

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2546). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
คุรุสภาลาดพร้าว.
- กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ
พุทธศักราช 2542. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กาญจนา ลากรวย. (2532). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์
ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ระดับความสามารถทางการเรียน
วิทยาศาสตร์แตกต่างกันโดยการสอนแบบไม่ชี้แนวทาง และการสอนสาธิตแบบชี้
แนวทาง. ปรินญาณิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- โกวิท ประวาลพฤกษ์ และสมศักดิ์ ลินธุระเวช. (2527). การประเมินในชั้นเรียน. พิมพ์ครั้งที่
2. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- กฤตยาณี กองอิม. (2548). ผลของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนว
ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.
วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- คณะอาจารย์บัณฑิตพัฒนา. (2546). เอกสารประกอบการสอบบรรจุครู. สกลนคร: [ม.ป.พ.].
(เอกสารอัดสำเนา).
- จิตินันท์ โฉณะสิทธิ์. (2549). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้
กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ดร.ณิ ภัทรโกคิน. (2544). การสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จาก
การแก้ปัญหาในวิชาเคมี เรื่อง สารและการเปลี่ยนแปลง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.
วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ถาวร ผาบลิ้มมา. (2549). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะ/กระบวนการแก้ปัญหา
ทางคณิตศาสตร์เรื่องเศษส่วน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- ทิพสุคนธ์ ไชยราช. (2545). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องกลไกมนุษย์ ระหว่างการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ของ Underhill กับการสอนตามปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปิยดา ปัญญาศรี. (2545). การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างนักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้ การอบรมเลี้ยงดู และระดับเชาว์ปัญญาแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัย การศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- พลมณี สीलึง. (2549). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบซิปปาในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พิรุณพรรณ พลมุข. (2550). ผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ของ Underhill ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พูนศรี นิยมศาสตร์. (2547). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงช่วงชั้นที่ 4 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาร่วมกับการใช้แผนผังมโนคติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ไพจิตร สะดวกการ. (2539). ผลของการสอนตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- เมธา สีหานาท. (2546). ผลการใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาในวิชาเคมี เรื่อง ตารางธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ลำดวน โสตา. (2545). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แผนผังมโนคติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- วรรณจรรย์ มั่งสิงห์. (2541). **ปรัชญาการสร้างสรรค์ความรู้นิยม(Constructivism)**. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการเรื่อง “Constructivism and Application to teaching”
 ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2540). **Constructivism**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิวาพร ศรีมงคล. (2550). **การเรียนรู้โนมตี และความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรื่อง
 พันธะไอออนิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้
 กระบวนการแก้ปัญหา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
 วิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศิวพร เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา. (2529). **การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและ
 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาสังคมศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยวิธีการสอนตาม
 ขั้นที่สี่ของอริยส์กับการสอนตามคู่มือครู**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต
 สาขาวิชาการศึกษาและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสาน
 มิตร.
- ศุภกิจ จวงจันทร์. (2548). **ความเข้าใจโนมตีวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้การจัดการ
 เรียนรู้รูปแบบการสร้างความรู้จากพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียนร่วมกับการส่งเสริม
 การใช้ทักษะภาษา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
 ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). **การจัดการเรียนรู้กลุ่ม
 วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอน
 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- _____. (2546). **การผลิตสื่อการเรียนการสอนเคมีด้วยโมเดลกระดาษ**. กรุงเทพฯ: สถาบัน
 ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- _____. (2547). **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมเคมี เล่ม 2 กลุ่มสาระ
 การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน
 2544**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สันติ วิจักขณาลัญญ์. (2545). **เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 214 250 การพัฒนา
 หลักสูตรวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์**. ขอนแก่น: ภาควิชาการมัธยมศึกษา
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สายฝน จาริต. (2547). **การศึกษาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา โดยใช้กิจกรรมคำถาม
 ปลายเปิดแบบเร้าของนักเรียนอนุบาลชั้นปีที่ 2 โรงเรียนหนองกุงพิทยาคม สำนักงาน
 เขตพื้นที่การศึกษาขอนแก่น เขต 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
 สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- สุจิตตรา นามจำปา. (2546). การเปรียบเทียบความเข้าใจนิมิตและความคงทนในการเรียนรู้เรื่องพันธุกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการสอนโดยใช้โมเดลการสร้างความรู้พื้นฐานความรู้เดิมกับการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุนทร ศรีบุญเลิศ. (2538). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิต(ศึกษาศาสตร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยใช้รูปแบบการสอน เอสเอสซีเอส และการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุภาพ เป้นดี. (2550). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์เคมี โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ ด้วยการเสริมการแก้ปัญหาโจทย์เคมีตามเทคนิคของโพลยา หน่วยการเรียนรู้เรื่องโมลและปริมาณต่อโมล วิชาเคมี 2 (ว42222) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา(องค์การมหาชน). (2549). การปรับหลักเกณฑ์การประเมินมาตรฐานที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา(องค์การมหาชน).
- หัสยา เถียรวิทวัส. (2537). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านเหตุผลกับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- อรอนงค์ รับุญ. (2542). การพัฒนาการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Adams, April Dean. (1997). Students belief, attitudes, and conceptual change in a traditional and constructivistic high school physics classroom. San diego: University of Huston.
- Wheatley, G.H. (1991). Constructivist Perspective on Science and Mathematics Learning. *Science Education*, 75(1), 9-12.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แผนการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้
จากการแก้ปัญหา

แผนการสอนตามรูปแบบการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา
 แผนการสอนที่ 1 เรื่อง ปฏิกริยาผันกลับได้ วิชาเคมี
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 2 ชั่วโมง

มโนคติ

ปฏิกริยาผันกลับได้ คือ ปฏิกริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกริยากันเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์และสารผลิตภัณฑ์บางส่วนก็ทำปฏิกริยากันย้อนกลับเป็นสารตั้งต้น ทำให้ปฏิกริยาเกิดไม่สมบูรณ์ไม่ว่าจะใช้ เวลนานานเท่าใดก็ตาม

ความรู้เดิมก่อนเรียน

ระบบ คือ สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในขอบเขตที่ต้องการศึกษา ระบบที่ศึกษาโดยทั่วไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจะแบ่งตามการเปลี่ยนแปลงมวลของสารในระบบได้ 2 ประเภท คือ

1. ระบบปิด(closed system) หมายถึง ระบบที่ไม่มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม มวลของระบบจึงคงที่ ดังนั้นมวลของสารก่อนเกิดปฏิกริยาจึงเท่ากับมวลของสารหลังเกิดปฏิกริยา
2. ระบบเปิด(open system) หมายถึง ระบบที่มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม มวลของสารก่อนเกิดปฏิกริยาจึงไม่เท่ากับมวลของสารหลังเกิดปฏิกริยา การเปลี่ยนแปลงที่พบในระบบโดยทั่วไป มี 3 อย่าง
 1. การเปลี่ยนสถานะ
 2. การละลาย
 3. การเกิดปฏิกริยาเคมี

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน บางการเปลี่ยนแปลงสารตั้งต้นสามารถที่จะเกิดไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด แต่ก็มีบางการเปลี่ยนแปลงเมื่อสารตั้งต้นเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารผลิตภัณฑ์แล้วสารผลิตภัณฑ์บางส่วนก็สามารถที่จะเปลี่ยนกลับมาเป็นสารตั้งต้นได้อีก ซึ่งเราเรียกการเปลี่ยนแปลงที่สารตั้งต้นเกิดไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ว่า การเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า และเรียกการเปลี่ยนแปลงที่สารผลิตภัณฑ์เกิดย้อนกลับมาเป็นสารตั้งต้นว่า การเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ การเปลี่ยนแปลงที่มีเฉพาะการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเราเรียกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และการเปลี่ยนแปลงที่สามารถเกิดได้ทั้งการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ เราเรียกว่า การเปลี่ยนแปลง แบบผันกลับได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วสามารถ

1. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ปฏิกิริยาไปข้างหน้า ปฏิกิริยาย้อนกลับ และปฏิกิริยาผันกลับได้ ดังนี้

ปฏิกิริยาไปข้างหน้า คือ ปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์

ปฏิกิริยาย้อนกลับ คือ ปฏิกิริยาที่สารผลิตภัณฑ์เกิดกลับไปเป็นสารตั้งต้น

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ คือ ปฏิกิริยาที่เกิดเฉพาะปฏิกิริยาไปข้างหน้า หรือเป็นปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์อย่างสมบูรณ์

ปฏิกิริยาผันกลับได้ คือ ปฏิกิริยาที่เกิดทั้งปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับ หรือปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นเกิดปฏิกิริยาไปเป็นสารผลิตภัณฑ์แล้วสารผลิตภัณฑ์ก็สามารถเกิดกลับมาเป็นสารตั้งต้นได้

2. บอกวิธีทดสอบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในทิศทางเดียวและปฏิกิริยาผันกลับได้ได้

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน (5 นาที)

1. ครูทบทวนเรื่อง ระบบปิดและระบบเปิด โดยเขียนกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงของสารบนกระดานแล้วให้นักเรียนตอบคำถามว่ากิจกรรมเหล่านั้นเกิดขึ้นในระบบเปิดหรือระบบปิด

1. เผาสดแมกนีเซียม(Mg)ในถ้วยกระเบื้อง (ระบบเปิด)
2. รินกรดไฮโดรคลอริก(HCl)ลงในน้ำแล้วเกิดความร้อน (ระบบปิด)
3. นำเกล็ดไอโอดีนใส่ภาชนะที่มีฝาปิด (ระบบปิด)
4. น้ำอัดลมในขวดปิดฝา (ระบบปิด)
5. เผาแคลเซียมคาร์บอเนต(CaCO_3)ในถ้วยกระเบื้อง (ระบบเปิด)
6. สารละลายเกลือแกง(NaCl)ที่อิ่มตัวในน้ำ (ระบบปิด)
7. แขนงการบูรไว้ในรถยนต์ (ระบบเปิด)

ขั้นสอน

ขั้นการสร้างงานปัญหา (Problematic tasks)(10 นาที)

1. ครูกล่าวกับนักเรียนว่าจากกิจกรรมบนกระดานเมื่อครูนี้นักเรียนจะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบมีทั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดในระบบปิดและระบบเปิด นักเรียนคิดว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบปิดและระบบเปิดต่างกันอย่างไร และนักเรียนคิดว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบปิดและระบบเปิดแตกต่างกันอย่างไร

(การเปลี่ยนแปลงในระบบปิดจะไม่มีสารใดหายไป แต่การเปลี่ยนแปลงในระบบเปิดจะมีแก๊สหายไป)

ชั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น(Sharing)(45 นาที)

1. นักเรียนในห้องเลือกตัวแทน 1 คน เป็นผู้ดำเนินการอภิปราย และแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน 1 คน เพื่อให้เป็นผู้ร่วมอภิปราย
2. ครูชี้แจงบทบาทของผู้ดำเนินการอภิปราย ผู้เข้าร่วมการอภิปราย และผู้ร่วมรับฟังการอภิปรายให้นักเรียนได้รับทราบ
3. นักเรียนช่วยกันจัดสถานที่สำหรับการอภิปราย จากนั้นผู้ดำเนินการอภิปรายและผู้เข้าร่วมอภิปรายนั่งประจำที่
4. ผู้ดำเนินการอภิปรายแจ้งหัวข้อในการอภิปราย คือ นักเรียนคิดว่าการเกิดปฏิกิริยาเคมีเมื่อสารตั้งต้นกลายเป็นสารผลิตภัณฑ์แล้วสารผลิตภัณฑ์สามารถเกิดย้อนกลับมาเป็นสารตั้งต้นได้อีกหรือไม่ สังเกตได้จากอะไร
5. ผู้ดำเนินการอภิปรายแนะนำผู้เข้าร่วมการอภิปราย และแจ้งเวลาในการอภิปรายคนละ 3 นาที
6. นักเรียนที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองพร้อมทั้งตอบคำถามในใบงาน
7. นักเรียนที่เป็นผู้ร่วมฟังการอภิปรายสามารถซักถามข้อสงสัยหรือแสดงความคิดเห็นของตนเองต่อผู้เข้าร่วมการอภิปรายเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันได้
8. นักเรียนร่วมกันอภิปราย เจาะจาท่องกันจนได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล คือ การเปลี่ยนแปลงผันกลับได้ คือการเปลี่ยนแปลงที่เมื่อสารตั้งต้นเกิดปฏิกิริยากลายเป็นสารผลิตภัณฑ์แล้วสารผลิตภัณฑ์สามารถเกิดย้อนกลับมาเป็นสารตั้งต้นได้ สังเกตได้จากจะพบทั้งสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ในระบบ ซึ่งจะเกิดในระบบปิดเท่านั้น
9. ให้นักเรียนตอบคำถามในบัตรคำถามหลังเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาผันกลับได้
10. ครูตรวจให้คะแนน

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบงาน
2. บัตรคำถาม
3. แหล่งวิทยากรอื่น ๆ ที่กำหนดในใบงาน

การวัดและประเมินผล

1. สังเกตการอภิปรายร่วมกัน
2. สังเกตความร่วมมือในกลุ่ม
3. การตรวจบัตรคำถามและการตอบคำถามนำทางในใบงาน

บัตรคำถาม
ประกอบการเรียน เรื่อง ปฏิริยาผันกลับได้
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 1 จำนวน 2 ชั่วโมง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปฏิริยาผันกลับได้หมายความว่าอย่างไร
2. ปฏิริยาผันกลับได้สามารถเกิดในระบบเปิดได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
3. สารX ทำปฏิริยากับ สารY ได้สารZ ถ้าปฏิริยาเคมีนี้เป็นปฏิริยาผันกลับได้ เมื่อทำการตรวจสอบจะพบสารใดในระบบ เพราะอะไร
4. ปฏิริยาต่อไปนี้ เป็นปฏิริยาที่ผันกลับได้หรือไม่
 - 4.1 เนื้อหมูถูกทิ้งไว้ 3 วัน แล้วเน่า
 - 4.2 $CO_3^{2-}(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g)$ ทำในภาชนะเปิด
 - 4.3 การเผาผลิกคอปเปอร์(II)ซัลเฟตในหลอดที่ปิดสนิท
 - 4.4 น้ำอัดลมในขวดที่ยังไม่ได้เปิดฝา

ใบงาน
 ประกอบการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิริยาผันกลับได้
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 1 จำนวน 2 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อศึกษาทิศทางการเปลี่ยนแปลงของสารในระบบ

ความรู้เบื้องต้น

การเปลี่ยนแปลงของสารเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสรุปได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า เป็นการเปลี่ยนแปลงที่สารตั้งต้นเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์อย่างสมบูรณ์ ใช้ลูกศร → แทนการเปลี่ยนแปลง

2. การเปลี่ยนแปลงย้อนกลับเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนกลับมาเป็นสารตั้งต้น ใช้ลูกศร ← แทนการเปลี่ยนแปลง

3. การเปลี่ยนแปลงผันกลับไม่ได้ หรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ คือ การเปลี่ยนแปลงที่มีเฉพาะการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าอย่างเดียว ใช้ลูกศร → แทนการเปลี่ยนแปลง

4. การเปลี่ยนแปลงผันกลับได้ หรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ คือ การเปลี่ยนแปลงที่มีทั้งการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับเกิดขึ้นในระบบเดียวกัน ใช้ลูกศร ⇌ หรือ ↔ แทนการเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงผันกลับได้สามารถเกิดได้ทั้งในการละลาย การเปลี่ยนสถานะ และการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร

สถานการณ์ปัญหา

อุปกรณ์และสารเคมี

1. สารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟตอิ่มตัว (CuSO_4)
2. น้ำกลั่น
3. หลอดหยด
4. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCl)
5. หลอดทดลอง
6. จุกยาง
7. การบูร
8. ตะเกียงแอลกอฮอล์
9. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
10. ช้อนตักสารเบอร์ 1

11. ที่จับหลอดทดลอง

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การเปลี่ยนสถานะ

1. เตรียมหลอดทดลองมา 2 หลอด
2. ใส่เกล็ดการบูรลงไปหลอดทดลองทั้ง 2 หลอด หลอดละ 1 ซ้อนเบอร์ 1
3. นำจุกยางมาปิดหลอดทดลองหลอดที่ 1 ไว้
4. นำหลอดทั้งสองไปเผาโดยให้ก้นหลอดทดลองอยู่บริเวณชั้นบนสุดของเปลวไฟจนกระทั่งการบูรระเหิดหมดไป สังเกตขณะเผา
5. ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที สังเกตและบันทึกผล

ตอนที่ 2 การละลาย

1. เตรียมหลอดทดลองมา 2 หลอด แล้วเติมสารดังนี้
หลอดที่ 1 เติมโซเดียมคลอไรด์ 1 ซ้อนเบอร์ 1
หลอดที่ 2 เติมโซเดียมคลอไรด์ 2 ซ้อนเบอร์ 1
2. เติมน้ำปริมาตร 5 cm^3 ลงในหลอดทดลองทั้ง 2 เซย์เบา ๆ
3. นำหลอดทดลองที่ละลายไม่หมด ไปให้ความร้อนจนกระทั่งละลายหมด
4. ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที สังเกตหลอดทดลองทั้ง 2 หลอด และบันทึกผล

ตอนที่ 3 การเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. เตรียมหลอดทดลองมา 2 หลอด เติมสารละลาย คอปเปอร์(II)ซัลเฟต 2 cm^3 เก็บหลอดที่ 1 ไว้เปรียบเทียบกับสี
2. หยดสารละลายกรดไฮโดรคลอริกลงในหลอดที่ 2 ที่ละหยดจนกระทั่งเปลี่ยนสี สังเกตและบันทึกผล
3. หยดน้ำลงในหลอดทดลองที่ 2 ที่ละหยดจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนสี สังเกตและบันทึกผล

บันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 1

| หลอดทดลองที่ | ผลการสังเกต | | |
|--------------|-------------|---------|--------------------|
| | ก่อนเผา | หลังเผา | ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที |
| 1 | | | |
| 2 | | | |

ตอนที่ 2

| หลอดทดลองที่ | ผลการสังเกต | | |
|--------------|-------------|-----------------|--------------------|
| | หลังเติมน้ำ | หลังให้ความร้อน | ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที |
| 1 | | | |
| 2 | | | |

ตอนที่ 3

| หลอดทดลองที่ | ผลการสังเกต | |
|--------------|-------------|-----------------------|
| | เติม HCl | เติม H ₂ O |
| 1 | | |
| 2 | | |

สรุปผลการทดลอง

คำถามนำทาง

1. จากการทำกิจกรรมตอนที่ 1 การเปลี่ยนสถานะของสารในหลอดทดลองที่ 1 กับ หลอดที่ 2 ผลการสังเกตที่ได้แตกต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด
2. การทดลองในหลอดใดเป็นการเปลี่ยนสถานะที่ผันกลับได้
3. การทดลองตอนที่ 2 เรื่องการละลาย การทดลองในหลอดทดลองที่ 1 กับหลอดที่ 2 ผลการสังเกตแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
4. การทดลองในหลอดใดเป็นการละลายที่ผันกลับได้
5. การทดลองตอนที่ 3 เรื่องการเกิดปฏิกิริยา จงเขียนสมการการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก
6. จากการทดลองตอนที่ 3 เมื่อเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกสารละลายมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใด
7. จากการทดลองการเปลี่ยนแปลงที่มีทิศทางผันกลับได้เกิดขึ้นในระบบประเภทใด
8. การเปลี่ยนแปลงผันกลับได้กับการเปลี่ยนแปลงผันกลับไม่ได้ต่างกันอย่างไร
9. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ว่าอย่างไร

ข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน

1. นักเรียนต้องตอบคำถามนำทางทุกข้อ
2. สิ่งที่นักเรียนควรคำนึงถึงคือ

บันทึกผลการทดลองให้ตรงกับสิ่งที่สังเกตได้

การสรุปผลการทดลอง เป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้ยังไม่ต้องอภิปรายผลการทดลองเพราะการอภิปรายผลการทดลองให้ส่งตัวแทนออกไปอภิปรายหน้าชั้น

แหล่งวิทยาการ

1. ห้องสมุดโรงเรียนหนองนาคำวิทยาคม
2. หนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาเคมี 3
3. คู่มือสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติมวิชาเคมีช่วงชั้นที่ 4 เล่มที่ 3
4. หนังสือเรียนเสริมมาตรฐานแม่ค เรื่องสมดุลเคมี
5. หนังสือ Hi-Ed's chemistry เคมี ม.5 เล่ม 3

เฉลยบัตรคำถาม
ประกอบการเรียน เรื่อง ปฏิกริยาผันกลับได้
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 1 จำนวน 2 ชั่วโมง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปฏิกริยาผันกลับคือ ปฏิกริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกริยากันเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์และสารผลิตภัณฑ์บางส่วนก็ทำปฏิกริยากันย้อนกลับเป็นสารตั้งต้น
2. ปฏิกริยาผันกลับได้ไม่สามารถเกิดในระบบเปิดได้เพราะในระบบเปิดมวลสารหายไปจึงทำให้ไม่สามารถเกิดการผันกลับได้
3. สารX ทำปฏิกริยากับ สารY ได้สารZ ถ้าปฏิกริยาเคมีนี้เป็นปฏิกริยาผันกลับได้ เมื่อทำการตรวจสอบจะพบทั้งสาร X สาร Y และสารZ อยู่ในระบบ
4.
 - 4.1 ผันกลับไม่ได้
 - 4.2 ผันกลับไม่ได้
 - 4.3 ผันกลับได้
 - 4.4 ผันกลับได้

แผนการสอนตามรูปแบบการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา
 แผนการสอนที่ 2 เรื่อง ภาวะสมดุล วิชาเคมี
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 4 ชั่วโมง

มโนคติ

ภาวะสมดุล (Equilibrium state) คือ ภาวะของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงผันกลับได้ในระบบปิด มีอัตราการเกิดการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ จึงทำให้สมบัติของระบบคงที่ แต่ระบบไม่หยุดนิ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้ากับย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลา จัดเป็นสมดุลไดนามิก (dynamic equilibrium) ซึ่งพบทั้งในสมดุลของการเปลี่ยนแปลงสถานะ สมดุลของการละลาย และสมดุลของปฏิกิริยาเคมี

ความรู้เดิมก่อนเรียน

ปฏิกิริยาผันกลับได้ หมายถึง ปฏิกิริยาที่สารเกิดปฏิกิริยาเคมีได้สารผลิตภัณฑ์ แล้วสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นบางส่วนก็จะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับไปเป็นสารตั้งต้นเหมือนเดิม

การที่สารตั้งต้นกลายเป็นสารผลิตภัณฑ์ เรียกว่า ปฏิกิริยาไปข้างหน้า

ส่วนการที่สารผลิตภัณฑ์เปลี่ยนกลับมาเป็นสารตั้งต้นอีกครั้ง เรียกว่า ปฏิกิริยาย้อนกลับ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสาร นั่นคือถ้าสารมีความเข้มข้น

มากอัตราการเกิดปฏิกิริยาก็จะเกิดได้เร็ว ดังนั้นปฏิกิริยาเคมีในช่วงเริ่มต้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและจะค่อย ๆ ลดลงเนื่องจากในตอนเริ่มต้นสารตั้งต้นมีความเข้มข้นสูง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วสามารถ

1. อธิบายการเกิดสมดุลระหว่างสถานะ สมดุลในสารละลายอิ่มตัว และสมดุลในปฏิกิริยาเคมีได้
2. บอกสมบัติของระบบ ที่เข้าสู่ภาวะสมดุลได้
3. อธิบายความหมายของภาวะสมดุลและสมดุลไดนามิกได้

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน (40 นาที)

1. ครูให้นักเรียนนำน้ำส้มสายชู 300 cm³ ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 cm³
2. ใส่สีผสมอาหารลงไปเล็กน้อย
3. ใส่แอมฟทาไลน์ลงไป 5 ก้อน
4. เดิมโซเดียมไบคาร์บอเนต 3 ซ้อนเบอร์ 1 สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแล้วให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จำนวนฟองอากาศที่มาจับกับก้อนเนฟทาซีนเมื่อเริ่มใส่โซเดียมไบคาร์บอเนต จนกระทั่งปฏิกิริยาลิ้นสุดลง แตกต่างกันอย่างใด เพราะเหตุใด

(จำนวนฟองอากาศเมื่อเริ่มใส่โซเดียมไบคาร์บอเนตจะมีปริมาณมาก และจะค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งไม่มีฟองอากาศเกิดขึ้น เพราะช่วงเริ่มต้นมีปริมาณของโซเดียมไบคาร์บอเนตมาก)
ชั้นสอน

ชั้นการสร้างงานปัญหา (Problematic tasks)(10 นาที)

1. ครูถามนักเรียนว่า จากการทดลองข้างต้นเมื่อระบบมีสมบัติคงที่(ไม่มีฟองอากาศเกิดขึ้นในระบบ)นักเรียนคิดว่าภายในระบบมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด (ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น เพราะสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันจนหมดไปแล้ว)
2. ครูถามต่อไปว่า ถ้าปฏิกิริยาที่เกิดในระบบเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ นักเรียนคิดว่าเมื่อระบบมีสมบัติคงที่ระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด (นักเรียนมีคำตอบที่หลากหลาย)(ไม่มี เพราะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง/มี เพราะสารผลิตภัณฑ์เกิดเป็นสารตั้งต้นได้)
3. ครูแจกใบงานให้นักเรียนศึกษาคนละ 1 ชุด

ชั้นการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม (Cooperative Groups)(130 นาที)

1. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการปฏิบัติงาน ในกลุ่มย่อยร่วมกัน มีการแต่งตั้งประธาน รองประธาน เลขานุการ และสมาชิกกลุ่ม โดยมีการหมุนเวียนหน้าที่กันทุกคน และใช้วิธีการประชุมกลุ่มย่อยในการทำงานร่วมกัน
2. ให้นักเรียนศึกษาใบงานและใบความรู้ประกอบการเรียน เรื่อง ภาวะสมดุล ซึ่งมีการชี้แนะจุดประสงค์การเรียนรู้ การให้ความรู้เบื้องต้น ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา คำถามนำทาง ข้อกำหนดของงานที่ต้องปฏิบัติ แหล่งวิทยาการในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อให้ นักเรียนในกลุ่มได้ศึกษา ทดลอง และอภิปรายร่วมกัน
3. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันพิจารณาปัญหา คำถามนำทางและข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน ในใบงานที่ครูแจกให้ ประเด็นที่ต้องอภิปรายที่ละประเด็นเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ทุกแง่มุมอย่างละเอียดและปฏิบัติตามข้อกำหนดให้ได้มากที่สุด พร้อมทั้งตอบ คำถามนำทางทุกข้อ
4. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันหิบบกในประเด็นต่าง ๆ จากสมาชิกในกลุ่มมาใช้ในการ อภิปรายเพื่อลงมือทำการทดลองและสรุปผลการทดลองที่ได้จากการร่วมกันแสดงความคิดเห็น
5. นักเรียนในกลุ่มถ้าหากมีข้อสงสัยสามารถหาคำปรึกษาจากครูผู้สอนได้ โดยครูผู้สอนจะ ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด

6. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับหัวข้อการอภิปรายในใบงาน เพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันในกลุ่ม ซึ่งจะนำเสนอในชั้นเรียนต่อไป
7. นักเรียนเลือกตัวแทนกลุ่ม 1 คน เป็นผู้ร่วมอภิปรายต่อทั้งชั้นเรียน โดยนักเรียนในกลุ่มทุกคนจะมีโอกาสในการออกไปอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

ขั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น(Sharing)(60 นาที)

1. นักเรียนในห้องเลือกตัวแทน 1 คน เป็นผู้ดำเนินการอภิปราย และแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน 1 คน เพื่อให้เป็นผู้ร่วมอภิปราย
2. ครูชี้แจงบทบาทของผู้ดำเนินการอภิปราย ผู้เข้าร่วมการอภิปราย และผู้ร่วมรับฟังการอภิปรายให้นักเรียนได้รับทราบ
3. นักเรียนช่วยกันจัดสถานที่สำหรับการอภิปราย จากนั้นผู้ดำเนินการอภิปรายและผู้เข้าร่วมอภิปรายนั่งประจำที่
4. ผู้ดำเนินการอภิปรายแจ้งหัวข้อในการอภิปราย คือ เมื่อระบบอยู่ในภาวะสมดุลระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
5. ผู้ดำเนินการอภิปรายแนะนำผู้เข้าร่วมการอภิปราย และแจ้งเวลาในการอภิปรายคนละ 5 นาที
6. นักเรียนที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง พร้อมทั้งตอบคำถามในใบงาน
7. นักเรียนที่เป็นผู้ร่วมฟังการอภิปรายสามารถซักถามข้อสงสัยหรือแสดงความคิดเห็นของตนเองต่อผู้เข้าร่วมการอภิปรายเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันได้
8. นักเรียนร่วมกันอภิปราย เปรียบเทียบกันจนได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล คือ เมื่อระบบอยู่ในภาวะสมดุลยังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยสารตั้งต้นจะเปลี่ยนไปเป็นสารผลิตภัณฑ์และสารผลิตภัณฑ์ก็เปลี่ยนกลับมาเป็นสารตั้งต้นซึ่งทั้งสองกรณีนี้จะเกิดตลอดเวลาและในอัตราเร็วที่เท่ากันจึงทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์มีค่าคงที่ เราจึงไม่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
9. ให้นักเรียนตอบคำถามในบัตรคำถามหลังเรียน เรื่อง ภาวะสมดุล
10. ครูตรวจให้คะแนน

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบงาน
2. บัตรคำถาม
3. แหล่งวิทยาการอื่น ๆ ที่กำหนดในใบงาน

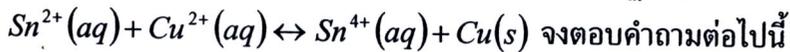
การวัดและประเมินผล

1. สังเกตการณ์อภิปรายร่วมกัน
2. สังเกตการณ์ตอบคำถาม
3. สังเกตความร่วมมือในกลุ่ม
4. การตรวจบัตรคำถาม

บัตรคำถาม
ประกอบการเรียน เรื่อง ภาวะสมดุล
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 2 จำนวน 4 ชั่วโมง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- ทำไมถึงจัดสมดุลเคมีว่าเป็นสมดุลไดนามิกส์
- เมื่อผสม FeSO_4 เข้ากับ AgNO_3 ที่มากเกินไป จะเกิดปฏิกิริยา



จงตอบคำถามต่อไปนี้
 ในตอนแรก ปฏิกิริยาไปข้างหน้าเกิดมาก เพราะ _____

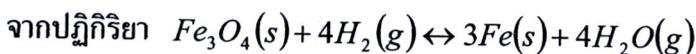
แต่ปฏิกิริยาย้อนกลับเกิดน้อย เพราะ _____

ต่อมาปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะลดลง เพราะ _____

ในขณะที่ปฏิกิริยาย้อนกลับเพิ่ม เพราะ _____

ในที่สุด ปฏิกิริยาไปข้างหน้า = ปฏิกิริยาย้อนกลับ ทำให้ระบบมีค่าคงที่ คือ ปริมาณสารทุกตัวมีปริมาณคงตัวตลอดเวลา ภาวะเช่นนี้ เรียกว่า _____ และเนื่องจากเป็นสมดุลที่เกิดกับปฏิกิริยาเคมี จึงเรียกอีกอย่างว่า สมดุลเคมี

- ต่อไปนี้ข้อใดถูกข้อใดผิด



_____ 3.1 ในช่วงแรกปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเกิดเร็ว เพราะสารตั้งต้นมีความเข้มข้นสูง แต่ปฏิกิริยาย้อนกลับจะเกิดช้า เพราะผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นต่ำ

_____ 3.2 ต่อมาปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะช้าลง แต่ปฏิกิริยาย้อนกลับจะเร็วขึ้น จนในที่สุด อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า = อัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เรียกว่าระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล

_____ 3.3 ในภาวะสมดุล ระบบจะนิ่งไม่มีการเกิดปฏิกิริยาเคมี

_____ 3.4 ในภาวะสมดุล ปริมาณสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์ จะมีค่าคงตัว

_____ 3.5 ในภาวะสมดุล ปริมาณสารตั้งต้น = ปริมาณสารผลิตภัณฑ์

_____ 3.6 หากทิ้งระบบไว้นาน ๆ สารตั้งต้นจะหมดไปเหลือแต่ผลิตภัณฑ์



ใบงาน
 ประกอบการเรียนรู้ เรื่อง ภาวะสมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 2 จำนวน 4 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อศึกษาภาวะสมดุลของปฏิกิริยาระหว่าง Fe^{2+} กับ I^- และ Fe^{3+} กับ I_2

ความรู้เบื้องต้น

สมดุลไดนามิก หมายถึง สมดุลที่มีการเคลื่อนที่ของอนุภาคอยู่ตลอดเวลา

ภาวะ ณ สมดุลไดนามิก

- ต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ
- อัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ

สมบัติของระบบคงที่ หมายถึง สมบัติไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาเปลี่ยนไป แต่ไม่ใช่ระบบนั้นหยุดนิ่ง (ไดนามิก) เช่น

สมดุลของการเปลี่ยนสถานะ (ของแข็ง, ของเหลว, แก๊ส)

อัตราการระเหย = อัตราการควบแน่น

สมดุลของการละลาย (ตัวทำละลาย + ตัวถูกละลาย = สารละลาย)

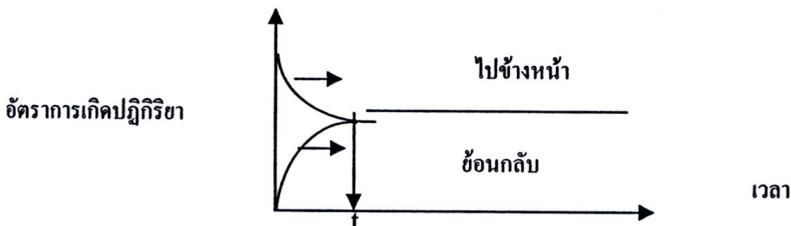
อัตราการละลาย = อัตราการตกผลึก

สมดุลของการเกิดปฏิกิริยาเคมี (สารตั้งต้น, สารผลิตภัณฑ์)

อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า = อัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ

กราฟที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ

กราฟระหว่างอัตราเร็วกับเวลา

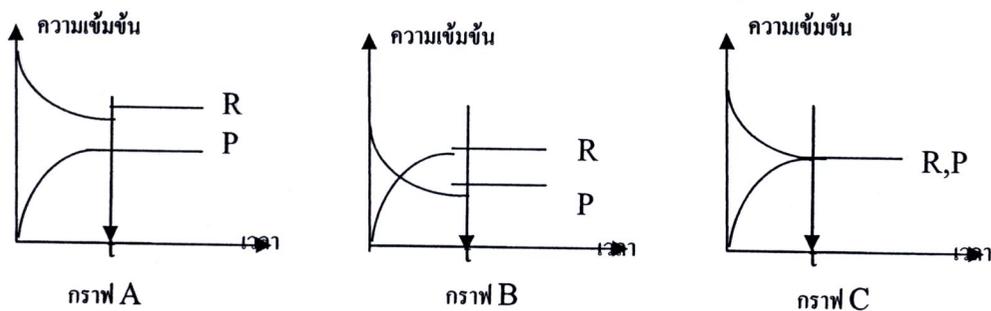


อุณหภูมิ ณ ภาวะสมดุล เวลา = t

กราฟระหว่างปริมาณ(โมล) หรือความเข้มข้น (โมล/ลิตร) กับเวลา

ถ้า R = สารตั้งต้น(Reactance)

P=ผลิตภัณฑ์ (Product)



กราฟ A ความเข้มข้นของสารตั้งต้น (R) จะมากกว่าความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ (P)

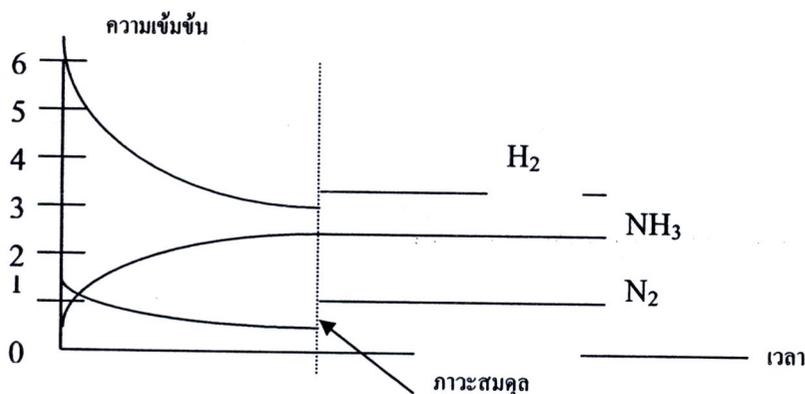
กราฟ B ความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ (P) จะมากกว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้น (R)

กราฟ C ความเข้มข้นของสารตั้งต้น (R) จะเท่ากับความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ (P)

เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลของสารตั้งต้นกับจำนวนโมลของผลิตภัณฑ์ ณ ภาวะสมดุล จากสมการ $N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightarrow 2NH_3(g)$ ดังนี้

กำหนดให้ เริ่มต้นใช้ N_2 1.5 mol/l ทำปฏิกิริยากับ H_2 6 mol/l พบว่า N_2 หดไป 1 mol/l H_2 หดไป 3 mol/l เกิด NH_3 2 mol/l

ณ ภาวะสมดุลเหลือ N_2 0.5 mol/l H_2 3 mol/l และเกิด NH_3 2 mol/l ดังกราฟ



สถานการณ์ปัญหา

อุปกรณ์และสารเคมี

1. สารละลายไอร์ออน(III) ไนเตรต ($Fe(NO_3)_3$)
2. สารละลายแอมโมเนียมไอร์ออน (II) ซัลเฟต ($(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$)
3. สารละลายไอโอดีนในเอทานอล
4. สารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต (NH_4SCN)
5. สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอเรต(III) ($K_3Fe(CN)_6$)
6. น้ำแป้งสุก

7. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)
8. หลอดทดลอง
9. หลอดหยด

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ทดสอบไอออน $Fe^{2+}(aq)$, $Fe^{3+}(aq)$ และ $I_2(aq)$

