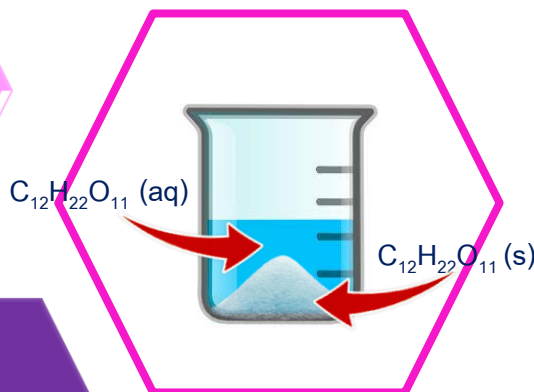


ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่

# 1

การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้  
และที่ภาวะสมดุล



จัดทำโดย

นายวัชรพงษ์ ทสะสังคินทร์

โรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 41



## คำนำ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สมดุลเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนากิจการการเรียนรู้วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ทำให้การเรียนรู้เป็นไปตามลำดับขั้นตอนอย่างมีคุณภาพ และผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าได้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการกลุ่ม ชุดกิจกรรมการเรียนรู้นี้มีทั้งหมด 4 ชุด ดังนี้

### ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และที่ภาวะสมดุล

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ณ ภาวะสมดุล

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 หลักของเลอชาเตอลิเอร์และสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิต

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีเล่มนี้ เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และที่ภาวะสมดุล ประกอบด้วยจุดประสงค์ประจำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน บัตรคำสั่ง บัตรกิจกรรม บัตรบันทึกกิจกรรม บัตรคำถามหลังกิจกรรม แบบฝึกเสริมทักษะ ใบความรู้ และแบบทดสอบหลังเรียน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือของผู้อำนวยการโรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม คณะผู้บริหาร คณะครูโรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม และผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษา เสนอแนะแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่อง ตลอดจนให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

วัชรพงษ์ ทะสะสังคินทร์





เรื่อง	หน้า
คำนำ.....	ก
สารบัญ .....	ข
คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครู .....	ค
คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน .....	ง
คู่มือครู.....	จ
ขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้.....	ช
ผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้.....	ฉ
แบบทดสอบก่อนเรียน .....	1
กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน .....	7
บัตรคำสั่ง.....	8
บัตรกิจกรรมที่ 1.1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ .....	9
ใบความรู้ที่ 1.1 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ .....	15
แบบฝึกเสริมทักษะที่ 1.1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้.....	25
บัตรกิจกรรมที่ 1.2 การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล .....	26
ใบความรู้ที่ 1.2 การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล.....	38
แบบฝึกเสริมทักษะที่ 1.2 การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล.....	48
แบบทดสอบหลังเรียน .....	50
กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน .....	56
บรรณานุกรม .....	57
ภาคผนวก .....	58
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน.....	59
เฉลยบัตรกิจกรรม.....	62
เฉลยแบบฝึกเสริมทักษะและเกณฑ์การให้คะแนน.....	78
แบบบันทึกคะแนน.....	90
แบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลอง.....	91
แบบสังเกตพฤติกรรมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์.....	93





## คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

สำหรับครู

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และที่ภาวะสมดุล ครูควรเตรียมความพร้อมและปฏิบัติตามคำแนะนำ ดังต่อไปนี้

1. ครูเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้
  - 1.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามจำนวนนักเรียน
  - 1.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่าง ๆ ตามที่ระบุไว้ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้
  - 1.3 แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ กลุ่มละ 4 – 5 คน
2. ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของตนเอง ในระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้
3. ครูให้คำแนะนำและเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้





## คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับนักเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และที่ภาวะสมดุลให้นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนด้วยความซื่อสัตย์และตั้งใจ ดังนี้

1. ศึกษาจุดประสงค์ประจำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และที่ภาวะสมดุล

2. ทำแบบทดสอบก่อนเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และที่ภาวะสมดุล

3. ปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนในชุดกิจกรรมการเรียนรู้

4. เมื่อปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามบัตรกิจกรรมเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ตรวจสอบคำตอบได้จากเฉลยบัตรกิจกรรม

5. ทำแบบทดสอบหลังเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และที่ภาวะสมดุล

6. มีข้อสงสัยให้ปรึกษาครูผู้สอนได้ทันที

7. เกณฑ์ผ่านการประเมินในบัตรกิจกรรมและแบบฝึกเสริมทักษะ คิดเป็นร้อยละ 80

หากนักเรียนไม่ผ่านการประเมินในบัตรกิจกรรมใดหรือแบบฝึกเสริมทักษะใด ให้นักเรียนศึกษาบัตรเนื้อหาและทำกิจกรรมในบัตรกิจกรรมอีกครั้ง แล้วทำการประเมินผลใหม่ ถ้าทำคะแนนได้มากขึ้น แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น





## คู่มือครู

คู่มือครูนี้สำหรับประกอบการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และที่ภาวะสมดุลมีรายละเอียดดังนี้

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สมดุลเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทั้งหมด 4 ชุด ใช้ประกอบแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี รหัสวิชา ว32221 จำนวน 28 ชั่วโมง

2. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และที่ภาวะสมดุลเนื้อหาเกี่ยวกับปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ การเปลี่ยนแปลงที่สภาวะสมดุล และสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วยจุดประสงค์ประจำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน บัตรคำสั่ง บัตรกิจกรรม แบบรายงานผลการทดลอง คำถามหลังการทดลอง แบบฝึกเสริมทักษะ ใบความรู้ และแบบทดสอบหลังเรียน ใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรม 6 ชั่วโมง

3. การใช้ชุดกิจกรรม ครูผู้สอนควรปฏิบัติ ดังนี้

3.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ และการเตรียมสื่อประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูจะต้องจัดกิจกรรมให้ครบตามที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้กิจกรรมเป็นไปอย่างต่อเนื่องและบรรลุตามวัตถุประสงค์

3.3 ให้นักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 – 5 คน โดยคละนักเรียน เรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน แล้วเลือกประธาน รองประธานและเลขานุการในแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งให้ทุกคนได้รับผิดชอบหน้าที่ต่างๆ ขณะทำกิจกรรม

3.4 ให้นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบก่อนเรียนใช้เวลา 10 นาที และส่งให้ครูตรวจ แล้วแจ้งคะแนนให้นักเรียนทราบ

3.5 เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแล้ว ชี้แจงให้นักเรียนทราบบทบาทหน้าที่ของตนเอง โดยอ่านคำชี้แจงในบัตรคำสั่งและปฏิบัติตามอย่างรอบคอบ

3.6 ขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมครูคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ให้กำลังใจ ตลอดจนกระตุ้นและเปิดโอกาสให้ทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม ตามบทบาทที่สมาชิกมอบหมาย พร้อมทั้งมีการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนไปด้วย



3.7 เมื่อนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมครบถ้วน ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน ใช้เวลา 10 นาที และส่งให้ครูตรวจแล้วแจ้งคะแนนให้นักเรียนทราบความก้าวหน้า

4. สิ่งที่คุณต้องเตรียมให้ครบถ้วนในการจัดการเรียนรู้โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และที่ภาวะสมดุล สำหรับนักเรียน มีดังนี้

4.1 คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน

4.2 จุดประสงค์ประจำชุดกิจกรรมการเรียนรู้

4.3 แบบทดสอบก่อนเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และที่ภาวะสมดุล

4.4 บัตรคำสั่ง ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และที่ภาวะสมดุล

4.5 บัตรกิจกรรมที่ 1.1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

4.6 ใบความรู้ที่ 1.1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

4.7 แบบฝึกเสริมทักษะที่ 1.1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

4.8 บัตรกิจกรรมที่ 1.2 การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล

4.9 ใบความรู้ที่ 1.2 การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล

4.10 แบบฝึกเสริมทักษะที่ 1.2 การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล

4.11 แบบทดสอบหลังเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และที่ภาวะสมดุล

4.12 แบบบันทึกคะแนน

4.13 แบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลอง

4.14 แบบสังเกตพฤติกรรมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์



5. การจัดชั้นเรียนขณะใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 – 5 คน จำนวนกลุ่มขึ้นอยู่กับนักเรียนในชั้น ดังแผนภาพด้านล่าง เมื่อทำการสอบ นักเรียนจะต้องแยกกลุ่มและจัดห้องทำการสอบเป็นรายบุคคล

กระดาน

โต๊ะครู

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

6. การวัดและประเมินผลงานของนักเรียน ประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม การตอบคำถาม การทำแบบฝึกเสริมทักษะ และการทำแบบทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน





ขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สมดุลเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และที่ภาวะสมดุล  
(สำหรับนักเรียน)





## ผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้

ผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ประจำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1  
ภาพของรูปเรขาคณิตสามมิติ มีดังนี้

### ผลการเรียนรู้

ทดลอง อธิบายปฏิกิริยาของสารบางชนิดที่เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้เมื่อการเปลี่ยนแปลง  
ดำเนินไปถึงภาวะสมดุล

### จุดประสงค์การเรียนรู้

**ด้านความรู้ (K)** นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ปฏิกิริยาไปข้างหน้า ปฏิกิริยาย้อนกลับ และปฏิกิริยาที่ผันกลับได้
2. อธิบายความหมาย และการเกิดภาวะสมดุล สมดุลระหว่างสถานะ สมดุลในสารละลายอิมัลชัน สมดุลในปฏิกิริยาเคมี และสมดุลไดนามิกได้
3. อธิบายสมบัติต่างๆของระบบ ณ ภาวะสมดุลได้

**ด้านทักษะ/ กระบวนการ (P)**

นักเรียนมีทักษะในการปฏิบัติการทดลอง

**ด้านคุณลักษณะ (A)** นักเรียน

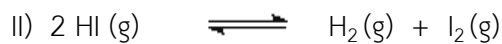
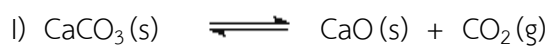
1. มีความรับผิดชอบ
2. มีระเบียบวินัย
3. ทำงานเป็นระบบ รอบคอบ



## คำชี้แจง

1. แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ 10 คะแนน  
ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำ เครื่องหมายกากบาท (x) ลงในกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อที่นักเรียนเลือก

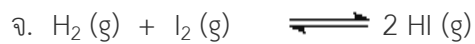
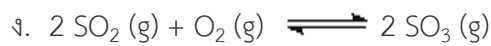
จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 1- 2



1. จากข้อมูลที่กำหนดให้ ปฏิกิริยาในข้อใดเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ในภาวะปิด
  - ก. I เท่านั้น
  - ข. IV เท่านั้น
  - ค. II และ III
  - ง. I, II และ III
  - จ. ทั้ง I, II, III และ IV
2. จากข้อมูลที่กำหนดให้ ปฏิกิริยาในข้อใดเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ในภาวะเปิด
  - ก. IV เท่านั้น
  - ข. I และ IV
  - ค. I, II และ III
  - ง. I, II และ IV
  - จ. ทั้ง I, II, III และ IV



3. ถ้าปฏิกิริยาต่อไปนี้จะเกิดในภาชนะเปิด ปฏิกิริยาในข้อใดสามารถเกิดภาวะสมดุลได้



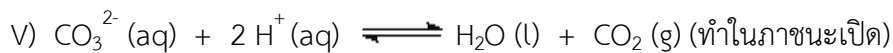
4. จงพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในข้อใดต่อไปนี้ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

I) เกล็ดไอโอดีนละลายน้ำ

II) ลูกเหม็นระเหิดในที่โล่งแจ้ง

III) เนื้อหมูถูกทิ้งไว้ 3 วัน แล้วเน่า

IV) น้ำระเหยกลายเป็นไอ ในภาชนะปิด



ก. I และ II

ข. I และ IV

ค. II และ IV

ง. II, III และ V

จ. III, IV และ V

5. เมื่อนำสารตั้งต้น A ผสมกับสาร B ได้สารผลิตภัณฑ์ C และสาร D ถ้าต้องการตรวจสอบว่าปฏิกิริยานี้ผันกลับได้หรือไม่ ควรปฏิบัติตามข้อใด

ก. ตรวจสอบหาสาร C และสาร D ในระบบ

ข. ตรวจสอบมวลของสารในระบบว่าคงที่หรือไม่

ค. ตรวจสอบว่ามวลของ A + B เท่ากับมวลของ C + D

ง. นำสาร C มาทำปฏิกิริยากับสาร D แล้วตรวจสอบหาสาร A และสาร B

จ. นำสาร C มาทำปฏิกิริยากับสาร D แล้วเติมตัวเร่งปฏิกิริยา แล้วตรวจสอบหาสาร A



6. ถ้าปฏิกิริยาต่อไปนี้อยู่ในภาวะสมดุล

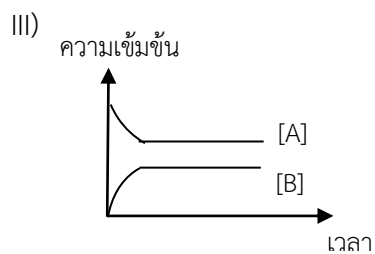
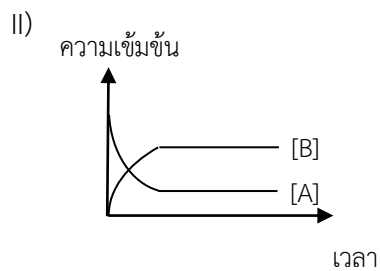
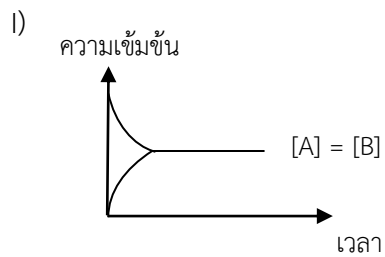


ข้อสรุปข้อใดถูกต้อง

- ก. ความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะเท่ากัน
  - ข. ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์จะเท่ากัน
  - ค. ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จะคงที่
  - ง. ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จะเท่ากัน
  - จ. ความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์มากกว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้น
7. สมดุลไดนามิก ณ ภาวะสมดุล มีความหมายตรงกับข้อใด
- ก. ระบบจะยังมีสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์
  - ข. ความเข้มข้นของสารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากัน
  - ค. ความเข้มข้นของสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์มีค่าคงที่
  - ง. การเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับยังดำเนินต่อไป
  - จ. การเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับเกิดขึ้นเมื่อเติมตัวเร่งปฏิกิริยา



8. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้น (A) และสารผลิตภัณฑ์ (B) ในการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล



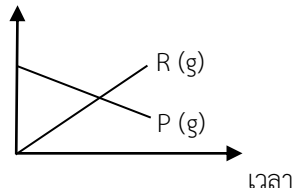
จากข้อมูลที่กำหนดให้ กราฟในข้อใดแสดงโอกาสการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมีแบบผันกลับได้ถูกต้อง

- ก. I เท่านั้น
- ข. II เท่านั้น
- ค. III เท่านั้น
- ง. II และ III
- จ. ทั้ง I, II และ III

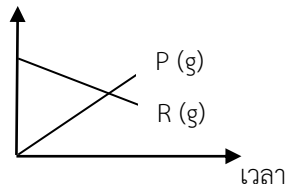


9. ปฏิกิริยาเคมีของ  $P(g) + Q(s) \rightleftharpoons R(g) + S(s)$  ถ้าสร้างกราฟของความเข้มข้นกับเวลาควรได้กราฟตามข้อใด

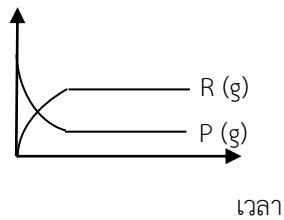
ก. ความเข้มข้น



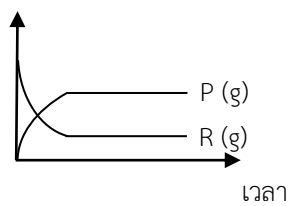
ข. ความเข้มข้น



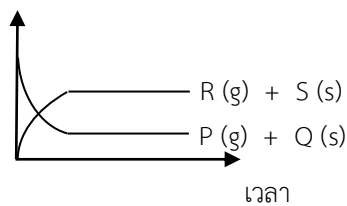
ค. ความเข้มข้น



ง. ความเข้มข้น

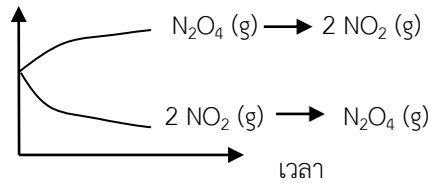


จ. ความเข้มข้น

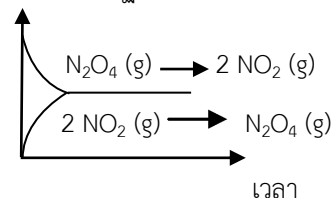


10. ปฏิกิริยาเคมี  $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$  ดำเนินไปจนสู่ภาวะสมดุล ถ้าสร้างกราฟของอัตราการเกิดปฏิกิริยากับเวลา ควรได้กราฟตามข้อใด

