

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สมดุลเคมี  
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
 ชุดที่ 1 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้



สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน 3.1 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

อธิบายความหมายของปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ภาวะสมดุล สมดุลระหว่างสถานะ สมดุลในสารละลายอิ่มตัว สมดุลในปฏิกิริยาเคมีและค่าคงที่สมดุล

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลอง อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้
2. ระบุได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของสารใด เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้และเป็นปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้
3. ยกตัวอย่างของปฏิกิริยาที่ผันกลับได้

เนื้อหาและเวลาที่ใช้ในครั้งนี้

การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ใช้เวลาในการจัดกิจกรรม 4 ชั่วโมง



## บัตรคำสั่ง

คำสั่ง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ปฏิบัติกิจกรรมตามบัตรกิจกรรม
2. ตรวจสอบผลงานกับบัตรเฉลยกิจกรรม
3. ศึกษาบัตรความรู้
4. ทำบัตรคำถาม
5. ตรวจสอบคำตอบกับบัตรเฉลยคำถาม
6. ทำบัตรกิจกรรม
7. ตรวจสอบคำตอบกับบัตรเฉลยกิจกรรม

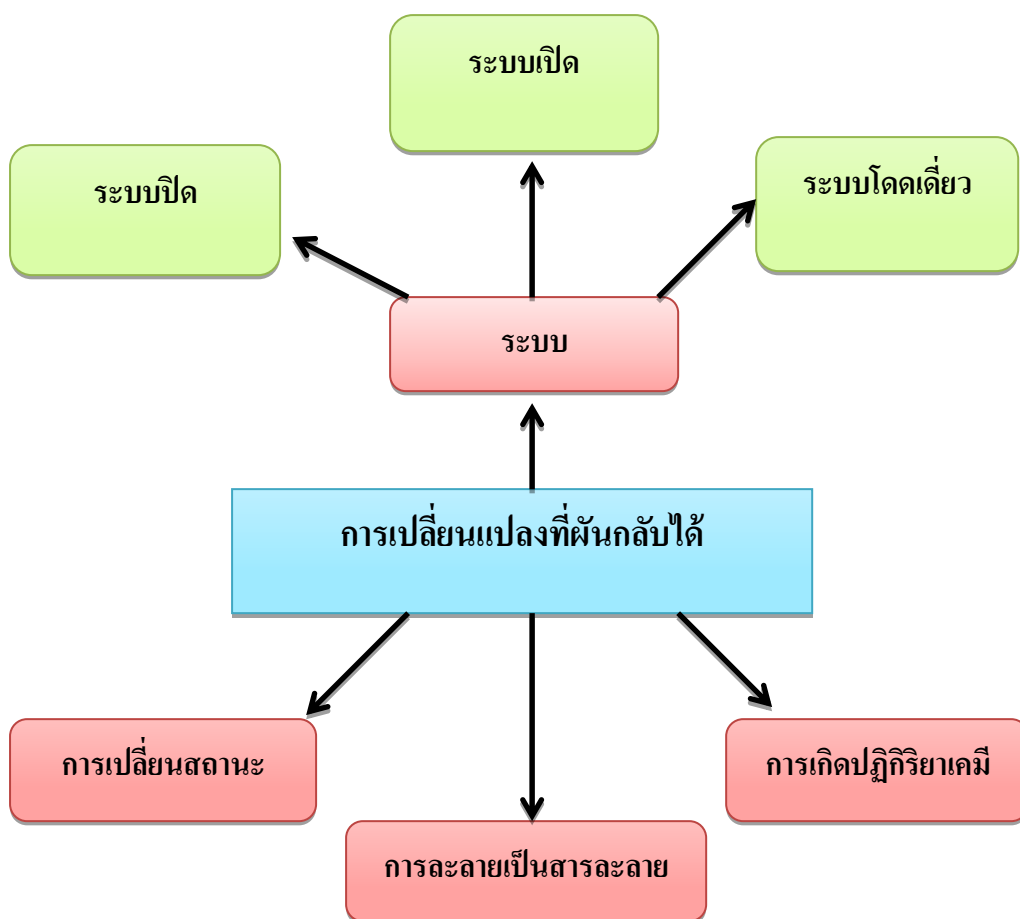


## แนวคิดหลัก

การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ คือเรื่องการละลายของสารในสารละลายอิ่มตัวและ การเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยบางปฏิกิริยาผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากันย้อนกลับมา เป็นสารตั้งต้นได้อีก เรียกว่า ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ เมื่อสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันเป็นผลิตภัณฑ์ เรียกว่า ปฏิกิริยาไปข้างหน้า ส่วนปฏิกิริยาที่ผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากันกลับมาเป็นสารตั้งต้น เรียกว่า ปฏิกิริยาย้อนกลับ



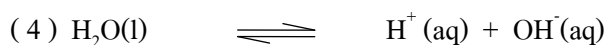
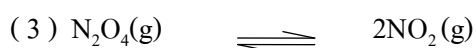
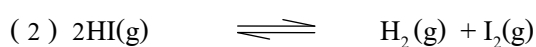
## ผังมโนทัศน์



**แบบทดสอบก่อนเรียน**  
**ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สมดุลเคมี**  
**ชุดที่ 1 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท ( X ) ลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้ โดยเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 1- 2



1. ปฏิกริยาในข้อใดเกิดปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ในภาวะปิด

ก. (1) เท่านั้น

ข. (4) เท่านั้น

ค. (2) และ (3)

ง. ทั้ง (1), (2), (3) และ (4)

2. ปฏิกริยาในข้อใดเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ในภาวะเปิด

ก. (4) เท่านั้น

ข. (1) และ (4)

ค. (1), (2) และ (3)

ง. ทั้ง (1), (2), (3) และ (4)

