ภาคผนวก จ

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค STAD ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

รายวิชาเคมีเพิ่มเติม 3 **รหัสวิชา ว 32223**

หน่วยการเรียนรู้ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

หน่วยที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร **เวลา 3 ชั่วโมง**

สอนวันที่ เดือน พ.ศ. ภาคเรียนที่ ปีการศึกษา

มาตรฐานการเรียนรู้

ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6

สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปราย วิเคราะห์และคำนวณเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

ตัวชี้วัด

ม.4-6/2 ทดลอง และอธิบายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระการเรียนรู้

ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สาระสำคัญ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ การวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาต่อระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. อธิบายความหมายของอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีได้

2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลาและคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาต่างๆ ได้

ด้านทักษะกระบวนการ

1. ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์
   1.1 ทักษะการสังเกต
   1.2 ทักษะการวัด
   1.3 ทักษะการคำนวณ
   1.4 ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล
   1.5 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล
   1.6 ทักษะการพยากรณ์
   1.7 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
   1.8 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป
2. ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
   2.1 ความมีเหตุผล
   2.2 ความพอประมาณ
   2.3 การมีภูมิคุ้มกัน

กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค STAD ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

⇨ นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ วัดความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน

1. ขั้นเตรียมการ

1.1 ครูและนักเรียนเตรียมสารเคมี และอุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

1.2 ครูชี้แจงถึงการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ว่านักเรียนต้องปฏิบัติอย่างไร

1.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้

2. ขั้นสอน ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ความมีเหตุผล และความพอประมาณ

2.1 ครูนำภาพการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบต่างๆ ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน เช่น โลหะที่เป็นสนิมการสุกของผลไม้ การลุกไหม้ของน้ำมันเบนซิน เป็นต้น มาให้นักเรียนดูและร่วมกันอภิปราย พร้อมบอกเหตุผลถึงสาเหตุการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบต่างๆ โดยครูใช้คำถามกระตุ้นความสนใจ ดังนี้

– ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดมีสารใดเป็นสารเริ่มต้นและมีสารใดเป็นผลิตภัณฑ์

– สามารถเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ อย่างไร

– ปฏิกิริยาเคมีแต่ละชนิดมีอัตราการเกิดเร็ว/ช้าแตกต่างกันหรือไม่

– เพราะเหตุใดปฏิกิริยาเคมีแต่ละชนิดจึงมีอัตราการเกิดเร็ว–ช้าแตกต่างกัน

2.2 ครูทบทวน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่พบในธรรมชาติในชีวิตประจำวันหรือในห้องทดลองว่าเกิดขึ้นช้าหรือเร็วเพียงใด ให้นักเรียนอภิปรายและยกตัวอย่างปฏิกิริยาในชีวิตประจำวันมาคนละ 5 ปฏิกิริยา เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของรถยนต์ในรูปอัตราเร็วของรถยนต์กับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี ศึกษาการวัดปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไปในปฏิกิริยาเคมี เพื่อนำไปสู่การเข้าใจความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ศึกษาการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทั้งอัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงเวลาต่างๆ อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย โดยวิธีการคำนวณจากปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลา และการหาค่าความชันจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลา จะพบว่า ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นช้าหรือเร็วแตกต่างกัน เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปปริมาณสารในปฏิกิริยาจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและสามารถวัดปริมาณสารในปฏิกิริยาได้หลายวิธี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

2.3 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความหมายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ยกตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และสาธิตกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก ครูถามนักเรียนเกี่ยวกับความพอประมาณในการใช้สารเคมี อุปกรณ์การทดลองที่มีอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า ว่ามีนักเรียนมีแนวทางการเลือกใช้อย่างไร และอธิบายกิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่ 1

3. ขั้นทำกิจกรรมกลุ่ม

3.1 จัดกลุ่มนักเรียน แบบคละความสามารถ กลุ่มละ 4 คน โดยคละเพศ และความสามารถตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน แต่ละกลุ่มประกอบด้วย นักเรียนเก่ง นักเรียนปานกลาง และนักเรียนอ่อน ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1 แล้วให้ตั้งชื่อกลุ่ม

3.2 นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชนิดของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากใบความรู้ที่ 1 และให้แต่ละกลุ่มวางแผนการทำงานกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ 1

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก และกิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่ 1 พร้อมทั้งบันทึกผลกิจกรรม

3.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย สรุปผลการทดลองและตอบคำถามกิจกรรม

3.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และกิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

3.6 ครูแจ้งให้นักเรียนเตรียมตัวเพื่อทำแบบทดสอบหลังเรียน

4. ขั้นตรวจสอบผลงานและทดสอบ

4.1 นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ วัดความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

4.2 ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจคำตอบ นำคะแนนของสมาชิกแต่ละคนเทียบกับคะแนนฐาน เพื่อหาคะแนนความก้าวหน้า รวมคะแนนความก้าวหน้าของแต่ละคนในทีม แล้วหาค่าเฉลี่ยกำหนดการได้รับการยกย่อง

4.3 ครูประกาศผลกลุ่มที่มีคะแนนความก้าวหน้าเฉลี่ยให้นักเรียนทราบว่ากลุ่มใดได้คะแนนความก้าวหน้าเฉลี่ยสูงสุดในการทำแบบทดสอบครั้งนี้

5. ขั้นสรุปบทเรียน ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน

5.1 นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปความรู้ เรื่อง ความหมายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลการปฏิบัติกิจกรรมว่าบรรลุวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้หรือไม่อย่างไร ปัญหาและอุปสรรคมีหรือไม่ แนวทางการแก้ปัญหาและแนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้อย่างไร

5.2 นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปความมีเหตุผล การระบุสาเหตุและผลของสิ่งที่เกิดขึ้น จากการทดลองอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกว่าเป็นอย่างไร

5.3 นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปความพอประมาณ ในการใช้สารเคมีอุปกรณ์การทดลองได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด

5.4 นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปการมีภูมิคุ้มกัน ถึงการกระทำอย่างระมัดระวังก่อนการตัดสินใจเลือกใช้สารเคมีต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้น้ำยาล้างห้องน้ำ ที่มีกรดไฮโดรคลอริกหรือกรดเกลือเป็นองค์ประกอบ ควรมีแนวทางตัดสินใจอย่างไร เพื่อป้องกันอันตรายและรักษาสิ่งแวดล้อม

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก
3. กิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่ 1
4. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
5. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
1. โลหะแมกนีเซียมขนาด 0.5 cm x 10 cm	1 ชิ้น
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 mol/dm^3	20 cm^3
อุปกรณ์	
1. กระบอกตวงขนาด 10 cm^3	1 ใบ
2. บีกเกอร์ขนาด 100 cm^3	1 ใบ
3. จุกคอร์กหรือจุกยางสำหรับปิดกระบอกตวง	1 อัน
4. นาฬิกาจับเวลาหรือนาฬิกาที่มีเข็มวินาที	1 เรือน
5. กระดาษทรายขนาด 3 cm x 3 cm	1 ชิ้น
6. ใบมีดโกน	1 ใบ

การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
<u>ด้านความรู้</u> 1. อธิบายความหมายของอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี 2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลาและคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาต่างๆ ได้	– ตรวจแบบทดสอบก่อน/หลังเรียน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	– แบบทดสอบก่อน/หลังเรียน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จุดประสงค์	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
<u>ทักษะกระบวนการ</u> 1. ทักษะการสังเกต 2. ทักษะการวัด 3. ทักษะการคำนวณ 4. ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล 5. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 6. ทักษะการพยากรณ์ 7. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 8. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	- ตรวจแบบทดสอบก่อน/หลัง เพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน เพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
	- ตรวจกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก	- กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
<u>ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง</u> 1. ความมีเหตุผล 2. ความพอประมาณ 3. การมีภูมิคุ้มกัน	- ตรวจแบบทดสอบก่อน/หลัง เพื่อวัดความมีเหตุผล ความพอประมาณ การมีภูมิคุ้มกัน	- แบบทดสอบก่อน/หลังเรียน เพื่อวัดความมีเหตุผล ความพอประมาณ การมีภูมิคุ้มกัน	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
	- ตรวจกิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ความมีเหตุผล ความพอประมาณ การมีภูมิคุ้มกัน	- กิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงความมีเหตุผล ความพอประมาณ การมีภูมิคุ้มกัน	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บันทึกประเมินผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

ปัญหาการจัดการเรียนรู้

.....

.....

วิธีการแก้ปัญหา/ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ความเห็นของหัวหน้าวิชาการ

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษา

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ใบความรู้ที่ 1

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Rate of Chemical Reaction)

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Rate of Chemical Reaction)

หมายถึง ปริมาณของสารที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยเวลา หรือ ปริมาณสารตั้งต้น (reactant) ที่ลดลงหรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์ (product) ที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งจะเป็นการบอกว่าปฏิกิริยานั้นจะเกิดขึ้นได้รวดเร็วเพียงใด เช่น การเกิดสนิม การสุกของผลไม้ การลุกไหม้ของน้ำมันเบนซิน เป็นต้น

รูปแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน

ปริมาณของสาร อาจวัดจาก มวล (ของแข็ง) ปริมาตร (แก๊ส) ความเข้มข้น (สารละลาย) ขึ้นอยู่กับความสะดวกและเหมาะสมในการวัดปริมาณของสารนั้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้สมบัติของสารที่เปลี่ยนแปลงไปนำมาหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ เช่น ความดัน สี การนำไฟฟ้า การเกิดตะกอน ความเป็นกรดเป็นเบส เป็นต้น (ทั่วไปมักใช้ความเข้มข้น)

หน่วยเวลา อาจใช้ เป็นวินาที นาที ชั่วโมง วัน ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาว่าเกิดเร็วหรือช้าเพียงใด ดังนั้น หน่วยของอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงขึ้นกับปริมาณที่วัดและเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา เช่น กรัมต่อวินาที กรัมต่อนาที ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที

โมลต่อลิตรต่อวินาที ฯลฯ เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี} = \frac{\text{ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง}}{\text{ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา}}$$

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี} = \frac{\text{ปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา}}$$

การใช้สัญลักษณ์แทนอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

พิจารณาปฏิกิริยา $Mg\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \rightarrow MgSO_4\ (aq) + H_2\ (g)$

สามารถจะวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ทั้งจากปริมาณ Mg หรือ H_2SO_4 ที่ลดลงและจากปริมาณของ $MgSO_4$ หรือ H_2 ที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเขียนสัญลักษณ์แทนอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากสารต่างๆ ได้ดังนี้

ให้ [ ] แทนความเข้มข้น หรือปริมาตรของสาร

Δ แทนการเปลี่ยนแปลง

t แทนระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา

\+ แทนการเพิ่มขึ้น

– แทนการลดลง

ถ้าอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากความเข้มข้นของกรด H_2SO_4 ที่ลดลง

เมื่อเวลาเริ่มต้น (t_1) มี H_2SO_4 เข้มข้น C_1

เมื่อเวลา (t_2) มี H_2SO_4 เข้มข้น C_2

เวลาที่ใช้ $= t_2 - t_1 = \Delta t$

ความเข้มข้นที่ลดลง $= C_2 - C_1 = -\Delta[H_2SO_4]$

$\therefore$ อัตราการลดลงของกรด $H_2SO_4 = \frac{\text{ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง}}{\text{ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา}}$

$\therefore$ อัตราการลดลงของกรด $H_2SO_4 = -\frac{\Delta[H_2SO_2]}{\Delta t}$ .....(1)

ในทำนองเดียวกัน สารอื่นๆ ก็สามารถหาอัตราการเปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกัน

อัตราการลดลงของ Mg $= -\frac{\Delta[Mg]}{\Delta t}$ .....(2)

อัตราการเพิ่มขึ้นของ $MgSO_4$ = $+\frac{\Delta[MgSO_4]}{\Delta t}$ .....(3)

อัตราการเพิ่มขึ้นของ H_2 = $+\frac{\Delta[H_2]}{\Delta t}$ .....(4)

อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารตั้งต้นสมการ (1) – (4) ยังไม่ใช่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นเพียงอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารเท่านั้น แต่สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารได้

พิจารณาจากสมการ $Mg + H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 + H_2$

จะเห็นได้ว่า Mg ลดลง 1 โมล H_2SO_4 จะลดลง 1 โมลด้วย พร้อมกันนั้น $MgSO_4$ และ H_2 ก็จะเกิดขึ้นอย่างละ 1 โมล ดังนั้นในเวลา 1 หน่วยเวลา การเปลี่ยนแปลงปริมาณของ Mg, H_2SO_4, $MgSO_4$ และ H_2 จะเท่ากัน

เช่น ถ้าในเวลา 10 นาที ใช้ Mg ไป 0.1 โมล

อัตราการลดลงของ Mg = $\frac{0.1}{10}$ = 0.01 โมล/นาที

อัตราการเปลี่ยนแปลงของ H_2SO_4, $MgSO_4$ และ H_2 ก็จะเป็น 0.01 โมล/นาที เช่นเดียวกัน

เนื่องจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของสารทุกตัวต่อ 1 หน่วยเวลามีค่าเท่ากัน ดังนั้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงสามารถพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของสารใดก็ได้ และในกรณีนี้อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของสาร

อัตราการเกิดปฏิกิริยา = อัตราการลดลงของ H_2SO_4 = $-\frac{\Delta[H_2SO_2]}{\Delta t}$

= อัตราการลดลงของ Mg = $-\frac{\Delta[Mg]}{\Delta t}$

= อัตราการเพิ่มขึ้นของ $MgSO_4$ = $+\frac{\Delta[MgSO_4]}{\Delta t}$

= อัตราการเพิ่มขึ้นของ H_2 = $+\frac{\Delta[H_2]}{\Delta t}$

ถ้าให้ R = อัตราการเกิดปฏิกิริยา

$$R = -\frac{\Delta[H_2SO_2]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[Mg]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[MgSO_4]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[H_2]}{\Delta t}$$

ในกรณีที่ปฏิกิริยาเคมีนั้นเกี่ยวข้องกับสารมากกว่า 1 โมลอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะไม่เท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของสารนั้น จะต้องมีการเพิ่มแฟกเตอร์บางอย่างเข้าไปจึงจะหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

พิจารณาตัวอย่างของปฏิกิริยา

$$Mg\ (s) + 2HCl\ (aq) \rightarrow MgCl_2\ (aq) + H_2\ (g)$$

อัตราการลดลงของ Mg $= -\frac{\Delta[Mg]}{\Delta t}$ .....(1)

อัตราการลดลงของ HCl $= -\frac{\Delta[HCl]}{\Delta t}$ .....(2)

อัตราการเพิ่มขึ้นของ $MgSO_4$ $= +\frac{\Delta[MgCl]}{\Delta t}$ .....(3)

อัตราการเพิ่มขึ้นของ H_2 $= +\frac{\Delta[H_2]}{\Delta t}$ .....(4)

อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารทั้ง 4 ชนิดจะไม่เท่ากัน

จากสมการถ้าใช้ Mg 1 โมล จะต้องใช้ HCl 2 โมล จึงจะได้ $MgCl_2$ และ H_2 อย่างละ 1 โมล

สมมติว่าในเวลา 10 นาที ใช้ Mg ไป 0.1 โมล จะหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของสารต่างๆ ได้ดังนี้

จากสมการ ถ้าใช้ Mg 0.1 โมลจะใช้ HCl 0.2 โมล และได้ $MgCl_2$ กับ H_2 อย่างละ 0.1 โมล

อัตราการลดลงของ Mg $= \frac{0.1}{10} = 0.01$ โมล/นาที

อัตราการลดลงของ HCl $= \frac{0.2}{10} = 0.02$ โมล/นาที

อัตราการลดลงของ $MgCl_2$ $= \frac{0.1}{10} = 0.01$ โมล/นาที

อัตราการลดลงของ H_2 $= \frac{0.1}{10} = 0.01$ โมล/นาที

จะเห็นได้ว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของสารมีค่าไม่เท่ากัน ถ้าอัตราการเกิดปฏิกิริยา คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของสาร อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คิดจากสารต่างๆ ก็จะมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นไปไม่ได้ ทั้งนี้เพราะ อัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาเคมีหนึ่งๆ จะต้องมีค่าเท่ากันไม่ว่าจะคิดจากสารใด ดังนั้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงไม่ใช่อัตราการเปลี่ยนแปลงของสาร แต่สามารถคิดจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของสารได้

การที่จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าเท่ากันไม่ว่าจะคิดจากสารใด ต้องมีการเพิ่มแฟกเตอร์บางอย่างเข้าไป

พิจารณากรณีของ HCl ถ้าคูณอัตราการลดลงของ HCl ด้วย 1/2 จะพบว่าอัตราการเกิดเปลี่ยนแปลงจะเท่ากับสารอื่นๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

1/2 x อัตราการลดลงของ HCl = 1/2 x $\frac{0.2}{10}$ = 0.01 โมล/นาที

ตัวเลข “2” ที่เพิ่มเข้าไป ก็คือจำนวนโมลของ HCl นั่นเอง ซึ่งเป็นแฟกเตอร์ที่ต้องเพิ่มเข้าไป เพื่อทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงเท่ากัน

อัตราการลดลงของ Mg = 0.01 โมล/นาที

1/2 x อัตราการลดลงของ HCl = 0.01 โมล/นาที

อัตราการลดลงของ $MgCl_2$ = 0.01 โมล/นาที

อัตราการลดลงของ H_2 = 0.01 โมล/นาที

จะเห็นว่าทุกกรณีเท่ากัน

ดังนั้นจึงเขียนอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากสารต่างๆ ได้ดังนี้

$$R = -\frac{\Delta[Mg]}{\Delta t} = -\frac{1}{2}\frac{\Delta[HCl]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[MgCl]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[H_2]}{\Delta t}$$

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงมีส่วนสัมพันธ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของสารผ่านทางแฟกเตอร์เกี่ยวกับจำนวนโมล ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ทั่วๆ ไป ได้ดังนี้

$R = \frac{1}{n}$ x อัตราการเปลี่ยนแปลงของสาร

หรือ $R = \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta[X]}{\Delta t}$ เมื่อ

n = จำนวนโมลของสาร X

[X] = ความเข้มข้นของสาร

ในกรณีที่พิจารณาสมการทั่วๆ ไป

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

จะเขียนอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้เป็น

$$R = -\frac{1}{a}\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b}\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = +\frac{1}{c}\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = +\frac{1}{d}\frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

ตัวอย่างเช่น

$$2A + 3B \rightarrow C + 4D$$

$$R = -\frac{1}{2}\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{3}\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = +\frac{1}{4}\frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

นั่นคือ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีคิดจากสารใดก็ได้ แต่ต้องคิดตามความสัมพันธ์ดังกล่าว

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประเภทของอัตราการเกิดปฏิกิริยา

อัตราการเกิดปฏิกิริยา แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมดต่อเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด

2. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง หมายถึง อัตราการเกิดปฏิกิริยาช่วงเวลาหนึ่ง หรือ อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง

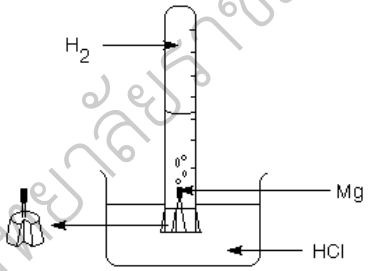
3. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในวินาทีใดวินาทีหนึ่ง

ในปฏิกิริยาทั่วๆ ไป ช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยาจะค่อนข้างเร็วและค่อยๆ ช้าลงตามลำดับ ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่งมีค่าไม่เท่ากัน

<u>ตัวอย่าง</u> จากการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง Mg กับ HCl ตามสมการ

$$Mg + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + H_2$$

โดยการเก็บก๊าซ H_2 จากการแทนที่สารละลาย ดังรูป



ผลการทดลองได้ดังนี้

ปริมาตร H_2 (cm^3)	เวลา (s)	ปริมาตร H_2 (cm^3)	เวลา (s)
1	7	4	32
2	15	6	60
3	23	8	105

ก. จงคำนวณอัตราเฉลี่ยของการเกิดก๊าซ H_2

ข. จงคำนวณอัตราการเกิดก๊าซ H_2 ระหว่างเวลา 23–32 วินาที

ค. จงคำนวณอัตราการเกิดก๊าซ H_2 ณ วินาทีที่ 50

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>วิธีทำ</u> ก. คำนวณอัตราเฉลี่ย

$$\text{อัตราเฉลี่ย} = \frac{\text{ปริมาตร } H_2 \text{ ทั้งหมด}}{\text{เวลาทั้งหมด}}$$

$$= \frac{8}{105} = 0.076 \ \text{cm}^3/\text{s}$$

ข. คำนวณอัตราการเกิด H_2 ในช่วง 23–32 วินาที

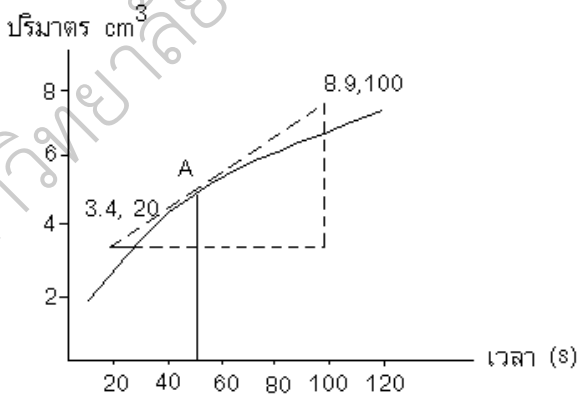
$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยา} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$= \frac{4-3}{32-23} = 0.11 \ \text{cm}^3/\text{s}$$

ค. คำนวณอัตราการเกิด H_2 ที่ 50 วินาที

จากสูตร อัตราการเกิดปฏิกิริยา $= \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$

ถ้าเขียนกราฟระหว่างปริมาตรของก๊าซ H_2 ที่เกิดขึ้นกับเวลาที่ใช้ โดยให้แกนตั้งแทนปริมาตร และแกนนอนแทนเวลา ค่า $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ ก็คือความชัน (slope) (slope) ของกราฟนั่นเอง ดังนั้นเมื่อต้องการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่งจะทำได้โดยการหาความชันจากกราฟ ณ จุดหนึ่งๆ จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ เขียนเป็นกราฟได้ดังนี้



เมื่อต้องการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ เวลา 50 วินาที ก็ทำได้โดยลากเส้นขนานกับแกนตั้งจากจุด 50 วินาที ขึ้นไปตัดกราฟที่จุด A หลังจากนั้นลากเส้นสัมผัสให้ผ่านจุด A แล้วหาค่าความชัน (slope) ที่จุด A ค่าความชันก็คือค่า อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ เวลานั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จากกราฟ ความชัน $= \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$

$= \frac{8.9 - 3.4}{100 - 20}$

$= 0.069 \ cm^3/s$

เพราะฉะนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เวลา 50 วินาที = 0.069 cm3/s

จากตัวอย่างของปฏิกิริยา $Mg + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + H_2$ จะเห็นได้ว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงเวลาต่างๆ มีค่าไม่เท่ากัน ในตอนเริ่มต้นปฏิกิริยาจะเกิดเร็วและค่อยๆ เกิดช้าลงตามลำดับ เห็นได้จากลักษณะของกราฟซึ่งมีค่าความชันสูงมากในตอนแรก (ความชันของกราฟ คือค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะนั้น) แล้วค่อยๆ ลดลงตามลำดับ นอกจากจะวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากปริมาตรของก๊าซ H_2 ที่เกิดขึ้นแล้ว ยังสามารถวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากปริมาณของ Mg และ HCl ที่ลดลงได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ 1</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก

ชื่อกลุ่ม			
ลำดับที่	**ชื่อ – สกุล**	**ชั้น**	**เลขที่**

<u>วัตถุประสงค์การทดลอง</u>

1).....

2).....

3).....

<u>อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง</u>

รายการ	**ต่อ 1 กลุ่ม**
สารเคมี	
1. โลหะแมกนีเซียมขนาด 0.5 cm x 10 cm	1 ชิ้น
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 mol/dm^3	20 cm^3
อุปกรณ์	
1. กระบอกตวงขนาด 10 cm^3	1 ใบ
2. บีกเกอร์ขนาด 100 cm^3	1 ใบ
3. จุกคอร์กหรือจุกยางสำหรับปิดกระบอกตวง	1 อัน
4. นาฬิกาจับเวลาหรือนาฬิกาที่มีเข็มวินาที	1 เรือน
5. กระดาษทรายขนาด 3 cm x 3 cm	1 ชิ้น
6. ใบมีดโกน	1 ใบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ขั้นตอนการทดลอง

1. ใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.2 mol/dm^3 ในกระบอกตวงขนาด 10 cm^3 จนเต็ม

2. นำจุกคอร์กขนาดพอดีกับปากกระบอกตวงมาบากด้านข้างตามแนวยาวให้เป็นร่องเล็กๆ เพื่อให้ของเหลวไหลออกมาได้ และกรีดกลางจุกคอร์กให้เป็นแนวเล็กๆ สำหรับเสียบลวดแมกนีเซียม

3. นำลวดแมกนีเซียมที่ขัดสะอาดแล้วยาวประมาณ 10 cm มาขดให้คล้ายสปริง และเสียบที่จุกคอร์ก ตรงรอยกรีดกลาง แล้วนำมาปิดปากกระบอกตวง

4. คว่ำกระบอกตวงลงในบีกเกอร์ ขนาด 100 cm^3 ซึ่งใส่น้ำไว้ประมาณ 50 cm^3 จับเวลาเมื่อของเหลวในกระบอกตวงอยู่ที่ขีดแรก และทุกระยะที่ของเหลวลดลง 1 cm^3 จนถึงขีดก่อนที่ลวดแมกนีเซียมจะโผล่พ้นสารละลาย บันทึกผลการทดลอง

<u>บันทึกผลการทดลอง</u> (ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล)

.....

.....

.....

.....