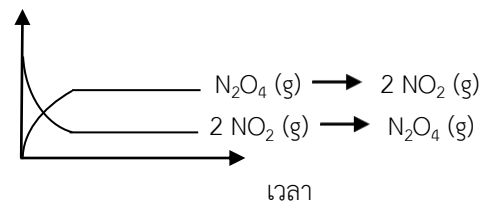
ก. อัตราการเกิดปฏิกิริยา



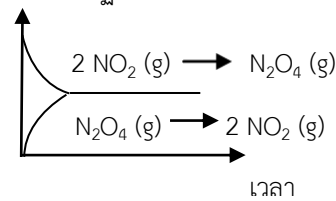
ข. อัตราการเกิดปฏิกิริยา



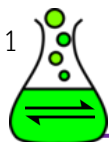
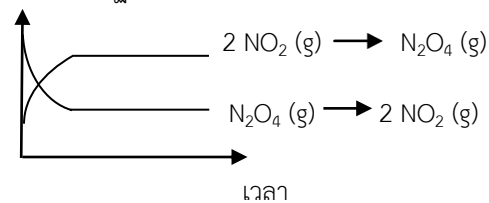
ค. อัตราการเกิดปฏิกิริยา



ง. อัตราการเกิดปฏิกิริยา



จ. อัตราการเกิดปฏิกิริยา





**กระดาษคำตอบ**  
แบบทดสอบก่อนเรียน

**ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้  
และที่ภาวะสมดุล**

**คำชี้แจง**

ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อที่นักเรียนเลือก

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

คะแนนเต็ม	10
คะแนนที่ได้	
คิดเป็นร้อยละ	

**ผลการประเมิน**

ดีมาก

ดี

พอใช้

ปรับปรุง

ลงชื่อ ..... ผู้ตรวจ  
( ..... )

**เกณฑ์การประเมิน**

คะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป

ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ ดีมาก

คะแนนร้อยละ 60 - 79

ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ ดี

คะแนนร้อยละ 40 - 59

ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ พอใช้

คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 40

ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ ปรับปรุง



คำชี้แจง

ให้นักเรียนศึกษาและปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. เลือกประธานกลุ่มเพื่อเป็นผู้นำในการดำเนินกิจกรรม
2. ประธานอ่านคำสั่งแล้วมอบหมายให้สมาชิกปฏิบัติตามหน้าที่ตามเวลาที่กำหนด
3. ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้
4. ให้ตัวแทนกลุ่มรับบัตรกิจกรรม อุปกรณ์และสารเคมีที่ครูเตรียมไว้สำหรับทำกิจกรรม
5. ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาและทำกิจกรรมตามแนวทางการทำกิจกรรม
6. เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแล้ว ให้ตัวแทนกลุ่มมารับเฉลยบัตรกิจกรรม
7. ประธานอ่านเฉลยให้สมาชิกในกลุ่มฟังและตรวจสอบคำตอบ
9. ให้ตัวแทนรับใบความรู้และแบบฝึกเสริมทักษะและแจกให้สมาชิกในกลุ่ม
10. สมาชิกในกลุ่มศึกษาใบความรู้ให้เข้าใจแล้วให้สมาชิกแต่ละคนทำแบบฝึกเสริมทักษะ

ด้วยตนเอง

11. ประธานกลุ่มรับเฉลยแบบฝึกเสริมทักษะแล้วให้สมาชิกตรวจแบบฝึกเสริมทักษะ เมื่อตรวจเสร็จแล้วให้ประธานกลุ่มรวบรวมส่งครู พร้อมกับสมาชิกหรือตัวแทนช่วยกันเก็บเอกสาร และทำความสะอาดชุดทดลองแล้วเก็บให้เรียบร้อย



## บัตรกิจกรรมที่ 1.1

## การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

### การทดลองที่ 1

การทดลองที่ 1 เรื่องปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ( $\text{HCl}$ )

### จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ปฏิกิริยาไปข้างหน้า ปฏิกิริยาย้อนกลับ และปฏิกิริยาผันกลับที่กำหนดให้ได้

### สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	สำหรับ 1 กลุ่ม
<b>สารเคมี</b>	
1. สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) อิมตัว	1 $\text{cm}^3$
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ( $\text{HCl}$ ) 6 $\text{mol/dm}^3$	1 $\text{cm}^3$
3. น้ำกลั่น	2 $\text{cm}^3$
<b>อุปกรณ์</b>	
1. หลอดทดลองขนาดเล็ก	2 หลอด
2. หลอดหยด	3 อัน



## แนวทางการทำกิจกรรม

### ขั้นที่ 1 ร่วมคิดวางแผนการทดลอง

1. นักเรียนนั่งตามกลุ่มที่แบ่งไว้ (กลุ่มละ 4 – 5 คน)
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดว่า “การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้เกิดขึ้นได้อย่างไร”
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนเพื่อทำการทดลองที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่าง

สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต  $\text{CuSO}_4$  และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก  $\text{HCl}$  โดยแต่ละคน  
แบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบ

### ขั้นที่ 2 ทดลองและเขียนรายงานการทดลอง

ทำการทดลองตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ใส่สารละลาย  $\text{CuSO}_4$  ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก 2 หลอด หลอดละ 5 หยด
2. เติมน้ำกลั่น 15 หยด ลงในหลอดที่ 1 เขย่าและตั้งไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบสี
3. หยดสารละลาย  $\text{HCl}$   $6 \text{ mol/dm}^3$  ลงในหลอดที่ 2 ทีละหยดพร้อมกับเขย่าจนสารละลายเปลี่ยนสี บันทึกผล
4. หยดน้ำกลั่นลงในสารละลายในข้อ 3 ทีละหยดพร้อมกับเขย่าจนสารละลายเปลี่ยนสี บันทึกผล
5. ทำการทดลองซ้ำกับสารในหลอดเดิมอีกครั้งตามข้อ 3 – 4 สังเกตการเปลี่ยนแปลง
6. บันทึกผลในแบบรายงานการทดลอง

### ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มติดรายงานผลการทดลองบริเวณหน้ากระดานที่ครูกำหนด
2. นักเรียนเดินอ่านและทำความเข้าใจพร้อมทั้งวิเคราะห์รายงานผลการทดลองของกลุ่มอื่น พร้อมทั้งติดตามให้คะแนนกลุ่มที่นักเรียนชื่นชอบเพียงกลุ่มเดียว แล้วเขียนข้อเสนอแนะไว้ที่รายงานผลการทดลองของกลุ่มอื่น
3. นักเรียนกลับมาที่กลุ่มตนเอง อ่านข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่กลุ่มอื่นเขียนไว้ แล้วอภิปรายสรุปและแก้ไขรายงานผลการทดลองของกลุ่มตนเอง
4. คัดเลือกผลงานที่สมบูรณ์ที่สุดที่มีคะแนนรวมของดาวสูงสุดให้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน
5. นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการทดลองที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต  $\text{CuSO}_4$  และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก  $\text{HCl}$  และตอบคำถามหลังการทดลอง



## แบบรายงานผลการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง ..... ชั้น ม.5/..... กลุ่มที่ .....  
การทดลองที่ ..... เรื่อง .....

ผู้ทำการทดลอง

ที่	ชื่อ - นามสกุล	หน้าที่ในกลุ่ม	เลขที่
1			
2			
3			
4			
5			

จุดประสงค์การทดลอง

.....  
.....

สมมติฐาน .....

ตัวแปรต้น .....

ตัวแปรตาม .....

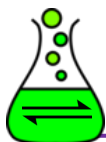
ตัวแปรควบคุม .....

.....



แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลอง

---





คำถามหลังการทดลอง

จากการทดลองนักเรียนคิดว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

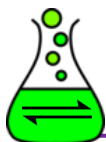
.....

.....

.....

.....

.....





ระบบและสิ่งแวดล้อม

ระบบ (System) หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ภายในขอบเขตที่กำลังศึกษา และ สิ่งแวดล้อม (Surrounding) หมายถึง สิ่งที่อยู่นอกขอบเขตที่กำลังศึกษา ประเภทของระบบแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้



ระบบเปิด (Open System)

ระบบเปิด (Open System) เป็นระบบซึ่งมวลของสาร และพลังงานของสารก่อนการเปลี่ยนแปลงและหลังการเปลี่ยนแปลง ไม่เท่ากัน เนื่องจากขณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจะมีการถ่ายเททั้งมวล และพลังงานของสารระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ดังภาพที่ 1

ตัวอย่างที่ 1

การต้มน้ำในภาชนะเปิดบนเตาไฟ ระบบ คือ ภาชนะเปิด ที่มีน้ำบรรจุอยู่ เตาไฟและอากาศที่ล้อมรอบทั้งหมด คือ สิ่งแวดล้อม ระบบมีการรับความร้อนจากเตาไฟ และคายความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม (มีการแลกเปลี่ยน หรือถ่ายโอนพลังงาน) เมื่อชั่งน้ำหนักของภาชนะกับน้ำ ก่อนการต้มและหลังการต้มจะไม่เท่ากัน (มวลของระบบไม่คงที่)



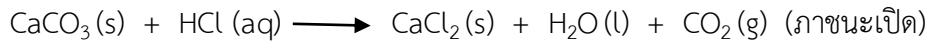
ภาพที่ 1 แสดงระบบเปิด

ตัวอย่างที่ 2

การหลอมแอมฟทาไลน์ในถ้วยกระเบื้อง จะมีแอมฟทาไลน์บางส่วนระเหิดกลายเป็นไอ ออกนอกระบบ



### ตัวอย่างที่ 3



ปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{CaCO}_3$  และสารละลายกรด  $\text{HCl}$  จะได้ผลิตภัณฑ์เป็น  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  และแก๊ส  $\text{CO}_2$  เมื่อเกิดปฏิกิริยาจะได้แก๊ส  $\text{CO}_2$  ซึ่งถ่ายเทออกภายนอกระบบ

**ระบบเปิด** มวลของสารหลังการเปลี่ยนแปลงจะน้อยกว่าก่อนการเปลี่ยนแปลง

### 2

#### ระบบปิด (Closed System)

**ระบบปิด (Closed System)** เป็นระบบซึ่งมวลของสารก่อนการเปลี่ยนแปลงเท่ากับมวลของสารหลังการเปลี่ยนแปลง ส่วนพลังงานก็สามารถถ่ายเทระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมได้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงระบบปิด

### ตัวอย่างที่ 1



ภาพที่ 3 แสดงหม้อนึ่ง  
อัตโนมัติปิดสนิท

การต้มน้ำในภาชนะปิดสนิท เช่น หม้อนึ่งอัตโนมัติที่ปิดสนิท (ภาพที่ 3) มีระบบคือ ภาชนะที่มีน้ำบรรจุอยู่ภายใน ส่วนหม้อนึ่งอัตโนมัติและอากาศที่ล้อมรอบทั้งหมดเป็นสิ่งแวดล้อม ระบบจะรับความร้อนจากเตาไฟแล้วกลายเป็นไอน้ำพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อม (มีการแลกเปลี่ยนหรือถ่ายโอนพลังงาน) เมื่อซังน้ำหนักของภาชนะที่บรรจุน้ำก่อนการต้มและหลังการต้มในภาชนะปิดจะเท่ากัน (มวลของระบบคงที่)

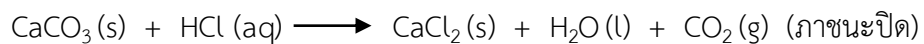


## ตัวอย่างที่ 2



ปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  และสารละลาย  $\text{KI}$  จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารละลาย  $\text{KNO}_3$  และตะกอนของ  $\text{PbI}_2$  ซึ่งสารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทั้งหมดยังคงอยู่ในระบบถึงแม้ปฏิกิริยานี้จะเกิดในภาวะชนะเปิด

## ตัวอย่างที่ 3



ปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{CaCO}_3$  และสารละลายกรด  $\text{HCl}$  จะได้ผลิตภัณฑ์เป็น  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  และแก๊ส  $\text{CO}_2$  มวลของสารก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงจะเท่ากันได้ถ้าทำในภาวะชนะปิด แก๊ส  $\text{CO}_2$  ที่เกิดขึ้นก็จะยังคงอยู่ในระบบ

**ระบบปิด** จะเกิดในภาวะชนะปิดหรือภาวะชนะเปิดก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของปฏิกิริยาหรือชนิดของการเปลี่ยนแปลง

## 3

### ระบบโดดเดี่ยว (Isolated System)

**ระบบโดดเดี่ยว (Isolated System)** คือ ระบบที่ไม่เกิดการแลกเปลี่ยนทั้งมวลของสารและพลังงานของสารกับสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำร้อนในกระติกน้ำร้อน มีฉนวนหุ้มกันความร้อนอย่างดีก็ จะไม่มีการถ่ายเทมวลและพลังงานของสารกับสิ่งแวดล้อม ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงระบบโดดเดี่ยว



## การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ (Reversible change) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแล้วสามารถกลับเข้าสู่สภาพเดิมได้ หรือการเปลี่ยนแปลงซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับเกิดควบคู่กันไป และต้องอยู่ในระบบปิด แบ่งได้เป็น 3 รูปแบบดังนี้



### การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเปลี่ยนสถานะของสาร

การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเปลี่ยนสถานะของสารบางชนิดเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นสถานะอื่นแล้ว สามารถเปลี่ยนสถานะย้อนกลับเป็นสถานะเดิมได้ ดังแผนภาพในภาพที่ 5



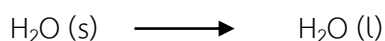
ภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเปลี่ยนสถานะของสาร

การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเปลี่ยนสถานะของสารมี 3 แบบ คือ

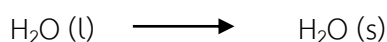
1) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเปลี่ยนสถานะของสารจากสถานะของแข็งเป็นของเหลว

#### ตัวอย่าง

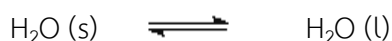
การเปลี่ยนสถานะของน้ำจากสถานะของแข็งเป็นของเหลว นั่นคือ น้ำแข็งเมื่อได้รับความร้อนจะกลายเป็นหยดน้ำ และหยดน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งเมื่ออุณหภูมิลดลง เย็นสมการได้ดังนี้



การเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า



การเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ



การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้



## 2) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเปลี่ยนสถานะของสารจากสถานะของเหลวเป็นแก๊ส

### ตัวอย่าง

การเปลี่ยนสถานะของน้ำจากสถานะของเหลวเป็นแก๊ส นั่นคือหยดน้ำเมื่อได้รับความร้อนจะกลายเป็นไอน้ำ และไอน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นหยดน้ำเมื่ออุณหภูมิลดลง เขียนสมการได้ดังนี้



## 3) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเปลี่ยนสถานะของสารจากสถานะของแข็งเป็นแก๊ส

### ตัวอย่าง

การเปลี่ยนสถานะของเก๊ลิต์ไอโอดีนจากสถานะของแข็งเป็นแก๊ส นั่นคือ เก๊ลิต์ไอโอดีนเมื่อได้รับความร้อนจะกลายเป็นแก๊สไอโอดีน และแก๊สไอโอดีนเปลี่ยนสถานะเป็นเก๊ลิต์ไอโอดีนเมื่ออุณหภูมิลดลง เขียนสมการได้ดังนี้



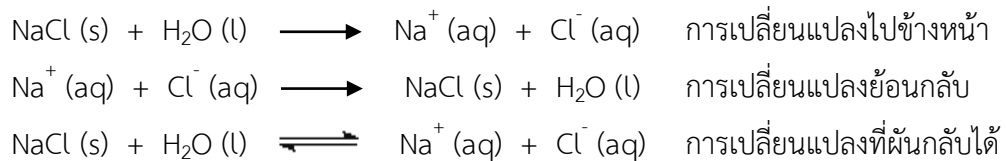
## 2

### การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการละลาย

การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการละลาย การละลายของตัวถูกละลายที่เป็นของแข็งในของเหลว เมื่อมีการละลายก็จะมีผลกระทบเมื่อเกิดควบคู่กันก็จะเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

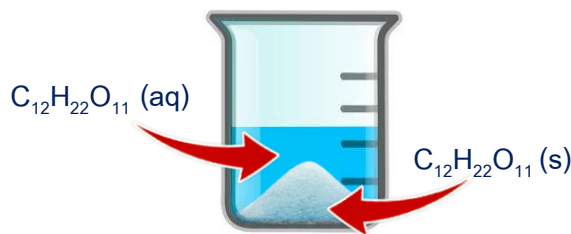
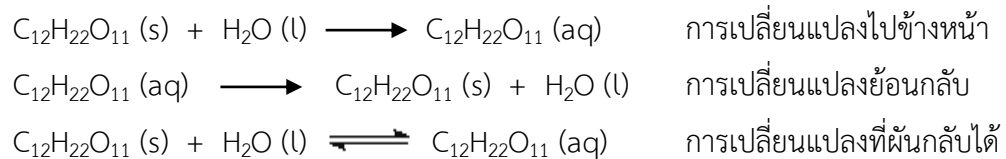
#### ตัวอย่างที่ 1

เมื่อละลายโซเดียมคลอไรด์ในน้ำร้อนจนได้สารละลายอิ่มตัว และตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจะได้โซเดียมคลอไรด์บางส่วนตกผลึกออกมา เขียนสมการได้ดังนี้



#### ตัวอย่างที่ 2

การละลายของน้ำตาลทรายในน้ำร้อนจนได้สารละลายอิ่มตัว เมื่อตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะมีน้ำตาลทรายบางส่วนตกผลึกออกมาดังตัวอย่างในภาพที่ 6 และเขียนสมการได้ดังนี้