3. ระบบต่อไปนี้ ในข้อใดสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

ก. การนึ่งข้าวเหนียว

ข. น้ำอัดลมที่ยังไม่ได้เปิด

ค. การต้มน้ำในกาให้เดือด

ง. ถ้วยแก้วใส่น้ำแข็งตั้งทิ้งไว้ในห้อง

4. การเปลี่ยนแปลงข้อใดเป็นการเปลี่ยนแปลงในระบบปิด
  - ก. สารละลาย HCl ทำปฏิกิริยากับ  $\text{CaCO}_3$
  - ข. ผสมสารละลาย HCl ลงในบีกเกอร์ที่มีสารละลาย NaOH อยู่
  - ค. สารละลาย HCl ทำปฏิกิริยากับโลหะสังกะสี ( $\text{Zn}$ ) ในบีกเกอร์
  - ง. ถูกทุกข้อ
5. ข้อใดถูกต้องเมื่อทำการทดลองในภาชนะไม่ปิดฝา
  - ก. ปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย HCl กับ  $\text{CaCO}_3$  จัดเป็นระบบเปิดเสมอ
  - ข. การระเหยของไอโอดีนในระบบปิดและระบบเปิดให้ผลเหมือนกัน
  - ค. ปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย HCl กับสารละลาย NaOH จัดเป็นระบบเปิดเสมอ
  - ง. ปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย KI กับสารละลาย  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  จัดเป็นระบบเปิดเสมอ
6. การเปลี่ยนแปลงข้อต่อไปนี้เป็น การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้
  - ก. การเผาถ่าน
  - ข. การต้มข้าว
  - ค. ไอโอดีนในภาชนะปิด
  - ง. การหลอมเหลวของน้ำแข็ง
7. การเปลี่ยนแปลงข้อต่อไปนี้เป็น ระบบปิด
  - ก. เผาหินปูน
  - ข. ตั้งบีกเกอร์ที่มีน้ำปูนใสไว้ในอากาศเกิดฝ้าขาว
  - ค. การใส่ผงแมกนีเซียมลงไปนในสารละลายกรดเกลือ
  - ง. ผสมสารละลายเลด (II) ในเตรตกับสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์
8. สารละลาย A ซึ่งทำปฏิกิริยากับสารละลาย B ในระบบปิดได้สาร C และ D เป็นของแข็ง ถ้าต้องการตรวจสอบว่าการเปลี่ยนแปลงนี้เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้หรือไม่ ควรเลือกข้อใด
  - ก. ตรวจสอบหา A และ C
  - ข. ตรวจสอบหา A , B และ C
  - ค. ตรวจสอบว่า มวลของ A และ D คงที่
  - ง. ตรวจสอบว่าเป็นปฏิกิริยาคายหรือดูดความร้อน
9. ปฏิกิริยาข้อใดเป็น ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ในสถานะเปิด
  - ก. ปฏิกิริยาระหว่าง Mg กับ สารละลาย HCl
  - ข.  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
  - ค.  $2\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6](\text{s})$
  - ง.  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}(\text{aq}) + 4\text{Cl}^{-}(\text{aq}) \longrightarrow [\text{CuCl}_4]^{2-}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$



10. ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- 1) ปฏิริยาไปข้างหน้า หมายถึง ปฏิริยาที่สารตั้งต้นเปลี่ยนไปเป็นสารผลิตภัณฑ์
- 2) ปฏิริยาย้อนกลับ หมายถึง ปฏิริยาที่สารผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงเป็นสารตั้งต้น
- 3) ปฏิริยาที่ผันกลับได้ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแล้วสามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นสารตั้งต้น

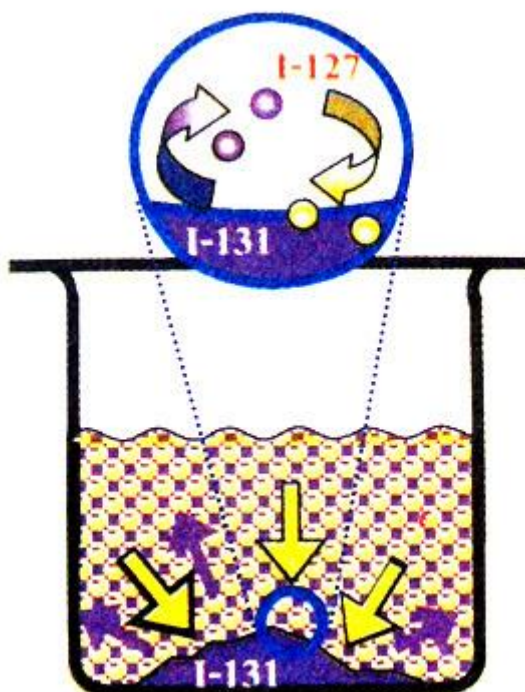
ได้อีก

ก. 3

ข. 1 และ 2

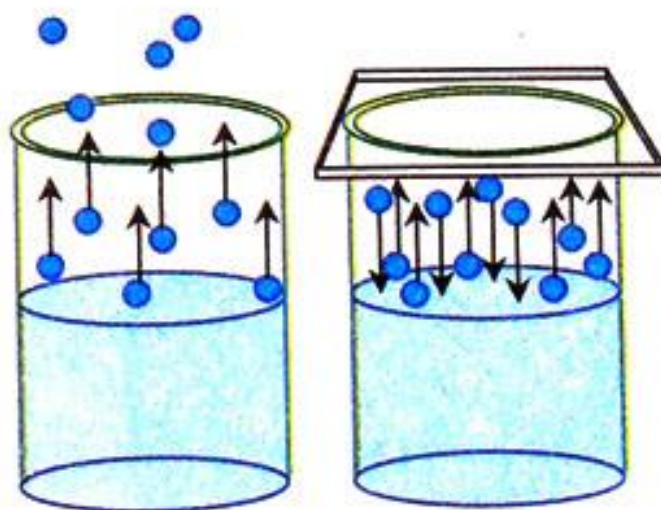
ค. 2 และ 3

ง. ทั้ง 1, 2 และ 3



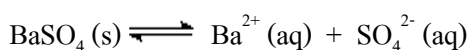
เฉลยแบบทดสอบ ก่อนเรียน  
เรื่อง การเปลี่ยนแปลงผันกลับได้