1. นำหลอดทดลอง มา 9 หลอด แบ่งเป็น 3 ชุด ชุดละ 3 หลอด แล้วเติมสารดังนี้
 ชุดที่ 1 เติมสารละลายไอร์ออน(III) ไนเตรต $Fe(NO_3)_3$ 2 cm^3
 ชุดที่ 2 เติมสารละลายแอมโมเนียมไอร์ออน (II) ซัลเฟต $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ 2 cm^3
 ชุดที่ 3 เติมสารละลายไอโอไอโอดีนในเอทานอล 2 cm^3
2. หยดสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต (NH_4SCN) 0.05 mol/dm³ ลงในหลอดทดลองที่ 1 ของสารละลายทั้ง 3 ชุด ชุดละ 3 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล
3. หยดสารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอเรต(III) $(K_3Fe(CN)_6)$ 0.05 mol/dm³ ลงในหลอดทดลองที่ 2 ของสารละลายทั้ง 3 ชุด ชุดละ 3 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล
4. หยดน้ำแป้งลงในหลอดทดลองที่ 3 ของสารละลายทั้ง 3 ชุด ชุดละ 3 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล

ตอนที่ 2 ทดสอบปฏิกิริยาไปข้างหน้า (ปฏิกิริยาระหว่าง $Fe^{3+}(aq)$ กับ $I^- (aq)$)

1. ผสมสารละลาย $Fe(NO_3)_3$ 3 cm^3 กับสารละลาย KI 5 cm^3
2. แบ่งสารละลายออกเป็น 3 หลอด หลอดละ 1 cm^3
3. เติมสารละลาย $K_3Fe(CN)_6$ 3 หยด ลงในหลอดทดลองที่ 1 สังเกตการเปลี่ยนแปลง
4. เติมสารละลาย NH_4SCN 3 หยด ลงในหลอดทดลองที่ 2 สังเกตการเปลี่ยนแปลง
5. เติมน้ำแป้ง 3 หยด ลงในหลอดทดลองที่ 3 สังเกตการเปลี่ยนแปลง

ตอนที่ 3 การสำรวจปฏิกิริยาย้อนกลับระหว่างสารละลาย $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ กับสารละลาย I_2

1. นำหลอดทดลองมา 1 หลอด เติมสารละลาย $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ 2 cm^3
2. หยดเอทานอลในแอลกอฮอล์ 7 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลง
3. เติมสารละลาย NH_4SCN 1 cm^3 สังเกตการเปลี่ยนแปลง

บันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 1

| สารที่ทดสอบ | การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้เมื่อเติมสารละลาย | | |
|---|---|------------------------------------|---------|
| | NH_4SCN | $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ | น้ำแป้ง |
| ไอออน(III)ไอออน (Fe^{3+}) | | | |
| ไอออน(II)ไอออน (Fe^{2+}) | | | |
| ไอโอดีน (I_2) | | | |

ตอนที่ 2

| หลอดทดลองที่ | สารที่ผสมกัน | การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ |
|--------------|---|----------------------------|
| 1 | $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI} + \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ | |
| 2 | $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI} + \text{NH}_4\text{SCN}$ | |
| 3 | $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI} + \text{น้ำแป้ง}$ | |

ตอนที่ 3

| การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| หยดไอโอดีนในเอทานอล | เติมสารละลาย NH_4SCN |
| | |

คำถามนำทาง

1. $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$ แตกตัวเกิดเป็นไอออนชนิดใด

2. $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2(\text{aq})$ แตกตัวเกิดเป็นไอออนชนิดใด

3. สารละลาย $\text{NH}_4\text{SCN}(\text{aq})$ ใช้ทดสอบไอออนชนิดใด ได้ผลอย่างไร

4. สารละลาย $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ใช้ทดสอบไอออนชนิดใด ได้ผลอย่างไร

5. เมื่อหยดน้ำแป้งลงในสารละลายไอโอดีน พบว่า

6. ผลการสังเกตหลังผสม $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$ กับ $\text{KI}(\text{aq})$ คือ

7. จากการสำรวจตรวจสอบสารละลายผสมในตอนที่ 2 พบไอออนในสารละลายดังนี้

7.1 พบ $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ ทราบได้จาก _____

7.2 พบ $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ ทราบได้จาก _____

7.3 พบ $\text{I}_2(\text{aq})$ ทราบได้จาก _____

8. จากการสำรวจตรวจสอบสารละลายผสมในตอนที่ 3 พบ $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ ในสารละลาย ทราบได้จาก _____

9. ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในตอนที่ 3 แตกต่างจากในตอนที่ 2 คือ

10. จากผลสำรวจในตอนที่ 2 และตอนที่ 3 ได้ข้อสรุปดังนี้

10.1 ปฏิกริยาระหว่าง $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ กับ $\text{I}^-(\text{aq})$ เป็นปฏิกริยา _____

10.2 ปฏิกริยาไปข้างหน้า คือ _____

10.3 ปฏิกริยาย้อนกลับ คือ _____

10.4 สมการรวมของปฏิกริยา คือ _____

10.5 ปฏิกริยาเข้าสู่ภาวะสมดุลและคงที่ สังเกตได้จาก _____

11. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ว่าอย่างไร _____

ข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน

1. นักเรียนสามารถตอบคำถามนำทางทุกข้ออย่างถูกต้อง

2. สิ่งที่นักเรียนควรคำนึงถึงคือ

บันทึกผลการทดลองให้ตรงกับสิ่งที่สังเกตได้

การสรุปผลการทดลอง เป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้

แหล่งวิทยาการ

1. ห้องสมุดโรงเรียนหนองนาคำวิทยาคม

2. หนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาเคมี 3

3. คู่มือสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติมวิชาเคมีช่วงชั้นที่ 4 เล่มที่ 3

4. หนังสือเรียนเสริมมาตรฐานแม่ค เรื่องสมดุลเคมี

5. หนังสือ Hi-Ed's chemistry เคมี ม.5 เล่ม 3

เฉลยบัตรคำถาม
 ประกอบการเรียนรู้ เรื่อง ภาวะสมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 2 จำนวน 4 ชั่วโมง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. เพราะ ที่ภาวะสมดุลระบบมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและอัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลา
2. ปฏิริยาไปข้างหน้าเกิดมาก เพราะความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีมาก แต่ปฏิริยาย้อนกลับเกิดน้อย เพราะความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์มีน้อย ต่อมาปฏิริยาไปข้างหน้าจะลดลง เพราะความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดน้อยลง

ปฏิริยาจึงเกิดช้าลง

ในขณะที่ปฏิริยาย้อนกลับเพิ่ม เพราะความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

ปฏิริยา

จึงเกิดเร็วขึ้น เรียกว่า ภาวะสมดุล และเนื่องจากเป็นสมดุลที่เกิดกับปฏิริยาเคมี จึงเรียกอีกอย่างว่า สมดุลเคมี

3. (3.1 \checkmark 3.2 \checkmark 3.3 X 3.4 \checkmark 3.5 X 3.6 X)

แผนการสอนตามรูปแบบการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา
 แผนการสอนที่ 3 เรื่อง ค่าคงที่สมดุล วิชาเคมี
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 2 ชั่วโมง

มโนคติ

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา (K) คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างผลคูณของความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดยกกำลังด้วยสัมประสิทธิ์ของสารชนิดนั้นกับผลคูณความเข้มข้นของสารตั้งต้นแต่ละชนิดยกกำลังด้วยสัมประสิทธิ์ของสารชนิดนั้นโดยมีเงื่อนไขว่าสัมประสิทธิ์ของสารทุกชนิดต้องมาจากสมการที่ดุลแล้ว และจะต้องอยู่ในรูปของสารละลายและแก๊สเท่านั้น

ค่าคงที่สมดุลมากกว่า 1 แสดงว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากกว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ค่าคงที่สมดุลเท่ากับ 1 แสดงว่าปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับปฏิกิริยาย้อนกลับ และถ้าค่าคงที่สมดุลน้อยกว่า 1 แสดงว่าปฏิกิริยาไปข้างหน้าน้อยกว่าปฏิกิริยาย้อนกลับ

ความรู้เดิมก่อนเรียน

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหาได้จากกฎอัตรา (Law of Mass Action) ซึ่งมีใจความว่า “อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยา” ซึ่งหาค่าได้ดังนี้

กำหนดให้ปฏิกิริยาทั่วไปเป็น $aA + bB \rightarrow cC + dD$

จากกฎอัตรา อัตราการเกิดปฏิกิริยา (R) หาได้จาก $R = K[A]^n[B]^m$

R = อัตราการเกิดปฏิกิริยา

[A] = ความเข้มข้นของ A

[B] = ความเข้มข้นของ B

K = ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาในปฏิกิริยาหนึ่ง ๆ

n และ m = เลขชี้กำลังความเข้มข้น

ถ้าปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นในขั้นตอนเดียว ค่า n และ m คือ สัมประสิทธิ์ของสาร A และสาร B ตามลำดับ

สมดุลเคมี คือ ภาวะที่ระบบเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับตลอดเวลา ภาวะสมดุลจะไม่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เพราะสมบัติของระบบคงที่ แต่ระบบมิได้หยุดนิ่ง อัตราปฏิกิริยาไปข้างหน้าและอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลา ในอัตราที่เท่ากัน ทำให้ความเข้มข้นของสารทุกตัวในระบบคงที่ แต่ไม่ได้หมายความว่ามีความเข้มข้นเท่ากัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วสามารถ

1. อธิบายความหมายของค่าคงที่สมดุลได้
2. แปลความหมายของค่าคงที่สมดุลได้

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน (10 นาที)

1. ครูถามนักเรียนว่านักเรียนจำผลการทดลอง เรื่องความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ไหม
2. ครูนำชุดการทดลองที่ได้เตรียมไว้มาให้ให้นักเรียน ซึ่งประกอบด้วย
 - หลอดทดลองที่ 1-3 คือสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 3 M จำนวน 5 cm³
 - หลอดทดลองที่ 4 คือสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 3 M จำนวน 5 cm³
 - หลอดทดลองที่ 5 คือ สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 3 M จำนวน 3 cm³
 - หลอดทดลองที่ 6 คือ สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 3 M จำนวน 1 cm³
 - หลอดทดลองที่ 7 คือ น้ำกลั่น 2 cm³
 - หลอดทดลองที่ 8 คือ น้ำกลั่น 4 cm³
3. ครูให้นักเรียนนำกระดาษมาวางขีดหลอดทดลองที่ 1-3 เพื่อที่จะได้สังเกตปฏิกิริยาได้ชัดเจน
4. ครูให้นักเรียนเติมน้ำกลั่นจากหลอดทดลองที่ 7 ลงในหลอดทดลองที่ 2 และจากหลอดทดลองที่ 8 ลงในหลอดทดลองที่ 3
5. เติม โซเดียมไทโอซัลเฟต ในหลอดทดลองที่ 4 ลงในหลอดทดลองที่ 1 หลอดทดลองที่ 5 ลงในหลอดทดลองที่ 2 หลอดทดลองที่ 6 ลงในหลอดทดลองที่ 3
6. สังเกตการเกิดตะกอน แล้วตอบคำถามต่อไปนี้
 - 6.1 หลอดทดลองใดเกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วที่สุด (หลอดทดลองที่ 1)
 - 6.2 ความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ อย่างไร (มีความเข้มข้นของสารตั้งต้นมากปฏิกิริยาเคมีจะเกิดเร็ว)

ครูอธิบายว่า จากการทดลองนักเรียนจะพบว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเราสามารถหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้จากสมการ

$$R = k[A]^n[B]^m$$

เรียกสมการนี้ว่า กฎอัตรา และถ้าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเกิดในขั้นตอนเดียว n และ m ก็คือสัมประสิทธิ์หน้าสาร A และสาร B นั่นเอง

ชั้นสอน

ชั้นการสร้างงานปัญหา (Problematic tasks)(5 นาที)

1. ครูถามนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าในปฏิกิริยาผันกลับได้เมื่อปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุล นักเรียนคิดว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ที่มีความสัมพันธ์กับค่าคงที่สมดุลอย่างไร
(ความเข้มข้นของสารตั้งต้นมากค่าคงที่สมดุลจะมาก)
2. ครูแจกใบงานให้นักเรียนคนละ 1 ชุด

ชั้นการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม (Cooperative Groups)(60 นาที)

1. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการปฏิบัติงาน ในกลุ่มย่อยร่วมกัน มีการแต่งตั้งประธาน รองประธาน เลขานุการ และสมาชิกกลุ่ม โดยมีการหมุนเวียนหน้าที่กันทุกคน และใช้วิธีการประชุมกลุ่มย่อยในการทำงานร่วมกัน
2. ให้นักเรียนศึกษาใบงานและใบความรู้ประกอบการเรียน เรื่อง ค่าคงที่สมดุล ซึ่งมีการชี้แนะจุดประสงค์การเรียนรู้ การให้ความรู้เบื้องต้น ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา คำถามนำทาง ข้อกำหนดของงานที่ต้องปฏิบัติ แหล่งวิทยาการในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนในกลุ่มได้ศึกษาและอภิปรายร่วมกัน
3. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันพิจารณาปัญหา คำถามนำทางและข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน ในใบงานที่ครูแจกให้ ประเด็นที่ต้องอภิปรายที่ละประเด็นเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ทุกแง่มุมอย่างละเอียดและปฏิบัติตามข้อกำหนดให้ได้มากที่สุด พร้อมทั้งตอบ คำถามนำทางทุกข้อ
4. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันหยิบยกในประเด็นต่าง ๆ จากสมาชิกในกลุ่มมาใช้ในการ อภิปรายให้ได้ข้อสรุปที่ได้จากการร่วมกันแสดงความคิดเห็น
5. นักเรียนในกลุ่มถ้าหากมีข้อสงสัยสามารถหาคำปรึกษาจากครูผู้สอนได้ โดยครูผู้สอนจะ ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด
6. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับหัวข้อการอภิปรายในใบงาน เพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันในกลุ่ม ซึ่งจะนำเสนอในชั้นเรียนต่อไป
7. นักเรียนเลือกตัวแทนกลุ่ม 1 คน เป็นผู้ร่วมอภิปรายต่อทั้งชั้นเรียน โดยนักเรียนในกลุ่ม ทุกคนจะมีโอกาสในการออกไปอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

ชั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น(Sharing)(45 นาที)

1. นักเรียนในห้องเลือกตัวแทน 1 คน เป็นผู้ดำเนินการอภิปราย และแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน 1 คน เพื่อให้เป็นผู้ร่วมอภิปราย

2. ครูชี้แจงบทบาทของผู้ดำเนินการอภิปราย ผู้เข้าร่วมการอภิปราย และผู้ร่วมรับฟังการอภิปรายให้นักเรียนได้รับทราบ
3. นักเรียนช่วยกันจัดสถานที่สำหรับการอภิปราย จากนั้นผู้ดำเนินการอภิปรายและผู้เข้าร่วมอภิปรายนั่งประจำที่
4. ผู้ดำเนินการอภิปรายแจ้งหัวข้อในการอภิปราย คือ ในปฏิกริยาผันกลับได้เมื่อปฏิกริยาเข้าสู่ภาวะสมดุล นักเรียนคิดว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับค่าคงที่สมดุลอย่างไร
5. ผู้ดำเนินการอภิปรายแนะนำผู้เข้าร่วมการอภิปราย และแจ้งเวลาในการอภิปรายคนละ 3 นาที
6. นักเรียนที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองพร้อมทั้งตอบคำถามในใบงาน
7. นักเรียนที่เป็นผู้ร่วมฟังการอภิปรายสามารถซักถามข้อสงสัยหรือแสดงความคิดเห็นของตนเองต่อผู้เข้าร่วมการอภิปรายเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันได้
8. นักเรียนร่วมกันอภิปราย เปรียบเทียบกันจนได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล คือ ในภาวะสมดุลถ้าความเข้มข้นของสารตั้งต้นมากกว่าความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ค่าคงที่สมดุลที่ได้จะมีค่ามากกว่า 1 แต่ถ้าในภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารตั้งต้นน้อยกว่าความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ค่าคงที่สมดุลที่ได้จะมีค่าน้อยกว่า 1 และถ้าในภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารตั้งต้นเท่ากับความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ค่าคงที่สมดุลที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 1
9. ให้นักเรียนตอบคำถามในบัตรคำถามหลังเรียน เรื่อง ค่าคงที่สมดุล
10. ครูตรวจให้คะแนน

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบงาน
2. บัตรคำถาม
3. แหล่งวิทยากรอื่น ๆ ที่กำหนดในใบงาน

การวัดและประเมินผล

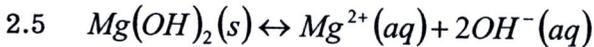
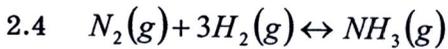
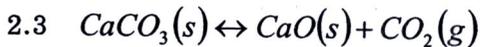
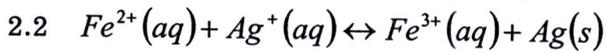
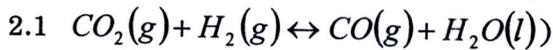
1. สังเกตการณ์อภิปรายร่วมกัน
2. สังเกตการณ์ตอบคำถาม
3. สังเกตความร่วมมือในกลุ่ม
4. การตรวจบัตรคำถาม

บัตรคำถาม
 ประกอบการเรียน เรื่อง ค่าคงที่สมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 3 จำนวน 2 ชั่วโมง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

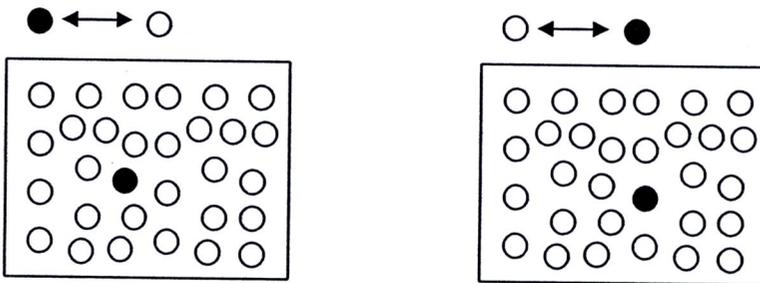
1. ค่าคงที่สมดุลหาได้อย่างไร _____

2. จงหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาต่อไปนี้ พร้อมระบุหน่วย



3. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่มีค่าคงที่สมดุล $K = \frac{[NO_2]^2 [Cl_2]}{[NO_2Cl]^2}$

4. จากภาพแสดงปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุลของสาร 2 ชนิด ภาพใดที่มีค่าคงที่สมดุลน้อยมากจงให้เหตุผลประกอบ



ภาพที่ _____

เพราะ _____

ใบงาน
 ประกอบการเรียนรู้ เรื่อง ค่าคงที่สมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 3 จำนวน 2 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อศึกษาการปรับตัวเข้าสู่ภาวะสมดุลของระบบ

ความรู้เบื้องต้น

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา (K)

ที่ภาวะสมดุล อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับจะมีอัตราเร็วเท่ากัน และเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเราสามารถหาค่าคงที่นั้นได้จากกฎอัตรา ดังนี้

กำหนดให้สมการทั่วไป คือ $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

จากกฎอัตราจะสามารถห้อัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ดังนี้

อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า คือ $R_1 = K_1[A]^a[B]^b$

อัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ คือ $R_2 = K_2[C]^c[D]^d$

และเนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามีค่าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยา

ย้อนกลับจะได้ $R_1 = R_2$ เพราะฉะนั้น $K_1[A]^a[B]^b = K_2[C]^c[D]^d$

นั่นคือ $\frac{K_1}{K_2} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$ กำหนดให้ $\frac{K_1}{K_2} = K_c$ หรือ K ซึ่งเรียกว่าค่าคงที่สมดุลของ

ปฏิกิริยา

เพราะฉะนั้นจะได้ค่าคงที่สมดุล $K_c = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$

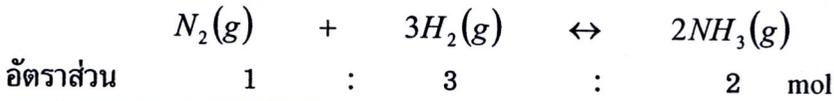
ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา (K_c) คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างผลคูณของความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดยกกำลังด้วยสัมประสิทธิ์ของสารชนิดนั้นกับผลคูณความเข้มข้นของสารตั้งต้นแต่ละชนิดยกกำลังด้วยสัมประสิทธิ์ของสารชนิดนั้นโดยมีเงื่อนไขว่าสัมประสิทธิ์ของสารทุกชนิดต้องมาจากสมการที่ดุลแล้วและสารที่จะนำมาคำนวณหาค่าคงที่สมดุลต้องอยู่ในรูปสารละลาย (aq) หรือเป็นสารในสถานะแก๊ส (g) เท่านั้น ส่วนสารที่อยู่ในสถานะเป็นของแข็ง (s) และของเหลวบริสุทธิ์ (l) จะไม่นำมาคำนวณค่าคงที่สมดุลเพราะถือว่าความเข้มข้นของของแข็งและของเหลวบริสุทธิ์มีค่าคงที่

สารที่อยู่ในสถานะแก๊สมักจะใช้ความดันย่อยแทนความเข้มข้นดังนั้นค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาที่อยู่ในภาวะแก๊สคือค่าคงที่สมดุลของความดัน เขียนแทนได้เป็น K_p

ค่าคงที่สมดุล (K) ของแต่ละปฏิกิริยาจะมีหน่วยแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับจำนวนสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาและปริมาณสัมพัทธ์ของสารในสมการ ค่าคงที่สมดุลจึงไม่นิยมใส่หน่วย

ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับค่าคงที่สมดุลได้จากตารางแสดงข้อมูลความเข้มข้นของ N_2 , H_2 และ NH_3 ตั้งแต่เริ่มต้นจนเข้าสู่ภาวะสมดุล ดังนี้

ตารางแสดงความเข้มข้นของสารจากการทดลองที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส



| การทดลองที่ | ความเข้มข้นของสารเริ่มต้น (mol/l) | | | ความเข้มข้นของสาร ณ ภาวะสมดุล (mol/l) | | | $K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------|----------------|--|
| | $[N_2]$ | $[H_2]$ | $[NH_3]$ | $[N_2]$ | $[H_2]$ | $[NH_3]$ | |
| 1 เริ่มจากปฏิกิริยาไปข้างหน้า | 1.0 ใช้ไป 0.07 9 | 1.0 ใช้ไป 0.23 7 | 0.0 | 0.92 1 เหลือ | 0.76 3 เหลือ | 0.158 เกิด | $K = \frac{(0.158)^2}{(0.921)(0.763)^3}$ $= 6.10 \times 10^{-2} \text{ l}^2 / \text{mol}^2$ |
| 2 เริ่มจากปฏิกิริยาย้อนกลับ | 0.0 | 0.0 | 1.0 ใช้ไป 0.797 | 0.39 9 เกิด | 1.19 7 เกิด | 0.203 เหลือ | $K = \frac{(0.203)^2}{(0.399)(1.197)^3}$ $= 6.02 \times 10^{-2} \text{ l}^2 / \text{mol}^2$ |

จากตารางจะเห็นว่า การทดลองครั้งที่ 1 เริ่มต้นจากปฏิกิริยาไปข้างหน้า เมื่อ N_2 หหมดไป 0.079 mol/l H_2 จะหมดไปเป็น 3 เท่าคือ 0.237 mol/l และเกิด NH_3 2 เท่าคือ 0.158 mol/l ณ ภาวะสมดุล ซึ่งจะเหลือ N_2 0.921 mol/l H_2 0.763 mol/l เมื่อนำความเข้มข้นของสาร ณ ภาวะสมดุลไปหาค่า K จะได้ $6.10 \times 10^{-2} \text{ l}^2 / \text{mol}^2$

สถานการณ์ปัญหา

จงศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามให้ถูกต้อง

ความเข้มข้นของสารจากปฏิกิริยาระหว่าง H_2 กับ I_2 ได้ผลิตภัณฑ์คือ HI ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงภาวะสมดุลที่อุณหภูมิ 731 เคลวิน มีสมการดังนี้ $H_2(g) + I_2(g) \leftrightarrow 2HI(g)$ จงเติมข้อมูลในตารางให้ถูกต้อง

| การทดลองที่ | ความเข้มข้นของสารเริ่มต้น (mol/l) | | | ความเข้มข้นของสาร ณ ภาวะสมดุล (mol/l) | | | $K = \left(\frac{\quad}{\quad} \right)$ |
|-------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|----------------|----------------|--|
| | $[H_2]$ | $[I_2]$ | $[HI]$ | $[H_2]$ | $[I_2]$ | $[HI]$ | |
| 1 | 2.40 ใช้ไป | 1.38 ใช้ไป | 0 | 1.14 เหลือ | 0.12 เหลือ | เกิด | แทนค่า K=..... |
| การทดลองที่ | ความเข้มข้นของสารเริ่มต้น (mol/l) | | | ความเข้มข้นของสาร ณ ภาวะสมดุล (mol/l) | | | $K = \left(\frac{\quad}{\quad} \right)$ |
| | $[H_2]$ | $[I_2]$ | $[HI]$ | $[H_2]$ | $[I_2]$ | $[HI]$ | |
| 2 | 2.40 ใช้ไป 1.48 | 1.68 ใช้ไป | 0 | เหลือ | เหลือ | เกิด | แทนค่า K=..... |
| 3 | 0 | 0 | 3.04 ใช้ไป | 0.35 เกิด | เกิด | เหลือ | แทนค่า K=..... |
| 4 | 0 | 0 | 7.58 ใช้ไป | 0.86 เกิด | เกิด | เหลือ | แทนค่า K=..... |

คำถามนำทาง

1. การทดลองครั้งที่ 1 และ 2 เริ่มต้นจากปฏิกิริยาชนิดใด เพราะเหตุใด
2. การทดลองที่ 1 และ 2 ใช้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นเท่ากันหรือไม่ และ ณ ภาวะสมดุล ความเข้มข้นของสารทุกสารเท่ากันหรือไม่ และค่า K เท่ากันหรือไม่
3. การทดลองครั้งที่ 3 และ 4 เริ่มต้นจากปฏิกิริยาชนิดใด เพราะเหตุใด
4. การทดลองที่ 3 และ 4 ใช้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นเท่ากันหรือไม่ และ ณ ภาวะสมดุล ความเข้มข้นของสารทุกสารเท่ากันหรือไม่ และค่า K เท่ากันหรือไม่
5. ค่า K ของการทดลองมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า 1 และความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร
6. ข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาความเข้มข้นของสารจากการทดลองที่ 1-4 และการทดลองหาค่า K ของปฏิกิริยาระหว่าง H_2 กับ I_2 ได้ HI สรุปได้ว่าอย่างไร

ข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน

นักเรียนสามารถตอบคำถามนำทางทุกข้ออย่างถูกต้อง

แหล่งวิทยาการ

1. ห้องสมุดโรงเรียนหนองนาคำวิทยาคม
2. หนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาเคมี 3
3. คู่มือสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติมวิชาเคมีช่วงชั้นที่ 4 เล่มที่ 3

เฉลยบัตรคำถาม
 ประกอบการเรียน เรื่อง ค่าคงที่สมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 3 จำนวน 2 ชั่วโมง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. หากจากความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ยกกำลังด้วยจำนวนโมล หาด้วยความเข้มข้นของสารตั้งต้นยกกำลังด้วยจำนวนโมล
2. จงหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาต่อไปนี้ พร้อมระบุหน่วย

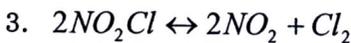
2.1 $\left(K = \frac{[CO]}{[CO_2][H_2]} \right), \text{ l/mol}$

2.2 $\left(K = \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}][Ag^+]} \right), \text{ l/mol}$

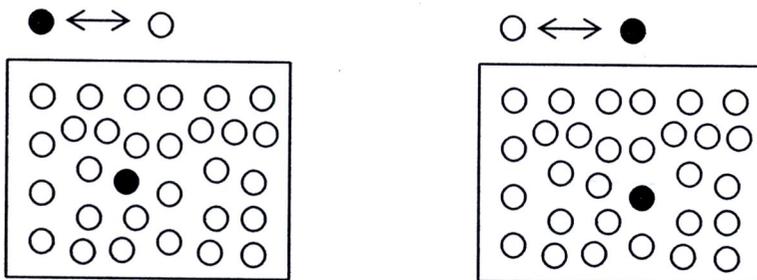
2.3 $(K = [CO_2]), \text{ mol/l}$

2.4 $K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}, (1/\text{mol})^2$

2.5 $K = [Mg^{2+}][OH^-]^2, (\text{mol/l})^3$



4. จากภาพแสดงปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุลของสาร 2 ชนิด ภาพใดที่มีค่าคงที่สมดุลน้อยมาก ($K \lll 1$) ทำไม



ภาพที่ 2 เพราะ ภาพที่สองมีสารผลิตภัณฑ์เกิดน้อยมากแสดงว่าค่าคงที่สมดุลต้องน้อยมาก

แผนการสอนตามรูปแบบการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา
 แผนการสอนที่ 4 เรื่อง ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี วิชาเคมี
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 2 ชั่วโมง

มโนคติ

ค่าคงที่สมดุล (K) ขึ้นกับรูปแบบของปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาเคมีต่างชนิดกัน ค่า K ไม่เท่ากัน ปฏิกิริยาเดียวกันแต่เขียนสมการเคมีไม่เหมือนกัน ค่า K ไม่เท่ากัน

ความรู้เดิมก่อนเรียน

ค่า K มาก แสดงว่าปฏิกิริยาเกิดไปข้างหน้าได้ดีมาก ผลิตภัณฑ์เกิดมาก สารตั้งต้นเหลือน้อย

ค่า K น้อย แสดงว่าปฏิกิริยาเกิดไปข้างหน้าได้น้อย สารตั้งต้นเหลือมาก ผลิตภัณฑ์เกิดน้อย

ค่า K ปานกลาง แสดงว่าสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์มีปริมาณมากพอ ๆ กัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมีได้

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน (5 นาที)

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนด้วยคำถามต่อไปนี้

1. ค่าคงที่สมดุลมีความสัมพันธ์กับปฏิกิริยาเคมีอย่างไร

(ถ้าค่าคงที่สมดุลมากแสดงว่าเมื่อปฏิกิริยาลิ้นสุดลงจะมีปริมาณสารตั้งต้นน้อยกว่าสารผลิตภัณฑ์)

ชั้นสอน

ชั้นการสร้างงานปัญหา (Problematic tasks)(5 นาที)

1. นักเรียนคิดว่าในปฏิกิริยาของสารชนิดเดียวกันถ้าเขียนสมการเคมีแตกต่างกันค่าคงที่สมดุลจะแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(นักเรียนมีคำตอบที่หลากหลาย)

2. ครูแจกใบงานให้นักเรียนทำคนละ 1 ชุด

ชั้นการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม (Cooperative Groups)(20 นาที)

1. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการปฏิบัติงาน ในกลุ่มย่อยร่วมกัน มีการแต่งตั้งประธาน รองประธาน เลขานุการ และสมาชิกกลุ่ม โดยมีการหมุนเวียนหน้าที่กันทุกคน และใช้วิธีการประชุมกลุ่มย่อยในการทำงานร่วมกัน
2. ให้นักเรียนศึกษาใบงานและใบความรู้ประกอบการเรียน เรื่อง ค่าคงที่สมมูลกับสมการเคมี ซึ่งมีการชี้แนะจุดประสงค์การเรียนรู้ การให้ความรู้เบื้องต้น ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา คำถามนำทาง ข้อกำหนดของงานที่ต้องปฏิบัติ แหล่งวิทยาการในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อให้ให้นักเรียนในกลุ่มได้ศึกษาและอภิปรายร่วมกัน
3. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันพิจารณาปัญหา คำถามนำทางและข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน ในใบงานที่ครูแจกให้ ประเด็นที่ต้องอภิปรายที่ละประเด็นเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ทุกแง่มุมอย่างละเอียดและปฏิบัติตามข้อกำหนดให้ได้มากที่สุด พร้อมทั้งตอบคำถามนำทางทุกข้อ
4. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันหยาบยกในประเด็นต่าง ๆ จากสมาชิกในกลุ่มมาใช้ในการอภิปรายให้ได้ข้อสรุปที่ได้จากการร่วมกันแสดงความคิดเห็น
5. นักเรียนในกลุ่มถ้าหากมีข้อสงสัยสามารถหาคำปรึกษาจากครูผู้สอนได้ โดยครูผู้สอนจะให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด
6. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับหัวข้อการอภิปรายในใบงาน เพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันในกลุ่ม ซึ่งจะนำเสนอในชั้นเรียนต่อไป
7. นักเรียนเลือกตัวแทนกลุ่ม 1 คน เป็นผู้ร่วมอภิปรายต่อทั้งชั้นเรียน โดยนักเรียนในกลุ่มทุกคนจะมีโอกาสในการออกไปอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

ชั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น(Sharing)(40 นาที)

1. นักเรียนในห้องเลือกตัวแทน 1 คน เป็นผู้ดำเนินการอภิปราย และแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน 1 คน เพื่อให้เป็นผู้ร่วมอภิปราย
2. ครูชี้แจงบทบาทของผู้ดำเนินการอภิปราย ผู้เข้าร่วมการอภิปราย และผู้ร่วมรับฟังการอภิปรายให้นักเรียนได้รับทราบ
3. นักเรียนช่วยกันจัดสถานที่สำหรับการอภิปราย จากนั้นผู้ดำเนินการอภิปรายและผู้เข้าร่วมอภิปรายนั่งประจำที่
4. ผู้ดำเนินการอภิปรายแจ้งหัวข้อในการอภิปราย คือ ในปฏิกิริยาของสารชนิดเดียวกันถ้าเขียนสมการเคมีแตกต่างกันค่าคงที่สมมูลจะแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
5. ผู้ดำเนินการอภิปรายแนะนำผู้เข้าร่วมการอภิปราย และแจ้งเวลาในการอภิปรายคนละ 2 นาที
6. นักเรียนที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง พร้อมทั้งตอบคำถามในใบงาน

7. นักเรียนที่เป็นผู้ร่วมฟังการอภิปรายสามารถซักถามข้อสงสัยหรือแสดงความคิดเห็นของตนเองต่อผู้เข้าร่วมการอภิปรายเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันได้
8. นักเรียนร่วมกันอภิปราย เจจาะต่อรองกันจนได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล คือ ในปฏิบัติการของสารชนิดเดียวกันถ้าเขียนสมการเคมีแตกต่างกันจะทำให้ค่าคงที่สมดุลที่ได้แตกต่างกันด้วย เช่น ถ้าเขียนสมการโดยมีสัมประสิทธิ์ของสารเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ค่าคงที่สมดุลที่ได้จะมีค่าเท่ากับค่าคงที่สมดุลเดิมยกกำลังด้วยจำนวนที่เปลี่ยนแปลงไป หรือถ้าสมการที่ได้สลับกับสมการเดิม ค่าคงที่สมดุลใหม่จะมีค่าเท่ากับ $1/\text{ค่าคงที่สมดุลเดิม}$
9. ให้นักเรียนตอบคำถามในบัตรคำถามหลังเรียน เรื่อง การใช้ค่าคงที่สมดุล
10. ครูตรวจให้คะแนน

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบงาน
2. บัตรคำถาม
3. แหล่งวิทยาการอื่น ๆ ที่กำหนดในใบงาน

การวัดและประเมินผล

1. สังเกตการณ์อภิปรายร่วมกัน
2. สังเกตการณ์ตอบคำถาม
3. สังเกตความร่วมมือในกลุ่ม
4. การตรวจบัตรคำถาม

บัตรคำถาม

ประกอบการเรียน เรื่อง ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 4 จำนวน 2 ชั่วโมง

ให้นักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบจากข้อต่อไปนี้

1. ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา $2NO(g) + O_2(g) \leftrightarrow 2NO_2(s)$ เท่ากับ 1×10^{14}

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา $NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \leftrightarrow NO_2(s)$ เท่ากับเท่าใด

วิธีหาคำตอบ $NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \leftrightarrow NO_2(s)$ เกิดจากการนำ _____ มา _____ สมประสิทธิ์ของ

$2NO(g) + O_2(g) \leftrightarrow 2NO_2(s)$ ดังนั้นค่าคงที่สมดุลจึงหาได้จากการนำค่าคงที่สมดุลของสมการที่ _____

มา _____ นั่นคือ

เท่ากับ _____

2. ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา $A(g) + 2B(g) \leftrightarrow 4C(g)$ ที่อุณหภูมิ $30^\circ C$ เท่ากับ 25

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา $2C(g) \leftrightarrow \frac{1}{2}A(g) + B(g)$ ที่อุณหภูมิเดียวกัน มีค่าเท่าใด

วิธีหาคำตอบ $2C(g) \leftrightarrow \frac{1}{2}A(g) + B(g)$ เกิดจากการ _____ สมการ $A(g) + 2B(g) \leftrightarrow 4C(g)$

แล้วนำ _____ มา _____ สมประสิทธิ์ของสมการ

_____ ดังนั้นค่าคงที่สมดุลจึงหาได้จากการนำค่าคงที่สมดุลของสมการที่ _____ มา _____

นั่นคือเท่ากับ _____

3. ปฏิกิริยา $NOCl(g) \leftrightarrow \frac{1}{2}N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) + \frac{1}{2}Cl_2(g)$ มีค่าคงที่สมดุล K_1 ปฏิกิริยา

$2NOCl(g) \leftrightarrow N_2(g) + O_2(g) + Cl_2(g)$ มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับเท่าใด

วิธีหาคำตอบ $2NOCl(g) \leftrightarrow N_2(g) + O_2(g) + Cl_2(g)$ เกิดจากการนำ _____

มา _____ สมประสิทธิ์ของสมการ $NOCl(g) \leftrightarrow \frac{1}{2}N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) + \frac{1}{2}Cl_2(g)$

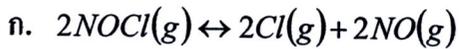
ดังนั้นค่าคงที่สมดุลจึงหาได้จากการนำค่าคงที่สมดุลของสมการที่ _____ มา _____