ภาพที่ 6 แสดงสารละลายอิ่มตัวของน้ำตาลทรายในน้ำ



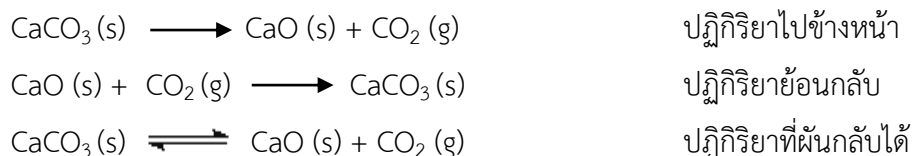
### 3

## การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับปฏิกิริยาเคมี ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้จะเรียกว่า ปฏิกิริยาผันกลับได้ (Reversible reaction) ซึ่งหมายถึงปฏิกิริยาที่มีทั้งปฏิกิริยาไปข้างหน้า และปฏิกิริยาย้อนกลับควบคู่กันไป กล่าวคือ เมื่อสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ เรียกว่า ปฏิกิริยาไปข้างหน้า (Forward reaction) และในทางตรงกันข้าม ผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากันเปลี่ยนกลับมาเป็นสารตั้งต้น เรียกว่า ปฏิกิริยาย้อนกลับ (Backward reaction)

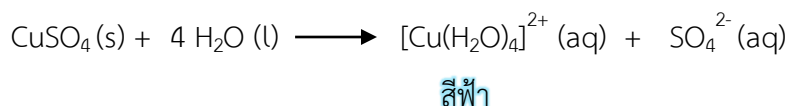
### ตัวอย่างที่ 1

ในการเผาหินปูน ( $\text{CaCO}_3$ ) จะได้ปูนดิบ ( $\text{CaO}$ ) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ถ้าการกระทำนี้ทำในภาชนะปิดที่ป้องกันไม่ให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ลอยออกนอกระบบ เมื่อปริมาณของ  $\text{CaO}$  และ  $\text{CO}_2$  มีมากขึ้น ก็จะรวมตัวกันกลายเป็น  $\text{CaCO}_3$  เขียนสมการได้ดังนี้



### ตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ เช่น ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ( $\text{HCl}$ ) เมื่อนำคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) ไปละลายในน้ำ คอปเปอร์ (II) ไอออน ( $\text{Cu}^{2+}$ ) จะถูกโมเลกุลของน้ำล้อมรอบ 4 โมเลกุล เกิดเป็นเตตระอควาคอปเปอร์ (II) ไอออน  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  ทำให้สารละลายมีสีฟ้า เขียนสมการแสดงได้ดังนี้



เมื่อหยดสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ( $\text{HCl}$ ) ลงในสารละลาย  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  ซึ่งมีสีฟ้า จะได้เตตระคลอโรคิวเพรต (II) ไอออน  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  ซึ่งมีสีเหลือง แต่ที่สังเกตได้จากการทดลองเป็นสารละลายสีเขียวแกมเหลือง เนื่องจากเป็นสีผสมระหว่างสีฟ้าของ  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  กับสีเหลืองของ  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  ต่อจากนั้นเติม  $\text{H}_2\text{O}$  ลงในสารละลาย  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  จะทำให้ได้สารละลายสีฟ้าของ  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  กลับคืนมา ดังภาพที่ 7

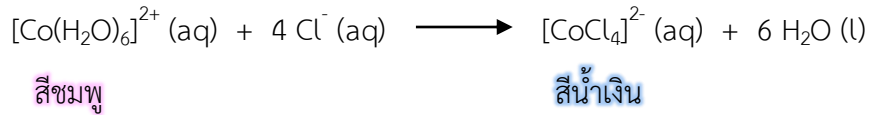




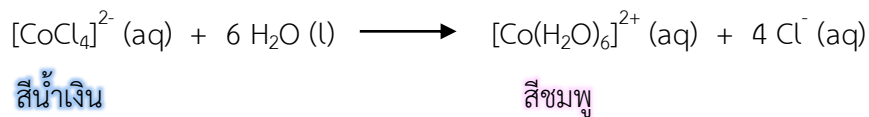


### ตัวอย่างที่ 3

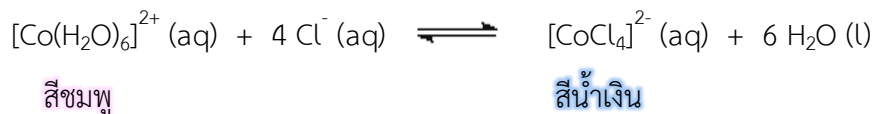
ปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$  กับสารละลาย  $\text{HCl}$  สามารถผันกลับได้  
ดังสมการ



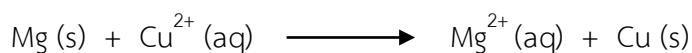
จากปฏิกิริยาพบว่าเมื่อเติม  $\text{HCl}$  ลงในสารละลาย  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$  สารละลายจะเปลี่ยน  
จากสีชมพูเป็นสีน้ำเงิน แสดงว่า  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  (สีชมพู) ถูกเปลี่ยนไปเป็น  $[\text{CoCl}_4]^{2-}$  (สีน้ำเงิน)  
และต่อจากนั้นถ้าเติมน้ำ  $\text{H}_2\text{O}$  ลงไปก็จะทำให้สารละลายสีน้ำเงินเปลี่ยนกลับมาเป็นสีชมพู  
แสดงว่า  $[\text{CoCl}_4]^{2-}$  (สีน้ำเงิน) ถูกเปลี่ยนกลับไปเป็น  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  (สีชมพู) เหมือนเดิมดังสมการ



แสดงว่าปฏิกิริยาผันกลับได้ดังสมการ



นอกจากนี้ปฏิกิริยาเคมีบางปฏิกิริยาเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าแล้ว**ไม่สามารถ**  
**เกิดย้อนกลับ**ได้ ยกตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาระหว่างโลหะ  $\text{Mg}$  กับสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  เกิดขึ้น  
ดังสมการ





## คำชี้แจง

ให้นักเรียนเขียนคำตอบหรืออธิบายตามที่กำหนดให้

1. จงเปรียบเทียบว่าระบบเปิดและระบบปิดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (1 คะแนน)

ส่วนที่เหมือนกัน คือ .....

ส่วนที่แตกต่างกัน คือ.....

2. การเปลี่ยนแปลงของสารที่ผันกลับได้มี 3 ประเภท ให้นักเรียนยกตัวอย่างพร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับประเภทละ 1 ตัวอย่าง (3 คะแนน)

2.1) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเปลี่ยนสถานะของสาร

ตัวอย่าง เช่น .....

.....

.....

.....

2.2) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการละลาย

ตัวอย่าง เช่น .....

.....

.....

.....

2.3) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวอย่าง เช่น .....

.....

.....

3. ในระบบของขวดน้ำดื่มปิดฝาสนิทจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้หรือไม่ จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ (1 คะแนน)

.....

.....



## บัตรกิจกรรมที่ 1.2

## การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล

### การทดลองที่ 2

การทดลองที่ 2 เรื่อง การทดสอบไอร์ออน (III) ไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ไอร์ออน (II) ไอออน ( $\text{Fe}^{2+}$ ) และไอโอดีน ( $\text{I}_2$ )

### จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายการเกิดสมดุลระหว่างสถานะ สมดุลในสารละลายอิ่มตัว และสมดุลในปฏิกิริยาเคมีได้
- อธิบายความหมายของภาวะสมดุล และสมดุลไดนามิกได้
- สรุปสมบัติของระบบ ณ ภาวะสมดุลได้

### สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	สำหรับ 1 กลุ่ม
<b>สารเคมี</b>	
1. สารละลายไอร์ออน (III) ไนเตรต ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ) $0.05 \text{ mol/dm}^3$	$1 \text{ cm}^3$
2. สารละลายแอมโมเนียมไอร์ออน (II) ซัลเฟต ( $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ) $0.05 \text{ mol/dm}^3$	$1 \text{ cm}^3$
3. สารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ) $0.5 \text{ mol/dm}^3$	$0.5 \text{ cm}^3$
4. สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III) ( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ) $0.5 \text{ mol/dm}^3$	$0.5 \text{ cm}^3$
5. น้ำแป้ง เข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวล	$0.5 \text{ cm}^3$
6. สารละลายไอโอดีนในเอทานอล ร้อยละ 0.2 โดยมวล/ ปริมาตร	$1 \text{ cm}^3$
<b>อุปกรณ์</b>	
1. หลอดทดลองขนาดเล็ก	9 หลอด



### การทดลองที่ 3

การทดลองที่ 3 เรื่อง การทดสอบภาวะสมดุลระหว่างไอร์ออน (III) ไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) และไอร์ออน (II) ไอออน ( $\text{Fe}^{2+}$ )

#### สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	สำหรับ 1 กลุ่ม
<b>สารเคมี</b>	
1. สารละลายไอร์ออน (III) ไนเตรต ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ) 0.05 mol/dm <sup>3</sup>	1 cm <sup>3</sup>
2. สารละลายแอมโมเนียมไอร์ออน (II) ซัลเฟต ( $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ) 0.05 mol/dm <sup>3</sup>	1.5 cm <sup>3</sup>
3. สารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ) 0.5 mol/dm <sup>3</sup>	1 cm <sup>3</sup>
4. สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III) ( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ) 0.5 mol/dm <sup>3</sup>	0.5 cm <sup>3</sup>
5. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 0.05 mol/dm <sup>3</sup>	2 cm <sup>3</sup>
6. น้ำแป้งสุก	0.5 cm <sup>3</sup>
7. สารละลายไอโอดีนในเอทานอล ร้อยละ 0.2 โดยมวล/ ปริมาตร	1.5 cm <sup>3</sup>
<b>อุปกรณ์</b>	
1. หลอดทดลองขนาดกลางพร้อมจุกปิด	1 หลอด
2. หลอดทดลองขนาดเล็ก	6 หลอด
3. หลอดหยด	5 อัน



## แนวทางการทำกิจกรรม

### ขั้นที่ 1 ร่วมคิดวางแผนการทดลอง

1. นักเรียนนั่งตามกลุ่มที่แบ่งไว้ (กลุ่มละ 4 – 5 คน)
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดวางแผนเพื่อทำการทดลองที่ 2 และ 3 โดยแต่ละคนแบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบ

### ขั้นที่ 2 ทดลองและเขียนรายงานการทดลอง

ทำการทดลองที่ 2 เรื่อง การทดสอบไอออน (III) ไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ไอออน (II) ไอออน ( $\text{Fe}^{2+}$ ) และไอโอดีน ( $\text{I}_2$ ) ตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ใส่สารละลายลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก 3 หลอด ดังนี้  
**หลอดที่ 1** สารละลายไอออน (III) ไนเตรต  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$   $0.05 \text{ mol/dm}^3$  5 หยด  
**หลอดที่ 2** สารละลายแอมโมเนียมไอออน (II) ซัลเฟต  $(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$   $0.05 \text{ mol/dm}^3$  5 หยด  
**หลอดที่ 3** สารละลายไอโอดีนในเอทานอล 5 หยด
2. หยดสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต  $\text{NH}_4\text{SCN}$   $0.5 \text{ mol/dm}^3$  ลงในสารละลาย ทั้ง 3 หลอด หลอดละ 1 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล
3. นำหลอดทดลองขนาดเล็กมาอีก 3 หลอด ใส่สารละลาย 3 ชนิดเหมือนกับข้อ 1 แต่หยดสารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอไรต์ (III)  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$   $0.5 \text{ mol/dm}^3$  หลอดละ 1 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล
4. นำหลอดทดลองขนาดเล็กมาอีก 3 หลอด ใส่สารละลาย 3 ชนิดเหมือนกับข้อ 1 แต่หยดน้ำแป้งลงไปหลอดละ 1 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล

ทำการทดลองที่ 3 เรื่อง การทดสอบภาวะสมดุลระหว่างไอออน (III) ไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) และไอออน (II) ไอออน ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

#### ตอนที่ 1 ศึกษาปฏิกิริยาระหว่างไอออน (III) ไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) กับไอโอดิดไอออน ( $\text{I}^-$ )

1. เตรียมหลอดทดลองขนาดเล็ก 2 หลอด ใส่สารละลาย  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$   $0.05 \text{ mol/dm}^3$  และ  $\text{KI}$   $0.05 \text{ mol/dm}^3$  หลอดละชนิด ชนิดละ 5 หยด เก็บไว้เทียบสี
2. นำหลอดทดลองขนาดเล็กมา 4 หลอด แต่ละหลอดใส่สารละลาย  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$   $0.05 \text{ mol/dm}^3$  หลอดละ 5 หยด จากนั้นใส่สารละลาย  $\text{KI}$   $0.05 \text{ mol/dm}^3$  ลงไปหลอดละ 10 หยด ปิดจุกเขย่าเบา ๆ และตั้งไว้จนสังเกต ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบสีของสารทั้ง 4 หลอด กับสีของสารละลาย  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  และ  $\text{KI}$  ในข้อ 1 และบันทึกผล



3. นำสารผสมจากข้อ 2 มาทดลองต่อดังนี้

**หลอดที่ 1** เก็บไว้สำหรับเปรียบเทียบสี

**หลอดที่ 2** เติมสารละลาย  $K_3Fe(CN)_6$   $0.5 \text{ mol/dm}^3$  2 หยด

**หลอดที่ 3** เติมน้ำแป้งสุก 2 หยด

**หลอดที่ 4** เติมสารละลาย  $NH_4SCN$   $0.5 \text{ mol/dm}^3$  2 หยด

4. สังเกตการเปลี่ยนแปลงและเปรียบเทียบสีของสารในหลอดที่ 2 – 4 กับหลอดที่ 1 และบันทึกผล

## ตอนที่ 2 ศึกษาปฏิกิริยาระหว่างไอออน (II) ไอออน ( $Fe^{2+}$ ) กับไอโอดีน ( $I_2$ )

1. เตรียมหลอดทดลองขนาดเล็ก 2 หลอด ใส่สารละลาย  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$   $0.05 \text{ mol/dm}^3$  และสารละลายไอโอดีนในเอทานอล หลอดละชนิด ชนิดละ 5 หยด เก็บไว้เทียบสี

2. นำหลอดทดลองขนาดเล็กมาอีก 1 หลอด ใส่สารละลาย  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$   $0.05 \text{ mol/dm}^3$  ลงไป 10 หยด แล้วเติมสารละลายไอโอดีนในเอทานอล 5 หยด ปิดหลอดด้วยจุกยาง เขย่าเบาๆ สังเกตการเปลี่ยนแปลง และเปรียบเทียบสีของสารที่ได้กับสีของสารละลาย  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$  และสารละลายไอโอดีนในเอทานอล ในข้อ 1 และบันทึกผล

3. เติมสารละลาย  $NH_4SCN$   $0.05 \text{ mol/dm}^3$  2 หยด ลงในสารจากข้อ 2 สังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกผล

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปผลการทดลองของตนเองและนำเสนอหน้าชั้นเรียน

## ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มติดรายงานผลการทดลองบริเวณหน้ากระดานที่ครูกำหนด
2. นักเรียนเดินอ่านและทำความเข้าใจพร้อมทั้งวิเคราะห์รายงานผลการทดลองของกลุ่มอื่น แล้วเขียนคำแนะนำไว้ที่รายงานผลการทดลองของกลุ่มอื่น
3. นักเรียนกลับมาที่กลุ่มตนเอง อ่านข้อคิดเห็นและคำแนะนำที่กลุ่มอื่นเขียนไว้ แล้วอภิปรายสรุปและแก้ไขรายงานผลการทดลองของกลุ่มตนเอง
4. คัดเลือกผลงานที่สมบูรณ์ที่สุดให้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน
5. นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุป เรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล และตอบคำถามหลังการทดลอง



แบบรายงานผลการทดลอง

การทดลองที่ 2 เรื่อง การทดสอบไอออน (III) ไอออน ( $Fe^{3+}$ )  
ไอออน (II) ไอออน ( $Fe^{2+}$ ) และไอโอดีน ( $I_2$ )

วันที่ทำการทดลอง ..... ชั้น ม.5/..... กลุ่มที่ .....  
การทดลองที่ ..... เรื่อง .....

ผู้ทำการทดลอง

ที่	ชื่อ - นามสกุล	หน้าที่ในกลุ่ม	เลขที่
1			
2			
3			
4			
5			

จุดประสงค์การทดลอง

.....  
.....  
.....

สมมติฐาน .....

.....

ตัวแปรต้น .....

ตัวแปรตาม .....

.....

ตัวแปรควบคุม .....





แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลอง

---





**คำถามหลังการทดลอง**

การทดลองที่ 2 เรื่อง การทดสอบไอร์ออน (III) ไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ )  
ไอร์ออน (II) ไอออน ( $\text{Fe}^{2+}$ ) และไอโอดีน ( $\text{I}_2$ )

**คำชี้แจง**

ให้นักเรียนเขียนคำตอบหรืออธิบายตามที่กำหนดให้

1. ในสารละลายไอร์ออน (III) ไนเตรต ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ) และสารละลายแอมโมเนียมไอร์ออน (II) ซัลเฟต ( $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ) ประกอบด้วยไอออนใดบ้าง และไอออนใดที่ต้องการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ในสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ), สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอไรต์ (III) ( $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ) และน้ำแป้ง ใช้ทดสอบไอออนหรือสารใด และผลการเปลี่ยนแปลง ที่สังเกตได้เป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**แบบรายงานผลการทดลอง**

การทดลองที่ 3 เรื่อง การทดสอบภาวะสมดุลระหว่าง  
ไอร์ออน (III) ไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) และไอร์ออน (II) ไอออน ( $\text{Fe}^{2+}$ )

วันที่ทำการทดลอง ..... ชั้น ม.5/..... กลุ่มที่ .....  
การทดลองที่ ..... เรื่อง .....

ผู้ทำการทดลอง

ที่	ชื่อ - นามสกุล	หน้าที่ในกลุ่ม	เลขที่
1			
2			
3			
4			
5			

จุดประสงค์การทดลอง

.....  
.....  
.....