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



## บัตรเนื้อหา เรื่องระบบเปิด - ระบบปิด

ระบบ (system) หมายถึง ขอบเขตของสิ่งต่างๆ ที่เราสนใจและกำลังศึกษาทดลองอยู่ และสิ่งต่างๆ ที่อยู่นอกกระบวนเรียกว่า สิ่งแวดล้อม สิ่งแวดล้อมนี้อาจมีผลหรือไม่มีผลต่อระบบ ตัวอย่างเช่น การศึกษาการละลายของตะกอน  $\text{BaSO}_4$  ในน้ำ



$\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ตะกอน  $\text{BaSO}_4$  และน้ำเป็นส่วนของระบบ ส่วนอากาศที่อยู่รอบๆ จัดเป็นสิ่งแวดล้อม ในกรณีนี้อากาศไม่มีผลต่อระบบ

ระบบแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. ระบบเปิด (opened system) หมายถึง ระบบที่มีการถ่ายเทมวลสารและพลังงานกับสิ่งแวดล้อม นั่นคือ มวลของสารไม่คงที่ เช่น การต้มน้ำในกา น้ำจะเปลี่ยนเป็นไอน้ำ ฟุ้งกระจายออกจากกระบวนจึงจัดเป็นระบบเปิด

2. ระบบปิด (closed system) หมายถึง ระบบที่มีการถ่ายเทพลังงานกับสิ่งแวดล้อม แต่ไม่มีการถ่ายเทมวลของสารระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม เช่น การระเหยของน้ำในภาชนะปิดที่ก่ล่าวแล้วข้างต้น หรือ การละลายของตะกอน  $\text{BaSO}_4$  ทั้งสองกระบวนการไม่มีการถ่ายเทมวลให้กับสิ่งแวดล้อมแต่อย่างใด

3. ระบบโดดเดี่ยว (isolated system) หมายถึง ระบบที่ไม่มีการถ่ายเทมวลและพลังงานกับสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น น้ำร้อนที่เก็บไว้ในกระติกน้ำร้อน





### ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบ

1. การเผากรดโบริก ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) จะสลายตัวให้ไดโบรอนไตรออกไซด์ ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) และไอน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ )



ในระบบนี้ ไอน้ำที่เกิดจากการเผาไหม้จะระเหยออกไปจากระบบได้ มวลของสารมีการเปลี่ยนแปลง คือลดลง ระบบนี้จัดเป็นระบบเปิด

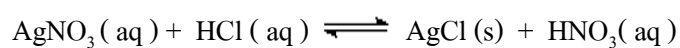
2. เมื่อนำน้ำปูนใสตั้งทิ้งไว้ในภาชนะเปิด จะพบว่ามีฝ้าขาวเกิดขึ้น ทั้งนี้ เพราะแก๊ส  $\text{CO}_2$  จากอากาศเข้ามาทำปฏิกิริยากับน้ำปูนใสทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบและมวลของสารเพิ่มขึ้น  $\text{Ca}(\text{OH})_2 (\text{aq}) + \text{CO}_2 (\text{g}) \longrightarrow \text{CaCO}_3 (\text{s}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$  ระบบนี้จึงเป็นระบบเปิด

3. การหลอมเหลวแนพทาลินในถ้วยกระเบื้องเคลือบ แนพทาลินระเหยกลายเป็นไอพุ่งกระจายออกไป จากระบบได้ มวลของระบบเปลี่ยนไป จึงจัดเป็นระบบเปิด



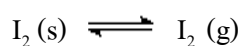
### ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบปิด

1. การนำเอาสารละลายซิลเวอร์ไนเตรด ( $\text{AgNO}_3$ ) ทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ( $\text{HCl}$ ) ได้ตะกอน ซิลเวอร์คลอไรด์ ( $\text{AgCl}$ ) และ สารละลายกรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ )

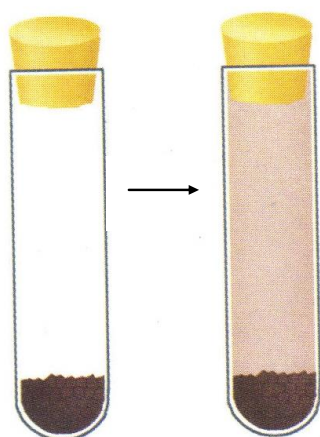


มวลของสารในระบบนี้คงที่ไม่มีมีการเปลี่ยนแปลง ระบบนี้จึงจัดว่าเป็นระบบปิด

2. แก๊สไอโอดีน  $\text{I}_2 (\text{s})$  เมื่อใส่ในภาชนะปิดจะเกิดการระเหิดกลายเป็นไอ



มวลของ  $\text{I}_2$  ยังคงที่ เพียงแต่มีการเปลี่ยนสถานะ ดังนั้น จึงถือได้ว่าระบบนี้เป็นระบบปิด ดังรูป



ก

ข

เริ่มต้น

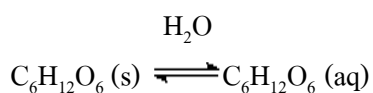
เมื่อเวลาผ่านไป

ระยะหนึ่ง

รูปที่ 1 การระเหิดของไอโอดีนในภาชนะปิด

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการหน้า 49

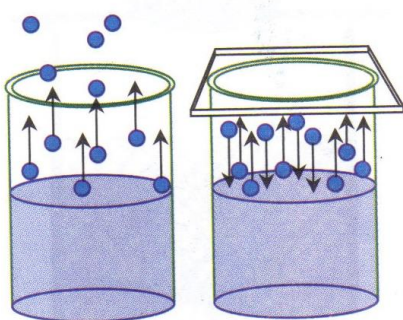
3. การละลายของน้ำตาลทรายในน้ำ น้ำตาลที่เป็นของแข็งจะละลายเป็นสารละลาย แต่มวลของน้ำตาลและน้ำคงที่ มีแต่การเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบ ซึ่งจะดูดความร้อนในขณะทีละลาย ทำให้อุณหภูมิลดลง จึงจัดเป็นระบบปิด



### การเปลี่ยนแปลงที่เกิดในระบบ

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบสามารถสรุปได้เป็นประเภทการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงสถานะ เช่น การกลายเป็นไอของน้ำในภาชนะปิด น้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ  $\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} (\text{g})$  หรือการระเหิดของไอโอดีนในภาชนะปิด ซึ่งเปลี่ยนสถานะไอโอดีนจากของแข็งเป็นไอ  $\text{I}_2 (\text{s}) \rightleftharpoons \text{I}_2 (\text{g})$  ดังนั้น ในระบบอาจมีการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว หรือจากของเหลวเป็นไอ หรือจากไอเป็นของแข็ง ใดๆอย่างหนึ่ง



รูปที่ 2 เปรียบเทียบการระเหยของของเหลวในภาชนะเปิดและปิด

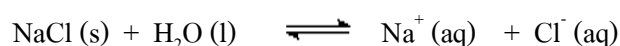
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ หน้า 49



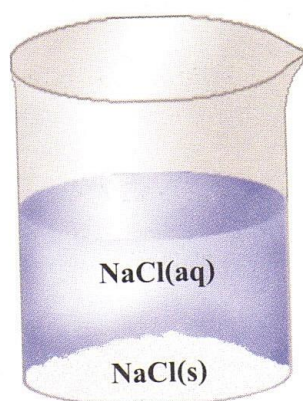


2. การเกิดสารละลาย เช่น การละลายของ  $O_2$  ในน้ำ การละลายของเกลือซึ่งเป็นของแข็งในน้ำ หรือการละลายของของเหลวในน้ำ เช่น การละลายของแอลกอฮอล์ในน้ำ สารละลายที่ได้นี้ อาจเกิดการผันกลับได้ เช่นการละลายของเกลือ NaCl ในน้ำ ได้สารละลาย แต่เมื่อให้ความร้อน จะเกิดการตกผลึกของเกลือ NaCl กลับมา

การละลาย



การตกผลึก



รูปที่ 3 สารละลายอิ่มตัวของโซเดียมคลอไรด์ในน้ำ

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการหน้า 45

3. การเกิดปฏิกิริยาเคมี การเปลี่ยนแปลงในระบบ อาจเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ เช่น สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตและโซเดียมคลอไรด์ในภาชนะปิดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสีจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว และเมื่อลดอุณหภูมิสีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินแสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับได้

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ



เมื่อลดอุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงในระบบนี้อาจเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ หรือผันกลับไม่ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของการเปลี่ยนแปลงหรือปฏิกิริยานั้นๆ และขึ้นอยู่กับภาวะของการเปลี่ยนแปลง

## บัตรกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง ระบบเปิด - ระบบปิด

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในตารางต่อไปนี้ ข้อใดจัดเป็นระบบปิดและข้อใดจัดเป็นระบบเปิด

การเปลี่ยนแปลงสารหรือปฏิกิริยาเคมีของสาร	ระบบปิด	ระบบเปิด
1. การหุงข้าว		
2. การละลายของ KI ในน้ำที่บรรจุในปิกเกอร์		
3. การเผา $\text{CaCO}_3$ ในภาชนะเปิด		
4. ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรด HCl กับ NaOH		
5. การเผา $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$		
6. ปฏิกิริยาระหว่าง $\text{CaCO}_3$ กับกรดเกลือเจือจาง		
7. ใส่ชิ้นโลหะทองแดงลงในสารละลายกรด $\text{HNO}_3$ เจือจาง		
8. ละลายกรด HCN ในน้ำ		
9. การหลอมเนพทาไลน์ในชามกระเบื้องเคลือบ		
10. ตั้งปิกเกอร์ใส่น้ำปูนใสไว้บนโต๊ะจนกระทั่งมีฝ้าสีขาว ลอยอยู่บนผิวน้ำปูนใส		



ดูเฉลยหน้าต่อไปครับ



**บัตรเฉลยกิจกรรมที่ 1.1**  
**เรื่อง ระบบเปิด - ระบบปิด**

การเปลี่ยนแปลงสารหรือปฏิกิริยาเคมีของสาร	ระบบปิด	ระบบเปิด
1. การหุงข้าว		✓
2. การละลายของ KI ในน้ำที่บรรจุในบีกเกอร์	✓	
3. การเผา $\text{CaCO}_3$ ในภาชนะเปิด		✓
4. ปฏิกิริยาระหว่างกรด HCl กับ NaOH	✓	
5. การเผา $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$		✓
6. ปฏิกิริยาระหว่าง $\text{CaCO}_3$ กับกรดเกลือเจือจาง		✓
7. ใส่ชิ้นโลหะทองแดงลงในสารละลายกรด $\text{HNO}_3$ เจือจาง		✓
8. ละลายกรด HCN ในน้ำ	✓	
9. การหลอมเนพทาลินในชามกระเบื้องเคลือบ		✓
10. ตั้งบีกเกอร์ใส่น้ำปูนใสไว้บนโต๊ะจนกระทั่งมีฝ้าสีขาวลอยอยู่บนผิวน้ำปูนใส		✓



## บัตรกิจกรรมที่ 1.2

### ปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย $\text{CuSO}_4$ กับ สารละลาย $\text{HCl}$

#### จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาที่ผันกลับได้
2. อธิบายความหมายและยกตัวอย่างปฏิกิริยาที่ผันกลับได้

#### สารเคมี (ต่อ 1 กลุ่ม)

1. น้ำกลั่น จำนวน  $2 \text{ cm}^3$
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ( $\text{HCl}$ )  $6 \text{ mol/dm}^3$  จำนวน  $1 \text{ cm}^3$
3. สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตอิ่มตัว ( $\text{CuSO}_4$ ) จำนวน  $1 \text{ cm}^3$

#### อุปกรณ์ (ต่อ 1 กลุ่ม)

1. หลอดทดลองขนาดเล็ก จำนวน 2 หลอด
2. หลอดหยด จำนวน 3 อัน

#### วิธีการทดลอง

1. ใส่สารละลาย  $\text{CuSO}_4$  ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก 2 หลอดๆละ 5 หยด
2. เติมน้ำกลั่น 15 หยดลงในหลอดที่ 1 ตั้งทิ้งไว้เพื่อเปรียบเทียบกับสี
3. หยดสารละลาย  $\text{HCl}$   $6 \text{ mol/dm}^3$  ลงในหลอดที่ 2 ทีละหยดพร้อมทั้งเขย่าจน

สารละลายเปลี่ยนสี บันทึกผลลงในแบบบันทึกผลการทดลองกิจกรรมที่ 1.2

4. หยดน้ำกลั่นลงในสารละลายข้อ 3 ทีละหยดพร้อมกับเขย่าจนสารละลายเปลี่ยนสี บันทึกผลลงในแบบบันทึกผลการทดลองกิจกรรมที่ 1.2

5. ทำการทดลองซ้ำกับสารละลายในหลอดเดิมอีกครั้งตามข้อ 3-4 สังเกตการเปลี่ยนแปลง

แบบบันทึกผลการทดลองกิจกรรมที่ 1.2  
ปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  กับ สารละลาย  $\text{HCl}$

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

สรุปผลกิจกรรมที่ 1.2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

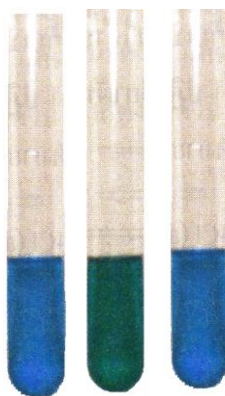
ความรู้เพิ่มเติม

$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}(\text{aq})$  เป็นไอออนที่เกิดขึ้นจริงใน  
สารละลาย โดยทั่วไปจะเขียนในรูปอย่างง่ายคือ  
 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  ส่วนวงเล็บใหญ่ ( [ ] ) ใช้แสดงว่าสารใน  
วงเล็บเป็นไอออนเชิงซ้อน



**แนวคำตอบผลการทดลองกิจกรรมที่ 1.2**  
**เรื่อง ปฏิกริยาระหว่างสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  กับ สารละลาย  $\text{HCl}$**

เมื่อ  $\text{CuSO}_4$  ละลายน้ำ จะได้เตตระอควาคอปเปอร์(II)ไอออน  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  (aq) จึงทำให้สารละลายมีสีฟ้าและเมื่อหยด  $\text{HCl}$  ลงในสารละลาย  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  ซึ่งมีสีฟ้าจะได้เตตระคลอโรคิวเพรต (II) ไอออน  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  ซึ่งมีสีเหลือง แต่ที่สังเกตได้จากการทดลองเป็นสารละลายสีเขียวแกมเหลืองเนื่องจากเป็นสีผสมระหว่างสีฟ้าของ  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  กับสีเหลืองของ  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  เมื่อเติมน้ำลงในสารละลาย  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$



(ก)    (ข)    (ค)

รูปที่ 4 ก. สารละลายที่มี  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$

ข. สารละลายที่ได้จากการเติม  $\text{Cl}^-$  ลงใน  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$

ค. สารละลายที่ได้จากการเติม  $\text{H}_2\text{O}$  ลงใน  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$

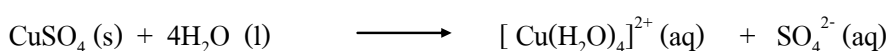
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการหน้า 47



แนวคำตอบการสรุปกิจกรรมที่ 1.2

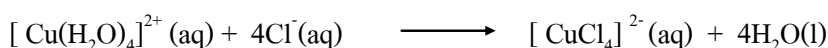
เรื่อง ปฏิกริยาระหว่างสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  กับ สารละลาย  $\text{HCl}$

เมื่อ  $\text{CuSO}_4$  ละลายน้ำ จะได้เตตระอะควาโคปเปอร์(II)ไอออน  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}(\text{aq})$   
จึงทำให้สารละลายมีสีฟ้า เขียนสมการได้ดังนี้



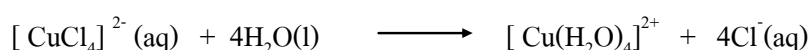
การหยด HCl ลงในสารละลาย  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  ซึ่งมีสีฟ้าจะได้ตะกอนขาว (II) ไอออน  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  ซึ่งมีสีเหลือง แต่ที่สังเกตได้จากการทดลองเป็นสารละลายสีเขียวแกมเหลือง เนื่องจากเป็นสภาวะระหว่างสีฟ้าของ  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  กับสีเหลืองของ  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  เมื่อเติมน้ำลงในสารละลาย  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  ทำให้ได้สารละลายสีฟ้าของ  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  กลับคืนมาสมการ แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเขียนได้ดังนี้

ปฏิกิริยาไปข้างหน้า



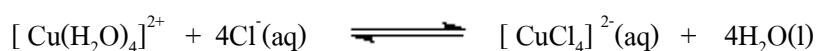
ดีไฟฟ้า                  ไม่มีสิทธิ                  สิทธิเหลือ                  ไม่มีสิทธิ

**ปฏิกิริยาย้อนกลับ**



ตีเหลือง                      ไม่มีสี                      สีฟ้า                      ไม่มีสี

เมื่อสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นผลิตภัณฑ์เรียกว่าปฏิกิริยาไปข้างหน้าและในทางตรงกันข้ามผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากันเปลี่ยนกลับเป็นสารตั้งต้นเรียกว่าปฏิกิริยาย้อนกลับ ปฏิกิริยาที่มีทั้งปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับเรียกว่าปฏิกิริยาผันกลับได้



ตีฟ้า ไม่มีตี ตีเหลือง ไม่มีตี



## บัตรคำถามท้ายกิจกรรมที่ 1.2

### เรื่อง ปฏิกริยาระหว่างสารละลาย $\text{CuSO}_4$ กับ สารละลาย $\text{HCl}$

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง ( ข้อละ 1 คะแนน )

1. ปฏิกริยาไปข้างหน้าเขียนสมการแสดงได้อย่างไร

.....

2. ปฏิกริยาย้อนกลับเขียนสมการแสดงได้อย่างไร

.....

3. การเปลี่ยนแปลงของสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  เมื่อเติมสารละลายกรด  $\text{HCl}$  และน้ำเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้หรือไม่ เพราะเหตุใดเขียนสมการแสดงได้อย่างไร

.....

4. เมื่อปฏิกริยาที่ผันกลับดำเนินไประยะเวลาหนึ่งที่สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ยังคงทำปฏิกริยาต่อไปอีกหรือไม่ เพราะเหตุใด

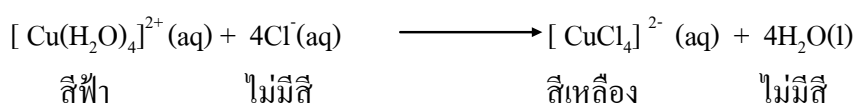
.....



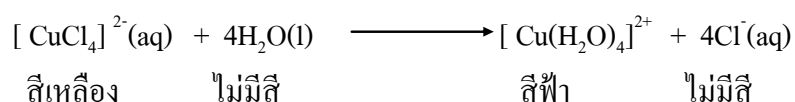
## บัตรเฉลยคำถามท้ายกิจกรรมที่ 1.2

### เรื่อง ปฏิกริยาระหว่างสารละลาย $\text{CuSO}_4$ กับ สารละลาย $\text{HCl}$

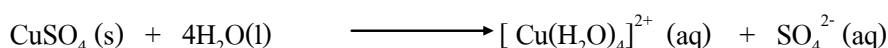
1. ปฏิกริยาไปข้างหน้าเขียนสมการแสดงได้ดังนี้



2. ปฏิกริยาย้อนกลับเขียนสมการแสดงได้ดังนี้



3. การเปลี่ยนแปลงของสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  เมื่อเติมสารละลายกรด  $\text{HCl}$  และน้ำเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ เพราะเมื่อ  $\text{CuSO}_4$  ละลายน้ำจะได้เตตระอะควาโคอปเปอร์ (II) ไอออน  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}(\text{aq})$  จึงทำให้สารละลายมีสีฟ้าเขียนสมการได้ ดังนี้



การหยด  $\text{HCl}$  ลงในสารละลาย  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  ซึ่งมีสีฟ้าจะได้ เตตระคลอโรคิวเพรต (II) ไอออน  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  ซึ่งมีสีเหลืองแต่ที่สังเกตได้จากการทดลองเป็นสารละลายสีเขียวแกมเหลืองเนื่องจากเป็นสัณยสมระหว่างสีฟ้าของ  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  กับสีเหลืองของ  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  เมื่อเติมน้ำลงในสารละลาย  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  ทำให้ได้สารละลายสีฟ้าของ  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  กลับคืนมาเขียนสมการแสดงปฏิกริยาที่ผันกลับได้ดังนี้



4. เมื่อปฏิกริยาผันกลับดำเนินไประยะเวลาหนึ่งที่สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ยังคงทำปฏิกริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับเกิดขึ้นตลอดเวลา

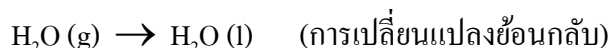
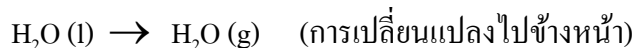




## บัตรความรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ (Reversible reaction)

### 1. การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ (Reversible change)

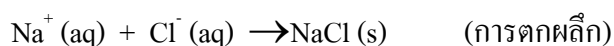
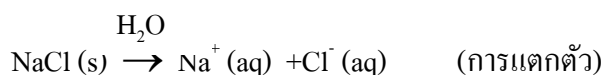
การเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกิดขึ้นแล้ว สามารถย้อนกลับสู่สภาวะเดิมได้ ดังตัวอย่าง การที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นไอ และไอก็ควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอย่างเดิม การที่น้ำกลายเป็นไอน้ำเมื่อได้รับความร้อนและไอน้ำกลั่นตัวกลับมาเป็นน้ำเมื่ออุณหภูมิลดลง เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ซึ่งเราอาจจะเขียนแสดงการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้



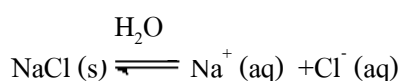
ซึ่งสามารถเขียนลูกศรไปกลับ ( $\rightleftharpoons$ ) แสดงการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้



นอกจากการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับของน้ำที่กล่าวมาแล้ว ยังมีระบบอื่นๆ อีกหลายระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ เช่น การที่เกลือแกง ( $\text{NaCl}$ ) ซึ่งเป็นของแข็งละลายในน้ำ เกิดการแตกตัวเป็นโซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) และคลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) และการตกผลึกของโซเดียมไอออนกับคลอไรด์ไอออนกลับมาเป็นโซเดียมคลอไรด์ ดังนี้



การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับของของแข็งไปเป็นของเหลวและของเหลวเปลี่ยนกลับมาเป็นของแข็ง เขียนแสดงได้ดังนี้





## 2. ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้

ในปฏิกิริยาเคมีหนึ่ง ๆ นั้น เมื่อพิจารณาว่าปฏิกิริยาจะเกิดไปได้สิ้นสุดหรือไม่นั้น ให้ถือว่าถ้าปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแล้ว ปฏิกิริยาจะเกิดสมบูรณ์ได้สารผลิตภัณฑ์ แต่ในบางปฏิกิริยา เมื่อเกิดสารผลิตภัณฑ์แล้ว สารผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงกลับมาเป็นสารตั้งต้นได้ ปฏิกิริยานี้ เรียกว่า ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้

ปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นเปลี่ยนไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ เรียกว่า ปฏิกิริยาไปข้างหน้า (Forward reaction) และปฏิกิริยาที่สารผลิตภัณฑ์เปลี่ยนมาเป็นสารตั้งต้น เรียกว่า ปฏิกิริยาย้อนกลับ (Reverse reaction)

ปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับนี้เขียนแทนด้วยลูกศรไปและกลับ ( $\rightleftharpoons$ ) ซึ่งแสดงว่า เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ เช่น

1. ปฏิกิริยา  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$  เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้

ปฏิกิริยาไปข้างหน้าคือ  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$

กล่าวคือ  $\text{N}_2$  และ  $\text{H}_2$  รวมตัวกันได้  $\text{NH}_3$  และปฏิกิริยาย้อนกลับคือ ปฏิกิริยาที่  $\text{NH}_3$  แยกสลายกลับไปเป็น  $\text{N}_2$  และ  $\text{H}_2$  ดังนี้คือ  $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$

2. ปฏิกิริยาของเหล็กกับน้ำ และปฏิกิริยาย้อนกลับของเหล็กออกไซด์กับไฮโดรเจน

$3\text{Fe}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g})$  (ปฏิกิริยาไปข้างหน้า)

$\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{Fe}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  (ปฏิกิริยาย้อนกลับ)

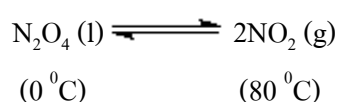
เขียนสมการรวมได้ดังนี้

$3\text{Fe}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g})$



สารตั้งต้น คือ เหล็ก (Fe) และไอน้ำ (H<sub>2</sub>O) จะไม่หมดไปจากระบบไม่ว่าปฏิกิริยาจะดำเนินไปนานเพียงใดก็ตาม เพราะสารผลิตภัณฑ์คือ เหล็กออกไซด์ (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) และ H<sub>2</sub> (g) จะเกิดปฏิกิริยาได้กลับมาเป็นสารตั้งต้น คือ เหล็กและน้ำ ได้เช่นกัน

3. ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ของไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์ กับไนโตรเจนไดออกไซด์ เมื่ออุณหภูมิของระบบเปลี่ยนไป



N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ซึ่งเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ 0 °C เมื่อได้รับความร้อนถึง 80 °C จะเปลี่ยนไปเป็นแก๊สสีน้ำตาลแดงของแก๊ส NO<sub>2</sub> และแก๊ส NO<sub>2</sub> เมื่อทำให้เย็นลง ก็เปลี่ยนกลับมาเป็นของเหลว คือ N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>





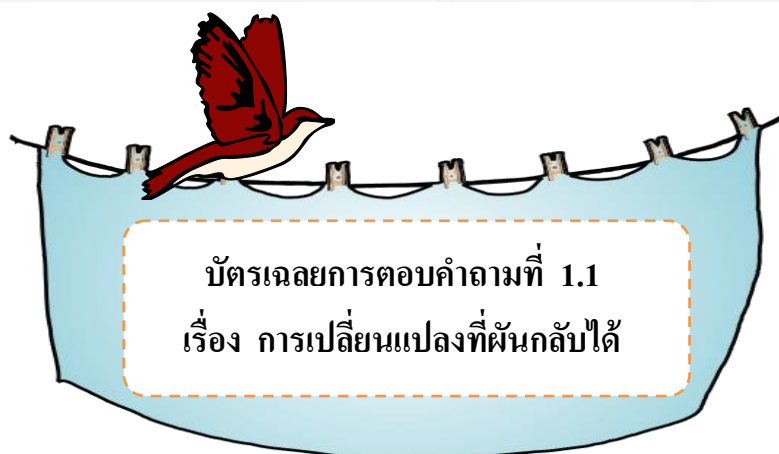
## บัตรคำถามที่ 1.1

### เรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และ  
เครื่องหมาย × หน้าข้อที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้

- ..... 1. การเผาผลิกของคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตในหลอดที่ปิดสนิท
- ..... 2. ปฏิกิริยาเทอร์มอมิเตอร์เมื่ออุณหภูมิคงที่
- ..... 3. ถ้วยแก้วใส่น้ำแข็งตั้งทิ้งไว้ในห้อง
- ..... 4. การเผาไหม้ของไฮโดรเจนในหลอดที่ปิดสนิท
- ..... 5. กระดิกใส่น้ำเดือดลงไปแล้วปิดฝาแน่น
- ..... 6. น้ำอัดลมในขวดที่ยังไม่ได้เปิดฝา
- ..... 7. การนึ่งข้าวเหนียว
- ..... 8. ขวดใส่น้ำเชื่อมข้น ๆ ปิดฝาสนิทและมีผลึกน้ำตาลนอนก้นขวด
- ..... 9. สารละลายต่าง ๆ ที่อยู่ในขวดปิดสนิท
- ..... 10. การต้มน้ำในกาจนเดือด





คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และ  
เครื่องหมาย × หน้าข้อที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้

- |             |  |
|-------------|--|
| .....✓..... | 1. การเผาผลิกลูกของคอปเปอร์(II) ซัลเฟตในหลอดที่ปิดสนิท     |
| .....✓..... | 2. ปฏิกิริยาในเทอร์มอมิเตอร์เมื่ออุณหภูมิคงที่             |
| .....×..... | 3. ถ้วยแก้วใส่น้ำแข็งตั้งทิ้งไว้ในห้อง                     |
| .....×..... | 4. การเผาไหม้ของเชิขมเปอร์แมงกานีสในถ้วยกระเบื้อง          |
| .....✓..... | 5. กระดกใส่น้ำเดือดลงไปแล้วปิดฝาแน่น                       |
| .....✓..... | 6. น้ำอัดลมในขวดที่ยังไม่ได้เปิดฝา                         |
| .....×..... | 7. การนึ่งข้าวเหนียว                                       |
| .....✓..... | 8. ขวดใส่น้ำเชื่อมขึ้น ๆ ปิดฝาสนิทและมีผลึกน้ำตาลนอนก้นขวด |
| .....✓..... | 9. สารละลายต่าง ๆ ที่อยู่ในขวดปิดสนิท                      |
| .....×..... | 10. การต้มน้ำในกาจนเดือด                                   |



**แบบทดสอบหลังเรียน**  
**ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สมดุลเคมี**  
**ชุดที่ 1 เรื่องการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท ( X ) ลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้ โดยเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ข้อใดถูกต้องเมื่อทำการทดลองในภาชนะไม่ปิดฝา
  - ก. ปฏิกริยาระหว่างสารละลาย HCl กับ  $\text{CaCO}_3$  จัดเป็นระบบเปิดเสมอ
  - ข. การระเหิดของไอโอดีนในระบบปิดและระบบเปิดให้ผลเหมือนกัน
  - ค. ปฏิกริยาระหว่างสารละลาย HCl กับสารละลาย NaOH จัดเป็นระบบเปิดเสมอ
  - ง. ปฏิกริยาระหว่างสารละลาย KI กับสารละลาย  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  จัดเป็นระบบเปิดเสมอ
2. การเปลี่ยนแปลงใดต่อไปนี้ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้
  - ก. การเผาถ่าน
  - ข. การต้มข้าว
  - ค. ไอโอดีนในภาชนะปิด
  - ง. การหลอมเหลวของน้ำแข็ง
3. การเปลี่ยนแปลงต่อไปนี้ ข้อใดจัดเป็นระบบปิด
  - ก. เผาหินปูน
  - ข. ตั้งปิ้งเกอร์ที่มีน้ำปูนใสไว้ในอากาศเกิดฝ้าขาว
  - ค. การใส่ผงแมกนีเซียมลงไปนในสารละลายกรดเกลือ
  - ง. ผสมสารละลายเลด (II) ไนเตรตกับสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์



4. สารละลาย A ซึ่งทำปฏิกิริยากับสารละลาย B ในระบบปิดได้สาร C และ D เป็นของแข็ง ถ้าต้องการตรวจสอบว่าการเปลี่ยนแปลงนี้เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้หรือไม่ ควรเลือกข้อใด

ก. ตรวจสอบหา A และ C  
 ข. ตรวจสอบหา A , B และ C  
 ค. ตรวจสอบว่า มวลของ A และ D คงที่  
 ง. ตรวจสอบว่าเป็นปฏิกิริยาคายหรือดูดความร้อน

5. ปฏิกิริยาต่อไปนี้ข้อใดเป็น ปฏิกิริยาผันกลับได้ในภาวะเปิด

ก. ปฏิกิริยาระหว่าง Mg กับ สารละลาย HCl  
 ข.  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \longrightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$   
 ค.  $2\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6](\text{s})$   
 ง.  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}(\text{aq}) + 4\text{Cl}^{-}(\text{aq}) \longrightarrow [\text{CuCl}_4]^{2-}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

6. ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง

1) ปฏิกิริยาไปข้างหน้า หมายถึง ปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นเปลี่ยนไปเป็นสารผลิตภัณฑ์  
 2) ปฏิกิริยาย้อนกลับ หมายถึง ปฏิกิริยาที่สารผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงเป็นสารตั้งต้น  
 3) ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแล้วสามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นสารตั้งต้นได้อีก

ก. 3  
 ข. 1 และ 2  
 ค. 2 และ 3  
 ง. ทั้ง 1, 2 และ 3

- จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 7- 8

(1)  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$   
 (2)  $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$   
 (3)  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$   
 (4)  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}^{+}(\text{aq}) + \text{OH}^{-}(\text{aq})$

7. ปฏิกิริยาในข้อใดเกิดปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ในภาวะปิด

ก. (1) เท่านั้น  
 ข. (4) เท่านั้น  
 ค. (2) และ (3)  
 ง. ทั้ง (1), (2), (3) และ (4)

8. ปฏิกริยาในข้อใดเกิดปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ในภาวะเปิด
- ( 4 ) เท่านั้น
  - ( 1 ) และ ( 4 )
  - ( 1 ), ( 2 ) และ ( 3 )
  - ทั้ง ( 1 ), ( 2 ), ( 3 ) และ ( 4 )
9. ระบบต่อไปนี้ ข้อใดสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้
- การนึ่งข้าวเหนียว
  - น้ำอัดลมที่ยังไม่ได้เปิด
  - การต้มน้ำในกาให้เดือด
  - ถ้วยแก้วใส่น้ำแข็งตั้งทิ้งไว้ในห้อง
10. การเปลี่ยนแปลงข้อใดเป็นการเปลี่ยนแปลงในระบบปิด
- สารละลาย HCl ทำปฏิกิริยากับ  $\text{CaCO}_3$
  - ผสมสารละลาย HCl ลงในบีกเกอร์ที่มีสารละลาย NaOH อยู่
  - สารละลาย HCl ทำปฏิกิริยากับ โลหะสังกะสี ( Zn ) ในบีกเกอร์
  - ถูกทุกข้อ





เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน  
เรื่อง การเปลี่ยนแปลงผันกลับได้



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



## บรรณานุกรม



- ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. (2530). **หลักเคมี 1**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- เทพจันทร์ แสงสุนทร. (2538). **เคมี ม.5 เล่ม 4 ว034**. กรุงเทพฯ: ภูมิบัณฑิต.
- นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์และคณิต ตังคณานุรักษ์. (2548). **คู่มือเคมีพื้นฐานและเพิ่มเติมเล่ม 3 ม. 5**. กรุงเทพฯ: แม็ค.
- \_\_\_\_\_. (2544). **FOCUS ON CHEMISTRY : เคมีบรรยาย**. กรุงเทพฯ: แม็ค.
- วินัย วิทยาลัย. (2542). **เคมี 037 เล่ม 3**. กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- \_\_\_\_\_. (2554). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 3**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์  
คุรุสภาลาดพร้าว.
- ศรีลักษณ์ ผลวัฒนะและประดับ นาคแก้ว. (2551). **หนังสือเรียนเคมีชั้นมัธยมศึกษา  
ปีที่ ๕ ภาคเรียนที่ ๒**. กรุงเทพฯ: แม็ค.
- สำราญ พงษ์สุนทร. (2542). **เคมี ม.5 เล่ม 3**. กรุงเทพฯ: พ.ศ.พัฒนา จำกัด.
- สุทัศน์ ไตรสถิตวรและสมศักดิ์ วรรณกุลชัย. (2537). **เคมี ม.5 เล่ม 3**. กรุงเทพฯ:  
ไฮเอ็ดพับลิชชิง จำกัด.
- สุธน เสถียรยานนท์. (2538). **เคมี ม.5 เล่ม 4**. กรุงเทพฯ: ประสานมิตร.
- เสกสรร ศิริวัฒนวิบูลย์. (2538). **เคมี เล่ม 3**. กรุงเทพฯ: SCIENCE CENTER.
- อัจฉนา วงษ์ชัยสุวัฒน์. (2538). **เคมี 6**. กรุงเทพฯ: ประสานมิตร.

