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรตวงสารละลาย 4 ชนิด จากสารเคมีชุดที่ 5 ชนิดละ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ในหลอดทดลองขนาดกลาง 4 หลอดดังนี้

หลอดที่ 1	สารละลายกรดไฮโดรคลอริก	1 โมล/ลิตร
หลอดที่ 2	สารละลายกรดอะซีติก	1 โมล/ลิตร
หลอดที่ 3	สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	1 โมล/ลิตร
หลอดที่ 4	สารละลายอัมโมเนีย	1 โมล/ลิตร

เขียนหมายเลขกำกับแต่ละหลอด

2. จุ่มลวดตัวนำของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าจากอุปกรณ์พิเศษ ก ลงในสารละลายที่ละหลอดจุ่มให้ลึกเท่ากัน (อย่าลืมทำความสะอาดลวดตัวนำทุกครั้ง) สังเกตความสว่างของหลอดไฟแต่ละครั้งเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟบันทึกผล

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5

หลอดที่	สารละลาย	ความสว่างของหลอดไฟ	ปริมาณการนำไฟฟ้า
1.	HCl		
2.	CH_3COOH		
3.	NaOH		
4.	NH_4OH		

นักเรียนสังเกตเห็นความแตกต่างของความสว่างของหลอดไฟหรือไม่

1	2
สว่าง มีแสงไฟแต่ไม่สว่าง	มาก น้อย
สว่าง มีแสงไฟแต่ไม่สว่าง	มาก น้อย

กรอบที่ 33 จากผลการทดลองที่ 5 นักเรียนจะเห็นว่าสารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากันนำไฟฟ้าได้.....ความสว่างของหลอดไฟที่เราสังเกตได้จึงเป็นข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลาย.....และความเข้มข้นของไฮโรอกไซด์อิออนในสารละลาย..... ได้ จากผลการทดลองพบว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริกนำไฟฟ้าได้มากกว่ากรดอะซีติกแสดงว่ากรดไฮโดรคลอริกแตกตัวให้.....ได้.....กรดอะซีติก เพราะฉะนั้นกรดไฮโดรคลอริกจึงเป็น.....กว่ากรดอะซีติกในทำนองเดียวกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แตกตัวให้.....ได้.....สารละลายอัมโมเนีย เพราะฉะนั้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จึงเป็น...กว่าสารละลายอัมโมเนีย	ไม่เท่ากัน กรด เบส ไฮโดรเจนอิออน มาก กว่า กรดแก่ ไฮดรอกไซด์อิออน มากกว่า เบสแก่
กรอบที่ 34 สารละลายกรดหรือเบสที่มีความเข้มข้นเท่ากัน แต่นำไฟฟ้าได้ไม่เท่ากัน แสดงให้เห็นว่ามีกรดและเบสบางชนิดแตกตัวไม่สมบูรณ์ ทำให้มีสมดุลเกิดขึ้น สมดุลที่เกิดในสารละลายกรดหรือเบสมีสมบัติเหมือนสมดุลทั่วไปที่เคยศึกษา เราจะได้ศึกษาถึงเรื่องค่าคงตัวของสมดุลของกรดอ่อนและเบสอ่อนต่อไป	

กรอบที่ 35

ค่าคงตัวของสมดุลของกรดอ่อน บทเรียนตอนนี้นักเรียนต้องนำความรู้เรื่องสมดุลมาใช้ให้เต็มที่

สมมุติให้ HB เป็นสูตรของกรดอ่อนชนิดหนึ่ง กรดนั้นละลายน้ำแล้วแตกตัวไม่สมบูรณ์ มีสมดุลเกิดขึ้นเขียนสมการได้ดังนี้

$$HB + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + B^-$$

เมื่อสารละลายอยู่ในภาวะสมดุล อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับเท่ากัน คำนวณหาค่าคงตัวของสมดุลได้คือ

$$K = \frac{[H_3O^+][B^-]}{[HB][H_2O]}$$

เนื่องจากกรดนี้เป็นกรดอ่อน จึงมีไฮโดรเจนอิออนที่แตกตัวไปรวมกับน้ำน้อยมากไม่ทำให้ความเข้มข้นของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิมมากนัก เราประมาณว่าความเข้มข้นของน้ำยังเท่าเดิม ความเข้มข้นของน้ำในสมการเป็นค่าคงที่ นำค่านี้คูณตลอดจะได้

$$K[H_2O] = \frac{[H_3O^+][B^-]}{[HB]}$$

$K[H_2O]$ เป็นค่าคงตัวเรียกว่า ค่าคงตัวของสมดุลของกรด เขียนแทนด้วย

$$Ka = \frac{[H_3O^+][B^-]}{[HB]}$$

เพื่อให้สมการง่าย เราจะไม่เขียนสูตรของน้ำในสมการแสดงสมดุลสมการการแตกตัวของกรดอ่อน HB ในน้ำ เขียนใหม่ดังนี้

$$HB \rightleftharpoons H^+ + B^-$$

$$Ka = \frac{[H^+][B^-]}{[HB]}$$

เราหาค่า Ka ได้จากการทดลอง ซึ่งนักเรียนจะได้ทดลองหาต่อไป

การทดลองที่ 6 เป็นการทดลองที่นักเรียนต้องใช้ความประณีตมาก หยิบหยิบอุปกรณ์เตรียมให้พร้อมใช้สารเคมีชุดที่ 6

กรอบที่ 36

การทดลองที่ 6 การหาค่าคงตัวของสมดุลของกรดอะซีติก

วิธีทำ 1 ใช้กระบอกตวงขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรตวงสารละลายกรดอะซีติกจากสารเคมีชุดที่ 6 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ปีกเกอร์ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. ต่อที่จับหลอดทดลองกับข้างหีบอุปกรณ์ ใช้ที่จับหลอดทดลองจับส่วนที่เป็นพลาสติกของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าจากอุปกรณ์พิเศษชุด ก. ให้ลวดตัวนำจุ่มอยู่ในสารละลาย

3. หาระดับในการจุ่มลวดตัวนำที่จะทำให้มีแสงไฟหรี่มากโดยการขยับลวดขึ้นและลง ถ้ายกพ้นระดับนี้ไฟจะดับแต่ถ้าค่อย ๆ จุ่มลงไปจนถึงระดับนี้ไฟจะเริ่มสว่างอีก ยึดเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าให้ลวดตัวนำจุ่มอยู่ในระดับนี้ตลอดการทดลอง

4. รินน้ำกลั่น 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ในปีกเกอร์ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรอีกใบหนึ่ง วางปีกเกอร์ใบนี้แทนที่ใบแรกโดยมีลวดตัวนำจุ่มอยู่ในระดับเดียวกัน

5. ใช้หลอดหยดขนาดใหญ่หยดสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 โมล/ลิตร จากสารเคมีชุดที่ 6 ลงในน้ำที่ละหยด และคนให้ทั่วด้วยแท่งแก้วคนสาร สังเกตว่าเมื่อใดหลอดไฟเริ่มติดอีก จดจำนวนหยดของกรดที่ใช้(ระวังให้หยดของสารละลายกรดมีขนาดเท่า ๆ กัน)

6. หาปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 หยด โดยใช้หลอดหยดอันเดิมหยดสารละลายกรดลงในกระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรทีละหยดจนมีปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรนับจำนวนของสารละลายกรดพร้อมทั้งจดจำนวนหยดไว้

ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก.....หยดหลอดไฟจึงเริ่มติด 15 แล้วแต่การ

สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรมี....หยด 20 ปฏิบัติ

กรอบที่ 37 จากผลการทดลองที่ 6 นักเรียนจะพบว่าเราต้องใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกลงไปจำนวนหนึ่งจึงทำให้หลอดไฟสว่าง ประมาณได้ว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีอิออนเท่ากับสารละลายกรดอะซีติก เนื่องจากเป็นสารละลายกรดทั้งคู่ ฉะนั้นในสารละลายจึงมี.....เท่ากัน เราจะช่วยกันคำนวณว่าจะมีความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในสารละลายกรดอะซีติกเท่าไร โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	ไฮโดรเจนอิออน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 38

วิธีการคำนวณหาความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

วิธีการคำนวณ	นักเรียนคำนวณโดยใช้ผลจากการทดลอง	
1. สมมุติว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรมี a หยด	1. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรมี....หยด	20
2. ฉะนั้นปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 หยด = $\frac{1}{a}=v$ ลูกบาศก์เซนติเมตร	2. ฉะนั้นปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 หยด.... =.....ลูกบาศก์เซนติเมตร	$\frac{1}{20}$ .05
3. จำนวนหยดของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ทำให้หลอดไฟสว่างเท่ากับสารละลายกรดอะซีติก = n หยด	3. จำนวนหยดของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ทำให้หลอดไฟสว่างเท่ากับสารละลายกรดอะซีติก = ...หยด	15
4. ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ทั้ง = nv ลูกบาศก์เซนติเมตร	4. ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ทั้งหมด=..... ลูกบาศก์เซนติเมตร	15 x .05
5. ปริมาตรของน้ำ+ ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก = 50+nv ลูกบาศก์เซนติเมตร	5. ปริมาตรของน้ำ + ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก= ลูกบาศก์เซนติเมตร	50+(15x05)

กรอบที่ 38 (ต่อ)

สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเดิมมีความเข้มข้น 1 โมล/ลิตร ใช้สารละลายกรดนี้จำนวน nv ลูกบาศก์เซนติเมตร มาทำให้มีปริมาตรใหม่ = 50+nv ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายกรด 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีกรดไฮโดรคลอริก 1 โมล สารละลายกรด nv ลูกบาศก์เซนติเมตร มีกรดไฮโดรคลอริก = $\frac{nv}{1000}$ โมล สารละลายกรด 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีกรดไฮโดรคลอริก = $\frac{nv}{1000}$ = $\frac{nv \times 1000}{1000 \times (50+nv)}$ โมล

ฉะนั้น สารละลายกรดใหม่มีความเข้มข้น

= $\frac{nv}{50+nv}$ โมล

กรดไฮโดรคลอริกในสารละลายเจือจางแตกตัวอย่างสมบูรณ์

7 ฉะนั้น ความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนจากสารละลายกรดนี้ = $\frac{nv}{50+nv}$ โมล/ลิตร

สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเดิมมีความเข้มข้น 1 โมล/ลิตร ใช้สารละลายกรดนี้จำนวน.....ลูกบาศก์เซนติเมตร มาทำให้มีปริมาตรใหม่ = ...ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายกรด 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีกรดไฮโดรคลอริก 1 โมล สารละลายกรด.....ลูกบาศก์เซนติเมตร มีกรดไฮโดรคลอริก = $\frac{.....}{1000}$ โมล สารละลายกรด 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีกรดไฮโดรคลอริก = ... โมล

ฉะนั้น สารละลายกรดใหม่มีความเข้มข้น

= ..... โมล

กรดไฮโดรคลอริกในสารละลายเจือจางแตกตัวอย่างสมบูรณ์

7 ฉะนั้น ความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนจากสารละลายกรดนี้

=..... โมล/ลิตร

15x.05

50+ (15x.05)