นั่นคือเท่ากับ _____

4. กำหนดค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาดังนี้



จงหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาต่อไปนี้



วิธีหาค่าตอบ $2NOCl(g) \leftrightarrow 2Cl(g) + 2NO(g)$ เกิดจาก

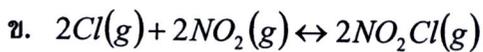
การ_____

สมการ $Cl_2(g) + 2NO_2(g) \leftrightarrow 2NO_2Cl(g)$ แล้วนำมา_____กับสมการ

$Cl_2(g) \leftrightarrow 2Cl(g)$ ดังนั้นค่าคงที่สมดุลจึงหาได้จากการนำค่าคงที่สมดุลของสมการที่

_____มา

นั่นคือเท่ากับ_____



วิธีหาค่าตอบ $2Cl(g) + 2NO_2(g) \leftrightarrow 2NO_2Cl(g)$ เกิดจาก

การ_____

ของสมการ $Cl_2(g) \leftrightarrow 2Cl(g)$ แล้วนำมา_____กับสมการ $Cl_2(g) + 2NO(g) \leftrightarrow 2NOCl$

ดังนั้นค่าคงที่สมดุลจึงหาได้จากการนำค่าคงที่สมดุลของสมการที่_____

มา_____

นั่นคือเท่ากับ_____

ใบงาน
ประกอบการเรียน เรื่อง ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 4 จำนวน 2 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมการเคมีกับค่าคงที่สมดุล

ความรู้เบื้องต้น

เมื่ออุณหภูมิคงที่ ค่าคงที่สมดุล (K) จะมีค่าคงที่ ค่า K ขึ้นกับรูปแบบของปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาเคมีต่างชนิดกัน ค่า K ไม่เท่ากัน ปฏิกิริยาเดียวกันแต่เขียนสมการเคมีไม่เหมือนกัน ค่า K ไม่เท่ากัน

สถานการณ์ปัญหา

| สมการ | ความเข้มข้นที่ภาวะสมดุล (M) | การหาค่าคงที่สมดุล | ค่าคงที่สมดุล |
|--|--|--------------------|---------------|
| 1. $A + B \leftrightarrow C + D$ | $A = a, B = b, C = c, D = d$ | | |
| 2. $3A + 3B \leftrightarrow 3C + 3D$ | $A = a, B = b, C = c, D = d$ | | |
| 3. $\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B \leftrightarrow \frac{1}{2}C + \frac{1}{2}D$ | $A = a, B = b, C = c, D = d$ | | |
| 4. $C + D \leftrightarrow A + B$ | $A = a, B = b, C = c, D = d$ | | |
| 5. $D + E \leftrightarrow A + F$ | $E = e, D = d, A = a, F = f$ | | |
| 6. $B + F \leftrightarrow C + E$ | $F = f, B = b, C = c, E = e$ | | |
| 7. $2A + B + F \leftrightarrow C + 2D + E$ | $A = a, B = b, F = f, C = c, D = d, E = e$ | | |

คำถามนำทาง

1. สมการที่ 2, 3 และ 4 มีความสัมพันธ์กับสมการที่ 1 อย่างไร
2. ค่าคงที่สมดุลของสมการที่ 2, 3 และ 4 มีความสัมพันธ์กับค่าคงที่สมดุล(K)ของสมการที่ 1 อย่างไร
3. ถ้าเรานำสมการที่ 1 มาบวกกับสมการที่ 5 จะได้สมการแบบใด
4. ถ้าเรานำค่าคงที่สมดุลของสมการที่ 1 มาคูณกับสมการที่ 5 จะได้ค่าคงที่สมดุลใหม่เป็นเท่าใด
5. ถ้าเรากลับข้างสมการที่ 5 จะได้สมการเป็นอย่างไร

6. ถ้าเรานำสมการที่ได้จากการกลับข้างของสมการที่ 5 มาบวกกับสมการที่ 1 จะได้สมการอย่างไร
7. ค่าคงที่สมดุลที่ได้จากการกลับข้างสมการที่ 5 คือเท่าใด
8. ถ้าเรานำค่าคงที่สมดุลของสมการที่ได้จากการกลับข้างสมการที่ 5 มาคูณกับค่าคงที่สมดุลของสมการที่ 1 ค่าคงที่สมดุลใหม่ที่ได้จะมีค่าเท่าใด
9. ถ้าเรามีสมการ $X + 2Y \leftrightarrow Z$, $K = 4$ แล้วสมการ $2Z \leftrightarrow 2X + 4Y$ จะมีค่าคงที่สมดุลเป็นเท่าใด
10. นักเรียนจะสรุปผลจากแผ่นชาร์ตนี้ว่าอย่างไร

ข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน

1. นักเรียนสามารถตอบคำถามนำทางทุกข้ออย่างถูกต้อง

แหล่งวิชาการ

1. ห้องสมุดโรงเรียนหนองนาคำวิทยาคม
1. หนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาเคมี 3
2. คู่มือสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติมวิชาเคมีช่วงชั้นที่ 4 เล่มที่ 3
3. หนังสือเรียนเสริมมาตรฐานแม่ค เรื่องสมดุลเคมี
4. หนังสือ Hi-Ed's chemistry เคมี ม.5 เล่ม 3

เฉลยบัตรคำถาม

ประกอบการเรียน เรื่อง ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 4 จำนวน 2 ชั่วโมง

ให้นักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบจากข้อต่อไปนี้

- วิธีหาคำตอบ $NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \leftrightarrow NO_2(g)$ เกิดจากการนำ $1/2$ มาคูณสมการของ $2NO(g) + O_2(g) \leftrightarrow 2NO_2(g)$ ดังนั้นค่าคงที่สมดุลจึงหาได้จาก (ค่าคงที่สมดุลเดิม)^{1/2} นั่นคือเท่ากับ $\sqrt{1 \times 10^{14}}$ เท่ากับ 1×10^7
- วิธีหาคำตอบ $2C(g) \leftrightarrow \frac{1}{2}A(g) + B(g)$ เกิดจากการกลับสมการ $A(g) + 2B(g) \leftrightarrow 4C(g)$ แล้วนำ $1/2$ มาคูณ ดังนั้นค่าคงที่สมดุลจึงหาได้จาก $(1/\text{ค่าคงที่สมดุลของสมการเดิม})^{1/2}$ เท่ากับ $\sqrt{\frac{1}{25}} = \frac{1}{5} = 0.2$
- วิธีหาคำตอบ $2NOCl(g) \leftrightarrow N_2(g) + O_2(g) + Cl_2(g)$ เกิดจากการนำ 2 มาคูณ $NOCl(g) \leftrightarrow \frac{1}{2}N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) + \frac{1}{2}Cl_2(g)$ ดังนั้นค่าคงที่สมดุลจึงหาได้จาก (ค่าคงที่สมดุลของสมการเดิม)² นั่นคือเท่ากับ K_1^2
- ก. วิธีหาคำตอบ $2NOCl(g) \leftrightarrow 2Cl(g) + 2NO(g)$ เกิดจากการกลับข้างสมการของ $Cl_2(g) + 2NO(g) \leftrightarrow 2NOCl(g)$ แล้วนำไปบวกกับสมการ $Cl_2(g) \leftrightarrow 2Cl(g)$ ดังนั้นค่าคงที่สมดุลจึงหาได้จาก $\frac{1}{K_2} K_1$ นั่นคือเท่ากับ $\frac{1}{3.70 \times 10^{-8}} 6.40 \times 10^{-39} = 1.73 \times 10^{-31}$
 ข. วิธีหาคำตอบ $2Cl(g) + 2NO_2(g) \leftrightarrow 2NO_2Cl(g)$ เกิดจากการกลับข้างสมการของ $Cl_2(g) \leftrightarrow 2Cl(g)$ แล้วนำไปบวกกับสมการ $Cl_2(g) + 2NO_2(g) \leftrightarrow 2NO_2Cl(g)$ ดังนั้นค่าคงที่สมดุลจึงหาได้จาก $\frac{1}{K_1} K_3$ นั่นคือเท่ากับ $\frac{1}{6.40 \times 10^{-39}} 1.80 = 2.81 \times 10^{38}$

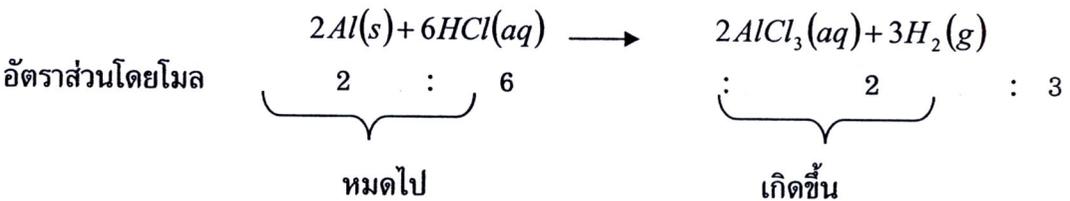
แผนการสอนตามรูปแบบการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา
 แผนการสอนที่ 5 เรื่อง การคำนวณค่าคงที่สมดุล วิชาเคมี
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 4 ชั่วโมง

มโนคติ

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา คำนวณได้จากความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ที่ภาวะสมดุล และในทางกลับกันค่าคงที่สมดุลก็สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุลได้เช่นกัน

ความรู้เดิมก่อนเรียน

สมการเคมีเขียนขึ้นเพื่อแสดงอัตราส่วนต่ำสุดของจำนวนโมลของสารตั้งต้นที่รวมพอดีกันหมดไปและจำนวนโมลของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นจำนวนโมลของสารทุกสารในสมการจึงเป็นปริมาณสารสัมพันธ์ ซึ่งพิจารณาได้ดังนี้



จากสมการแสดงว่าขณะที่ Al หมดไป 2 โมล HCl จะหมดไป 6 โมล และมี $AlCl_3$ เกิดขึ้น 2 โมล H_2 เกิดขึ้น 3 โมล

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา (K) คำนวณจากอัตราส่วนระหว่างผลคูณของความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดยกกำลังด้วยสัมประสิทธิ์ของสารชนิดนั้นกับผลคูณความเข้มข้นของสารตั้งต้นแต่ละชนิดยกกำลังด้วยสัมประสิทธิ์ของสารชนิดนั้นโดยมีเงื่อนไขว่าสัมประสิทธิ์ของสารทุกชนิดต้องมาจากสมการที่ดุลแล้วและสารที่จะนำมาคำนวณหาค่าคงที่สมดุลต้องอยู่ในรูปสารละลาย (aq) หรือเป็นสารในสถานะแก๊ส (g) เท่านั้น

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้ว

1. สามารถคำนวณหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาเมื่อทราบความเข้มข้นของสารหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้
2. สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของสารต่าง ๆ เมื่อทราบค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้



ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (30 นาที)

ครูเขียนสมการ $2Al(s) + 6HCl(aq) \longrightarrow 2AlCl_3(aq) + 3H_2(g)$ ให้นักเรียนดูบนกระดานแล้วถามนักเรียนว่า

1. ถ้าครูเติม Al ลงไปในระบบจำนวน 2 โมล จะเกิดปฏิกิริยาพอดีกับ HCl กี่โมล และเกิด $AlCl_3$ กับ H_2 อย่างละกี่โมล

(ถ้าเติม Al ลงไปในระบบจำนวน 2 โมล จะเกิดปฏิกิริยาพอดีกับ HCl 6 โมล เกิด $AlCl_3$ 2 โมล และเกิด H_2 3 โมล)

2. ถ้าครูเติม HCl ลงไปในระบบจำนวน 3 โมล จะเกิดปฏิกิริยาพอดีกับ Al กี่โมล และเกิด $AlCl_3$ กับ H_2 อย่างละกี่โมล

(จากปริมาณสารสัมพันธ์ จะได้อัตราส่วนของ $Al : HCl : AlCl_3 : H_2$ เท่ากับ $2 : 6 : 2 : 3$ ดังนั้น เมื่อเติม HCl 3 โมล จะเกิดปฏิกิริยาพอดีกับ Al 1 โมล และเกิด $AlCl_3$ และ H_2 เท่ากับ 1 โมล และ 1.5 โมลตามลำดับ)

ขั้นสอน

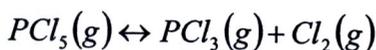
ขั้นการสร้างงานปัญหา (Problematic tasks) (60 นาที)

1. ครูอธิบายขั้นตอนการคำนวณและยกตัวอย่างการคำนวณให้นักเรียนดู ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 จากปฏิกิริยา $PCl_5(g) \leftrightarrow PCl_3(g) + Cl_2(g)$ ที่ภาวะเริ่มต้นความเข้มข้นของ $PCl_5(g)$ และ $PCl_3(g)$ มีค่าเท่ากับ 0.84 mol/dm^3 และ 0.18 mol/dm^3 ตามลำดับ ถ้าที่ภาวะสมดุล $PCl_5(g)$ มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.72 mol/dm^3 ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยานี้มีค่าเท่าไร

วิธีทำ

สมการที่ดุลแล้ว



$$K = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]}$$

| | | | | | | |
|---|-------|---|-------|-------|---|-------------------|
| อัตราส่วนจำนวนโมลที่เข้าทำปฏิกิริยา คือ | 1 | : | 1 | : | 1 | mol |
| ความเข้มข้นเริ่มต้น | 0.84 | | 0.18 | 0 | | mol/dm^3 |
| ความเข้มข้นเปลี่ยนไป | -0.12 | | +0.12 | +0.12 | | mol/dm^3 |
| ความเข้มข้นที่สมดุล | 0.72 | | 0.3 | 0.12 | | mol/dm^3 |

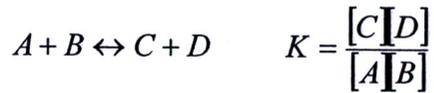
$$K = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{0.3 \times 0.12}{0.72} = 0.05$$

ดังนั้น ปฏิกิริยานี้มีค่าคงที่สมดุล 0.05

ตัวอย่างที่ 2 ปฏิกิริยา $A + B \leftrightarrow C + D$ มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ 9 ถ้าผสม A 2 mol/dm^3 และ B 2 mol/dm^3 เข้าด้วยกัน จะมี B และ C อยู่อย่างละกี่ mol/dm^3 ที่ภาวะสมดุล

วิธีทำ

สมการที่ดุลแล้ว



อัตราส่วนจำนวนโมลที่เข้าทำปฏิกิริยาคือ

1 : 1 : 1 : 1 mol

ความเข้มข้นเริ่มต้น

2 2 0 0 mol/dm³

ความเข้มข้นเปลี่ยนไป

-x -x +x +x mol/dm³

ความเข้มข้นที่สมดุล

2-x 2-x x x mol/dm³

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = 9$$

,

$$\frac{(x)(x)}{(2-x)(2-x)} = 9$$

$$\frac{(x)^2}{(2-x)^2} = 3^2$$

,

$$\frac{x}{2-x} = 3$$

$$X = 3(2-X)$$

,

$$X = 6 - 3X$$

$$4X = 6$$

,

$$X = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ mol/dm}^3$$

เพราะฉะนั้น ที่ภาวะสมดุลมี $[B] = 2 - X = (2 - 1.5) \text{ mol/dm}^3 = 0.5 \text{ mol/dm}^3$

$$[C] = X = 1.5 \text{ mol/dm}^3$$

ตัวอย่างที่ 3 ปฏิกิริยา $\text{CaCO}_3(s) \leftrightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$ มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ 0.022 ที่อุณหภูมิ 252°C จงหาจำนวนโมลของ CO_2 ที่ภาวะสมดุล ซึ่งมี CaCO_3 อยู่ 1.00 g ในภาชนะที่มีความจุ 0.50 dm³

วิธีทำ

สมการที่ดุลแล้ว



$$K = [\text{CO}_2]$$

อัตราส่วนจำนวนโมลที่เข้าทำปฏิกิริยาคือ

1 : 1 : 1 mol

ความเข้มข้นเริ่มต้น

x 0 0 mol/dm³

ความเข้มข้นเปลี่ยนไป

-y +y +y

mol/dm³

ความเข้มข้นที่สมดุล

x-y y y

mol/dm³

$$K = [\text{CO}_2] = 0.022$$

,

ของแข็งไม่นำมาคิดค่าคงที่สมดุล

$$y = 0.022 \text{ mol/dm}^3$$

ที่ภาวะสมดุลมี ความเข้มข้นของ CO_2 ที่ภาวะสมดุล = 0.022 mol/dm³

จำนวนโมลของ CO_2 ในภาชนะขนาด 0.50 dm³ = 0.022 mol/dm³ × 0.50 dm³

$$= 0.011 \text{ mol}$$

เพราะฉะนั้น ณ ภาวะสมดุลมี CO_2 อยู่ 0.011 mol

ตัวอย่างที่ 4 ในระบบของปฏิกิริยา $A(g) + B(g) \leftrightarrow 2C(g)$ เมื่อนำสาร A 6 mol สาร B 2 mol มาผสมกันในภาชนะ 2 dm^3 ที่ภาวะสมดุลแก่ผสมประกอบด้วย C 1 mol ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยานี้เท่ากับเท่าใด

วิธีทำ

| | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|-------|---|----------------------------|
| สมการที่ดุลแล้ว | $A(g) + B(g) \leftrightarrow 2C(g)$ | | | | $K = \frac{[C]^2}{[A][B]}$ |
| อัตราส่วนจำนวนโมลที่เข้าทำปฏิกิริยาคือ | 1 | : | 1 | : | 2 mol |
| ความเข้มข้นเริ่มต้น | 3 | | 1 | | 0 mol/dm ³ |
| ความเข้มข้นเปลี่ยนไป | -0.25 | | -0.25 | | +0.5 mol/dm ³ |
| ความเข้มข้นที่สมดุล | 2.75 | | 0.75 | | 0.5 mol/dm ³ |

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{(0.5)^2}{(2.75)(0.75)} = 0.12$$

ดังนั้นปฏิกิริยานี้มีค่าคงที่สมดุล เท่ากับ 0.12

2. ครูให้นักเรียนทดลองทำโจทย์ใส่ในสมุด ดังนี้

ข้อที่ 1 จากปฏิกิริยา $2C(g) + 2D(g) + E(s) \leftrightarrow 2X(s) + 5Y(g)$ ที่ภาวะสมดุลในภาชนะ 2 ลิตร มีสาร C = 4 mol, D = 3 mol, E = 2 mol, X = 1 mol, Y = 2 mol ปฏิกิริยานี้มีค่าคงที่สมดุลเท่าใด

ข้อที่ 2 จากปฏิกิริยา $H_2(g) + I_2(g) \leftrightarrow 2HI$ มีค่า $K = 9$ ถ้านำ H_2 3 mol, I_2 3 mol มาทำปฏิกิริยาในภาชนะ 1 ลิตร ณ ภาวะสมดุลจงหาความเข้มข้นของ HI

3. ครูให้นักเรียนเปลี่ยนกันตรวจแล้วเฉลยโจทย์ที่ให้นักเรียนทำลงสมุด โดยให้คนที่ตรวจแก้ส่วนที่ผิดให้ถูกต้องแล้วนำเสนอส่งที่โต๊ะครู

4. ก่อนกลับครูถามนักเรียนต่อไปว่า นักเรียนคิดว่าการทดลองจะหาค่าคงที่สมดุลจากความเข้มข้นของสารตั้งต้นได้อย่างไร โดยให้นักเรียนไปคิดเป็นการบ้านและกลับมาตอบในชั่วโมงถัดไป

ขั้นการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม (Cooperative Groups)(110 นาที)

1. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการปฏิบัติงานในกลุ่มย่อยร่วมกัน มีการแต่งตั้งประธาน รองประธาน เลขานุการ และสมาชิกกลุ่ม โดยมีการหมุนเวียนหน้าที่กันทุกคน และใช้วิธีการประชุมกลุ่มย่อยในการทำงานร่วมกัน
2. ให้นักเรียนศึกษาใบงาน เรื่อง การคำนวณค่าคงที่สมดุล ซึ่งมีการชี้แนะจุดประสงค์การเรียนรู้ การให้ความรู้เบื้องต้น ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา คำถามนำทาง ข้อกำหนดของงานที่ต้องปฏิบัติ แหล่งวิทยาการในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนในกลุ่มได้ศึกษาและอภิปรายร่วมกัน

3. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันพิจารณาปัญหา คำถามนำทางและข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน ในใบงานที่ครูแจกให้ ประเด็นที่ต้องอภิปรายที่ละประเด็นเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ทุกแง่ทุกมุมอย่างละเอียดและปฏิบัติตามข้อกำหนดให้ได้มากที่สุด พร้อมทั้งตอบคำถามนำทางทุกข้อ
4. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันหยิบยกในประเด็นต่าง ๆ จากสมาชิกในกลุ่มมาใช้ในการอภิปรายให้ได้ข้อสรุปที่ได้จากการร่วมกันแสดงความคิดเห็น
5. นักเรียนในกลุ่มถ้าหากมีข้อสงสัยสามารถหาคำปรึกษาจากครูผู้สอนได้ โดยครูผู้สอนจะให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด
6. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับหัวข้อการอภิปรายในใบงาน เพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันในกลุ่ม ซึ่งจะนำเสนอในชั้นเรียนต่อไป
7. นักเรียนเลือกตัวแทนกลุ่ม 1 คน เป็นผู้ร่วมอภิปรายต่อทั้งชั้นเรียน โดยนักเรียนในกลุ่มทุกคนจะมีโอกาสในการออกไปอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

ชั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น(Sharing)(40 นาที)

1. นักเรียนในห้องเลือกตัวแทน 1 คน เป็นผู้ดำเนินการอภิปราย และแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน 1 คน เพื่อให้เป็นผู้ร่วมอภิปราย
2. ครูชี้แจงบทบาทของผู้ดำเนินการอภิปราย ผู้เข้าร่วมการอภิปราย และผู้ร่วมรับฟังการอภิปรายให้นักเรียนได้รับทราบ
3. นักเรียนช่วยกันจัดสถานที่สำหรับการอภิปราย จากนั้นผู้ดำเนินการอภิปรายและผู้เข้าร่วมอภิปรายนั่งประจำที่
4. ผู้ดำเนินการอภิปรายแจ้งหัวข้อในการอภิปราย คือ จะหาค่าคงที่สมดุลจากความเข้มข้นของสารตั้งต้นได้อย่างไร
5. ผู้ดำเนินการอภิปรายแนะนำผู้เข้าร่วมการอภิปราย และแจ้งเวลาในการอภิปรายคนละ 2 นาที
6. นักเรียนที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง พร้อมทั้งตอบคำถามในใบงาน
7. นักเรียนที่เป็นผู้ร่วมฟังการอภิปรายสามารถซักถามข้อสงสัยหรือแสดงความคิดเห็นของตนเองต่อผู้เข้าร่วมการอภิปรายเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันได้
8. นักเรียนร่วมกันอภิปราย เจาะจาต่อรองกันจนได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล คือ ต้องหาความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ก่อนโดยใช้ปริมาณสารสัมพันธ์มาช่วย และต้องทำการทดลองที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เพื่อนำมาเขียนกราฟมาตรฐาน แล้วคำนวณความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน
9. ให้นักเรียนตอบคำถามในบัตรคำถามหลังเรียน เรื่อง การใช้ค่าคงที่สมดุล
10. ครูตรวจให้คะแนน

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบงาน
2. บัตรคำถาม
3. แหล่งวิทยาการอื่น ๆ ที่กำหนดในใบงาน

การวัดและประเมินผล

1. สังเกตการณ์อภิปรายร่วมกัน
2. สังเกตการณ์ตอบคำถาม
3. สังเกตความร่วมมือในกลุ่ม
4. การตรวจบัตรคำถาม

บัตรคำถาม

ประกอบการเรียน เรื่อง การคำนวณค่าคงที่สมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 5 จำนวน 4 ชั่วโมง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ความเข้มข้นที่ใช้ในการคำนวณคือหน่วยใด

2. ปฏิกิริยา $A(aq) + 2B(aq) \leftrightarrow 2C(aq)$ เมื่อบรรจุ A 1 โมล และ B 1.5 โมล ในภาชนะขนาด 2 ลูกบาศก์เดซิเมตร ค่าคงที่สมดุลมีค่าเท่าใด จงแสดงวิธีหาคำตอบ ดังนี้
 สมการที่ดุลแล้ว คือ _____

ความเข้มข้นของ A, B และ C เมื่อเริ่มต้นปฏิกิริยาเป็นกี่โมลต่อลิตร

วิธีหาคำตอบ _____

ความเข้มข้นของ A, B และ C ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นกี่โมลต่อลิตร

วิธีหาคำตอบ _____

ความเข้มข้นของ A, B และ C ที่ภาวะสมดุลเป็นกี่โมลต่อลิตร

วิธีหาคำตอบ _____

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาเป็นเท่าใด

วิธีหาคำตอบ _____

3. ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา $I_2(g) + H_2(g) \leftrightarrow 2HI(g)$ เท่ากับ 9.0 ที่ $30^\circ C$ ณ ภาวะสมดุล ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้พบว่าในภาชนะขนาด 2 dm^3 มีแก๊ส HI และ H_2 อยู่ 0.6 mol และ 0.4 mol ตามลำดับ จะมีแก๊ส I_2 อยู่กี่โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

สมการที่ดุลแล้ว คือ _____

ความเข้มข้นของ I_2 , H_2 และ HI ที่ภาวะสมดุลเป็นกี่โมลต่อลิตร

วิธีหาคำตอบ _____

ใบงาน
 ประกอบการเรียนรู้ เรื่อง การคำนวณค่าคงที่สมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 5 จำนวน 4 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อศึกษาวิธีการคำนวณค่าคงที่สมดุลจากการทดลอง

ความรู้เบื้องต้น

การเกิดสีระหว่างการผสมสารละลายเฟอร์ริกไอออน(Fe^{3+}) กับสารละลายไอโอไซยาเนต (SCN^-) เป็นสีแดงของไอออนเชิงซ้อน (complex ion) ไอโอไซยาเนโตออร์ออน(III)ไอออน ($FeSCN$) $^{2+}$ ดังปฏิกิริยา

$$Fe^{3+} + SCN^- \leftrightarrow [FeSCN]^{2+}$$

| | สีเหลืองอ่อน | ไม่มีสี | สีแดง | |
|-------------|--------------|---------|-------|---|
| จุดเริ่มต้น | x | y | 0 | M |
| ณ จุดสมดุล | x-z | y-z | z | M |

ค่าคงที่สมดุลในรูปความเข้มข้น (K_c) สามารถแสดงได้ในรูปอัตราส่วนความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่สมดุลกับผลคูณของความเข้มข้นของสารเริ่มต้นที่เหลือ ณ จุดสมดุล

$$K_c = \frac{[FeSCN]^{2+}}{[Fe^{3+}][SCN^-]} = \frac{z}{(x-z)(y-z)} \dots\dots\dots(1)$$

ในทางปฏิบัติ การหาค่า K_c ของระบบที่สนใจ ทำโดยผสมสารละลาย Fe^{3+} ที่ทราบความเข้มข้นและปริมาตรที่แน่นอนกับสารละลาย SCN^- ที่ทราบความเข้มข้นและปริมาตรที่แน่นอน ปฏิกิริยาเกิดขึ้นรวดเร็วและไปข้างหน้าได้ไอออนเชิงซ้อนสีแดงของ $[FeSCN]^{2+}$ ค่าความเข้มข้นของ $[FeSCN]^{2+}$ จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นคือ $[Fe^{3+}]$ และ $[SCN^-]$

ณ จุดสมดุล ความเข้มข้นของ Fe^{3+} และ SCN^- จะลดลงเนื่องจากการใช้ในการเข้าทำปฏิกิริยา และส่วนที่เหลือจากปฏิกิริยาสามารถคำนวณจากผลต่างระหว่างจำนวนโมลของสารเริ่มต้น คือ Fe^{3+} และ SCN^- กับจำนวนโมลของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคือ $[FeSCN]^{2+}$ แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปความเข้มข้นในหน่วย M

การหาค่าความเข้มข้นของไอออนเชิงซ้อน $[FeSCN]^{2+}$ ทำโดยการสร้างกราฟมาตรฐานด้วยการเตรียมชุดสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นของ Fe^{3+} และ SCN^- หลาย ๆ ชุดที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกันประมาณ 4-5 หลอด แต่ละหลอดจะเกิดสีแดงของไอออนเชิงซ้อนที่มีความเข้มข้นของสีไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถวัดความเข้มข้นของสีได้โดยการเทียบสีดังนี้

การเทียบสี เป็นการเปรียบเทียบความเข้มข้นสีของตัวอย่างกับชุดเทียบสีมาตรฐานที่ระบุความเข้มข้นที่แน่นอน โดยกำหนดความเข้มข้นเป็นตัวเลขเรียงลำดับจากความเข้มข้นน้อยไปมาก เช่น 0, 1, 2, 3 และ 4 แล้วนำไปสร้างกราฟมาตรฐาน ต่อจากนั้นนำตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับสี

โดยใช้ตามองดูความเข้มของสีแล้วเทียบกับความเข้มของสีมาตรฐานที่เตรียมไว้ ว่าใกล้เคียงกับความเข้มของสีค่าใดมากที่สุด แล้วประมาณการอ่านค่าความเข้มข้นของสีที่ใกล้เคียงนั้นเป็นค่าความเข้มของสีของตัวอย่างที่สนใจ

สถานการณ์ปัญหา

การทดลอง การหาค่าคงที่สมดุล

อุปกรณ์และสารเคมี

1. 0.1 M HNO_3
2. 0.02 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ in 0.01 M HNO_3 และ 0.002 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ in 0.01 M HNO_3
3. 0.02 M NH_4SCN in 0.01 M HNO_3
4. บิวเรต
5. หลอดทดลองขนาดใหญ่

วิธีทดลอง (ครูอธิบายวิธีทดลองให้นักเรียนฟังอย่างละเอียด)

ตอนที่ 1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

4. เตรียมชุดสารละลายมาตรฐานจำนวน 5 ชุด โดยนำหลอดทดลอง จำนวน 5 หลอด ไซสารละลายทั้ง 3 ชนิด คือ 0.02 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, 0.002 M KSCN และ 0.1 M HNO_3 จากบิวเรต ใส่ลงในหลอดทดลอง ตามอัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 1 โดยให้เตรียมสารละลายเรียงตามลำดับโดยเริ่มจากสารละลายที่จะทำให้เกิดความเข้มข้นของ $[\text{FeSCN}]^{2+}$ ต่ำสุดก่อน จะได้สารละลายรวม 5 ชุด เคาะหลอดทดลองกับมือเบา ๆ เพื่อให้สารละลายผสมกัน แล้วสังเกตสีของหลอดทดลองทั้ง 5 หลอด

| สารละลาย ชุดที่ | 0.02 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ใน 0.01M $\text{HNO}_3(\text{cm}^3)$ | 0.002 M NH_4SCN ใน 0.01M $\text{HNO}_3(\text{cm}^3)$ | 0.01M $\text{HNO}_3(\text{cm}^3)$ |
|--------------------|--|--|-----------------------------------|
| 0 | 5 | 0 | 5 |
| 1 | 5 | 1 | 4 |
| 2 | 5 | 2 | 3 |
| 3 | 5 | 3 | 2 |
| 4 | 5 | 4 | 1 |

5. คำนวณความเข้มข้นของ $[\text{FeSCN}]^{2+}$ ที่เกิดขึ้นในสารละลายทั้ง 5 ชุด ซึ่งหาจากความเข้มข้นของ FeSCN^{2+} เท่ากับความเข้มข้นของ SCN^- และบันทึกความเข้มข้นของ $[\text{FeSCN}]^{2+}$ เรียงลำดับความเข้มข้นจากต่ำไปสูง

6. สังเกตสีที่เกิดขึ้นแล้วแปรความหมายความเข้มของสีเป็นตัวเลขดังนี้ กำหนดให้สารในหลอดทดลองที่ไม่มีสีมีความเข้มของสีเท่ากับ 0 สีอ่อนมีความเข้มของสีเท่ากับ 1 สีจางเท่ากับ 2 สีเข้มปานกลางเท่ากับ 3 สีเข้มจัดเท่ากับ 4 ตามลำดับ

7. นำไปพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย (แกน x) กับความเข้มสี (แกน y) กราฟที่ได้เป็นเส้นตรง และจะใช้เป็นกราฟมาตรฐานในการคาดคะเนความเข้มข้นของสารละลายในตอนที่ 2

ตอนที่ 2 การหาค่าคงที่สมดุล

1. เตรียมชุดสารละลายสำหรับหาค่าคงที่สมดุล โดยนำหลอดทดลอง จำนวน 5 หลอด มาเติมสารตามอัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 2 ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1

| สารละลาย ชุดที่ | 0.002 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ใน 0.01M $\text{HNO}_3(\text{cm}^3)$ | 0.002 M NH_4SCN ใน 0.01M $\text{HNO}_3(\text{cm}^3)$ | 0.01M $\text{HNO}_3(\text{cm}^3)$ |
|--------------------|---|--|-----------------------------------|
| 5 | 5 | 2 | 3 |
| 6 | 5 | 3 | 2 |
| 7 | 5 | 4 | 1 |
| 8 | 5 | 5 | 0 |

2. นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ตั้งแต่ชุดที่ 5-8 ในตารางที่ 2 มาเปรียบเทียบกับความเข้มของสีกับความเข้มสีของสารละลายมาตรฐานในตอนที่ 1 แปรความเข้มสีที่เทียบเคียงกับสารละลายมาตรฐานเป็นตัวเลข

3. นำตัวเลขไปอ่านจากกราฟมาตรฐานจะได้ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ $[\text{FeSCN}]^{2+}$ ณ จุดสมดุล

- คำนวณความเข้มข้นของ $[\text{FeSCN}]^{2+}$ ที่เกิดขึ้น ณ สมดุลทั้ง 4 ชุด
- คำนวณความเข้มข้นของ $[\text{Fe}^{3+}]$ ที่เกิดขึ้น ณ สมดุลทั้ง 4 ชุด
- คำนวณความเข้มข้นของ $[\text{SCN}^-]$ ที่เกิดขึ้น ณ สมดุลทั้ง 4 ชุด
- คำนวณค่าคงที่สมดุลทั้ง 4 ชุด และค่าคงที่สมดุลเฉลี่ย

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

กราฟมาตรฐาน คือ

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ

อัตราส่วนจำนวน

โมลที่เข้าทำปฏิกิริยาของ $Fe^{3+} : SCN^- : FeSCN^{2+} =$ _____

ตารางผลการทดลอง

| สารละลายชุดที่ | $[SCN^-], (M)$ | $[FeSCN]^{2+}, (M)$ | ความเข้มของสี | กำหนดเป็นตัวเลข |
|----------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| 0(แบล็ค) | | | ไม่มีสี | 0 |
| 1 | | | สีจาง | 1 |
| 2 | | | สีอ่อน | 2 |
| 3 | | | สีเข้มปานกลาง | 3 |
| 4 | | | สีเข้มเพิ่มขึ้น | 4 |

ตอนที่ 2 การหาค่าคงที่สมดุล

ตารางผลการทดลอง

| สารละลายชุดที่ | x,y,z จากสมการ (1) | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|--------------------------|---|---|---|---|
| ความเข้มข้นของสี (กำหนดเป็น ตัวเลข) | - | | | | |
| $[FeSCN]^{2+}$ อ่านจากกราฟ (M) | Z | | | | |
| ปริมาตรของ Fe^{3+} เริ่มต้น (ml) | - | | | | |
| $[Fe^{3+}]$ เริ่มต้น (M) | X | | | | |
| $[Fe^{3+}]$ ณ จุดสมดุล (M) | x-z | | | | |
| ปริมาตร SCN^- เริ่มต้น (ml) | - | | | | |
| $[SCN^-]$ เริ่มต้น (M) | Y | | | | |

ตารางผลการทดลอง

| สารละลายชุดที่ | x,y,z จากสมการ (1) | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------------|--------------------------|---|---|---|---|
| $[SCN^-]$ ณ จุดสมดุล (M) | y-z | | | | |
| K_c ของสารละลาย | - | | | | |
| ค่าเฉลี่ย K_c ของสารละลาย | | | | | |

คำถามนำทาง

1. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ _____
2. อัตราส่วนจำนวนโมลที่เข้าทำปฏิกิริยาของ $Fe^{3+}:SCN^-:FeSCN^{2+} =$ _____
3. แสดงการคำนวณ $[SCN^-]$ ของสารละลายชุดที่ 1 _____

4. แสดงการคำนวณหาค่า K_c ในสารละลายชุดที่ 5

5. สรุปการทดลองนี้ได้อย่างไร

ข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน

1. นักเรียนสามารถตอบคำถามนำทางทุกข้ออย่างถูกต้อง

2. สิ่งที่นักเรียนควรคำนึงถึงคือ

บันทึกผลการทดลองให้ตรงกับสิ่งที่สังเกตได้

การสรุปผลการทดลอง เป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้

แหล่งวิทยาการ

1. ห้องสมุดโรงเรียนหนองนาคำวิทยาคม

2. หนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาเคมี 3

3. คู่มือสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติมวิชาเคมีช่วงชั้นที่ 4 เล่มที่ 3

4. หนังสือเรียนเสริมมาตรฐานแม่ค เรื่องสมดุลเคมี

5. หนังสือ Hi-Ed's chemistry เคมี ม.5 เล่ม 3

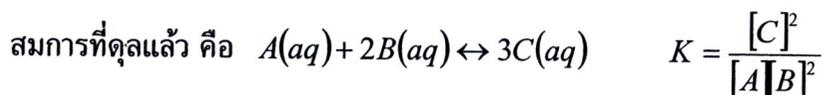
เฉลยบัตรคำถาม

ประกอบการเรียน เรื่อง การคำนวณค่าคงที่สมดุล
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 5 จำนวน 4 ชั่วโมง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. โมลาร์ (mol/l, mol/dm³, M)

2.