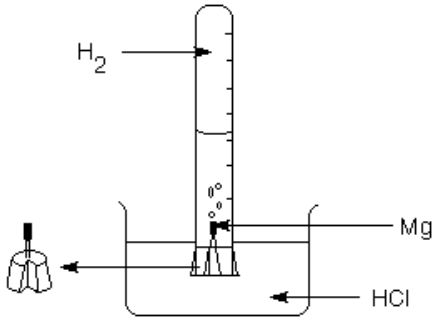
<u>กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแก๊สไฮโดรเจน (cm^3) กับเวลา (s)</u>

(ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)

เขียนกราฟในกระดาษกราฟ แล้วตัดแปะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>สรุปและอภิปรายผลการทดลอง</u> (ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)



.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>ให้นักเรียนระบุทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้ฝึกต่อไปนี้</u>

1. การเกิดแก๊สในแต่ละช่วงปริมาตรใช้เวลาเท่ากันหรือไม่ อย่างไร **(ทักษะการสังเกต)**

.....

.....

2. มีวิธีใดบ้างที่ใช้วัดปริมาณสารในปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก **(ทักษะการวัด)**

.....

.....

3. จงแสดงวิธีคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย จากข้อมูลผลการทดลอง **(ทักษะการคำนวณ)**

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

4. จงแสดงวิธีคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่กลุ่มกำหนดเอง จากข้อมูลผลการทดลอง (**ทักษะการคำนวณ**)

.....

.....

.....

.....

5. จงแสดงวิธีคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดใดจุดหนึ่ง ที่กลุ่มกำหนดเองจากข้อมูลผลการทดลอง (**ทักษะการคำนวณ**)

.....

.....

.....

.....

6. ในการทำปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก ปริมาณโลหะแมกนีเซียมจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง (**ทักษะการพยากรณ์**)

.....

.....

7. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปรในการทดลอง ดังต่อไปนี้

(**ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร**)

ตัวแปรต้น คือ

.....

.....

ตัวแปรตาม คือ

.....

.....

ตัวแปรควบคุม คือ

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>เฉลยกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ 1</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก

<u>วัตถุประสงค์การทดลอง</u>

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริกได้

2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนกับเวลาและแปลผลจากกราฟได้

3. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริกในช่วงเวลาต่างๆ ได้

<u>ตัวอย่างผลการทดลอง</u> (ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล)

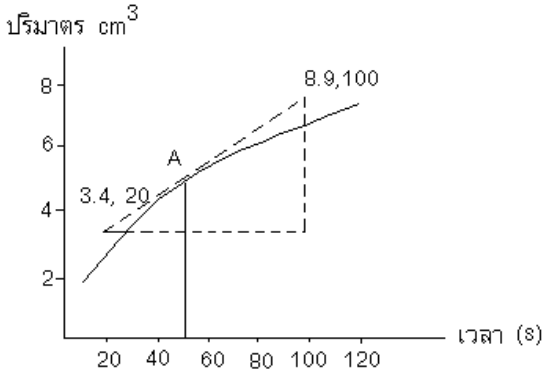
จับเวลาการเกิดแก๊สไฮโดรเจนทุก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ได้ดังนี้

ปริมาตรแก๊สไฮโดรเจน (cm^3) ระหว่างขีดที่	**เวลา (s)**
1–2	20
2–3	42
3–4	65
4–5	86
5–6	109
6–7	134
7–8	164
8–9	204
9–10	256

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแก๊สไฮโดรเจน (cm^3) กับเวลา (s)</u>

(ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)



<u>สรุปและอภิปรายผลการทดลอง</u> (ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)

ให้นักเรียนอภิปรายผลการทดลองร่วมกันในกลุ่ม เพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

1. แก๊สที่เกิดปฏิกิริยาระหว่างแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก คือ แก๊สไฮโดรเจน เขียนสมการแสดงได้ดังนี้

$$Mg\ (s) + 2HCl\ (aq) \longrightarrow MgCl_2\ (aq) + H_2\ (g)$$

หรือ $$Mg\ (s) + 2H^+\ (aq) \longrightarrow Mg^{2+}\ (aq) + H_2\ (g)$$

2. การเกิดแก๊สไฮโดรเจนในแต่ละช่วงปริมาตรใช้เวลาไม่เท่ากัน ในช่วงแรกใช้เวลาน้อยและในช่วงถัดไปใช้เวลามากขึ้นตามลำดับ

3. ลักษณะของกราฟในตอนเริ่มต้นมีความชันมาก แสดงว่าปฏิกิริยาเกิดได้เร็ว เมื่อเวลาผ่านไปปฏิกิริยาเกิดได้ช้าลง ความชันของกราฟจึงลดลง

4. ปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยา นอกจากจากจะวัดปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา อาจวัดจากปริมาณของผลิตภัณฑ์อื่น คือ แมกนีเซียมไอออนที่เกิดขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา หรือวัดจากปริมาณสารตั้งต้น คือ โลหะแมกนีเซียมหรือไฮโดรเจนไอออนที่ลดลงในหนึ่งหน่วยเวลา

<u>ให้นักเรียนระบุทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้ฝึกต่อไปนี้</u>

1. การเกิดแก๊สในแต่ละช่วงปริมาตรใช้เวลาเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

(ทักษะการสังเกต)

<u>แนวคำตอบ</u> ไม่เท่ากัน เพราะการเกิดแก๊สไฮโดรเจนในแต่ละช่วงปริมาตรใช้เวลาไม่เท่ากัน ในช่วงแรกใช้เวลาน้อยและในช่วงถัดไปใช้เวลามากขึ้นตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

2. มีวิธีใดบ้างที่ใช้วัดปริมาณสารในปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก **(ทักษะการวัด)**

<u>แนวคำตอบ</u> การทดลองนี้สามารถวัดปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นโดยตรง และพบว่าการเก็บแก๊สในแต่ละช่วงใช้เวลาไม่เท่ากัน โดยในช่วงแรกใช้เวลาน้อย และต่อมาใช้เวลามากขึ้น

3. จงแสดงวิธีคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย จากข้อมูลผลการทดลอง **(ทักษะการคำนวณ)**

<u>แนวคำตอบ</u> ตัวอย่างการคำนวณอัตราเฉลี่ย

$$\text{อัตราเฉลี่ย} = \frac{\text{ปริมาตร } H_2 \text{ ทั้งหมด}}{\text{เวลาทั้งหมด}}$$

$$= \frac{8}{105} = 0.076 \ \text{cm}^3/\text{s}$$

4. จงแสดงวิธีคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่กลุ่มกำหนดเอง จากข้อมูลผลการทดลอง **(ทักษะการคำนวณ)**

<u>แนวคำตอบ</u> ตัวอย่างการคำนวณอัตราการเกิด H_2 ในช่วง 23–32 วินาที

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยา} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$= \frac{4 - 3}{32 - 23} = 0.11 \ \text{cm}^3/\text{s}$$

5. จงแสดงวิธีคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดใดจุดหนึ่งที่กลุ่มกำหนดเอง จากข้อมูลผลการทดลอง **(ทักษะการคำนวณ)**

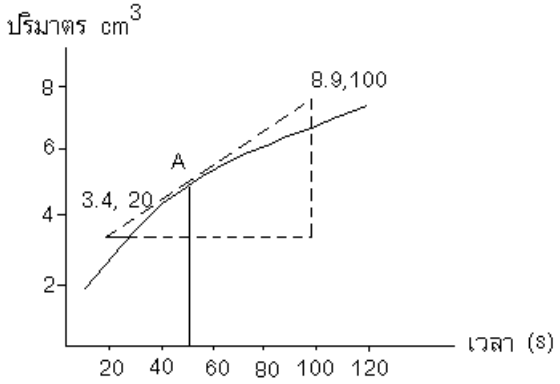
<u>แนวคำตอบ</u> ตัวอย่างการคำนวณอัตราการเกิด H_2 ที่ 50 วินาที

$$\text{จากสูตร อัตราการเกิดปฏิกิริยา} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

ถ้าเขียนกราฟระหว่างปริมาตรของก๊าซ H_2 ที่เกิดขึ้นกับเวลาที่ใช้ โดยให้แกนตั้งแทนปริมาตร และแกนนอนแทนเวลา ค่า $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ ก็คือความชัน (slope) ของกราฟนั่นเอง ดังนั้นเมื่อต้องการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง จะทำได้โดยการหาความชันจากกราฟ ณ จุดหนึ่งๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ เขียนเป็นกราฟได้ดังนี้



เมื่อต้องการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ เวลา 50 วินาที ก็ทำได้โดยลากเส้นขนานกับแกนตั้งจากจุด 50 วินาที ขึ้นไปตัดกราฟที่จุด A หลังจากนั้นลากเส้นสัมผัสให้ผ่านจุด A แล้วหาค่าความชัน (slope) ที่จุด A ค่าความชันก็คือค่า อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ เวลานั้น

$$\text{จากกราฟ ความชัน} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{8.9 - 3.4}{100 - 20}$$

$$= 0.069 \ cm^3/s$$

เพราะฉะนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เวลา 50 วินาที = 0.069 cm^3/s

6. ในการทำปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก ปริมาณโลหะแมกนีเซียมจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง **(ทักษะการพยากรณ์)**

<u>แนวคำตอบ</u> ปริมาณโลหะแมกนีเซียมจะลดลง เพราะโลหะแมกนีเซียมเป็นสารตั้งต้น เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก ปริมาณจะลดลง

7. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปรในการทดลอง ดังต่อไปนี้

(ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)

<u>แนวคำตอบ</u> ตัวแปรต้น คือ ระยะเวลา

ตัวแปรตาม คือ อัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจน

ตัวแปรควบคุม คือ ความเข้มข้นของ HCl, พื้นที่หน้าตัดของลวดแมกนีเซียม

สงวนลิขสิทธิ์ ภาควิชาเคมี

<u>กิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง</u>

<u>ความมีเหตุผล ความพอประมาณ การมีภูมิคุ้มกัน</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

<u>คำชี้แจง</u> : ให้นักเรียนตอบคำถามการบูรณาการกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ด้านความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน

1. เพราะเหตุใดการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะ Mg กับสารละลาย HCl จึงวัดจากปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนต่อหนึ่งหน่วยเวลา

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

2. นักเรียนสามารถบอกความพอประมาณในการใช้สารเคมีในการทดลอง เช่น กรดไฮโดรคลอริก ซึ่งเป็นกรดแก่ที่มีความอันตราย

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

3. ก่อนตัดสินใจเลือกใช้สารเคมีต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้น้ำยาล้างห้องน้ำ ที่มีกรดไฮโดรคลอริกเป็นส่วนประกอบ นักเรียนควรมีแนวทางการใช้อย่างระมัดระวังและรอบคอบอย่างไร เพื่อป้องกันอันตราย

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>เฉลยกิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ความมีเหตุผล ความพอประมาณ การมีภูมิคุ้มกัน</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

<u>คำชี้แจง</u> : ให้นักเรียนตอบคำถามการบูรณาการกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ด้านความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน

1. เพราะเหตุใดการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะ Mg กับสารละลาย HCl จึงวัดจากปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนต่อหนึ่งหน่วยเวลา

<u>แนวตำตอบ</u> เพราะในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโหะ Mg กับสารละลาย HCl จะเกิดแก๊สไฮโดรเจนที่สามารถสังเกตและทำการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้สะดวก

2. นักเรียนสามารถบอกความพอประมาณในการใช้สารเคมีในการทดลอง เช่น กรดไฮโดรคลอริก ซึ่งเป็นกรดแก่ที่มีความอันตราย

<u>แนวตำตอบ</u> ควรเลือกใช้ความเข้มข้นที่เหมาะสมกับการทดลองและใช้ด้วยความพอประมาณ เพราะกรดไฮโดรคลอริกสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ เช่น ถ้าสัมผัสทางผิวหนังจะเป็นแผล

3. ก่อนตัดสินใจเลือกใช้สารเคมีต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้น้ำยาล้างห้องน้ำ ที่มีกรดไฮโดรคลอริกเป็นส่วนประกอบ นักเรียนควรมีแนวทางการใช้อย่างระมัดระวังและรอบคอบอย่างไรเพื่อป้องกันอันตราย

<u>แนวตำตอบ</u> การใช้น้ำยาล้างห้องน้ำ ที่มีกรดไฮโดรคลอริกเป็นส่วนประกอบ จะต้องใช้ด้วยความระมัดระวังและรอบคอบ เช่น สวมถุงมือทุกครั้ง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยาล้างห้องน้ำสัมผัสกับผิวหนัง การได้รับพิษโดยการสัมผัสกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นทำให้เกิดแผลคล้ายแผลไฟไหม้ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

<u>คำชี้แจง</u> : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วกาเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดคือความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย (**ความรู้-ความจำ**)

ก. ปริมาณของสารตั้งต้นที่ลดลงหรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการเกิดปฏิกิริยาในหนึ่งหน่วยเวลา

ข. ปริมาณของสารตั้งต้นที่ลดลงหรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นขณะใดขณะหนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลาของช่วงนั้น

ค. ปริมาณของสารตั้งต้นที่ลดลงหรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจุดใดจุดหนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลาของจุดนั้น

ง. ไม่มีข้อถูก

2. จากสมการเคมี $Mg\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \rightarrow MgSO_4\ (aq) + H_2\ (g)$ สามารถวัดได้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ **<u>ยกเว้น</u>**ข้อใด (**ความรู้-ความจำ**)