15x.05

$\frac{15x.05}{1000}$

$\frac{15x.05x1000}{1000x\ 50+(15x.05)}$

$\frac{15x.05}{50+(15x.05)}$

$\frac{15x.05}{50+(15.05)}$

กรอบที่ 39

เนื่องจากสารละลายกรดอะซีติกและกรดไฮโดรคลอริกนำไฟฟ้าได้เท่า ๆ กัน เราจึงประมาณว่าในสารละลายทั้งสองมีอิออนเป็นจำนวนเท่ากัน ฉะนั้น ความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในสารละลายกรดอะซิติก

= .....โมล/ลิตร

$\frac{15x.05}{50+(15x.05)}$

เราจะนำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาคำนวณค่าคงตัวของสมดุลของสารละลายกรดอะซีติก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 40

การคำนวณค่าคงตัวของสมดุลของสารละลายกรดอะซีติก เมื่อสารละลายกรดอะซีติกอยู่ในสมดุล เขียนสมการได้ดังนี้

$$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$$

$$Ka = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ จำเป็นต้องมีการประมาณค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. การประมาณค่า $[CH_3COOH]$ ที่สมดุล

ความเข้มของกรดอะซีติกส่วนที่ไม่แตกตัว = ความเข้มข้นของกรดอะซีติกทั้งหมดที่ใส่ลงไป - ความเข้มข้นของกรดส่วนที่แตกตัวไป

แต่เนื่องจากกรดอะซีติกเป็นกรดอ่อน ส่วนที่แตกตัวจึงมีน้อยมาก จนประมาณได้ว่าความเข้มข้นของส่วนที่ไม่แตกตัว = ความเข้มข้นของกรดทั้งที่ใส่ลงไป

สำหรับการทดลองนี้ $[CH_3COOH]$ = 1 โมล/ลิตร

2. การประมาณค่า $[H^+]$ ที่สมดุล

ไฮโดรเจนอิออนในสารละลายเกิดจาก 1. การแตกตัวของกรดอะซีติก

2. การแตกตัวของน้ำ

แต่เนื่องจากน้ำแตกตัวได้น้อยมาก จึงประมาณได้ว่า $[H^+]$ ในสารละลายมาจากการแตกตัวของกรดอะซีติกเท่านั้น

สำหรับการทดลองนี้ $[H^+]$ ..... โมล/ลิตร $\frac{15x.05}{50+(15x.05)}$

3. การประมาณค่า $[CH_3COO^-]$ ที่สมดุล

ถ้ากรดอะซีติกแตกตัวไป 1 โมล จะให้ไฮโดรเจนอิออน 1 โมล และอะซีเตตอิออน 1 โมล

ในการทดลองนี้เราคำนวณหาได้ว่ากรดอะซีติกแตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออน = ... โมล/ลิตร $\frac{15x.05}{50+(15x.05)}$

ฉะนั้นในการทดลองนี้มี $[CH_3COO^-]$ = ... โมล/ลิตรด้วย $\frac{15x.05}{50+(15x.05)}$

กรอบที่ 41

การประมาณค่าความเข้มข้นของสารเป็นสิ่งที่จะช่วยให้การคำนวณง่ายขึ้น

จากค่าคงตัวของสมดุลของกรดอะซีติก

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

เราได้ว่า $[CH_3COO^-] = [H^+]$

ฉะนั้น $K_a = \frac{[H^+]^2}{[CH_3COOH]}$

แทนค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง

$$K_a = \frac{\left(\frac{nv}{50+nv}\right)^2}{1}$$

$$K_a = \left(\frac{nv}{50+nv}\right)^2$$

จากผลการทดลองของนักเรียน

$$K_a = \frac{\left\{\frac{15x.05}{50+(15x.05)}\right\}^2}{1}$$

$$= \left\{\frac{15x.05}{50+(15x.05)}\right\}^2$$

$$= .014$$

ทำให้เป็นเลขยกกำลัง $= 1.4x10^{-2}$

นักเรียนมีปัญหาในการคำนวณหรือเปล่า ถ้ามีข้อให้ย้อนกลับไปอ่านทีละขั้นและเริ่มคำนวณใหม่อย่างเพิ่งเบื่อนะคนดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 42

เราสามารถคำนวณหาค่าคงตัวของสมดุลของกรดอ่อนชนิดอื่นได้โดยใช้วิธีการทดลองในทำนองเดียวกัน

ค่าคงตัวของสมดุลจะเป็นค่าที่บอกว่าขณะสมดุลมีผลิตภัณฑ์มากหรือน้อย ถ้าค่าคงตัวของสมดุลมีค่าสูง แสดงว่าขณะสมดุลระบบมีผลิตภัณฑ์มาก ถ้าค่าคงตัวของสมดุลมีค่าต่ำ แสดงว่าขณะสมดุลระบบมีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นน้อย

กรอบที่ 43

ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าคงตัวของสมดุลที่คำนวณได้ ค่าคงตัวของสมดุลของก็เช่นกันจะเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณของไฮโดรเจนอิออนที่แตกตัวออกมา <u>กรดอ่อนต่าง ๆ ที่มีความเข้มข้นเท่ากันจะมีความแรงไม่เท่ากัน</u> คือแตกตัวให้ปริมาณไฮโดรเจนอิออนได้ไม่เท่ากัน กรดที่แตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออนได้มากจะมีความแรงมากกว่ากรดที่แตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออนได้น้อย เพราะฉะนั้นกรดอ่อนที่มีค่า Ka สูงจึงเป็นกรดที่แตกตัวให้ .....ได้มากกว่ากรดอ่อนที่มีค่า Ka ต่ำ กรดอ่อนที่มีค่า Ka สูงจึงเป็นกรดที่มีความแรงมากเท่ากรดที่มีค่า Ka ต่ำ

สำหรับกรดอ่อนที่มีสูตรทั่วไปว่า HB <u>ถ้าสารละลายที่มีความเข้มข้นเท่า ๆ กันแล้ว เราเทียบความแรงของกรดได้โดยดูจากค่า Ka</u>

ในกรณีของกรดแก่จะแตกตัวหมดหรือเกือบหมด ค่าความเข้มข้นของส่วนที่ไม่แตกตัวเป็นศูนย์ หรือเกือบเป็นศูนย์ ซึ่งวัดปริมาณได้ยากมาก เราจึงไม่คำนวณหาค่าคงตัวของสมดุลของกรดแก

ไฮโดรเจนอิออน

กรอบที่ 44

กรดที่มีสูตรทั่วไปว่า HB หมายความว่าในหนึ่งโมเลกุลของกรดแตกตัวให้โปรตอน (H^+) ได้เพียงหนึ่งเท่านั้น ยังมีกรดอื่น ๆ อีกที่หนึ่งโมเลกุลแตกตัวให้โปรตอนได้มากกว่าหนึ่ง คือกรดประเภทโพลีโปรติก ได้แก่ กรดที่มีสูตรทั่วไปว่า H_2B เช่น กรดซัลฟุริก (H_2SO_4) หรือกรดที่มีสูตรทั่วไปว่า H_3B เช่น กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 45

กรดโพลีโปรติกหนึ่งโมเลกุลแตกตัวให้โปรตอนได้มากกว่าหนึ่งโปรตอน การแตกตัวจะเป็นไปตามลำดับขั้น เช่น

กรด H_2B แตกตัวเป็น 2 ขั้นคือ

ขั้นที่ 1 $H_2B \rightleftharpoons H^+ + HB^-$

ค่าคงตัวของสมดุลของกรดขั้นที่ $Ka_1 = \frac{[H^+][HB^-]}{[H_2B]}$

ขั้นที่ 2 $HB^- \rightleftharpoons H^+ + B^{2-}$

ค่าคงตัวของสมดุลของกรด H_2B นี้จะมีโมเลกุลของกรดน้ำ ไฮโดรเนียมอิออนและอิออนอื่น ๆ ของกรดคือ HB^- และ B^{2-} ปนกันอยู่ทั้งหมด แต่จะมีอะไรมากน้อยเพียงใดขึ้นกับค่า Ka ของขั้นต่าง ๆ

ตัวอย่าง การแตกตัวของกรดซัลฟูรัส

กรด H_2SO_3 แตกตัวเป็น 2 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 $H_2SO_3 \rightleftharpoons H^+ + HSO_3^-$

$$Ka_1 = \frac{[H^+][HSO_3^-]}{[H_2SO_3]}$$

ขั้นที่ 2 $HSO_3^- \rightleftharpoons H^+ + SO_3^{2-}$

$$Ka_2 = \frac{[H^+][SO_3^{2-}]}{[HSO_3^-]}$$

ในสารละลายของกรด H_2SO_3 จะมีโมเลกุลของกรด น้ำไฮโดรเนียมอิออน HSO_3^- และ SO_3 ปนกันอยู่ทั้งหมด

ตัวอย่าง การแตกตัวของกรดคาร์บอนิก

กรด H_2CO_3 แตกตัวเป็น 2 ขั้นคือ

ขั้นที่ 1 ..... $H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$

Ka_1 = ... $\frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$

ขั้นที่ 2 ..... $HCO_3 \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$

K_{a_2} = ... $\frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$

ในสารละลายของกรด H_2CO_3 จะมีโมเลกุลของกรดน้ำ ไฮโดรเนียมอิออน .....และ ..... ปนอยู่ทั้งหมด HCO_3^- CO_3^{2-}

กรอบที่ 46

จากการแตกตัวของกรดซัลฟุรัส

ขั้นที่ 1 $H_2SO_3 \rightleftharpoons H^+ + HSO_3^-$

ขั้นที่ 2 $HSO_3^- \rightleftharpoons H^+ + SO_3^{2-}$

ค่า $Ka_1 = 1.2 \times 10^{-2}$

และค่า $Ka_2 = 5.6 \times 10^{-8}$

จะเห็นว่าค่า Ka_1 มีค่ามากกว่า Ka_2 มากถึงประมาณ 1 ล้าน เท่าแสดงว่าในสารละลายมีไฮโดรเนียมอิออน และไฮโดรเจนซัลไฟต์อิออนเป็นส่วนใหญ่เนื่องจาก Ka_2 มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ Ka_1 ถือว่าเป็นค่าที่ไม่มีความหมาย เราจึงใช้ค่า Ka_1 สำหรับเปรียบเทียบความแรงของกรดซัลฟุรัสกับกรดที่มีสูตรไปว่า HB ไว้ แต่ในกรณีของกรดตัวอื่นที่มีค่า Ka_2 สูงเมื่อเทียบกับ Ka_1 เราจะละเลยไม่คิดไม่ได้ เช่นกรณีของกรดซัลฟุริก

$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$ แตกตัว 100 %

$HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{2-}$ $Ka_2 = 1.2 \times 10^{-2}$

กรอบที่ 47

สำหรับกรดโพลีโปรติกที่มีสูตรทั่วไป H_3B

กรด H_3B มีการแตกตัวเป็น 3 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 $H_3B \rightleftharpoons H^+ + H_2B^-$

ค่าคงตัวของสมดุลของกรดขั้นที่ 1 $Ka_1 = \frac{[H^+][H_2B^-]}{[H_3B]}$

ขั้นที่ 2 $H_2B^- \rightleftharpoons H^+ + HB^{2-}$

ค่าคงตัวของสมดุลของกรดขั้นที่ 2 $Ka_2 = \frac{[H^+][HB^{2-}]}{[H_2B^-]}$

ขั้นที่ 3 $HB^{2-} \rightleftharpoons H^+ + B^{3-}$

ค่าคงตัวของสมดุลของกรดขั้นที่ 3 $Ka_3 = \frac{[H^+][B^{3-}]}{[HB^{2-}]}$

ในสารละลายของกรด Ka_3 นี้จะมีโมเลกุลของกรด น้ำ ไฮโดรเนียมอิออน และอิออนอื่น ๆ ของกรดคือ HB^{2-} และ B^{3-} ปนกันอยู่ทั้งหมด แต่จะมีอะไรมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นกับค่า Ka ของขั้นต่าง ๆ

ตัวอย่าง 1 การแตกตัวของกรดอาร์เซนิก

กรด H_3AsO_4 แตกตัวเป็น 3 ขั้นคือ

ขั้นที่ 1 $H_3AsO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2AsO_4^-$

$Ka_1 = \frac{[H^+][H_2AsO_4^-]}{[H_3AsO_4]}$

ขั้นที่ 2 $H_2AsO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HAsO_4^{2-}$

$Ka_2 = \frac{[H^+][HAsO_4^{2-}]}{[H_2AsO_4^-]}$

ขั้นที่ 3 $HAsO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + AsO_4^{3-}$

$Ka_3 = \frac{[H^+][AsO_4^{3-}]}{[HAsO_4^{2-}]}$

ตัวอย่าง การแตกตัวของกรดฟอสฟอริก

กรด H_3PO_4 แตกตัวเป็น 3 ขั้นดังนี้

ขั้นที่ 1 .....