ความเข้มข้นของ A, B และ C เมื่อเริ่มต้นปฏิกิริยาเป็นกิโลโมลต่อลิตร

วิธีหาค่าตอบ A 1 โมล ในภาชนะ 2 dm³ คิดเป็น $\frac{1}{2} = 0.5$

B 1.5 โมล ในภาชนะ 2 dm³ คิดเป็น $\frac{1.5}{2} = 0.75$

C 0 โมล ในภาชนะ 2 dm³ คิดเป็น $\frac{0}{2} = 0$

ความเข้มข้นของ A, B และ C ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นกิโลโมลต่อลิตร

วิธีหาค่าตอบ ที่ภาวะสมดุลมี C เกิดขึ้น 0.35 mol/dm³ ดังนั้นความเข้มข้นของ C ที่

เปลี่ยนแปลงไป คือ 0.35 mol/dm³ จากปริมาณสารสัมพันธ์จะได้อัตราส่วนจำนวนโมลของ

A:B:C คือ 1:2:2 ดังนั้นความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลงไปของ A คือ $\frac{0.35}{2} = 0.175$ และ B คือ 0.35

ความเข้มข้นของ A, B และ C ที่ภาวะสมดุลเป็นกิโลโมลต่อลิตร

วิธีหาค่าตอบ ความเข้มข้นที่ภาวะสมดุลของ A คือ $0.5 - 0.175 = 0.325$ ความเข้มข้นของ

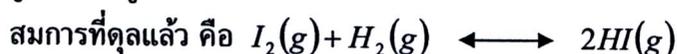
B ที่ภาวะสมดุลคือ $0.75 - 0.35 = 0.40$ และความเข้มข้นของ C ที่ภาวะสมดุลคือ

$0 + 0.35 = 0.35$

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาเป็นเท่าใด

วิธีหาค่าตอบ จากสมการหาค่าคงที่สมดุลได้จากสูตร $K = \frac{[C]^3}{[A][B]^2} = \frac{(0.35)^3}{(0.325)(0.40)^2} = 2.4$

3. ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา เท่ากับ 9.0 ที่ 30°C ณ ภาวะสมดุล ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้ พบว่าในภาชนะขนาด 2 dm³ มีแก๊ส HI และ H₂ อยู่ 0.6 mol และ 0.4 mol ตามลำดับ จะมีแก๊ส I₂ อยู่กี่โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร



ความเข้มข้นของ I₂, H₂ และ HI ที่ภาวะสมดุล หาได้จาก ความเข้มข้นของ H₂ ที่ภาวะสมดุล คือ 0.4 mol ในปริมาตร 2 dm³ คิดเป็นความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 mol/dm³ ความเข้มข้นของ HI

คือ 0.6 mol ในภาชนะ 2 dm³ คิดเป็นความเข้มข้นเท่ากับ 0.3 mol/dm³ สูตร $K = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]}$

จะได้ $9.0 = \frac{(0.3)^2}{0.2I_2}$ เพราะฉะนั้น $I_2 = \frac{(0.3)^2}{(0.2)(9.0)} = 0.05 \text{ mol/dm}^3$

แผนการสอนตามรูปแบบการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา
 แผนการสอนที่ 6 เรื่อง ความเข้มข้นกับภาวะสมดุล วิชาเคมี
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 2 ชั่วโมง

มโนคติ

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารในระบบ จะมีผลให้ภาวะสมดุลของระบบเปลี่ยนแปลงไป แต่จะไม่มีผลต่อค่าคงที่สมดุลของระบบ

ความรู้เดิมก่อนเรียน

ความเข้มข้นของสารที่นำมาคำนวณค่าคงที่สมดุลต้องเป็นความเข้มข้นที่ภาวะสมดุลเท่านั้น

ความเข้มข้นของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นั่นคือสารที่มีความเข้มข้นมาก จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดได้เร็ว

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วสามารถ

1. อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบ เมื่อเพิ่มหรือลดความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือสารผลิตภัณฑ์ได้
2. อธิบายการปรับตัวของระบบเมื่อสมดุลของระบบถูกรบกวนโดยใช้หลักของเลอชาเตอลีเอได้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (10 นาที)

1. ครูถามนักเรียนว่า จากที่ครูเคยให้นักเรียนทำการทดลองนำสารละลายกรดไฮโดรคลอริก มาทำปฏิกิริยากับกับสารละลายโซเดียมไทโอไซยาเนต นักเรียนจำได้หรือไม่ว่าความเข้มข้นของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ อย่างไร

(มี ความเข้มข้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ถ้าความเข้มข้นมากปฏิกิริยาเคมีจะเกิดได้เร็ว)

ขั้นสอน

ขั้นการสร้างงานปัญหา (Problematic tasks)(10 นาที)

1. จากปฏิกิริยา $A(aq) + 2B(aq) \leftrightarrow C(aq) + 3D(aq)$ เมื่อปฏิกิริยานี้อยู่ในภาวะสมดุล (อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ) ถ้าครูเติมสาร A เข้าไปในระบบจะทำให้ภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุลเปลี่ยนแปลงไป อย่างไร
2. ครูแจกใบงานให้นักเรียนคนละ 1 ชุด

ชั้นการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม (Cooperative Groups)(60 นาที)

1. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการปฏิบัติงานในกลุ่มย่อยร่วมกัน มีการแต่งตั้งประธาน รองประธาน เลขานุการ และสมาชิกกลุ่ม โดยมีการหมุนเวียนหน้าที่กันทุกคน และใช้วิธีการประชุมกลุ่มย่อยในการทำงานร่วมกัน
2. ให้นักเรียนศึกษาใบงานประกอบการเรียน เรื่อง ความเข้มข้นกับภาวะสมดุล ซึ่งมีการชี้แนะจุดประสงค์การเรียนรู้ การให้ความรู้เบื้องต้น ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา คำถามนำทาง ข้อกำหนดของงานที่ต้องปฏิบัติ แหล่งวิทยาการในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อให้ให้นักเรียนในกลุ่มได้ศึกษาและอภิปรายร่วมกัน
3. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันพิจารณาปัญหา คำถามนำทางและข้อกำหนดของการปฏิบัติงานในใบงานที่ครูแจกให้ ประเด็นที่ต้องอภิปรายที่ละประเด็นเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ทุกแง่มุมอย่างละเอียดและปฏิบัติตามข้อกำหนดให้ได้มากที่สุด พร้อมทั้งตอบคำถามนำทางทุกข้อ
4. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันหยาบยกในประเด็นต่าง ๆ จากสมาชิกในกลุ่มมาใช้ในการอภิปรายให้ได้ข้อสรุปที่ได้จากการร่วมกันแสดงความคิดเห็น
5. นักเรียนในกลุ่มถ้าหากมีข้อสงสัยสามารถหาคำปรึกษาจากครูผู้สอนได้ โดยครูผู้สอนจะให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด
6. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับหัวข้อการอภิปรายในใบงานเพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันในกลุ่ม ซึ่งจะนำเสนอในชั้นเรียนต่อไป
7. นักเรียนเลือกตัวแทนกลุ่ม 1 คน เป็นผู้ร่วมอภิปรายต่อทั้งชั้นเรียน โดยนักเรียนในกลุ่มทุกคนจะมีโอกาสในการออกไปอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

ชั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น(Sharing)(40 นาที)

1. นักเรียนในห้องเลือกตัวแทน 1 คน เป็นผู้ดำเนินการอภิปราย และแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน 1 คน เพื่อให้เป็นผู้ร่วมอภิปราย
2. ครูชี้แจงบทบาทของผู้ดำเนินการอภิปราย ผู้เข้าร่วมการอภิปราย และผู้ร่วมรับฟังการอภิปรายให้นักเรียนได้รับทราบ
3. นักเรียนช่วยกันจัดสถานที่สำหรับการอภิปราย จากนั้นผู้ดำเนินการอภิปรายและผู้เข้าร่วมอภิปรายนั่งประจำที่
4. ผู้ดำเนินการอภิปรายแจ้งหัวข้อในการอภิปราย คือ จากปฏิกิริยา

$$A(aq) + 2B(aq) \leftrightarrow C(aq) + 3D(aq)$$
 เมื่อปฏิกิริยานี้อยู่ในภาวะสมดุล (อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ) ถ้าครูเติมสาร A เข้าไปในระบบจะทำให้ภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุลเปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตามผู้ดำเนินการ
5. อภิปรายแนะนำผู้เข้าร่วมการอภิปราย และแจ้งเวลาในการอภิปรายคนละ 3 นาที

6. นักเรียนที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง พร้อมทั้งตอบคำถามในใบงาน
7. นักเรียนที่เป็นผู้ร่วมฟังการอภิปรายสามารถซักถามข้อสงสัยหรือแสดงความคิดเห็นของตนเองต่อผู้เข้าร่วมการอภิปรายเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันได้
8. นักเรียนร่วมกันอภิปราย เปรียบเทียบกันจนได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล คือ จากปฏิกิริยา $A(aq) + 2B(aq) \leftrightarrow C(aq) + 3D(aq)$ เมื่อปฏิกิริยานี้อยู่ในภาวะสมดุล (อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ) ถ้าครูเติมสาร A เข้าไปในระบบจะทำให้ภาวะสมดุลเปลี่ยนแปลงโดยระบบจะปรับตัวเพื่อลดความเข้มข้นของสาร A โดยให้สาร A เกิดปฏิกิริยากับสาร B เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น แต่ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาไม่เปลี่ยนแปลง
9. ให้นักเรียนตอบคำถามในบัตรคำถามหลังเรียน เรื่อง การใช้ค่าคงที่สมดุล
10. ครูตรวจให้คะแนน

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบงาน
2. บัตรคำถาม
3. แหล่งวิทยาการอื่น ๆ ที่กำหนดในใบงาน

การวัดและประเมินผล

5. สังเกตการณ์อภิปรายร่วมกัน
6. สังเกตการณ์ตอบคำถาม
7. สังเกตความร่วมมือในกลุ่ม
8. การตรวจบัตรคำถาม

บัตรคำถาม

ประกอบการเรียน เรื่อง ความเข้มข้นกับภาวะสมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 6 จำนวน 2 ชั่วโมง

ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จากปฏิกิริยา $Fe^{2+}(aq) + Ag^+(aq) \leftrightarrow Fe^{3+}(aq) + Ag(s)$ ถ้าเราเพิ่มความเข้มข้นของ Fe^{3+} จะเกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

ความเข้มข้นของสาร _____ เพิ่มขึ้น ระบบจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยา

_____ มากขึ้น เพื่อลดความเข้มข้นของ _____ ที่เพิ่มขึ้น

ทั้งไว้สัักพ้กระบบจะปรับตัวเข้าสู่สมดุลครั้งที่ 2

ปฏิกิริยาไปข้างหน้า _____ ปฏิกิริยาย้อนกลับ

ที่สมดุลใหม่

$[Fe^{2+}]$ เพิ่มขึ้น เพราะ _____

$[Ag^+]$ เพิ่มขึ้น เพราะ _____

$[Fe^{3+}]$ เพิ่มขึ้น เพราะ _____

2. จากปฏิกิริยา $Fe^{2+}(aq) + Ag^+(aq) \leftrightarrow Fe^{3+}(aq) + Ag(s)$

เมื่อเติม Fe^{2+} สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยา _____

$[Fe^{2+}]$ _____ $[Ag^+]$ _____ $[Fe^{3+}]$ _____

เมื่อเติม Ag^+ สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยา _____

$[Fe^{2+}]$ _____ $[Ag^+]$ _____ $[Fe^{3+}]$ _____

เมื่อลด Fe^{2+} สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยา _____

$[Fe^{2+}]$ _____ $[Ag^+]$ _____ $[Fe^{3+}]$ _____

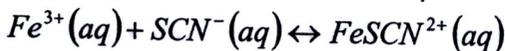
เมื่อลด Ag^+ สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยา _____

$[Fe^{2+}]$ _____ $[Ag^+]$ _____ $[Fe^{3+}]$ _____

เมื่อลด Fe^{3+} สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยา _____

$[Fe^{2+}]$ _____ $[Ag^+]$ _____ $[Fe^{3+}]$ _____

3. จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ต่อไปนี้ สมดุลจะปรับตัวอย่างไร และสีใดของสารละลายจะเข้มข้น



สีเหลือง ไม่มีสี สีแดง

เติม Fe^{3+} _____

เติม SCN^- _____

เติม $FeSCN^{2+}$ _____

4. จากปฏิกิริยา $2Fe^{3+}(aq) + 2I^{-}(aq) \leftrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + I_2(g)$ หากเติมสารต่อไปนี้ สมดุลจะปรับตัวอย่างไร เพราะเหตุใด

เติม LiI ความเข้มข้นของ _____ เพิ่มขึ้น เพราะ _____
 _____ สมดุลจะ

ปรับตัว _____

เติม NH_4I ความเข้มข้นของ _____ เพิ่มขึ้น เพราะ _____
 _____ สมดุลจะ

ปรับตัว _____

เติม $FeCl_2$ ความเข้มข้นของ _____ เพิ่มขึ้น เพราะ _____
 _____ สมดุลจะ

ปรับตัว _____

เติม $Fe(NO_3)_3$ ความเข้มข้นของ _____ เพิ่มขึ้น เพราะ _____
 _____ สมดุลจะ

ปรับตัว _____

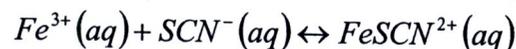
5. $HA + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + A^-$ จากสมการที่กำหนดให้ สมดุลจะปรับตัวอย่างไร หากเราลดความเข้มข้นของสารต่อไปนี้

ลด HA สมดุลจะปรับตัว _____

ลด H_3O^+ สมดุลจะปรับตัว _____

วิธีการทดลอง

การทดลองปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ กับสารละลาย NH_4SCN เขียนสมการได้ดังนี้



สีเหลืองอ่อน ไม่มีสี สีส้มแดง

1. นำบีกเกอร์มา 4 บีกเกอร์เติมสารละลาย NH_4SCN 0.01 mol/dm^3 จำนวน 2 cm^3 และสารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 0.01 mol/dm^3 จำนวน 2 cm^3 เขย่าเบา ๆ
2. เก็บบีกเกอร์ที่ 1 ไว้เปรียบเทียบกับสี
3. นำบีกเกอร์ที่ 2 มาเติมสารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 0.01 mol/dm^3 จำนวน 2 cm^3 เขย่าเบา ๆ
4. นำบีกเกอร์ที่ 3 มาเติมสารละลาย NH_4SCN 0.01 mol/dm^3 จำนวน 2 cm^3 เขย่าเบา ๆ
5. นำบีกเกอร์ที่ 4 มาเติมสารละลาย NaOH 0.1 mol/dm^3 จำนวน 2 cm^3 เขย่าเบา ๆ
6. นำสารละลายในบีกเกอร์ที่ 1 ใส่หลอดทดลองที่ 1 ปริมาตร 2 cm^3
7. นำสารละลายในบีกเกอร์ที่ 2, 3 และ 4 ใส่หลอดทดลองที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ หลอดละ 2 cm^3 บันทึกสีและตะกอนที่ได้เปรียบเทียบกับหลอดที่ 1

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

| หลอดทดลองที่ | สิ่งที่ได้จากการสังเกตสีของสารละลายและตะกอนที่เกิดขึ้น |
|--------------|--|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |

คำถามนำทาง

1. เมื่อหยดสารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ลงในสารละลาย NaSCN เกิดปฏิกิริยาเคมีดังนี้

สารละลายผสมมีสี _____ ซึ่งเป็นสีของสาร _____

2. เมื่อเติม Fe^{3+} ไปรบกวนสมดุลในหลอดทดลองที่ 2 เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่ สารละลาย มีสี _____ แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสมดุลคือ สมการเลื่อนไป ข้างหน้า ย้อนกลับ

ความเข้มข้นของ Fe^{3+} ลดลง เพิ่มขึ้น

ความเข้มข้นของ SCN^- ลดลง เพิ่มขึ้น

ความเข้มข้นของ FeSCN^{2+} ลดลง เพิ่มขึ้น

3. เมื่อเติม SCN^- ลงไปปรับกวนสมดุลในหลอดทดลองที่ 3 เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่ สารละลายมีสี _____ เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสมดุลคือ

สมการเลื่อนไป ข้างหน้า ย้อนกลับ

ความเข้มข้นของ Fe^{3+} ลดลง เพิ่มขึ้น

ความเข้มข้นของ SCN^- ลดลง เพิ่มขึ้น

ความเข้มข้นของ FeSCN^{2+} ลดลง เพิ่มขึ้น

4. การปรับกวนสมดุลของระบบเมื่อเพิ่ม OH^- ลงไปในสารละลายหลอดที่ 4 ซึ่งจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ Fe^{3+} ทำให้เกิด $\text{Fe}(\text{OH})_3$ เป็นของแข็งสีน้ำตาลแดงจะเกิดผลกระทบ คือ

สีของสารละลาย จางลง เข้มขึ้น

ความเป็นตะกอน เกิด ไม่เกิด

สมการเลื่อนไป ข้างหน้า ย้อนกลับ

ความเข้มข้นของ Fe^{3+} ลดลง เพิ่มขึ้น

ความเข้มข้นของ SCN^- ลดลง เพิ่มขึ้น

ความเข้มข้นของ FeSCN^{2+} ลดลง เพิ่มขึ้น

สีของตะกอน คือ _____

5. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ได้อย่างไร

ข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน

1. นักเรียนสามารถตอบคำถามนำทางทุกข้ออย่างถูกต้อง

2. สิ่งที่นักเรียนควรคำนึงถึงคือ

บันทึกผลการทดลองให้ตรงกับสิ่งที่สังเกตได้

การสรุปผลการทดลอง เป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้

แหล่งวิทยาการ

1. ห้องสมุดโรงเรียนหนองนาคำวิทยาคม

2. หนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาเคมี 3

3. คู่มือสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติมวิชาเคมีช่วงชั้นที่ 4 เล่มที่ 3

4. หนังสือเรียนเสริมมาตรฐานแม่ค เรื่องสมดุลเคมี

5. หนังสือ Hi-Ed's chemistry เคมี ม.5 เล่ม 3

เฉลยบัตรคำถาม

ประกอบการเรียน เรื่อง ความเข้มข้นกับภาวะสมดุล
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 6 จำนวน 2 ชั่วโมง

ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1.

1.1 ความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ระบบจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้น เพื่อลดความเข้มข้นของ Fe^{3+} ที่เพิ่มขึ้น

1.2 ทิ้งไว้สักพักระบบจะปรับตัวเข้าสู่สมดุลครั้งที่ 2

ปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับปฏิกิริยาย้อนกลับ

1.3 ที่สมดุลใหม่

$[Fe^{2+}]$ เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้นสารตั้งต้นก็จะเพิ่มขึ้น

$[Ag^+]$ เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้นสารตั้งต้นก็จะเพิ่มขึ้น

$[Fe^{3+}]$ เพิ่มขึ้น เพราะใส่เข้าไปในตอนแรกแม้จะใช้ในการเกิดปฏิกิริยาแต่ก็จะ

เหลือ มากกว่าก่อนเดิม

2. จากปฏิกิริยา $Fe^{2+}(aq) + Ag^+(aq) \leftrightarrow Fe^{3+}(aq) + Ag(s)$

เมื่อเติม Fe^{2+} สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น

$[Fe^{2+}]$ เพิ่มขึ้น $[Ag^+]$ ลดลง $[Fe^{3+}]$ เพิ่มขึ้น

เมื่อเติม Ag^+ สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น

$[Fe^{2+}]$ ลดลง $[Ag^+]$ เพิ่มขึ้น $[Fe^{3+}]$ เพิ่มขึ้น

เมื่อลด Fe^{2+} สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้น

$[Fe^{2+}]$ ลดลง $[Ag^+]$ เพิ่มขึ้น $[Fe^{3+}]$ ลดลง

เมื่อลด Ag^+ สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้น

$[Fe^{2+}]$ เพิ่มขึ้น $[Ag^+]$ ลดลง $[Fe^{3+}]$ ลดลง

เมื่อลด Fe^{3+} สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น

$[Fe^{2+}]$ ลดลง $[Ag^+]$ ลดลง $[Fe^{3+}]$ ลดลง

3. จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ต่อไปนี้ สมดุลจะปรับตัวอย่างไร และสีใดของสารละลายจะเข้มข้น $Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq) \leftrightarrow FeSCN^{2+}(aq)$

สีเหลือง ไม่มีสี สีแดง

เติม Fe^{3+} ปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพิ่มขึ้น สีแดงจะเข้มข้น

เติม SCN^- ปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพิ่มขึ้น สีแดงจะเข้มข้น

เติม $FeSCN^{2+}$ ปฏิกิริยาย้อนกลับเพิ่มขึ้น สีเหลืองจะเข้มข้น

4. จากปฏิกิริยา $2Fe^{3+}(aq) + 2I^{-}(aq) \leftrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + I_2(g)$ หากเติมสารต่อไปนี้ สมดุลจะปรับตัวอย่างไร เพราะเหตุใด

เติม LiI ความเข้มข้นของ I^{-} เพิ่มขึ้น เพราะ LiI จะแตกตัวให้ Li^{+} และ I^{-} สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพิ่มขึ้น

4.2 เติม NH_4I ความเข้มข้นของ I^{-} เพิ่มขึ้น เพราะ NH_4I จะแตกตัวให้ NH_4^{+} และ I^{-} สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพิ่มขึ้น

4.3 เติม $FeCl_2$ ความเข้มข้นของ Fe^{2+} เพิ่มขึ้น เพราะ $FeCl_2$ จะแตกตัวเป็น Fe^{2+} และ Cl^{-} สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับเพิ่มขึ้น

4.4 เติม $Fe(NO_3)_3$ ความเข้มข้นของ Fe^{3+} เพิ่มขึ้น เพราะ $Fe(NO_3)_3$ จะแตกตัวเป็น Fe^{3+} และ NO_3^{-} สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพิ่มขึ้น

5. $HA + H_2O \leftrightarrow H_3O^{+} + A^{-}$ จากสมการที่กำหนดให้ สมดุลจะปรับตัวอย่างไร หากเราลดความเข้มข้นของสารต่อไปนี้

ลด HA สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับเพิ่มขึ้น

ลด H_3O^{+} สมดุลจะปรับตัวปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพิ่มขึ้น

แผนการสอนตามรูปแบบการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา
 แผนการสอนที่ 7 เรื่อง ความดันกับภาวะสมดุล วิชาเคมี
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 2 ชั่วโมง

มโนคติ

ความดันจะมีผลต่อระบบที่มีแก๊สอยู่ด้วยเท่านั้น และจำนวนโมลของแก๊สในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จะต้องไม่เท่ากัน

ความรู้เดิมก่อนเรียน

จากกฎของสมการบอกสถานะของแก๊ส ซึ่งมีสูตรคือ $n = \frac{PV}{RT}$ นั่นคือ ที่อุณหภูมิ

ปริมาตร และมวลของแก๊สคงที่ จำนวนโมลของแก๊สแปรผันกับความดัน กล่าวคือ ถ้าความดันของแก๊สเพิ่มขึ้นจำนวนโมลของแก๊สจะเพิ่มขึ้น และถ้าความดันของแก๊สลดลงจำนวนโมลของแก๊สก็จะลดลงด้วย

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้ว

1. สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงภาวะสมดุลของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันของระบบได้
2. อธิบายการปรับตัวของระบบเมื่อสมดุลของระบบถูกรบกวนโดยใช้หลักของเลอชาเตอลิเอได้

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน (5 นาที)

1. ครูถามนักเรียนว่าจากสมการของแก๊ส $PV = nRT$ จะได้ $n = \frac{PV}{RT}$ ถ้าอุณหภูมิ ปริมาตร และมวลของแก๊สคงที่เมื่อเพิ่มความดันจะทำให้จำนวนโมลเพิ่มขึ้นหรือลดลง (เมื่อเพิ่มความดันจะทำให้จำนวนโมลของแก๊สเพิ่มขึ้น)
2. จากสมการของแก๊สถ้าปฏิกิริยา $X(g) + 2Y(g) \rightleftharpoons 2Z(g)$ อยู่ในภาวะสมดุล (อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ) ถ้าครูเพิ่มความดันของระบบจะทำจำนวนโมลของสารในระบบเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร (จำนวนโมลของแก๊สภายในระบบจะเพิ่มขึ้น)

ชั้นสอน

ชั้นการสร้างงานปัญหา (Problematic tasks)(5 นาที)

1. จากหลักของเลอชาเตอริเอ ถ้าเพิ่มความดันของระบบในปฏิกิริยาที่อยู่ในภาวะสมดุลของ $X(g) + 2Y(g) \longleftrightarrow 2Z(g)$ จะมีผลต่อค่าคงที่สมดุลและภาวะสมดุลอย่างไร
2. ครูแจกใบงานให้นักเรียนคนละ 1 ชุด

ชั้นการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม (Cooperative Groups)(70 นาที)

1. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการปฏิบัติงานในกลุ่มย่อยร่วมกัน มีการแต่งตั้งประธาน รองประธาน เลขานุการ และสมาชิกกลุ่ม โดยมีการหมุนเวียนหน้าที่กันทุกคน และใช้วิธีการประชุมกลุ่มย่อยในการทำงานร่วมกัน
2. ให้นักเรียนศึกษาใบงานประกอบการเรียน เรื่อง ความดันกับภาวะสมดุล ซึ่งมีการชี้แนะจุดประสงค์การเรียนรู้ การให้ความรู้เบื้องต้น ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา คำถามนำทาง ข้อกำหนดของงานที่ต้องปฏิบัติ แหล่งวิทยาการในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อให้ให้นักเรียนในกลุ่มได้ศึกษาและอภิปรายร่วมกัน
3. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันพิจารณาปัญหา คำถามนำทางและข้อกำหนดของการปฏิบัติงานในใบงานที่ครูแจกให้ ประเด็นที่ต้องอภิปรายที่ละประเด็นเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ทุกแง่มุมอย่างละเอียดและปฏิบัติตามข้อกำหนดให้ได้มากที่สุด พร้อมทั้งตอบคำถามนำทางทุกข้อ
4. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันหยิบยกในประเด็นต่าง ๆ จากสมาชิกในกลุ่มมาใช้ในการอภิปรายให้ได้ข้อสรุปที่ได้จากการร่วมกันแสดงความคิดเห็น
5. นักเรียนในกลุ่มถ้าหากมีข้อสงสัยสามารถหาคำปรึกษาจากครูผู้สอนได้ โดยครูผู้สอนจะให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด
6. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับหัวข้อการอภิปรายในใบงานเพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันในกลุ่ม ซึ่งจะนำเสนอในชั้นเรียนต่อไป
7. นักเรียนเลือกตัวแทนกลุ่ม 1 คน เป็นผู้ร่วมอภิปรายต่อทั้งชั้นเรียน โดยนักเรียนในกลุ่มทุกคนจะมีโอกาสในการออกไปอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

ชั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น(Sharing)(40 นาที)

1. นักเรียนในห้องเลือกตัวแทน 1 คน เป็นผู้ดำเนินการอภิปราย และแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน 1 คน เพื่อให้เป็นผู้ร่วมอภิปราย
2. ครูชี้แจงบทบาทของผู้ดำเนินการอภิปราย ผู้เข้าร่วมการอภิปราย และผู้ร่วมรับฟังการอภิปรายให้นักเรียนได้รับทราบ

3. นักเรียนช่วยกันจัดสถานที่สำหรับการอภิปราย จากนั้นผู้ดำเนินการอภิปรายและ
ผู้เข้าร่วมอภิปรายนั่งประจำที่
4. ผู้ดำเนินการอภิปรายแจ้งหัวข้อในการอภิปราย คือ จากหลักของเลอชาเตอริเอ ถ้าเพิ่ม
ความดันของระบบในปฏิกิริยาที่อยู่ในภาวะสมดุลของ $X(g) + 2Y(g) \longleftrightarrow 2Z(g)$
จะมีผลต่อค่าคงที่สมดุลและภาวะสมดุลอย่างไร
5. ผู้ดำเนินการอภิปรายแนะนำผู้เข้าร่วมการอภิปราย และแจ้งเวลาในการอภิปรายคนละ
3 นาที
6. นักเรียนที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง
พร้อมทั้งตอบคำถามในใบงาน
7. นักเรียนที่เป็นผู้ร่วมฟังการอภิปรายสามารถซักถามข้อสงสัยหรือแสดงความคิดเห็นของ
ตนเองต่อผู้เข้าร่วมการอภิปรายเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันได้
8. นักเรียนร่วมกันอภิปราย เปรียบเทียบกันจนได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล คือ เมื่อ
ปฏิกิริยา $X(g) + 2Y(g) \longleftrightarrow 2Z(g)$ อยู่ในภาวะสมดุล ถ้าเพิ่มความดันของ
ระบบจะมีผลทำให้จำนวนโมลของสารเพิ่มขึ้น ทำให้ภาวะสมดุลของระบบเปลี่ยนแปลง
ไป ดังนั้นระบบจึงปรับตัวเพื่อที่จะลดจำนวนโมลของสารโดยการเปลี่ยนแปลงไปในทิศที่
มีจำนวนโมลน้อยนั่นคือเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพิ่มขึ้น แต่ค่าคงที่สมดุลของระบบไม่
เปลี่ยนแปลง
9. ให้นักเรียนตอบคำถามในบัตรคำถามหลังเรียน เรื่อง การใช้ค่าคงที่สมดุล
10. ครูตรวจให้คะแนน

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบงาน
2. บัตรคำถาม
3. แหล่งวิทยากรอื่น ๆ ที่กำหนดในใบงาน

การวัดและประเมินผล

1. สังเกตการณ์อภิปรายร่วมกัน
2. สังเกตการณ์ตอบคำถาม
3. สังเกตความร่วมมือในกลุ่ม
4. การตรวจบัตรคำถาม

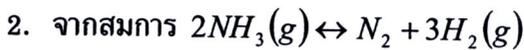
บัตรคำถาม

ประกอบการเรียน เรื่อง ความดันกับภาวะสมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 7 จำนวน 2 ชั่วโมง

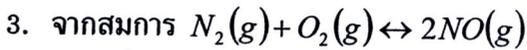
จงเติมคำลงในช่องว่างต่อไปนี้ให้ถูกต้องและได้ใจความ



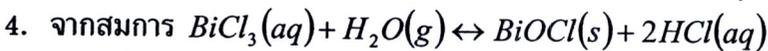
เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะ _____ เมื่อลดความดันสมดุลจะ _____



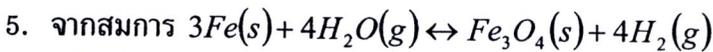
เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะ _____ เมื่อลดความดันสมดุลจะ _____



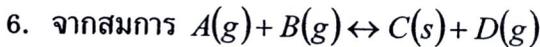
เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะ _____ เมื่อลดความดันสมดุลจะ _____



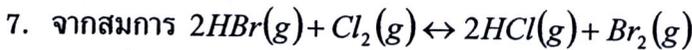
เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะ _____ เมื่อลดความดันสมดุลจะ _____



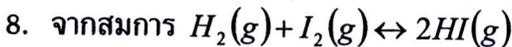
เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะ _____ เมื่อลดความดันสมดุลจะ _____



เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะ _____ เมื่อลดความดันสมดุลจะ _____



เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะ _____ เมื่อลดความดันสมดุลจะ _____



เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะ _____ เมื่อลดความดันสมดุลจะ _____

ใบงาน
 ประกอบการเรียนรู้ เรื่อง ความดันกับภาวะสมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 7 จำนวน 2 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

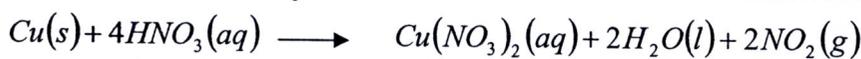
เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความดันของระบบกับภาวะสมดุล

ความรู้เบื้องต้น

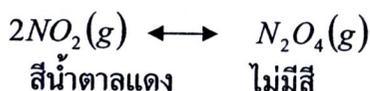
หลักของเลอชาเตอลิเ

องรี-ลุย เลอ ชาเตอลิเ ได้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับภาวะสมดุลของปฏิกิริยาแล้วได้ข้อสรุปว่า “เมื่อระบบอยู่ในภาวะสมดุลแล้วถูกรบกวนโดยการเปลี่ยนแปลงปัจจัยใดก็ตามที่มีผลต่อภาวะสมดุลของระบบ จะทำให้สมดุลของระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่จะลดผลจากการรบกวนนั้น เพื่อให้ระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่อีกครั้งหนึ่ง”

แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างโลหะทองแดง (Cu) และสารละลายกรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้น เป็นแก๊สที่มีสีน้ำตาลแดง เขียนสมการแสดงได้ดังนี้



แก๊ส NO_2 ที่เก็บไว้ในระบบปิดจะสามารถรวมตัวกันเกิดเป็นแก๊สไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์ (N_2O_4) และมีภาวะสมดุลเกิดขึ้นในระบบเขียนสมการได้ดังนี้



สถานการณ์ปัญหา การทดลอง การศึกษาผลของความดันต่อภาวะสมดุล
อุปกรณ์และสารเคมี

1. สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น
2. ชิ้นโลหะทองแดง
3. กระบอกฉีดยา
4. ขาดั่งหลอดทดลอง
5. ขาดั่ง
6. หลอดนำแก๊ส
7. จุกยาง
8. หลอดหยด
9. หลอดทดลองขนาดใหญ่



วิธีการทดลอง (สาริต)

ตอนที่ 1 การเตรียมแก๊ส NO_2

1. เตรียมหลอดทดลองขนาดใหญ่พร้อมจุกยางที่มีหลอดนำแก๊สเสียบอยู่และต่อกับสายยางที่มีคลิปลิหนึบ เพื่อไม่ให้แก๊สที่เกิดขึ้นรั่วออกมาได้
2. ใส่ชิ้นโลหะทองแดงลงในหลอดทดลองในข้อ 1 ปิดจุกยาง
3. ค่อย ๆ หยดสารละลายกรดไนตริกเข้มข้นลงไป
4. เก็บแก๊สในหลอดทดลอง 3 หลอดปิดฝาทันทีที่แก๊สเต็ม (เก็บไว้ใช้ทดลองต่อไป)
5. เก็บแก๊สในกระบอกฉีดยาพลาสติกที่แห้งและดึงก้านกระบอกฉีดยาออก รวมทั้งมีด้านปลายที่ใช้ดินน้ำมันอุดไว้แล้ว เมื่อได้แก๊สเต็มกระบอกแล้ว รีบปิดหลอดฉีดยาด้วยก้านสูบทันที และเก็บไว้ใช้ในการทดลองตอนที่ 2

ตอนที่ 2 การเปลี่ยนความดันกับภาวะสมดุล

1. สังเกตสีของแก๊สในกระบอกฉีดยา บันทึกผล
2. กดก้านกระบอกฉีดยาลงอย่างรวดเร็วจนปริมาตรลดลงครึ่งหนึ่งหรือและคงที่ไว้ 1 นาที สังเกตสีของแก๊ส บันทึกผล
3. ดึงก้านกระบอกฉีดยาให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นทันที และคงที่ไว้ 1 นาที สังเกตสีของแก๊ส บันทึกผล
4. ทำการทดลองตามข้อ 2 และ 3 ซ้ำอีกครั้ง

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

| การทดลอง | | ผลการสังเกต |
|--------------------|------------|-------------|
| เริ่มต้น | | |
| กดก้านกระบอกฉีดยา | ครั้งที่ 1 | |
| | ครั้งที่ 2 | |
| ดึงก้านกระบอกฉีดยา | ครั้งที่ 1 | |
| | ครั้งที่ 2 | |

คำถามนำทาง

1. ปฏิกิริยาระหว่าง Cu กับสารละลาย HNO_3 เขียนสมการได้อย่างไร
2. ปฏิกิริยาของแก๊ส NO_2 ในกระบอกฉีดยา เขียนสมการได้อย่างไร
3. แก๊ส NO_2 ที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่าง Cu กับสารละลาย HNO_3 มีสีอะไร
4. เมื่อกดก้านกระบอกฉีดยา ปริมาตรความดันของแก๊สเปลี่ยนแปลงอย่างไร
5. เมื่อกดก้านกระบอกฉีดยา ภาวะสมดุลของระบบเปลี่ยนแปลงอย่างไร
6. เมื่อดึงก้านกระบอกฉีดยา ปริมาตรและความดันของแก๊สเปลี่ยนแปลงอย่างไร

7. เมื่อตั้งก้านกระบอกฉีดยา ภาวะสมดุลของระบบเปลี่ยนแปลงอย่างไร
8. เมื่อเปลี่ยนแปลงความดันของระบบ มีผลต่อภาวะสมดุลหรือไม่อย่างไร
9. เราสามารถสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

ข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน

1. นักเรียนสามารถตอบคำถามนำทางทุกข้ออย่างถูกต้อง

2. สิ่งที่นักเรียนควรคำนึงถึงคือ

บันทึกผลการทดลองให้ตรงกับสิ่งที่สังเกตได้

การสรุปผลการทดลอง เป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้

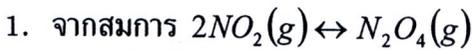
แหล่งวิทยาการ

1. ห้องสมุดโรงเรียนหนองนาคำวิทยาคม
2. หนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาเคมี 3
3. คู่มือสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติมวิชาเคมีช่วงชั้นที่ 4 เล่มที่ 3
4. หนังสือเรียนเสริมมาตรฐานแม็ค เรื่องสมดุลเคมี
5. หนังสือ Hi-Ed's chemistry เคมี ม.5 เล่ม 3

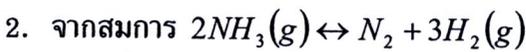
เฉลยบัตรคำถาม

ประกอบการเรียน เรื่อง ความดันกับภาวะสมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 7 จำนวน 2 ชั่วโมง

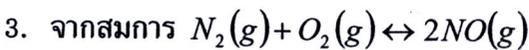
จงเติมคำลงในช่องว่างต่อไปนี้ให้ถูกต้องและได้ใจความ



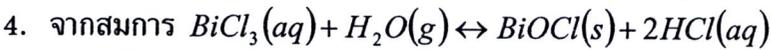
เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า เมื่อลดความดันสมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ



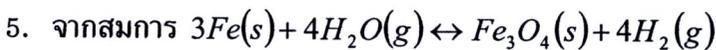
เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เมื่อลดความดันสมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า



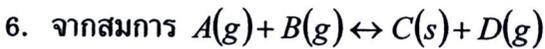
เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อลดความดันสมดุลจะไม่เปลี่ยนแปลง



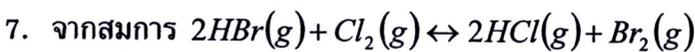
เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า เมื่อลดความดันสมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ



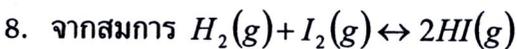
เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อลดความดันสมดุลจะไม่เปลี่ยนแปลง



เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า เมื่อลดความดันสมดุลจะปรับตัวให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ



เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อลดความดันสมดุลจะไม่เปลี่ยนแปลง