ก. วัดจากปริมาณโลหะแมกนีเซียมที่ลดลง

ข. วัดจากปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่เพิ่มขึ้น

ค. วัดจากความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่เพิ่มขึ้น

ง. วัดจากความเข้มข้นของแมกนีเซียมซัลเฟตที่เพิ่มขึ้น

3. เมื่อใส่โลหะ x ลงในกรดไฮโดรคลอริก จะเกิดปฏิกิริยาให้แก๊สไฮโดรเจน ในการทดลองที่อุณหภูมิต่างกันโดยจับเวลาที่ใช้ไปเมื่อได้แก๊สไฮโดรเจน 5 cm3 ได้ข้อมูลดังนี้ (**ความเข้าใจ**)

อุณหภูมิ (°C)	**เวลา (วินาที)**
30	100
40	50
50	0

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ถ้าทำการทดลองที่ 20°C จะต้องใช้เวลาเท่าไหร่

ก. 150 วินาที ข. 200 วินาที

ค. 250 วินาที ง. 300 วินาที

4. ก๊าซ NO_2 สลายตัวตามสมการ $2NO_2\ (g) \rightarrow 2NO\ (g) + O_2\ (g)$ ถ้าอัตราการสลายตัวของ NO_2 (g) เท่ากับ 4.4×10^{-5} $mol.dm^{-3}.s^{-1}$ อัตราการเกิด O_2 (g) จะเป็นเท่าใด **(ความเข้าใจ)**

ก. 1.1×10^{-5} ข. 2.2×10^{-5}

ค. 4.4×10^{-5} ง. 8.8×10^{-5}

5. เมื่อเอาโลหะเหล็กที่บดเป็นผงละเอียดใส่ลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ข้อใดให้อัตราการเกิดปฏิกิริยา**<u>เฉลี่ยสูงสุด</u> (ความเข้าใจ)**

ก. 1.0 g ทำปฏิกิริยาใน 10 นาที ข. 0.01 g ทำปฏิกิริยาใน 1 นาที

ค. 0.20 g ทำปฏิกิริยาใน 1 นาที ง. 0.4 g ทำปฏิกิริยาใน 10 นาที

6. ไดไนโตรเจนเพนทอกไซด์เป็นของแข็งไอออนิกไม่มีสี ($[NO_2]^+[NO_3]^-$ (s)) เมื่อให้ความร้อนที่ 32 °C, 1 atm จะได้แก๊ส N_2O_5 ซึ่งจะสลายต่อไปเป็นแก๊สสีน้ำตาลของไนโตรเจนไดออกไซด์และออกซิเจน ดังสมการ

$$[NO_2]^+[NO_3]^-\ (s) \rightarrow N_2O_5\ (g)$$

$$2N_2O_5\ (g) \rightarrow 4NO_2\ (g) + O_2\ (g)$$

ข้อสรุปใด**<u>ผิด</u> (การสังเคราะห์)**

ก. อัตราการเกิด NO_2 = 4 เท่าของอัตราการเกิด O_2

ข. อัตราการเกิด NO_2 = 2 เท่าของอัตราการสลาย N_2O_5

ค. อัตราการเกิด O_2 = 1/4 เท่าของอัตราการเกิด NO_2

ง. อัตราการเกิด O_2 = 2 เท่าของอัตราการสลาย N_2O_5

7. ปฏิกิริยาต่อไปนี้เกิดในสถานะแก๊สและอัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับความเข้มข้นของสารทั้งสาร A และสาร B

$$A + B \rightarrow C$$

ระบบ 1. สาร A 1 mol ทำปฏิกิริยากับสาร B 1 mol ในภาชนะขนาด 1 dm^3

ระบบ 2. สาร A 2 mol ทำปฏิกิริยากับสาร B 2 mol ในภาชนะขนาด 2 dm^3

ระบบ 3. สาร A 0.2 mol ทำปฏิกิริยากับสาร B 0.2 mol ในภาชนะขนาด 0.1 dm^3

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จากข้อมูลข้างต้น จงหาว่า

I ระบบใดได้สาร C มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด

II ระบบใดมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงที่สุด **(การประเมินค่า)**

ข้อ	I	II
ก.	1	2
ข.	2	3
ค.	3	2
ง.	3	3

8. จากข้อมูลการทำปฏิกิริยาของโลหะแมกนีเซียมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

ปริมาณแก๊ส H_2 (cm^3)	2	4	6	8	10
เวลา (s)	20	45	90	140	200

มีการวิเคราะห์ข้อมูลได้ผลดังนี้

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาช่วง 45–90 วินาที เท่ากับ 0.13 cm^3/s

2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดไม่คงที่

3. อัตราการเกิดปฏิกิริยาวัดจากอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส H_2 สะดวกที่สุด

4. ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกลดลงขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินไป

ข้อใด**ถูก**ที่สุด **(การสังเคราะห์)**

ก. 1 และ 2 เท่านั้น ข. 1, 2 และ 3 เท่านั้น

ค. 1, 2 และ 4 เท่านั้น ง. 1, 2, 3 และ 4

9. ในการทดลองวัดอัตราของปฏิกิริยา I และ II ได้ผลดังตาราง

สารตั้งต้น (mol/dm^3)	**อัตราของปฏิกิริยา I** ($mol/dm^3.s$)	**อัตราของปฏิกิริยา II** ($mol/dm^3.s$)
0.1	0.5×10^{-3}	0.1×10^{-3}
0.2	0.5×10^{-3}	0.2×10^{-3}
0.4	0.5×10^{-3}	0.5×10^{-3}

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ถ้าเลือกความเข้มข้นของสารตั้งต้น เพื่อให้ปฏิกิริยาทั้งสองเสร็จพร้อมกันพอดี ปฏิกิริยาจะสิ้นสุดในกี่วินาที **(การวิเคราะห์)**

ก. 500 วินาที

ข. 1000 วินาที

ค. 1500 วินาที

ง. 2000 วินาที

10. ในการป้องการเกิดสนิมของโลหะ ที่เป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดระหว่างโลหะกับภาวะแวดล้อม ถ้าต้องการให้อัตราการเกิดสนิมลดลง ควรทำอย่างไร **(การนำไปใช้)**

ก. การทาสี

ข. การทาน้ำมัน

ค. การเคลือบพลาสติก

ง. ถูกทุกข้อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

ข้อ 1 เฉลย ก

ข้อ 2 เฉลย ค

ข้อ 3 เฉลย ก

ข้อ 4 เฉลย ข

ข้อ 5 เฉลย ค

ข้อ 6 เฉลย ง

ข้อ 7 เฉลย ข

ข้อ 8 เฉลย ง

ข้อ 9 เฉลย ข

ข้อ 10 เฉลย ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน เพื่อวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

<u>คำชี้แจง</u> : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วกาเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. เราสามารถสังเกตเห็นสิ่งใดต่อไปนี้ได้ง่ายที่สุดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก **(ทักษะการสังเกต)**

ก. ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก ข. ปริมาตรแก๊สไฮโดรเจน

ค. มวลของโลหะแมกนีเซียม ง. ความเข้มข้นของแมกนีเซียมซัลเฟต

2. จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ดังสมการ

$$Mg\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \longrightarrow MgSO_4\ (aq) + H_2\ (g)$$

การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สามารถทำได้โดยวิธีใด **(ทักษะการวัด)**

ก. สีที่แตกต่าง ข. การเปลี่ยนแปลงความดัน

ค. มวลที่เปลี่ยน ง. ความแตกต่างของกรดเบส

จากข้อมูลต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อ 3-5

สารประกอบ AX_2 สลายตัวตามสมการ ดังนี้ $2AX_2\ (g) \longrightarrow 2AX\ (g) + X_2\ (g)$ การทดลองวัดความเข้มข้นของ AX_2 กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลในตารางนี้

เวลา (s)	$[AX_2]$ (mol/l)
0.0	0.50
2.0	0.44
6.0	0.30
10.0	0.22

3. จงคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย **(ทักษะการคำนวณ)**

ก. 0.014 mol/l.s ข. 0.018 mol/l.s

ค. 0.020 mol/l.s ง. 0.028 mol/l.s

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

4. จงคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาช่วง 6–10 วินาที **(ทักษะการคำนวณ)**

ก. 0.10 mol/l.s ข. 0.05 mol/l.s

ค. 0.01 mol/l.s ง. 0.001 mol/l.s

5. จงคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่วินาทีที่ 2 **(ทักษะการคำนวณ)**

ก. 0.0150 mol/l.s

ข. เท่ากับอัตราเริ่มต้นของปฏิกิริยา คือ 0.0150 mol/l.s

ค. 0.0175 mol/l.s

ง. มากกว่า 0.0150 mol/dm^3 แต่น้อยกว่า 0.0175 mol/l.s

6. การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารที่เปลี่ยนแปลงในหนึ่งหน่วยเวลา สามารถบันทึกผลการทดลองในรูปแบบใด เพื่อง่ายต่อการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี **(ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล)**

ก. ตาราง ข. แผนภูมิแท่ง

ค. แผนภูมิวงกลม ง. วงจร

7. ปฏิกิริยาหนึ่งๆ มีขั้นตอนในการเกิดหลายขั้นตอน ข้อใดเป็นขั้นกำหนดอัตราเร็วของปฏิกิริยารวม **(ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)**

ก. ปฏิกิริยาขั้นตอนย่อยแรก

ข. ปฏิกิริยาขั้นตอนย่อยสุดท้าย

ค. ปฏิกิริยาขั้นตอนย่อยที่ดำเนินไปเร็วที่สุด

ง. ปฏิกิริยาขั้นตอนย่อยที่ดำเนินไปช้าที่สุด

8. ปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก อัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารใดมีปริมาณเพิ่มขึ้น **(การพยากรณ์)**

ก. ปริมาณ Mg ข. ความเข้มข้นข้น HCl

ค. ความเข้มข้น $MgSO_4$ ง. ถูกทุกข้อ

9. ข้อใด**<u>ไม่ใช่</u>**ตัวแปรควบคุมในการทดลองจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก **(ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)**

ก. ปริมาณโลหะแมกนีเซียม

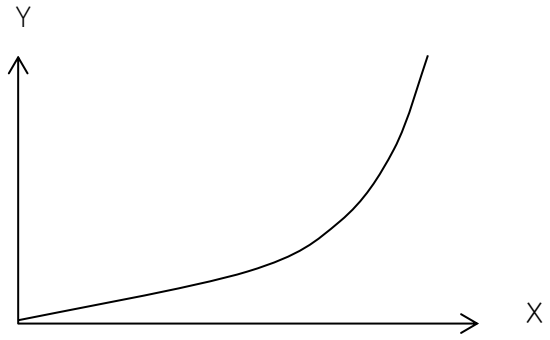
ข. ปริมาตรแก๊สไฮโดรเจน

ค. ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

ง. ระยะเวลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

10. กราฟต่อไปนี้แสดงการเปลี่ยนแปลงของ Y ตาม X ในการศึกษาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยา X และ Y ควรเป็นอย่างไร (**ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป**)



ก. X คือ อุณหภูมิ Y คือ ความเข้มข้น

ข. X คือ เวลา Y คือ ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์

ค. X คือ อุณหภูมิ Y คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยา

ง. X คือความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ Y คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>เฉลยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

ข้อ 1 เฉลย ข

ข้อ 2 เฉลย ค

ข้อ 3 เฉลย ก

ข้อ 4 เฉลย ค

ข้อ 5 เฉลย ง

ข้อ 6 เฉลย ก

ข้อ 7 เฉลย ง

ข้อ 8 เฉลย ข

ข้อ 9 เฉลย ก

ข้อ 10 เฉลย ค

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียนเพื่อวัดความมีเหตุผล</u>

<u>ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 6 คะแนน

<u>คำชี้แจง</u> : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วกาเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ปฏิกิริยา $Mg\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \rightarrow MgSO_4\ (aq) + H_2\ (g)$ พบว่า เมื่อปฏิกิริยาใกล้จะสิ้นสุดนั้น อัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนจะลดลง ทั้งนี้เพราะเหตุใด **(ความมีเหตุผล)**

ก. ความเข้มข้นสารตั้งต้นลดลง

ข. ผลิตภัณฑ์รวมตัวกลับไปเป็นสารตั้งต้นมากขึ้น

ค. ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นทำหน้าที่เป็นตัวขัดขวางปฏิกิริยา

ง. อุณหภูมิของของผสมจะลดลง เนื่องจากพลังงานถูกใช้ไป

2. ในการทดลองถ้าต้องการให้สารผลิตภัณฑ์เกิดได้มากขึ้น ควรทำอย่างไร **(ความมีเหตุผล)**

ก. ลดความเข้มข้นสารตั้งต้น ข. เพิ่มความเข้มข้นสารตั้งต้น

ค. ลดพื้นที่ผิวของสารตั้งต้น ง. เพิ่มความดัน

3. ผักชนิดใดต่อไปนี้ ควรรับประทานให้พอเหมาะ เพราะมีปริมาณกรดออกซาลิกสูง มีผลทำให้เกิดโรคนิ่ว **(ความพอประมาณ)**

ก. ผักคะน้า ข. ผักกระเฉด

ค. ใบชะพลู ง. ตำลึง

4. ข้อใดคือความพอประมาณที่เกิดจากการใช้สารเคมีในชีวิตประจำวันได้ดีที่สุด **(ความพอประมาณ)**