Ka_1 = ...

ขั้นที่ 2 .....

Ka_2 = ...

ขั้นที่ 3 .....

Ka_3 =

$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$

$\frac{[H^+][H_2PO_4^-]}{[H_3PO_4]}$

$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$

$\frac{[H^+][HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]}$

$HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$

$\frac{[H^+][PO_4^{3-}]}{[HPO_4^{2-}]}$

กรอบที่ 48

จากค่าคงตัวของสมดุลของกรด H_3PO_4 ในแต่ละขั้น

$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^- \quad Ka_1 = 7.5 \times 10^{-3}$$

$$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-} \quad Ka_2 = 6.3 \times 10^{-8}$$

$$HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-} \quad Ka_3 = 4.0 \times 10^{-13}$$

ในสารละลายจะมีโมเลกุลและอิออนทุกชนิดที่ปรากฏอยู่ในปฏิกริยาทั้ง 3 ขั้น จะเห็นว่า Ka_1 มีค่า..... Ka_2 และ Ka_3 มาก แสดงว่าในสารละลายนอกจากมี H^+ มากแล้วยังมี.....มากกว่า.....และ.....เราสามารถใช้ค่า Ka_1 เพื่อเปรียบเทียบความแรงของกรดฟอสฟอริกกับกรดทั่วไปที่มีสูตร HB ได้

สูงกว่า

$H_2PO_4^-$ HPO_4^{2-}

PO_4^{3-}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 49

ตารางแสดงค่าคงตัวของสมดุลของกรด

ลำดับที่	กรด	สูตร	ค่า Ka ที่ 25 องศาเซลเซียส
1	กรดเปอร์คลอริก	$HClO_4$	แตกตัวหมดวัดค่า Ka ไม่ได้
2	กรดไฮโดรไอโอดิก	HI	แตกตัวหมดวัดค่า Ka ไม่ได้
3	กรดไฮโดรโบรมิก	HBr	แตกตัวหมดวัดค่า Ka ไม่ได้
4	กรดไฮโดรคลอริก	HCl	แตกตัวหมดวัดค่า Ka ไม่ได้
5	กรดไนตริก	NHO_3	แตกตัวหมดวัดค่า Ka ไม่ได้
6	กรดซัลฟุริก	H_2SO_4	แตกตัวหมดวัดค่า Ka ไม่ได้
7	กรดออกซาลิก	$H_2C_2O_4$	5.4×10^{-2}
8	กรดฟอสฟอรัส	H_3PO_3	1.6×10^{-2}
9	กรดซัลฟุรัส	H_2SO_3	1.2×10^{-2}
10	ไฮโดรเจนซัลเฟตอิออน	HSO_4^-	1.2×10^{-2}
11	กรดฟอสฟอริก	H_3PO_4	7.5×10^{-3}
12	กรดไฮโดรฟลูออริก	HF	6.8×10^{-4}
13	กรดไนตรัส	HNO_2	5.1×10^{-4}
14	กรดฟอร์มิก	HCOOH	1.8×10^{-4}
15	กรดอะซีติก	CH_3COOH	1.8×10^{-5}
16	ไดไฮโดรเจนฟอสไฟต์อิออน	$H_2PO_3^-$	6.3×10^{-7}
17	กรดคาร์บอนิก	H_2CO_3	4.4×10^{-7}
18	กรดไฮโดรซัลฟุริก	H_2S	1.1×10^{-7}
19	ไดไฮโดรเจนฟอสเฟตอิออน	$H_2PO_4^-$	6.3×10^{-8}
20	ไฮโดรเจนซัลไฟต์อิออน	HSO_3^-	5.6×10^{-8}
21	อัมโมเนียมอิออน	NH_4^+	6.0×10^{-10}
22	กรดไฮโดรไซยานิก	HCN	4.8×10^{-10}
23	ไฮโดรเจนคาร์บอเนตอิออน	HCO_3^-	5.0×10^{-11}
24	ไฮโดรเจนฟอสเฟตอิออน	HPO_4^{2-}	4.0×10^{-11}
25	ไฮโดรเจนซัลไฟดอิออน	HS^-	1.3×10^{-13}

กรอบที่ 50

1. จงเขียนสมการย่อยแสดงการรับและการให้โปรตอนของไดโฮโดรเจนฟอสไฟตอิออน ($H_2PO_3^-$)

เมื่อ $H_2PO_3^-$ รับโปรตอนเขียนสมการแสดงปฏิกริยาได้ดังนี้ $H_2PO_3^- + H^+ \longrightarrow H_3PO_3$

.....

เมื่อ $H_2PO_3^-$ ให้โปรตอนเขียนสมการแสดงปฏิกริยาได้ดังนี้ $H_2PO_3^- \longrightarrow HPO_3^{2-} + H^+$

.....

2. กรดไฮโดรโบรมิกเป็นกรดแก่ ถ้าสารละลายของกรดนี้มีความเข้มข้น 0.5 โมล/ลิตร ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออน =....โมล/ลิตร 0.5

3. ถ้ามีกรดอยู่ 5 ชนิดคือกรดไนตรัส กรดซัลฟุรัส กรดฟอสฟอรัส กรดคาร์บอนิก และกรดอะซีติก จงเรียงลำดับความแรงของกรดเหล่านี้ โดยพิจารณาค่า Ka ในตารางที่ให้ไว้ในกรอบที่ 49

เมื่อพิจารณาค่า Ka ในตารางแล้วเรียงลำดับความแรงของกรดจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ กรด..... Ka =

กรด..... Ka =

กรด..... Ka =

กรด..... Ka =

กรด.....

ฟอสฟอรัส 1.6×10^{-2}

ซัลฟุรัส 1.2×10^{-2}

ไนตรัส 5.1×10^{-4}

อะซีติก 1.8×10^{-5}

คาร์บอนิก 4.4×10^{-7}

4. สารละลายกรดไฮโดรฟลูออริก 0.5 โมล/ลิตร มีไฮโดรเนียมอิออน 6.8×10^{-4} โมล/ลิตร จงคำนวณค่าคงตัวของสมดุลของกรด

เราคำนวณค่าคงตัวของกรดจากสูตร $Ka = \frac{[H^+]^2}{[HF]}$

แทนค่า $Ka = \frac{(6.8 \times 10^{-4})^2}{0.5}$

$= \frac{46.24 \times 10^{-8}}{0.5}$

$= 9.3 \times 10^{-7}$

ค่าคงตัวของสมดุลของกรดไฮโดรฟลูออริก $= 9.3 \times 10^{-7}$

หยุดพักให้ครูตรวจแบบฝึกหัดชุดนี้ก่อนเถอะ

กรอบที่ 51

ในตอนต้นบทเรียนเราได้ศึกษาบทบาทของตัวทำละลาย และพบว่าน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี สารละลายในน้ำของก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์มีฤทธิ์เป็นกรด สารละลายในน้ำของก๊าซอัมโมเนียมีฤทธิ์เป็นเบส ถ้าพิจารณาถึงปฏิกริยาน้ำอาจทำหน้าที่เป็นกรดหรือเป็นเบสก็ได้ แต่ถ้าทดสอบสมบัติของน้ำบริสุทธิ์จะได้ผลว่าน้ำมีสมบัติเป็นกลาง เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น นักเรียนลองเดาซิ ไม่ถูกก็ช่าง เอาลองอีกครั้ง ก็ไม่ถูกอีกละ ยังงั้นเรามาศึกษาสมบัติของน้ำเพิ่มเติมดีกว่า

เนื่องจากน้ำนำไฟฟ้าได้น้อยมาก เราจึงต้องใช้เครื่องมือสำหรับตรวจนำไฟฟ้าที่มีความไวมากจากอุปกรณ์พิเศษชุด ค แทนเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าที่เราใช้อยู่ ซึ่งมีความไวน้อย <u>การใช้มิเตอร์จากอุปกรณ์พิเศษ ชุด ค นี้ต้องระวังเมื่อต่อมิเตอร์เข้ากับเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าให้ใช้แบตเตอรี่ 3 โวลต์ และระวังอย่าให้ลวดตัวนำสัมผัสกัน</u> เพราะจะทำให้เกิดวงจรปิดกระแสไฟจำนวนมากจากแบตเตอรี่จะวิ่งเข้ามิเตอร์ ทำให้เครื่องเสีย

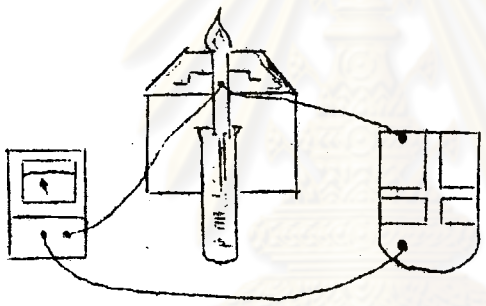
ในการตรวจการนำไฟฟ้าของน้ำบริสุทธิ์ ต้องใช้น้ำที่กลั่นได้ใหม่ๆ หรือน้ำกลั่นที่เก็บไว้โดยไม่ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือสารประกอบอื่นเข้าไปละลายปนอยู่ เพราะสารเหล่านี้จะไปทำให้น้ำนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น ในการทดลองนี้ครูจะเตรียมน้ำกลั่นไว้ให้ นักเรียนเตรียมอุปกรณ์จากหีบอุปกรณ์และเครื่องมือที่จะใช้ให้พร้อมใช้สารเคมีชุดที่ 7 ก่อนลงมือทำการทดลองนักเรียนต้องอ่านวิธีทำให้เข้าใจเสียก่อน ถ้าพร้อมเมื่อไรลงมือทดลองได้ทันที

กรอบที่ 52

การทดลองที่ 7 การแตกตัวของน้ำบริสุทธิ์

วิธีทำ 1 ใช้กระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตวงน้ำกลั่นจากสารเคมีชุดที่ 7.1 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ในหลอดทดลองขนาดกลางทดสอบความเป็นกรดเป็นเบสโดยใช้กระดาษลิตมัสจากสารเคมีชุดที่ 7.2 แบ่งส่วนหนึ่งไว้ใช้ในข้อ 6 และตรวจการนำไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์พิเศษชุด ก บันทึกผล

2. ต่ออุปกรณ์พิเศษชุด ค เข้ากับอุปกรณ์พิเศษชุด ก ดังรูป



รูป แสดงการต่อมิเตอร์ที่มีความไวมากเข้ากับเครื่องตรวจไฟฟ้า

3. จุ่มลวดตัวนำของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าลงในน้ำกลั่นอ่านเข็มบนหน้าปัดของมิเตอร์ จดบันทึกผล

4. อุ่นน้ำกลั่นในหลอดให้มีอุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียสโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์จากอุปกรณ์พิเศษชุด ง การทดสอบการนำไฟฟ้าโดยใช้เครื่องตรวจการนำไฟฟ้าและมิเตอร์ นักเรียนสังเกตเห็นความแตกต่างกันหรือไม่

5. ตั้งน้ำกลั่นทิ้งไว้ให้เย็นจนมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้องทดสอบการนำไฟฟ้าอีกครั้ง โดยดูการเบนของเข็มมิเตอร์

6. ตวงน้ำประปาจากสารเคมีชุดที่ 7.1 ด้วยกระบอกตวง 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทดสอบการเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัสและการนำไฟฟ้าโดยใช้เครื่องตรวจการนำไฟฟ้าและมิเตอร์ บันทึกผลในหน้าต่อไป

กรอบที่ 52 (ต่อ)

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 7

ชนิดของน้ำ	การเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัส	เครื่องตรวจการนำไฟฟ้า		การเบนของเข็ม
		หลอดไฟสว่าง	หลอดไฟไม่สว่าง	
น้ำกลั่นก่อนทำให้ร้อน				
น้ำกลั่นอุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส				
น้ำกลั่นที่ปล่อยให้เย็น				
น้ำประปาที่ใช้ประจำวัน				

1	2		3
	สว่าง	ไม่สว่าง	
ไม่		✓	เบนมากที่ 2
ไม่		✓	เบนมากที่ 3
ไม่		✓	เบนน้อยที่สุด
ไม่		✓	เบนมากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 53

จากผลการทดลองที่ 7 เราไม่สามารถวัดการนำไฟฟ้าของน้ำด้วยเครื่องตรวจการนำไฟฟ้า ต้องใช้มิเตอร์จึงจะวัดได้ ทำให้ได้ผลการทดลองว่า

น้ำกลั่นนำไฟฟ้าได้เล็กน้อย แสดงว่ามีการแตกตัวเป็นอิออนได้แต่น้อยมาก เมื่อเทียบกับน้ำที่ใช้ในชีวิตประจำวันซึ่งนำไฟฟ้าได้ดีกว่าเพราะมีสารที่นำไฟฟ้าได้ละลายอยู่ แต่เราสามารถทำให้น้ำกลั่นนำไฟฟ้าได้ดีขึ้นโดยการเพิ่มอุณหภูมิ ดังนั้นการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่นขึ้นกับ..... อุณหภูมิ

สารละลายที่มีไฮโดรเนียมอิออนหรือไฮดรอกไซด์มากจึงสามารถเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสได้และสารละลายมีอิออนที่นำไฟฟ้าได้ จากการสอบการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสของน้ำกลับ พบว่าน้ำกลั่นไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส แต่นำไฟฟ้าได้แสดงว่าน้ำกลั่นต้องมีการแตกตัวให้อิออนที่นำไฟฟ้าได้ แต่ไม่มีไฮโดรเนียมอิออนหรือไฮดรอกไซด์อิออนอย่างหนึ่งอย่างใดมากพอที่จะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส น้ำบริสุทธิ์จึงมีสมบัติเป็นกลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 54

น้ำกลั่นแตกตัวให้.....ได้น้อยมากดังนั้นการนำไฟฟ้าจึงน้อย น้ำมีการแตกตัวให้ไฮโดรเนียมอิออนได้เท่ากับไฮดรอกไซด์อิออน น้ำบริสุทธิ์จึงมีสมบัติเป็นกลาง ถ้าวัดการนำไฟฟ้าของน้ำอย่างละเอียดเราสามารถคำนวณความเข้มข้นของอิออนในน้ำได้ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีเช่นนี้หาความเข้มข้นของอิออนในน้ำบริสุทธิ์ และคำนวณได้ว่า ในน้ำมีไฮโดรเนียมอิออน 1.0×10^{-7} โมล/ลิตร ที่ 25 องศา เซลเซียสและเท่ากับไฮดรอกไซด์อิออน

อิออน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 56

การแตกตัวของน้ำไม่สมบูรณ์ เมื่อระบบอยู่ในสมดุล เขียนสมการได้ดังนี้

$H_2O \rightleftharpoons$ ..... $H^+ + OH^-$

Kw = ... $[H^+][OH^-]$

และจากการศึกษาพบว่า น้ำบริสุทธิ์จะมีปริมาณของไฮโดรเนียมอิออนเท่ากับไฮดรอกไซด์อิออน ซึ่งเท่ากับ.....โมล/ลิตร ที่ 25องศาเซลเซียส $1.0x10^{-7}$

$Kw = (1.0x10^{-7})(1.0x10^{-7})$

$= 1.0x10^{-14}$ ที่ 25 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองที่ 7 ทำให้ทราบว่าอุณหภูมิมีผลต่อ..... ของน้ำ ซึ่งหมายความว่าน้ำแตกตัวเป็นอิออนได้ไม่เท่ากัน ดังนั้นค่า Kw จึงแปรตามอุณหภูมิ แต่เพื่อความสะดวก โดยทั่วไปใช้ค่า Kw ที่ 25 องศาเซลเซียสมีค่าเท่ากับ $1.0x10^{-14}$ ไม่ว่าจะเป็นที่อุณหภูมิใดก็ตาม การนำไฟฟ้า

กรอบที่ 57

สารละลายที่มี.....ในสารละลายเรียกว่า สารละลายกรด ส่วนสารละลายที่มี.....ในสารละลายเรียกว่าสารละลายเบส ไฮโดรเนียมอิออน ไฮดรอกไซด์อิออน

กรดแก่คือกรดที่แตกตัวให้.....ได้ดี ดังนั้นในสารละลายกรดแก่จึงมีไฮโดรเนียมอิออนมากว่าในสารละลายกรดอ่อน เราสามารถคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลายกรดแก่และกรดอ่อนได้โดยอาศัยค่า Ka ไฮโดรเนียมอิออน

กรอบที่ 58

ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลายกรดแก่และกรดอ่อน

ตัวอย่าง 1 จงคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.01โมล/ลิตร	ตัวอย่าง 2 จงคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลายไนตริก 0.5 โมล/ลิตร	
วิธีทำ กรดไฮโดรคลอริกเป็นกรดแก่แตกตัวได้สมบูรณ์และเขียนสมการแตกตัวได้ดังนี้	วิธีทำ กรดไนตริกเป็นกรดแก่แตกตัวได้สมบูรณ์เขียนสมการแตกตัวได้ดังนี้	$HNO_3 \longrightarrow H^+ + NO_3^-$
$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$	.....	
กรดไฮโดรคลอริก 1 โมลแตกตัวให้ไฮโดรเนียมอิออนและคลอไรด์อิออนอย่างละ 1 โมล	กรดไนตริก 1 โมล แตกตัวให้.....และ.....	ไฮโดรเนียมอิออน ไนเตรตอิออน 1
	อย่างละ.....โมล	
ฉะนั้นในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.01 โมล/ลิตร จะแตกตัวให้ไฮโดรเนียมอิออนและคลอไรด์อิออนอย่างละ 0.01 โมล/ลิตร	ฉะนั้นในสารละลายกรดไนตริก 0.5 โมล/ลิตร จะแตกตัวให้...และ.... อย่างละ .....โมล/ลิตรด้วย	ไฮโดรเนียมอิออน ไนเตรตอิออน 0.5
ในสารละลายจะมีไฮโดรเนียมอิออน = 0.01 โมล/ลิตร หรือเขียนได้ว่า $[H^+]$ = 0.01 โมล/ลิตร	ในสารละลายจะมีไฮโดรเนียมอิออน = ...โมล/ลิตรหรือเขียนได้ว่า.....โมล/ลิตร	0.5 $[H^+]$ = 0.5

กรอบที่ 59

ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลายกรดอ่อน

ตัวอย่าง 1 จงคำนวณความเข้มข้นของของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลายกรดอะซีติก 0.01 โมล/ลิตร ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$)

วิธีทำ กรดอะซีติกเป็นกรดอ่อนแตกตัวได้บางส่วน เขียนสมการการแตกตัวได้ดังนี้

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

ในภาวะสมดุลเราคำนวณค่าคงตัวได้ดังนี้

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

กรดอะซีติกแตกตัวให้ไฮโดรเนียมอิออนและอะซีเตตอิออนอย่างละเท่า ๆ กัน ฉะนั้นในสารละลายมี $[H^+]=[CH_3COO^-]$

ดังนั้น $K_a = \frac{[H^+]^2}{[CH_3COOH]}$

$$[H^+]^2 = K_a[CH_3COOH]$$

$$[H^+] = \sqrt{K_a[CH_3COOH]}$$

เนื่องจากกรดอะซีติกเป็นกรดอ่อนฉะนั้นที่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของกรดอะซีติกส่วนที่ไม่แตกตัวจะมี = 0.01 โมล/ลิตร ดังนั้น

แทนค่า $[H^+] = \sqrt{1.7\times10^{-5} \times 0.01}$

$$= 4.2\times10^{-4}$$

ฉะนั้นความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลาย = 4.2×10^{-4} โมล/ลิตร

ตัวอย่าง 2 จงคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลายกรดไนตรัส 0.01 โมล/ลิตร ($K_a = 5.1\times10^{-4}$)

วิธีทำ กรดไนตรัสเป็นกรดอ่อนแตกตัวได้บางส่วน เขียนสมการแสดงการแตกตัวได้ดังนี้

$$HNO_2 \rightleftharpoons H^+ + NO_2^-$$

K_a = $\frac{[H^+][NO_2^-]}{[HNO_2]}$

กรดไนตรัสแตกตัวให้ $[H^+]$ = ...