สมมติฐาน .....

.....

ตัวแปรต้น .....

ตัวแปรตาม .....

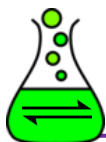
ตัวแปรควบคุม .....

.....



แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลอง

---





**คำถามหลังการทดลอง**

การทดลองที่ 3 เรื่อง การทดสอบภาวะสมดุลระหว่าง  
ไอร์ออน (III) ไอออน ( $Fe^{3+}$ ) และไอร์ออน (II) ไอออน ( $Fe^{2+}$ )

**คำชี้แจง**

ให้นักเรียนเขียนคำตอบหรืออธิบายตามที่กำหนดให้

1. ไอร์ออน (II) ไอออน ทำปฏิกิริยากับไอโอดีนหรือไม่ และทราบได้อย่างไร จงเขียนอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไอร์ออน (II) ไอออน กับ ไอโอดีน คือสารหรือไอออนใด และทราบได้อย่างไร จงเขียนอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



กระบวนการใด ๆ ก็ตาม 2 กระบวนการเมื่อสวนทางกันด้วยความเร็วเท่ากันย่อมเกิดสมดุลขึ้นสำหรับสมดุลที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เรียกว่า สมดุลเคมี (Chemical Equilibrium)

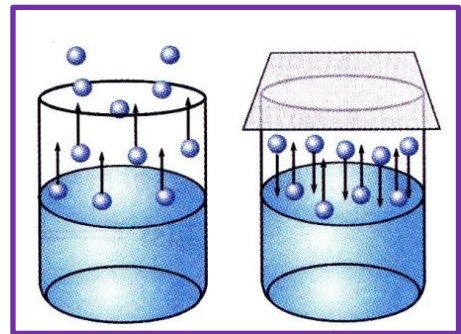
**ภาวะสมดุล (Equilibrium state)** หมายถึง ภาวะของระบบที่มีสมบัติคงที่ หรือภาวะที่สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทุกชนิดมีปริมาณคงที่ แต่ในระบบยังมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา หากแต่ว่า ดูจากภายนอกจะมองไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงนั้น สมดุลเช่นนี้เรียกว่า **สมดุลไดนามิก (Dynamic equilibrium)** ซึ่งเป็นสมดุลที่สารในระบบยังคงมีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า และย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลาด้วยอัตราเร็วเท่ากัน

ภาวะสมดุลจำแนกออกเป็น 3 ประเภท คือ ภาวะสมดุลระหว่างสถานะของสาร ภาวะสมดุลในสารละลายอิมิตัว และภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี



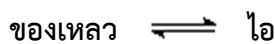
**ภาวะสมดุลระหว่างสถานะของสาร**

เมื่อใส่ของเหลวในภาชนะเปิดที่อุณหภูมิและความดันคงที่ ของเหลวจะระเหยออกจากภาชนะ และระดับของของเหลวจะลดลงเรื่อยๆ แต่ถ้าปิดภาชนะให้สนิทแล้วตั้งทิ้งไว้ในช่วงเวลาหนึ่งระดับของของเหลวจะลดลงแล้วคงที่ เนื่องจากของเหลวบางส่วนระเหยกลายเป็นไอ และเมื่อไอมีปริมาณมากก็จะควบแน่นกลับมาเป็นของเหลว การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เกิดขึ้นตลอดเวลาจนในที่สุด เมื่อระดับของเหลวคงที่แสดงว่าของเหลวและไออยู่ในภาวะสมดุล แต่ในระบบยังมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา คือยังมีของเหลวบางส่วนระเหยกลายเป็นไอ ขณะเดียวกันก็มีไอบางส่วนควบแน่นกลับมาเป็นของเหลว โดยอัตราการระเหยของของเหลวจะเท่ากับอัตราการควบแน่นของไอ เขียนแสดงได้ดังนี้



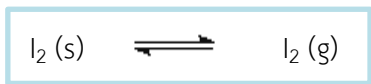
ภาพที่ 8 การระเหยของของเหลวในภาชนะเปิดและปิด

ที่มาของภาพ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554, 35

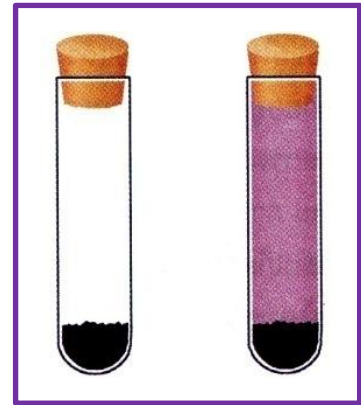




ถ้าใส่เกล็ดไอโอดีนซึ่งมีสีม่วงเข้มลงในหลอดทดลองที่ปิดจุก และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเวลาผ่านไปพบว่า มีไอสีม่วงเกิดขึ้น และสีจะเข้มขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดความเข้มของสีคงที่โดยยังมีเกล็ดไอโอดีนเหลืออยู่ แสดงว่าไอของไอโอดีนมีความเข้มข้นคงที่ จึงกล่าวได้ว่าขณะนี้เกิดภาวะสมดุลของไอโอดีนที่มีสถานะแก๊สกับสถานะของแข็งในระบบปิด ณ อุณหภูมินั้น ถ้าในระบบนี้ อยู่ในภาวะสมดุลต่อไปจะมีเกล็ดไอโอดีนบางส่วนหายไป และบางส่วนเกิดขึ้นใหม่ โดยความเข้มของสียังคงที่ตลอดเวลา อธิบายได้ว่า ณ ภาวะสมดุล โมเลกุลของไอบางส่วนเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ในขณะที่โมเลกุลของของแข็งบางส่วนก็เปลี่ยนสถานะเป็นไอ ออกมาแทนที่ด้วยปริมาณเท่ากัน ทำให้สังเกตเห็นความเข้มของสีคงที่ หรือกล่าวได้ว่าระบบมีการระเหิดและการตกผลึกเกิดขึ้นในขณะเดียวกันตลอดเวลา เมื่ออัตราการระเหิดเท่ากับอัตราการตกผลึก ระบบจะอยู่ในภาวะสมดุล เขียนแสดงได้ดังนี้



ภาวะสมดุลของระบบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารดังตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วนี้ เรียกว่า **ภาวะสมดุลระหว่างสถานะ** ซึ่งอาจเป็นการเปลี่ยนสถานะระหว่างของแข็งกับแก๊ส ของแข็งกับของเหลว หรือของเหลวกับแก๊ส



เริ่มต้น เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง

ภาพที่ 9 แสดงการระเหิดของไอโอดีน

ที่มาของภาพ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,

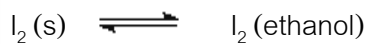
2554, 35



## 2

### ภาวะสมดุลในสารละลายอิ่มตัว

สารละลายประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ตัวทำละลาย (Solvent) และตัวถูกละลาย (Solute) เมื่อมีการละลายเกิดขึ้น ในตอนแรกจะพบว่าตัวถูกละลายละลายได้เร็ว ต่อมาการละลายจะช้าลงและไม่สามารถละลายได้อีก ถึงแม้ตัวถูกละลายยังคงเหลืออยู่ แสดงว่าสารละลายอิ่มตัว เช่น เมื่อใส่เกล็ดไอโอดีนลงในเอทานอลและเขย่าปรากฏว่าไอโอดีนละลายในเอทานอลได้สารละลายสีน้ำตาล ถ้าในสารละลายยังมีเกล็ดไอโอดีนเหลืออยู่สีของสารละลายจะเข้มข้นเรื่อยๆจนความเข้มข้นของสารละลายขณะนี้จัดเป็นสารละลายอิ่มตัวและอยู่ในภาวะสมดุล ณ อุณหภูมินั้น เรียกภาวะสมดุลของระบบนี้ว่า ภาวะสมดุลในสารละลายอิ่มตัว เขียนแสดงได้ดังนี้



ณ ภาวะสมดุลดังกล่าวจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของระบบ แต่เมื่อเติมเกล็ดไอโอดีนกัมมันตรังสี (I-131) ลงในสารละลายอิ่มตัวของไอโอดีนในเอทานอลและตั้งไว้สักครู่ ปรากฏว่าสีของสารละลายยังเข้มเท่าเดิม เมื่อนำสารละลายมาตรวจวัดกัมมันตรังสี พบว่ามีไอโอดีนกัมมันตรังสีอยู่ในสารละลายด้วย แสดงว่าเกล็ดไอโอดีนกัมมันตรังสีที่เติมลงไปได้ละลายอยู่ในสารละลาย และในขณะเดียวกันจะมีไอโอดีนบางส่วนที่ละลายอยู่ในสารละลายจะตกผลึกออกมาในปริมาณที่เท่ากัน ทำให้สีของสารละลายยังเข้มเท่าเดิม จากผลการทดลองนี้ยืนยันได้ว่า ณ ภาวะสมดุลระบบยังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลา สมดุลเช่นนี้เรียกว่า **สมดุลไดนามิก** ซึ่งเป็นสมดุลที่สารในระบบยังมีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลาด้วยอัตราเร็วที่เท่ากัน



ภาพที่ 9 แสดงสารละลายอิ่มตัวของไอโอดีน ในเอทานอลซึ่งเติมเกล็ดไอโอดีนกัมมันตรังสีลงไป

ที่มาของภาพ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554, 36





### ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี

สำหรับปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ เมื่อให้สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณของสารตั้งต้นจะลดลง ปริมาณของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์และสารตั้งต้นคงที่ เราเรียกว่าขณะนี้ปฏิกิริยาเคมีอยู่ในภาวะสมดุลซึ่งต้องอยู่ในระบบปิด และระบบไม่หยุดนิ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา



#### ตัวอย่าง

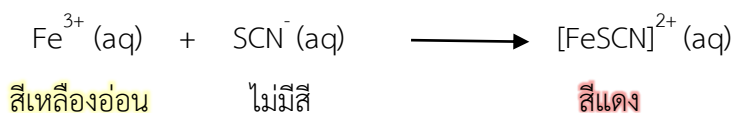
ปฏิกิริยาระหว่างไอร์ออน (III) ไนเตรต  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  กับโพแทสเซียมไอโอไดด์ KI ดังสมการ



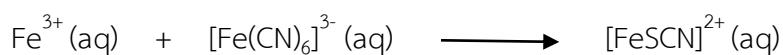
ดังนั้น เมื่อปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุล ในระบบจะต้องมีสารตั้งต้น นั่นคือ  $\text{Fe}^{3+}$  ไอออน และ  $\text{I}^-$  และสารผลิตภัณฑ์ ได้แก่  $\text{Fe}^{2+}$  ไอออน และ  $\text{I}_2$  ที่ภาวะสมดุลจึงสามารถทดสอบ  $\text{Fe}^{3+}$  ไอออน,  $\text{Fe}^{2+}$  ไอออน และ  $\text{I}_2$  ได้ดังนี้

#### 3.1 การทดสอบ $\text{Fe}^{3+}$ ไอออน

โดยใช้สารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ) จะได้สารละลายสีแดงของ ไทโอไซยาเนต (III) ไอออน  $[\text{FeSCN}]^{2+}$  ดังสมการ



หรือใช้สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  จะได้ สารละลายสีน้ำตาล แกรมเขียว ของไอร์ออน (III) เฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III)  $\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ดังสมการ



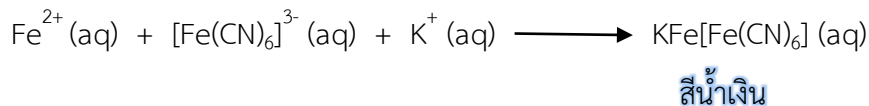
สีเหลืองอ่อน                      ไม่มีสี    สีน้ำตาลแกรมเขียว



ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และที่ภาวะสมดุล

### 3.2 การทดสอบ $\text{Fe}^{2+}$ ไอออน

การทดสอบ  $\text{Fe}^{2+}$  ไอออนโดยใช้สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์ต (III)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  จะได้ตะกอนสีน้ำเงิน ของโพแทสเซียมไอร์รอน (II) เฮกซะไซยาโนเฟอร์ต (III)  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ดังสมการ



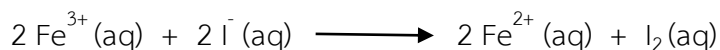
### 3.3 การทดสอบ $\text{I}_2$

การทดสอบ  $\text{I}_2$  โดยใช้ น้ำแป้งสุก จะได้สารละลายสีน้ำเงิน

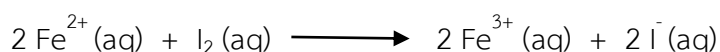
สำหรับปฏิกิริยา ดังสมการ



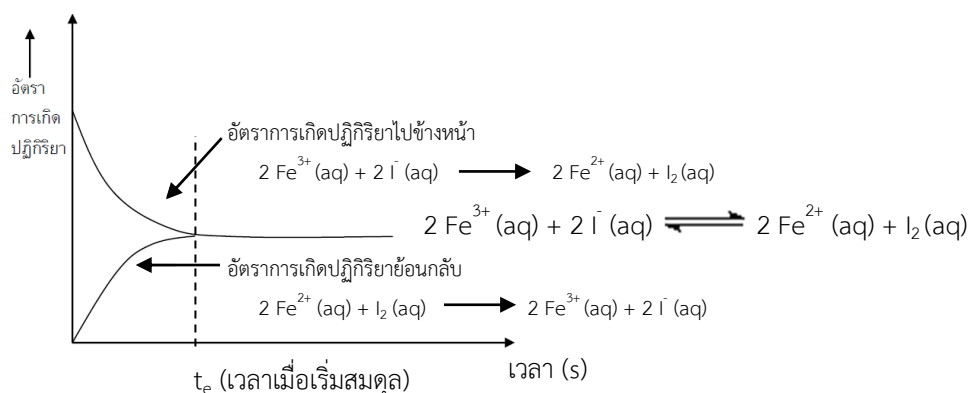
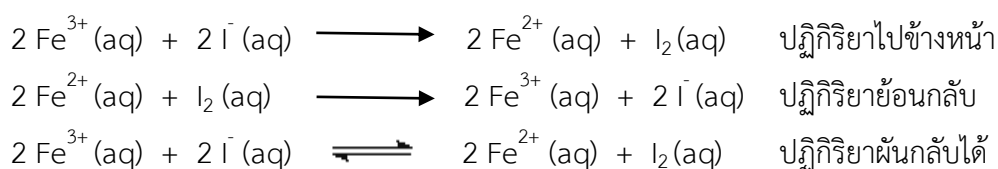
เมื่อผสมสารละลายไอร์รอน (III) ไนเตรต  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  กับสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ที่ไว้จน ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (สีของสารละลายมีความเข้มข้นคงที่) แล้วนำสารละลายผสมนี้ มาทดสอบด้วยสารละลาย  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  พบว่าได้ตะกอนสีน้ำเงินของ  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  แสดงว่า ในสารละลายมี  $\text{Fe}^{2+}$  ไอออน เกิดขึ้น และเมื่อทดสอบหา  $\text{I}_2$  โดยใช้ น้ำแป้งสุกก็พบว่าได้สารละลายสีน้ำเงิน แสดงว่า ผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยานี้คือ  $\text{Fe}^{2+}$  ไอออน และ  $\text{I}_2$  ดังสมการ



และเมื่อนำสารละลายผสมดังกล่าวมาทดสอบกับสารละลาย  $\text{NH}_4\text{SCN}$  ปรากฏว่า ได้สารละลายสีแดง แสดงว่ามี  $\text{Fe}^{3+}$  ไอออน ในระบบ ซึ่งอาจเป็น  $\text{Fe}^{3+}$  ไอออน ที่เหลือจากปฏิกิริยา หรืออาจเป็น  $\text{Fe}^{3+}$  ไอออนที่เกิดจาก  $\text{Fe}^{2+}$  ไอออน ทำปฏิกิริยากับ  $\text{I}_2$  ย้อนกลับมาเป็น  $\text{Fe}^{3+}$  ไอออน ก็ได้ แต่เมื่อนำสารละลายของ  $\text{Fe}^{2+}$  ไอออน มาทำปฏิกิริยากับ  $\text{I}_2$  แล้วนำไปทดสอบปรากฏว่า พบ  $\text{Fe}^{3+}$  ไอออน แสดงว่า  $\text{Fe}^{2+}$  ไอออน สามารถทำปฏิกิริยากับ  $\text{I}_2$  เกิดเป็น  $\text{Fe}^{3+}$  ไอออน และ  $\text{I}^-$  ไอออน ดังสมการ



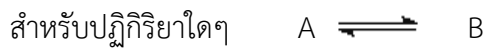
ดังนั้น สำหรับปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{Fe}^{3+}$  ไอออน กับ  $\text{I}^-$  ไอออน เมื่อเกิดปฏิกิริยาจะได้ผลิตภัณฑ์เป็น  $\text{Fe}^{2+}$  ไอออน และ  $\text{I}_2$  และผลิตภัณฑ์คือ  $\text{Fe}^{2+}$  ไอออน กับ  $\text{I}_2$  สามารถทำปฏิกิริยากันย้อนกลับมาเป็น  $\text{Fe}^{3+}$  ไอออน กับ  $\text{I}^-$  ไอออน และเมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปถึงจุดหนึ่งความเข้มข้นของสารทุกตัวในสมการจะคงที่ (โดยสารแต่ละตัวอาจมีความเข้มข้นเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้) ที่จุดนี้แสดงว่าปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุล แต่ปฏิกิริยาไม่ได้หยุดนิ่ง ยังคงมีการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับ โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ดังสมการ