ก. คิมเลือกใช้แชมพูที่มีส่วนผสมจากธรรมชาติมากที่สุด

ข. หมากเลือกใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชที่รุนแรงที่สุด

ค. ณเดชใส่น้ำยาปรับผ้านุ่มครั้งละมากๆ เพราะกลัวผ้าไม่หอม

ง. ญาญ่านำอาหารทะเลมาแช่ด้วยฟอร์มาลีน เพราะกลัวอาหารไม่สด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

5. สิ่งใดต่อไปนี้ **<u>ห้าม</u>**ทิ้งลงอ่างน้ำหรือท่อน้ำทิ้งโดยตรง (**การมีภูมิคุ้มกัน**)

ก. สารไวไฟ

ข. สารไวปฏิกิริยากับน้ำ เช่น โลหะแมกนีเซียม

ค. สารตัวทำละลาย

ง. ข้อ ก. และ ค. ถูกต้อง

6. วิธีการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดพื้น ควรมีหลักในการเลือกอย่างไร (**การมีภูมิคุ้มกัน**)

ก. เลือกซื้อเฉพาะกลิ่นที่ชอบ ข. เลือกซื้อตามความพอใจ

ค. เลือกซื้อปริมาณมาก ง. อ่านวัตถุอันตรายในฉลากให้ครบถ้วน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>เฉลยแบบทดสอบวัดความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 6 คะแนน

ข้อ 1 เฉลย ก

ข้อ 2 เฉลย ข

ข้อ 3 เฉลย ค

ข้อ 4 เฉลย ก

ข้อ 5 เฉลย ข

ข้อ 6 เฉลย ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

รายวิชาเคมี เพิ่มเติม 3 **รหัสวิชา ว 32223**

หน่วยการเรียนรู้ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

หน่วยที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร **เวลา 3 ชั่วโมง**

สอนวันที่ เดือน พ.ศ. ภาคเรียนที่ ปีการศึกษา

มาตรฐานการเรียนรู้

ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6

สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปราย วิเคราะห์และคำนวณเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

ตัวชี้วัด

ม.4-6/2 ทดลอง และอธิบายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระการเรียนรู้

แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

สาระสำคัญ

การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีแนวคิดทฤษฎีการชนกันของสาร โดยการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้สารตั้งต้นต้องชนกันในทิศทางที่เหมาะสมและพลังงานในการชนกันมีค่าสูงกว่าหรือเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์จึงเกิดปฏิกิริยาเคมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีจลน์ การชนกันของอนุภาค และการเกิดสารเชิงซ้อนกัมมันต์ได้

2. แปลความหมายจากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา และระบุได้ว่าเป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายพลังงาน

ด้านทักษะกระบวนการ

1. ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

1.1 ทักษะการสังเกต

1.2 ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล

1.3 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล

1.4 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

1.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2. ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

2.1 ความมีเหตุผล

2.2 ความพอประมาณ

2.3 การมีภูมิคุ้มกัน

กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค STAD ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

⇨ นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ วัดความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน

1. ขั้นเตรียมการ

1.1 ครูและนักเรียนเตรียมสารเคมี และอุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ 2

1.2 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้

1.3 ครูจัดเตรียมสื่อวีดีทัศน์ เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

2. ขั้นสอนร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ความพอประมาณและความมีเหตุผล

2.1 ครูเปิดวีดีทัศน์ เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ให้นักเรียนดูและร่วมกันปราย โดยครูใช้คำถามกระตุ้นความสนใจ ดังนี้

– นอกจากพลังงานที่เกิดจากการชนกันของอนุภาคจะต้องมีค่าสูงมากพอแล้ว นักเรียนคิดว่ามีปัจจัยอื่นอีกหรือไม่ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้

– พลังงานเกี่ยวข้องอย่างไรในการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2.2 ครูทบทวน เรื่อง พลังงานกับการสลายพันธะและสร้างพันธะ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส อธิบายการชนกันของอนุภาค ไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ทุกครั้ง มีเพียงบางครั้งเท่านั้นที่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น และเมื่อสารทำปฏิกิริยากันจะเกิดผลิตภัณฑ์ ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งต้องมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้อง คือ มีการดูดพลังงานเข้าไปเพื่อสลายพันธะในสารตั้งต้น และคายพลังงานออกมาเมื่อสร้างพันธะเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ ใช้กราฟในการอภิปรายพลังงานต่างๆ เพื่อให้สรุปได้ว่าปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาประเภทดูดพลังงานหรือคายพลังงาน

2.3 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับทฤษฎีจลน์ของแก๊ส นอกจากพลังงานที่เกิดจากการชนกันของอนุภาคจะต้องมีค่าสูงพอแล้ว ให้นักเรียนอธิบายถึงเหตุและผลของปัจจัยอื่นว่ามีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ อย่างไร ความเหมาะสมของพลังงานที่เข้าทำปฏิกิริยาเคมี มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร และสาธิตกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงาน ครูถามนักเรียนเกี่ยวกับความพอประมาณในการใช้สารเคมี อุปกรณ์การทดลองที่มีอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า ว่ามีนักเรียนมีแนวทางการเลือกใช้อย่างไรและอธิบายกิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่ 2

3. ขั้นทำกิจกรรมกลุ่ม

3.1 จัดกลุ่มนักเรียน แบบคละความสามารถ กลุ่มละ 4 คน โดยคละเพศและความสามารถตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน แต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนเก่ง นักเรียนปานกลาง และนักเรียนอ่อน ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1 แล้วให้ตั้งชื่อกลุ่ม

3.2 นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี จากใบความรู้ที่ 2 และให้แต่ละกลุ่มวางแผนการทำงานกิจกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงาน กิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่ 2 พร้อมทั้งบันทึกผลกิจกรรม

3.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย สรุปผลการทดลองและตอบคำถามกิจกรรม

3.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และกิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

3.6 ครูแจ้งให้นักเรียนเตรียมตัวเพื่อทำแบบทดสอบหลังเรียน

4. ขั้นตรวจสอบผลงานและทดสอบ

4.1 นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ วัดความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน

4.2 ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจคำตอบ นำคะแนนของสมาชิกแต่ละคนเทียบกับคะแนนฐาน เพื่อหาคะแนนความก้าวหน้า รวมคะแนนความก้าวหน้าของแต่ละคนในทีม แล้วหาค่าเฉลี่ยกำหนดการได้รับการยกย่อง

4.3 ครูประกาศผลกลุ่มที่มีคะแนนความก้าวหน้าเฉลี่ยให้นักเรียนทราบว่ากลุ่มใดได้คะแนนความก้าวหน้าเฉลี่ยสูงสุดในการทำแบบทดสอบครั้งนี้

5. ขั้นสรุปบทเรียน ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน

5.1 นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปความรู้ เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี ผลการปฏิบัติกิจกรรมว่าบรรลุวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้หรือไม่อย่างไร ปัญหาและอุปสรรคมีหรือไม่ แนวทางการแก้ปัญหาและแนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้อย่างไร

5.2 นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปความมีเหตุผล การระบุสาเหตุและผลของสิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดลองว่าแนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร

5.3 นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปความพอประมาณ ในการใช้สารเคมีอุปกรณ์การทดลองได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

5.4 นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปการมีภูมิคุ้มกัน ถึงการกระทำอย่างระมัดระวังก่อนการตัดสินใจเลือกใช้สารเคมีต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้ด่างทับทิมหรือโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ในการแช่ผักและผลไม้ เพื่อชะล้างสารเคมี ควรมีแนวทางตัดสินใจอย่างไร

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

2. กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงาน

3. กิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่ 2

4. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

5. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
1. แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)	10 กรัม
2. แบเรียมไฮดรอกไซด์ ออกตะไฮเดรต ($Ba(OH)_2.8H_2O$)	10 กรัม
3. โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	5 กรัม
4. กลีเซอรีน ($C_3H_8O_3$)	10 มิลลิลิตร
อุปกรณ์	
1. ที่รองแก้ว	1 อัน
2. ขวดรูปชมพู่	1 ใบ
3. เทอร์มอมิเตอร์ 0–100 °C	1 อัน
4. จุกคอร์กหรือจุกยางสำหรับปิดขวดรูปชมพู่	1 อัน
5. แท่งคนสาร	1 อัน
6. กระดาษลิตมัส	1 แผ่น
7. ถ้วยกระเบื้อง	1 ใบ
8. โกร่งพร้อมที่บด	1 ชุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
<u>ด้านความรู้</u> 1. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีจลน์ การชนกันของอนุภาค และการเกิดสารเชิงซ้อนกัมมันต์ได้ 2. แปลความหมายจากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาและระบุได้ว่าเป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายพลังงาน	– ตรวจแบบทดสอบก่อน/หลังเรียน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี	– แบบทดสอบก่อน/หลังเรียน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
<u>ทักษะกระบวนการ</u> 1. ทักษะการสังเกต 2. ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล 3. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 4. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	– ตรวจแบบทดสอบก่อน/หลัง เพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	– แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน เพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
	– ตรวจกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงาน	– กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงาน	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จุดประสงค์	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
<u>ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง</u> 1. ความมีเหตุผล 2. ความพอประมาณ 3. การมีภูมิคุ้มกัน	– ตรวจแบบทดสอบก่อน/หลัง เพื่อวัดความมีเหตุผล ความพอประมาณ การมีภูมิคุ้มกัน	– แบบทดสอบก่อน/หลังเรียน เพื่อวัดความมีเหตุผล ความพอประมาณ การมีภูมิคุ้มกัน	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
	– ตรวจกิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงความมีเหตุผล ความพอประมาณ การมีภูมิคุ้มกัน	– กิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ความมีเหตุผล ความพอประมาณ การมีภูมิคุ้มกัน	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บันทึกประเมินผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

ปัญหาการจัดการเรียนรู้

.....

.....

วิธีการแก้ปัญหา/ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ความเห็นของหัวหน้าวิชาการ

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษา

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ใบความรู้ที่ 2

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงาน

กับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าในการเกิดปฏิกิริยาเคมีอนุภาคของสารตั้งต้น ซึ่งอาจเป็นโมเลกุล อะตอม หรือไอออนจะต้องชนกัน ถ้าการชนกันทุกครั้งทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีจะเป็นผลให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่จากการทดลองพบว่าการชนกันของอนุภาคไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ทุกครั้ง มีเพียงบางครั้งเท่านั้นที่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด?

จากความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีจลน์ที่ได้ศึกษามาแล้วอธิบายได้ว่า ณ อุณหภูมิหนึ่ง โมเลกุลของแก๊สชนิดเดียวกันเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วแตกต่างกัน โมเลกุลที่เคลื่อนที่ช้าจะมีพลังงานจลน์ต่ำ ส่วนโมเลกุลที่เคลื่อนที่เร็วจะมีพลังงานจลน์สูง ถ้าโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงหรือมีอัตราเร็วสูงชนกันพลังงานที่เกิดจากการชนกันก็มีค่าสูงด้วย และถ้าพลังงานมีค่าสูงพอก็จะเกิดการสลายพันธะในสารตั้งต้นแล้วสร้างพันธะใหม่เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งก็คือการเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่ถ้าโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์ต่ำเกิดการชนกันและพลังงานมีค่าไม่สูงพอก็จะไม่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น

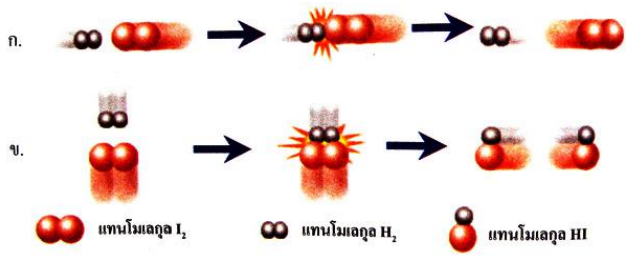
➡ นอกจากพลังงานที่เกิดจากการชนกันของอนุภาคจะต้องมีค่าสูงพอแล้ว นักเรียนคิดว่ามีปัจจัยอื่นอีกหรือไม่ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้?