ดังนั้น K_a =

$$= \frac{[NO_2^-][H^+]}{[HNO_2]}$$

$$= \frac{[H^+]^2}{[HNO_2]}$$

$$[H^+]^2 = K_a[HNO_2]$$

$$[H^+] = \sqrt{K_a[HNO_2]}$$

เนื่องจากกรดไนตรัสเป็นกรดอ่อน ฉะนั้นที่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของกรดไนตรัสส่วนที่ไม่แตกตัวจะมี = 0.01 โมล/ลิตร ดังนั้น

แทนค่า = ...

$$[H^+] = \sqrt{5.1\times10^{-4} \times 0.01}$$

= .....

$$2.26\times10^{-3}$$

ฉะนั้นความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลาย = ... โมล/ลิตร

2.26×10^{-3}

กรอบที่ 60

เมื่อกรดอ่อนละลายน้ำ สารละลายจะมีสมดุลของอิออนกับโมเลกุลส่วนที่ไม่แตกตัว เราสามารถคำนวณค่าคงตัวของสมดุลของกรดอ่อนได้ ในทำนองเดียวกันเราสามารถคำนวณค่าคงตัวของเบสอ่อนได้ เช่นในสารละลายของอัมโมเนีย เมื่อถึงสมดุลเขียนสมการได้ดังนี้

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

$$K = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3][H_2O]}$$

$$K[H_2O] = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำมีค่าคงตัว ดังนั้น $K\ [H_2O]$ เป็นค่าคงตัวเรียกว่า ค่าคงตัวของสมดุลของเบส ซึ่งเขียนแทนด้วย Kb

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

กรอบที่ 61

เราเคยทำการทดลองหาค่าคงตัวของสมดุลของกรดออนมาแล้ว นักเรียนลืมวิธีการหรือยัง เก่งที่ยังไม่ลืม การทดลองหาค่าคงตัวของสมดุลของเบสอ่อนก็ทำได้เช่นเดียวกัน การคำนวณก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน ซึ่งเป็นการคำนวณความเข้มข้นของ.....ในสารละลายเบสแก่และเบสอ่อนนั่นเอง

เราจะไม่ทำการทดลองแต่จะฝึกวิธีการคำนวณ

ไฮดรอกไซด์อิออน

กรอบที่ 62

เราหาความสัมพันธ์ของ $[H^+]$ และ$[OH^-]$ได้จาก

Kw = ...

ดังนั้นเมื่อเราคำนวณหาความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ได้ เราก็สามารถคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนได้จากค่า Kw

ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์อิออนในสารละลายเบสแก่

ตัวอย่าง 1 จงคำนวณความเข้มข้นของไฮดรอกไซดอิออนและไฮโดรเนียมอิออนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด 0.01 โมล/ลิตร

วิธีทำ NaOH เป็นเบสแก่แตกตัวได้ 100% เขียนสมการแสดงการแตกตัวดังนี้

$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$

NaOH 1 โมลแตกตัวให้ Na^+และ OH^- อย่างละ 1 โมล

ฉะนั้นในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด 0.01 โมลจะมี Na^+ และ OH^- อย่างละ 0.01 โมล/ลิตรดวย

และ $[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]}$

$= \frac{1.0x10^{-14}}{0.01}$

$= 10^{-12}$

ฉะนั้นสารละลายจะมี $[H^+] = 1●^{-12}$ โมล/ลิตร

ตัวอย่างที่ 2 จงคำนวณความเข้มข้นของไฮดรอกไซดอิออนและไฮโดรเนียมอิออนในสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด 0.02 โมล/ลิตร

วิธีทำ KOH เป็นเบสแก่ แตกตัวได้สมบูรณ์เขียนสมการแสดงการแตกตัวได้ดังนี้

.....

KOH 1 โมล แตกตัวให้..... โมล และ.....โมล

ฉะนั้นในสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด 0.02 โมล/ลิตร จะมี .....และ.....อย่างละ.... โมล/ลิตรดวย

$[OH^-]$ ..... โมล/ลิตร

และ $[H^+]$ =

=

=

ฉะนั้นในสารละลายจะมี $[H^+]$ - .....โมล/ลิตร

$[H^+][OH^-]$

$KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$

K^+ 1

OH^- 1

K^+ OH^- 0.02

0.02

$\frac{Kw}{[OH]}$

$\frac{1.0x10^{-14}}{0.02}$

$5.0x1●^{-13}$

$5.0x10^{-13}$

กรอบที่ 63

ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์อิออนในสารละลายเบสอ่อน

ตัวอย่าง จงคำนวณความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์อิออนและไฮโดรเนียมอิออนในสารละลายอัมโมเนีย 0.01 โมล/ลิตร ($K_b = 1.67 \times 10^{-5}$)

วิธีทำ อัมโมเนียเป็นเบสอ่อนรับโปรตอนได้เป็นบางส่วน สมการแสดงการรับโปรตอนของอัมโมเนียคือ

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

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

อัมโมเนียรับโปรตอนแล้วทำให้เกิดอัมโมเนียไซด์อิออนอย่างละเท่า ๆ กัน ในสารละลายจะมี $[NH_4^+] = [OH^-]$

ดังนั้น $K_b = \frac{[OH^-]^2}{[NH_3]}$

หรือ $[OH^-] = \sqrt{K_b [NH_3]}$

เนื่องจากอัมโมเนียเป็นเบสอ่อน เราอนุโลมว่าส่วนที่รับโปรตอนมีปริมาณน้อยมาก ประมาณว่าความเข้มข้นของอัมโมเนียที่อยู่เป็นอิสระในภาวะสมดุล เท่ากับความเข้มข้นของอัมโมเนียทั้งหมดในตอนเริ่มต้น

ดังนั้นที่ภาวะสมดุล สารละลายจะมี $[NH_3] = 0.01$ โมล/ลิตร

แทนค่าในสมการ $[OH^-] = \sqrt{1.67 \times 10^{-5} \times 0.01}$

$= 4.1 \times 10^{-4}$

ฉะนั้นความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์อิออนในสารละลาย $= 4.1 \times 10^{-4}$ โมล/ลิตร

จาก $K_w = [H^+][OH^-]$

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$$

$$= \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.1 \times 10^{-4}} = 2.4 \times 10^{-10} \text{ โมล/ลิตร}$$

ฉะนั้นความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลาย $= 2.4 \times 10^{-11}$ โมล/ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 64

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ถ้าสารละลายกรดชนิดหนึ่งในน้ำ มีความเข้มข้นไฮโดรเนียมอิออน $1.0x10^{-4}$ โมล/ลิตร จงหาความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์อิออนในสารละลาย

จาก Kw =

=

= โมล/ลิตร

= โมล/ลิตร

$[H^+][OH^-]$

$1.0x10^{-14} = 1.0x10^{-4}$ $[OH^-]$

$[OH^-] = \frac{1.0x10^{-14}}{1.0x10^{-4}}$

$1.0x10^{-10}$

2. ถ้าสารละลายเบสชนิดหนึ่งในน้ำมีความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์อิออน $1.0x10^{-3}$ โมล/ลิตร จงหาความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลาย

$Kw = [H^+][OH^-]$

$1.0x10^{-14} = 1.0x10^{-3}$ $[H^+]$

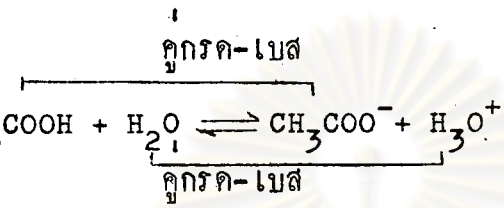
$[H^+] = \frac{1.0x10^{-14}}{1.0x10^{-3}}$ โมล/ลิตร

$= 1.0x10^{-11}$ โมล/ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่ 65

เราได้ศึกษาปฏิกริยาระหว่างกรดกับเบส ซึ่งเป็นปฏิกริยาที่มีการให้และรับโปรตอน ทำให้มีคู่กรดกับคู่เบสเกิดขึ้น เช่นในปฏิกริยา



นักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองหาค่าคงตัวของสมดุลของกรด และค่าคงตัวของสมดุลของเบส (Kb) ซึ่งเป็นคู่ของกรดนั้น และพบความสัมพันธ์ของค่าทั้งสองดังนี้

$$Ka \times Kb = Kw$$

กรอบที่ 66

การเขียนสมการแสดงปฏิกริยาระหว่างกรดกับเบส ทำให้ทราบว่าสารคู่ใดเป็นคู่กรด-เบสกัน สารที่ทำหน้าที่เป็นกรด เราสามารถคำนวณหาค่า Ka ได้ส่วนสารที่เป็นเบสเราสามารถหาค่า Kb ได้ค่า K ของสารที่เป็นคู่กรดและเบส มีความสัมพันธ์กันคือ

$$Kw = ...$$

KKa x Kb

ความสัมพันธ์นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้ เช่นคำนวณหาค่า Kb ของคู่เบสเมื่อทราบ Ka หรือหาค่า Ka เพื่อทราบค่า Kb ตลอดจนการคำนวณ $[H^+]$ และ $[OH^-]$ ในสารละลายได้ ซึ่งเราจะได้ศึกษาวิธีการคำนวณต่อไป

กรอบที่ 67

ความสัมพันธ์ระหว่าง Ka กับ Kb คือ

.....

$K_w = K_a \times K_b$

ตัวอย่างการนำความสัมพันธ์ไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณ

ตัวอย่าง สารละลายอัมโมเนีย 0.02 โมล/ลิตร จะมีไฮดรอกไซด์อิออนและไฮโดรเนียมอิออนกี่โมล/ลิตร K_a ของอัมโมเนียมอิออน $= 6.0\times10^{-10}$

วิธีทำ อัมโมเนียเป็นคู่เบสของอัมโมเนียมอิออน

ทราบว่า Ka ของอัมโมเนียมอิออน $= 6.0\times10^{-10}$

และ $K_b = \frac{K_w}{K_a}$

$$K_b = \frac{1.0\times10^{-14}}{6.0\times10^{-10}} = 1.7\times10^{-5}$$

ภาวะสมดุลของสารละลายอัมโมเนียแสดงด้วยสมการ

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

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

อัมโมเนียทำปฏิกริยากับน้ำให้ $[NH_4^+] = [OH^-]$

และ $K_b = \frac{[OH^-]^2}{[NH_3]}$

ฉะนั้น $[OH^-] = \sqrt{K_b\,[NH_3]}$

เนื่องจากอัมโมเนียเป็นเบสอ่อน ดังนั้นความเข้มข้นของอัมโมเนียส่วนที่ไม่แตกตัว = 0.02 โมล/ลิตร

$[OH^-] = \sqrt{1.7\times10^{-5}\times0.02} = 5.8\times10^{-4}$ โมล/ลิตร

$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1.0\times10^{-14}}{5.8\times10^{-4}} = 1.7\times10^{-11}$ โมล/ลิตร

ดังนั้นความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออน $= 1.7\times10^{-11}$ โมล/ลิตร

และความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์อิออน $= 5.8\times10^{-4}$ โมล/ลิตร

กรอบที่ 68

จงตอบคำถามต่อไปนี้

จงบอกชื่อคู่เบสของกรดต่อไปนี้ พร้อมทั้งคำนวณ Kb ของคู่เบสจากค่า Ka ที่กำหนดให้

1. กรดไฮโดรฟลูออริก (HF) Ka = 6.8×10^{-4}

คู่เบสของ HF คือ.....

$Ka \times kb = Kw$

$Kb = \frac{Kw}{Ka}$

$= \frac{1.0 \times 10^{-14}}{6.8 \times 10^{-4}}$

$= 1.47 \times 10^{-11}$

F^-

2. กรดฟอร์มิก (HCOOH) Ka = 1.8×10^{-4}

คู่เบสของ HCOOH คือ.....

$HCOO^-$

$KaxKb = Kw$

$Kb = \frac{Kw}{Ka}$

$= \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-4}}$

3. กรดไฮโดรไซยานิก (HCN) Ka = 4.8×10^{-10}

คู่เบสของ HCN คือ CN^-

$Ka \times Kb = Kw$

$Kb = \frac{Kw}{Ka}$

$= \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.8 \times 10^{-10}}$

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คาดว่านักเรียนคงจะได้รับความรู้เรื่องกรดและเบสจากการใช้บทเรียนแบบโปรแกรมนี้พอสมควร ขอบคุณที่นักเรียนตั้งใจเรียนจนกระทั่งจบบทเรียนนี้ นักเรียนสามารถหาความรู้เรื่องกรดและเบสเพิ่มขึ้นจากบทเรียนได้จากหนังสือแบบเรียนวิชาเคมี มัธยมศึกษาตอนปลาย เล่มสาม ของสถาบันส่งเสริมสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือประกอบการใช้บทเรียนแบบโปรแกรม

เรื่อง

กรดและเบส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่องกรดและเบสเป็นบทเรียนที่เน้นให้นักเรียนได้ความรู้ และความเข้าใจ โดยการทำการทดลอง ดังนั้นคู่มือครูประกอบการใช้บทเรียนแบบโปรแกรมนี้จึงเขียนขึ้นเพื่อความมุ่งหมายที่จะช่วยให้ครูผู้นำบทเรียนแบบโปรแกรมไปใช้สอนกับนักเรียน ได้เตรียมอุปกรณ์และสารเคมีให้พร้อมก่อนที่จะให้นักเรียนได้ใช้บทเรียนแบบโปรแกรม

บทเรียนแบบโปรแกรมเรื่องกรดและเบส ประกอบด้วยการทดลอง 7 การทดลอง ครูต้องเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีให้ครบทั้ง 7 การทดลอง และจัดแบ่งให้เป็นหมวดหมู่ของแต่ละการทดลองเขียนชื่อการทดลอง สลากสารเคมีปิดให้เรียบร้อย ซึ่งในคู่มือเล่มนี้จะได้แจกแจงให้ละเอียดว่าต้องทำอย่างไรบ้าง

เครื่องมือที่นักเรียนจะใช้ในการทำการทดลอง ซึ่งจัดไว้เป็นชุดบรรจุในหีบเรียกว่า หีบชุดอุปกรณ์นักเรียน ก่อนให้นักเรียนใช้ครูควรตรวจสอบเครื่องมือทุกชิ้นในหีบตามรายการในกระดาษที่ติดที่ฝาหีบว่าครบหรือไม่ ตรวจความเรียบร้อย ถ้ามีบางชิ้นที่ชำรุดควรหามาเปลี่ยนและต้องคอยตรวจสอบให้ครบทุกครั้งก่อนนำหีบอุปกรณ์ไปเก็บยังที่เก็บที่ครูจัดไว้ให้ ครูควรดูแลให้นักเรียนทำให้เรียบร้อย

การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีเตรียมสำหรับนักเรียน 50 คน ถ้าต้องการเพิ่มจำนวนนักเรียนให้มากขึ้นก็เตรียมสารเคมีเพิ่มขึ้นตามส่วนที่กำหนดให้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 1 สมบัติบางประการของสารละลายในน้ำ

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 คน	ต่อ 50 คน
สารเคมีชุดที่ 1 ประกอบด้วย		
1. สารเคมีชุดที่ 1.1 ประกอบด้วยสารละลาย 6 ชนิด	5 cm^3	250 cm^3
ก. กรดไฮโดรคลอริก 1 โมล/ลิตร	5 cm^3	250 cm^3
ข. กรดไนตริก 1 โมล/ลิตร	5 cm^3	250 cm^3
ค. กรดซัลฟุริก 1 โมล/ลิตร	5 cm^3	250 cm^3
ง. กรดอะซีติก 1 โมล/ลิตร	5 cm^3	250 cm^3
จ. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลิตร	5 cm^3	250 cm^3
ฉ. โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลิตร	5 cm^3	250 cm^3
2. สารเคมี ชุดที่ 1.2 คือกระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน	อย่างละ 6 แผ่น	อย่างละ 300แผ่น
3. สารเคมีชุดที่ 1.3 คือลวดมักเนเซียม	6 ชิ้น	300 ชิ้น
อุปกรณ์		
1. อุปกรณ์พิเศษชุด ก.ประกอบด้วย		
ก. เครื่องตรวจการนำไฟฟ้า	1 เครื่อง	50 เครื่อง
ข. กระบะแบตเตอรี่	1 ชุด	50 ชุด
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย		
ก. หลอดทดลองขนาดกลาง	6 หลอด	300 หลอด
ข. กระจกนาฬิกา	1 อัน	50 อัน
ค. แท่งแก้ว	1 แท่ง	50 แท่ง
ง. กระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร	1 ใบ	50 ใบ

หมายเหตุ ถ้ามีจำนวนอุปกรณ์ไม่พอควรแบ่งเด็กออกเป็นกลุ่มย่อยและจัดเวลาในการทดลองของแต่ละกลุ่มให้เหมาะสมทำตารางการเข้าห้องทดลองปิดไว้หน้าห้อง

การเตรียมล่วงหน้า

1. เตรียมสารเคมีชุดที่ 1.1 การเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก กรดซัลฟุริกและกรดอะซีติก 1 โมล/ลิตร ให้ตางกรดเข้มข้นแต่ละชนิดตามจำนวนที่บอกไว้ในตารางข้างล่างนี้ เติมน้ำจนมีปริมาตรเป็น 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร (เตรียมเผื่อการการทดลองต่อไปด้วย)

กรด	HCl	HNO_3	H_2SO_4	CH_3COOH
จำนวน (cm^3)	85.5	64.0	56.8	56.9

การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลิตร ชั่งสารตามปริมาณที่ให้ไว้ในตารางแล้วละลายน้ำจนได้สารละลายที่มีปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร แบ่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ไว้ใช้ในการทดลองที่ 4 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

สาร	NaOH	KOH
จำนวน (g)	20	28

2. เตรียมสารเคมีชุดที่ 1.2 ใช้กรรไกรตัดกระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงินออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ชิ้นหนึ่งยาว 1 เซนติเมตร แยกใส่กล่องๆ ละสี (ตัดเผื่อการทดลองที่ 2,3)

3. เตรียมสารเคมีชุดที่ 1.3 ใช้กระดาษทรายขัดผิดลวดมักเนเซียมให้สะอาด ใช้กรรไกรตัดออกเป็นชิ้น ชิ้นหนึ่งยาว 1 เซนติเมตร เก็บใส่กล่องไว้ (เตรียมเผื่อการทดลองที่ 3) เขียนป้ายบอกชุดของสารเคมีและชื่อสารให้ชัดเจน

<u>การทดลองที่ 2</u> สมบัติของสารละลายที่ใช้ตามบ้าน

<u>สารเคมีและอุปกรณ์</u>

รายการ	ต่อ 1 คน	ต่อ 50 คน
<u>สารเคมีชุดที่ 2</u> ประกอบด้วย		
1. สารเคมีชุดที่ 2.1 ประกอบด้วยสารละลาย 12 ชนิดคือ		
ก. สารละลายอัมโมเนียมคลอไรด์ 0.1 โมล/ลิตร	1 cm^3	50 cm^3
ข. น้ำโซดา	1 cm^3	50 cm^3
ค. น้ำมะนาว		
ง. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.1 โมล/ลิตร	1 cm^3	50 cm^3
จ. น้ำปูนใส	1 cm^3	50 cm^3
ฉ. น้ำขี้เถ้า	1 cm^3	50 cm^3
ช. น้ำส้มสายชู	1 cm^3	50 cm^3
ซ. น้ำยาล้างห้องน้ำ	1 cm^3	50 cm^3
ฌ. สารละลายอัมโมเนีย 0.1 โมล/ลิตร	1 cm^3	50 cm^3
ญ. น้ำฝน	1 cm^3	50 cm^3
ฎ. น้ำสบู่	1 cm^3	50 cm^3
ฏ. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 โมล/ลิตร	1 cm^3	50 cm^3

สารเคมีอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการ	ต่อ 1 คน	ต่อ 50 คน
2. สารเคมีชุดที่ 2.2 คือกระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน	อย่างละ 12 ชิ้น	อย่างละ 600 ชิ้น
อุปกรณ์		
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองจากหีบอุปกรณ์ประกอบด้วย		
1. หลอดทดลองขนาดเล็ก	12 หลอด	600 หลอด
2. กระจกนาฬิกา	1 อัน	50 อัน
3. แท่งแก้ว	1 แท่ง	50 แท่ง
4. กระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร	1 ใบ	50 ใบ

หมายเหตุ ให้นักเรียนใช้ห้องปฏิบัติการตามเวลาที่จัดให้

การเตรียมล่วงหน้า

ในการทดลองนี้ไม่จำเป็นต้องใช้สารละลายที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน เพราะจะทดสอบความเป็นกรด เป็นเบสของสารละลายเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องชั่งหรือตวงสารอย่างละเอียดให้เตรียมโดยการประมาณ ส่วนสารละลายที่มิได้ระบุความเข้มข้นเพราะเตรียมได้ยาก ประมาณสารที่ใช้ให้พอเหมาะ

1. การเตรียมสารละลายอัมโมเนียมคลอไรด์ สารละลายโซเดียมคลอไรด์และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 โมล/ลิตร ชั่งสารตามปริมาณที่ให้ไว้ในตารางแล้วละลายน้ำจนได้สารละลาย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

สาร	NH_4Cl	NaCl	Na_2CO_3
จำนวน (g)	0.54	0.59	1.06

เตรียมสารละลายอัมโมเนีย .1 โมล/ลิตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรโดยใช้สารละลายอัมโมเนีย 15 โมล/ลิตร .075 ลูกบาศก์เซนติเมตรเติมน้ำจนมีปริมาตรเป็น 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. น้ำโซดา ซื้อจากร้านจำหน่ายเครื่องดื่มหรือจะเตรียมโดยผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงในน้ำกลั่นประมาณ 1-2 นาที (วิธีเตรียมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดูจากการเตรียมล่วงหน้าในการทดลองที่ 4)

3. น้ำมะนาว ครูเตรียมซื้อผลมะนาวและเตรียมมีดให้พร้อมเพื่อนักเรียนจะได้ผ่าเมื่อจะใช้

4. เตรียมน้ำปูนใส ใช้คัลเซียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 10 กรัม (2 ช้อนเบอร์ 2) ละลายน้ำกลั่นประมาณ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนและตั้งทิ้งไว้ให้ตกกะกอน แล้วรินหรือกรองเอาส่วนที่เป็นน้ำใส ๆ ออกมาใส่ขวดไว้ 75 ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนที่เหลือเก็บใส่ขวดไว้ใช้ในการทดลองที่ 4

5. น้ำขี้เถ้า ใช้ขี้เถ้าละลายน้ำกลั่น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนและตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน แล้วรินหรือกรองเอาส่วนที่เป็นน้ำใส ๆ ออกใส่ขวดไว้ 75 ลูกบาศก์เซนติเมตร

6. น้ำส้มสายชู ใช้น้ำส้มที่ปรุงอาหารทำให้เป็นสารละลายเจือจาง

7. น้ำยาล้างห้องน้ำ ซื้อจากร้านขายของชำ

8. น้ำสบู่ ใช้เศษสบู่ละลายน้ำกลั่น

9. เตรียมสารเคมีชุดที่ 2.2 ใช้กระดาษลิตมัสที่เตรียมไว้แล้วจากการทดลองที่ 1 ใส่กลองไว้กลองละสี