เมื่อความดันเพิ่ม สมดุลจะไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อลดความดันสมดุลจะไม่เปลี่ยนแปลง

แผนการสอนตามรูปแบบการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา
 แผนการสอนที่ 8 เรื่อง อุณหภูมิกับภาวะสมดุล วิชาเคมี
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 2 ชั่วโมง

มโนคติ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินองจากจะมีผลต่อภาวะสมดุลของระบบแล้ว ยังมีผลทำให้ค่าคงที่สมดุล(K) เปลี่ยนแปลงด้วย

ความรู้เดิมก่อนเรียน

ปฏิกิริยาเคมีแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. ปฏิกิริยาคูดความร้อนหรือดูดพลังงาน คือปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นดูดพลังงานเข้าไปเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาแล้วพลังงานจะเพิ่มขึ้น
2. ปฏิกิริยาคายความร้อน คือปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นคายพลังงานออกมาเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาแล้วพลังงานจะลดลง

ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเกี่ยวข้องกับพลังงานจลน์ของสารตั้งต้น ที่อุณหภูมิต่ำอนุภาคสารจะมีพลังงานจลน์สูงและเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ จึงมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นั่นคือเมื่ออุณหภูมิต่ำอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเกิดได้เร็วขึ้น

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วสามารถ

1. อธิบายการเปลี่ยนแปลงภาวะสมดุลของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบได้
2. อธิบายการปรับตัวของระบบเมื่อสมดุลของระบบถูกรบกวนโดยใช้หลักของเลอชาเตอริเอได้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (5 นาที)

1. ครูทบทวนเรื่อง พลังงานกับการเปลี่ยนแปลงโดยเขียนกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงของสารบนกระดานแล้วให้นักเรียนตอบคำถามว่าการเปลี่ยนแปลงในระบบข้อใดเป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทดูดพลังงาน ข้อใดเป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทคายพลังงาน

1. การระเหยของเหงื่อ (ดูดพลังงาน)
2. การระเหิดของการบูร (ดูดพลังงาน)

3. สาร A ผสมกับสาร B และสาร C เกิดความร้อนมีควันและเปลวไฟเกิดขึ้นที่สารผสมในถ้วยกระเบื้อง (คายพลังงาน)

4. นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ใส่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำอยู่ได้สารละลายใสไม่มีสี อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำ (คายพลังงาน)

2. จากข้อ 1 ถ้าเราการบูรไปให้ความร้อน การบูรจะระเหิดได้เร็วกว่าหรือช้ากว่าเมื่อเราปล่อยให้ระเหิดที่อุณหภูมิห้อง

ขั้นสอน

ขั้นการสร้างงานปัญหา (Problematic tasks)(5 นาที)

1. ถ้าระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลมีปฏิกิริยาไปข้างหน้าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนเมื่อเราเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ ค่าคงที่สมดุลและภาวะสมดุลจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
2. ครูแจกใบงานให้นักเรียนคนละ 1 ชุด

ขั้นการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม (Cooperative Groups)(70 นาที)

1. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการปฏิบัติงานในกลุ่มย่อยร่วมกัน มีการแต่งตั้งประธาน รองประธาน เลขานุการ และสมาชิกกลุ่ม โดยมีการหมุนเวียนหน้าที่กันทุกคน และใช้วิธีการประชุมกลุ่มย่อยในการทำงานร่วมกัน
2. ให้นักเรียนศึกษาใบงานประกอบการเรียน เรื่อง อุณหภูมิกับภาวะสมดุล ซึ่งมีการชี้แนะจุดประสงค์การเรียนรู้ การให้ความรู้เบื้องต้น ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา คำถามนำทาง ข้อกำหนดของงานที่ต้องปฏิบัติ แหล่งวิทยาการในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนในกลุ่มได้ศึกษาและอภิปรายร่วมกัน
3. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันพิจารณาปัญหา คำถามนำทางและข้อกำหนดของการปฏิบัติงานในใบงานที่ครูแจกให้ ประเด็นที่ต้องอภิปรายที่ละประเด็นเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ทุกแง่มุมอย่างละเอียดและปฏิบัติตามข้อกำหนดให้ได้มากที่สุด พร้อมทั้งตอบคำถามนำทางทุกข้อ
4. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันหยิบยกในประเด็นต่าง ๆ จากสมาชิกในกลุ่มมาใช้ในการอภิปรายให้ได้ข้อสรุปที่ได้จากการร่วมกันแสดงความคิดเห็น
5. นักเรียนในกลุ่มถ้าหากมีข้อสงสัยสามารถหาคำปรึกษาจากครูผู้สอนได้ โดยครูผู้สอนจะให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด
6. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับหัวข้อการอภิปรายในใบงานเพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันในกลุ่ม ซึ่งจะนำเสนอในชั้นเรียนต่อไป
7. นักเรียนเลือกตัวแทนกลุ่ม 1 คน เป็นผู้ร่วมอภิปรายต่อทั้งชั้นเรียน โดยนักเรียนในกลุ่มทุกคนจะมีโอกาสในการออกไปอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

ขั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น(Sharing)(40 นาที)

1. นักเรียนในห้องเลือกตัวแทน 1 คน เป็นผู้ดำเนินการอภิปราย และแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน 1 คน เพื่อให้เป็นผู้ร่วมอภิปราย
2. ครูชี้แจงบทบาทของผู้ดำเนินการอภิปราย ผู้เข้าร่วมการอภิปราย และผู้ร่วมรับฟังการอภิปรายให้นักเรียนได้รับทราบ
3. นักเรียนช่วยกันจัดสถานที่สำหรับการอภิปราย จากนั้นผู้ดำเนินการอภิปรายและผู้เข้าร่วมอภิปรายนั่งประจำที่
4. ผู้ดำเนินการอภิปรายแจ้งหัวข้อในการอภิปราย คือ ถ้าระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลมีปฏิกิริยาไปข้างหน้าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนเมื่อเราเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ ค่าคงที่สมดุลและภาวะสมดุลจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
5. ผู้ดำเนินการอภิปรายแนะนำผู้เข้าร่วมการอภิปราย และแจ้งเวลาในการอภิปรายคนละ 3 นาที
6. นักเรียนที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง พร้อมทั้งตอบคำถามในใบงาน
7. นักเรียนที่เป็นผู้ร่วมฟังการอภิปรายสามารถซักถามข้อสงสัยหรือแสดงความคิดเห็นของตนเองต่อผู้เข้าร่วมการอภิปรายเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันได้
8. นักเรียนร่วมกันอภิปราย เปรียบเทียบกันจนได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล คือ ถ้าระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลมีปฏิกิริยาไปข้างหน้าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนเมื่อเราเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ จะทำให้ภาวะสมดุลของระบบเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นระบบจะปรับตัวเพื่อให้เข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้งโดยการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้นเพื่อลดอุณหภูมิภายในระบบลง ค่าคงที่สมดุลก็จะเพิ่มขึ้นด้วย
9. ให้นักเรียนตอบคำถามในบัตรคำถามหลังเรียน เรื่อง การใช้ค่าคงที่สมดุล
10. ครูตรวจให้คะแนน

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบงาน
2. บัตรคำถาม
3. แหล่งวิทยากรอื่น ๆ ที่กำหนดในใบงาน

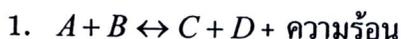
การวัดและประเมินผล

1. สังเกตการณ์อภิปรายร่วมกัน
2. สังเกตการณ์ตอบคำถาม
3. สังเกตความร่วมมือในกลุ่ม
4. การตรวจบัตรคำถาม

บัตรคำถาม

ประกอบการเรียน เรื่อง อุณหภูมิกับภาวะสมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 8 จำนวน 2 ชั่วโมง

จงเติมคำตอบที่ถูกต้องลงในช่องว่าง



เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ ระบบจะปรับตัวเพื่อลดอุณหภูมิของระบบลง โดย

ค่าคงที่สมดุล _____

เมื่อลดอุณหภูมิให้แก่ระบบ ระบบจะปรับตัวเพื่อลดอุณหภูมิของระบบลง โดย

ค่าคงที่สมดุล _____

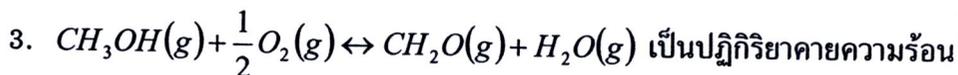


เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ ระบบจะปรับตัวเพื่อลดอุณหภูมิของระบบลง โดย

ค่าคงที่สมดุล _____

เมื่อลดอุณหภูมิให้แก่ระบบ ระบบจะปรับตัวเพื่อลดอุณหภูมิของระบบลง โดย

ค่าคงที่สมดุล _____



หากต้องการจะเพิ่มผลิตภัณฑ์ควรทำอย่างไร

4. จากสมการ $2NH_3(g) + \text{heat} \leftrightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ความเข้มข้นของสารใดบ้างจะมากขึ้น

ใบงาน
 ประกอบการเรียนรู้ เรื่อง อุณหภูมิกับภาวะสมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 8 จำนวน 2 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบกับภาวะสมดุล

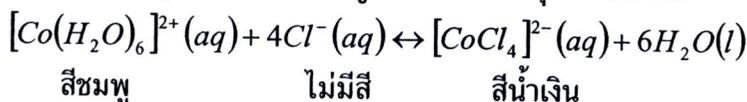
ความรู้เบื้องต้น

หลักของเลอชาเตอลิเอ

องรี-ลุย เลอ ชาเตอลิเอ ได้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับภาวะสมดุลของปฏิกิริยาแล้วได้ข้อสรุปว่า
 “เมื่อระบบอยู่ในภาวะสมดุลแล้วถูกรบกวนโดยการเปลี่ยนแปลงปัจจัยใดก็ตามที่มีผลต่อ
 ภาวะสมดุลของระบบ จะทำให้สมดุลของระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่จะลดผลจาก
 การรบกวนนั้น เพื่อให้ระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่อีกครั้งหนึ่ง”

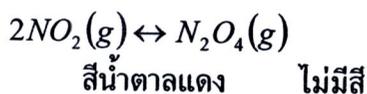
เมื่อนำสารละลาย $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ทำปฏิกิริยากับสารละลาย NaCl จะได้ไอออนเชิงซ้อน

$[\text{CoCl}_4]^{2-}$ ซึ่งมีสีน้ำเงิน และปฏิกิริยานี้จะไม่สมบูรณ์เพราะมีสมดุลเกิดขึ้น คือ



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน (ปฏิกิริยาไปข้างหน้าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ส่วนปฏิกิริยาย้อนกลับเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน)

แก๊ส NO_2 ที่เก็บไว้ในระบบปิดจะสามารถรวมตัวกันเกิดเป็นแก๊สไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์ (N_2O_4) และมีภาวะสมดุลเกิดขึ้นในระบบเขียนสมการได้ดังนี้



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (ปฏิกิริยาไปข้างหน้าเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ส่วนปฏิกิริยาย้อนกลับเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน)

สถานการณ์ปัญหา

การทดลอง การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล

สารเคมีและอุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. หลอดทดลอง
3. ตะเกียงแอลกอฮอล์
4. น้ำแข็ง

ตอนที่ 2 ระบบสมดุลของ NO_2

| หลอดทดลอง | ผลการสังเกต |
|---------------|-------------|
| อุณหภูมิห้อง | |
| น้ำเดือด | |
| น้ำผสมน้ำแข็ง | |

คำถามนำทาง

1. สารละลายโคบอลต์(II)คลอไรด์ที่อุณหภูมิห้องมีสีอะไร
2. เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสารละลายโคบอลต์(II)คลอไรด์เปลี่ยนเป็นสีอะไร แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
3. เมื่ออุณหภูมิลดลงสารละลายโคบอลต์(II)คลอไรด์เปลี่ยนสีอย่างไร แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
4. ปฏิกิริยาการละลายน้ำของโคบอลต์(II)คลอไรด์เป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อน
5. อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารละลายโคบอลต์(II)คลอไรด์อย่างไร
6. สมดุลของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิห้องมีสีอะไร
7. เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นหรือลดลง สังเกตได้อย่างไร
8. เมื่ออุณหภูมิลดลงจะเกิดแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นหรือลดลง สังเกตได้อย่างไร
9. อุณหภูมิมีผลต่อภาวะสมดุลของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์อย่างไร
10. นักเรียนคิดว่าค่าคงที่สมดุลเปลี่ยนหรือไม่เมื่อมีการเปลี่ยนอุณหภูมิอย่างไร
11. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองว่าอย่างไร

ข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน

1. นักเรียนสามารถตอบคำถามนำทางทุกข้ออย่างถูกต้อง
2. สิ่งที่นักเรียนควรคำนึงถึงคือ
บันทึกผลการทดลองให้ตรงกับสิ่งที่สังเกตได้
การสรุปผลการทดลอง เป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้

แหล่งวิทยาการ

1. ห้องสมุดโรงเรียนหนองนาคำวิทยาคม
2. หนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาเคมี 3
3. คู่มือสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติมวิชาเคมีช่วงชั้นที่ 4 เล่มที่ 3
4. หนังสือเรียนเสริมมาตรฐานแม่ค เรื่องสมดุลเคมี
5. หนังสือ Hi-Ed's chemistry เคมี ม.5 เล่ม 3

เฉลยบัตรคำถาม

ประกอบการเรียน เรื่อง อุณหภูมิกับภาวะสมดุล
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 8 จำนวน 2 ชั่วโมง

จงเติมคำตอบที่ถูกต้องลงในช่องว่าง

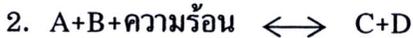


เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ ระบบจะปรับตัวเพื่อลดอุณหภูมิของระบบลง โดย
 การเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับเพิ่มขึ้น

ค่าคงที่สมดุลลดลง

เมื่อลดอุณหภูมิให้แก่ระบบ ระบบจะปรับตัวเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของระบบ โดย
 การเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพิ่มขึ้น

ค่าคงที่สมดุลเพิ่มขึ้น

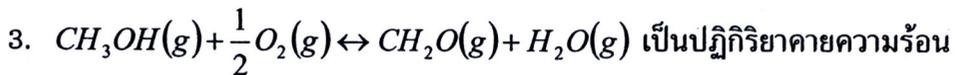


เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ ระบบจะปรับตัวเพื่อลดอุณหภูมิของระบบลง โดย
 การเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพิ่มขึ้น

ค่าคงที่สมดุลเพิ่มขึ้น

เมื่อลดอุณหภูมิให้แก่ระบบ ระบบจะปรับตัวเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของระบบ โดย
 การเกิดปฏิกิริยาไปย้อนกลับเพิ่มขึ้น

ค่าคงที่สมดุลลดลง



หากต้องการจะเพิ่มผลผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบลง

4. จากสมการ $2NH_3(g) + heat \leftrightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ความ
 เข้มข้นของ แก๊สไนโตรเจน และแก๊สไฮโดรเจนจะมากขึ้น

ภาคผนวก ข

- **แบบวัดมโนคติวิद्याศาสตร์**
- **แบบวัดกระบวนการในการแก้ปัญหา**

แบบวัดมโนคติในวิชาเคมี เรื่อง สมดุลเคมี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที

ชื่อ.....ชั้น.....

คำชี้แจง :

1. แบบทดสอบนี้ประกอบด้วยแบบทดสอบปรนัย พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล รายวิชาเคมี เรื่อง สมดุลเคมี จำนวน 30 ข้อ
2. ให้นักเรียนกวดในข้อเลือกที่คิดว่าถูกต้องที่สุดพร้อมบอกเหตุผลในการตอบในแต่ละข้อให้ถูกต้องสมบูรณ์ที่สุด และทำข้อสอบอย่างเต็มความสามารถ

ข้อใดต่อไปนี้จะเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้

ก. น้ำอัดลมในกระป๋องที่ยังไม่ได้เปิดฝา

ข. น้ำโซดาในขวดเปิดฝา

ค. เผา KMnO_4 ในถ้วยกระเบื้อง
กระจกนาฬิกา

ง. หยด $\text{HCl}(\text{aq})$ ลงบนหินปูนใน

เหตุผล

ข้อความใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยาที่ผันกลับได้

1. เกิดในระบบเปิด

2. เกิดทั้งในระบบปิดและระบบเปิด

3. ในระบบมีทั้งปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับ

4. ปริมาณสารตั้งต้นเท่ากับปริมาณของผลิตภัณฑ์

ก. ข้อ 1 และ 3

ข. ข้อ 2 และ 4

ค. ข้อ 3 และ 4

ง. เฉพาะข้อ 3

เท่านั้น

เหตุผล

สาร A ทำปฏิกิริยากับสาร B ในระบบปิด ได้สาร C ถ้าต้องการตรวจสอบว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้หรือไม่ จะตรวจสอบได้อย่างไร

ก. ตรวจสอบว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อน

ข. ตรวจสอบว่ามีสาร A หรือสาร B เหลือในระบบหรือไม่

ค. ตรวจสอบว่ามีสาร A หรือ B และสาร C อยู่ในระบบหรือไม่

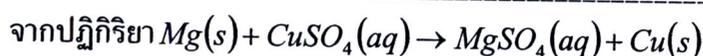
ง. ตรวจสอบว่ามีสาร A สาร B และ C อยู่ในระบบหรือไม่

เหตุผล

สาร X ทำปฏิกิริยากับสาร Y ได้สาร Z ในระบบปิด ถ้าต้องการตรวจสอบว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้ผลการตรวจสอบควรเป็นอย่างไร

- ก. พบว่ามีสาร Z ในระบบเท่านั้น ข. พบว่าเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน
ค. พบว่ามีสาร X และสาร Y ในระบบ ง. พบว่ามีสาร X สาร Y และสาร Z ในระบบ

เหตุผล



สารละลายสีฟ้า สารละลายใส

ถ้าต้องการทดสอบว่าปฏิกิริยาต่อไปนี้จะผันกลับได้ควรทำอย่างไร

- ก. สังเกตการเกิด Cu(s) ในระบบโดยสีฟ้าจางหายไป
ข. ทดสอบในระบบว่ามี $\text{Mg}^{2+}(aq)$ และ $\text{Cu}^{2+}(aq)$
ค. ตรวจสอบ $\text{Mg}^{2+}(aq)$ มีปริมาณเท่ากับ Cu(s) หรือไม่
ง. นำ $\text{MgSO}_4(aq)$ ทำปฏิกิริยากับ Cu(s) เกิดเป็น Mg(s) กับ $\text{CuSO}_4(aq)$ หรือไม่

เหตุผล

จากปฏิกิริยา $\text{Fe}^{2+}(aq) + \text{Ag}^+(aq) \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}(aq) + \text{Ag}(s)$ จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

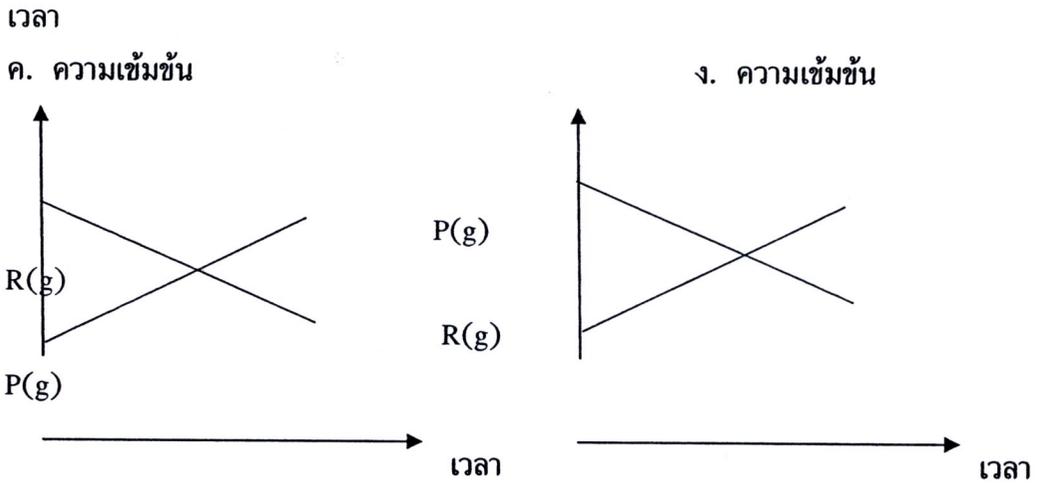
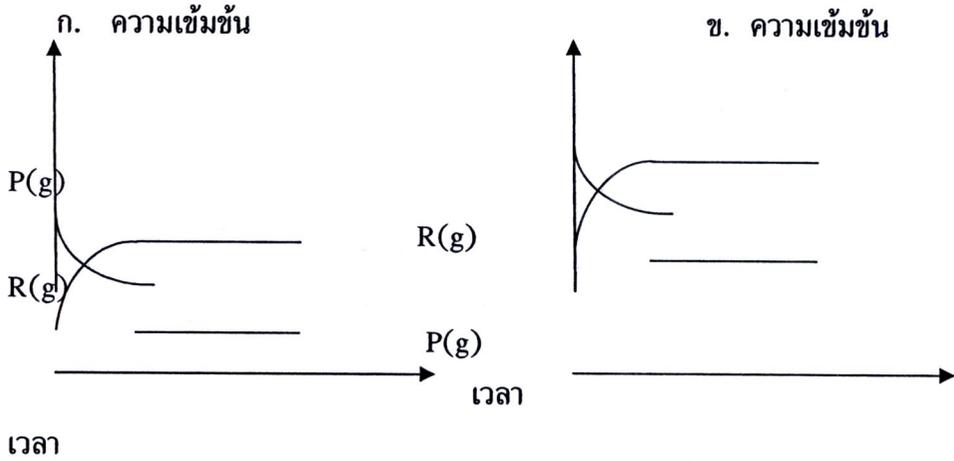
- ในช่วงแรกปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเกิดเร็วแต่ปฏิกิริยาย้อนกลับจะเกิดช้า
- เมื่อปฏิกิริยาเคมีเกิดไปได้ระยะหนึ่งปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเกิดช้าลง แต่ปฏิกิริยาย้อนกลับจะเกิดเร็วขึ้น จนกระทั่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เรียกว่าระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล
- ในภาวะสมดุล ระบบจะนิ่งไม่มีการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- ในภาวะสมดุล ปริมาณสารตั้งต้นเท่ากับปริมาณสารผลิตภัณฑ์
- ในภาวะสมดุล ปริมาณสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์ จะมีค่าคงตัว
- หากทิ้งระบบไว้นาน ๆ สารตั้งต้นจะหมดไปเหลือแต่ผลิตภัณฑ์

ข้อความใดกล่าวได้ถูกต้อง

- ก. 1, 2 และ 3 ข. 1, 2 และ 5 ค. 3, 4 และ 6 ง. 3, 4 และ 5

เหตุผล

ความเข้มข้นของสารในปฏิกิริยา $P(g) + Q(s) \leftrightarrow R(g) + S(s)$ เปลี่ยนแปลงตามเวลาตามรูปกราฟใด



เหตุผล

ข้อใดแสดงการเข้าสู่ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมี

- ก. อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ
- ข. ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์เท่ากับความเข้มข้นของสารตั้งต้น
- ค. สมบัติของระบบคงที่และไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ
- ง. ระบบหยุดนิ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ

เหตุผล

ข้อใดถูกต้องที่สุด

- ก. ปฏิกริยาที่อยู่ในระบบปิดจะอยู่ในภาวะสมดุลเสมอ
- ข. ภาวะสมดุลจะเกิดในระบบที่มีปฏิกริยาผันกลับได้
- ค. ระบบที่มีสมบัติคงที่จะอยู่ในภาวะสมดุลเสมอ
- ง. ขณะที่ระบบอยู่ในภาวะสมดุลจะมีสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากัน

เหตุผล

ข้อความที่เกี่ยวข้องกับภาวะสมดุลข้อใดไม่ถูกต้อง

- ก. การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลเริ่มต้นจากปฏิกริยาไปข้างหน้าหรือย้อนกลับก็ได้
- ข. อัตราการเกิดปฏิกริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกริยาย้อนกลับ
- ค. เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล อุณหภูมิของระบบและความเข้มข้นของสารทุกชนิดคงที่
- ง. ณ ภาวะสมดุลจะไม่เกิดปฏิกริยาไปข้างหน้าและปฏิกริยาย้อนกลับ

เหตุผล

ถ้าสารละลายไอโอดีนในเฮกเซน อยู่ในภาวะสมดุลกับสารละลายไอโอดีนในโพแทสเซียมไอโอไดด์ ดังสมการ $I_2(\text{Hexane}) \leftrightarrow I_2(\text{KI})$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- ก. โมเลกุลของ I_2 ละลายใน Hexane ได้เท่ากับละลายใน KI
- ข. โมเลกุลของ I_2 เคลื่อนที่ระหว่างของเหลวสองชนิดตลอดเวลาด้วยอัตราเร็วในการเคลื่อนที่เท่ากัน
- ค. โมเลกุลทั้งหมดของ I_2 ใน Hexane เคลื่อนที่ไปอยู่ในชั้นของสารละลาย KI
- ง. โมเลกุลทั้งหมดของ I_2 ในสารละลาย KI เคลื่อนที่ไปอยู่ชั้นของ Hexane

เหตุผล

เหตุใดจึงกล่าวว่าสมดุลเคมีเป็นสมดุลไดนามิก

- ก. เพราะที่ภาวะสมดุลระบบจะมีทั้งสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ในระบบ
- ข. เพราะที่ภาวะสมดุลมวลของสารจะไม่สูญหายไป เนื่องจากเป็นระบบปิด
- ค. เพราะที่ภาวะสมดุลระบบจะมีทั้งการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลา
- ง. เพราะที่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ในระบบมีค่าคงที่

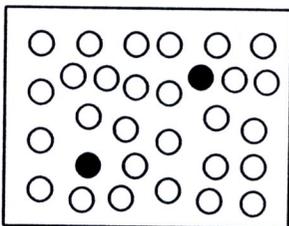
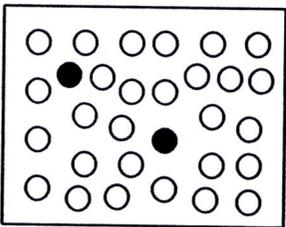
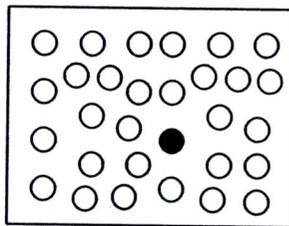
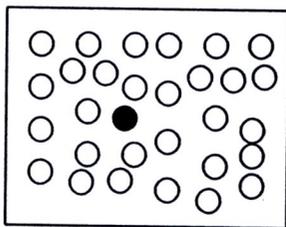
เหตุผล

จากสมการ $2HgO(s) \leftrightarrow 2Hg(g) + O_2(g)$ จะมีค่าคงที่สมดุลเท่าใด

- ก. $\frac{[Hg][O_2]}{[HgO]}$
- ข. $\frac{[Hg]^2[O_2]}{[HgO]^2}$
- ค. $[Hg][O_2]$
- ง. $[Hg]^2[O_2]$

เหตุผล

จากภาพแสดงปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุลของสาร 2 ชนิด ภาพใดที่มีค่าคงที่สมดุลน้อยมาก ($K \lll 1$)



เหตุผล

กำหนดให้

1. $2A + 3B \leftrightarrow 6C$ $K_1 = 1 \times 10^{-23}$
2. $C + 4E \leftrightarrow 5D$ $K_2 = 6.8 \times 10^{-2}$
3. $E + F \leftrightarrow EF$ $K_{31} = 1 \times 10^{-12}$
4. $A + S \leftrightarrow W$ $K_4 = 1 \times 10^{-13}$

การเรียงลำดับของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้น้อยจนถึงเกิดขึ้นได้เกือบสมบูรณ์คือ

- ก. 1,2,3,4 ข. 4,3,2,1 ค. 1,4,3,2 ง. 2,3,4,1

เหตุผล

ที่อุณหภูมิ 30°C ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา $\text{AgI}_{(s)} \leftrightarrow \text{Ag}_{(aq)}^+ + \text{I}_{(aq)}^-$ เท่ากับ 10^{-9} จากข้อมูลนี้ข้อสรุปใดถูกต้อง

- ก. เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากกว่าปฏิกิริยาย้อนกลับ
- ข. ซิลเวอร์ไอโอไดต์แตกตัวน้อยมาก
- ค. ซิลเวอร์ไอออนและไอโอไดต์ไอออนเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้น้อยมาก
- ง. ซิลเวอร์ไอโอไดต์แตกตัวได้ใกล้เคียงกับการเกิดย้อนกลับ

เหตุผล

กำหนดข้อมูลให้ดังนี้

| เกลือ | Ksp |
|--------------------------|-----------------------|
| AgCl | 1.0×10^{-10} |
| Ag_2CO_3 | 6.3×10^{-12} |
| Ag_3PO_4 | 2.0×10^{-21} |

การละลายของเกลือในข้อใดถูกต้อง

- ก. $\text{Ag}_2\text{CO}_3 > \text{AgCl} > \text{Ag}_3\text{PO}_4$
- ข. $\text{Ag}_3\text{PO}_4 > \text{Ag}_2\text{CO}_3 > \text{AgCl}$
- ค. $\text{AgCl} > \text{Ag}_2\text{CO}_3 > \text{Ag}_3\text{PO}_4$
- ง. $\text{Ag}_2\text{CO}_3 > \text{Ag}_3\text{PO}_4 > \text{AgCl}$

เหตุผล

กำหนดปฏิกิริยาที่อยู่ในภาวะสมดุลดังนี้

| ข้อ | ปฏิกิริยา | ค่าคงที่สมดุล |
|-----|-----------------------------------|---------------|
| 1 | $A + 3B \leftrightarrow 2C$ | K_1 |
| 2 | $4C \leftrightarrow 3D + 2E$ | K_2 |
| 3 | $2A + 6B \leftrightarrow 3D + 2E$ | K_3 |

จะหาค่า K_3 ได้จากข้อใด

ก. $K_1^2 K_2$

ข. $K_1 K_2$

ค. $2K_1 K_2$

ง. $K_1^2 + K_2$

เหตุผล

กำหนดให้ $2Fe^{3+}(aq) + 2I^-(aq) \leftrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + I_2(aq)$ มีค่าคงที่สมดุล K_1

$Fe^{3+}(aq) + I^-(aq) \leftrightarrow Fe^{2+}(aq) + \frac{1}{2}I_2(aq)$ มีค่าคงที่สมดุล K_2 ความสัมพันธ์ของค่า

K_1 และ K_2 คือ

ก. $K_1 = K_2$

ข. $K_2 = \sqrt{K_1}$

ค. $K_2 = \frac{1}{K_1}$

ง. $K_2 = \sqrt{\frac{1}{K_1}}$

เหตุผล

ข้อใดเป็นความจริงของ “ค่าคงที่สมดุล(K)”

ก. ถ้าสมการเคมีใหม่เป็นสองเท่าของสมการเคมีเดิมค่าคงที่สมดุลก็จะเป็นสองเท่าด้วย

ข. ค่า K ไม่จำเป็นต้องอ้างอิงสมการเคมี

ค. ถ้าปฏิกิริยาเกิดขึ้นหลายขั้นตอน ค่า K ของปฏิกิริยารวมเท่ากับผลบวกของ K ของปฏิกิริยาย่อย

ง. ค่า K เกี่ยวข้องกับสัมประสิทธิ์บอกจำนวนโมลของสารในสมการ

เหตุผล

กำหนดให้ปฏิกิริยาเกิดตามสมการ $2A(aq) \leftrightarrow B(aq) + C(aq)$ ถ้าเริ่มต้นมีสาร A เข้มข้น 2.00 mol/dm^3 เมื่อถึงสมดุลพบว่าสาร A หายไป 0.60 mol/dm^3 ความเข้มข้นของสาร A, B และสาร C ที่ใช้ในการคำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยานี้เป็นไปตามข้อใด

| ข้อ | สารA | สารB | สารC |
|-----|------|------|------|
| ก | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| ข | 0.60 | 0.30 | 0.30 |
| ค | 1.40 | 0.60 | 0.60 |
| ง | 1.40 | 0.30 | 0.30 |

เหตุผล

ที่อุณหภูมิห้อง ปฏิกิริยา $2SO_2(g) + O_2(g) \leftrightarrow 2SO_3(g)$ มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ 100 ถ้าความเข้มข้นของ SO_2 และ SO_3 ที่ภาวะสมดุลนี้มีค่าเท่ากัน ความเข้มข้นของ O_2 ที่ภาวะสมดุลมีค่ากี่โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ก. 0.001 mol/dm^3 ข. 0.005 mol/dm^3 ค. 0.01 mol/dm^3 ง. 0.02 mol/dm^3

เหตุผล

กำหนดให้สมการ $A(aq) + B(aq) \leftrightarrow C(aq)$ ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของ C ระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

1. ความเข้มข้นของ C เพิ่มขึ้นระบบจะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น
2. ที่ภาวะสมดุลใหม่ความเข้มข้นของ C จะน้อยกว่าที่ภาวะสมดุลเดิม
3. ที่ภาวะสมดุลใหม่ความเข้มข้นของ C จะมากกว่าที่ภาวะสมดุลเดิม
4. ความเข้มข้นของ C จะเพิ่มขึ้นระบบจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้น



ข้อใดถูกต้องที่สุด

ก. ข้อ 1, 2 และ 3 ข. ข้อ 1, 3 และ 4 ค. ข้อ 2 และ 4 ง. ข้อ 3 และ 4

เหตุผล

กำหนดปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุลให้ดังนี้ $Zn^{2+}(aq) + H_2S(aq) \leftrightarrow ZnS(s) + 2H^+(aq)$ ถ้าต้องการซิงค์ซัลไฟด์มาก ๆ ควรทำดังนี้

1. เติม Zn^{2+} ลงไปในระบบมาก ๆ
2. เพิ่ม H^+ ในระบบ
3. ละลาย H_2S ลงไปในระบบมาก ๆ

ข้อใดถูกต้อง

- ก. 1 และ 2 เท่านั้น ข. 1 และ 3 เท่านั้น ค. 2 และ 3 เท่านั้น ง. 1, 2 และ 3

เหตุผล

$Fe^{3+}(aq) + Ag(s) \leftrightarrow Fe^{2+}(aq) + Ag^+(aq)$ การเติมสารใดทำให้เกิดตะกอนของ Ag น้อยที่สุด

- ก. $FeCl_2$ ข. $AgNO_3$ ค. $FeCl_3$ ง. $NaCl$

เหตุผล

การเพิ่มหรือลดความดันมีผลต่อภาวะสมดุลของปฏิกิริยาใด

- ก. $A(g) + 2B(aq) \leftrightarrow 2C(g)$ ข. $A(s) + 2B(aq) \leftrightarrow 2C(aq)$
 ค. $A(s) + 2B(g) \leftrightarrow 2C(g)$ ง. $A(aq) + 2B(g) \leftrightarrow 2C(g)$

เหตุผล

ปฏิกิริยาต่อไปนี้ $4NH_3(g) + 3O_2(g) \leftrightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(g)$ มีค่าคงที่สมดุลที่ $25^\circ C$ เท่ากับ 1×10^{19} ถ้าเพิ่มความดันของปฏิกิริยานี้ที่ $25^\circ C$ ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- ก. จะเกิด NH_3 เพิ่มขึ้น ค่าคงที่สมดุลลดลง
 ข. จะเกิด O_2 ลดลง ค่าคงที่สมดุลเพิ่มขึ้น
 ค. จะเกิด N_2 เพิ่มขึ้น ค่าคงที่สมดุลเพิ่มขึ้น
 ง. จะเกิด H_2O ลดลง ค่าคงที่สมดุลเท่าเดิม

เหตุผล

ในขวดน้ำอัดลมปิดฝาสนิท มีสมดุลดังนี้ $H_2O(l) + CO_2(g) \leftrightarrow H_2CO_3(aq)$ ถ้าต้องการให้มี H_2CO_3 มากจะต้องทำอย่างไร

- ก. ลดปริมาตรของช่องว่างที่คอขวด
ข. เพิ่มปริมาตรช่องว่างที่คอขวด
ค. นำไปใส่ในขวดที่มีขนาดใหญ่กว่าเดิม
ง. เปิดฝาขวด

เหตุผล

ถ้าเพิ่มอุณหภูมิจำนวนเท่ากันให้กับปฏิกิริยา ในข้อใดจะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากที่สุด

- ก. $ก + ข \leftrightarrow ค + 15 \text{ KJ}$ ข. $A + B \leftrightarrow C + 20 \text{ KJ}$
ค. $A + C \leftrightarrow B + 25 \text{ KJ}$ ง. $X + Y \leftrightarrow Z + 60 \text{ KJ}$

เหตุผล

จงพิจารณาปฏิกิริยา $N_2O_4(g) + 50 \text{ kJ} \leftrightarrow 2NO_2(g)$ มีการเปลี่ยนแปลงใดบ้างที่ทำให้สมดุลเลื่อนไปทางขวา

1. เติม N_2O_4 2. ลด N_2O_4 3. ลด NO_2
4. เพิ่มความดันโดยการเติม $N_2(g)$ 5. เพิ่มปริมาตร 6. ลดอุณหภูมิ
ก. 1, 3 และ 4 ข. 1, 3 และ 5 ค. 3, 5 และ 6 ง. 2, 3 และ 5

เหตุผล

แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง สมดุลเคมี จำนวน 7 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

ชื่อ _____ ชั้น _____

คำชี้แจง :

1. แบบทดสอบนี้ประกอบด้วยปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง สมดุลเคมี จำนวน 7 ข้อ
2. ปัญหาแต่ละข้อมีชั้นย่อยอยู่ 4 ชั้น ให้นักเรียนตอบคำถามลงในพื้นที่ที่กำหนดให้

ข้อ 1 ครูอธิบายให้สายใจฟังว่า เมื่อให้ความร้อนกับผลึกคอปเปอร์(II)ซัลเฟตสีฟ้า(มีน้ำในโมเลกุล)($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)จะได้ผลึกสีขาวของคอปเปอร์(II)ซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ(แอลไฮดรัสคอปเปอร์ซัลเฟต)(CuSO_4) และไอน้ำ(H_2O) ดังสมการ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ จากนั้นปล่อยให้หลอดทดลองเย็นลง แล้วหยดน้ำลงไปประมาณ 2-3 หยด โดยใช้หลอดหยดจะเกิดผลึกสีฟ้าขึ้นที่ชั้นบนของผลึกแล้วสีฟ้าก็เคลื่อนที่ลงด้านล่างจนกระทั่งผลึกสีขาวกลายเป็นสีฟ้า ซึ่งเขียนสมการได้เป็น $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ จากนั้นครูนำของเหลวใสไม่มีสีมาให้สายใจและบอกกับสายใจว่า ครูอยากทราบว่าของเหลวที่ครูนำมามีน้ำเป็นองค์ประกอบหรือไม่ โดยครูมีผลึกคอปเปอร์(II)ซัลเฟต $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ให้สายใจ 1 กรัม สายใจจะมีวิธีการทดสอบอย่างไรเพื่อให้ได้คำตอบ

การทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง

2. สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

การวางแผนการแก้ปัญหา

จงเขียนขั้นตอนหรือวิธีในการแก้ปัญหามีอะไรบ้าง

การนำแผนไปใช้แก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบตามที่วางแผนไว้

การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

ข้อ 2 อัมพลนำขวดน้ำหวานสีแดงซึ่งมีน้ำหวานปริมาตร $\frac{3}{4}$ ของขวดไปตั้งไว้กลางแดดโดยได้ทำเครื่องหมายแสดงปริมาตรของน้ำในขวดไว้ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง อัมพลได้กลับมาดูขวดน้ำปรากฏว่าปริมาณน้ำลดลงจากบริเวณที่ทำเครื่องหมายไว้เล็กน้อย และมีหยดน้ำเกาะอยู่บริเวณด้านบนของขวด และมีไอน้ำเกิดขึ้นปริมาณหนึ่ง อัมพลอยากทราบว่าขวดน้ำหวานนี้เข้าสู่ภาวะสมดุลของการเปลี่ยนสถานะแล้วหรือยัง อัมพลจะต้องทำอะไรเพื่อให้ได้คำตอบนี้

1. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง

2. สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

การวางแผนการแก้ปัญหา

จงเขียนขั้นตอนหรือวิธีในการแก้ปัญหาที่มีอะไรบ้าง

การนำแผนไปใช้แก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบตามที่วางแผนไว้

การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

ข้อ 3 ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา $Zn(s) + 2H^+(aq) \leftrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$ และ
 ปฏิกิริยา $CO_2(g) + H_2O(l) \leftrightarrow H_2CO_3(aq)$ มีหน่วยเหมือนกันหรือไม่
 การทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง

2. สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

การวางแผนการแก้ปัญหา

จงเขียนขั้นตอนหรือวิธีในการแก้ปัญหามีอะไรบ้าง

การนำแผนไปใช้แก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบตามที่วางแผนไว้

การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

ข้อ 4 ปฏิกิริยา $PCl_5(g) \leftrightarrow PCl_3(g) + Cl_2(g)$ ที่ภาวะเริ่มต้นความเข้มข้นของ $PCl_5(g)$ และ $PCl_3(g)$ มีค่าเท่ากับ 0.99 mol/dm^3 และ 0.21 mol/dm^3 ตามลำดับ ถ้าที่ภาวะสมดุล $Cl_2(g)$ มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.39 mol/dm^3 ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยานี้มีค่าเท่าไร

การทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้มีอะไรบ้าง

2. สิ่งที่เกี่ยวข้องต้องการทราบมีอะไรบ้าง

การวางแผนการแก้ปัญหา

จงเขียนขั้นตอนหรือวิธีในการแก้ปัญหามีอะไรบ้าง

การนำแผนไปใช้แก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบตามที่วางแผนไว้

การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

ข้อ 5 จากปฏิกิริยา $Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq) \leftrightarrow FeSCN^{2+}(aq)$

สีเหลือง ไม่มีสี สีแดง

ถ้าต้องการให้สารละลายมีสีแดงเข้มขึ้นควรเติมสารชนิดใดต่อไปนี้ลงไปในระบบ Fe^{3+} , SCN^- และ $FeSCN^{2+}$

การทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง

2. สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

การวางแผนการแก้ปัญหา

จงเขียนขั้นตอนหรือวิธีในการแก้ปัญหาที่มีอะไรบ้าง

การนำแผนไปใช้แก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบตามที่วางแผนไว้

การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

ข้อ 6 จากสมการ $\text{BiCl}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}(g) \leftrightarrow \text{BiOCl}(s) + 2\text{HCl}(aq)$ เมื่อความดันของระบบเพิ่ม สมดุลจะเลื่อนไปในทิศทางใด

การทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้มีอะไรบ้าง

2. สิ่งที่เกี่ยวข้องต้องการทราบมีอะไรบ้าง

การวางแผนการแก้ปัญหา

จงเขียนขั้นตอนหรือวิธีในการแก้ปัญหาที่มีอะไรบ้าง

การนำแผนไปใช้แก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบตามที่วางแผนไว้

การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

ข้อ 7 จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ต่อไปนี้เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่วระบบ ระบบจะเกิดการปรับตัวอย่างไรและสีของแก๊สจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร



สีน้ำตาลแดง ไม่มีสี

การทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่เกี่ยวข้องที่กำหนดให้มีอะไรบ้าง

2. สิ่งที่เกี่ยวข้องที่ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

การวางแผนการแก้ปัญหา

จงเขียนขั้นตอนหรือวิธีในการแก้ปัญหามีอะไรบ้าง

การนำแผนไปใช้แก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบตามที่วางแผนไว้

การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

จงแสดงวิธีการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

ภาคผนวก ค

- ผลการวิเคราะห์การตอบแบบทดสอบของนักเรียน
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา
- แสดงการวิเคราะห์คะแนนโมมติทางวิทยาศาสตร์เป็นรายบุคคล
- แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนของนักเรียน

ผลการวิเคราะห์การตอบแบบทดสอบของนักเรียน

1. ข้อใดต่อไปนี้เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้
- น้ำอัดลมในกระป๋องที่ยังไม่ได้เปิดฝา
 - น้ำโซดาในขวดเปิดฝา
 - เผา KMnO_4 ในถ้วยกระเบื้อง
 - หยด HCl(aq) ลงบนหินปูนในกระจกนาฬิกา

| ความเข้าใจ | จำนวน นักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|---|
| <p>ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)</p> <ul style="list-style-type: none"> ข้อ ก เมื่อสารตั้งต้นเกิดปฏิกิริยาไปเป็นสารผลิตภัณฑ์แล้วสารผลิตภัณฑ์ก็สามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมาเป็นสารตั้งต้นได้อีก แต่ข้อ ข-ง เมื่อสารตั้งต้นเกิดปฏิกิริยาไปเป็นสารผลิตภัณฑ์แล้วสารผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สก็จะระเหยออกไปจากระบบจึงไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้ ข้อ ก เพราะน้ำอัดลมอยู่ในระบบปิดมีการแลกเปลี่ยนมวลของสารอยู่ตลอดเวลา หรือมีการเกิดปฏิกิริยาอยู่ตลอดเวลาทำให้น้ำอัดลมเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ | 2 (5.71%) |
| <p>ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)</p> <ul style="list-style-type: none"> ข้อ ก เพราะถ้ายังไม่เปิดฝาน้ำอัดลมก็จะทำให้ปริมาตรของสารที่อยู่ในขวดมีปริมาตรเท่าเดิมเพราะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้ตลอดเวลา ข้อ ก เพราะเป็นระบบปิดไม่มีการแลกเปลี่ยนแก๊ส | 33 (94.29%) |
| <p>ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC)</p> <ul style="list-style-type: none"> ข้อ ก | 0 (0.00%) |
| <p>ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO)</p> <ul style="list-style-type: none"> ตอบข้อ ข-ง | 0 (0.00%) |
| <p>ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม</p> | 0 (0.00%) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ง ปฏิกริยาผันกลับได้จะเกิดทั้งปฏิกริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับ ดังนั้นในระบบต้องมีทั้งสารตั้งต้น (A, B) และสารผลิตภัณฑ์ (C) | 16 (45.71 %) |
| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ง เพราะปฏิกริยาผันกลับได้จะต้องเหลือสารครบทุกตัว | 17 (48.57 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ง เพราะเป็นปฏิกริยาผันกลับ | 2 (5.71 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ก-ค | 0 (0.00 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

4. สาร X ทำปฏิกริยากับสาร Y ได้สาร Z ในระบบปิด ถ้าต้องการตรวจสอบว่าปฏิกริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกริยาผันกลับไม่ได้ผลการตรวจสอบควรเป็นอย่างไร

- ก. พบว่ามีสาร Z ในระบบเท่านั้น ข. พบว่าเป็นปฏิกริยาคายความร้อน
ง. พบว่ามีสาร X และสาร Y ในระบบ จ. พบว่ามีสาร X สาร Y และสาร Z ในระบบ

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ก ปฏิกริยาผันกลับไม่ได้เป็นปฏิกริยาที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เพราะฉะนั้นในระบบจะมีเฉพาะสารผลิตภัณฑ์ (Z) เท่านั้น - ข้อ ก สาร x เมื่อทำปฏิกริยากับสาร y แล้วได้สาร z และพบว่าเหลือเฉพาะ สาร z จึงสรุปว่าเป็นปฏิกริยาผันกลับไม่ได้เพราะสารตั้งต้นหมดไป | 20 (57.14 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ก เพราะถ้าปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้จะพบแต่สารผลิตภัณฑ์อยู่ในระบบหรือสาร | 9 (25.71 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ก | 2 (5.71 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ค ถ้าเราจะทดสอบสารเราจะต้องตรวจสอบสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์(x,y ตามลำดับ) | 4 (11.43 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |



สารละลายสีฟ้า สารละลายใส

ถ้าต้องการทดสอบว่าปฏิกิริยาต่อไปนี้ผันกลับได้ควรทำอะไร

- สังเกตการเกิด $Cu(s)$ ในระบบโดยสีฟ้าจางหายไป
- ทดสอบในระบบว่ามี $Mg^{2+}(aq)$ และ $Cu^{2+}(aq)$
- ตรวจสอบ $Mg^{2+}(aq)$ มีปริมาณเท่ากับ $Cu(s)$ หรือไม่
- นำ $MgSO_4(aq)$ ทำปฏิกิริยากับ $Cu(s)$ เกิดเป็น $Mg(s)$ กับ $CuSO_4(aq)$ หรือไม่

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ง ปฏิกิริยาผันกลับได้จะมีทั้งปฏิกิริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับ เพราะฉะนั้นสารผลิตภัณฑ์ต้องสามารถเกิดปฏิกิริยากลับไปเป็นสารตั้งต้นได้ | 18 (51.43 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ง เพราะปฏิกิริยาผันกลับได้ คือ ปฏิกิริยาที่สารผลิตภัณฑ์จะสลายกลับเป็นสารตั้งต้นได้ | 10 (28.57 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ง | 3 (8.57 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ค การเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้จะต้องมี $Mg^{2+}(aq)$ ปริมาณเท่ากับ $Cu^{2+}(aq)$ | 4 (11.43 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

6. จากปฏิกิริยา $Fe^{2+}(aq) + Ag^+(aq) \leftrightarrow Fe^{3+}(aq) + Ag(s)$ จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ในช่วงแรกปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเกิดเร็วแต่ปฏิกิริยาย้อนกลับจะเกิดช้า
 - เมื่อปฏิกิริยาเคมีเกิดไปได้ระยะหนึ่งปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเกิดช้าลง แต่ปฏิกิริยาย้อนกลับจะเกิดเร็วขึ้น จนกระทั่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เรียกว่าระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล
 - ในภาวะสมดุล ระบบจะนิ่งไม่มีการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - ในภาวะสมดุล ปริมาณสารตั้งต้นเท่ากับปริมาณสารผลิตภัณฑ์
 - ในภาวะสมดุล ปริมาณสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์ จะมีค่าคงตัว
 - หากทิ้งระบบไว้นาน ๆ สารตั้งต้นจะหมดไปเหลือแต่ผลิตภัณฑ์
- ข้อความใดกล่าวได้ถูกต้อง

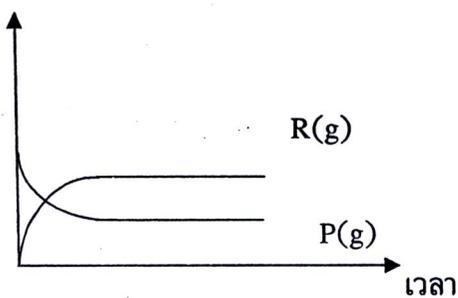
ก. 1, 2 และ 3 ข. 1, 2 และ 5 ค. 3, 4 และ 6 ง. 3, 4 และ 5

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ข การเข้าสู่ภาวะสมดุลในช่วงแรกปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเกิดเร็วแต่ปฏิกิริยาย้อนกลับจะเกิดช้า ต่อมาปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเกิดช้าลง แต่ปฏิกิริยาย้อนกลับจะเกิดเร็วขึ้น จนกระทั่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เรียกว่าระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล ซึ่งจะ ทำให้ปริมาณสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์มีค่าคงตัว | 24 (68.57 %) |

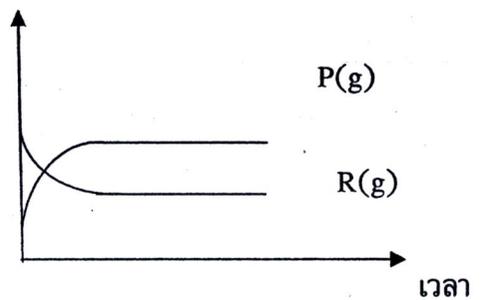
| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ข เพราะในภาวะสมดุลระบบจะไม่นิ่ง เพราะจะเกิดอัตราไปข้างหน้าและย้อนกลับในอัตราที่เท่ากัน | 8 (22.86 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ข | 2 (5.71 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ง สมการเป็นปฏิกิริยาผันกลับเมื่อภาวะสมดุลระบบหนึ่งไม่มีการเกิดปฏิกิริยา สารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์มีค่าคงตัวซึ่งเท่ากัน | 3 (8.57 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

7. ความเข้มข้นของสารในปฏิกิริยา $P(g) + Q(s) \leftrightarrow R(g) + S(s)$ เปลี่ยนแปลงตามเวลาตามรูปภาพใด

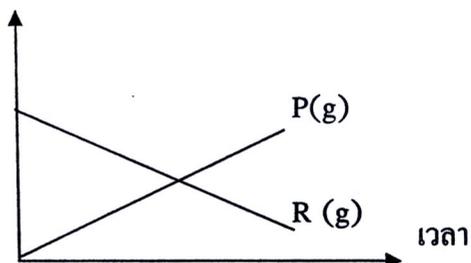
ก. ความเข้มข้น



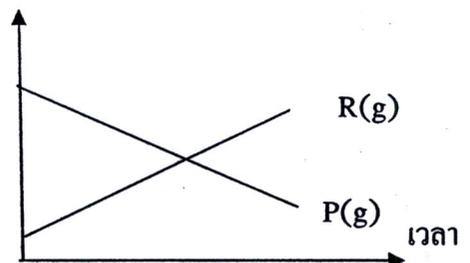
ข. ความเข้มข้น



ค. ความเข้มข้น



ง. ความเข้มข้น



| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ก กราฟระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลา ความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะมีมากที่ภาวะเริ่มต้นและจะลดลงอย่างรวดเร็วในตอนเริ่มต้นจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งคงที่ในภาวะสมดุล ส่วนความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์จะมีน้อยในตอนเริ่มต้นและจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้นและจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในเวลาต่อมาจนกระทั่งความคงที่ที่ภาวะสมดุล | 1 (2.86 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ก จากรูปแสดงถึงความเข้มข้นของสารPที่เหลืออยู่กับสารRที่เกิดขึ้น | 27 (77.14 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ก | 3 (8.57 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ข เนื่องจากกราฟ ข มีความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์มากกว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้น เพราะเมื่อปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุลทำให้ความเข้มข้นของสารทุกชนิดคงที่ | 4 (11.43 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

8. ข้อใดแสดงการเข้าสู่ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมี

- ก. อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ
- ข. ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์เท่ากับความเข้มข้นของสารตั้งต้น
- ค. สมบัติของระบบคงที่และไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ
- ง. ระบบหยุดนิ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ก ที่ภาวะสมดุลอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับตลอดเวลา ทำให้สมบัติของระบบคงที่ ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน | 31 (88.57 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| - ข้อ ก เพราะที่ภาวะสมดุลอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับซึ่งจะเกิดขึ้นตลอดเวลา | |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ก | 0 (0.00 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ก | 2 (5.71 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ง เพราะทุกอย่างมีความสมดุล คือทุกอย่างเท่ากันแล้วจึงไม่เกิดปฏิกิริยาอีกจนกว่าจะมีสารเข้าไปเปลี่ยนแปลง | 2 (5.71 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

9. ข้อใดถูกต้องที่สุด

- ก. ปฏิกิริยาที่อยู่ในระบบปิดจะอยู่ในภาวะสมดุลเสมอ
- ข. ภาวะสมดุลจะเกิดในระบบที่มีปฏิกิริยาผันกลับได้
- ค. ระบบที่มีสมบัติคงที่จะอยู่ในภาวะสมดุลเสมอ
- ง. ขณะที่ระบบอยู่ในภาวะสมดุลจะมีสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากัน

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ข ภาวะสมดุลจะเกิดได้ระบบนั้นต้องเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ที่ภาวะสมดุลสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน ในระบบปิดบางครั้งอาจจะไม่เกิดภาวะสมดุลก็ได้ และเมื่อสมบัติของระบบคงที่อาจจะไม่เกิดภาวะสมดุลก็ได้ | 20 (57.14 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ข เพราะที่ภาวะสมดุลอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับนั่นคือที่ภาวะสมดุลจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้ | 10 (28.57 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ข | 2 (5.71 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ค เพราะภาวะสมดุลปฏิกิริยาจะไม่เปลี่ยนแปลงใด ๆ สารทุกอย่างคงที่ | 3 (8.57 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

10. ข้อความที่เกี่ยวข้องกับภาวะสมดุลข้อใดไม่ถูกต้อง

- ก. การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลเริ่มต้นจากปฏิกิริยาไปข้างหน้าหรือย้อนกลับก็ได้
- ข. อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ
- ค. เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล อุณหภูมิของระบบและความเข้มข้นของสารทุกชนิดคงที่
- ง. ณ ภาวะสมดุลจะไม่เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับ

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ง การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลจะเริ่มต้นจากปฏิกิริยาไปข้างหน้าหรือย้อนกลับก็ได้ เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ซึ่งจะเกิดขึ้นตลอดเวลา จึงทำให้สมบัติของระบบคงที่ | 15 (42.86 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ง เพราะ ณ ภาวะสมดุลจะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับอยู่ตลอดเวลา(ระบบจะไม่หยุดนิ่ง) | 13 (37.14 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ง | 3 (8.57 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ก เพราะการเข้าสู่ภาวะสมดุลต้องเริ่มจากปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่านั้น | 4 (11.43 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

11. ถ้าสารละลายไอโอดีนในเฮกเซน อยู่ในภาวะสมดุลกับสารละลายไอโอดีนในโพแทสเซียมไอโอไดต์ ดังสมการ $I_2(\text{Hexane}) \leftrightarrow I_2(\text{KI})$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง
- โมเลกุลของ I_2 ละลายใน Hexane ได้เท่ากับละลายใน KI
 - โมเลกุลของ I_2 เคลื่อนที่ระหว่างของเหลวสองชนิดตลอดเวลาด้วยอัตราเร็วในการเคลื่อนที่เท่ากัน
 - โมเลกุลทั้งหมดของ I_2 ใน Hexane เคลื่อนที่ไปอยู่ในชั้นของสารละลาย KI
 - โมเลกุลทั้งหมดของ I_2 ในสารละลาย KI เคลื่อนที่ไปอยู่ชั้นของ Hexane

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ข ที่ภาวะสมดุลโมเลกุลของ I_2 จะเคลื่อนที่ระหว่าง KI และ Hexane ตลอดเวลาด้วยอัตราเร็วที่เท่ากันแต่ไม่จำเป็นต้องมีการละลายเท่ากัน | 19 (54.29 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ข เพราะที่ภาวะสมดุลอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ | 8 (22.86 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ข | 3 (8.57 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ก เพราะภาวะสมดุลโมเลกุลต้องเคลื่อนที่เท่ากัน | 5 (14.29 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

12. เหตุใดจึงกล่าวว่าสมดุลเคมีเป็นสมดุลไดนามิก
- เพราะที่ภาวะสมดุลระบบจะมีทั้งสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ในระบบ
 - เพราะที่ภาวะสมดุลมวลของสารจะไม่สูญหายไป เนื่องจากเป็นระบบปิด
 - เพราะที่ภาวะสมดุลระบบจะมีทั้งการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลา
 - เพราะที่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ในระบบมีค่าคงที่

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ค สมดุลไดนามิก คือ สมดุลที่ในระบบมีทั้งการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลาและมีอัตราเร็วเท่ากัน ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์มีค่าคงที่ จึงพบสารทุกชนิดอยู่ในระบบ | 19 (54.29 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ค สมดุลไดนามิก คือ ภาวะสมดุลที่ไม่หยุดนิ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลา | 10 (28.57 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ค | 3 (8.57 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ก เพราะสมดุลไดนามิกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาโดยที่อัตราการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าปฏิกิริยาอัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ | 3 (8.57 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

13. จากสมการ $2\text{HgO}(s) \leftrightarrow 2\text{Hg}(g) + \text{O}_2(g)$ จะมีค่าคงที่สมดุลเท่าใด

ก. $\frac{[\text{Hg}][\text{O}_2]}{[\text{HgO}]}$

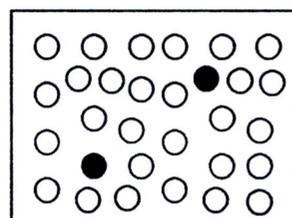
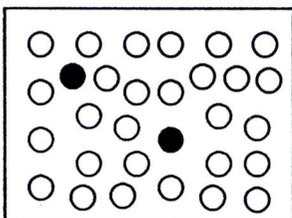
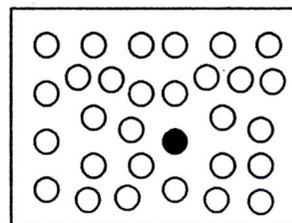
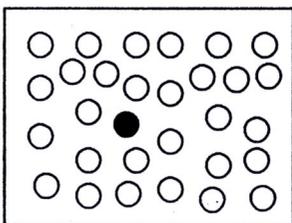
ข. $\frac{[\text{Hg}]^2[\text{O}_2]}{[\text{HgO}]^2}$

ค. $[\text{Hg}][\text{O}_2]$

ง. $[\text{Hg}]^2[\text{O}_2]$

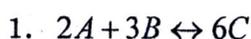
| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ง ค่าคงที่สมดุล หาได้จากผลคูณของความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ยกกำลังสัมประสิทธิ์ของตัวมันเองหารด้วยผลคูณของความเข้มข้นของสารตั้งต้นยกกำลังสัมประสิทธิ์ของตัวมันเอง จะนำมาหาเฉพาะสารละลายและแก๊สเท่านั้น | 13 (37.14 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ง ค่าคงที่สมดุล หาจากจำนวนโมลของแก๊สเพราะของแข็งไม่นำมาคิดค่าคงที่สมดุล | 17 (48.57 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ง | 2 (5.71 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ข จากสูตร สารผลิตภัณฑ์/สารตั้งต้น | 3 (8.57 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

14. จากภาพแสดงปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุลของสาร 2 ชนิด ภาพใดที่มีค่าคงที่สมดุลน้อยมาก ($K \ll \ll 1$)



| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ข ค่าคงที่สมดุลน้อยแสดงว่าผลคูณของความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีค่ามากกว่าผลคูณของความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ นั่นคือเกิดสารผลิตภัณฑ์ได้น้อย | 32 (91.43 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ข | 0 (0.00 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ข เพราะค่าคงที่สมดุล คือ อัตราส่วนระหว่างผลคูณของความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์หารด้วยความเข้มข้นของสารตั้งต้น ถ้าค่าคงที่สมดุลน้อย จะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า น้อย สารตั้งต้นจึงน้อยด้วย | 2 (5.71 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ก เพราะสารที่ 1 มีน้อยที่สุด | 1 (2.86 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

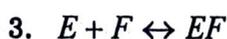
15. กำหนดให้



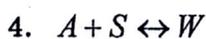
$K_1 = 1 \times 10^{-23}$



$K_2 = 6.8 \times 10^{-2}$



$K_{31} = 1 \times 10^{-12}$



$K_4 = 1 \times 10^{-13}$

การเรียงลำดับของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้น้อยจนถึงเกิดขึ้นได้เกือบสมบูรณ์คือ

ก. 1,2,3,4

ข. 4,3,2,1

ค. 1,4,3,2

ง. 2,3,4,1

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ค ปฏิกิริยาที่อยู่ในภาวะสมดุลที่มีสารผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นได้น้อยแสดงว่ามีค่าคงที่สมดุลน้อย | 15 (42.86 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ค | 0 (0.00 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ค เรียงตามค่าคงที่สมดุลที่ให้มา | 9 (25.71 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ง เพราะค่าคงที่สมดุลน้อยปฏิกิริยาจะเกิดได้ดี | 11 (31.43 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

16. ที่อุณหภูมิ 30°C ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา $\text{AgI}_{(s)} \leftrightarrow \text{Ag}_{(aq)}^{+} + \text{I}_{(aq)}^{-}$ เท่ากับ 10^{-9} จากข้อมูลนี้ข้อสรุปใดถูกต้อง

- เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากกว่าปฏิกิริยาย้อนกลับ
- ซิลเวอร์ไอโอไดต์แตกตัวน้อยมาก
- ซิลเวอร์ไอออนและไอโอไดต์ไอออนเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้น้อยมาก
- ซิลเวอร์ไอโอไดต์แตกตัวได้ใกล้เคียงกับการเกิดย้อนกลับ

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ข ค่าคงที่สมดุลน้อยกว่า 1 แสดงว่าปฏิกิริยาไปข้างหน้าเกิดได้ยากกว่าปฏิกิริยาย้อนกลับ แสดงว่าซิลเวอร์ไอโอไดต์แตกตัวได้น้อย | 15 (42.86 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ข | 0 (0.00 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ข ดูจากค่าคงที่สมดุล | 10 (28.57 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ค ดูจากค่าคงที่สมดุล | 10 (28.57 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

17. กำหนดข้อมูลให้ดังนี้

| เกลือ | Ksp |
|---------------------------------|-----------------------|
| AgCl | 1.0×10^{-10} |
| Ag ₂ CO ₃ | 6.3×10^{-12} |
| Ag ₃ PO ₄ | 2.0×10^{-21} |

การละลายของเกลือในข้อใดถูกต้อง

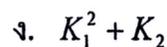
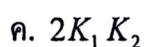
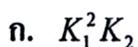


| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ค ค่าคงที่สมดุลของการละลายถ้ามีค่ามากแสดงว่าเกิดการละลายได้ดี ถ้ามีค่าน้อยแสดงว่าเกิดการละลายได้ไม่ดี | 14 (40.00%) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ค | 0 (0.00%) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ค ดูจากค่าคงที่สมดุล | 11 (31.43%) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ข ดูจากค่าคงที่สมดุล | 10 (28.57%) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00%) |

18. กำหนดปฏิกิริยาที่อยู่ในภาวะสมดุลดังนี้

| ข้อ | ปฏิกิริยา | ค่าคงที่สมดุล |
|-----|-----------------------------------|----------------|
| 1 | $A + 3B \leftrightarrow 2C$ | K ₁ |
| 2 | $4C \leftrightarrow 3D + 2E$ | K ₂ |
| 3 | $2A + 6B \leftrightarrow 3D + 2E$ | K ₃ |

จะหาค่า K₃ ได้จากข้อใด



| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ก เพราะเราต้องนำ 2 มาคูณสมการที่ 1 จะได้ค่า $K = K_1^2$ แล้วนำมาบวกกับสมการที่ 2 จะได้สมการที่เท่ากับสมการที่ 3 ค่า $K = K_1^2 K_2 = K_3$ เมื่อนำสมการมาบวกกัน ค่า K จะคูณกัน ถ้านำตัวเลขมาคูณค่า K จะยกกำลัง | 22 (62.86%) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ก เพราะ $A + 3B \leftrightarrow 2C + 2 = K_1^2$ สมการที่ 1 + $4C \leftrightarrow 3D + 2E = K_2$ เมื่อนำสมการมาบวกกัน ค่า K จะคูณกัน แล้วถ้านำตัวเลขมาคูณค่า K จะยกกำลัง | 7 (20.00 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ข ไม่ตอบเหตุผล | 4 (11.43 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ก เพราะ ค่า $K_3 = K_1 K_2$ | 2 (5.71 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

19. กำหนดให้ $2Fe^{3+}(aq) + 2I^{-}(aq) \leftrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + I_2(aq)$ มีค่าคงที่สมดุล K_1

$Fe^{3+}(aq) + I^{-}(aq) \leftrightarrow Fe^{2+}(aq) + \frac{1}{2}I_2(aq)$ มีค่าคงที่สมดุล K_2 ความสัมพันธ์ของค่า

K_1 และ K_2 คือ

ก. $K_1 = K_2$ ข. $K_2 = \sqrt{K_1}$ ค. $K_2 = \frac{1}{K_1}$ ง. $K_2 = \sqrt{\frac{1}{K_1}}$

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ข เพราะมีค่าเท่ากับ $2Fe^{3+}(aq) + 2I^{-}(aq) \leftrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + I_2(aq)$ ทหารด้วย 2 ดังนั้นค่าเท่ากับ $\sqrt{K_1}$ เพราะฉะนั้น $K_2 = \sqrt{K_1}$ - ข้อ ข เพราะสมการที่ 2 เกิดจากการนำ 2 มาหารสมการที่ 1 ดังนั้น $K_2 = \sqrt{K_1}$ | 15 (42.86 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ข | 0 (0.00 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ข เพราะ $K_2 = \sqrt{K_1}$ | 15 (42.86 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ค เพราะการหาค่า K คือ $K_2 = \frac{1}{K_1}$ | 15 (42.86%) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

20. ข้อใดเป็นความจริงของ “ค่าคงที่สมดุล(K)”

- ถ้าสมการเคมีใหม่เป็นสองเท่าของสมการเคมีเดิมค่าคงที่สมดุลก็จะเป็นสองเท่าด้วย
- ค่า K ไม่จำเป็นต้องอ้างอิงสมการเคมี
- ถ้าปฏิกิริยาเกิดขึ้นหลายขั้นตอน ค่า K ของปฏิกิริยารวมเท่ากับผลบวกของ K ของปฏิกิริยย่อย
- ค่า K เกี่ยวข้องกับสัมประสิทธิ์บอกจำนวนโมลของสารในสมการ

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ง เพราะ K คือ อัตราส่วนระหว่างผลคูณของจำนวนโมลของสารผลิตภัณฑ์ยกกำลังด้วยสัมประสิทธิ์กับผลคูณของจำนวนโมลของสารตั้งต้น - ข้อ ง เพราะสูตรการหาค่า K จะหาจากความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ยกกำลังด้วยสัมประสิทธิ์ของจำนวนโมลหารด้วยความเข้มข้นของสารตั้งต้น | 32 (91.43 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ง | 0 (0.00 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ง | 2 (5.71 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ค K เป็นค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาและปฏิกิริยาเกิดได้หลายขั้นตอน ดังนั้นจึงต้องเอาค่า K ของปฏิกิริยาย่อยมาบวกกันเพื่อหาปฏิกิริยารวม | 1 (2.86 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

21. กำหนดให้ปฏิกิริยาเกิดตามสมการ $2A(aq) \leftrightarrow B(aq) + C(aq)$ ถ้าเริ่มต้นมีสาร A เข้มข้น 2.00 mol/dm^3 เมื่อถึงสมดุลพบว่าสาร A หายไป 0.60 mol/dm^3 ความเข้มข้นของสาร A, B และสาร C ที่ใช้ในการคำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยานี้เป็นไปตามข้อใด

| ข้อ | สาร A | สาร B | สาร C |
|-----|-------|-------|-------|
| ก | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| ข | 0.60 | 0.30 | 0.30 |
| ค | 1.40 | 0.60 | 0.60 |
| ง | 1.40 | 0.30 | 0.30 |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ง เพราะความเข้มข้นของสารที่ใช้ในการคำนวณค่าคงที่สมดุลคือความเข้มข้นที่อยู่ในภาวะสมดุล และเป็นไปตามปริมาณสารสัมพันธ์นั้นคืออัตราส่วนของความเข้มข้นของสาร A, B และ C คือ 2:1:1 | 12 (34.29 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ง เพราะเมื่อถึงภาวะสมดุลสาร A เหลือ $2.0M - 0.6M = 1.4M$ และนำไปใช้ทำปฏิกิริยา $0.6M$ แสดงว่าสารผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นเท่ากับ $0.3M$ เพราะเป็น 2:1 | 8 (22.86 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ง เพราะ A ที่สมดุลเท่ากับ 1.40 B เท่ากับ 0.3 C เท่ากับ 0.3 | 5 (14.29 %) |



| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ค เพราะใช้หลักการหาค่า K - ข้อ ก เพราะสมการนั้นเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับตั้งนั้นสารทุกตัวจึงมีค่าเท่ากันเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุล | 10 (28.57 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

22. ที่อุณหภูมิห้อง ปฏิกิริยา $2SO_2(g) + O_2(g) \leftrightarrow 2SO_3(g)$ มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ 100 ถ้าความเข้มข้นของ SO_2 และ SO_3 ที่ภาวะสมดุลนี้มีค่าเท่ากัน ความเข้มข้นของ O_2 ที่ภาวะสมดุลมีค่ากี่โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ก. 0.001 mol/dm^3

ข. 0.005 mol/dm^3

ค. 0.01 mol/dm^3

ง. 0.02 mol/dm^3

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ค เพราะจากโจทย์จะได้ค่าคงที่สมดุล $(K) = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} = 100$ $[SO_3] = [SO_2]$ จะได้ $\frac{1}{[O_2]} = 100$ $[O_2] = 0.01 \text{ mol/dm}^3$ - ข้อ ค เพราะเมื่อความเข้มข้น $[SO_3] = [SO_2]$ ทหารกันแล้วจะได้ 1 ดังนั้นจะได้ $\frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} = \frac{1}{[O_2]} = 100$ $[O_2] = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ mol/dm}^3$ | 30 (85.71 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ค | 0 (0.00 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ค เพราะ $O_2 = \frac{SO_3}{SO_2 \times 100}$ จาก $[SO_3] = [SO_2]$ จะได้ $O_2 = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ mol/dm}^3$ | 3 (8.57 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ก | 2 (5.71 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

23. กำหนดให้สมการ $A(aq) + B(aq) \leftrightarrow C(aq)$ ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของ C ระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

1. ความเข้มข้นของ C เพิ่มขึ้นระบบจะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น
2. ที่ภาวะสมดุลใหม่ความเข้มข้นของ C จะน้อยกว่าที่ภาวะสมดุลเดิม
3. ที่ภาวะสมดุลใหม่ความเข้มข้นของ C จะมากกว่าที่ภาวะสมดุลเดิม
4. ความเข้มข้นของ C จะเพิ่มขึ้นระบบจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้น

ข้อใดถูกต้องที่สุด

ก. ข้อ 1, 2 และ 3

ข. ข้อ 1, 3 และ 4

ค. ข้อ 2 และ 4

ง. ข้อ 3 และ 4

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ง เพราะถ้าเพิ่มความเข้มข้นของ C ระบบจะปรับตัวเพื่อลดความเข้มข้นของ C โดยเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้น และเมื่อเข้าสู่สมดุลใหม่ความเข้มข้นของ C มากขึ้น เพราะความเข้มข้นของ C ที่ใช้ทำปฏิกิริยาน้อยกว่าที่เติมลงไป | 16 (45.71 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ง เพราะเพิ่มความเข้มข้นของ C ระบบจะปรับตัวเพื่อลดความเข้มข้นจึงเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ และเมื่อถึงสมดุลใหม่ความเข้มข้นของ C จะมากขึ้น | 16 (45.71 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ง เพราะ C ถูกเพิ่มความเข้มข้นเข้าไป เป็นการกระตุ้นปฏิกิริยาโดยการเติมสาร C ดังนั้น C จึงมีความเข้มข้นเพิ่ม | 3 (8.57 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ก-ค | 0 (0.00 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

24. กำหนดปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุลให้ดังนี้ $Zn^{2+}(aq) + H_2S(aq) \leftrightarrow ZnS(s) + 2H^+(aq)$ ถ้าต้องการซิงค์ซัลไฟด์มาก ๆ ควรทำดังนี้

1. เติม Zn^{2+} ลงไปในระบบมาก ๆ
2. เพิ่ม H^+ ในระบบ
3. ละลาย H_2S ลงไปในระบบมาก ๆ

ข้อใดถูกต้อง

ก. 1 และ 2 เท่านั้น

ข. 1 และ 3 เท่านั้น

ค. 2 และ 3 เท่านั้น

ง. 1, 2 และ 3

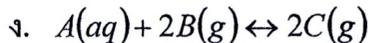
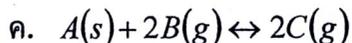
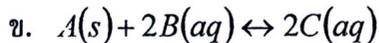
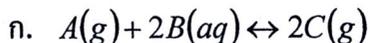
| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ข เพราะเมื่อเติม Zn^{2+} ลงไปจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพิ่มขึ้น ทำให้ $ZnS(s)$ มากขึ้น และเมื่อเติม H_2S จะเกิดปฏิกิริยากับ Zn^{2+} ทำให้ระบบเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น จึงทำให้สารผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นนั่นเอง | 23 (65.71 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ข เพราะถ้าต้องการให้สารตั้งต้นเพิ่มขึ้นต้องเติมสารผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น | 7 (20.00 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ข เพราะเมื่อเติมสารตามข้อ ข จะทำให้ได้สารผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น - ข้อ ข เพราะต้องเติมสารตั้งต้น | 5 (14.29 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ก, ค, ง | 0 (0.00 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

25. $Fe^{3+}(aq) + Ag(s) \leftrightarrow Fe^{2+}(aq) + Ag^+(aq)$ การเติมสารใดทำให้เกิดตะกอนของ Ag น้อยที่สุด

ก. $FeCl_2$ ข. $AgNO_3$ ค. $FeCl_3$ ง. $NaCl$

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ค เพราะเมื่อเติม $FeCl_3$ จะทำให้ได้ Fe^{3+} เพิ่มขึ้น เพื่อลด Fe^{3+} ดังนั้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเพิ่มขึ้น Ag น้อยลง | 9 (25.71 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ค เพราะเมื่อเติม $FeCl_3$ จะทำให้ได้ Fe^{3+} ดังนั้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า Ag น้อยลง | 11 (31.43 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ค เพราะจะทำให้เกิดตะกอนของ Ag น้อยที่สุด | 9 (25.71 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ก เพราะเมื่อเติม $FeCl_2$ จะทำปฏิกิริยากับ Ag^+ ทำให้ปริมาณของ Ag^+ ลดลง - ข้อ ข เพราะจะทำให้เกิดตะกอนของ Ag น้อยที่สุด - ข้อ ง เพราะทำปฏิกิริยาได้น้อยที่สุด | 6 (17.14 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

26. การเพิ่มหรือลดความดันมีผลต่อภาวะสมดุลของปฏิกิริยาใด



| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ก เพราะความดันมีผลต่อระบบที่เป็นแก๊สเท่านั้น และข้อ ก เป็นแก๊ส A และ B พร้อมทั้งจำนวนโมลของ A และ B ไม่เท่ากัน แต่เมื่อเท่ากัน การเพิ่มหรือลดความดันจะไม่มีผลต่อระบบ - ข้อ ก เพราะความดันจะมีผลกับสมการที่มีแก๊สและจำนวนโมลต่างกัน | 15 (42.86 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ก เพราะการเพิ่มหรือลดความดันมีผลต่อภาวะสมดุลกับสารที่อยู่ในสถานะแก๊สเท่านั้น | 8 (22.86 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ก เพราะจะเกิดเฉพาะแก๊ส | 5 (14.29 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO) - ข้อ ค เพราะการเพิ่มหรือลดความดันมีผลต่อภาวะสมดุลกับสารที่อยู่ในสถานะแก๊สเท่านั้น - ข้อ ค เพราะจะเกิดเฉพาะแก๊ส | 7 (20.00 %) |
| ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม | 0 (0.00 %) |

27. ปฏิกิริยาต่อไปนี้เป็น $4NH_3(g) + 3O_2(g) \leftrightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(g)$ มีค่าคงที่สมดุลที่ $25^\circ C$ เท่ากับ 1×10^{19} ถ้าเพิ่มความดันของปฏิกิริยานี้ที่ $25^\circ C$ ข้อความใดต่อไปนี้เป็นถูกต้อง
- ข. จะเกิด NH_3 เพิ่มขึ้น ค่าคงที่สมดุลลดลง ข. จะเกิด O_2 ลดลง ค่าคงที่สมดุลเพิ่มขึ้น
ค. จะเกิด N_2 เพิ่มขึ้น ค่าคงที่สมดุลเพิ่มขึ้น ง. จะเกิด H_2O ลดลง ค่าคงที่สมดุลเท่าเดิม

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) - ข้อ ง เพราะถ้าความดันของระบบเพิ่มขึ้นจะทำให้จำนวนโมลของแก๊สในระบบเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นระบบจะเกิดการปรับตัวเพื่อลดจำนวนโมลของแก๊สในระบบโดยระบบจะปรับตัวไปในทิศทางที่มีจำนวนโมลของแก๊สน้อย จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าลดแก๊สไนโตรเจนและไอน้ำจึงลดลง แต่ค่าคงที่สมดุลไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง | 8 (22.86 %) |
| ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) - ข้อ ง เพราะการเพิ่มความดันไม่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล | 15 (42.86 %) |
| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC) - ข้อ ง เพราะความเข้มข้นไม่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล | 4 (11.43 %) |

29. ถ้าเพิ่มอุณหภูมิจำนวนเท่ากันให้กับปฏิกิริยา ในข้อใดจะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากที่สุด



| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| <p>ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)</p> <p>- ข้อ ก เพราะจากข้อ ก-ง เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนทั้งหมดการรบกวนสมดุลโดยการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ ระบบจะปรับตัวเพื่อต้องการลดอุณหภูมิของระบบที่เพิ่มขึ้นมาโดยเกิดปฏิกิริยาไปในทิศทางที่อุณหภูมิต่ำกว่า นั่นคือเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้นดังนั้นปฏิกิริยาที่เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้ดีที่สุดคือปฏิกิริยาที่คายความร้อนออกมาน้อยที่สุด นั่นคือข้อ ก</p> | <p>9 (25.71 %)</p> |
| <p>ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)</p> <p>- ข้อ ก เพราะข้อ ก คายความร้อนออกมาน้อยที่สุด ดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจึงเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากที่สุด</p> <p>- ข้อ ก เพราะเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบจะทำให้ข้อ ง เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้ดีที่สุด และข้อ ก เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ ระบบจะปรับตัวเพื่อลดอุณหภูมิโดยการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับแต่ได้น้อยที่สุด</p> | <p>11 (31.43 %)</p> |
| <p>ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC)</p> <p>- ข้อ ก เพราะถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบสมดุลจะปรับตัวเพื่อลดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นโดยเลื่อนไปทางปฏิกิริยาที่ดูดความร้อนหรือดูดพลังงานทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้ามากขึ้น</p> | <p>4 (11.43 %)</p> |
| <p>ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO)</p> <p>- ข้อ ง เพราะอุณหภูมิสามารถเร่งปฏิกิริยา $A + C \leftrightarrow B + 25kJ$ ได้มากที่สุด</p> | <p>11 (31.43 %)</p> |
| <p>ความไม่เข้าใจ นักเรียนไม่ตอบคำถาม</p> | <p>0 (0.00 %)</p> |

30. จงพิจารณาปฏิกิริยา $N_2O_4(g) + 50kJ \leftrightarrow 2NO_2(g)$ มีการเปลี่ยนแปลงใดบ้างที่ทำให้สมดุลเลื่อนไปทางขวา

- | | | |
|------------------------------------|-----------------|---------------|
| 1. เติม N_2O_4 | 2. ลด N_2O_4 | 3. ลด NO_2 |
| 4. เพิ่มความดันโดยการเติม $N_2(g)$ | 5. เพิ่มปริมาตร | 6. ลดอุณหภูมิ |
| ก. 1, 3 และ 4 | ข. 1, 3 และ 5 | ค. 3, 5 และ 6 |
| | | ง. 2, 3 และ 5 |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| <p>ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)</p> <p>- ข้อ ข เพราะถ้าต้องการให้ปฏิกิริยาที่อยู่ในภาวะสมดุลเลื่อนไปทางขวามือทำได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นให้แก่สารตั้งต้น หรือลดความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน ดังนั้นถ้าต้องการให้สมดุลเลื่อนไปทางขวามือต้องเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ และในระบบมีแก๊สที่มีจำนวนโมลของสารตั้งต้นน้อยกว่าสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งถ้าต้องการให้ปฏิกิริยาเกิดไปทางขวามือต้องลดความดันให้แก่ระบบโดยการเพิ่มปริมาตรแก่ระบบ</p> | 14 (40.00 %) |
| <p>ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)</p> <p>- ข้อ ข เพราะจากปฏิกิริยาข้างบน การจะทำให้สมดุลเลื่อนไปทางขวาต้องเติมสารตั้งต้น (N_2O_4) และลดความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ (NO_2) ปฏิกิริยาที่มีแก๊สที่มีจำนวนโมลต่างกัน เมื่อลดความดัน(เพิ่มปริมาตร)จะทำให้สมดุลเลื่อนไปทางขวา</p> | 8 (22.86 %) |
| <p>ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (AC)</p> <p>- ข้อ ข เพราะเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับ</p> | 5 (14.29 %) |
| <p>ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (NO)</p> <p>- ข้อ ก เพราะการเติม N_2O_4 ลด NO_2 และเพิ่มความดันโดยการเติม $N_2(g)$ จะทำให้สมดุลเลื่อนไปทางขวา</p> <p>- ข้อ ง เนื่องจากการลดความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ ลด (N_2O_4) และลด (NO_2) มีผลทำให้สมดุลเสียไปทำให้เพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า ทำให้สมดุลเลื่อนไปทางขวา</p> | 8 (22.86 %) |
| <p>ความไม่เข้าใจ</p> <p>นักเรียนไม่ตอบคำถาม</p> | 0 (0.00 %) |

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา

ข้อ 1 ครูอธิบายให้สายใจฟังว่า เมื่อให้ความร้อนกับผลึกคอปเปอร์(II)ซัลเฟตสีฟ้า(มีน้ำในโมเลกุล)($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)จะได้ผลึกสีขาวของคอปเปอร์(II)ซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ(แอลไฮดรัสคอปเปอร์ซัลเฟต)(CuSO_4) และไอน้ำ(H_2O) ดังสมการ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ จากนั้นปล่อยให้หลอดทดลองเย็นลง แล้วหยดน้ำลงไปประมาณ 2-3 หยด โดยใช้หลอดหยดจะเกิดผลึกสีฟ้าขึ้นที่ชั้นบนของผลึกแล้วสีฟ้าก็เคลื่อนที่ลงด้านล่างจนกระทั่งผลึกสีขาวกลายเป็นสีฟ้า ซึ่งเขียนสมการได้เป็น $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ จากนั้นครูนำของเหลวใสไม่มีสีมาให้สายใจและบอกกับสายใจว่า ครูอยากทราบว่าของเหลวที่ครูนำมาใช้นี้เป็นองค์ประกอบหรือไม่ โดยครูมีผลึกคอปเปอร์(II)ซัลเฟต $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ให้สายใจ 1 กรัม สายใจจะมีวิธีการทดสอบอย่างไรเพื่อให้ได้คำตอบ

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| <p>ชั้นทำความเข้าใจปัญหา</p> <p>สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"> - สมการ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ และ $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ จะได้ผลึกสีฟ้าของ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - เผลา $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ จะได้ผลึกสีขาวของ CuSO_4 - ของเหลวใส , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1 กรัม <p>สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"> - วิธีทดสอบของเหลวใสว่ามีน้ำเป็นองค์ประกอบหรือไม่ | <p>25</p> <p>(71.43 %)</p> |
| <p>ชั้นทำความเข้าใจปัญหา</p> <p>สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"> - สมการ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ และ $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ จะได้ผลึกสีฟ้าของ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - เผลา $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ จะได้ผลึกสีขาวของ CuSO_4 - ของเหลวใส - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1 กรัม | <p>25</p> <p>(71.43 %)</p> |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| <p>สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"> - วิธีทดสอบของเหลวใสมันมีน้ำเป็นองค์ประกอบหรือไม่ | |
| <p>ขั้นการวางแผนการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - นำ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ไปเผาไฟ - หยดของเหลวใส่ลงไป - สังเกตการเปลี่ยนแปลง | 25 (71.43 %) |
| <p>ขั้นการนำแผนไปใช้แก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - นำ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ใส่ลงในหลอดทดลอง - นำไปเผาไปจนได้ผลึกสีขาว - หยดของเหลวใส่ลงไป ถ้ามีสีฟ้าแสดงว่ามีน้ำเป็นองค์ประกอบ | 26 (74.29 %) |
| <p>ขั้นการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - นำไปเปรียบเทียบกับ $CuSO_4 + 5H_2O$ | 17 (48.57 %) |

ข้อ 2 อ้าพลนำขวดน้ำหวานสีแดงซึ่งมีน้ำหวานปริมาตร $\frac{3}{4}$ ของขวดไปตั้งไว้กลางแดดโดยได้ทำเครื่องหมายแสดงปริมาตรของน้ำในขวดไว้ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง อ้าพลได้กลับมาดูขวดน้ำปรากฏว่าปริมาณน้ำลดลงจากบริเวณที่ทำเครื่องหมายไว้เล็กน้อย และมีหยดน้ำเกาะอยู่บริเวณด้านบนของขวด และมีไอน้ำเกิดขึ้นปริมาณหนึ่ง อ้าพลอยากทราบว่าขวดน้ำหวานนี้เข้าสู่ภาวะสมดุลของการเปลี่ยนสถานะแล้วหรือยัง อ้าพลจะต้องทำอย่างไรเพื่อให้ได้คำตอบนี้

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| <p>ขั้นทำความเข้าใจปัญหา</p> <p>สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"> - ปริมาณน้ำหวานเริ่มต้น - ปริมาณน้ำหวานเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง <p>สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"> - ระบบเข้าสู่สมดุลของการเปลี่ยนสถานะหรือยัง | 26 (74.29 %) |
| <p>ขั้นการวางแผนการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - วัดปริมาตรน้ำ - ตรวจสอบปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงทุก ๆ 15 นาที | 20 (57.14 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| <p>ขั้นการนำแผนไปใช้แก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - วัดปริมาตรน้ำหลังจากผ่านมา 2 ชั่วโมงแล้ว - วัดปริมาตรทุก ๆ 15 นาที - เปรียบเทียบปริมาตร ถ้าระดับน้ำไม่ลดลงแสดงว่าอยู่ในภาวะสมดุลแล้ว | 19 (54.29 %) |
| <p>ขั้นการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - ถ้าระดับน้ำไม่ลดลงให้ทำการทดลองต่ออีกระยะหนึ่ง ถ้ายังไม่ลดแสดงว่าเกิดภาวะสมดุล เพราะบางทีน้ำอาจจะเหือด | 17 (48.57 %) |

ข้อ 3 ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา $Zn(s) + 2H^+(aq) \leftrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$ และปฏิกิริยา $CO_2(g) + H_2O(l) \leftrightarrow H_2CO_3(aq)$ มีหน่วยเหมือนกันหรือไม่

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| <p>ขั้นทำความเข้าใจปัญหา</p> <p>สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"> - ปฏิกิริยา $Zn(s) + 2H^+(aq) \leftrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$ และปฏิกิริยา $CO_2(g) + H_2O(l) \leftrightarrow H_2CO_3(aq)$ <p>สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"> - ค่าคงที่สมดุลของทั้งสองปฏิกิริยามีหน่วยเหมือนกันหรือไม่ | 35 (100.00 %) |
| <p>ขั้นการวางแผนการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - เขียนสมการ - ดูสถานะ - แทนค่าหน่วย | 30 (85.71 %) |
| <p>ขั้นการนำแผนไปใช้แก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - ค่าคงที่สมดุลของสมการ $Zn(s) + 2H^+(aq) \leftrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$ คือ $K = \frac{[H_2][Zn^{2+}]}{[H^+]^2} = \frac{(mol/dm^3)(mol/dm^3)}{(mol/dm^3)^2}$ ค่าคงที่สมดุลไม่มีหน่วย - ค่าคงที่สมดุลของสมการ $CO_2(g) + H_2O(l) \leftrightarrow H_2CO_3(aq)$ คือ $K = \frac{[H_2CO_3]}{[CO_2]} = \frac{(mol/dm^3)}{(mol/dm^3)}$ ค่าคงที่สมดุลไม่มีหน่วยเพราะดังนั้นจะได้ว่าค่าคงที่สมดุลของสมการทั้งสองไม่มีหน่วยเหมือนกัน | 27 (77.14 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| ชั้นการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา - ค่าคงที่สมดุลจะต้องไม่คิดของแข็ง และของเหลวบริสุทธิ์ ซึ่งจากสมการ ต้องไม่นำของแข็งและของเหลวบริสุทธิ์มาคิดด้วย | 25 (77.43 %) |

ข้อ 4 ปฏิกริยา $PCl_5(g) \leftrightarrow PCl_3(g) + Cl_2(g)$ ที่ภาวะเริ่มต้นความเข้มข้นของ $PCl_5(g)$ และ $PCl_3(g)$ มีค่าเท่ากับ 0.99 mol/dm^3 และ 0.21 mol/dm^3 ตามลำดับ ถ้าที่ภาวะสมดุล $Cl_2(g)$ มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.39 mol/dm^3 ค่าคงที่สมดุลของปฏิกริยานี้มีค่าเท่าไร

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| ชั้นทำความเข้าใจปัญหา สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง - ความเข้มข้นเริ่มต้น $(PCl_5 = 0.99 \text{ mol/dm}^3, PCl_3 = 0.21 \text{ mol/dm}^3)$ - ความเข้มข้นที่ภาวะสมดุล ($Cl_2 = 0.39 \text{ mol/dm}^3$) สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง - ค่าคงที่สมดุลของปฏิกริยา | 35 (100.00 %) |
| ชั้นการวางแผนการแก้ปัญหา - เขียนสมการ - ดูสถานะ - คำนวนโดยใช้หลักการหาค่าคงที่สมดุล | 30 (85.71 %) |
| ชั้นการนำแผนไปใช้แก้ปัญหา ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้น คือ $PCl_5(g) \leftrightarrow PCl_3(g) + Cl_2(g)$ อัตราส่วนโดยโมลคือ 1: 1: 1 ความเข้มข้นเริ่มต้น 0.99 0.21 0 ความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลง 0.09-0.39 0.21+0.39 0+0.39 ความเข้มข้นที่ภาวะสมดุล 0.60 0.60 0.39 $K = \frac{[Cl_2][PCl_3]}{[PCl_5]}$ แทนค่า $K = \frac{(0.39)(0.60)}{0.60} = 0.39$ ค่าคงที่สมดุล คือ 0.39 | 27 (77.14 %) |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| <p>ชั้นการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา</p> <p>- ค่าคงที่สมดุลหาจากความเข้มข้นที่ภาวะสมดุลและอัตราส่วนของ $PCl_5 : PCl_3 : Cl_2 = 1:1:1$ ดังนั้นเมื่อนำความเข้มข้นของ $PCl_5 = 0.60, PCl_3 = 0.60, Cl_2 = 0.39$ มาแทนค่าจึงถูกต้อง</p> | <p>20 (57.14 %)</p> |

ข้อ 5 จากปฏิกิริยา $Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq) \leftrightarrow FeSCN^{2+}(aq)$

สีเหลือง ไม่มีสี สีแดง

ถ้าต้องการให้สารละลายมีสีแดงเข้มข้นควรเติมสารชนิดใดต่อไปนี้จะลงไปในระบบ Fe^{3+}, SCN^- และ $FeSCN^{2+}$

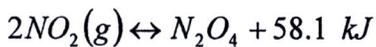
| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|---|-------------------------------------|
| <p>ชั้นทำความเข้าใจปัญหา</p> <p>สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง</p> <p>- ปฏิกิริยา</p> <p>- สีของสาร</p> <p>สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง</p> <p>- ถ้าต้องการให้ระบบมีสีแดงเข้มข้น ต้องเติมสารใดลงไป</p> | <p>35 (100.00 %)</p> |
| <p>ชั้นการวางแผนการแก้ปัญหา</p> <p>- เขียนสมการ</p> <p>- เติมสารลงไปทีละชนิดในสมการ</p> <p>- ดูการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นจากกฎของ เลอชาเตอริเอ</p> | <p>31 (88.57 %)</p> |
| <p>ชั้นการนำแผนไปใช้แก้ปัญหา</p> <p>- เขียนสมการ</p> <p>- เติม Fe^{3+} สังเกต (เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า, แดง, เหลืองเพิ่ม)</p> <p>- เติม SCN^- สังเกต (เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า, แดงเพิ่ม)</p> <p>- เติม $FeSCN^{2+}$ สังเกต (เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า, แดง, เหลืองเพิ่ม)</p> <p>- ดังนั้นต้องเติม SCN^-</p> | <p>29 (82.86 %)</p> |

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| <p>ขั้นการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - ทำการทดลองดูโดยแบ่งสารละลายสีแดงออกเป็น 4 ส่วน - เติม Fe^{3+} ลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 เติม SCN^- ลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 เติม $FeSCN^{2+}$ ลงในบีกเกอร์ใบที่ 3 บีกเกอร์ใบที่ 4 เก็บไว้เปรียบเทียบ - บันทึกผล | <p>25 (71.43 %)</p> |

ข้อ 6 จากสมการ $BiCl_3(aq) + H_2O(g) \leftrightarrow BiOCl(s) + 2HCl(aq)$ เมื่อความดันของระบบเพิ่ม สมดุลจะเลื่อนไปในทิศทางใด

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| <p>ขั้นทำความเข้าใจปัญหา</p> <p>สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มื่ออะไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"> - สมการ $BiCl_3(aq) + H_2O(g) \leftrightarrow BiOCl(s) + 2HCl(aq)$ <p>สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"> - เมื่อความดันของระบบเพิ่มขึ้น สมดุลจะเลื่อนไปในทิศทางใด | <p>35 (100.00 %)</p> |
| <p>ขั้นการวางแผนการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - เขียนสมการ - ดูจำนวนโมลของแก๊สในสมการ - ดูผลของการเพิ่มความดันตามกฎเลอชาเตอริเอ | <p>28 (80.00 %)</p> |
| <p>ขั้นการนำแผนไปใช้แก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - จากกฎของเลอชาเตอริเอ เมื่อเพิ่มความดันให้แกระบบ สมดุลจะพยายามลดความดันที่เพิ่มขึ้น โดยเกิดไปในทิศทางที่มีจำนวนโมลของแก๊สน้อยกว่า ดังนั้นระบบจะปรับตัวไปทางขวามือ | <p>32 (91.43 %)</p> |
| <p>ขั้นการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - ทดลองนำ $BiCl_3$ มาทำปฏิกิริยากับไอน้ำในกระบอกฉีดยา แล้วเพิ่มความดันเข้าไปโดยการกดกระบอกฉีดยา วัดปริมาตรของไอน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป | <p>24 (68.57 %)</p> |

ข้อ 7 จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ต่อไปนี้เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ ระบบจะเกิดการปรับตัวอย่างไรและสีของแก๊สจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร



สีน้ำตาลแดง ไม่มีสี

| ความเข้าใจ | จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (n=35) |
|--|-------------------------------------|
| <p>ขั้นทำความเข้าใจปัญหา</p> <p>สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"> - ปฏิกิริยา $2NO_2(g) \leftrightarrow N_2O_4 + 58.1 \text{ kJ}$ <p>สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"> - เมื่อเพิ่มอุณหภูมิระบบจะเกิดการปรับตัวอย่างไร | <p>35</p> <p>(100.00 %)</p> |
| <p>ขั้นการวางแผนการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - เขียนสมการ - ดูว่าเป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อน - ดูผลของการเพิ่มอุณหภูมิตามกฎของเลอชาเตอริเอ | <p>28</p> <p>(80.00 %)</p> |
| <p>ขั้นการนำแผนไปใช้แก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับปฏิกิริยาคายความร้อนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับมากขึ้น ทำให้แก๊สมีสีน้ำตาลแดงมากขึ้น | <p>(n=28)</p> <p>(80.00 %)</p> |
| <p>ขั้นการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - นำ NO_2 ใส่ลงในกระบอกฉีดยา แล้วนำไปให้ความร้อน บันทึกผลการทดลอง เปรียบเทียบกับคำตอบข้างต้น | <p>26</p> <p>(74.29 %)</p> |

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์คะแนนนิมิตทางวิทยาศาสตร์เป็นรายบุคคล

| เลขที่ | คะแนนความเข้าใจนิมิต คะแนนเต็ม 30 คะแนน | ร้อยละของคะแนน ความเข้าใจนิมิต | ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ 70 % ของคะแนนเต็ม |
|--------|--|-----------------------------------|--|
| 1 | 24 | 80.00 | ผ่าน |
| 2 | 23 | 76.67 | ผ่าน |
| 3 | 24 | 80.00 | ผ่าน |
| 4 | 22 | 73.33 | ผ่าน |
| 5 | 22 | 73.33 | ผ่าน |
| 6 | 18 | 60.00 | ไม่ผ่าน |
| 7 | 26 | 86.67 | ผ่าน |
| 8 | 24 | 80.00 | ผ่าน |
| 9 | 17 | 56.67 | ไม่ผ่าน |
| 10 | 26 | 86.67 | ผ่าน |
| 11 | 18 | 60.00 | ไม่ผ่าน |
| 12 | 22 | 73.33 | ผ่าน |
| 13 | 19 | 63.33 | ไม่ผ่าน |
| 14 | 20 | 66.67 | ไม่ผ่าน |
| 15 | 22 | 73.33 | ผ่าน |
| 16 | 24 | 80.00 | ผ่าน |
| 17 | 23 | 76.67 | ผ่าน |
| 18 | 22 | 73.33 | ผ่าน |
| 19 | 23 | 76.67 | ผ่าน |
| 20 | 23 | 76.67 | ผ่าน |
| 21 | 24 | 80.00 | ผ่าน |
| 22 | 24 | 80.00 | ผ่าน |
| 23 | 19 | 63.33 | ไม่ผ่าน |
| 24 | 24 | 80.00 | ผ่าน |
| 25 | 19 | 63.33 | ไม่ผ่าน |
| 26 | 24 | 80.00 | ผ่าน |
| 27 | 21 | 70.00 | ผ่าน |
| 28 | 23 | 76.67 | ผ่าน |

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์คะแนนนิมิตทางวิทยาศาสตร์เป็นรายบุคคล (ต่อ)

| เลขที่ | คะแนนความเข้าใจนิมิต คะแนนเต็ม 30 คะแนน | ร้อยละของคะแนน ความเข้าใจนิมิต | ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ 70 % ของคะแนนเต็ม |
|--------|--|-----------------------------------|--|
| 29 | 22 | 73.33 | ผ่าน |
| 30 | 22 | 73.33 | ผ่าน |
| 31 | 21 | 70.00 | ผ่าน |
| 32 | 21 | 70.00 | ผ่าน |
| 33 | 22 | 73.33 | ผ่าน |
| 34 | 24 | 80.00 | ผ่าน |
| 35 | 24 | 80.00 | ผ่าน |

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนของนักเรียน
ชั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

| เลขที่ | คะแนนที่ได้ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน) | คิดเป็นร้อยละ | ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ 70% ของคะแนนเต็ม |
|--------|------------------------------------|---------------|---|
| 1 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 2 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 3 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 4 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 5 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 6 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 7 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 8 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 9 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 10 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 11 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 12 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 13 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 14 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 15 | 6 | 85.71 | ผ่าน |

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนของนักเรียน
ชั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (ต่อ)

| เลขที่ | คะแนนที่ได้ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน) | คิดเป็นร้อยละ | ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ 70% ของคะแนนเต็ม |
|--------|------------------------------------|---------------|---|
| 16 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 17 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 18 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 19 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 20 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 21 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 22 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 23 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 24 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 25 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 26 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 27 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 28 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 29 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 30 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 31 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 32 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 33 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 34 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 35 | 6 | 85.71 | ผ่าน |

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนของนักเรียน
ชั้นที่ 2 วางแผนการแก้ปัญหา

| เลขที่ | คะแนนที่ได้ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน) | คิดเป็นร้อยละ | ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ 70% ของคะแนนเต็ม |
|--------|------------------------------------|---------------|---|
| 1 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 2 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 3 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 4 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 5 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 6 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 7 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 8 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 9 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 10 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 11 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 12 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 13 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 14 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 15 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 16 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 17 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 18 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 19 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 20 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 21 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 22 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 23 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 24 | 5 | 71.42 | ผ่าน |
| 25 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 26 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 27 | 6 | 85.71 | ผ่าน |

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนของนักเรียน
ชั้นที่ 2 วางแผนการแก้ปัญหา (ต่อ)

| เลขที่ | คะแนนที่ได้ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน) | คิดเป็นร้อยละ | ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ 70% ของคะแนนเต็ม |
|--------|------------------------------------|---------------|---|
| 28 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 29 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 30 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 31 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 32 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 33 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 34 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 35 | 6 | 85.71 | ผ่าน |

ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนของนักเรียน
ชั้นที่ 3 นำแผนไปใช้แก้ปัญหา

| เลขที่ | คะแนนที่ได้ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน) | คิดเป็นร้อยละ | ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ 70% ของคะแนนเต็ม |
|--------|------------------------------------|---------------|---|
| 1 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 2 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 3 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 4 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 5 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 6 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 7 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 8 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 9 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 10 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 11 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 12 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 13 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |

ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนของนักเรียน
ชั้นที่ 3 นำแผนไปใช้แก้ปัญหา (ต่อ)

| เลขที่ | คะแนนที่ได้ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน) | คิดเป็นร้อยละ | ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ 70% ของคะแนนเต็ม |
|--------|------------------------------------|---------------|---|
| 14 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 15 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 16 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 17 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 18 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 19 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 20 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 21 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 22 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 23 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 24 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 25 | 7 | 100 | ผ่าน |
| 26 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 27 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 28 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 29 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 30 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 31 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 32 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 33 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 34 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 35 | 6 | 85.71 | ผ่าน |

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนของนักเรียน
ชั้นที่ 4 ตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

| เลขที่ | คะแนนที่ได้ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน) | คิดเป็นร้อยละ | ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ 70% ของคะแนนเต็ม |
|--------|------------------------------------|---------------|---|
| 1 | 1 | 14.29 | ไม่ผ่าน |
| 2 | 0 | 0.00 | ไม่ผ่าน |
| 3 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 4 | 3 | 42.86 | ไม่ผ่าน |
| 5 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 6 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 7 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 8 | 3 | 42.86 | ไม่ผ่าน |
| 9 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 10 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 11 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 12 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 13 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 14 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 15 | 2 | 28.57 | ไม่ผ่าน |
| 16 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 17 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 18 | 3 | 42.86 | ไม่ผ่าน |
| 19 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 20 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 21 | 2 | 28.57 | ไม่ผ่าน |
| 22 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 23 | 3 | 42.86 | ไม่ผ่าน |
| 24 | 5 | 71.42 | ผ่าน |
| 25 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 26 | 6 | 85.71 | ผ่าน |
| 27 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนของนักเรียน
 ชั้นที่ 4 ตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา (ต่อ)

| เลขที่ | คะแนนที่ได้ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน) | คิดเป็นร้อยละ | ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ 70% ของคะแนนเต็ม |
|--------|------------------------------------|---------------|---|
| 28 | 3 | 42.85 | ไม่ผ่าน |
| 29 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 30 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 31 | 5 | 71.43 | ผ่าน |
| 32 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 33 | 3 | 42.86 | ไม่ผ่าน |
| 34 | 4 | 57.14 | ไม่ผ่าน |
| 35 | 5 | 71.43 | ผ่าน |

ภาคผนวก ง

- ตัวอย่างใบเบิกอุปกรณ์ในการทำการทดลอง
- ตัวอย่างแบบรายงานผลการปฏิบัติงาน
- ตัวอย่างแบบบันทึกหลังสอน

รายชื่อสมาชิก

| ลำดับที่ | ชื่อ-สกุล | หน้าที่ |
|----------|----------------------------|-----------|
| 1 | นาย สวัสดิ์ นิลนพคุณ | ประธาน |
| 2 | นาย กิตติภา ไตรพรหมพิทักษ์ | รองประธาน |
| 3 | น.ส. สุวิภากรินทร์ คำมขย | เลขานุการ |
| 4 | น.ส. พิษณุมา ชวน/วิเศษกุล | สมาชิก |
| 5 | นาย ศิวะพงษ์ สีธาต | สมาชิก |
| 6 | | สมาชิก |

อุปกรณ์ที่เบิก

| ลำดับที่ | อุปกรณ์-จำนวน | รับ | ส่ง |
|----------|---------------------|-----|-----|
| 1 | หลอดทดลองขนาดเล็ก 6 | ✓ | ✓ |
| 2 | ชุดย้อมเชื้อ 2 | ✓ | ✓ |
| 3 | หลอดทดลอง 2 | ✓ | ✓ |
| 4 | ชุดย้อมเชื้อ 1 | ✓ | ✓ |
| 5 | ตะเกียงแอลกอฮอล์ 1 | ✓ | ✓ |
| 6 | น้ำย้อมเชื้อ 2 | ✓ | ✓ |

| ลำดับที่ | อุปกรณ์-จำนวน | รับ | ส่ง |
|----------|------------------------|-----|-----|
| 1 | ชุดย้อมเชื้อขนาดเล็ก 1 | ✓ | ✓ |
| | น้ำย้อมเชื้อ | | |
| | หลอดทดลอง | | |
| | ตะเกียง | | |

ลงชื่อ Paul
 (นางสาวสุภาวดี นิลนพคุณ)
 ผู้รับของ

ลงชื่อ Paul
 (นาย สวัสดิ์ นิลนพคุณ)
 ผู้ส่งของ

(นางสาวสุภาวดี นิลนพคุณ)
 ผู้ดูแลห้องปฏิบัติการเคมี

ใบงานกลุ่มที่ 6

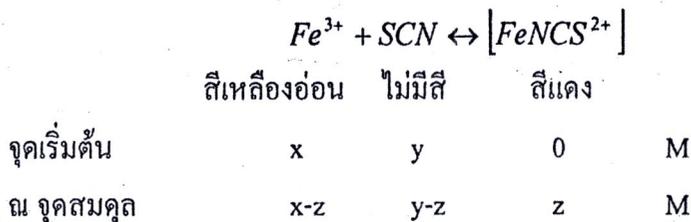
ประกอบการเรียน เรื่อง การคำนวณค่าคงที่สมดุล
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการสอนที่ 5 จำนวน 3 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบของภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี

ความรู้เบื้องต้น

การเกิดสีระหว่างการผสมสารละลายเฟอร์ริกไอออน(Fe^{3+}) กับสารละลายไซโอไซยานเนต (SCN^-) เป็นสีแดงของไอออนเชิงซ้อน (complex ion) ไซโอไซยานโตไอร์รอน(III)ไอออน ($FeNCS^{2+}$) ดังปฏิกิริยา



ค่าคงที่สมดุลในรูปความเข้มข้น (K_c) สามารถแสดงได้ในรูปอัตราส่วนความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่สมดุลกับผลคูณของความเข้มข้นของสารเริ่มต้นที่เหลือ ณ จุดสมดุล

$$K_c = \frac{[FeNCS^{2+}]}{[Fe^{3+}][SCN^-]} = \frac{z}{(x-z)(y-z)} \dots\dots\dots(1)$$

ในทางปฏิบัติ การหาค่า K_c ของระบบที่สนใจ ทำโดยผสมสารละลาย Fe^{3+} ที่ทราบความเข้มข้นและปริมาตรที่แน่นอนกับสารละลาย SCN^- ที่ทราบความเข้มข้นและปริมาตรที่แน่นอน ปฏิกิริยาเกิดขึ้นรวดเร็วและไปข้างหน้าได้ไอออนเชิงซ้อนสีแดงของ $[FeNCS^{2+}]$ ค่าความเข้มข้นของ $[FeNCS^{2+}]$ จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นคือ $[Fe^{3+}]$ และ $[SCN^-]$

ณ จุดสมดุล ความเข้มข้นของ Fe^{3+} และ SCN^- จะลดลงเนื่องจากการใช้ในการเข้าทำปฏิกิริยา และส่วนที่เหลือจากปฏิกิริยาสามารถคำนวณจากผลต่างระหว่างจำนวน โมลของสารเริ่มต้น คือ Fe^{3+} และ SCN^- กับจำนวน โมลของผลิตภัณฑ์ ที่เกิดขึ้นคือ $[FeNCS^{2+}]$ แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปความเข้มข้นในหน่วย M

การหาค่าความเข้มข้นของไอออนเชิงซ้อน $[FeNCS^{2+}]$ ทำโดยการสร้างกราฟมาตรฐาน ด้วยการเตรียมชุดสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นของ Fe^{3+} และ SCN^- หลาย ๆ ชุดที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกันประมาณ 4-5 หลอด แต่ละหลอดจะเกิดสีแดงของไอออนเชิงซ้อนที่มีความเข้มข้นของสีไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถวัดความเข้มข้นของสีได้โดยการเทียบสีดังนี้

การเทียบสี เป็นการเปรียบเทียบความเข้มข้นสีของตัวอย่างกับชุดเทียบสีมาตรฐานที่ระบุความเข้มข้นที่แน่นอน โดยกำหนดความเข้มสีเป็นตัวเลขเรียงลำดับจากความเข้มข้นน้อยไปมาก เช่น 0, 1, 2, 3 และ 4 แล้วนำไปสร้างกราฟมาตรฐาน ต่อจากนั้นนำตัวอย่างไปเปรียบเทียบสีโดยใช้ตามองดูความเข้มของสีแล้วเทียบเคียงกับความเข้มของสีมาตรฐานที่เตรียมไว้ ว่าใกล้เคียงกับความเข้มของสีค่าใดมากที่สุด แล้วประมาณการอ่านค่าความเข้มข้นของสีที่ใกล้เคียงนั้นเป็นค่าความเข้มของสีของตัวอย่างที่สนใจ

สถานการณ์ปัญหา

การทดลอง การหาค่าคงที่สมดุล

อุปกรณ์และสารเคมี

1. 0.1 M HNO_3
2. 0.02 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ in 0.01 M HNO_3 และ 0.002 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ in 0.01 M HNO_3
3. 0.02 M NH_4SCN in 0.01 M HNO_3
4. บิวเรต ขนาด 50 และ 100 อย่างละ cm^3 2 อัน
5. บิวเรต ขนาด 250 และ 500 อย่างละ cm^3 1 อัน
6. บีกเกอร์ ขนาด 50 cm^3 6 ใบ
7. หลอดทดลอง ขนาด 10 cm^3 6 หลอด

ตอนที่ 1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

1. เตรียมชุดสารละลายมาตรฐานจำนวน 5 ชุด โดยนำบีกเกอร์ ขนาด 50 cm^3 จำนวน 5 ใบ ใบสารละลายทั้ง 3 ชนิด คือ 0.02 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, 0.002 M NH_4SCN และ 0.1 M HNO_3 จากบิวเรต ใส่ลงในบีกเกอร์ ตามอัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 1 โดยให้เตรียมสารละลายเรียงตามลำดับ โดยเริ่มจากสารละลายแบบลงค์ที่จะทำให้เกิดความเข้มข้นของ $[\text{FeNCS}^{2+}]$ ต่ำสุดก่อน จะได้สารละลายรวม 5 ชุด แก้วบีกเกอร์เพื่อสารละลายผสมกัน จากนั้นเทสารละลายในบีกเกอร์ใส่หลอดทดลองให้ความสูงเท่ากันทั้ง 5 หลอด แล้วสังเกตสีของหลอดทดลองทั้ง 5 หลอด

| สารละลาย ชุดที่ | 0.02 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ใน 0.01M $\text{HNO}_3(\text{cm}^3)$ | 0.002 M NH_4SCN ใน 0.01M $\text{HNO}_3(\text{cm}^3)$ | 0.01M $\text{HNO}_3(\text{cm}^3)$ |
|--------------------|---|---|-----------------------------------|
| 0 | 5 | 0 | 5 |
| 1 | 5 | 1 | 4 |
| 2 | 5 | 2 | 3 |
| 3 | 5 | 3 | 2 |
| 4 | 5 | 4 | 1 |



2. กำหนดความเข้มข้นของ $[FeNCS^{2+}]$ ที่เกิดขึ้นในสารละลายทั้ง 5 ชุด และบันทึกความเข้มข้นของ $[FeNCS^{2+}]$ เรียงลำดับความเข้มข้นจากต่ำไปสูง

3. สังเกตสีที่เกิดขึ้นแล้วแปลความหมายความเข้มของสีเป็นตัวเลขดังนี้ กำหนดให้แบลงค์มีความเข้มข้นของสีเท่ากับ 0 สีอ่อนมีความเข้มข้นของสีเท่ากับ 1 สีจางเท่ากับ 2 สีเข้มปานกลางเท่ากับ 3 สีเข้มจัดเท่ากับ 4 ตามลำดับ

4. นำไปพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย (แกน x) กับความเข้มสี (แกน y) กราฟที่ได้เป็นเส้นตรง และจะใช้เป็นกราฟมาตรฐานในการคาดคะเนความเข้มข้นของสารละลายในตอนต่อไป

ตอนที่ 2 การหาค่าคงที่สมดุล

1. เตรียมชุดสารละลายตัวอย่างสำหรับหาค่าคงที่สมดุล โดยบีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 จำนวน 1 ใบ ตามอัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 2 ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1

| สารละลายชุดที่ | 0.002 M $Fe(NO_3)_3$ ใน $0.01M \text{ HNO}_3(\text{cm}^3)$ | 0.002 M NH_4SCN ใน $0.01M \text{ HNO}_3(\text{cm}^3)$ | $0.01M \text{ HNO}_3(\text{cm}^3)$ |
|----------------|--|---|------------------------------------|
| 5 | 5 | 5 | 0 |

2. นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ตั้งแต่ชุดที่ 5 ในตารางที่ 2 ใส่หลอดทดลองโดยให้ความสูงของสารละลายเท่ากับตอนที่ 1 มาเปรียบเทียบความเข้มของสีกับความเข้มสีของสารละลายมาตรฐาน แปลความเข้มสีที่เทียบเคียงกับสารละลายมาตรฐานเป็นตัวเลข

3. นำตัวเลขไปอ่านจากกราฟมาตรฐานจะได้ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ $[Fe(SCN)]^{2-}$ ณ จุดสมดุล

4. กำหนดความเข้มข้นของ $[FeNCS^{2+}]$ ที่เกิดขึ้น ณ สมดุล

5. กำหนดความเข้มข้นของ $[Fe^{3+}]$ ที่เกิดขึ้น ณ สมดุล

6. กำหนดความเข้มข้นของ $[SCN^-]$ ที่เกิดขึ้น ณ สมดุล

7. กำหนดค่าคงที่สมดุล

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ $Fe(NO_3)_3 + NH_4SCN \rightleftharpoons HNO_3$

อัตราส่วนจำนวน โมลที่เข้าทำปฏิกิริยาของ $Fe^{3+}:SCN^-:FeNCS^{2+} = 1:1$

ตารางผลการทดลอง

| สารละลายชุดที่ | $[SCN^-], (M)$ | $[FeNCS^{2+}], (M)$ | ความเข้มของสี | กำหนดเป็นตัวเลข |
|----------------|----------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| 0(แบลงค์) | 0 | 0 | ไม่มีสี | 0 |
| 1 | 0.2×10^{-4} | 0.2×10^{-4} | สีจาง | 1 |
| 2 | 0.4×10^{-4} | 0.4×10^{-4} | สีอ่อน | 2 |

| | | | | |
|---|----------------------|----------------------|-----------------|---|
| 3 | 0.6×10^{-4} | 0.6×10^{-4} | สีเข้มปานกลาง | 3 |
| 4 | 0.8×10^{-4} | 0.8×10^{-4} | สีเข้มเพิ่มขึ้น | 4 |

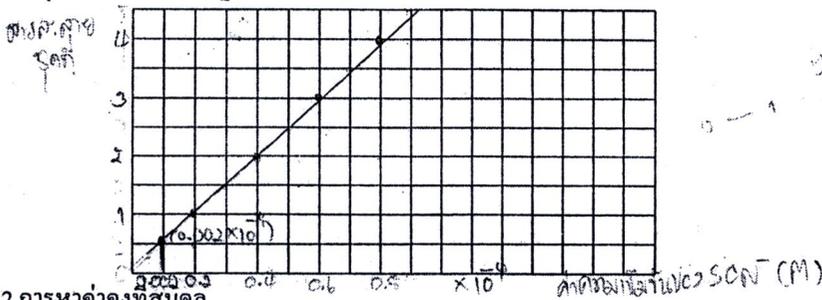
แสดงตัวอย่างการคำนวณ $[SCN^-]$ ของสารละลายชุดที่ 1 (เลือกมาแสดง 1 ชุด)

เลือกชุดที่ 4 ความเข้มข้นของ $NH_4SCN = 0.02$ M

ใน $1 dm^3$ หรือ $1000 cm^3$ มี $NH_4SCN = 0.02$ M.

$$1 cm^3 = \frac{4 \times 0.02}{1000} = 0.08 \times 10^{-3} = 0.8 \times 10^{-4}$$

เขียนกราฟชุดสารละลายมาตรฐาน

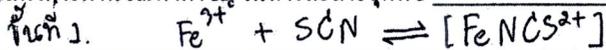


ตอนที่ 2 การหาค่าคงที่สมดุล

ตารางผลการทดลอง

| สารละลายชุดที่ | x,y,z จากสมการ(1) | S |
|-----------------------------------|-------------------|------------------------|
| ความเข้มข้นของสี (ตัวเลข) | - | 0.1 |
| $[FeNCS^{2+}]$ อ่านจากกราฟ, M | Z | 0.002×10^{-4} |
| ปริมาตรของ Fe^{3+} เริ่มต้น, ml | - | 5 cm^3 |
| $[Fe^{3+}]$ เริ่มต้น, M | X | 0.1×10^{-4} |
| $[Fe^{3+}]$ ณ จุดสมดุล, M | x-z | 0.098×10^{-4} |
| ปริมาตร SCN^- เริ่มต้น, ml | - | 5 cm^3 |
| $[SCN^-]$ เริ่มต้น, M | Y | 0.1×10^{-4} |
| $[SCN^-]$ ณ จุดสมดุล, M | y-z | 0.098×10^{-4} |
| K_c ของสารละลาย | - | |

แสดงการคำนวณหาค่า K_c ในสารละลายชุดที่ 5



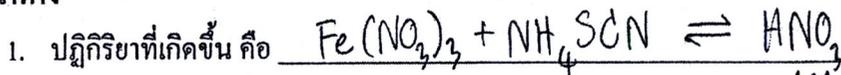
ในที่ 2. $K = \frac{[FeNCS^{2+}]}{[Fe][SCN^-]} = \frac{Z}{(x-z)(y-z)}$

แทนค่าความเข้มข้น ณ จุดสมดุล

$$= \frac{0.002 \times 10^{-4}}{(0.098 \times 10^{-4})(0.098 \times 10^{-4})}$$

$$= \frac{0.002}{0.009604 \times 10^{-4}} = 0.2 \times 10^4$$

คำถามนำทาง



3. แสดงการคำนวณ $[\text{SCN}^-]$ ของสารละลายชุดที่ 1

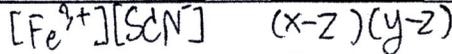
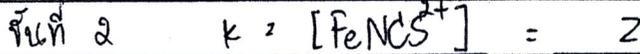
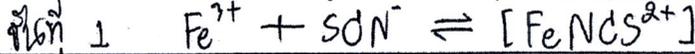
1 dm³ หรือ 1,000 cm³ มี SCN⁻ อยู่ 0.02 M

ถ้า 1 cm³ จะมี SCN⁻ = $\frac{0.02 \times 1}{1,000}$

= 0.02×10^{-3}

= 0.2×10^{-4}

4. แสดงการคำนวณหาค่า K_c ในสารละลายชุดที่ 5



แทนค่าความเข้มข้น ณ จุดสมดุล $K = \frac{0.002 \times 10^{-4}}{(0.098 \times 10^{-4})(0.098 \times 10^{-4})}$

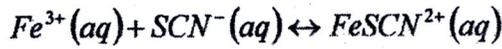
= 0.2×10^4

5. สรุปการทดลองนี้ได้อย่างไร จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ค่าคงที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบสาร NH₄SCN ใน HNO₃ จะทำให้ความเข้มข้นของสปีชีส์ในสารละลายจากชุดทดลองที่ 2 ได้สารละลายที่เข้มข้นกว่า ที่สามารถพบได้จากราคาของความเข้มข้นของสารละลายที่ 1 ค่าคงที่ด้วยสมบัติของสารที่ทราบค่าของค่าคงที่ของสารละลาย

ข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน

1. นักเรียนสามารถตอบคำถามนำทางทุกข้ออย่างถูกต้อง
2. สิ่งที่นักเรียนควรคำนึงถึงคือ
3. บันทึกผลการทดลองให้ตรงกับสิ่งที่สังเกตได้
4. การสรุปผลการทดลอง เป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึก

การทดลองปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย $Fe(NO_3)_3$ กับสารละลาย NH_4SCN เขียนสมการได้ดังนี้



สีเหลืองอ่อน ไม่มีสี สีส้มแดง

1. นำบีกเกอร์มา 4 บีกเกอร์เติมสารละลาย NH_4SCN 0.01 mol/dm^3 จำนวน 2 cm^3 และ สารละลาย $Fe(NO_3)_3$ 0.01 mol/dm^3 จำนวน 2 cm^3 เขย่าเบา ๆ
2. เก็บบีกเกอร์ที่ 1 ไว้เปรียบเทียบกับสี
3. นำบีกเกอร์ที่ 2 มาเติมสารละลาย $Fe(NO_3)_3$ 0.01 mol/dm^3 จำนวน 2 cm^3 เขย่าเบา ๆ
4. นำบีกเกอร์ที่ 3 มาเติมสารละลาย NH_4SCN 0.01 mol/dm^3 จำนวน 2 cm^3 เขย่าเบา ๆ
5. นำบีกเกอร์ที่ 4 มาเติมสารละลาย $NaOH$ 0.1 mol/dm^3 จำนวน 2 cm^3 เขย่าเบา ๆ
6. นำสารละลายในบีกเกอร์ที่ 1 ใส่หลอดทดลองที่ 1 ปริมาตร 2 cm^3
7. นำสารละลายในบีกเกอร์ที่ 2, 3 และ 4 ใส่หลอดทดลองที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ หลอดละ 2 cm^3 บันทึกสีและตะกอนที่ได้เปรียบเทียบกับหลอดที่ 1

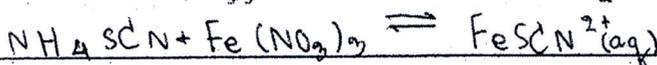
ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

| หลอดทดลองที่ | สิ่งที่ได้จากการสังเกตสีของสารละลายและตะกอนที่เกิดขึ้น |
|--------------|--|
| 1 | สีส้มแดง |
| 2 | สีส้มแดงแต่สีเข้มกว่าสีส้มแดงมากกว่าหลอดที่ 1 |
| 3 | สีส้มแดงแต่สีเข้มกว่าสีส้มแดงมากกว่าหลอดที่ 1 |
| 4 | สีขาวขุ่นอ่อนและตกตะกอน |

คำถามนำทาง

1. เมื่อหยดสารละลาย $Fe(NO_3)_3$ ลงในสารละลาย $NaSCN$ เกิดปฏิกิริยาเคมีดังนี้



สารละลายผสมมีสี สีส้มแดง ซึ่งเป็นสีของสาร $FeSCN^{2+}$

2. เมื่อเติม Fe^{3+} ไปรบกวนสมดุลในหลอดทดลองที่ 2 เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่สารละลายมีสี สีส้มแดงเข้ม แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงคือสมดุลคือ

สมการเลื่อนไป

ข้างหน้า

ข้อนกลับ

- ความเข้มข้นของ Fe^{3+} ลดลง เพิ่มขึ้น
 ความเข้มข้นของ SCN^- ลดลง เพิ่มขึ้น
 ความเข้มข้นของ $FeSCN^{2+}$ ลดลง เพิ่มขึ้น

3. เมื่อเติม SCN^- ลงไปรบกวนสมดุลในหลอดทดลองที่ 3 เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่ สารละลายมีสี สีเข้มขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสมดุลคือ

- สมการเลื่อนไป ข้างหน้า ข้อนกลับ
 ความเข้มข้นของ Fe^{3+} ลดลง เพิ่มขึ้น
 ความเข้มข้นของ SCN^- ลดลง เพิ่มขึ้น
 ความเข้มข้นของ $FeSCN^{2+}$ ลดลง เพิ่มขึ้น

4. การรบกวนสมดุลของระบบเมื่อเพิ่ม OH^- ลงไปในสารละลายหลอดที่ 4 ซึ่งจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ Fe^{3+} ทำให้เกิด $Fe(OH)_3$ เป็นของแข็งสีน้ำตาลแดงจะเกิดผลกระทบ คือ

- สีของสารละลาย จางลง เข้มขึ้น
 ความเป็นตะกอน เกิด ไม่เกิด
 สมการเลื่อนไป ข้างหน้า ข้อนกลับ
 ความเข้มข้นของ Fe^{3+} ลดลง เพิ่มขึ้น
 ความเข้มข้นของ SCN^- ลดลง เพิ่มขึ้น
 ความเข้มข้นของ $FeSCN^{2+}$ ลดลง เพิ่มขึ้น

สีของตะกอน คือ สีคล้ายสีน้ำนม

5. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ได้อย่างไร

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อเติมสารละลาย $Fe(NO_3)_3$ ทำกับสารละลาย NH_4SCN จะเกิดไอออนของ $FeSCN^{2+}$ ซึ่งมีสีเข้มแดง และเมื่อเติม $Fe(NO_3)_3$ ลงในหลอดที่ 2 ก็จะช่วยให้ได้สาร เข้มขึ้นแต่ถ้าเติม NH_4SCN ลงในหลอดที่ 1 สารละลายก็จะจางลง และเมื่อเติม $NaOH$ ลงในหลอดที่ 4 สารทำ \equiv กับแล้ว สารก็จะขาวลงจากขุ่น

ข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน

1. นักเรียนสามารถตอบคำถามนำทางทุกข้ออย่างถูกต้อง

2. สิ่งที่นักเรียนควรคำนึงถึงคือ

บันทึกผลการทดลองให้ตรงกับสิ่งที่สังเกตได้

การสรุปผลการทดลอง เป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| ความเข้มข้นของ Fe^{3+} | <input type="checkbox"/> ลดลง | <input checked="" type="checkbox"/> เพิ่มขึ้น |
| ความเข้มข้นของ SCN^- | <input checked="" type="checkbox"/> ลดลง | <input type="checkbox"/> เพิ่มขึ้น |
| ความเข้มข้นของ $FeSCN^{2+}$ | <input type="checkbox"/> ลดลง | <input checked="" type="checkbox"/> เพิ่มขึ้น |

3. เมื่อเติม SCN^- ลงไปรบกวนสมดุลในหลอดทดลองที่ 3 เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่ สารละลายมีสี สีชมพูอ่อน เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสมดุลคือ

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| สมการเลื่อนไป | <input checked="" type="checkbox"/> ข้างหน้า | <input type="checkbox"/> ย้อนกลับ |
| ความเข้มข้นของ Fe^{3+} | <input checked="" type="checkbox"/> ลดลง | <input type="checkbox"/> เพิ่มขึ้น |
| ความเข้มข้นของ SCN^- | <input type="checkbox"/> ลดลง | <input checked="" type="checkbox"/> เพิ่มขึ้น |
| ความเข้มข้นของ $FeSCN^{2+}$ | <input type="checkbox"/> ลดลง | <input checked="" type="checkbox"/> เพิ่มขึ้น |

4. การรบกวนสมดุลของระบบเมื่อเพิ่ม OH^- ลงไปในสารละลายหลอดที่ 4 ซึ่งจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ Fe^{3+} ทำให้เกิด $Fe(OH)_3$ เป็นของแข็งสีน้ำตาลแดงจะเกิดผลกระทบ คือ

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| สีของสารละลาย | <input checked="" type="checkbox"/> จางลง | <input type="checkbox"/> เข้มขึ้น |
| ความเป็นตะกอน | <input type="checkbox"/> เกิด | <input checked="" type="checkbox"/> ไม่เกิด |
| สมการเลื่อนไป | <input type="checkbox"/> ข้างหน้า | <input checked="" type="checkbox"/> ย้อนกลับ |
| ความเข้มข้นของ Fe^{3+} | <input checked="" type="checkbox"/> ลดลง | <input type="checkbox"/> เพิ่มขึ้น |
| ความเข้มข้นของ SCN^- | <input type="checkbox"/> ลดลง | <input checked="" type="checkbox"/> เพิ่มขึ้น |
| ความเข้มข้นของ $FeSCN^{2+}$ | <input checked="" type="checkbox"/> ลดลง | <input type="checkbox"/> เพิ่มขึ้น |

สีของตะกอน คือ สีคล้ายส้ม

5. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ได้อย่างไร

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อเราเติมสารละลาย $Fe(NO_3)_3$ ทำกับสารละลาย NH_4SCN จะได้ไอออนของ $FeSCN^{2+}$ ซึ่งมีสีส้มแดง และเมื่อเติม $Fe(NO_3)_3$ ลงในหลอดที่ 2 ก็จะทำให้สีเข้มขึ้น แต่เมื่อเติมสาร NH_4SCN ลงในหลอดที่ 3 สีของสารก็เข้มขึ้น และเมื่อเติม $NaOH$ ลงในหลอดที่ 4 สารทั้ง 3 ก็เปลี่ยนสีจาก...

ข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน

1. นักเรียนสามารถตอบคำถามนำทางทุกข้ออย่างถูกต้อง

2. สิ่งที่นักเรียนควรคำนึงถึงคือ

บันทึกผลการทดลองให้ตรงกับสิ่งที่สังเกตได้

การสรุปผลการทดลอง เป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้

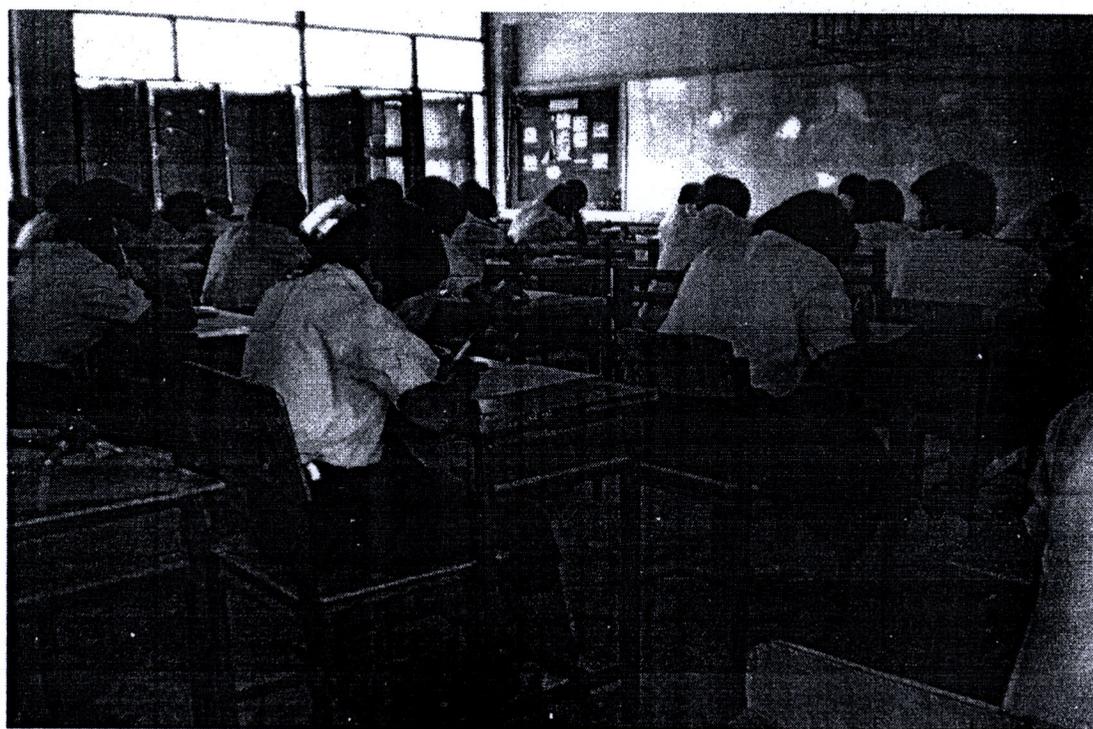
แหล่งวิทยาการ

1. ห้องสมุด โรงเรียนหนองนาคำวิทยาคม
2. หนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาเคมี 3
3. คู่มือสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติมวิชาเคมีช่วงชั้นที่ 4 เล่มที่ 3
4. หนังสือเรียนเสริมมาตรฐานแม่ค เรื่องสมมูลเคมี
5. หนังสือ Hi-Ed's chemistry เคมี ม.5 เล่ม 3

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างรูปภาพประกอบกิจกรรมการเรียนรู้การสอน
ตามทฤษฎีการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา

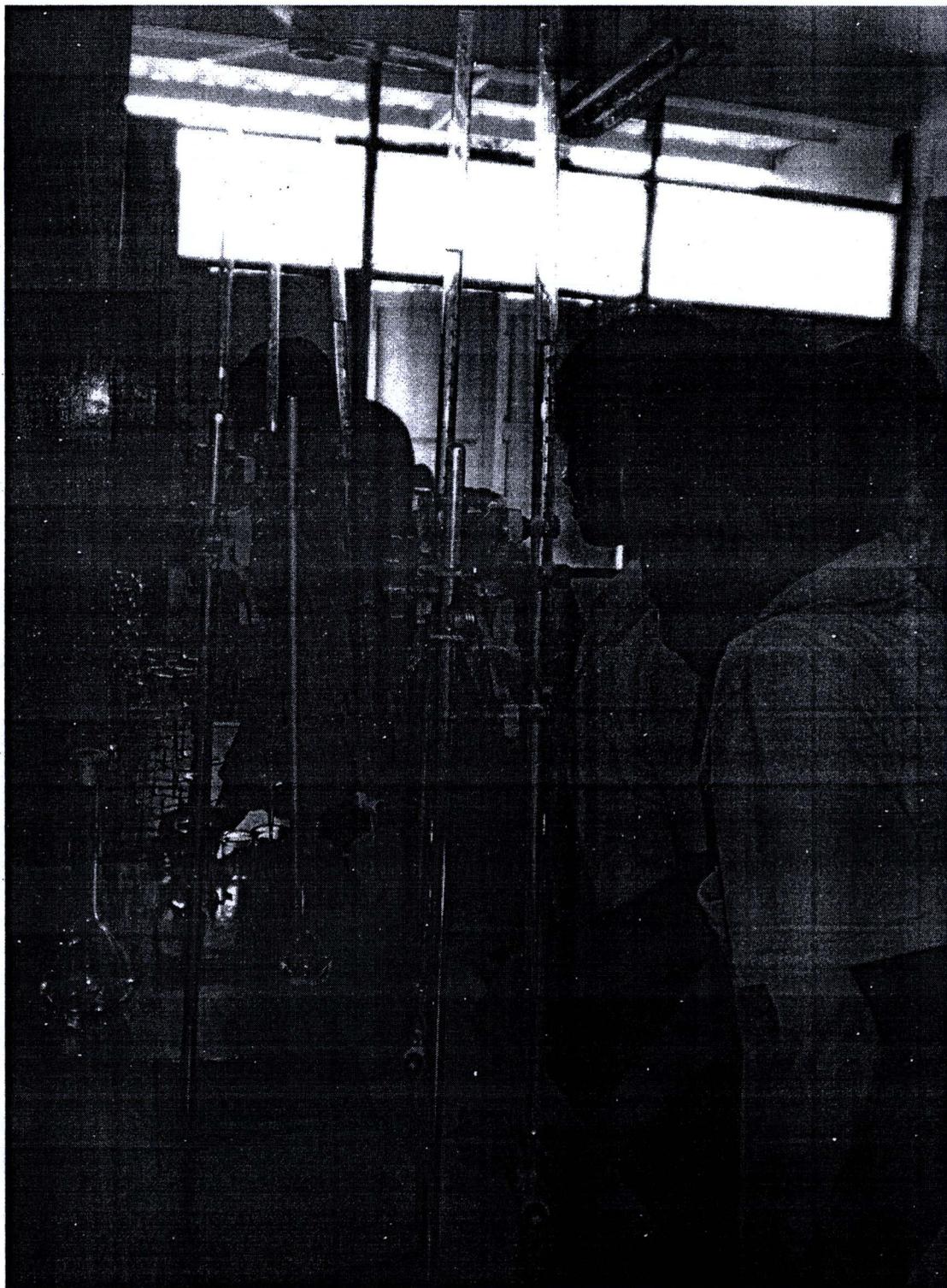
ภาพตัวอย่าง



ภาพที่ 6 ทดสอบวัดมโนมตินักเรียนหลังเรียน

ภาพตัวอย่าง

ภาพประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา



ภาพที่ 7 นักเรียนทดลองในแผนการทดลองที่ 5 เรื่อง การคำนวณค่าคงที่สมดุล

ภาพตัวอย่าง

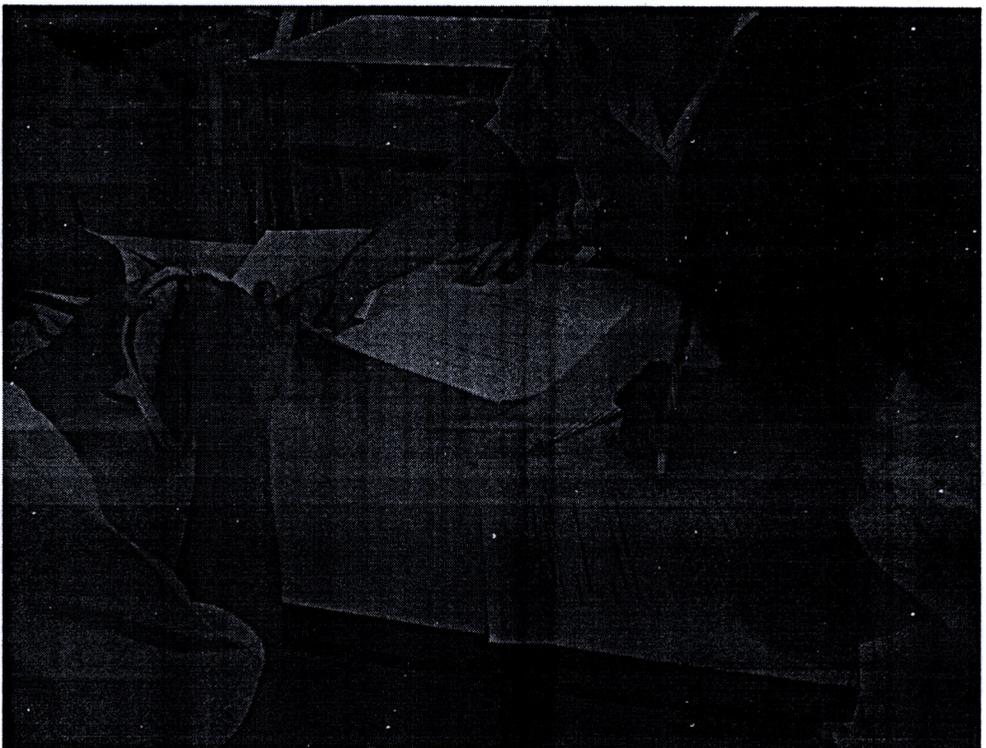
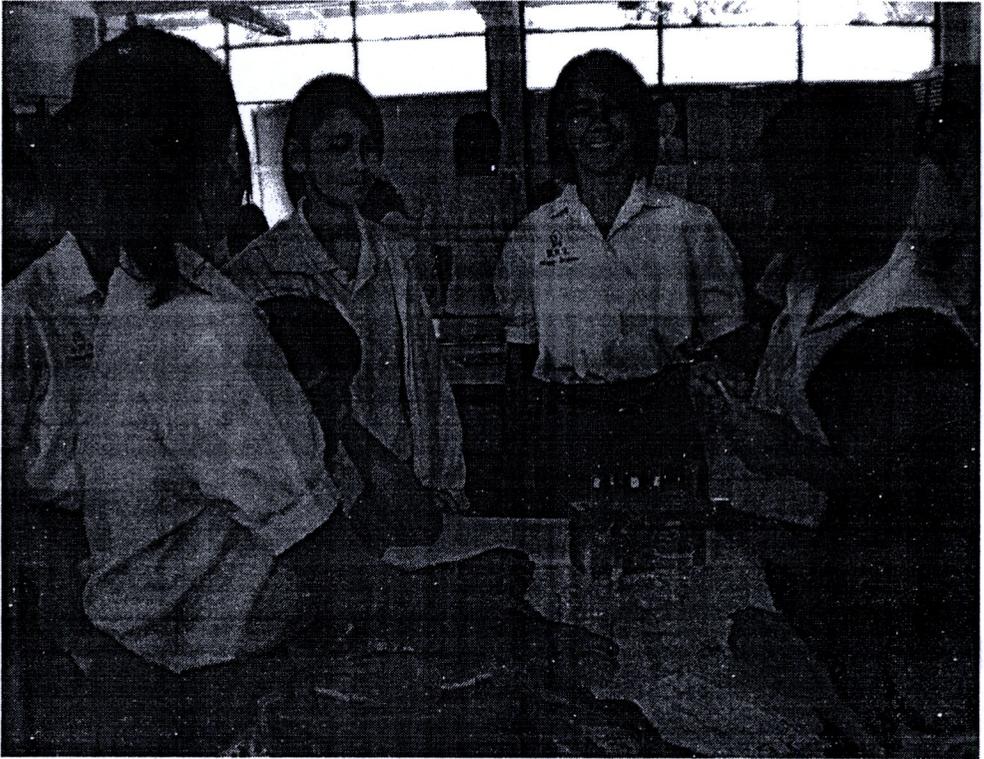
ภาพประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา



ภาพที่ 8 นักเรียนทดลองในแผนการทดลองที่ 6 เรื่อง ความเข้มข้นกับภาวะสมดุล โดยมีครูให้คำแนะนำตามความจำเป็นอย่างใกล้ชิด

ภาพตัวอย่าง

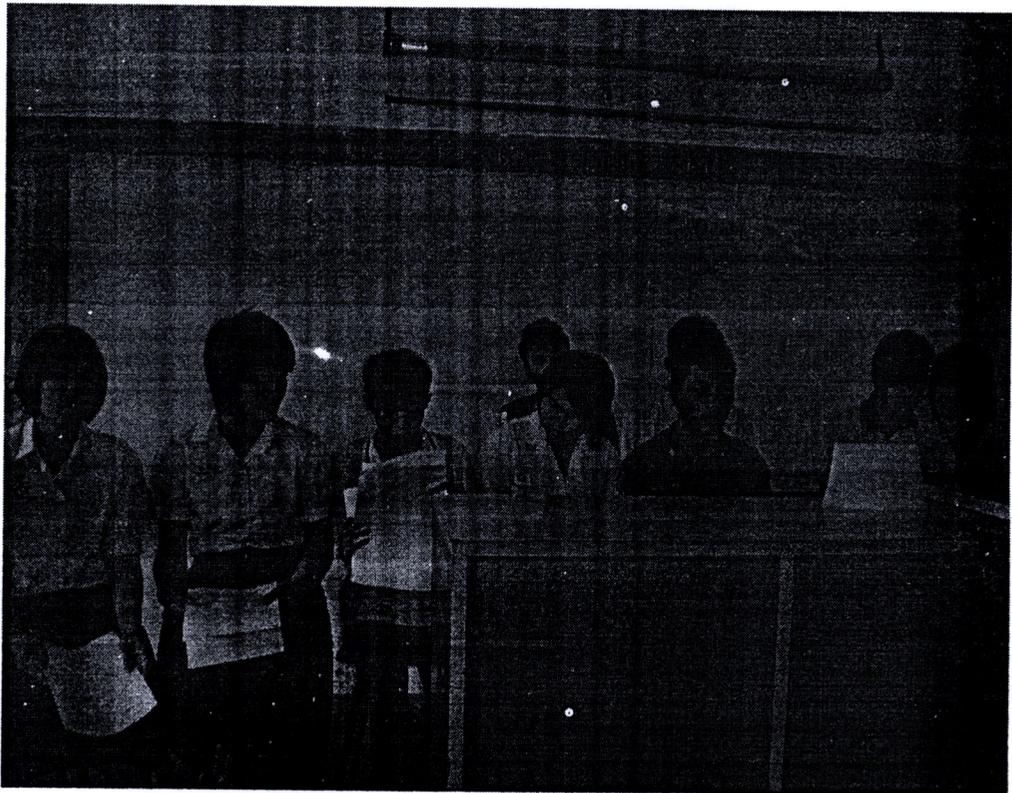
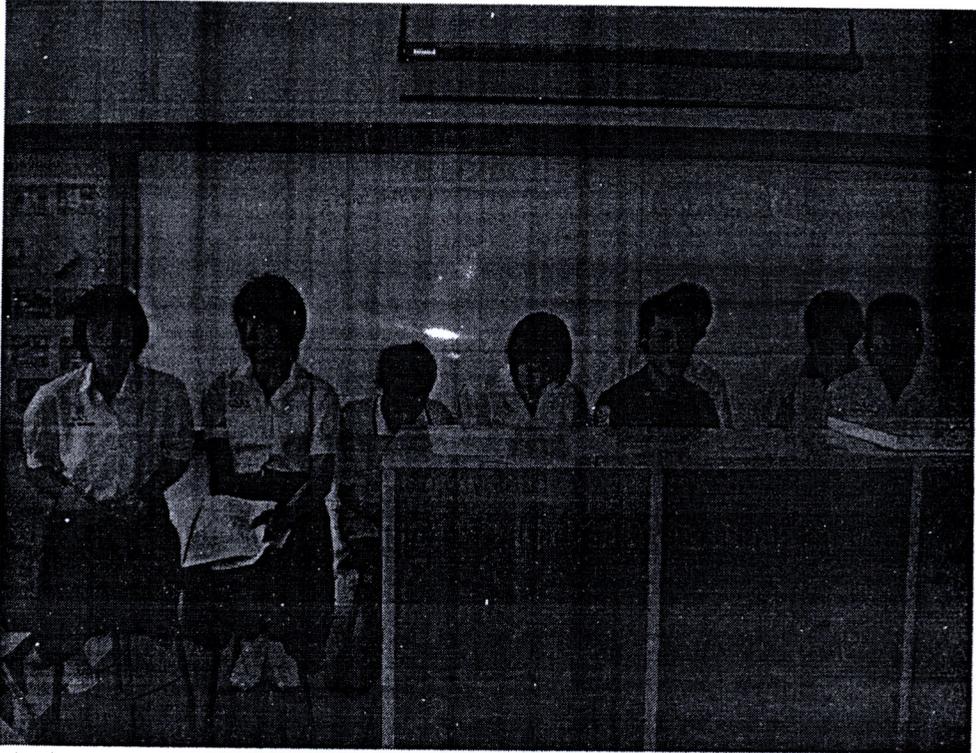
ภาพประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา



ภาพที่ 9 นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในกลุ่มย่อย

ภาพตัวอย่าง

ภาพประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา



ภาพที่ 10 นักเรียนจัดการอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปที่ได้

ภาคผนวก ฉ
หนังสือราชการแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทร. 12551-6 ต่อ 138
 ที่ ศธ 0514.5/ว.013 วันที่ 12 มกราคม 2552
 เรื่อง ขออนุญาตแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพทอง

ด้วย นางสาวสุธาสินี ตีร์ภษา รหัสประจำตัว 495050093-6 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการศึกษาครั้งนี้ จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาของแบบวัดความถนัด แผนการสอน และแบบทดสอบวัดมโนคติ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อทำวิทยานิพนธ์ ในกรณีนี้ คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้ว เห็นว่า ท่าน เป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอแต่งตั้งเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบและพิจารณาเครื่องมือดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.วัลลภา อารีรัตน์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทร. 12551-6 ต่อ 138
 ที่ ศธ 0514.5/ว.013 วันที่ 12 มกราคม 2552
 เรื่อง ขออนุญาตแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น

ด้วย นางสาวสุธาสิณี ตรีรักษา รหัสประจำตัว 495050093-6 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการศึกษาครั้งนี้ จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาของแบบวัดความถนัด แผนการสอน และแบบทดสอบวัดมโนคติ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อทำวิทยานิพนธ์ ในกรณีนี้ คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้ว เห็นว่า อาจารย์ดวง สัจจโกชน์ เป็นผู้มีความรู้ความสามารถ และมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอแต่งตั้งเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบและพิจารณาเครื่องมือดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.วัลลภา อารีรัตน์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทร. 12551-6 ต่อ 138
 ที่ ศธ 0514.5/ว.013 วันที่ 12 มกราคม 2552
 เรื่อง ขออนุญาตแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น

ด้วย นางสาวสุธาสิณี ตีรักษา รหัสประจำตัว 495050093-6 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการศึกษาครั้งนี้ จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาเนื้อหาของแบบวัดความถนัด แผนการสอน และแบบทดสอบวัดมโนคติ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อทำวิทยานิพนธ์ ในกรณี คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้ว เห็นว่า อาจารย์ประเทืองสุข มณีล้ำ เป็นผู้มีความรู้ความสามารถ และมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอแต่งตั้งเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบและพิจารณาเครื่องมือดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.วัลลภา อารีรัตน์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ นางสาวสุธาสินี ศิริรักษา เกิดวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2523
ภูมิลำเนา 168/14 ถ.ประชาสโมสร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น
การศึกษา จบการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต เอกเคมี จากคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เมื่อปี พ.ศ. 2545 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตร
ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2549
ปัจจุบันรับราชการครู ตำแหน่งครูอันดับ คศ.1 โรงเรียนกัลยาณวัตร จ.ขอนแก่น (40000)