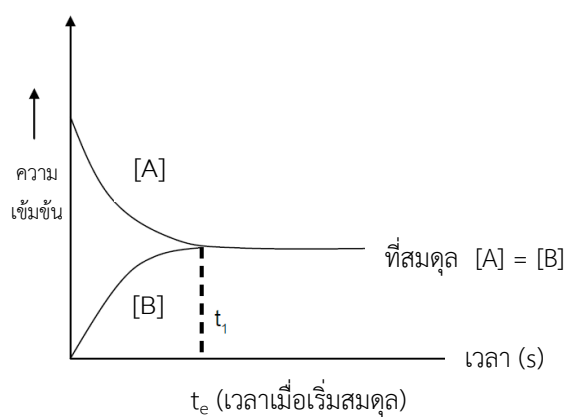
ภาพที่ 9 กราฟแสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับในการดำเนินเข้าสู่สมดุล



การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมีความเข้มข้นของสารในปฏิกิริยามีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้



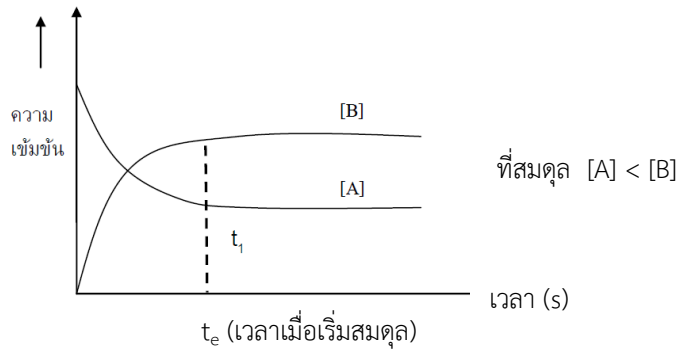
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้น (A) และสารผลิตภัณฑ์ (B) ในการดำเนินเข้าสู่สมดุลเขียนได้ดังนี้



ภาพที่ 10 กราฟแสดงระบบเข้าสู่สมดุล  $[A] = [B]$

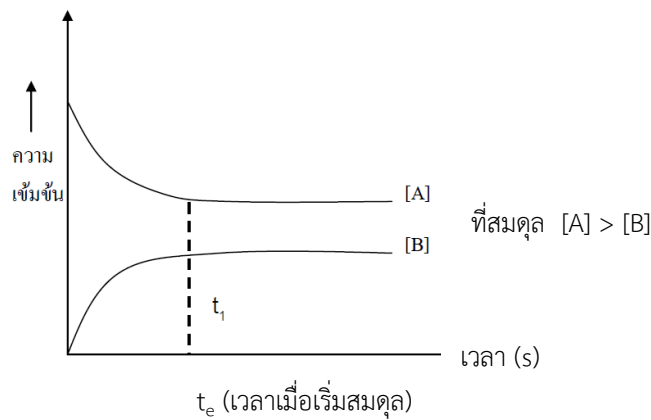
จากกราฟแสดงว่าเมื่อระบบเข้าสู่สมดุลความเข้มข้นของสาร A ที่เหลืออยู่เท่ากับสาร B ที่เกิดขึ้น





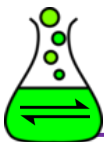
ภาพที่ 11 กราฟแสดงระบบเข้าสู่สมดุล  $[A] < [B]$

จากกราฟแสดงว่าเมื่อระบบเข้าสู่สมดุลความเข้มข้นของสาร A ที่เหลืออยู่น้อยกว่าสาร B ที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 12 กราฟแสดงระบบเข้าสู่สมดุล  $[A] > [B]$

จากกราฟ แสดงว่าเมื่อระบบเข้าสู่สมดุลความเข้มข้นของสาร A ที่เหลืออยู่มากกว่าสาร B ที่เกิดขึ้น



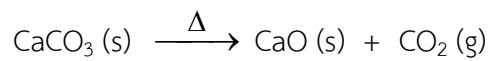




จ. การเตรียม  $\text{NH}_3$  ในภาชนะปิด เป็นระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลเพราะ  $\text{N}_2$  และ  $\text{H}_2$  รวมตัวได้  $\text{NH}_3$  ซึ่งสารทั้งหมดเป็นแก๊ส เมื่ออยู่ในภาชนะปิดไม่สามารถหนีออกไปได้ เมื่อ  $\text{NH}_3$  มีปริมาณมากขึ้น จะเกิดการสลายตัวกลับมาเป็น  $\text{N}_2$  และ  $\text{H}_2$  ด้วยเช่นกัน ดังสมการ



ฉ. การเผา  $\text{CaCO}_3$  จะได้แก๊ส  $\text{CO}_2$  จะหนีออกไปในอากาศ ทำให้ปฏิกิริยาย้อนกลับ ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ภาวะสมดุลจึงไม่เกิดขึ้นดังสมการ



## คำชี้แจง

ให้นักเรียนเขียนคำตอบหรืออธิบายตามที่กำหนดให้

1. ให้นักเรียนเขียนปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของระบบที่ทำให้ระบบอยู่ในภาวะสมดุล

(อย่างน้อย 3 ข้อ (3 คะแนน))

1.1 .....

1.2 .....

1.3 .....

1.4 .....

1.5 .....

1.6 .....

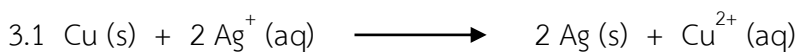
2. ให้นักเรียนเขียนสมบัติของระบบเมื่ออยู่ในภาวะสมดุลไดนามิก (อย่างน้อย 1 ข้อ) (1 คะแนน)

2.1 .....

2.2 .....

3. ถ้าปฏิกิริยาต่อไปนี้จะเกิดในภาชนะเปิดระบบจะเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกหรือไม่ พร้อมทั้งให้เหตุผล

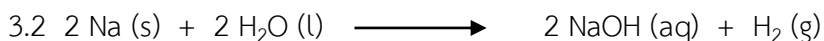
(2 คะแนน)



.....

.....

.....



.....

.....

.....



4. ถ้าใส่น้ำลงในขวดเพียงครึ่งขวดแล้วปิดฝา เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 °C จนระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล  
จงตอบคำถามต่อไปนี้ (4 คะแนน)

4.1 สมการการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า คือ .....

4.2 สมการการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ คือ .....

4.3 ก่อนเข้าสู่สมดุลระบบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร จงอธิบาย.....

.....

4.4 เมื่อระบบเข้าสู่สมดุลระบบมีสมบัติอย่างไร จงอธิบาย.....

.....

5. ระบบต่อไปนี้สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้หรือไม่ จงอธิบาย (5 คะแนน)

5.1 การบูรในขวดที่ปิดฝา.....

.....

.....

5.2 สารละลายซูโครสเจือจาง.....

.....

.....

5.3 เมื่อละลาย KI ลงในน้ำจนเหลือ KI ที่เป็นของแข็งที่ก้นภาชนะ.....

.....

.....

5.4 พรอทและไอพรอทในเทอร์มอมิเตอร์ ณ อุณหภูมิคงที่ .....

.....

.....

5.5 หลอดคะปิลลารีชนิดปลายเปิดทั้งสองด้านโดยที่ด้านหนึ่งจุ่มอยู่ในน้ำ.....

.....

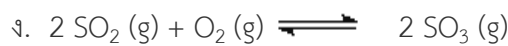
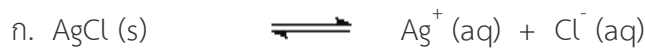
.....



## คำชี้แจง

- แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ 10 คะแนน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที
- ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อที่นักเรียนเลือก

1. ถ้าปฏิกิริยาต่อไปนี้จะเกิดในภาชนะเปิด ปฏิกิริยาในข้อใดสามารถเกิดภาวะสมดุลได้



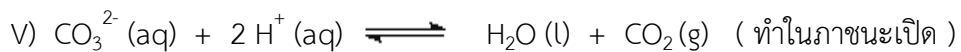
2. จงพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในข้อใดต่อไปนี้ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

I) เกล็ดไอโอดีนละลายน้ำ

II) ลูกเหม็นระเหิดในที่โล่งแจ้ง

III) เนื้อหมูถูกทิ้งไว้ 3 วัน แล้วเน่า

IV) น้ำระเหยกลายเป็นไอ ในภาชนะปิด



ก. I และ II

ข. I และ IV

ค. II และ IV

ง. II, III และ V

จ. III, IV และ V



จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 3- 4



3. จากข้อมูลที่กำหนดให้ ปฏิกิริยาในข้อใดเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ในภาวะปิด

- ก. I เท่านั้น
- ข. IV เท่านั้น
- ค. II และ III
- ง. I, II และ III
- จ. ทั้ง I, II, III และ IV

4. จากข้อมูลที่กำหนดให้ ปฏิกิริยาในข้อใดเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ในภาวะเปิด

- ก. IV เท่านั้น
- ข. I และ IV
- ค. I, II และ III
- ง. I, II และ IV
- จ. ทั้ง I, II, III และ IV

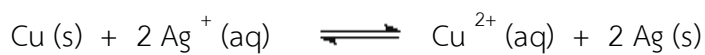
5. เมื่อนำสารตั้งต้น A ผสมกับสาร B ได้สารผลิตภัณฑ์ C และสาร D ถ้าต้องการตรวจสอบว่าปฏิกิริยานี้ผันกลับได้หรือไม่ ควรปฏิบัติตามข้อใด

- ก. ตรวจสอบหาสาร C และสาร D ในระบบ
- ข. ตรวจสอบมวลของสารในระบบว่าคงที่หรือไม่
- ค. ตรวจสอบว่ามวลของ A + B เท่ากับมวลของ C + D
- ง. นำสาร C มาทำปฏิกิริยากับสาร D แล้วตรวจสอบหาสาร A และสาร B
- จ. นำสาร C มาทำปฏิกิริยากับสาร D แล้วเติมตัวเร่งปฏิกิริยา แล้วตรวจสอบหาสาร A



6. สมดุลไดนามิก ณ ภาวะสมดุล มีความหมายตรงกับข้อใด
- ระบบจะยังมีสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์
  - ความเข้มข้นของสารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากัน
  - ความเข้มข้นของสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์มีค่าคงที่
  - การเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับยังดำเนินต่อไป
  - การเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับเกิดขึ้นเมื่อเติมตัวเร่งปฏิกิริยา

7. ถ้าปฏิกิริยาต่อไปนี้อยู่ในภาวะสมดุล

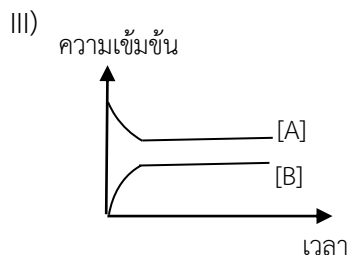
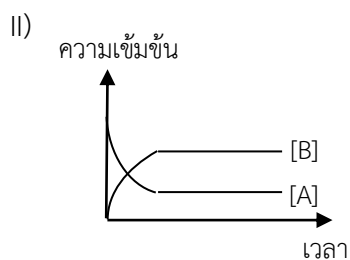
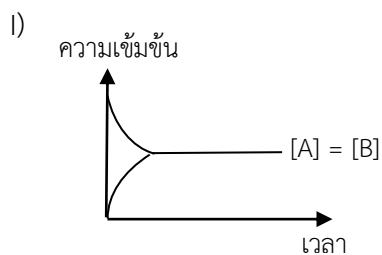


ข้อสรุปข้อใดถูกต้อง

- ความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะเท่ากัน
- ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์จะเท่ากัน
- ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จะคงที่
- ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จะเท่ากัน
- ความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์มากกว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้น



8. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้น (A) และสารผลิตภัณฑ์ (B) ในการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล



จากข้อมูลที่กำหนดให้ กราฟในข้อใดแสดงโอกาสการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมีแบบผันกลับได้ได้ถูกต้อง

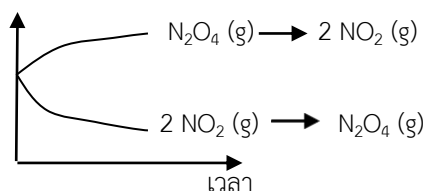
- ก. I เท่านั้น
- ข. II เท่านั้น
- ค. III เท่านั้น
- ง. II และ III
- จ. ทั้ง I, II และ III



9. ปฏิกิริยาเคมี  $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$  ดำเนินไปจนสู่ภาวะสมดุล ถ้าสร้างกราฟของอัตราการเกิดปฏิกิริยากับเวลา ควรได้กราฟตามข้อใด

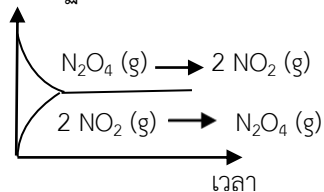
ก.

อัตราการเกิดปฏิกิริยา



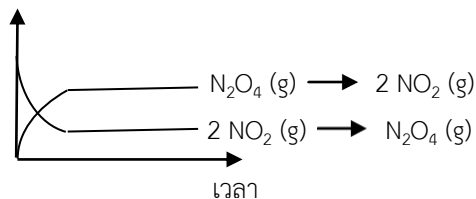
ข.

อัตราการเกิดปฏิกิริยา



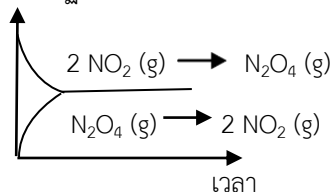
ค.

อัตราการเกิดปฏิกิริยา



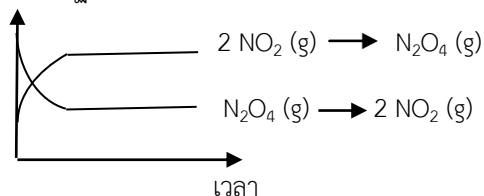
ง.

อัตราการเกิดปฏิกิริยา

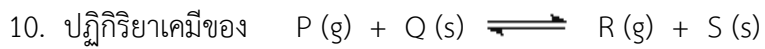


จ.

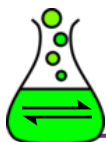
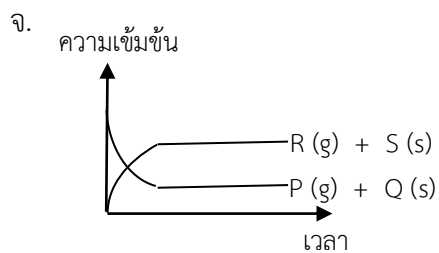
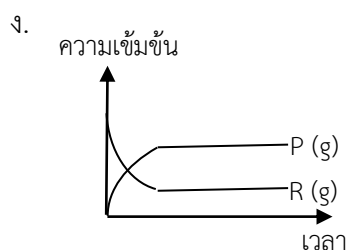
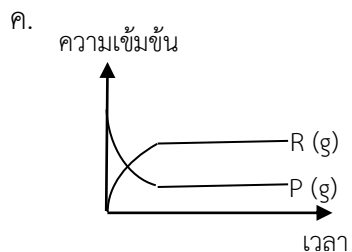
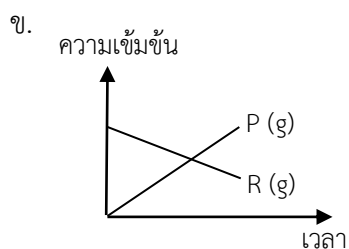
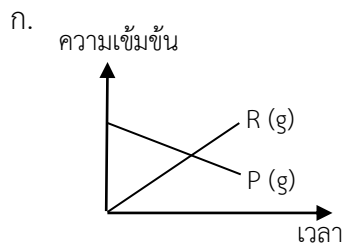
อัตราการเกิดปฏิกิริยา







ถ้าสร้างกราฟของความเข้มข้นกับเวลา ควรได้กราฟตามข้อใด



**กระดาษคำตอบ**  
แบบทดสอบหลังเรียน

**ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้  
และที่ภาวะสมดุล**

**คำชี้แจง**

ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในกระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อที่นักเรียนเลือก

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

คะแนนเต็ม	10
คะแนนที่ได้	
คิดเป็นร้อยละ	

**ผลการประเมิน**

- ดีมาก
- ดี
- พอใช้
- ปรับปรุง

ลงชื่อ ..... ผู้ตรวจ  
( ..... )

**เกณฑ์การประเมิน**

ระดับคะแนน 9 – 10

ระดับคะแนน 7 – 8

ระดับคะแนน 5 – 6

ระดับคะแนน 0 – 4

ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ ดีมาก

ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ ดี

ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ พอใช้

ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ ปรับปรุง





## บรรณานุกรม

- กฤษณา ชูติมา. (2545). *หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และ คณิตา ตั้งคณานุรักษ์. (2548). *แบบฝึกเสริมประสบการณ์เคมีพื้นฐาน และเพิ่มเติม เล่ม 3 ม.5*. กรุงเทพฯ : แม็ค.
- พินิติ รตะนานุกูล. (2551). *เคมี 3 โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิ สอวน*.  
กรุงเทพฯ : บริษัทด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด
- วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2541). *Intensive Chemistry for Entrance*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์  
ดอกหญ้าวิชาการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3*.  
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสศ. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี  
เล่ม 3*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสศ. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2547). *พจนานุกรมศัพท์วิทยาศาสตร์-  
คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : บริษัท ราก ขวัญ จำกัด
- สุทัศน์ ไตรสถิตวร. (2543). *คู่มือเตรียมสอบเคมี เล่ม 3-4 ม.5*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ฐานบัญญัติ.
- สำราญ พงษ์สุนทร. (2553). *คู่มือเตรียมสอบเคมี เล่ม 3-4 ม.5*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เพิ่มทรัพย์  
การพิมพ์.
- Brady, J.E. (1990). *General Chemistry*. : New York
- Brady J.E. and Holum J.R., (1993). *Chemistry : The Study of Matter and Its Changes*,  
*John Wiley and Sons*. : New York
- Petrucci R.H. and Harwood W.S. (1993). *General Chemistry. Principles and  
Modern Applications, 6th ed* . : Macmillan New York
- Raymon Chang. (2008). *Chemistry. Graw-Hill Higher Education*. : New York.
- Russel, J.B. (1992). *General Chemistry*. : McGraw-Hill, Inc
- Shoemaker D.P., Garland C.W., Steinfeld J.I. and Nibler J. W. (1998). *Experiments  
in Physical Chemistry, 4th ed*. : McGraw-Hill, Inc.
- Silberberg M. S. (2003). *Chemistry Mc Graw-Hill Higher Education*. : New York.



ภาคผนวก



เฉลย

แบบทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน

**เฉลย**  
แบบทดสอบก่อนเรียน

**ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้  
และที่ภาวะสมดุล**

**คำชี้แจง**

ให้นักเรียนตรวจคำตอบของการทดสอบหลังเรียนจากการเฉลย ดังนี้

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



**เฉลย**  
แบบทดสอบหลังเรียน

**ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้  
และที่ภาวะสมดุล**

**คำชี้แจง**

ให้นักเรียนตรวจคำตอบของการทดสอบหลังเรียนจากการเฉลย ดังนี้

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





เฉลย

บัตรกิจกรรม



เฉลย  
บัตรกิจกรรมที่ 1.1

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้  
และที่ภาวะสมดุล

แบบรายงานผลการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง ..... ชั้น ม.5/..... กลุ่มที่ .....

การทดลองที่ 1 เรื่อง ปฏิกริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)

ผู้ทำการทดลอง

ที่	ชื่อ - นามสกุล	หน้าที่ในกลุ่ม	เลขที่
1			
2			
3			
4			
5			

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาผันกลับได้
2. อธิบายความหมายและยกตัวอย่างปฏิกิริยาผันกลับได้

สมมติฐาน ปฏิกริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้

ตัวแปรต้น ปฏิกริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)

ตัวแปรตาม ปฏิกริยาผันกลับได้

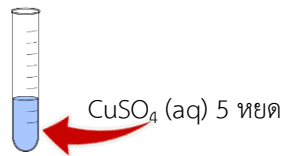
ตัวแปรควบคุม สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ), ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ขนาดหยดของสาร เวลาที่ใช้ในการทดลอง และสถานะในการทดลอง



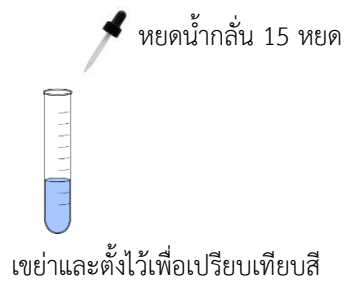
แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลอง

หลอดทดลองที่ 1

ขั้นตอนที่ 1

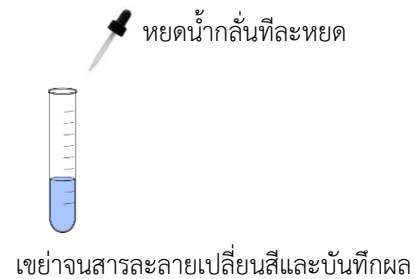
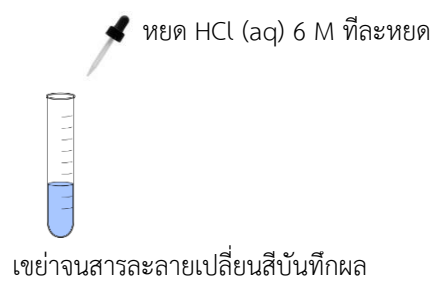
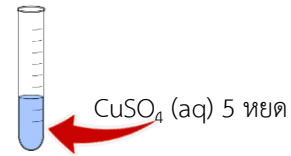


ขั้นตอนที่ 2



ขั้นตอนที่ 3

หลอดทดลองที่ 2



\* ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 และ 3 ของหลอดทดลองที่ 2 สังเกตการเปลี่ยนแปลง

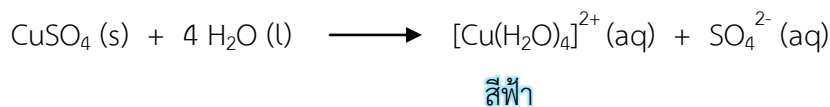


## บันทึกผลการทดลอง

ผลึกคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต เมื่อนำมาละลายในน้ำจะได้สารละลายมีสีฟ้า และเมื่อหยดสารละลายกรดไฮโดรคลอริกลงในสารละลายสีฟ้าของคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต จะได้สารละลายสีเขียวแกมเหลือง เมื่อเติมน้ำลงในสารละลายสีเขียวแกมเหลืองจะได้สารละลายสีฟ้ากลับคืนมา

## สรุปผลการทดลอง

1. เมื่อนำผลึกคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) ไปละลายในน้ำ คอปเปอร์ (II) ไอออน ( $\text{Cu}^{2+}$ ) จะถูกโมเลกุลของน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ล้อมรอบ 4 โมเลกุล เกิดเป็นเตตระอควาคอปเปอร์ (II) ไอออน ( $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ ) ทำให้สารละลายมีสีฟ้า สามารถเขียนอธิบาย ดังสมการ

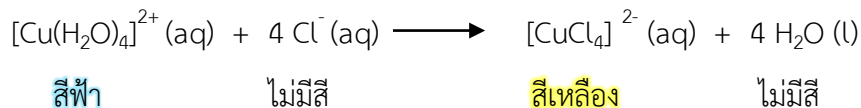


2. สารละลาย HCl แตกตัวได้  $\text{H}^+$  กับ  $\text{Cl}^-$  เมื่อหยดสารละลาย HCl ลงในสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  ซึ่งมีสีฟ้า ได้สารละลายสีเขียวแกมเหลืองเกิดขึ้น เนื่องจาก  $\text{Cl}^-$  จาก HCl เข้าไปทำปฏิกิริยาแทนที่  $\text{H}_2\text{O}$  ใน  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  เกิดเป็นเตตระคลอโรคิวเปรต (II) ( $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ) ซึ่งมีสีเหลือง แต่จากการทดลองจะได้สารละลายสีเขียวแกมเหลือง ซึ่งเป็นสีผสมระหว่างสีฟ้าของ  $\text{Cu}^{2+} (\text{aq})$  กับสีเหลืองของ  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  เมื่อหยดน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ลงไปในสารละลายสีเขียวแกมเหลือง สารละลายจะเปลี่ยนกลับเป็นสีฟ้าเหมือนเดิม แสดงว่าโมเลกุลของ  $\text{H}_2\text{O}$  เข้าไปเกิดปฏิกิริยาแทนที่  $\text{Cl}^-$  เกิดเป็น  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$

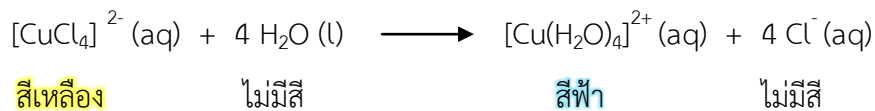
3. การเปลี่ยนแปลงของ  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  เมื่อเติมกรด HCl เป็นปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  ซึ่งมีสีเหลือง เมื่อเติม  $\text{H}_2\text{O}$  ลงไป ปฏิกิริยาจะเกิดย้อนกลับได้  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  ซึ่งมีสีฟ้ากลับคืนมา ปฏิกิริยาระหว่าง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  กับ HCl และน้ำ จึงเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ สามารถเขียนอธิบาย ดังสมการ



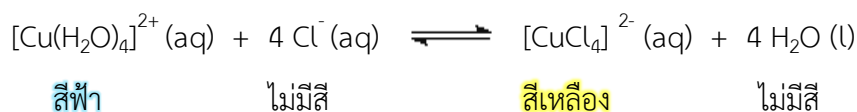
### ปฏิกิริยาไปข้างหน้า



### ปฏิกิริยาย้อนกลับ

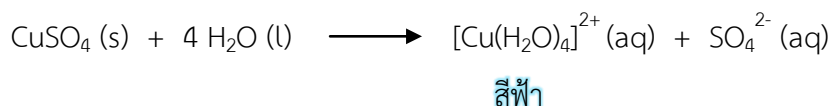


### ปฏิกิริยาผันกลับได้



## เฉลยคำถามหลังการทดลอง

จากการทดลองนักเรียนคิดว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้หรือไม่ เพราะเหตุใด  
ผันกลับได้เพราะว่าเมื่อนำผลึกคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) ไปละลายในน้ำ คอปเปอร์ (II)  
ไอออน ( $\text{Cu}^{2+}$ ) จะถูกโมเลกุลของน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ล้อมรอบ 4 โมเลกุล เกิดเป็นเตตระอควาคอปเปอร์ (II)  
ไอออน ( $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ ) ทำให้สารละลายมีสีฟ้า สามารถเขียนอธิบาย ดังสมการ

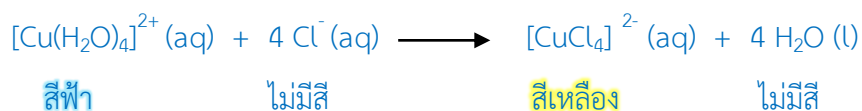


และเมื่อนำสารละลาย HCl แยกตัวได้  $\text{H}^+$  กับ  $\text{Cl}^-$  เมื่อหยดสารละลาย HCl ลงในสารละลาย  
 $\text{CuSO}_4$  ซึ่งมีสีฟ้า ได้สารละลายสีเขียวแกมเหลืองเกิดขึ้น เนื่องจาก  $\text{Cl}^-$  จาก HCl เข้าไปทำปฏิกิริยา  
แทนที่  $\text{H}_2\text{O}$  ใน  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  เกิดเป็นเตตระคลอโรคิวเปรต (II) ( $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ) ซึ่งมีสีเหลือง แต่จากการ  
ทดลองจะได้สารละลายสีเขียวแกมเหลือง ซึ่งเป็นสัณฐานระหว่างสีฟ้าของ  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  กับสีเหลือง  
ของ  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  เมื่อหยดน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ลงไปในสารละลายสีเขียวแกมเหลือง สารละลายจะเปลี่ยนกลับ  
เป็นสีฟ้าเหมือนเดิม แสดงว่าโมเลกุลของ  $\text{H}_2\text{O}$  เข้าไปเกิดปฏิกิริยาแทนที่  $\text{Cl}^-$  เกิดเป็น  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$

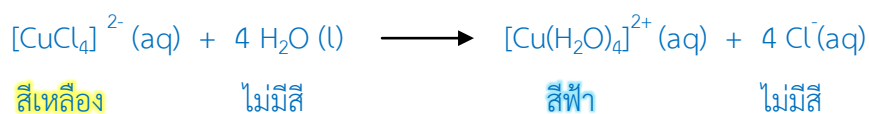


โดยที่การเปลี่ยนแปลงของ  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  เมื่อเติมกรด HCl เป็นปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  ซึ่งมีสีเหลือง เมื่อเติม  $\text{H}_2\text{O}$  ลงไป ปฏิกิริยาจะเกิดย้อนกลับได้  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  ซึ่งมีสีฟ้ากลับคืนมา ปฏิกิริยาระหว่าง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  กับ HCl และน้ำ จึงเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ สามารถเขียนอธิบาย ดังสมการ

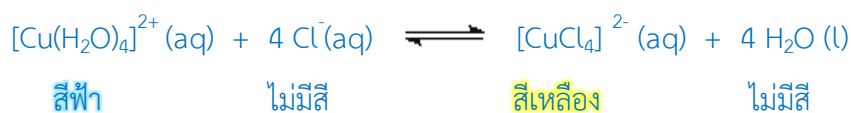
#### ปฏิกิริยาไปข้างหน้า



#### ปฏิกิริยาย้อนกลับ



#### ปฏิกิริยาผันกลับได้



แบบรายงานผลการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง ..... ชั้น ม.5/..... กลุ่มที่ .....

การทดลองที่ 2 เรื่อง การทดสอบไอร์ออน (III) ไอออน ( $Fe^{3+}$ ), ไอร์ออน (II) ไอออน ( $Fe^{2+}$ )

และไอโอดีน ( $I_2$ )

ผู้ทำการทดลอง

ที่	ชื่อ - นามสกุล	หน้าที่ในกลุ่ม	เลขที่
1			
2			
3			
4			
5			

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อทดสอบ ไอร์ออน (III) ไอออน ( $Fe^{3+}$ ) ไอร์ออน (II) ไอออน ( $Fe^{2+}$ ) และ ไอโอดีน ( $I_2$ ) ได้

2. บอกวิธีการทดสอบ ไอร์ออน (III) ไอออน ( $Fe^{3+}$ ) ไอร์ออน (II) ไอออน ( $Fe^{2+}$ ) และ ไอโอดีน ( $I_2$ ) ได้

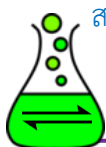
สมมติฐาน ใช้สารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต ( $NH_4SCN$ ) สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต ( $K_3Fe(CN)_6$ ) ทดสอบ  $Fe^{3+}$   $Fe^{2+}$  และน้ำแป้ง ทดสอบ ไอโอดีน ( $I_2$ ) แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้

ตัวแปรต้น  $NH_4SCN$ ,  $K_3Fe(CN)_6$  และ น้ำแป้ง ทดสอบสาร  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$  และ  $I_2$

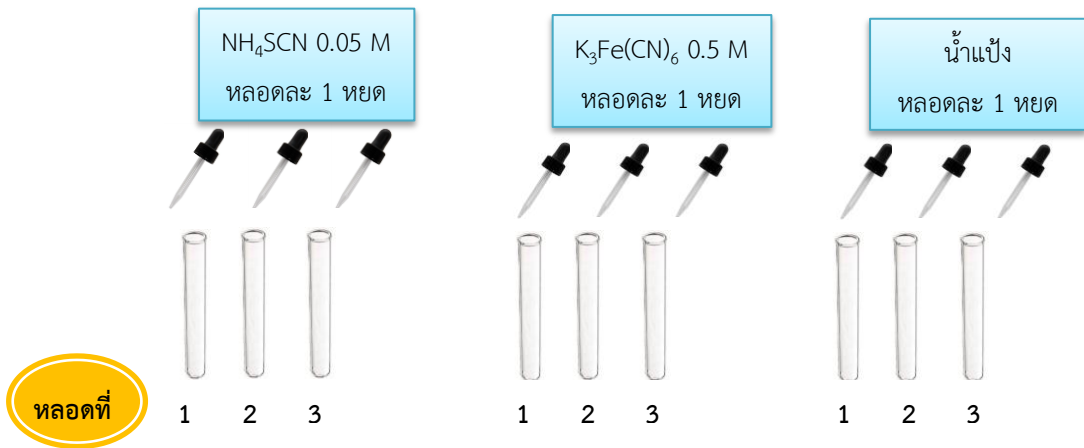
ตัวแปรตาม การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้

ตัวแปรควบคุม จำนวนหยดของสารละลาย  $Fe(NO_3)_3$ ,  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$  และ  $I_2$  ในเอทานอล, จำนวนหยดของสารทดสอบ  $NH_4SCN$ ,  $K_3Fe(CN)_6$  และ น้ำแป้ง, เวลาที่ใช้ในการทดสอบ,

สถานะในการทดลอง



แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลอง



หมายเหตุ

หลอดที่ 1 หยดสารละลาย Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> 5 หยด

หลอดที่ 2 หยดสารละลาย (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 5 หยด

หลอดที่ 3 หยดสารละลาย I<sub>2</sub> ในเอทานอล 5 หยด

\* สังเกตการเปลี่ยนแปลง

\* บันทึกผล



### บันทึกผลการทดลอง

สารที่ทดสอบ	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้เมื่อเติมสารละลาย		
	NH <sub>4</sub> SCN	K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	น้ำแป้ง
Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีแดงสด	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแกมเขียว	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	มีตะกอนสีน้ำเงินเกิดขึ้นและสารละลายตอนบนใสไม่มีสี	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง
I <sub>2</sub>	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	มีสารละลายสีน้ำเงินเข้มเกิดขึ้น

### สรุปผลการทดลอง

- ใช้สารละลาย NH<sub>4</sub>SCN สำหรับทดสอบ Fe<sup>3+</sup> ซึ่งได้สารสีแดงสด
- สารละลาย K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] สามารถทำปฏิกิริยาได้ทั้ง Fe<sup>2+</sup> และ Fe<sup>3+</sup> แต่การทำปฏิกิริยากับ Fe<sup>2+</sup> มีตะกอนสีน้ำเงินเกิดขึ้นชัดเจนมาก ดังนั้นจึงใช้สารละลาย K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] สำหรับทดสอบ Fe<sup>2+</sup> ซึ่งได้ตะกอนสีน้ำเงิน
- ใช้น้ำแป้งสำหรับทดสอบ I<sub>2</sub> ซึ่งได้สารสีน้ำเงินเข้ม





## เฉลยคำถามหลังการทดลอง

### คำชี้แจง

ให้นักเรียนเขียนคำตอบหรืออธิบายตามที่กำหนดให้

1. ในสารละลายไอร์ออน (III) ไนเตรต ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ) และสารละลายแอมโมเนียมไอร์ออน (II) ซัลเฟต ( $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ) ประกอบด้วยไอออนใดบ้าง และไอออนใดที่ต้องการทดสอบ