เขียนป้ายบอกชุดของสารเคมีและชื่อสารให้ครบ

<u>การทดลองที่ 3</u> บทบาทของตัวทำละลาย

<u>ตอนที่ 1</u> การเตรียมก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์

<u>สารเคมีและอุปกรณ์</u>

รายการ	ต่อ 1 คน	ต่อ 50 คน
<u>สารเคมีชุดที่ 3</u> ประกอบด้วย		
สารเคมีชุดที่ 3.1 ประกอบด้วย		
ก. โซเดียมคลอไรด์	3g (4 ช้อนเบอร์ 2)	150g (200 ช้อนเบอร์ 2)
ข. กรดซัลฟุริกเข้มข้น	ประมาณ 5 cm^3	ประมาณ 250 cm^3
ค. โทลูอีน	5 cm^3	250 cm^3
ง. คัลเซียมคลอไรด์ที่แห้ง	3g (5 ช้อนเบอร์ 2)	150g (250 ช้อนเบอร์ 2)
จ. น้ำกลั่น	5 cm^3	250 cm^3

รายการ	ต่อ 1 คน	ต่อ 50 คน
อุปกรณ์		
1. อุปกรณ์พิเศษชุด ข. ประกอบด้วย		
ก. หลอดทดลองชนิดมีแขนข้าง	1 หลอด	50 หลอด
ข. หลอดหยดขนาดใหญ่ที่เสียบอยู่ในจุกยาง	1 หลอด	50 หลอด
ค. สายยางใช้เป็นหลอดนำก๊าซยาว 30 เซนติเมตร	1 เส้น	50 เส้น
2. หลอดทดลองขนาดกลาง	1 หลอด	50 หลอด
3. กระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร	1 ใบ	50 ใบ

การเตรียมล่วงหน้า

เตรียมโทลูอีนให้แห้ง โดยใส่คัลเซียมคลอไรด์ ลงไปในขวดใส่โทลูอีน และทิ้งไว้ 2-3 ชั่วโมงหรือทิ้งไว้ค้างคืนก่อนทำการทดลองเพื่อให้ดูดความชื้น

ตอนที่ 2 ทดสอบสารละลายของก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ในตัวทำละลายต่างชนิดกัน

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 คน	ต่อ 50 คน
สารเคมีชุดที่ 3		
1. สารเคมีชุดที่ 3.2 คือกระดาษลิตมัสแดงและสีน้ำเงิน	อย่างละ 2 แผ่น	อย่างละ 100 แผ่น

สารเคมีอุปกรณ์(ต่อ)

รายการ	ต่อ 1 คน	ต่อ 50 คน
2. สารเคมีชุดที่ 3.3 คือลวดมักเนเซียม	2 ชิ้น	100 ชิ้น
อุปกรณ์		
1. อุปกรณ์พิเศษ ชุด ก.	1 ชุด	50 ชุด
2. กระจกนาฬิกา	1 อัน	50 อัน
3. แท่งแก้ว	1 แท่ง	50 แท่ง

การเตรียมล่วงหน้า

1. เตรียมสารเคมีชุดที่ 3.2 นำกระดาษลิตมัสที่เตรียมไว้แล้วจากการทดลองที่ 1 มาทำให้แห้งโดยนำไปผึ่งแดดที่ร้อนจัด ๆ หรือใส่ไว้ในคัลเซียมคลอไรด์ที่แห้งแล้วทิ้งไว้ค้างคืน

2. เตรียมสารเคมีชุดที่ 3.3 ใช้ลวดมักเนเซียมที่เตรียมไว้แล้วจากการทดลองที่ 1 นับใส่กล่องไว้ เขียนป้ายบอกชุดของสารเคมีและชื่อสารให้ครบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 4 ปฏิกริยาของไฮโดรเจนคาร์บอเนตอิออน

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 คน	ต่อ 50 คน
สารเคมีชุดที่ 4 ประกอบด้วย		
1. สารเคมีชุดที่ 4.1 ประกอบด้วย	5 cm^3	250 cm^3
ก. สารละลายคัลเซียมไฮโดร-เจนคาร์บอเนต	2 cm^3	100 cm^3
ข. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลิตร	7 cm^3	350 cm^3
ค. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 โมล/ลิตร	5 cm^3	250 cm^3
ง. สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 1 โมล/ลิตร		
2. สารเคมีชุดที่ 4.2 คือกระดาษลิตมัสสีแดงหรือสีน้ำเงิน	อย่างละ 5 แผ่น	อย่างละ 250 แผ่น
อุปกรณ์		
หลอดทดลองขนาดกลาง	2 หลอด	100 หลอด
แท่งแก้ว	1 แท่ง	50 แท่ง
กระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร	1 ใบ	50 ใบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเตรียมล่วงหน้า

สารละลายคัลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตต้องเตรียมขึ้นใหม่ ๆ ก่อนใช้ เพราะสารนี้สลายตัวง่าย การเตรียมสารละลายคัลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตทำได้ดังนี้

1. เตรียมสารละลายคัลเซียมไฮดรอกไซด์ (น้ำปูนใส) ใช้สารละลายที่เตรียมไว้แล้วจากการทดลองที่ 2

2. เตรียมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากปฏิกริยาของคัลเซียมคาร์บอเนตกับกรดไฮโดรคลอริก ชั่งคัลเซียมคาร์บอเนตประมาณ 20 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ เติมกรดไฮโดรคลอริก (ใช้กรดเข้มข้นผสมน้ำเท่าตัว) ทางกรวยฝักบัวให้ท่วมก้อนคัลเซียมคาร์บอเนต ผ่านก๊าซนี้ลงในสารละลายคัดเซียมไฮดรอกไซด์สารละลายจะขุ่น ผ่านก๊าซลงไปจนสารละลายเริ่มใสอีกครั้ง นำสารละลายไปกรองเพื่อแยกเอาตะกอนคัลเซียมคาร์บอเนตออก จะได้สารละลายคัลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต

3. เตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ใช้สารละลายที่เตรียมไว้แล้วจากการทดลองที่ 1

4. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 1 โมล/ลิตร ชั่งโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 25.2 กรัม ละลายน้ำจนได้สารละลาย 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 5 ความแรงของกรดและเบส

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 คน	ต่อ 50 คน
สารเคมีชุดที่ 5 ประกอบด้วยสารละลาย 4 ชนิดคือ		
1. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 โมล/ลิตร	5 cm^3	250 cm^3
2. สารละลายกรดอะซีติก	5 cm^3	250 cm^3
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลิตร	5 cm^3	250 cm^3
4. สารละลายอัมโมเนีย 1 โมล/ลิตร	5 cm^3	250 cm^3
อุปกรณ์		
1. อุปกรณ์พิเศษชุด ก.	1 ชุด	50 ชุด
2. หลอดทดลองขนาดกลาง	4 หลอด	200 หลอด
3. กระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร	1 ใบ	50 ใบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเตรียมล่วงหน้า

ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก สารละลายกรดอะซีติก สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายอัมโมเนีย ที่เตรียมไว้แล้วจากการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 6 การหาค่าคงตัวของสมดุลของกรดอะซีติก

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 คน	ต่อ 50 คน
สารเคมีชุดที่ 6 ประกอบด้วย		
1. สารละลายกรดอะซีติก 1 โมล/ลิตร	50 cm^3	2500 cm^3
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 โมล/ลิตร	5 cm^3	250 cm^3
3. น้ำกลั่น	50 cm^3	2500 cm^3
อุปกรณ์		
1. อุปกรณ์พิเศษชุด ก.	1 ชุด	50 ชุด
2. ปีกเกอร์ขนาด 50 cm^3	2 ใบ	100 ใบ
3. ที่จับหลอดทดลอง	1 อัน	50 อัน
4. ขาตั้ง	1 อัน	50 อัน
5. กระบอกตวงขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร	1 ใบ	50 ใบ

การเตรียมล่วงหน้า

ใช้สารละลายกรดอะซีติก และกรดไฮโดรคลอริก 1 โมล/ลิตร ที่เตรียมไว้แล้วจากการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 7 การแตกตัวของน้ำบริสุทธิ์

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 คน	ต่อ 50 คน
สารเคมีชุดที่ 7 ประกอบด้วย		
1. น้ำกลั่น	10 cm^3	500 cm^3
2. น้ำที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น น้ำประปา น้ำฝน ฯลฯ	อย่างละ 10 cm^3	อย่างละ 500 cm^3
3. กระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน	อย่างละ 2 แผน	อย่างละ 100 แผน
อุปกรณ์		
1. อุปกรณ์พิเศษชุด ก.	1 ชุด	50 ชุด
2. อุปกรณ์พิเศษชุด ค. คือมิเตอร์ที่มีความไวมาก	1 เครื่อง	50 เครื่อง
3. อุปกรณ์พิเศษชุด 3 คือเทอร์โมมิเตอร์ 0-100°ซ.	1 อัน	50 อัน
4. หลอดทดลองขนาดกลาง	3 หลอด	150 หลอด
5. ตะเกียงอัลกอฮอล์	1 ดวง	50 ดวง
6. กระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร	1 ใบ	50 ใบ

การเตรียมล่วงหน้า

เตรียมน้ำกลั่นใหม่ ๆ โดยริ้นน้ำลงในคนโทต้มกลั่นขนาดใหญ่ประมาณครึ่งคนโท ปิดปากขวดด้วยจุกอย่าง คอย ๆ อุ่นน้ำให้ร้อนขึ้นจนเดือด เก็บของเหลวที่ได้จากการควบแน่นของไอไว้ในหลอดทดลอง หยุดกลั่นเมื่อน้ำในคนโทต้มกลั่นเกือบแห้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระดาษคำตอบ

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น...เลขที่..

ตอนที่ 1

1.	ก	ข	ค	ง	11.	ก	ข	ค	ง
2.	ก	ข	ค	ง	12.	ก	ข	ค	ง
3.	ก	ข	ค	ง	13.	ก	ข	ค	ง
4.	ก	ข	ค	ง	14.	ก	ข	ค	ง
5.	ก	ข	ค	ง	15.	ก	ข	ค	ง
6.	ก	ข	ค	ง	16.	ก	ข	ค	ง
7.	ก	ข	ค	ง	17.	ก	ข	ค	ง
8.	ก	ข	ค	ง	18.	ก	ข	ค	ง
9.	ก	ข	ค	ง	19.	ก	ข	ค	ง
10.	ก	ข	ค	ง	20.	ก	ข	ค	ง

ตอนที่ 2

21. .....

22. .....

23. .....

24. .....