เมื่ออนุภาคของสารชนกันแล้วจะมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นหรือไม่ ยังขึ้นอยู่กับทิศทางในการชนกันด้วย เช่น ปฏิกิริยาระหว่างแก๊สไฮโดรเจนกับแก๊สไอโอดีน ดังสมการ

$$_2(g) + I_2(g) \rightarrow +2HI(g)$$

การที่จะได้แก๊สไฮโดรเจนไอโอไดด์เกิดขึ้น โมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนกับแก๊สไอโอดีนจะต้องมีการชนกันและอาจจัดตัวขณะชนกันได้ ดังรูป

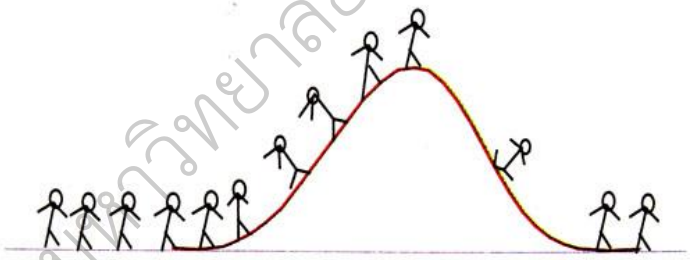
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร



รูปแสดงการจัดเรียงโมเลกุลของ H_2 และ I_2 ขณะชนกัน

เมื่อพิจารณาการชนกันของโมเลกุลกับโมเลกุล พบว่าการชนกันแบบ ข. มีโอกาสที่จะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้มากกว่าแบบ ก. เนื่องจากทิศทางในการชนกันของโมเลกุลทั้งสองมีความเหมาะสม จากข้อมูลที่กล่าวมาแล้วช่วยให้สรุปได้ว่าปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้เมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสม รวมทั้งต้องมีพลังงานที่เกิดจากการชนกันอย่างน้อยที่สุดปริมาณหนึ่งซึ่งเท่ากับ พลังงานก่อกัมมันต์ ใช้สัญลักษณ์ย่อเป็น Ea

พลังงานก่อกัมมันต์เป็นค่าที่คำนวณจากผลการทดลอง ซึ่งในแต่ละปฏิกิริยาจะมีค่าพลังงานก่อกัมมันต์ไม่เท่ากัน โดยปกติโมเลกุลที่มีพลังงานเท่ากับหรือมากกว่าพลังงานก่อกัมมันต์มีจำนวนน้อยมาก เพื่อให้เข้าใจดีขึ้นจึงอาจเปรียบเทียบการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับการเดินทางข้ามภูเขา ดังรูป



การเดินทางข้ามภูเขา

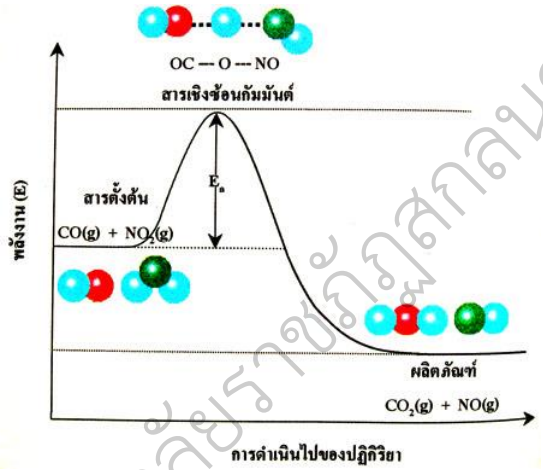
คนที่จะเดินข้ามภูเขาได้ต้องแข็งแรงมากหรือมีพลังงานมาก ดังนั้น จำนวนคนที่จะเดินข้ามภูเขาได้ภายในเวลาที่กำหนด จึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการ คือ (1) จำนวนคนที่แข็งแรงหรือมีพลังงานมาก และ (2) ความสูงของภูเขา

ถ้าอุปมาอุปไมยจำนวนคนที่แข็งแรงหรือมีพลังงานสูงกับจำนวนอนุภาคที่มีพลังงานสูง และความสูงของภูเขากับค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยานั้น ช่วยให้อธิบายได้ว่าการที่บางปฏิกิริยาเกิดขึ้นช้ามาก เพราะปฏิกิริยานั้นมีค่าพลังงานก่อกัมมันต์สูงมาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

และอนุภาคที่มีพลังงานสูงมีจำนวนน้อย โอกาสที่จะชนกันเพื่อให้ได้พลังงานสูงเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์จึงมีน้อยด้วย ในกรณีของปฏิกิริยาที่เกิดได้เร็วก็อธิบายได้ในทำนองเดียวกัน

สำหรับการอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีอีกแนวคิดหนึ่งอธิบายว่า เมื่อสารเข้าทำปฏิกิริยากันจะมีสารใหม่เกิดขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ และในระหว่างที่สารตั้งต้นเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์นั้น จะมีสารเชิงซ้อนกัมมันต์เกิดขึ้นก่อนเพียงชั่วขณะแล้วสารเชิงซ้อนกัมมันต์ก็สลายให้ผลิตภัณฑ์ต่อไป เช่น ปฏิกิริยาระหว่างแก๊ส CO กับ NO_2 เกิดเป็นแก๊ส CO_2 และ NO ซึ่งอาจเขียนแผนภาพแสดง ดังรูป



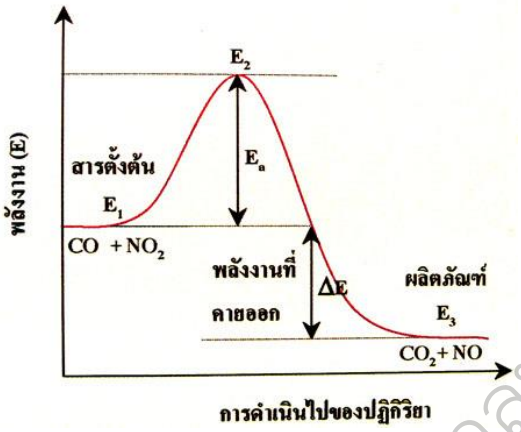
รูปแสดงการเกิดสารเชิงซ้อนกัมมันต์แล้วเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์

ทางด้านสารตั้งต้นจะมีพันธะระหว่างอะตอม C กับ O ในโมเลกุล CO และ N กับ O ในโมเลกุล NO_2 เท่านั้น เมื่อเกิดเป็นสารเชิงซ้อนกัมมันต์ ความแข็งแรงของพันธะระหว่างอะตอม N กับ O ใน NO_2 จะลดลงและเริ่มมีพันธะอย่างอ่อนๆ เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของ C ใน CO กับ O ใน NO_2 เมื่อสารเชิงซ้อนกัมมันต์สลายตัวให้ผลิตภัณฑ์จะมีการสลายพันธะเดิมระหว่างอะตอม N กับ O และมีพันธะระหว่างอะตอม C กับ O เกิดขึ้นแทนที่สารเชิงซ้อนกัมมันต์อยู่ในสภาวะที่ไม่เสถียรเพราะมีพลังงานสูงมาก สภาวะดังกล่าวนี้ เรียกว่า สภาวะแทรนซิชัน จึงอาจกล่าวได้ว่าพลังงานของสภาวะแทรนซิชันจะมีค่าประมาณพลังงานก่อกัมมันต์ นั่นเอง ทั้งนี้เพราะการที่ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้อนุภาคของสารที่ชนกันจะต้องมีพลังงานอย่างน้อยที่สุดเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ (Ea)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

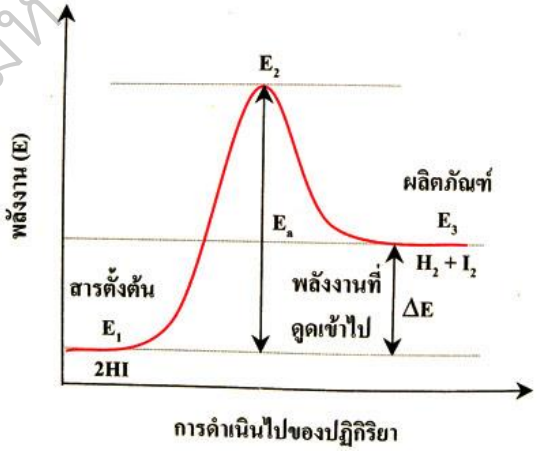
พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

การเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเนื่องจากมีการสลายและสร้างพันธะระหว่างอะตอมของสารในระบบ อาจะเขียนแสดงด้วยกราฟ ดังรูป



รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของปฏิกิริยา $CO(g) + NO_2(g) \rightarrow CO_2(g) + NO(g)$

จากกราฟอธิบายได้ว่า สารตั้งต้นมีพลังงาน E_1 เมื่อโมเลกุลของสารตั้งต้นชนกันมีพลังงานสูงขึ้นเป็น E_2 หลังจากนั้นก็จะเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งมีพลังงานเป็น E_3 ผลต่างระหว่างพลังงาน E_2 กับ E_1 คือ พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา (E_a) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีพลังงานเท่ากับ E_3 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า E_1 ระบบจึงคายพลังงานออกมา มีค่าเท่ากับ $E_3 - E_1 = -\Delta E$ ปฏิกิริยานี้จึง เรียกว่า **ปฏิกิริยาคายพลังงาน**



รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของปฏิกิริยา $2HI(g) \rightarrow H_2(g) + I_2(g)$

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จากกราฟอธิบายได้ว่า สารตั้งต้นมีพลังงาน E_1 พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาเท่ากับ E_a และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีพลังงาน E_3 เนื่องจากในปฏิกิริยานี้ E_3 มีค่าสูงกว่า E_1 ระบบจึงดูดพลังงานเข้าไปมีค่าเท่ากับ $E_3 - E_1 = +\Delta E$ เรียกว่า ปฏิกิริยาดูดพลังงาน

จากคำอธิบายที่กล่าวมาแล้วช่วยให้สรุปได้ว่าปฏิกิริยาเคมีใดๆ ที่เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน ผลิตภัณฑ์จะมีพลังงานต่ำกว่าสารตั้งต้น ในทางตรงกันข้ามถ้าเป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน ผลิตภัณฑ์จะมีพลังงานสูงกว่าสารตั้งต้น สามารถหาค่าพลังงานต่างๆ ของปฏิกิริยาได้ว่า

พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา (E_a) หาได้จาก ผลต่างระหว่างค่าระดับพลังงาน E_2 กับ E_1 ดังนั้น $E_a = E_2 - E_1$

พลังงานของปฏิกิริยา (ΔE) หาได้จาก ผลต่างระหว่างค่าระดับพลังงานของผลิตภัณฑ์ (E_3) กับพลังงานของสารตั้งต้น (E_1) โดย :

<u>ปฏิกิริยาดูดพลังงาน</u>

ค่าพลังงานสารตั้งต้นมีค่าน้อยกว่าพลังงานของผลิตภัณฑ์ ($E_1 < E_3$) โดยระบบจะดูดพลังงานเข้าไป ซึ่งพลังงานของปฏิกิริยา มีค่าเท่ากับ $E_3 - E_1 = \Delta E$ จะมีค่าเป็นบวก (+)

<u>ปฏิกิริยาคายพลังงาน</u>

ค่าพลังงานสารตั้งต้นมีค่ามากกว่าพลังงานของผลิตภัณฑ์ ($E_1 > E_3$) โดยระบบจะคายพลังงานออกมา ซึ่งพลังงานของปฏิกิริยา มีค่าเท่ากับ $E_3 - E_1 = \Delta E$ จะมีค่าเป็นลบ (–)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ 2</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงาน

ชื่อกลุ่ม			
ลำดับที่	**ชื่อ–สกุล**	**ชั้น**	**เลขที่**

<u>วัตถุประสงค์การทดลอง</u>

1. .....
2. .....

<u>อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง</u>

รายการ	**ต่อ 1 กลุ่ม**
สารเคมี	
1. แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)	10 กรัม
2. แบเรียมไฮดรอกไซด์ ออกตะไฮเดรต ($Ba(OH)_2.8H_2O$)	10 กรัม
3. โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	5 กรัม
4. กลีเซอรีน ($C_3H_8O_3$)	10 มิลลิลิตร
อุปกรณ์	
1. ที่รองแก้ว	1 อัน
2. ขวดรูปชมพู่	1 ใบ
3. เทอร์มอมิเตอร์ 0–100 °C	1 อัน
4. จุกคอร์กหรือจุกยางสำหรับปิดขวดรูปชมพู่	1 อัน
5. แท่งคนสาร	1 อัน
6. กระดาษลิตมัส	1 แผ่น
7. ถ้วยกระเบื้อง	1 ใบ
8. โกร่งพร้อมที่บด	1 ชุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

<u>ตอนที่ 1</u> ปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) กับสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ออกตะไฮเดรต ($Ba(OH)_2.8H_2O$)

1. ฉีดน้ำกลั่นลงไปบนที่รองแก้ว
2. นำขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสารแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 10 กรัม มาวาง
3. จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงไปในขวดรูปชมพู่ เพื่อวัดอุณหภูมิ แล้วอ่านค่าอุณหภูมิและบันทึกผล
4. เทสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ออกตะไฮเดรต ($Ba(OH)_2.8H_2O$) ลงไปใช้จุกยางปิดปากขวดรูปชมพู่และใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน
5. เขย่าให้เข้ากันอีกครั้ง จากนั้นเปิดปากขวดรูปชมพู่และนำกระดาษลิตมัสไปวางบริเวณขอบปากและจุ่มเทอร์โมมิเตอร์ เพื่อวัดอุณหภูมิอีกครั้ง แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนกระดาษลิตมัส สังเกตอุณหภูมิและเนื้อสาร

ตอนที่ 2 ปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) กับกลีเซอรอล ($C_3H_8O_3$)

1. นำสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่บดละเอียดมาวางลงบนชามกระเบื้อง
2. หยดสารกลีเซอรอลลงบนสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตไปเล็กน้อย
3. สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล

<u>บันทึกผลการทดลอง</u> (ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล)

<u>ตอนที่ 1</u>

.....

.....

.....

.....

<u>ตอนที่ 2</u>

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>สรุปและอภิปรายผลการทดลอง</u> (ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)

<u>ตอนที่ 1</u>

.....

.....

.....

<u>ตอนที่ 2</u>

.....

.....

.....

<u>ให้นักเรียนระบุทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้ฝึกต่อไปนี้</u>

1. จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) กับสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ออกตะไฮเดรต ($Ba(OH)_2.8H_2O$) เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร **(ทักษะการสังเกต)**

.....

.....

2. จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) กับกลีเซอรอล($C_3H_8O_3$) เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร **(ทักษะการสังเกต)**

.....

.....

3. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปรในการทดลอง ตอนที่1 และตอนที่ 2 ดังต่อไปนี้ **(ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)**

ตัวแปรต้น คือ

.....

ตัวแปรตาม คือ

.....

ตัวแปรควบคุม คือ

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

4. กราฟพลังงานและการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารแอมโมเนียมคลอไรด์กับสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ออกตะไฮเดรต มีลักษณะอย่างไร **(ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)**

.....

.....

.....

.....

.....

5. กราฟพลังงานและการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตกับกลีเซอรอล มีลักษณะอย่างไร **(ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>เฉลยกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ 2</u>
วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง ปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงาน

<u>วัตถุประสงค์การทดลอง</u>

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารแอมโมเนียมคลอไรด์กับสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ออกตะไฮเดรตได้

2. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตกับกลีเซอรอลได้

<u>บันทึกผลการทดลอง</u> (ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล)

<u>ตอนที่ 1</u>

จากการทดลอง พบว่า

1. กระดาษลิตมัสเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน
2. เนื้อสารมีลักษณะเหมือนไอศกรีม
3. อุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส

<u>สรุปและอภิปรายผลการทดลอง</u> (ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)

<u>ตอนที่ 1</u>

จากผลการทดลองที่เกิดขึ้น อธิบายได้ว่า สารตั้งต้นทำปฏิกิริยาเคมีกันโดยมีการดูดพลังงานจากสิ่งแวดล้อมรอบข้างเข้าไปในระบบทำปฏิกิริยา ซึ่งจะเป็นการดูดซับพลังงานความร้อนจากน้ำกลั่นที่อยู่บนที่รองแก้วเข้าไป จึงทำให้อุณหภูมิของน้ำกลั่นลดลง จากน้ำที่เคยเป็นของเหลวก็จะกลายเป็นน้ำแข็งชั่วขณะ ขวดรูปชมพู่จึงสามารถยึดกับที่รองแก้วได้

<u>บันทึกผลการทดลอง</u> (ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล)

<u>ตอนที่ 2</u>

จากการทดลอง พบว่า ในช่วงเวลา 1–2 วินาทีแรกจะมีควันออกมาแล้วจากนั้นเห็นเปลวไฟลุกขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>สรุปและอภิปรายผลการทดลอง</u> (ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)

<u>ตอนที่ 2</u>

จากผลการทดลองดังกล่าว สามารถอธิบายได้ว่า ปฏิกิริยาเคมีของสารโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตและกลีเซอรอล มีการคายพลังงานออกมา จึงเป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน ดังสมการ

$14KMnO_4\ (s) + C_3H_8O_3\ (l) \longrightarrow 7K_2CO_3\ (s) + 14MnO_2\ (s) + 2CO_2\ (g) + 12H_2O\ (aq)$

ซึ่งความร้อนที่คายออกมามีปริมาณเพียงพอที่จะทำให้กลีเซอรอลที่เหลืออยู่เกิดการลุกติดไฟได้

<u>ให้นักเรียนระบุทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้ฝึกต่อไปนี้</u>

1. จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) กับสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ออกตะไฮเดรต ($Ba(OH)_2.8H_2O$) เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร **(ทักษะการสังเกต)**

<u>แนวคำตอบ</u> เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

1. กระดาษลิตมัสเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน
2. เนื้อสารมีลักษณะเหมือนไอศกรีม
3. อุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส

2. จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) กับกลีเซอรอล ($C_3H_8O_3$) เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร **(ทักษะการสังเกต)**

<u>แนวคำตอบ</u> ในช่วงเวลา 1–2 วินาทีแรก จะมีควันออกมาแล้วจากนั้นเห็นเปลวไฟลุกขึ้น

3. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปรในการทดลอง ตอนที่ 1 และตอนที่ 2 ดังต่อไปนี้ **(ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)**

<u>แนวคำตอบ</u>

<u>ตอนที่ 1</u>

ตัวแปรต้น คือ สารแอมโมเนียมคลอไรด์, สารแบเรียมไฮดรอกไซด์ออกตะไฮเดรต

ตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง, ค่า pH

ตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณแอมโมเนียมคลอไรด์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตอนที่ 2

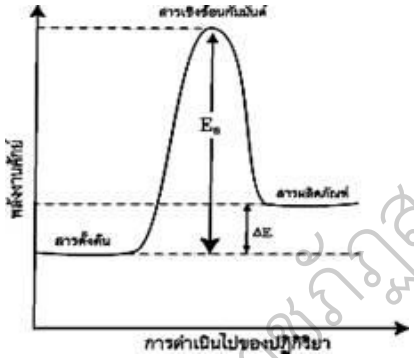
ตัวแปรต้น คือ สารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต, สารกลีเซอรอล

ตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

ตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่บดละเอียด

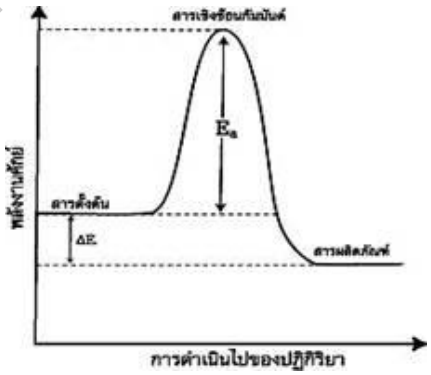
4. กราฟพลังงานและการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารแอมโมเนียมคลอไรด์ กับสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ออกตะไฮเดรต มีลักษณะอย่างไร **(ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)**

แนวคำตอบ ตัวอย่างกราฟปฏิกิริยาดูดพลังงาน



5. กราฟพลังงานและการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตกับกลีเซอรอล มีลักษณะอย่างไร **(ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)**

แนวคำตอบ ตัวอย่างกราฟปฏิกิริยาคายพลังงาน



มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>กิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง</u>

<u>ความมีเหตุผล ความพอประมาณ การมีภูมิคุ้มกัน</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

<u>คำชี้แจง</u> : ให้นักเรียนตอบคำถามการบูรณาการกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ด้านความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน

1. เพราะเหตุใดเมื่อนำโลหะแมกนีเซียมอยู่ในอากาศ จะไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น จนกว่าจะจุดด้วยไม้ขีดไฟ	....
2. นักเรียนสามารถบอกความพอประมาณในการใช้สารเคมีในการทดลอง เช่น แบเรียมไฮดรอกไซด์ ออกตะไฮเดรต ซึ่งเป็นเบสแก่ที่มีความอันตราย	....
3. ก่อนตัดสินใจเลือกใช้สารเคมีต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต หรือด่างทับทิม นักเรียนควรมีแนวทางการใช้อย่างระมัดระวังและรอบคอบอย่างไร เพื่อป้องกันอันตราย	....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>เฉลยกิจกรรมส่งเสริมปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง</u>

<u>ความมีเหตุผล ความพอประมาณ การมีภูมิคุ้มกัน</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

<u>คำชี้แจง</u> : ให้นักเรียนตอบคำถามการบูรณาการกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ด้านความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน

1. เพราะเหตุใดเมื่อนำโลหะแมกนีเซียมอยู่ในอากาศ จะไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น จนกว่าจะจุดด้วยไม้ขีดไฟ

<u>แนวตำตอบ</u> เพราะพลังงานที่เกิดจากการชนกันของแก๊สออกซิเจนในอากาศกับโลหะแมกนีเซียมไม่เพียงพอ ทำให้ผิวของโลหะจะเปลี่ยนเป็นสีเทาอย่างช้าๆ คล้ายกับไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น

2. นักเรียนสามารถบอกความพอประมาณในการใช้สารเคมีในการทดลอง เช่น แบเรียมไฮดรอกไซด์ ออกตะไฮเดรต ซึ่งเป็นเบสแก่ที่มีความอันตราย

<u>แนวตำตอบ</u> ใช้อย่างคุ้มค่าและเหมาะสม เช่น เมื่อเติมสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ ออกตะไฮเดรตลงไปในการทดลองแล้วสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาก็ควรหยุดเติม

3. ก่อนตัดสินใจเลือกใช้สารเคมีต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตหรือด่างทับทิม นักเรียนควรมีแนวทางการใช้อย่างระมัดระวังและรอบคอบอย่างไรเพื่อป้องกันอันตราย

<u>แนวตำตอบ</u> เนื่องจากด่างทับทิมมีความเข้มข้นสูง อาจทำให้เกิดอันตราย การใช้จะต้องอยู่ในปริมาณและความเข้มข้นที่เหมาะสม วิธีการใช้ คือ จะต้องใช้ด่างทับทิม 5 เกล็ดต่อน้ำ 4 ลิตร แช่ผักทิ้งไว้นาน 10 นาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 4 ลิตร นาน 2 นาที

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน</u>
วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไป
ของปฏิกิริยาเคมี จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

<u>คำชี้แจง</u> : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วกาเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. “ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ ก็ต่อเมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นจะต้องมีการเคลื่อนที่ชนกันก่อน” จากคำกล่าวข้างต้น เกี่ยวข้องกับข้อใด (**ความรู้-ความจำ**)
   ก. ทฤษฎีสารเชิงซ้อนที่ถูกกระตุ้น หรือทฤษฎีสภาวะแทรนซิชัน
   ข. ทฤษฎีการชน
   ค. พลังงานก่อกัมมันต์
   ง. กฎอัตรา
2. พลังงานก่อกัมมันต์ (Ea) คืออะไร (**ความรู้-ความจำ**)
   ก. พลังงานสูงที่สุดที่อนุภาคของสารจะต้องมีเพื่อให้ชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยา
   ข. พลังงานสูงที่สุดที่อนุภาคของสารเชิงซ้อนจะต้องมีเพื่อให้ชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยา
   ค. พลังงานต่ำที่สุดที่อนุภาคของสารจะต้องมีเพื่อให้ชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยา
   ง. พลังงานต่ำที่สุดที่อนุภาคของสารเชิงซ้อนจะต้องมีเพื่อให้ชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยา
3. พลังงานในการเกิดปฏิกิริยาของสารแต่ละปฏิกิริยาเป็นอย่างไร (**ความเข้าใจ**)
   ก. มีการดูดพลังงานเข้าไปเพื่อสลายพันธะในสารตั้งต้น
   ข. มีการคายพลังงานออกมาเพื่อสลายพันธะในสารตั้งต้น
   ค. มีการดูดพลังงานเข้าไปเพื่อสร้างพันธะในสารผลิตภัณฑ์
   ง. มีการคายพลังงานออกมาเพื่อสลายพันธะในสารผลิตภัณฑ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

4. ในระหว่างเกิดสารเชิงซ้อนที่ถูกกระตุ้น (Activated Complex) พันธะเคมีของสารตั้งต้นจะมีลักษณะเป็นอย่างไร **(ความเข้าใจ)**

ก. แข็งแรงยิ่งขึ้นและมีการสลายพันธะเก่า

ข. อ่อนลงและเริ่มมีการสร้างพันธะใหม่ระหว่างคู่อะตอม

ค. มีความแข็งแรงคงที่โดยพันธะเก่าจะค่อยๆ ถูกทำลายลงเอง

ง. ไม่สามารถสรุปได้แน่นอน

5. ถ้าปฏิกิริยา $3O_2$ (g) ⟶ $2O_3$ (g) เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน 140 kJ/mol มีค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (Ea) เท่ากับ 420 kJ ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาย้อนกลับหน่วย kJ คือเท่าไร **(ความเข้าใจ)**

ก. 140 ข. 280 ค. 420 ง. 660

6. คนสารละลายที่อุณหภูมิคงที่จะช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น เพราะเหตุใด **(การวิเคราะห์)**

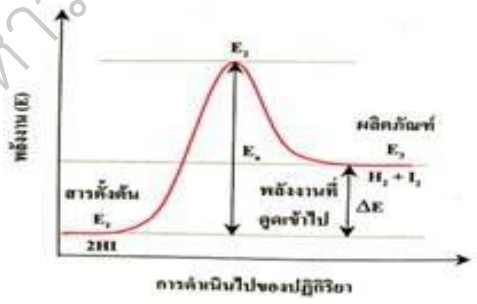
ก. เพิ่มความถี่ในการชน

ข. ทำให้พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาลดลง

ค. เพิ่มพลังงานจลน์ให้สารทำให้สารในระบบชนกันแรงขึ้น

ง. เพิ่มพลังงานจลน์ให้สารทำให้จำนวนโมเลกุลมีพลังงานสูงถึงพลังงานก่อกัมมันต์

7. จากรูปเป็นกราฟชนิดใด **(การวิเคราะห์)**



ก. กราฟแสดงปฏิกิริยาดูดความร้อน

ข. กราฟแสดงปริมาณสารตั้งต้น

ค. กราฟแสดงปฏิกิริยาคายความร้อน

ง. กราฟแสดงปริมาณสารผลิตภัณฑ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