สารละลายไอร์ออน (III) ไนเตรต ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ) ประกอบด้วยไอร์ออน (III) ไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) และไนเตรตไอออน ( $\text{NO}_3^-$ ) โดยที่ไอออนที่ต้องการทดสอบ คือ  $\text{Fe}^{3+}$

สารละลายแอมโมเนียมไอร์ออน (II) ซัลเฟต ( $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ) ประกอบด้วยไอร์ออน (II) ไอออน ( $\text{Fe}^{2+}$ ), แอมโมเนียมไอออน ( $\text{NH}_4^+$ ) และ ซัลเฟตไอออน ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) โดยที่ไอออนที่ต้องการทดสอบ คือ  $\text{Fe}^{2+}$

2. ในสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ), สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอเรต (III) ( $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ) และน้ำแป้ง ใช้ทดสอบไอออนหรือสารใด และผลการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้เป็นอย่างไร

- สารละลาย  $\text{NH}_4\text{SCN}$  สำหรับทดสอบ ไอร์ออน (III) ไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ซึ่งได้สารสีแดงสด
- สารละลาย  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  สำหรับทดสอบ  $\text{Fe}^{2+}$  ซึ่งได้ตะกอนสีน้ำเงิน
- น้ำแป้ง สำหรับทดสอบ  $\text{I}_2$  ซึ่งได้สารสีน้ำเงินเข้ม



## แบบรายงานผลการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง ..... ชั้น ม.5/..... กลุ่มที่ .....

การทดลองที่ 3 เรื่อง การทดสอบภาวะสมดุลระหว่างไอร์ออน (III) ไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) และไอร์ออน (II) ไอออน ( $\text{Fe}^{2+}$ )

ผู้ทำการทดลอง

ที่	ชื่อ - นามสกุล	หน้าที่ในกลุ่ม	เลขที่
1			
2			
3			
4			
5			

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาภาวะสมดุลระหว่าง ระหว่างไอร์ออน (III) ไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) และไอร์ออน (II) ไอออน ( $\text{Fe}^{2+}$ )

2. ทดสอบปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงภาวะสมดุลได้

**สมมติฐาน** ใช้สารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ), สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III) ( $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ) และน้ำแข็ง ทดสอบการเข้าสู่ภาวะสมดุลระหว่างไอร์ออน (III) ไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) และไอร์ออน (II) ไอออน ( $\text{Fe}^{2+}$ ) แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้

**ตัวแปรต้น**  $\text{NH}_4\text{SCN}$   $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  และน้ำแข็ง ทดสอบการเข้าสู่ภาวะสมดุลระหว่าง  $\text{Fe}^{3+}$   $\text{Fe}^{2+}$

**ตัวแปรตาม** การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้

**ตัวแปรควบคุม** จำนวนหยดสาร  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  และ KI, จำนวนหยดสาร  $\text{NH}_4\text{SCN}$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  และน้ำแข็งสุก, จำนวนหยดสาร  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  และ  $\text{I}_2$  ในเอทานอล



แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลอง

ตอนที่ 1

หยดสาร  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  0.05 M 5 หยด

หยดสาร KI 0.05 M 5 หยด

หลอด A B

เก็บไว้เปรียบเทียบกับ

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  0.05 M 5 หยด  
รวมกับ KI 0.05 M 5 หยด

หลอดที่ 1 2 3 4

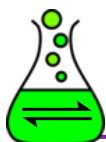
ปิดจุก เขย่าเบาๆ และตั้งไว้จนสังเกต  
ไม่เห็น การเปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบสี  
ของสีทั้ง 4 หลอด กับสารละลาย  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$   
และ KI ด้านซ้ายมือ บันทึกผล

นำสารผสมจากด้านบน  
มาทดลองต่อ ดังนี้

หลอดที่ 1 2 3 4

หลอดที่ 1 เก็บไว้เปรียบเทียบกับ  
หลอดที่ 2 หยดสาร  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  0.5 M 2 หยด  
หลอดที่ 3 หยดน้ำแป้งสุก 2 หยด  
หลอดที่ 4 หยดสาร  $\text{NH}_4\text{SCN}$  0.5 M 2 หยด

สังเกตการเปลี่ยนแปลง และเปรียบเทียบสี  
ของสารในหลอดที่ 2 - 4 กับหลอดที่ 1 บันทึกผล



## ตอนที่ 2

หยดสาร  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  0.05 M 5 หยด

หยดสาร  $\text{I}_2$  ในเอทานอล 5 หยด

หลอด A B

เก็บไว้เปรียบเทียบสี

$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  0.05 M 10 หยด  
รวมกับ  $\text{I}_2$  ในเอทานอล 5 หยด



ปิดหลอดด้วยจุกยาง เขย่าเบาๆ สังเกต  
การเปลี่ยนแปลง และเปรียบเทียบสี  
ของสารกับสารละลาย  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$   
และ  $\text{I}_2$  ในเอทานอล ด้านซ้ายมือ บันทึกผล

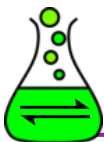


นำสารผสมจากด้านบน  
มาทดลองต่อ ดังนี้

หยดสาร  $\text{NH}_4\text{SCN}$  2 หยด



สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



## บันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

หลอดที่	สารที่ผสมกัน	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้
1	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI}$	สารละลายสีเหลืองเข้ม
2	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI} + \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	ตะกอนสีน้ำเงิน
3	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI} + \text{น้ำแข็งสุก}$	สารละลายสีน้ำเงิน
4	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{KI} + \text{NH}_4\text{SCN}$	สารละลายสีแดง

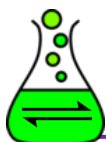
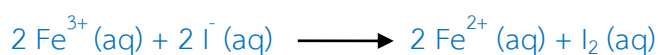
ตอนที่ 2 ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้
หยดสารละลาย $\text{I}_2$ ในเอทานอลลงในสารละลาย $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$	สารละลายสีน้ำตาลแกมเหลือง (แตกต่างจากสีของ $\text{I}_2$ ในเอทานอลเล็กน้อย)
เติมสารละลาย $\text{NH}_4\text{SCN}$ ลงในสารละลายผสมของ $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ และ $\text{I}_2$ ในเอทานอล	สารละลายสีแดง

## สรุปผลการทดลอง

ตอนที่ 1

สารละลาย  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  มีสีเหลือง สารละลาย  $\text{KI}$  ไม่มีสี เมื่อผสมสารละลาย  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  กับสารละลาย  $\text{KI}$  ได้สารละลายสีเหลืองเข้ม เมื่อหยดสาร  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ลงในสารละลายผสม ได้ตะกอนสีน้ำเงิน แสดงว่าในระบบมี  $\text{Fe}^{2+}$  เกิดขึ้น และเมื่อหยดน้ำแข็งได้สารสีน้ำเงิน แสดงว่าในระบบมี  $\text{I}_2$  เกิดขึ้นด้วย จึงสรุปได้ว่าปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  กับ  $\text{KI}$  ได้ผลิตภัณฑ์เป็น  $\text{Fe}^{2+}$  และ  $\text{I}_2$  ดังสมการ



ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และที่ภาวะสมดุล

เมื่อพิจารณาสมการ พบว่า  $\text{Fe}^{3+}$  ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{I}^-$  ด้วยจำนวนโมลที่เท่ากัน  
 ดังนั้น สารละลาย KI  $0.05 \text{ mol/dm}^3$  10 หยด จึงควรจะทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$   
 $0.05 \text{ mol/dm}^3$  10 หยด แต่ในการทดลองใช้สารละลาย KI 10 หยด และ  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  5 หยด  
 แสดงว่าใช้ KI มากเกินไป จึงไม่ควรมี  $\text{Fe}^{3+}$  เหลืออยู่ในระบบ จากการตรวจสอบโดยเติมสารละลาย  
 $\text{NH}_4\text{SCN}$  พบว่าเกิดสารละลายสีแดง แสดงว่ามี  $\text{Fe}^{3+}$  อยู่ในระบบด้วย  $\text{Fe}^{3+}$  ที่ตรวจพบเป็นสาร  
 ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาย้อนกลับซึ่งจะตรวจสอบได้จากการทดลอง

## ตอนที่ 2

ในสารละลาย  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  ซึ่งประกอบไปด้วย  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$   
 เมื่อเติมสารละลาย  $\text{I}_2$  ในเอทานอลลงไป พบว่าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแกมเหลือง  
 และเมื่อทดสอบด้วย  $\text{NH}_4\text{SCN}$  สารละลายเปลี่ยนเป็นสีแดง แสดงว่ามี  $\text{Fe}^{3+}$  เกิดขึ้น จึงสรุปได้ว่า  
 $\text{Fe}^{2+}$  ทำปฏิกิริยากับ  $\text{I}_2$  ได้  $\text{Fe}^{3+}$  เป็นผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งควรจะเป็น  $\text{I}^-$  ซึ่งเป็นสาร  
 ไม่มีสี ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังสมการ



ดังนั้น ปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{Fe}^{2+}$  กับ  $\text{I}_2$  จึงเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ สมการ ณ ภาวะสมดุล  
 เขียนสมการได้ ดังนี้

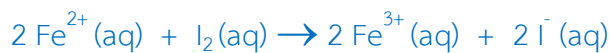


## เฉลยคำถามหลังการทดลอง

### คำชี้แจง

ให้นักเรียนเขียนคำตอบหรืออธิบายตามที่กำหนดให้

1. ไอร์ออน (II) ไอออน ทำปฏิกิริยากับไอโอดีนหรือไม่ และทราบได้อย่างไร จงเขียนอธิบาย  
ไอร์ออน (II) ไอออน ทำปฏิกิริยากับไอโอดีนได้ เนื่องจากการทดลอง เมื่อผสมสาร  
(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> ซึ่งประกอบไปด้วย NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup> และ SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> เมื่อเติมสารละลาย I<sub>2</sub> ในเอทานอลลงไป  
พบว่าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแกมเหลือง ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ

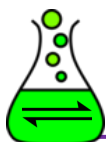


2. ผลลัพธ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไอร์ออน (II) ไอออน กับ ไอโอดีน คือสาร  
หรือไอออนใดและทราบได้อย่างไร จงเขียนอธิบาย

จากการทดลองในสารละลาย (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> ซึ่งประกอบไปด้วย NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup> และ SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>  
เมื่อเติมสารละลาย I<sub>2</sub> ในเอทานอลลงไป พบว่าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแกมเหลือง และเมื่อ  
ทดสอบด้วย NH<sub>4</sub>SCN สารละลายเปลี่ยนเป็นสีแดง แสดงว่ามี Fe<sup>3+</sup> เกิดขึ้น จึงสรุปได้ว่า Fe<sup>2+</sup>  
ทำปฏิกิริยากับ I<sub>2</sub> ได้ Fe<sup>3+</sup> เป็นผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งควรจะเป็น I<sup>-</sup> ซึ่งเป็นสารไม่มีสี  
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังสมการ



ดังนั้น ปฏิกิริยาระหว่าง Fe<sup>2+</sup> กับ I<sub>2</sub> จึงเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ สมการ ณ ภาวะสมดุล  
เขียนได้ ดังนี้





เฉลยแบบฝึกเสริมทักษะ

และเกณฑ์การให้คะแนน



<b>เฉลย</b>	<b>การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้</b>	<b>5 คะแนน</b>
<b>แบบฝึกเสริมทักษะที่ 1.1</b>		

**คำชี้แจง**

ให้นักเรียนเขียนคำตอบหรืออธิบายตามที่กำหนดให้

1. จงเปรียบเทียบว่าระบบปิด และระบบเปิด เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร  
**ส่วนที่เหมือนกัน** คือ มีการถ่ายเทพลังงานระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม  
**ส่วนที่แตกต่างกัน** คือ มวลของสารก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลง
2. การเปลี่ยนแปลงของสารที่ผันกลับได้มี 3 ประเภท ให้นักเรียนยกตัวอย่างพร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับประเภทละ 1 ตัวอย่าง (3 คะแนน)
  - 2.1) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเปลี่ยนสถานะของสาร

**ตัวอย่างเช่น**

- 1) น้ำแข็ง  $\rightarrow$  หยดน้ำ หยดน้ำ  $\rightarrow$  น้ำแข็ง และน้ำแข็ง  $\rightleftharpoons$  หยดน้ำ
- 2) หยดน้ำ  $\rightarrow$  ไอ น้ำ ไอ น้ำ  $\rightarrow$  หยดน้ำ หยดน้ำ  $\rightleftharpoons$  ไอ น้ำ
- 3) เกล็ดไอโอดีน  $\rightarrow$  แก๊สไอโอดีน แก๊สไอโอดีน  $\rightarrow$  เกล็ดไอโอดีน

เกล็ดไอโอดีน  $\rightleftharpoons$  แก๊สไอโอดีน

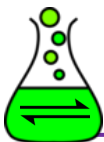
(หรือตัวอย่างอื่นตามแนวคิดของนักเรียน)

- 2.2) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการละลาย

**ตัวอย่างเช่น**

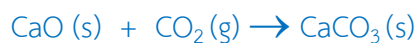
- 1)  $\text{NaCl (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{Na}^+ \text{(aq)} + \text{Cl}^- \text{(aq)}$   
 $\text{Na}^+ \text{(aq)} + \text{Cl}^- \text{(aq)} \rightarrow \text{NaCl (s)} + \text{H}_2\text{O (l)}$   
 $\text{NaCl (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{Na}^+ \text{(aq)} + \text{Cl}^- \text{(aq)}$
- 2)  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{(s)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{(aq)}$   
 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{(aq)} \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{(s)} + \text{H}_2\text{O (l)}$   
 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{(s)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{(aq)}$

(หรือตัวอย่างอื่นตามแนวคิดของนักเรียน)



### 2.3) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเกิดปฏิกิริยาเคมี

#### ตัวอย่างเช่น



(หรือตัวอย่างอื่นตามแนวคิดของนักเรียน)

### 3. ในระบบของขวดน้ำดื่มปิดฝาสนิทจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้หรือไม่

จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ

ขวดน้ำดื่มปิดฝา ผันกลับได้ เพราะว่าขวดน้ำดื่มปิดฝา เป็นระบบปิด

เช่น น้ำ  $\rightarrow$  ไอน้ำ ไอน้ำ  $\rightarrow$  น้ำ น้ำ  $\rightleftharpoons$  ไอน้ำ



## เกณฑ์การให้คะแนน

### แบบฝึกเสริมทักษะที่ 1.1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

1. จงเปรียบเทียบว่าระบบเปิดและระบบปิดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่างของระบบเปิดและระบบปิดได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนไม่สามารถเปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่างของระบบเปิดและระบบปิดได้อย่างถูกต้อง

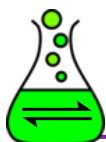
2. การเปลี่ยนแปลงของสารที่ผันกลับได้มี 3 ประเภท ให้นักเรียนยกตัวอย่างพร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับประเภทละ 1 ตัวอย่าง (3 คะแนน)

- 2.1) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเปลี่ยนสถานะของสาร (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถยกตัวอย่างพร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับของการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเปลี่ยนสถานะของสารได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนไม่สามารถยกตัวอย่างพร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับของการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเปลี่ยนสถานะของสารได้อย่างถูกต้อง

- 2.2) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการละลาย (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถยกตัวอย่างพร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับของการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการละลายได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนไม่สามารถยกตัวอย่างพร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับของการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการละลายได้อย่างถูกต้อง

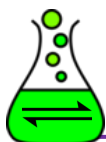


2.3) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถยกตัวอย่างพร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับของการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนไม่สามารถยกตัวอย่างพร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับของการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้อย่างถูกต้อง

3. ในระบบของขวดน้ำดื่มปิดฝาสนิทจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้หรือไม่  
จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ (1 คะแนน)

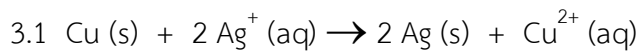
ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถอธิบายว่าระบบของขวดน้ำดื่มปิดฝาสนิทจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และให้เหตุผลประกอบได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนไม่สามารถอธิบายว่าระบบของขวดน้ำดื่มปิดฝาสนิทจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้ หรือสามารถอธิบายว่าระบบของขวดน้ำดื่มปิดฝาสนิทจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้แต่ไม่สามารถให้เหตุผลประกอบได้อย่างถูกต้อง



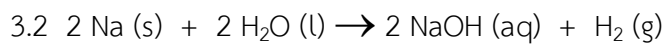
<b>เฉลย</b>	<b>การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล</b>	<b>15 คะแนน</b>
<b>แบบฝึกเสริมทักษะที่ 1.2</b>		

**คำชี้แจง**      ให้นักเรียนเขียนคำตอบหรืออธิบายตามที่กำหนดให้

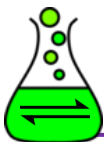
1. ให้นักเรียนเขียนปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของระบบที่ทำให้ระบบอยู่ในภาวะสมดุล (อย่างน้อย 3 ข้อ (3 คะแนน))
  - 1.1 เกิดในระบบปิด
  - 1.2 มีสมดุลไดนามิก
  - 1.3 ยังมีสารตั้งต้นเหลืออยู่
  - 1.4 ระบบสามารถเข้าสู่สมดุลได้ไม่ว่าจะเริ่มต้นจากไปข้างหน้าหรือย้อนกลับ
  - 1.5 เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้
  - 1.6 ความเข้มข้น, ความดัน และ อุณหภูมิมีผลต่อภาวะสมดุล
2. ให้นักเรียนเขียนสมบัติของระบบเมื่ออยู่ในภาวะสมดุลไดนามิก (อย่างน้อย 1 ข้อ) (1 คะแนน)
  - 2.1 อัตราการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ
  - 2.2 ณ ภาวะสมดุลระบบยังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลา
3. ถ้าปฏิกิริยาต่อไปนี้จะเกิดในภาชนะเปิดระบบจะเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกหรือไม่ พร้อมทั้งให้เหตุผล (2 คะแนน)



ระบบจะเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้ เพราะว่าผลิตภัณฑ์เกิดเป็น Ag (s) + Cu<sup>2+</sup> (aq) ซึ่งเป็นสถานะของแข็ง และสารละลาย ไม่ใช่สถานะแก๊ส จึงทำให้สารผลิตภัณฑ์สามารถทำปฏิกิริยากันได้ปฏิกิริยาย้อนกลับมาเป็นสารตั้งต้นและ ณ ภาวะสมดุลระบบยังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลา ดังนั้นระบบจะเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิก



ระบบจะเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิก ไม่ได้ เพราะว่าผลิตภัณฑ์เกิดเป็นแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งโดยภาชนะเปิดแก๊ส H<sub>2</sub> จึงออกสู่สิ่งแวดล้อม จึงทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ดังนั้นระบบจะไม่เข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิก



4. ถ้าใส่น้ำลงในขวดเพียงครึ่งขวดแล้วปิดฝา เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 °C จนระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล จงตอบคำถามต่อไปนี้ (4 คะแนน)

4.1 สมการการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า คือ  $\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{g})$

4.2 สมการการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ คือ  $\text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{l})$

4.3 ก่อนเข้าสู่สมดุลระบบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร จงอธิบาย

น้ำสถานะของเหลวระเหยกลายเป็นไอน้ำและไอน้ำมีปริมาณมากก็จะควบแน่นกลับมาเป็นน้ำสถานะของเหลว

4.4 เมื่อระบบเข้าสู่สมดุลระบบมีสมบัติอย่างไร จงอธิบาย

ระดับของเหลวคงที่ แต่ระบบยังมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา  $\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} (\text{g})$

โดยอัตราการระเหยเท่ากับอัตราการควบแน่น

5. ระบบต่อไปนี้สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้หรือไม่ จงอธิบาย (5 คะแนน)

5.1 การบวมในขวดที่ปิดฝา สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้ เพราะว่า การบวมระเหิดเป็นไอแล้วเมื่ออิมตัวจะกลับมาเป็นการบวมของแข็งเหมือนเดิม โดยที่ปริมาณของการบวมของแข็งและไอคงที่ แต่จะมีการเปลี่ยนสถานะกลับไปกลับมาตลอดเวลาของการบวมจึงสามารถเกิดภาวะสมดุลไดนามิกได้

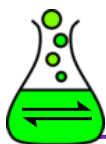
5.2 สารละลายซูโครสเจือจาง ไม่สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิก เพราะว่า สารละลายซูโครสเจือจาง คือมีตัวละลายปริมาณน้อยจึงทำให้สารละลายไม่อิมตัว ถ้าเติมซูโครสลงไปเพิ่มก็จะเกิดการละลาย เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้อย่างเดียว ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้ ไม่จึงสามารถเกิดภาวะสมดุลไดนามิก

5.3 เมื่อละลาย KI ลงในน้ำจนเหลือ KI ที่เป็นของแข็งที่ก้นภาชนะ สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้ เพราะว่า สารละลาย KI เมื่ออิมตัวจะตกผลึกกลับมาเป็น KI ในสถานะของแข็งเหมือนเดิม และจะมีการเปลี่ยนสถานะกลับไปกลับมาตลอดเวลาของสารละลาย KI จึงสามารถเกิดภาวะสมดุลไดนามิกได้

5.4 โปรทและไอโปรทในเทอร์โมมิเตอร์ ณ อุณหภูมิคงที่ สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้ เพราะว่าโปรทระเหยกลายเป็นไอโปรทแล้วไอโปรทควบแน่นกลับมาเป็นโปรทของเหลว และจะมีการเปลี่ยนสถานะกลับไปกลับมาตลอดเวลา ทำให้ระดับโปรทคงที่ จึงสามารถเกิดภาวะสมดุลไดนามิกได้



5.5 หลอดคะปิลลารีชนิดปลายเปิดทั้งสองด้านโดยที่ด้านหนึ่งจุ่มอยู่ในน้ำ ไม่สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิก เพราะว่าเมื่อจุ่มอยู่ในน้ำจะมีระดับน้ำในหลอดคงที่ เนื่องจากความดันภายในหลอดเท่ากับความดันบรรยากาศ น้ำในหลอดคะปิลลารีชนิดปลายเปิด สามารถระเหยกลายเป็นไอเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้อย่างเดียว ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้เพราะว่าไอน้ำระเหยออกสู่สิ่งแวดล้อม ไม่จึงสามารถเกิดภาวะสมดุลไดนามิก



### เกณฑ์การให้คะแนน

#### แบบฝึกเสริมทักษะที่ 1.2 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

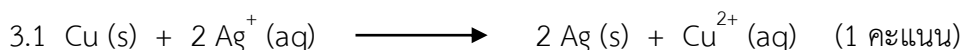
1. ให้นักเรียนเขียนปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของระบบที่ทำให้ระบบอยู่ในภาวะสมดุล (อย่างน้อย 3 ข้อ (3 คะแนน))

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	นักเรียนสามารถเขียนปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของระบบที่ทำให้ระบบอยู่ในภาวะสมดุลได้ถูกต้องตั้งแต่ 3 ข้อ
2	นักเรียนสามารถเขียนปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของระบบที่ทำให้ระบบอยู่ในภาวะสมดุลได้ถูกต้อง 2 ข้อ
1	นักเรียนสามารถเขียนปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของระบบที่ทำให้ระบบอยู่ในภาวะสมดุลได้ถูกต้อง 1 ข้อ
0	นักเรียนไม่สามารถเขียนปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของระบบที่ทำให้ระบบอยู่ในภาวะสมดุลได้

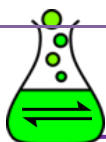
2. ให้นักเรียนเขียนสมบัติของระบบเมื่ออยู่ในภาวะสมดุลไดนามิก (อย่างน้อย 1 ข้อ) (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถเขียนสมบัติของระบบเมื่ออยู่ในภาวะสมดุลไดนามิกได้ถูกต้องตั้งแต่ 1 ข้อ
0	นักเรียนไม่สามารถเขียนสมบัติของระบบเมื่ออยู่ในภาวะสมดุลไดนามิกได้

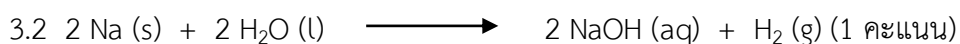
3. ถ้าปฏิกิริยาต่อไปนี้จะเกิดในภาชนะเปิดระบบจะเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกหรือไม่ พร้อมทั้งให้เหตุผล (2 คะแนน)



ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถตอบได้ว่าปฏิกิริยาที่กำหนดสามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้และอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนตอบว่าปฏิกิริยาที่กำหนดไม่สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้ หรือนักเรียนสามารถตอบได้ว่าปฏิกิริยาที่กำหนดสามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้ แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง







ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถตอบได้ว่าปฏิกิริยาที่กำหนดไม่สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้และอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนตอบว่าปฏิกิริยาที่กำหนดสามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้ หรือ นักเรียนสามารถตอบได้ว่าปฏิกิริยาที่กำหนดไม่สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง

4. ถ้าใส่ น้ำลงในขวดเพียงครึ่งขวดแล้วปิดฝา เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 °C จนระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล จงตอบคำถามต่อไปนี้ (4 คะแนน)

4.1 สมการการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า คือ (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถเขียนสมการการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนไม่สามารถเขียนสมการการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าได้

4.2 สมการการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ คือ (1 คะแนน)

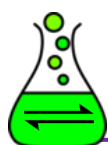
ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถเขียนสมการการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนไม่สามารถเขียนสมการการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับได้

4.3 ก่อนเข้าสู่สมดุลระบบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร จงอธิบาย (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของระบบก่อนเข้าสู่สมดุลได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของระบบก่อนเข้าสู่สมดุลได้

4.4 เมื่อระบบเข้าสู่สมดุลระบบมีสมบัติอย่างไร จงอธิบาย (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถอธิบายสมบัติของระบบเมื่อระบบเข้าสู่สมดุลได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนไม่สามารถอธิบายสมบัติของระบบเมื่อระบบเข้าสู่สมดุลได้



5. ระบบต่อไปนี้สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลไดนามิกได้หรือไม่ จงอธิบาย (5 คะแนน)

5.1 การบูรในขวดที่ปิดฝา (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถตอบได้ว่าการบูรในขวดที่ปิดฝาสามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกและอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนไม่สามารถตอบได้ว่าการบูรในขวดที่ปิดฝาสามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกได้ หรือนักเรียนสามารถตอบได้ว่าการบูรในขวดที่ปิดฝาสามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกได้แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง

5.2 สารละลายซูโครสเจือจาง (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถตอบได้ว่าสารละลายซูโครสเจือจางไม่สามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกและอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนตอบว่าสารละลายซูโครสเจือจางสามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกได้ หรือนักเรียนสามารถตอบได้ว่าสารละลายซูโครสเจือจางไม่สามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกได้แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง

5.3 เมื่อละลาย KI ลงในน้ำจนเหลือ KI ที่เป็นของแข็งที่ก้นภาชนะ (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถตอบได้ว่าเมื่อละลาย KI ลงในน้ำจนเหลือ KI ที่เป็นของแข็งที่ก้นภาชนะสามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกและอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนไม่สามารถตอบได้ว่าเมื่อละลาย KI ลงในน้ำจนเหลือ KI ที่เป็นของแข็งที่ก้นภาชนะสามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกได้ หรือนักเรียนสามารถตอบได้ว่าเมื่อละลาย KI ลงในน้ำจนเหลือ KI ที่เป็นของแข็งที่ก้นภาชนะสามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกได้แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง

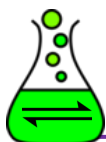


5.4 ปะรอกแลลไอปะรอกทในเทอร์มอมิเตอร์ ณ อุณหภูมิกงที่ (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถตอบได้ว่าปะรอกแลลไอปะรอกทในเทอร์มอมิเตอร์ ณ อุณหภูมิกงที่สามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกแลลอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนไม่สามารถตอบได้ว่าปะรอกแลลไอปะรอกทในเทอร์มอมิเตอร์ ณ อุณหภูมิกงที่สามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกได้ หรือนักเรียนสามารถตอบได้ว่าปะรอกแลลไอปะรอกทในเทอร์มอมิเตอร์ ณ อุณหภูมิกงที่สามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกได้แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง

5.5 หลอดคะปิลลารีชนิดปลายเปิดทั้งสองด้านโดยที่ด้านหนึ่งจุ่มอยู่ในน้ำ (1 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	นักเรียนสามารถตอบได้ว่าหลอดคะปิลลารีชนิดปลายเปิดทั้งสองด้านโดยที่ด้านหนึ่งจุ่มอยู่ในน้ำ ไม่สามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกแลลอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง
0	นักเรียนตอบว่าหลอดคะปิลลารีชนิดปลายเปิดทั้งสองด้านโดยที่ด้านหนึ่งจุ่มอยู่ในน้ำสามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกได้ หรือนักเรียนสามารถตอบได้ว่าหลอดคะปิลลารีชนิดปลายเปิดทั้งสองด้านโดยที่ด้านหนึ่งจุ่มอยู่ในน้ำ ไม่สามารถเข้าสู่สมดุลไดนามิกได้แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง



## แบบบันทึกคะแนน

### ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และที่ภาวะสมดุล

ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

#### 1. คะแนนแบบทดสอบ

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	ผลการประเมิน
แบบทดสอบก่อนเรียน	10			
แบบทดสอบหลังเรียน	10			
คะแนนความก้าวหน้า			(หลังเรียน - ก่อนเรียน)	

#### 2. คะแนนแบบฝึกเสริมทักษะ

แบบฝึกเสริมทักษะที่	1.1	1.2	รวม	คิดเป็นร้อยละ	ผลการประเมิน
คะแนนเต็ม	5	15	20		
คะแนนที่ได้					

#### เกณฑ์การประเมิน

คะแนนร้อยละ 80 - 100	ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์	ดีมาก
คะแนนร้อยละ 60 - 79	ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์	ดี
คะแนนร้อยละ 40 - 59	ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์	พอใช้
คะแนนร้อยละ 0 - 39	ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์	ปรับปรุง

ลงชื่อ ..... ผู้บันทึก

วันที่.....เดือน..... พ. ศ. ....



แบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลอง

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ ..... เรื่อง .....

รายวิชาเคมี รหัสวิชา ว32221

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา .....

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

คำชี้แจง ให้บันทึกคะแนนตามระดับพฤติกรรมในการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน

ขณะปฏิบัติการทดลอง

กลุ่มที่ .....

กลุ่ม ที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน				รวม (12)	คิดเป็น ร้อยละ	ผลการ ประเมิน
		วิธีดำเนินการ ทดลอง	การปฏิบัติการ ทดลอง	ความคล่องแคล่ว ในการทดลอง	การนำเสนอ			

เกณฑ์การประเมิน

คะแนนร้อยละ 80 - 100

ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์

ดีมาก

คะแนนร้อยละ 60 - 79

ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์

ดี

คะแนนร้อยละ 40 - 59

ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์

พอใช้

คะแนนร้อยละ 0 - 39

ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์

ปรับปรุง

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่.....เดือน..... พ. ศ. ....



## เกณฑ์การประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลอง

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
<b>1. วิธีดำเนินการทดลอง</b>	กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง และเลือกใช้เครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองได้อย่างเหมาะสม	กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง แต่การใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ยังไม่เหมาะสม	กำหนดวิธีการขั้นตอนไม่ถูกต้อง และต้องให้ความช่วยเหลือ
<b>2. การปฏิบัติการทดลอง</b>	ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง	ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง ถ้าให้คำแนะนำ	ต้องให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์
<b>3. ความคล่องแคล่วในขณะทำการทดลอง</b>	มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์ดำเนินการทดลองได้อย่างปลอดภัยและเสร็จทันเวลา	มีความคล่องแคล่วในการทำการทดลองและการใช้อุปกรณ์ แต่ต้องชี้แนะเรื่องการใช้อุปกรณ์อย่างปลอดภัย	ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนดเนื่องจากขาดความคล่องแคล่วในการใช้อุปกรณ์และการดำเนินการทดลอง
<b>4. การนำเสนอ</b>	บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้องและนำเสนอเป็นขั้นตอนชัดเจน	บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้อง แต่การนำเสนอยังไม่เป็นขั้นตอน	ต้องให้คำแนะนำในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง และการนำเสนอจึงจะปฏิบัติได้



แบบสังเกตพฤติกรรมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนขณะทำกิจกรรม  
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ ..... เรื่อง .....

รายวิชาเคมี รหัสวิชา ว32221

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา .....

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

คำชี้แจง ให้บันทึกคะแนนตามระดับพฤติกรรมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียน  
กลุ่มที่ .....

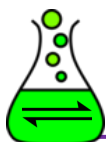
ที่	ชื่อ - สกุล	พฤติกรรม ด้านคุณลักษณะ อันพึงประสงค์		รวม (6)	คิดเป็น ร้อยละ	ผลการ ประเมิน
		การสื่อสาร (3)	การ เชื่อมโยง (3)			

**เกณฑ์การประเมิน**

คะแนนร้อยละ 80 - 100	ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์	ดีมาก
คะแนนร้อยละ 60 - 79	ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์	ดี
คะแนนร้อยละ 40 - 59	ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์	พอใช้
คะแนนร้อยละ 0 - 39	ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์	ปรับปรุง

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน  
(.....)

วันที่.....เดือน..... พ.ศ. ....



เกณฑ์การให้คะแนนด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. มีความรับผิดชอบ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งงานก่อนหรือตรงกำหนดเวลานัดหมาย</li> <li>- รับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย และปฏิบัติตนเองจนเป็นนิสัยเป็นระบบแก่ผู้อื่น และแนะนำชักชวนให้ผู้อื่นปฏิบัติ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งงานช้ากว่ากำหนด แต่ได้มีการติดต่อชี้แจงผู้สอน มีเหตุผลที่รับฟังได้</li> <li>- รับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย และปฏิบัติตนเองจนเป็นนิสัย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งงานช้ากว่ากำหนด</li> <li>- ปฏิบัติงานโดยต้องอาศัยการชี้แนะแนะนำ ตักเตือนหรือให้กำลังใจ</li> </ul>
2. ทำงานเป็นระบบรอบคอบ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีการวางแผนการดำเนินงานเป็นระบบ</li> <li>- การทำงานมีครบทุกขั้นตอน ตัดขั้นตอนที่ไม่สำคัญออก</li> <li>- จัดเรียงลำดับความสำคัญก่อนและหลังถูกต้องครบถ้วน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีการวางแผนการดำเนินงาน</li> <li>- การทำงานไม่ครบทุกขั้นตอน และผิดพลาดบ้าง</li> <li>- จัดเรียงลำดับความสำคัญก่อนและหลังได้เป็นส่วนใหญ่</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่มีการวางแผนการดำเนินงาน</li> <li>- การทำงานไม่มีขั้นตอน มีความผิดพลาดต้องแก้ไข</li> <li>- ไม่จัดเรียงลำดับความสำคัญ</li> </ul>