25. .....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนวิชาเคมี
เรื่อง กรดและเบส

คำอธิบายลักษณะและวิธีทำแบบสอบ

1. แบบสอบฉบับนี้ประกอบด้วยข้อสอบ 25 ข้อ ให้เวลา 40 นาที
2. แบ่งข้อสอบเป็น 2 ตอน

   ตอนที่ 1 ตั้งแต่ข้อ 1-20 รวม 20 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ แต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย X ทับตัวอักษร ก ข ค และ ง ในกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อที่นักเรียนเลือก ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้กาเครื่องหมาย = ทับบนคำตอบเดิม แล้วกาคำตอบใหม่

   ตอนที่ 2 ตั้งแต่ข้อ 21-25 รวม 5 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน เป็นข้อสอบแบบคำถามให้นักเรียนตอบสั้น ๆ หรือเป็นโจทย์ให้คิดคำนวณตอบเฉพาะคำตอบให้นักเรียนทำในกระดาษคำตอบที่แจกให้
3. ห้ามทดเลขหรือขีดสิ่งใดลงในตัวข้อสอบนี้ ให้คิดเลขในกระดาษทดที่แจกให้
4. นักเรียนต้องส่งทั้งตัวข้อสอบ กระดาษคำตอบ คืนผู้คุมสอบ
5. การทำข้อสอบให้คำนึงถึงเวลาด้วย อย่าคิดข้อหนึ่งข้อใดนานเกินไปถ้ายังคิดไม่ออกให้ข้ามไปทำข้ออื่นก่อน เมื่อมีเวลาเหลือจึงย้อนกลับมาทำใหม่

ตอนที่ 1

1. ในสารละลายของ ROH ประกอบด้วยอิออนอะไรบ้าง

ก. $H^+(aq.)$ กับ $R^-(aq.)$ ข. $H^-(aq.)$ กับ $R^+(aq.)$

ค. $R^+(aq.)$ กับ $OH^-(aq.)$ ง. $R^-(aq.)$ กับ $OH^-(aq.)$

2. อิออนต่อไปนี้ อิออนใดสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส

ก. CH_3COO^- ข. NO_3^-

ค. $HCOO^-$ ง. HCO_3^-

3. คู่เบสของ H_2S คือข้อใด

ก. HS ข. HS^-

ค. S ง. S^{2-}

4. คู่กรดของ H_2O คือข้อใด

ก. OH ข. OH^-

ค. H_3O ง. H_3O^+

5. กรดไฮโดรโบรมิกเป็นกรดแก่ ถ้าสารละลายของกรดนี้มีความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนจะเป็นกี่โมล/ลิตร

ก. น้อยกว่า 0.1 ข. 0.1

ค. ประมาณว่าไม่เกิน 0.1 ง. มากกว่า 0.1

คำชี้แจง ให้ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 6-7

กรด	ค่า Ka ที่ 25°c
P	4.4×10^{-7}
Q	5.6×10^{-11}
R	1.6×10^{-2}

6. สารละลายกรดทั้ง 3 ชนิด มีความเข้มข้นเท่ากัน สารละลายของกรดชนิดใดสามารถนำไฟฟ้าได้ดีที่สุด

ก. P ข. Q

ค. R ง. สารละลายของกรดทั้ง 3 ชนิดนำไฟฟ้าได้เท่ากัน

7. สารละลายกรดทั้ง 3 ชนิด มีความเข้มข้นไม่เท่ากัน สารละลายของกรดชนิดใดจะมีไฮโดรเนียมอิออนน้อยที่สุด

ก. P ข. Q

ค. R ง. สรุปผลไม่ได้

คำชี้แจง ให้ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 8-10

กรดฟอร์มิก(HCOOH) เป็นกรดอ่อนเมื่ออยู่ในสารละลายจะแตกตัวเป็นอิออนได้ดังนี้

$$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HCOO^-$$

ค่า Ka ที่ 25°c เท่ากับ 1.8×10^{-4}

8. เมื่อถึงภาวะสมดุล จงหาค่าคงตัวของสมดุลของกรดนี้

ก. $Ka = \dfrac{[H_3O^+][HCOO^-]}{[HCOOH][H_2O]}$ ข. $Ka = \dfrac{[H_3O^+][HCOO^-]}{[HCOOH]}$

ค. $Ka = \dfrac{[HCOOH][H_2O]}{[H_3O^+][HCOO^-]}$ ง. $Ka = \dfrac{[HCOOH]}{[H_3O^+][HCOO^-]}$

9. ในสารละลายที่เข้มข้น 0.5 โมล/ลิตร ของกรดนี้ที่อุณหภูมิ 25°c จะมีโมเลกุลหรืออิออนใดอยู่อย่างละเท่า ๆ กัน

ก. HCOOH และ H_2O ข. H_3O^+ และ $HCOO^-$

ค. HCOOH และ H_3O^+ ง. H_2O และ $HCOO^-$

10. ถ้าเติมสารละลายของเกลือ KHCOO จำนวนหนึ่งลงไปในสารละลายของกรดนี้ ผลที่เกิดจะเป็นอย่างไร

ก. ความแรงของกรดเพิ่มขึ้น ข. ความเข้มของ H_3O^+ ลดลง

ค. ความเข้มข้นของ $HCOO^-$ ลดลง ง. ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

11. ถ้าต้องการให้น้ำบริสุทธิ์มีไฮโดรเนียมอิออนน้อยกว่า 1.0×10^{-7} โมล/ลิตร ควรทำอย่างไร

ก. เติมสารละลายกรด ข. เพิ่มอุณหภูมิของน้ำ

ค. ลดอุณหภูมิของน้ำ ง. เพิ่มปริมาณน้ำ

12. ถ้าสารละลายชนิดหนึ่ง $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-5}$ โมล/ลิตร สารละลายนี้จะมี $[H^+]$ กี่โมล/ลิตร

ก. 10^{-5} ข. 10^{-9}

ข. 10^{-14} ง. 10^{-19}

13. H_2Y เป็นกรดโพลีโปรติกชนิดหนึ่ง เมื่อละลายน้ำมีการแตกตัวดังนี้

$$H_2Y + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HY^-$$
$$HY^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Y^{2-}$$

ทราบว่า ค่า Ka_1 ที่ 25°c $= 1.6 \times 10^{-2}$

และค่า Ka_2 ที่ 25°c $= 5.1 \times 10^{-10}$

ดังนั้นในสารละลายของกรด H_2Y จะมีอิออนอะไรเป็นส่วนใหญ่

ก. H_3O^+ ข. H_3O^+ และ HY^-

ค. H_3O^+ และ Y^{2-} ง. HY^- และ Y^{2-}

14. ลิเธียมไฮดรอกไซด์เป็นเบสแก่ ในสารละลายลิเธียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมล/ลิตร จะมีไฮดรอกไซด์อิออนเท่าไร

ก. น้อยกว่า 0.1 โมล/ลิตร ข. 0.1 โมล/ลิตร

ข. มากกว่า 0.1 โมล/ลิตร ง. 1.0×10^{-7} โมล/ลิตร

15. จากข้อมูลในข้อ 14 จะมีไฮโดรเนียมอิออนเท่าไร

ก. 10^{-1} โมล/ลิตร ข. 0.10^{-7} โมล/ลิตร

ค. 10^{-13} ง. 10^{-15} โมล/ลิตร

16. จงหาค่าคงตัวของสมดุลของอัมโมเนียซึ่งเป็นคู่เบสของอัมโมเนียมอิออน ค่าคงตัวของสมดุลของอัมโมเนียมอิออน = 1.0×10^{-5}

ก. 1.0×10^{-2} ข. 1.0×10^{-7}

ค. 1.0×10^{-9} ง. 1.0×10^{-19}

17. เมื่อนำสารประกอบ A ชนิดหนึ่งไปละลายน้ำ ทดสอบการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสของสารละลายได้ว่า เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นแดง นักเรียนคิดว่าในสารละลายของ A ควรจะมีอิออนชนิดใดจึงทำให้สารละลาย A มีสมบัติตามที่ทดสอบได้

ก. A อิออน ข. ไฮดรอกไซด์อิออน

ค. ไฮโดรเนียมอิออน ง. ข้อมูลที่ให้ไม่พอที่จะบอกได้

<u>คำชี้แจง</u> ให้ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 18-20

เมื่อนำโซเดียมอะซีเตตละลายน้ำ เขียนสมการแสดงการแตกตัวได้ดังนี้

$$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

18. จากทฤษฎีกรด-เบสของบรอนสเตดเลาว์รี เราสรุปหน้าที่ของสารหรืออิออนได้อย่างไร

ก. โซเดียมอะซีเตตเป็นกรด น้ำเป็นเบส ข. โซเดียมอะซีเตตเป็นเบส น้ำเป็นกรด

ค. อะซีเตตอิออนเป็นกรด น้ำเป็นเบส ง. อะซีเตตอิออนเป็นเบส น้ำเป็นกรด

19. ส่วนสารละลายสรุปสมบัติได้อย่างไร

ก. สารละลายเป็นกรดเพราะมี CH_3COOH เกิดขึ้น

ข. สารละลายเป็นเบสเพราะมี OH^- เกิดขึ้น

ค. สารละลายเป็นกรดเพราะมี CH_3COO^- เกิดขึ้น

ง. สารละลายเป็นเบสเพราะมี Na^+ เกิดขึ้น

20. เมื่อถึงภาวะสมดุลในสารละลายจะมีอิออนหรือโมเลกุลอะไรบ้าง

ก. อะซีเตตอิออน ไฮดรอกไซด์อิออน น้ำ กรดอะซีติก

ข. กรดอะซีติก ไฮดรอกไซด์อิออน น้ำ โซเดียมอิออน

ค. อะซีเตตอิออน ไฮดรอกไซด์อิออน น้ำ โซเดียมอิออน

ง. โซเดียมอิออน อะซีเตตอิออน ไฮดรอกไซด์อิออน น้ำ กรดอะซีติก

ตอนที่ 2

21. จงเขียนสมการแสดงคู่กรด - เบส ในสารละลายกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$)

22. สารละลายกรดไนตรัส(HNO_2) เข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร มีไฮโดรเนียมอิออน 5.1×10^{-4} โมล/ลิตร จงคำนวณค่าคงตัวของสมดุลของกรดนี้

คำชี้แจง ให้ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 23-24

ตารางแสดงค่าคงตัวของสมดุลของกรด

กรด	สูตร	ค่าKa ที่ 25 องศาเซลเซียส
กรดไฮโดรไซยานิก	HCN	4.8×10^{-10}
กรดออกซาลิก	$H_2C_2O_4$	5.4×10^{-2}
กรดไฮโดรโบรมิก	HBr	แตกตัวหมดวัดค่า Ka ไม่ได้
กรดฟอร์มิก	HCOOH	1.8×10^{-4}
กรดไฮโดรซัลฟุริก	H_2S	1.1×10^{-7}
กรดฟอสฟอริก	H_3PO_4	1.1×10^{-3}
กรดคาร์บอนิก	H_2CO_3	4.4×10^{-7}

23. จงจัดกรดต่อไปนี้ตามลำดับความแรง พร้อมทั้งให้เหตุผลด้วยว่า เพราะเหตุใดจึงจัดเช่นนั้น

HBr, H_3PO_4, HCOOH, $H_2C_2O_4$, HCN, H_2S, H_2CO_3

24. จงคำนวณความเข้มข้นของโฮโดรเนียมอิออนและไฮดรอกไซด์อิออนในสารละลายกรดฟอร์มิก 0.01 โมล/ลิตร

25. ไฮโดรเจนซัลไฟต์อิออน (HSO_3^-) สามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส จงเขียนสูตรของสารหรืออิออนที่เกิดขึ้น เมื่ออิออนที่ทำหน้าที่เป็น

ก. เบส

ข. กรด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย