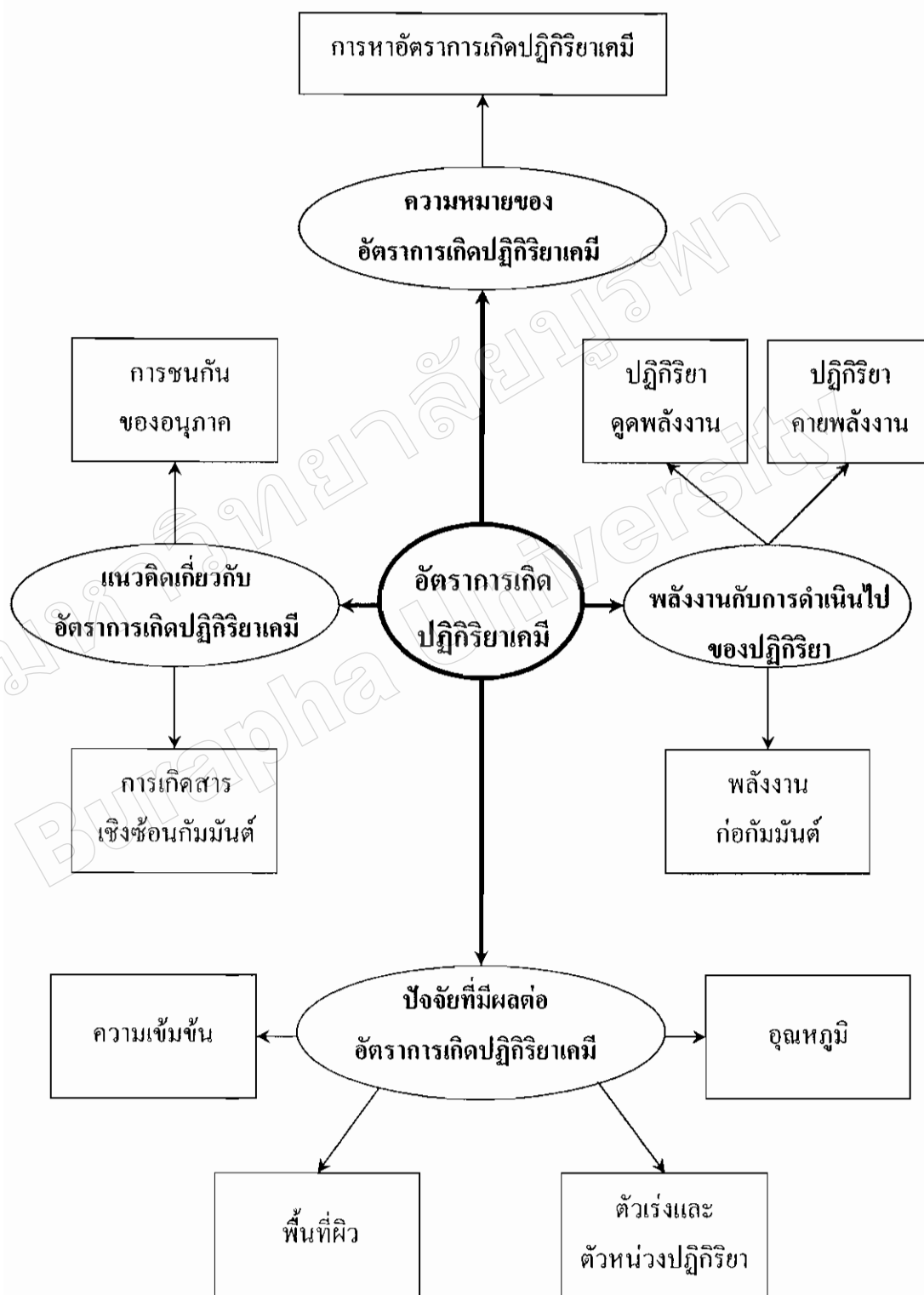


ผังโน้ตค้นสาระการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี



หน่วยการเรียนรู้

รหัสวิชา ว32222 เคมี 2 ภาคเรียนที่ 1/2555

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวนหน่วยกิต 2.0 หน่วยกิต เวลา 4 คาบ/สัปดาห์

ตารางที่ 12 แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่	แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เวลา (คาบ)
3 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1 ความหมายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	4
	2 การเกิดปฏิกิริยาเคมี	4
	3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	8
รวม		16

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รหัสวิชา ว 32222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555

เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เวลา 8 คาบ

สาระสำคัญ

ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นของสาร พื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิ และตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
2. อธิบายผลของความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัวยับยั้งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
3. ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผลการทดลองในเรื่องต่อไปนี้ได้
 - 3.1 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - 3.2 พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - 3.3 อุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - 3.4 ผลของสารบางชนิดต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - 3.5 สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา

สาระการเรียนรู้

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ความเข้มข้นของสารตั้งต้น การเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะทำให้จำนวนอนุภาคของสารตั้งต้นในระบบเพิ่มขึ้น โอกาสที่อนุภาคของสารจะเกิดการชนกันจึงมีมากขึ้น และอนุภาคที่มีพลังงานสูงก็มีจำนวนมากขึ้นด้วย จึงมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีค่าสูง

พื้นที่ผิวของสาร การที่สารตั้งต้นมีพื้นที่ผิวมาก มีผลให้อนุภาคของสารมีโอกาสชนกันได้มาก ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้น

อุณหภูมิ ตามทฤษฎีจลน์อธิบายได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โมเลกุลของแก๊สจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น จึงมีโอกาสนชนกันมากขึ้น ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงสูงขึ้น

ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี เมื่อเติมสารบางชนิดปริมาณเล็กน้อยลงไปแล้วทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดได้เร็วขึ้น สารที่เติมลงไปนี้เรียกว่า ตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนสารที่เติมลงไปแล้วทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดช้าลงเรียกว่า ตัวหน่วงปฏิกิริยา

กระบวนการจัดการเรียนรู้

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบ่งเป็นรายคาบ ดังนี้

คาบที่ 1-2

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ระบุหัวข้อที่ต้องการสืบค้นในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
2. บอกวิธีการในการสืบค้นของหัวข้อเรื่องที่สนใจในปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

3. ออกแบบชิ้นงานที่จะนำเสนอของเรื่องที่สนใจในปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นการจัดเตรียมการ ((Managing Preparation))

1.1 เชื่อมโยงความรู้ ด้วยการให้ผู้เรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ พื้นที่ผิวมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ ผลของสารบางชนิดมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่)

1.2 การระบุหัวข้อและจัดกลุ่มผู้เรียน ผู้เรียนศึกษาสาระการเรียนรู้ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระบุหัวข้อที่สนใจ อภิปรายหัวข้อ (ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลของสารบางชนิดต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา) แล้วจัดผู้เรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 คน ตามหัวข้อที่สนใจ

1.3 การวางแผนการเรียนรู้ ผู้เรียนคิดว่าจะทำการศึกษาอะไร (ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลของสารบางชนิดต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา) มีวิธีการศึกษาอย่างไร (ศึกษา ค้นคว้าหาข้อมูลต่าง ๆ จากแหล่งเรียนรู้ เช่น ตำรา เอกสาร อินเทอร์เน็ต

เป็นต้น) และมีวัตถุประสงค์อะไรที่ทำการสืบค้นในหัวข้อนี้ (เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี)

2. ขั้นการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น (Active Learning)

2.1 ออกแบบงาน ผู้เรียนแต่ละกลุ่มออกแบบรายงานที่จะนำเสนอ ในรูปแบบพับ ป้ายนิเทศ เพาเวอร์พอยท์ วีซีดี หรือคลิ่วดี โดยพิจารณาจากวิธีการศึกษานำมาเป็นสคริปในการถ่ายทำ มีหัวข้อที่ต้องนำเสนอ ได้แก่ เรื่อง ปัญหา ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง สมมติฐาน การกำหนดตัวแปร นิยามเชิงปฏิบัติการ สารเคมีและอุปกรณ์ วิธีทดลอง ผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง

คาบที่ 3-4

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สืบค้นข้อมูลของหัวข้อเรื่องที่สนใจในปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ได้
2. อภิปรายและสรุปข้อมูลจากการสืบค้นเรื่องที่สนใจในปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ได้
3. ทำการทดลองเรื่องที่สนใจในปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

กระบวนการจัดการเรียนรู้

2. ขั้นการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น (Active Learning) (ต่อ)

2.2 การดำเนินการสืบค้น ผู้เรียนแต่ละกลุ่มศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูล จากแหล่งเรียนรู้ เช่น ตำรา เอกสาร อินเตอร์เน็ต เป็นต้น แล้วอภิปราย วิเคราะห์และสรุปข้อมูล โดยมีครูเป็นที่ปรึกษา จากนั้นผู้เรียนและครูอภิปรายร่วมกันในหัวข้อปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ผู้เรียนสืบค้นกับสาระการเรียนรู้ในบทเรียนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ โดยมีคำถามนำ ดังนี้

- 2.2.1 ความเข้มข้นของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร
- 2.2.2 พื้นที่ผิวของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร
- 2.2.3 อุณหภูมิของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร
- 2.2.4 ผลของสารบางชนิดมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร
- 2.2.5 สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นอย่างไร

2.3 ลงมือปฏิบัติใช้วัสดุอุปกรณ์ ก่อนทำการทดลองให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร นิยามเชิงปฏิบัติการ สารเคมีและอุปกรณ์ วิธีทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลแล้ว ทำกิจกรรมการทดลองตามที่ออกแบบไว้โดยใช้วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี ตามหัวข้อที่สนใจ มีการเก็บ

ข้อมูล บันทึกภาพเหตุการณ์ นำไปประกอบการนำเสนอรายงานตามที่ออกแบบไว้ โดยมีครูผู้สอน เป็นที่ปรึกษา ดูแลให้คำแนะนำ และคอยเตือนเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน

คาบที่ 5-6

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อภิปรายและสรุปข้อมูลจากการทดลองเรื่องที่สนใจในปีจยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

2. ทำแบบฝึกหัดขณะเรียนเรื่องปีจยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

3. สรุปสาระการเรียนรู้เรื่องปีจยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

4. ทำวิทัศน์สั้นหัวข้อเรื่องที่สนใจในปีจยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

กระบวนการจัดการเรียนรู้

3. ขั้นปัญญาความคิด (Notion Intelligence)

3.1 เชื่อมโยงความรู้ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง ร่วมกับครูผู้สอน และสรุปผลการทดลอง ดังนี้

3.1.1 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การทดลอง 6.2

ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีคำถามดังนี้

3.1.1.1 ตะกอนที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองคือสารใด (คำตอบ กำมะถัน)

3.1.1.2 จะวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้อย่างไร (คำตอบ วัดจากปริมาณ กำมะถันที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา)

3.1.1.3 ความเข้มข้นของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ และ HCl มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ อย่างไร (คำตอบ ความเข้มข้นของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ และ HCl มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ เมื่อ ความเข้มข้นของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ และ HCl ลดลง ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น)

3.1.1.4 จากผลการทดลองทั้งสองตอนสรุปได้ว่าอย่างไร (สรุป 1. จากผลการทดลองทั้ง 2 ตอน เมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริกลดลง ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นแสดงว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายลดลง จึงสรุปได้ว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของทั้ง สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 2. จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาของการทดลองทั้งสองตอน สรุปได้ว่า ความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลงอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลง)

3.1.2 พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การทดลอง 6.3 พื้นที่ผิวของ สารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีคำถามดังนี้

3.1.2.1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาของกรดไฮโดรคลอริกกับลวดแมกนีเซียมที่พับและที่ขดเป็นสปริงแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (คำตอบ ลวดแมกนีเซียมพับทบมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาช้ากว่าลวดแมกนีเซียมที่ขดเป็นสปริง)

3.1.2.2 จากผลการทดลองสรุปได้ว่าอย่างไร (สรุป อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่กับพื้นที่สัมผัส ถ้าสารมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าสูง แต่ถ้าสารมีพื้นที่ผิวสัมผัสน้อยอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าต่ำ)

3.1.3 อุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การทดลอง 6.4 อัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดออกซาลิกกับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีค่าตามดังนี้

3.1.3.1 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นหรือลดลงจากอุณหภูมิห้อง เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเป็นอย่างไร (คำตอบ ที่อุณหภูมิต่ำใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยานานกว่าที่อุณหภูมิสูง)

3.1.3.2 อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาหรือไม่อย่างไร (คำตอบ อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา คืออัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำลง)

3.1.3.3 จากผลการทดลองสรุปได้ว่าอย่างไร (สรุป ที่อุณหภูมิต่ำ ปฏิกิริยาระหว่างกรดออกซาลิกกับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเกิดขึ้นช้ากว่าที่อุณหภูมิสูง แสดงว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำลง จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี)

3.1.4 ผลของสารบางชนิดต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การทดลอง 6.5 ผลของสารบางชนิดต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีค่าตามดังนี้

3.1.4.1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารทั้ง 2 หลอดในตอนต้นที่ 1 แตกต่างกันอย่างใด (คำตอบ ปฏิกิริยาในหลอดที่ 2 เกิดเร็วกว่าหลอดที่ 1)

3.1.4.2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารทั้ง 2 หลอดในตอนต้นที่ 2 แตกต่างกันอย่างใด (คำตอบ ปฏิกิริยาในหลอดที่ 2 เกิดช้ากว่าในหลอดที่ 1)

3.1.4.3 จากผลการทดลองทั้งสองตอนนี้สรุปได้ว่าอย่างไร (สรุป แมงกานีส (II) ซัลเฟตและโซเดียมฟลูออไรด์มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยแมงกานีส (II) ซัลเฟตให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้นจึงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนโซเดียมฟลูออไรด์ทำให้เกิดปฏิกิริยาช้าลงจึงเป็นตัวหน่วงปฏิกิริยา)

3.1.5 สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา การทดลอง 6.6 สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยามีค่าตามดังนี้

3.1.5.1 ในขณะที่ปฏิกิริยากำลังดำเนินไป โคบอลต์ (II) คลอไรด์ มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร (คำตอบ สารละลายโคบอลต์ (II) คลอไรด์สีชมพู ขณะเกิดปฏิกิริยาจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวและเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงจะกลับเป็นสีชมพูเหมือนเดิม)

3.1.5.2 จากผลการทดลองสรุปได้ว่าอย่างไร (สรุป 1. ปฏิกิริยาในหลอดที่ 1 เกิดเร็วกว่าในหลอดที่ 2 มาก เพราะมีโคบอลต์ (II) คลอไรด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 2. สารละลายโคบอลต์ (II) คลอไรด์เปลี่ยนเป็นสีเขียวขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินไป เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงจะกลับเป็นสีชมพูเหมือนเดิมและมีความเข้มข้นของสีเท่าเดิม แสดงว่าขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินไป ตัวเร่งปฏิกิริยาจะเข้าไปมีส่วนร่วมในปฏิกิริยาด้วย แต่เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงแล้วจะกลับเป็นสารเดิมและมีปริมาณเท่ากับเมื่อตอนเริ่มต้น)

3.1.6 ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดขณะเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ขณะที่ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดขณะเรียน ครูผู้สอนคอยดูแลให้คำแนะนำในข้อสงสัยกับผู้เรียนในการทำแบบฝึกหัดขณะเรียน

3.1.7 ผู้เรียนและครูผู้สอนร่วมกันตรวจแบบฝึกหัดขณะเรียนที่ผู้เรียนได้ทำ แล้วมีการอภิปรายถึงข้อที่ผู้เรียนทำผิดกันเป็นจำนวนมาก และข้อที่ผู้เรียนสงสัย

3.1.8 ผู้เรียนและครูผู้สอนร่วมกันสรุปสาระการเรียนรู้ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3.1.9 ผู้เรียนบันทึกสรุปสาระการเรียนรู้ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3.2 การจัดทำผลงาน ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจัดทำผลงานนำเสนอปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในรูปแบบพับ ป้ายนิเทศ เพาเวอร์พอยท์ วีซีดี ดีวีดี โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ตามที่ออกแบบไว้ เช่น คอมพิวเตอร์ แผ่นซีดี แผ่นดีวีดี โปรแกรมที่ใช้นำเสนอ แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ฯลฯ และให้ผู้เรียนมีเวลาในการจัดทำผลงานเพื่อนำเสนอ

คาบที่ 7-8

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นำเสนอผลงานหัวข้อเรื่องที่สนใจในปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
2. ประเมินผลการนำเสนอผลงานหัวข้อเรื่องที่สนใจในปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของกลุ่มเพื่อนได้

กระบวนการจัดการเรียนรู้

4. ขั้นสร้างความพึงพอใจ (Satisfaction)

4.1 การนำเสนอผลงาน ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานในห้องเรียนตามที่ผู้เรียนออกแบบไว้ซึ่งทำในรูปแบบที่หลากหลาย ถ้าเป็นแผ่นพับจะแจกให้ทุกคน สำหรับป้ายนิเทศก็จัดไว้ที่บอร์ด และถ้าเป็นรายงานหรือวีซีดีหรือดีวีดี จะให้นำเสนอหน้าชั้นเรียน เนื้อหาสาระที่นำเสนอเกี่ยวข้องกับความสนใจของผู้เรียน และผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลการนำเสนอตามเกณฑ์ที่กำหนดในชั้นเรียน

4.2 การประเมินผล ผู้เรียนและครูผู้สอนร่วมกันประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้เรียนร่วมกันให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับหัวข้อ งานที่ทำ และความรู้สึกในประสบการณ์ที่ได้รับ

สื่อการเรียนการสอน

1. สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.1 การทดลอง 6.1 ปฏิกริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก

สารเคมี ได้แก่ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.2 mol/dm^3 โลหะแมกนีเซียม

อุปกรณ์ ได้แก่ กระบอกตวง ปีกเกอร์ จุกคอร์กสำหรับปิดกระบอกตวง นาฬิกา

จับเวลาหรือนาฬิกาที่มีเข็มวินาที กระดาษทราย และใบมีดโกน

1.2 การทดลอง 6.2 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สารเคมี ได้แก่ สารละลายกรดโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.3 mol/dm^3 สารละลายกรด

ไฮโดรคลอริก 3 mol/dm^3 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.3 mol/dm^3 น้ำกลั่น

อุปกรณ์ ได้แก่ หลอดทดลองขนาดใหญ่ กระบอกตวง นาฬิกาจับเวลา กระดาษ

สีขาว และกระดาษกราฟ

1.3 การทดลอง 6.3 พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สารเคมี ได้แก่ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.2 mol/dm^3 โลหะแมกนีเซียม

อุปกรณ์ ได้แก่ หลอดทดลองขนาดกลาง จุกคอร์กสำหรับปิดหลอดทดลอง

ขนาดกลาง นาฬิกาจับเวลา กระดาษทราย ใบมีดโกน และดินสอเขียนแก้ว

1.4 การทดลอง 6.4 อัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดออกซาลิกกับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่อุณหภูมิต่าง ๆ

สารเคมี ได้แก่ สารละลายกรดออกซาลิก 0.05 mol/dm^3 สารละลายกรดซัลฟิวริก

1.0 mol/dm^3 สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 0.005 mol/dm^3 และน้ำแข็ง

อุปกรณ์ ได้แก่ หลอดทดลองขนาดเล็ก บีกเกอร์ ตะเกียงแอลกอฮอล์
พร้อมที่ก้นลม เทอร์มอมิเตอร์ หลอดหยด และนาฬิกาจับเวลา

1.5 การทดลอง 6.5 ผลของสารบางชนิดต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สารเคมี ได้แก่ สารละลายกรดออกซาลิก 0.05 mol/dm^3 สารละลายกรดซัลฟิวริก
 1.0 mol/dm^3 สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 0.005 mol/dm^3 สารละลายแมงกานีส (II)
ซัลเฟต 0.1 mol/dm^3 ผงโซเดียมฟลูออไรด์ สารละลายกรดแอสติก 0.5 mol/dm^3 เปลือกไข่ที่แห้ง
และบดละเอียด

อุปกรณ์ ได้แก่ หลอดทดลองขนาดกลาง กระบอกตวง กระบอกตวง หลอดหยด
โครงพร้อมที่บด นาฬิกาจับเวลา และเครื่องชั่ง

1.6 การทดลอง 6.6 สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา

สารเคมี ได้แก่ โซเดียมโพแทสเซียมทาร์เทรต สารละลายไฮโดรเจน
เปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 6 สารละลายโคบอลต์ (II) คลอไรด์ 0.1 mol/dm^3 และน้ำกลั่น

อุปกรณ์ ได้แก่ หลอดทดลองขนาดกลาง บีกเกอร์ ตะเกียงแอลกอฮอล์
พร้อมที่ก้นลม กระบอกตวง ที่จับหลอดทดลอง เทอร์มอมิเตอร์ และหลอดหยด

2. ใบงานที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. แบบฝึกหัดขณะเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตจากพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียน โดยแสดงความคิดเห็นในแบบสังเกตเป็น
ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ ต้องปรับปรุง แสดงเป็นคะแนน 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ
ผลการประเมินคิดจากคะแนนเฉลี่ย มีเกณฑ์ดังนี้

ช่วงคะแนนเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
4.50 - 5.00	ดีมาก
3.50 - 4.49	ดี
2.50 - 3.49	ปานกลาง
1.50 - 2.49	พอใช้
1.00 - 1.49	ต้องปรับปรุง

แบบรายงานผลการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยครูผู้สอน

ชื่อ-สกุล ของผู้เรียน	ตรงเวลา รับผิดชอบ ส่งงานครบ	สนใจ ใฝ่รู้ ในการเรียน	ช่างซักถาม สร้าง บรรยากาศ ห้องเรียน	สามารถ เรียนได้ ด้วยตนเอง	ชอบทำงาน ที่ท้าทาย ความ สามารถ	เฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
1							
2							
3							
4							
5							

ผู้สรุปผลการประเมิน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

2. จากการนำเสนอผลงาน มีการประเมินดังนี้

แบบรายงานผลการประเมินการนำเสนอผลงาน

ข้อ ชื่อสกุล ของ ผู้เรียน	การนำเสนอผลงาน (คะแนน)						รวม (10)
	เนื้อหาสาระ (5)		ความคิดสร้างสรรค์ (3)		ความ ร่วมมือ ของ สมาชิก (1)	คุณภาพ ของ ผลงาน (1)	
	เนื้อหา และ ข้อมูล ถูกต้อง (3)	ใช้ภาษา ถูกต้อง ชัดเจน เข้าใจง่าย (2)	นำเสนอ และ โดดเด่น (2)	เทคนิค หรือสื่อ เหมาะสม (1)			
1							
2							
3							
4							
5							

ผู้เรียนต้องได้คะแนนการนำเสนอผลงาน 8 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ถ้าคะแนนการนำเสนอผลงานต่ำกว่า 8 คะแนนให้นำกลับไปปรับปรุงแก้ไข แล้วนำมาส่งใหม่

3. จากแบบฝึกหัดขณะเรียน โดยมีเกณฑ์การประเมินที่ผู้เรียนต้องทำได้ 80% ของแบบฝึกหัดทั้งหมด คือถ้ามีแบบฝึกหัดจำนวน 10 ข้อ ต้องทำได้ถูก 8 ข้อ ถ้าทำได้ไม่ถึงเกณฑ์ผู้เรียนต้องนำไปแก้ไขมาส่งใหม่

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ใบงานที่ 3

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัวยับยั้งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
3. เพื่อทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผลการทดลองในเรื่องต่อไปนี้
 - 3.1 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - 3.2 พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - 3.3 อุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - 3.4 ผลของสารบางชนิดต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - 3.5 สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา

เวลาที่ใช้

ใช้เวลา 8 คาบ

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องทำ

1. ศึกษาสาระการเรียนรู้ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แล้วเลือกหัวข้อที่สนใจ เช่น ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลของสารบางชนิดต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หรือสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา แล้วจัดกลุ่ม ๆ ละ 5 คน ตามหัวข้อที่สนใจ
2. วางแผนการดำเนินงานว่าจะทำการศึกษาอะไร มีวิธีการศึกษาอย่างไร และมีวัตถุประสงค์อะไรที่ทำการสืบค้นในหัวข้อนี้
3. ลงมือปฏิบัติตามแผนการเรียนรู้ที่วางไว้
4. จัดทำผลงานการนำเสนอความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามหัวข้อที่สนใจ ในรูปแบบพับ ป้ายนิเทศ รายงาน วิชิตี หรือดีวีดี โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่ออกแบบไว้
5. นำเสนอผลงานในห้องเรียนตามที่ออกแบบไว้ ถ้าเป็นแผ่นพับจะแจกให้ทุกคน สำหรับป้ายนิเทศก็จัดไว้ที่บอร์ด และถ้าเป็นรายงาน วิชิตี หรือดีวีดี จะให้นำเสนอหน้าชั้นเรียน

6. ประเมินผลงานของเพื่อนพร้อมกับให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับหัวข้อ งานที่ทำ และความรู้สึกในประสบการณ์ที่ได้รับ

การวัดผลและประเมินผล

1. จากพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 1.1 ตรงต่อเวลา รับผิดชอบ ส่งงานครบ
- 1.2 สนใจใฝ่รู้ในการเรียน
- 1.3 ช่างซักถาม สร้างบรรยากาศในห้องเรียน
- 1.4 สามารถเรียนได้ด้วยตนเอง
- 1.5 ชอบทำงานที่ท้าทายความสามารถ

ผลการประเมินคิดจากคะแนนเฉลี่ย มีเกณฑ์ดังนี้

ช่วงคะแนนเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
4.50 - 5.00	ดีมาก
3.50 - 4.49	ดี
2.50 - 3.49	ปานกลาง
1.50 - 2.49	พอใช้
1.00 - 1.49	ต้องปรับปรุง

2. จากการนำเสนอผลงาน มีการประเมินดังนี้

2.1 เนื้อหาสาระ	5 คะแนน
2.2 ความคิดสร้างสรรค์	3 คะแนน
2.3 ความร่วมมือของสมาชิก	1 คะแนน
2.4 คุณภาพของผลงาน	1 คะแนน
รวม	10 คะแนน

ผู้เรียนต้องได้คะแนนการนำเสนอผลงาน 8 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ถ้าคะแนนการนำเสนอผลงานต่ำกว่า 8 คะแนน ให้นำกลับไปปรับปรุงแก้ไข แล้วนำมาส่งใหม่

3. จากแบบฝึกหัดขณะเรียนโดยมีเกณฑ์การประเมินที่ผู้เรียนต้องทำได้ 80% ของแบบฝึกหัดทั้งหมด คือถ้ามีแบบฝึกหัดจำนวน 10 ข้อ ต้องทำได้ถูก 8 ข้อ ถ้าทำได้ไม่ถึงเกณฑ์ผู้เรียนต้องนำไปแก้ไขมาส่งใหม่

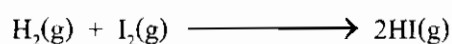
มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

แบบฝึกหัดขณะเรียน

เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อเผาผงเหล็กกับแก๊สออกซิเจนจะเกิดการลุกไหม้ทันที แต่ถ้าเผาตะปูเหล็กแทนผงเหล็ก ปฏิกิริยาจะเกิดช้ามาก เป็นเพราะเหตุใด
2. พิจารณาปฏิกิริยาระหว่างแก๊สไฮโดรเจนกับไอโอดีนที่อุณหภูมิ 458 °C ดังสมการ



ถ้าลดจำนวนโมเลกุล H_2 ที่อยู่ในภาชนะเดิมให้เหลือเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนเดิม จะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาอย่างไร จงอธิบาย

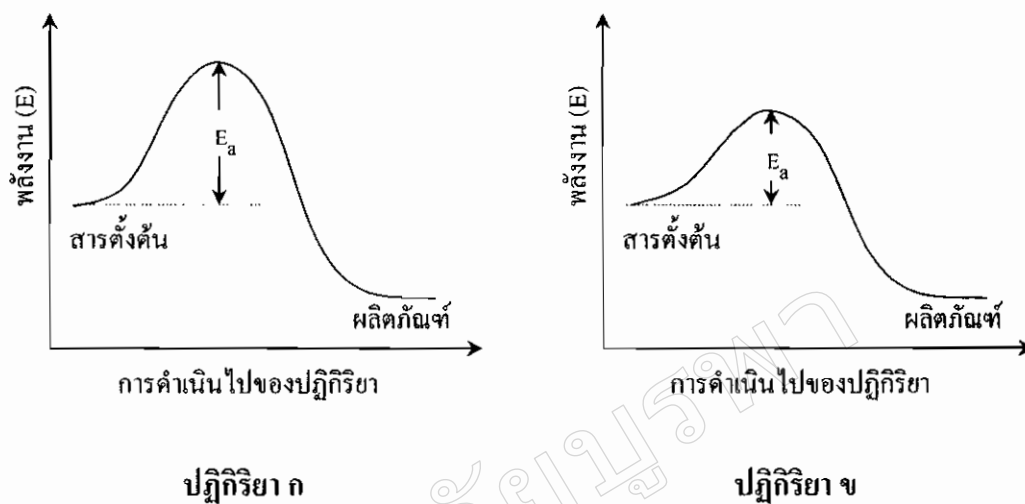
3. เมื่อเผาโลหะ A ในอากาศลุกไหม้อย่างรวดเร็วได้ออกไซด์ของโลหะ A แต่เมื่อวางโลหะ A ไว้ในอากาศจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างช้า ๆ เป็นเพราะเหตุใด
4. แคลเซียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก ดังสมการ



เมื่อใช้แคลเซียมคาร์บอเนตชนิดก้อนและชนิดผงที่มีมวลเท่ากันทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

5. จงอธิบายวิธีที่ทำให้อัตราการเผาไหม้ของเทียนไขเพิ่มขึ้น พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ
6. ในปฏิกิริยา $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$ ถ้าเติมผงนิเกิลลงไปเล็กน้อยจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น นักเรียนคิดว่าผงนิเกิลทำหน้าที่อะไร และมีผลต่อการดำเนินไปของปฏิกิริยาอย่างไร จงอธิบาย
7. เมื่อผสมแก๊สออกซิเจนและไฮโดรเจนที่อุณหภูมิห้องจะไม่เกิดปฏิกิริยาขึ้น แต่ถ้าผสมกันบนผิวของโลหะแพลทินัม ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นทันที เพราะเหตุใด

8. จงพิจารณารูปแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของสองปฏิกิริยาในสถานะแก๊สต่อไปนี้



ก. ปฏิกิริยาใดเกิดด้วยอัตราเร็วสูงกว่ากัน เพราะเหตุใด

ข. ปฏิกิริยาทั้งสองเป็นปฏิกิริยาคูดหรือคายพลังงาน ทราบได้อย่างไร

9. บรรจุแก๊ส NO กับแก๊ส H_2 ไว้ในภาชนะที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเผาให้ร้อนจะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ



การกระทำต่อไปนี้จะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร

ก. ลดปริมาตรของภาชนะลงครึ่งหนึ่ง

ข. เพิ่มจำนวนโมเลกุลของแก๊ส NO เป็นสองเท่า

เฉลยแบบฝึกหัดขณะเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อเผาผงเหล็กกับแก๊สออกซิเจนจะเกิดการลุกไหม้ทันที แต่ถ้าเผาตะปูเหล็กแทนผงเหล็ก ปฏิกิริยาจะเกิดช้ามาก เป็นเพราะเหตุใด

ปฏิกิริยาระหว่างเหล็กกับแก๊สออกซิเจนเป็นปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นมีสถานะแตกต่างกัน อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัสของสารตั้งต้น ผงเหล็กมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าตะปูเหล็กที่มีมวลเท่ากัน จึงทำให้เกิดปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนได้เร็วกว่าตะปูเหล็ก

2. พิจารณาปฏิกิริยาระหว่างแก๊สไฮโดรเจนกับไอโอดีนที่อุณหภูมิ 458 °C ดังสมการ



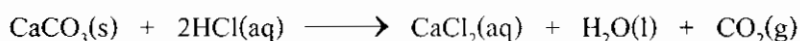
ถ้าลดจำนวนโมเลกุล H_2 ที่อยู่ในภาชนะเดิมให้เหลือเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนเดิม จะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาอย่างไร จงอธิบาย

การลดจำนวนโมเลกุล H_2 ที่อยู่ในภาชนะเดิม เป็นการลดความเข้มข้นของ H_2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงควรลดลง ถ้าอัตราการเกิดปฏิกิริยานี้ขึ้นกับความเข้มข้นของแก๊ส H_2

3. เมื่อเผาโลหะ A ในอากาศลุกไหม้อย่างรวดเร็วได้ออกไซด์ของโลหะ A แต่เมื่อวางโลหะ A ไว้ในอากาศจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างช้า ๆ เป็นเพราะเหตุใด

เมื่อเผาโลหะ A เป็นการเพิ่มพลังงานจำนวนมากให้กับอนุภาคของสารตั้งต้น ทำให้มีจำนวนอนุภาคที่มีพลังงานจลน์สูงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาได้มากขึ้น รวมทั้งโอกาสที่อนุภาคจะเกิดการชนกันก็มีมากขึ้น จึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้เร็วกว่าเมื่อวางโลหะ A ไว้ในอากาศซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า

4. แคลเซียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก ดังสมการ



เมื่อใช้แคลเซียมคาร์บอเนตชนิดก้อนและชนิดผงที่มีมวลเท่ากันทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

อัตราการเกิดปฏิกิริยาควรจะแตกต่างกัน เพราะอัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับพื้นที่ผิวของสารตั้งต้น แคลเซียมคาร์บอเนตชนิดผงซึ่งมีพื้นที่ผิวมากกว่าจึงเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าชนิดก้อนซึ่งมีพื้นที่ผิวสัมผัสน้อยกว่า

5. จงอธิบายวิธีที่ทำให้อัตราการเผาไหม้ของเทียนไขเพิ่มขึ้น พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ (วิธีทำให้อัตราการเผาไหม้ของเทียนไขเพิ่มขึ้นอาจทำได้ดังนี้

5.1 เพิ่มปริมาณออกซิเจน เพราะการเพิ่มออกซิเจนซึ่งเป็นสารตั้งต้นจะทำให้อัตราการเผาไหม้เพิ่มขึ้น

5.2 เพิ่มขนาดของไส้เทียน ไส้เทียนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้มีพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น จึงทำให้เนื้อเทียนหลอมเหลวและติดไฟได้เร็วขึ้น

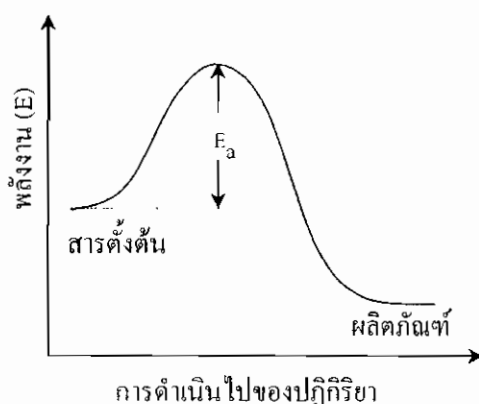
6. ในปฏิกิริยา $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$ ถ้าเติมผงนิเกิลลงไปเล็กน้อยจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น นักเรียนคิดว่าผงนิเกิลทำหน้าที่อะไร และมีผลต่อการดำเนินไปของปฏิกิริยาอย่างไร จงอธิบาย

ผงนิเกิลทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพราะเมื่อเติมลงไปแล้วทำให้ปฏิกิริยาระหว่างแก๊สไฮโดรเจนกับแก๊สคลอรีนเกิดได้เร็วขึ้น แสดงว่าผงนิเกิลช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาให้ต่ำลง

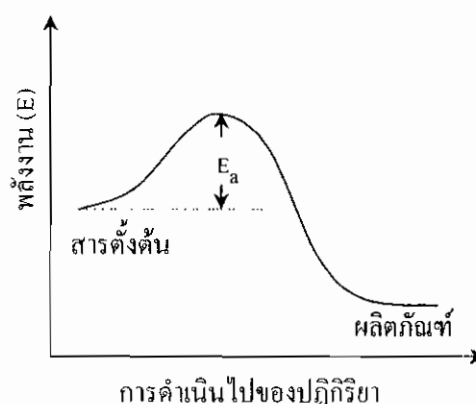
7. เมื่อผสมแก๊สออกซิเจนและไฮโดรเจนที่อุณหภูมิห้องจะไม่เกิดปฏิกิริยาขึ้น แต่ถ้าผสมกันบนผิวของโลหะแพลทินัม ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นทันที เพราะเหตุใด

โลหะแพลทินัมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และช่วยให้พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาลดต่ำลง ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นโดยโมเลกุลของ O_2 และ H_2 ถูกดูดซับไว้ที่ผิวของโลหะแพลทินัมแล้วเกิดการสลายพันธะในโมเลกุล ได้เป็นอะตอมของ O และ H อยู่บนผิวของโลหะ จากนั้นอะตอมของ O และ H จะเกิดการชนกัน โดยมีทิศทางชนกันที่เหมาะสมแล้วสร้างพันธะต่อกันเกิดเป็นโมเลกุลของ H_2O

8. จงพิจารณารูปแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของสองปฏิกิริยาในสถานะแก๊สต่อไปนี้



ปฏิกิริยา ก



ปฏิกิริยา ข

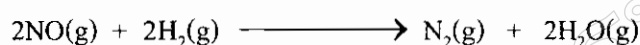
ก. ปฏิกิริยาใดเกิดด้วยอัตราเร็วสูงกว่ากัน เพราะเหตุใด

ปฏิกิริยา ข เกิดด้วยอัตราเร็วสูงกว่าปฏิกิริยา ก เพราะปฏิกิริยา ข มีค่าพลังงานก่อกัมมันต์ต่ำกว่า

ข. ปฏิกิริยาทั้งสองเป็นปฏิกิริยาคูดหรือคายพลังงาน ทราบได้อย่างไร

ปฏิกิริยาทั้งสองเป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน เพราะพลังงานของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าพลังงานของสารตั้งต้น

9. บรรจุแก๊ส NO กับแก๊ส H₂ ไว้ในภาชนะที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเผาให้ร้อนจะเกิดปฏิกิริยา ดังสมการ



การกระทำต่อไปนี้จะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร

ก. ลดปริมาตรของภาชนะลงครึ่งหนึ่ง

การลดปริมาตรของภาชนะลงครึ่งหนึ่ง ทำให้ความดันเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า จึงทำให้โมเลกุลของแก๊สทั้งสองอยู่ใกล้กันและชนกันได้มากขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงสูงขึ้น (อาจอธิบายในเชิงลดปริมาตรทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นก็ได้)

ข. เพิ่มจำนวน โมเลกุลของแก๊ส NO เป็นสองเท่า

เมื่อเพิ่มจำนวน โมเลกุลของแก๊ส NO เป็นสองเท่า เป็นการเพิ่มความเข้มข้นของ NO ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาควรจะเพิ่มขึ้นด้วยถ้าอัตราการเกิดปฏิกิริยานี้ขึ้นกับความเข้มข้นของ NO

ภาคผนวก ฅ

- ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (*IOC*) ค่าความยาก (*p*) ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง (แบบปรนัยและแบบอัตนัย)
- ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (*IOC*) และค่าสถิติที ของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์
- ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (*IOC*) ของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ
- คะแนนก่อนและหลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้และการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้วยการทดสอบค่าที (*t-test*)

ตารางที่ 13 ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติทางวิทยาศาสตร์

แผนการจัด การเรียนรู้ที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าความตรง เชิงเนื้อหา (IOC)
		+1 (ดี)	0 (พอใช้)	-1 (ควรปรับปรุง)	
1	สาระสำคัญ	5	0	0	1.0
	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1.0
	สาระการเรียนรู้	5	0	0	1.0
	กระบวนการจัดการเรียนรู้				
	ขั้นการจัดเตรียมการ ((Managing Preparation)	5	0	0	1.0
	ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ (Active Learning)	5	0	0	1.0
	ขั้นปัญญาความคิด (Notion Intelligence)	5	0	0	1.0
	ขั้นพึงพอใจ (Satisfaction)	5	0	0	1.0
	สื่อการเรียนการสอน				
	ใบงาน	5	0	0	1.0
	แบบฝึกหัดขณะเรียน	5	0	0	1.0
	การวัดผลและประเมินผล				
	แบบรายงานผลการประเมิน	5	0	0	1.0
	พฤติกรรมกรเรียนของผู้เรียน โดยครู				
	แบบรายงานผลการประเมิน	5	0	0	1.0
	การนำเสนอผลงาน				

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนการจัด การเรียนรู้ที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าความตรง เชิงเนื้อหา (IOC)
		+1 (ดี)	0 (พอใช้)	-1 (ควรปรับปรุง)	
	สาระสำคัญ	5	0	0	1.0
	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1.0
	สาระการเรียนรู้	5	0	0	1.0
	กระบวนการจัดการเรียนรู้				
	ขั้นการจัดเตรียมการ ((Managing Preparation)	5	0	0	1.0
	ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ (Active Learning)	5	0	0	1.0
2	ขั้นปัญญาความคิด (Notion Intelligence)	5	0	0	1.0
	ขั้นพึงพอใจ (Satisfaction)	5	0	0	1.0
	สื่อการเรียนการสอน				
	ใบงาน	5	0	0	1.0
	แบบฝึกหัดขณะเรียน	5	0	0	1.0
	การวัดผลและประเมินผล				
	แบบรายงานผลการประเมิน	5	0	0	1.0
	พฤติกรรมการณ์เรียนของผู้เรียน โดยครู				
	แบบรายงานผลการประเมิน	5	0	0	1.0
	การนำเสนอผลงาน				

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนการจัด การเรียนรู้ที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าความตรง เชิงเนื้อหา (IOC)
		+1 (ดี)	0 (พอใช้)	-1 (ควรปรับปรุง)	
	สาระสำคัญ	5	0	0	1.0
	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	0	0	1.0
	สาระการเรียนรู้	5	0	0	1.0
	กระบวนการจัดการเรียนรู้				
	ขั้นการจัดเตรียมการ ((Managing Preparation)	5	0	0	1.0
	ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ (Active Learning)	5	0	0	1.0
3	ขั้นปัญญาความคิด (Notion Intelligence)	5	0	0	1.0
	ขั้นพึงพอใจ (Satisfaction)	5	0	0	1.0
	สื่อการเรียนการสอน				
	ใบงาน	5	0	0	1.0
	แบบฝึกหัดขณะเรียน	5	0	0	1.0
	การวัดผลและประเมินผล				
	แบบรายงานผลการประเมิน	5	0	0	1.0
	พฤติกรรมการณ์เรียนของผู้เรียน โดยครู				
	แบบรายงานผลการประเมิน	5	0	0	1.0
	การนำเสนอผลงาน				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

เกณฑ์การวัดและประเมินผลแบบฝึกหัดขณะเรียน ควรทำ Rubric Scale และประเมินผลตามความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้เรียนแต่ละคนอาจทำคะแนนไม่ได้ 8 คะแนน เสมอไป อาจใช้วิธีการประเมินตามสภาพจริงรูปแบบอื่นเข้าช่วยในกรณีที่ใช้บทเรียนและรูปแบบการสอนกับผู้เรียนที่เก่ง ปานกลางและอ่อน ไม่เท่ากัน เพราะในชีวิตประจำวันต้องพบแบบนี้เสมอ

ตารางที่ 14 ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (*IOC*) ค่าความยาก (*p*) ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่น (*KR-20*) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ (แบบปรนัย)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าความตรง เชิงเนื้อหา (<i>IOC</i>)	ค่าความยาก (<i>p</i>)	ค่าอำนาจจำแนก (<i>r</i>)	ค่าความ เชื่อมั่น (<i>KR-20</i>)
	ดี (+1)	พอใช้ (0)	ควรปรับปรุง (-1)				
1	4	1	0	0.8	.86	.66	.76
2	5	0	0	1.0	.79	.62	
3	5	0	0	1.0	.63	.71	
4	5	0	0	1.0	.63	.79	
5	3	2	0	0.6	.86	.34	
6	4	0	1	0.6	.39	.73	
7	5	0	0	1.0	.46	.56	
8	4	0	1	0.6	.36	.63	
9	5	0	0	1.0	.29	.61	
10	5	0	0	1.0	.44	.64	
11	4	0	1	0.6	.34	.21	
12	4	1	0	0.8	.48	.35	
13	5	0	0	1.0	.20	.13	
14	5	0	0	1.0	.34	.34	
15	4	1	0	0.8	.53	.38	
16	4	1	0	0.8	.78	.75	
17	5	0	0	1.0	.87	.48	
18	3	2	0	0.6	.57	.38	
19	2	3	0	0.4	.50	.66	
20	3	2	0	0.6	.60	.75	

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าความตรง เชิงเนื้อหา (IOC)	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความ เชื่อมั่น (KR-20)
	ดี (+1)	พอใช้ (0)	ควรปรับปรุง (-1)				
21	2	3	0	0.4	.78	.17	.76
22	5	0	0	1.0	.53	-.06	
23	4	1	0	0.8	.59	.41	
24	5	0	0	1.0	.71	.72	
25	5	0	0	1.0	.14	.34	

ตารางที่ 15 ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (α -Coefficient) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ (แบบอัตนัย)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าความตรง เชิงเนื้อหา (IOC)	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความ เชื่อมั่น (α - Coefficient)
	ดี (+1)	พอใช้ (0)	ควรปรับปรุง (-1)				
1	5	0	0	1.0	.70	.27	.60
2	5	0	0	1.0	.73	.40	
3	5	0	0	1.0	.32	.50	
4	5	0	0	1.0	.64	.55	
5	5	0	0	1.0	.68	.55	
6	5	0	0	1.0	.88	.23	
7	5	0	0	1.0	.68	.45	
8	5	0	0	1.0	.73	.43	

ตารางที่ 16 ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (*IOC*) ค่าความยาก (*p*) ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่น (*KR-20*) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง (แบบปรนัย)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าความตรง เชิงเนื้อหา (<i>IOC</i>)	ค่าความยาก (<i>p</i>)	ค่าอำนาจจำแนก (<i>r</i>)	ค่าความ เชื่อมั่น (<i>KR-20</i>)
	ดี (+1)	พอใช้ (0)	ควรปรับปรุง (-1)				
1	3	0	2	0.2	.55	.73	.74
2	4	0	1	0.6	.41	.06	
3	1	2	2	-0.2	.46	.61	
4	4	1	0	0.8	.57	.56	
5	5	0	0	1.0	.63	.33	
6	5	0	0	1.0	.50	.50	
7	5	0	0	1.0	.56	.78	
8	3	1	1	0.4	.24	.53	
9	5	0	0	1.0	.65	.78	
10	5	0	0	1.0	.72	.42	
11	5	0	0	1.0	.21	.25	
12	5	0	0	1.0	.53	.70	
13	3	1	1	0.4	.61	.73	
14	5	0	0	1.0	.20	.13	
15	5	0	0	1.0	.52	.41	
16	5	0	0	1.0	.40	.20	
17	5	0	0	1.0	.70	.82	
18	5	0	0	1.0	.66	.28	
19	5	0	0	1.0	.71	.72	
20	5	0	0	1.0	.48	.41	

ตารางที่ 17 ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (*IOC*) ค่าความยาก (*p*) ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่น (α -Coefficient) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง (แบบอัตนัย)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าความตรง เชิงเนื้อหา (<i>IOC</i>)	ค่าความยาก (<i>p</i>)	ค่าอำนาจจำแนก (<i>r</i>)	ค่าความ เชื่อมั่น (α - Coefficient)
	ดี (+1)	พอใช้ (0)	ควรปรับปรุง (-1)				
1	5	0	0	1.0	.65	.60	.60
2	5	0	0	1.0	.71	.38	
3	5	0	0	1.0	.47	-.07	
4	5	0	0	1.0	.63	.45	
5	5	0	0	1.0	.71	.42	
6	5	0	0	1.0	.57	.40	
7	5	0	0	1.0	.61	.55	
8	5	0	0	1.0	.54	.75	
9	5	0	0	1.0	.55	.63	
10	5	0	0	1.0	.52	.40	

ตารางที่ 18 ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) และค่าสถิติที ของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ (คน)			ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC)	t
	ดี (+1)	พอใช้ (0)	ควรปรับปรุง (-1)		
1	5	0	0	1.0	2.92*
2	5	0	0	1.0	3.62*
3	4	1	0	0.8	1.44
4	5	0	0	1.0	3.34*
5	5	0	0	1.0	1.48
6	5	0	0	1.0	1.60
7	5	0	0	1.0	2.99*
8	4	1	0	0.8	0.38
9	4	1	0	0.8	3.45*
10	4	1	0	0.8	2.62*
11	4	1	0	0.8	4.90*
12	5	0	0	1.0	-0.37
13	5	0	0	1.0	1.37
14	5	0	0	1.0	-0.37
15	5	0	0	1.0	3.10*
16	4	1	0	0.8	4.38*
17	4	1	0	0.8	3.40*
18	5	0	0	1.0	5.67*
19	5	0	0	1.0	3.78*
20	5	0	0	1.0	2.05*
21	4	1	0	0.8	0.89
22	5	0	0	1.0	2.59*
23	5	0	0	1.0	3.81*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ (คน)			ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC)	t
	ดี (+1)	พอใช้ (0)	ควรปรับปรุง (-1)		
24	5	0	0	1.0	4.23*
25	5	0	0	1.0	-0.54
26	5	0	0	1.0	3.55*
27	5	0	0	1.0	5.10*
28	5	0	0	1.0	4.20*
29	5	0	0	1.0	4.89*
30	5	0	0	1.0	4.18*
31	4	1	0	0.8	0.90
32	5	0	0	1.0	3.38*
33	5	0	0	1.0	3.06*
34	5	0	0	1.0	1.57
35	5	0	0	1.0	3.03*
36	5	0	0	1.0	4.10*
37	5	0	0	1.0	2.06*
38	5	0	0	1.0	4.09*
39	5	0	0	1.0	1.72
40	5	0	0	1.0	3.52*
41	5	0	0	1.0	-2.04*
42	5	0	0	1.0	1.91*
43	5	0	0	1.0	1.90*
44	5	0	0	1.0	4.53*
45	5	0	0	1.0	8.59*
46	5	0	0	1.0	1.99*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ (คน)			ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC)	t
	ดี (+1)	พอใช้ (0)	ควรปรับปรุง (-1)		
47	5	0	0	1.0	2.60*
48	5	0	0	1.0	3.71*
49	4	0	1	0.6	-0.75
50	4	1	0	0.8	4.91*
51	5	0	0	1.0	4.22*
52	5	0	0	1.0	6.04*
53	5	0	0	1.0	5.52*
54	5	0	0	1.0	5.81*
55	4	1	0	0.8	5.16*
56	5	0	0	1.0	3.51*
57	5	0	0	1.0	2.98*
58	5	0	0	1.0	5.22*
59	5	0	0	1.0	3.78*
60	5	0	0	1.0	2.81*
61	5	0	0	1.0	6.46*
62	5	0	0	1.0	7.38*
63	5	0	0	1.0	3.26*
64	5	0	0	1.0	6.20*
65	5	0	0	1.0	6.16*
66	5	0	0	1.0	1.79*
67	5	0	0	1.0	5.80*
68	5	0	0	1.0	0.88
69	5	0	0	1.0	-0.34

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 19 ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ
จำนวน 28 ข้อ

ข้อที่	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ (คน)			ค่าความตรง เชิงเนื้อหา (IOC)
	ดี (+1)	พอใช้ (0)	ควรปรับปรุง (-1)	
1	5	0	0	1.0
2	5	0	0	1.0
3	5	0	0	1.0
4	5	0	0	1.0
5	5	0	0	1.0
6	5	0	0	1.0
7	5	0	0	1.0
8	5	0	0	1.0
9	5	0	0	1.0
10	5	0	0	1.0
11	5	0	0	1.0
12	5	0	0	1.0
13	4	1	0	0.8
14	5	0	0	1.0
15	4	1	0	0.8
16	5	0	0	1.0
17	5	0	0	1.0
18	5	0	0	1.0
19	5	0	0	1.0
20	5	0	0	1.0
21	4	1	0	0.8
22	5	0	0	1.0
23	5	0	0	1.0

จากตารางที่ 20 ผลจากการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

ได้แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์แบบปรนัย มีค่าความยาก .55 ค่าอำนาจจำแนก .53 และค่าความเชื่อมั่น .76 ข้อสอบที่ดี 18 ข้อ ควรปรับปรุง 5 ข้อ และควรตัดทิ้ง 2 ข้อ และเลือกนำไปใช้จริง 15 ข้อ สำหรับแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์แบบอัตนัย มีค่าความยาก .67 ค่าอำนาจจำแนก .42 และค่าความเชื่อมั่น .60 ข้อสอบที่ดี 7 ข้อ ควรปรับปรุง 1 ข้อ และควรตัดทิ้ง 0 ข้อ และเลือกนำไปใช้จริง 5 ข้อ

ได้ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงแบบปรนัย มีค่าความยาก .52 ค่าอำนาจจำแนก .54 และค่าความเชื่อมั่น .74 ข้อสอบที่ดี 17 ข้อ ควรปรับปรุง 3 ข้อ และ ควรตัดทิ้ง 0 ข้อ และเลือกนำไปใช้จริง 15 ข้อ สำหรับแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงแบบอัตนัย มีค่าความยาก .59 ค่าอำนาจจำแนก .45 และค่าความเชื่อมั่น .60 ข้อสอบที่ดี 9 ข้อ ควรปรับปรุง 1 ข้อ และควรตัดทิ้ง 0 ข้อ และเลือกนำไปใช้จริง 15 ข้อ

ได้แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความเชื่อมั่น .85 เป็นแบบวัดที่ดี 54 ข้อ ควรปรับปรุง 0 ข้อ และควรตัดทิ้ง 15 ข้อ และเลือกนำไปใช้จริง 50 ข้อ

ได้แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ เป็นแบบวัดที่ดี 25 ข้อ ปรับปรุงเล็กน้อย 3 ข้อ และเมื่อปรับปรุงแล้วนำไปใช้ 28 ข้อ

ตารางที่ 21 คะแนนการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติ
ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มทดลอง

ลำดับที่ของผู้เรียน	คะแนน						ลำดับที่ของผู้เรียน	คะแนน					
	ทักษะ							ทักษะกระบวนการ					
	การคิดวิเคราะห์		กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นสูง		เจตคติทางวิทยาศาสตร์			การคิดวิเคราะห์		กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นสูง		เจตคติทางวิทยาศาสตร์	
ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง		
(25)	(25)	(25)	(25)	(5)	(5)	(25)	(25)	(25)	(25)	(5)	(5)		
1	6	10	9	13	4.20	4.08	25	11	10	8	14	3.76	3.94
2	11	16	8	14	3.54	4.20	26	7	16	12	17	3.74	4.22
3	9	16	12	19	3.78	4.30	27	11	16	11	14	3.88	4.26
4	10	19	12	18	3.86	4.08	28	11	19	9	17	4.10	3.36
5	12	19	12	17	4.20	4.54	29	10	19	10	18	3.34	3.80
6	8	16	11	19	4.12	4.32	30	6	16	2	17	3.80	3.78
7	8	10	8	13	3.82	3.96	31	10	10	15	14	4.22	4.12
8	9	18	9	15	4.52	4.50	32	8	18	12	19	3.76	4.34
9	6	9	3	9	3.90	4.26	33	11	9	9	18	4.00	4.22
10	8	14	11	16	3.58	4.00	34	8	14	17	23	4.14	4.16
11	11	21	7	14	3.32	3.70	35	10	21	12	16	4.54	4.46
12	12	19	10	15	4.00	3.94	36	8	19	6	13	3.88	4.22
13	6	9	7	13	3.98	4.32	37	5	9	7	9	3.70	3.98
14	3	8	5	15	3.96	4.12	38	5	8	10	10	3.44	3.74
15	8	19	14	18	3.56	4.54	39	7	19	10	12	3.82	3.94
16	7	9	5	16	3.58	3.78	40	6	9	10	14	3.90	4.20
17	8	12	6	14	3.82	3.94	41	8	12	4	15	3.90	4.18
18	7	13	7	5	3.66	3.88	42	13	13	10	20	3.96	4.04
19	8	22	12	15	4.20	4.14	43	10	22	11	18	4.06	4.04
20	7	15	6	15	3.92	4.34	44	8	15	7	14	3.54	3.80
21	9	19	8	21	4.02	4.12	45	8	19	11	19	3.78	4.08
22	7	13	13	17	3.58	3.86	46	10	13	9	10	4.10	4.08
23	8	18	7	15	3.74	3.90	47	16	18	8	21	4.32	4.48
24	12	17	7	18	3.90	4.06	X	15.38	17.00	9.13	15.45	3.88	4.09

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PREคิดทต	8.6596	47	2.40720	.35113
	POSคิดทต	15.8936	47	3.94657	.57567
Pair 2	PREทักทต	9.1277	47	3.06181	.44661
	POSทักทต	15.4468	47	3.45032	.50328
Pair 3	PREเจตทต	3.8817	47	.27103	.03953
	POSเจตทต	4.0404	47	.32148	.04689

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PREคิดทต & POSคิดทต	47	.520	.000
Pair 2	PREทักทต & POSทักทต	47	.412	.004
Pair 3	PREเจตทต & POSเจตทต	47	.553	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	PREคิดทต-POSคิดทต	-7.2340	3.38932	.49438	-8.2292	-6.2389	-14.632	46	.000
Pair 2	PREทักทต-POSทักทต	-6.3191	3.54540	.51715	-7.3601	-5.2782	-12.219	46	.000
Pair 3	PREเจตทต-POSเจตทต	-.1587	.28371	.04138	-.2420	-.0754	-3.835	46	.000

ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบคะแนนการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและ
เจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 22 คะแนนเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบของผู้เรียนในกลุ่มทดลอง

ลำดับที่ ของ ผู้เรียน	คะแนนเจตคติ ต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ (5)	ลำดับที่ ของ ผู้เรียน	คะแนนเจตคติ ต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ (5)
1	4.25	25	4.07
2	3.57	26	4.04
3	4.29	27	4.57
4	4.07	28	4.36
5	4.50	29	3.86
6	4.00	30	3.61
7	3.79	31	4.18
8	4.46	32	4.07
9	3.64	33	4.46
10	3.93	34	4.14
11	3.82	35	4.75
12	3.79	36	4.11
13	4.11	37	3.82
14	3.71	38	3.75
15	4.64	39	3.82
16	3.68	40	3.96
17	3.54	41	4.68
18	3.86	42	4.00
19	4.29	43	3.82
20	4.14	44	3.64
21	4.00	45	4.11
22	3.89	46	4.07
23	3.57	47	4.61
24	3.86	$\bar{X}$	4.04

ตารางที่ 23 คะแนนการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และ
เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มทดลองนำร่อง

ลำดับที่ของผู้เรียน	คะแนน						ลำดับที่ของผู้เรียน	คะแนน					
	ทักษะ							ทักษะกระบวนการ					
	การคิดวิเคราะห์		กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง		เจตคติทางวิทยาศาสตร์			การคิดวิเคราะห์		กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง		เจตคติทางวิทยาศาสตร์	
ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง		
(25)	(25)	(25)	(25)	(5)	(5)	(25)	(25)	(25)	(25)	(5)	(5)		
1	8	11	13	17	4.16	4.46	24	8	12	7	13	3.6	3.98
2	7	16	6	14	3.98	4.02	25	5	14	3	6	3.98	3.86
3	4	9	9	10	3.76	3.94	26	5	11	12	15	3.84	3.92
4	10	16	7	14	3.68	4.00	27	6	8	10	10	3.68	4.24
5	6	6	7	8	3.7	4.6	28	5	12	9	13	4.44	4.58
6	5	10	7	6	3.84	3.94	29	8	11	6	9	3.62	3.58
7	7	8	4	12	3.92	4.04	30	9	12	7	9	3.08	3.56
8	8	12	6	11	4.06	3.98	31	8	19	14	18	3.8	3.86
9	8	9	6	12	3.58	3.74	32	5	10	4	7	3.32	4.06
10	6	7	4	7	3.9	4.12	33	3	10	4	10	3.8	3.8
11	4	11	7	11	3.36	3.98	34	6	13	7	12	4.14	3.98
12	6	12	8	13	4.32	4.22	35	4	8	5	11	3.48	3.68
13	4	9	3	13	3.64	3.68	36	8	11	2	6	3.14	3.76
14	4	9	11	8	4.16	3.84	37	7	8	7	13	4.06	3.86
15	7	14	10	15	3.82	4.00	38	5	13	3	15	3.9	3.84
16	7	14	7	16	3.9	3.88	39	5	12	6	7	3.8	4.22
17	9	14	13	10	3.76	3.78	40	8	11	4	12	3.84	3.94
18	10	16	15	18	4.2	4.08	41	11	14	11	10	3.76	3.94
19	6	13	5	10	3.98	4.14	42	7	14	3	5	3.44	3.54
20	14	21	7	17	3.9	4.02	43	13	20	12	15	3.94	4.00
21	8	8	5	12	4.32	4.34	44	13	15	13	15	4.24	4.00
22	6	9	5	11	4.02	3.84	45	8	8	7	12	3.82	3.52
23	10	14	8	15	3.84	4.26	$\bar{X}$	7.31	11.87	7.31	11.62	3.83	3.97

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติ ที่ ทดสอบความแตกต่างการคิดวิเคราะห์
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและ
หลังการเรียนของผู้เรียนในกลุ่มทดลองนาร่อง

ตัวแปรตาม	$\bar{X}$		SD		t
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	
การคิดวิเคราะห์	7.31	11.87	3.31	3.38	8.21*
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง	7.31	11.62	3.31	3.40	8.83*
เจตคติทางวิทยาศาสตร์	3.83	3.97	.29	.24	3.34*

* $p < .05$

จากตารางที่ 24 ก่อนและหลังการเรียนของผู้เรียนในกลุ่มทดลองนาร่องซึ่งเรียนโดยใช้
รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและ
เจตคติทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ผู้เรียนในกลุ่มทดลองนาร่อง มีคะแนนการคิดวิเคราะห์ ทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ หลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 25 คะแนนเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบของผู้เรียนในกลุ่มทดลองนำร่อง

ลำดับที่ ของ ผู้เรียน	คะแนนเจตคติ ต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ (5)	ลำดับที่ ของ ผู้เรียน	คะแนนเจตคติ ต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ (5)
1	4.57	24	3.71
2	3.93	25	4.11
3	3.82	26	3.86
4	4.11	27	4.29
5	4.11	28	4.46
6	4.32	29	3.39
7	3.75	30	3.18
8	3.93	31	3.96
9	3.5	32	3.75
10	4.11	33	3.57
11	3.43	34	4
12	4.46	35	3.57
13	3.39	36	3.5
14	3.79	37	3.89
15	4.21	38	3.29
16	3.79	39	4.29
17	3.82	40	3.82
18	4.11	41	3.75
19	4.29	42	3.36
20	4	43	3.71
21	4.5	44	4.18
22	4.46	45	3.39
23	4.39	$\bar{X}$	3.91

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบของผู้เรียน
กลุ่มทดลองนำร่อง

ตัวแปรตาม	$\bar{X}$	SD
เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ	3.91	.37

จากตารางที่ 26 พบว่าหลังการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มทดลองนำร่องซึ่งเรียนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 3.91 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.37 แสดงให้เห็นว่าหลังการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มทดลองนำร่องซึ่งเรียนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ อยู่ในระดับเห็นด้วย