8. จากข้อมูลต่อไปนี้

พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา $A + B \longrightarrow 2C$ คือ 250 kJ/mol และ

พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา $2C \longrightarrow A + B$ คือ 220 kJ/mol

ดังนั้นปฏิกิริยาของ $A + B \longrightarrow 2C$ เป็นปฏิกิริยาใด **(การสังเคราะห์)**

ก. คายความร้อน 250 kJ/mol ข. คายความร้อน 30 kJ/mol

ค. ดูดความร้อน 250 kJ/mol ง. ดูดความร้อน 30 kJ/mol

9. ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับการชนกันของอนุภาค **(การประเมินค่า)**

ก. ในการชนกันของอนุภาคจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทุกครั้ง

ข. ในการชนกันของอนุภาคมีโอกาสน้อยครั้งมากที่จะไม่เกิดปฏิกิริยา

ค. ในการชนกันของอนุภาคบางครั้งก็เกิดปฏิกิริยา บางครั้งก็ไม่เกิดปฏิกิริยา

ง. ถูกทุกข้อ

10. จากปฏิกิริยาดูดความร้อน สามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตประจำวัน คือข้อใด **(การนำไปใช้)**

ก. การจุดพลุ

ข. การใช้แผ่นเจลลดไข้

ค. การลุกไหม้ของสารต่างๆ

ง. การย่อยอาหารหรือสันดาปอาหารในร่างกาย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไป

ของปฏิกิริยาเคมี จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

ข้อ 1 เฉลย ข

ข้อ 2 เฉลย ค

ข้อ 3 เฉลย ก

ข้อ 4 เฉลย ข

ข้อ 5 เฉลย ข

ข้อ 6 เฉลย ค

ข้อ 7 เฉลย ค

ข้อ 8 เฉลย ก

ข้อ 9 เฉลย ง

ข้อ 10 เฉลย ข

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>แบบทดสอบก่อนเรียน–หลังเรียน เพื่อวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไป

ของปฏิกิริยาเคมี จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

<u>คำชี้แจง</u> : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วกาเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดคือการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารแอมโมเนียมคลอไรด์กับสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ออกตะไฮเดรต **(ทักษะการสังเกต)**

ก. เกิดการเลี่ยนสี ข. เกิดตะกอนสีดำ

ค. ที่รองแก้วจะติดมากับขวดรูปชมพู่ ง. มีเปลวไฟลุกขึ้น

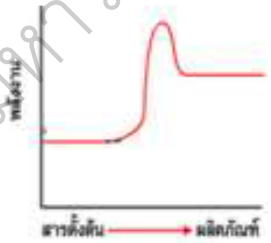
2. จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตกับกลีเซอรอล เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร **(ทักษะการสังเกต)**

ก. เกิดการเลี่ยนสี ข. เกิดตะกอนสีดำ

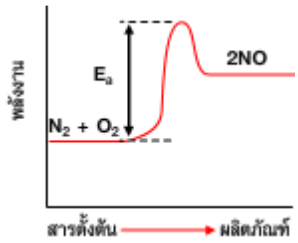
ค. ที่รองแก้วจะติดมากับขวดรูปชมพู่ ง. มีเปลวไฟลุกขึ้น

3. กราฟต่อไปนี้ข้อใดเป็นกราฟแสดงปฏิกิริยาดูดพลังงาน **(ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล)**

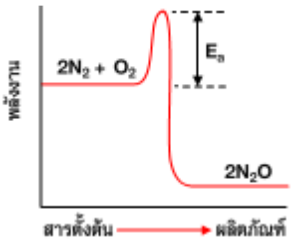
1.



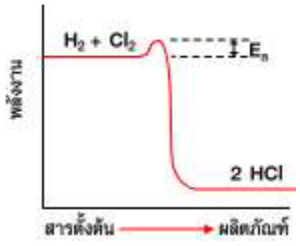
2.



3.



4.

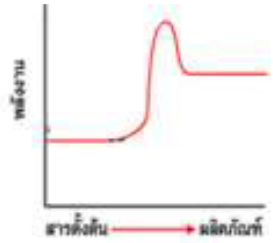


ก. 1 และ 2 ข. 1 และ 3 ค. 3 และ 4 ง. 2 และ 4

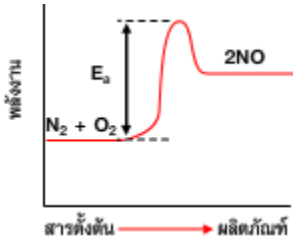
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

4. กราฟในข้อใดเป็นกราฟแสดงปฏิกิริยาคายพลังงาน **(ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล)**

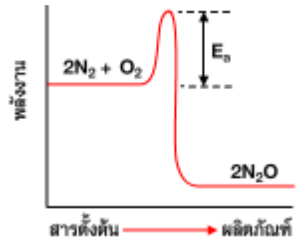
1.



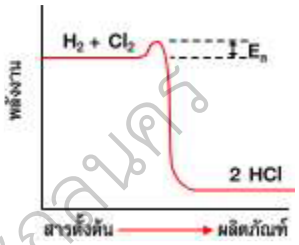
2.



3.



4.



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

5. ปฏิกิริยา $2A_2$ (g) + B_2 (g) $\longrightarrow$ $2A_2B$ (g) ถ้าพลังงานพันธะ A–A, B–B และ A–B มีค่าเท่ากับ 120, 260, 210 kJ ตามลำดับ และจงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ **(ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)**

ก. พลังงานของสารตั้งต้นมีค่ามากกว่าพลังงานของผลิตภัณฑ์

ข. พลังงานของสารตั้งต้นมีค่าน้อยกว่าพลังงานของผลิตภัณฑ์

ค. พลังงานของผลิตภัณฑ์ มีค่าเท่ากับ 420 kJ

ง. พลังงานของสารตั้งต้น มีค่าเท่ากับ 380 kJ

6. ข้อความใด**<u>ถูกต้อง</u>** **(ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)**

ก. พลังงานก่อกัมมันต์เป็นพลังงานศักย์ที่ต้องมีในทุกปฏิกิริยา

ข. พลังงานที่เกิดจากการชนของสารตั้งต้นจะต้องมีค่าเท่ากับหรือสูงกว่าพลังงานก่อกัมมันต์

ค. ปฏิกิริยาที่มีพลังงานก่อกัมมันต์สูงจะเกิดได้เร็วกว่าปฏิกิริยาที่มีพลังงานก่อกัมมันต์ต่ำ

ง. การที่โมเลกุลชนกันด้วยทิศทางที่เหมาะสมจะทำให้พลังงานก่อกัมมันต์ลดลง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

7. ตัวแปรตามในการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารแอมโมเนียมคลอไรด์กับสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ออกตะไฮเดรต คือข้อใด (**ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร**)

ก ค่า pH ข. ความดัน

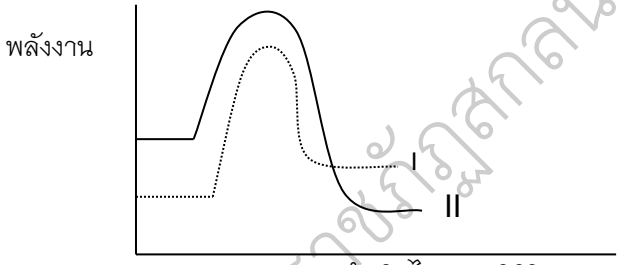
ค. ปริมาณสารตั้งต้น ง. ความเข้มข้น

8. ตัวแปรตามจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตกับกลีเซอรอล คือข้อใด (**ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร**)

ก. ค่า pH ข. ความดัน

ค. ความเข้มข้น ง. อุณหภูมิ

9. การเปรียบเทียบพลังงานก่อกัมมันต์และการบอกชนิดของปฏิกิริยา I และ ปฏิกิริยา II ในข้อใด**ถูกต้อง** (**ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป**)

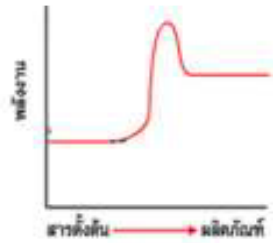


ข้อ	พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาดูดความร้อน	ปฏิกิริยาคายความร้อน
ก.	I = II	I	II
ข.	I > II	I	II
ค.	I < II	II	I
ง.	I = II	II	I

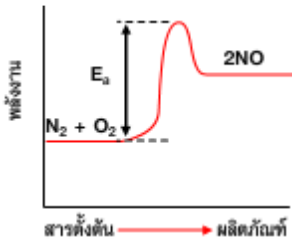
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

10. ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ปฏิกิริยาในข้อใดเกิดขึ้น**<u>เร็วที่สุด</u>** **(ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)**

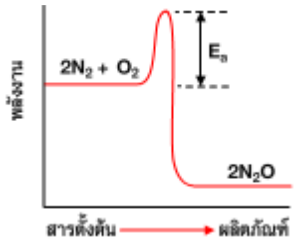
ก.



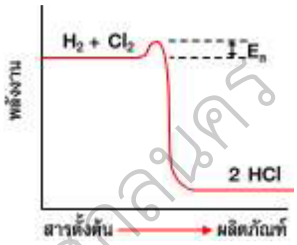
ข.



ค.



ง.



มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>เฉลยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไป

ของปฏิกิริยาเคมี จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

ข้อ 1 เฉลย ค

ข้อ 2 เฉลย ง

ข้อ 3 เฉลย ก

ข้อ 4 เฉลย ค

ข้อ 5 เฉลย ข

ข้อ 6 เฉลย ข

ข้อ 7 เฉลย ก

ข้อ 8 เฉลย ง

ข้อ 9 เฉลย ข

ข้อ 10 เฉลย ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน เพื่อวัดความมีเหตุผล</u>
<u>ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน</u>
วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไป
ของปฏิกิริยาเคมี จำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 6 คะแนน

<u>คำชี้แจง</u> : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วกาเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ทำไมเมื่อนำโลหะแมกนีเซียมอยู่ในอากาศจะไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นจนกว่าจะจุดด้วยไม้ขีดไฟ **(ความมีเหตุผล)**

ก. พลังงานความร้อนจากไม้ขีดไฟไปลดพลังงานก่อกัมมันต์

ข. เมื่อจุดไม้ขีดไฟ โลหะแมกนีเซียมจะสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนในอากาศ

ค. ปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับแก๊สออกซิเจนเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน

ง. พลังงานที่เกิดจากการชนกันของแก๊สออกซิเจนในอากาศกับโลหะแมกนีเซียมไม่เพียงพอ

2. เพราะเหตุใดแก๊สกับแก๊สจึงทำปฏิกิริยาได้เร็วกว่าแก๊สทำปฏิกิริยากับของแข็ง **(ความมีเหตุผล)**

ก. เพราะอนุภาคเคลื่อนที่ได้สะดวกโอกาสชนกันจึงเกิดมากขึ้น

ข. เพราะพื้นที่ผิวแก๊สทั้งสองสัมผัสกันมาก

ค. เพราะอนุภาคต่างๆ ของแก๊สทั้งสองอยู่ชิดกันโอกาสรวมตัวกันจึงสะดวก

ง. พันธะภายในโมเลกุลของแก๊สไม่แข็งแรงจึงสลายพันธะและเกิดพันธะได้ง่าย

3. สารที่มีสมบัติเป็นเบส และใช้ปรุงแต่งอาหารโดยไม่เป็นอันตรายถ้าใช้ในปริมาณน้อยๆ คือสารข้อใด **(ความพอประมาณ)**

ก. น้ำปูนใส ข. กรดแอซิติก

ค. โซดาแผดเผา ง. โซดาซักผ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

4. โรคมินามาตะและโรคอิไตอิไตเกิดจากร่างกายได้รับธาตุใดในปริมาณมาก **(ความพอประมาณ)**

ก. ปรอท แคดเมียม ข. ปรอท แมงกานีส

ค. ดีบุก ปรอท ง. แมงกานีส ตะกั่ว

5. การเก็บสารเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชควรปฏิบัติตามข้อใด **(การมีภูมิคุ้มกัน)**

ก. เก็บรวมกับของใช้อื่น ข. เก็บให้เด็กสามารถนำมาใช้ได้

ค. แยกเก็บต่างหากไม่ปนกับสิ่งอื่น ง. เก็บไว้ใต้ภาชนะที่เย็น เช่น ตุ่มน้ำ

6. ถ้าต้องการรับประทานผักที่ปลอดภัยจากสารเคมีและสารกำจัดศัตรูพืช ควรเลือกรับประทานผักที่มีลักษณะใด **(การมีภูมิคุ้มกัน)**

ก. ผักที่มีผ้าสีขาวติดอยู่ ข. ผักที่มีใบเหี่ยวเล็กน้อย

ค. ผักที่เขียวสดไม่มีรอยช้ำ ง. ผักที่มีหนอนหรือแมลงกัดเล็กน้อย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>เฉลยแบบทดสอบวัดความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกัน</u>

วิชาเคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว 32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไป

ของปฏิกิริยาเคมี จำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 6 คะแนน

ข้อ 1 เฉลย ข

ข้อ 2 เฉลย ค

ข้อ 3 เฉลย ก

ข้อ 4 เฉลย ค

ข้อ 5 เฉลย ง

ข้อ 6 เฉลย ก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร