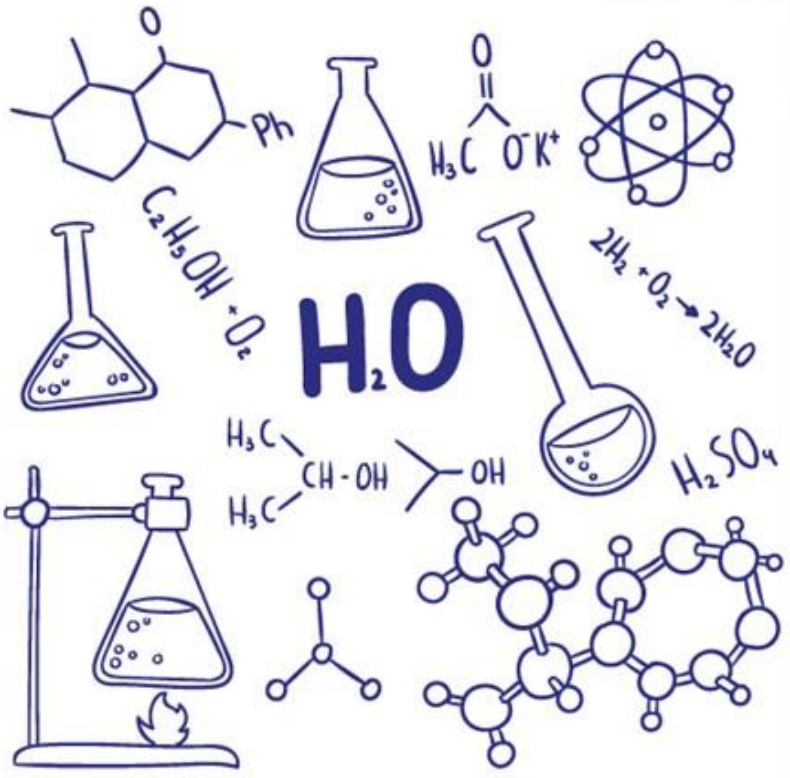
ชุดกิจกรรมนำความรู้สู่การคิดสร้างสรรค์ ตามกระบวนการ GPAS 5 Steps ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชุดที่ 1 ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี



นางสกุลยา พรมเท้า

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โรงเรียนหนองไผ่ อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบูรณ์

คำนำ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการ GPAS 5 STEP เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จัดทำเพื่อพัฒนาศักยภาพของในเรียนในการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี รายวิชาเคมี 3 ว30223 โดยใช้กระบวนการ GPAS 5 STEP ตลอดจนคุณลักษณะอันพึงประสงค์และสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนได้พัฒนาคุณธรรม ควบคู่กับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์โดยได้พิจารณาเลือกเนื้อหาในการพัฒนาหลักสูตรในสาระเพิ่มเติมรายวิชาเคมี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการ GPAS 5 STEP เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญด้วยกิจกรรมหลากหลายตามมาตรฐานตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ปรับปรุง 2560

ดังนั้นการจัดทำชุดกิจกรรมเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี รายวิชาเคมี 3 ว30223 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วยชุดกิจกรรมจำนวน 6 ชุด ดังนี้

ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชุดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชุดกิจกรรมที่ 4 เรื่อง พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชุดกิจกรรมที่ 5 เรื่อง อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชุดกิจกรรมที่ 6 เรื่อง ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี

การใช้ชุดกิจกรรมแต่ละชุดกิจกรรมสามารถนำมาใช้จัดการเรียนในชั้นตามปกติแล้ว นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถนำไปศึกษาได้ด้วยตนเอง ใช้ทบทวนเนื้อหา หรือสามารถนำไปศึกษาเพิ่มเติมกรณีที่นักเรียนเรียนไม่ทันเพื่อนหรือสามารถนำไปใช้เรียนซ่อมเสริมในกรณีที่เรียนแล้วสอบไม่ผ่านกระบวนการจัดกิจกรรมในชุดกิจกรรมยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์ รู้จักคิดอย่างมีเหตุผลสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดกิจกรรมนี้จะเป็นตัวอย่างแก่ผู้ที่สนใจได้ต่อไป

สกุลยา พรมเท้า

สารบัญ

หน้า

คำนำ ..... ก
สารบัญ ..... ข
คำชี้แจงสำหรับครู ..... ง
คำชี้แจงสำหรับนักเรียน ..... จ
ขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรม ..... ฉ
ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 1
วัตถุประสงค์ของชุดกิจกรรม 1
บทบาทของนักเรียน 2
มาตรฐานการเรียนรู้ 3
ผลการเรียนรู้ 3
จุดประสงค์การเรียนรู้ 3
สาระการเรียนรู้ 4
สาระสำคัญ 4
การวัดผลประเมินผล 5
แบบทดสอบก่อนเรียน 6
กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน 10
ขั้นตอนที่ 1 การค้นหาและเลือกข้อมูล (Gathering)
บัตรเนื้อหาที่ 1 11
บัตรกิจกรรมที่ 1.1 27
ขั้นตอนที่ 2 ระบบการจัดกระทำข้อมูล (Processing)
บัตรคำถามที่ 1 29
เฉลยบัตรคำถามที่ 1 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ขั้นตอนที่ 3 การปฏิบัติและสรุปความรู้ Apply (A1)
บัตรคำสั่งที่ 1 37
บัตรกิจกรรมที่ 1.2 38
บัตรบันทึกผลการทดลองที่ 1.2 39
แนวการตอบบัตรกิจกรรมที่ 1.2 40
แบบประเมินบัตรกิจกรรมที่ 1.2 41
ขั้นตอนที่ 4 การสื่อสารและนำเสนอ Apply (A2)
บัตรกิจกรรมที่ 1.3 45
แบบประเมินบัตรกิจกรรมที่ 1.3 47
ขั้นตอนที่ 5 การประเมินเพิ่มคุณค่า (Self – regulating)
บัตรกิจกรรมที่ 1.4 49
แบบประเมินบัตรกิจกรรมที่ 1.4 50
แบบทดสอบหลังเรียน 51
กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน 52
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน 53
บรรณานุกรม 54

คำชี้แจงสำหรับครู

คู่มือครูนี้สำหรับประกอบการใช้ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี **ประกอบด้วย**

1. บทบาทของครูผู้สอน

1.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการใช้ชุดกิจกรรม การจัดการเรียนและเตรียมสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูจะต้องจัดกิจกรรมให้ครบตามที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้กิจกรรมเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และบรรลุตามวัตถุประสงค์

1.3 ก่อนทำกิจกรรมทุกครั้ง ครูต้องอธิบาย ชี้แจงวิธีการปฏิบัติให้ชัดเจน ให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน จึงจะทำให้การจัดการเรียนรู้บรรลุเป้าหมายและมีประสิทธิภาพ

1.4 ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม เพื่อเป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักการทำงานร่วมกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่

1.5 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นลงในแต่ละกิจกรรมครูเป็นผู้ประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

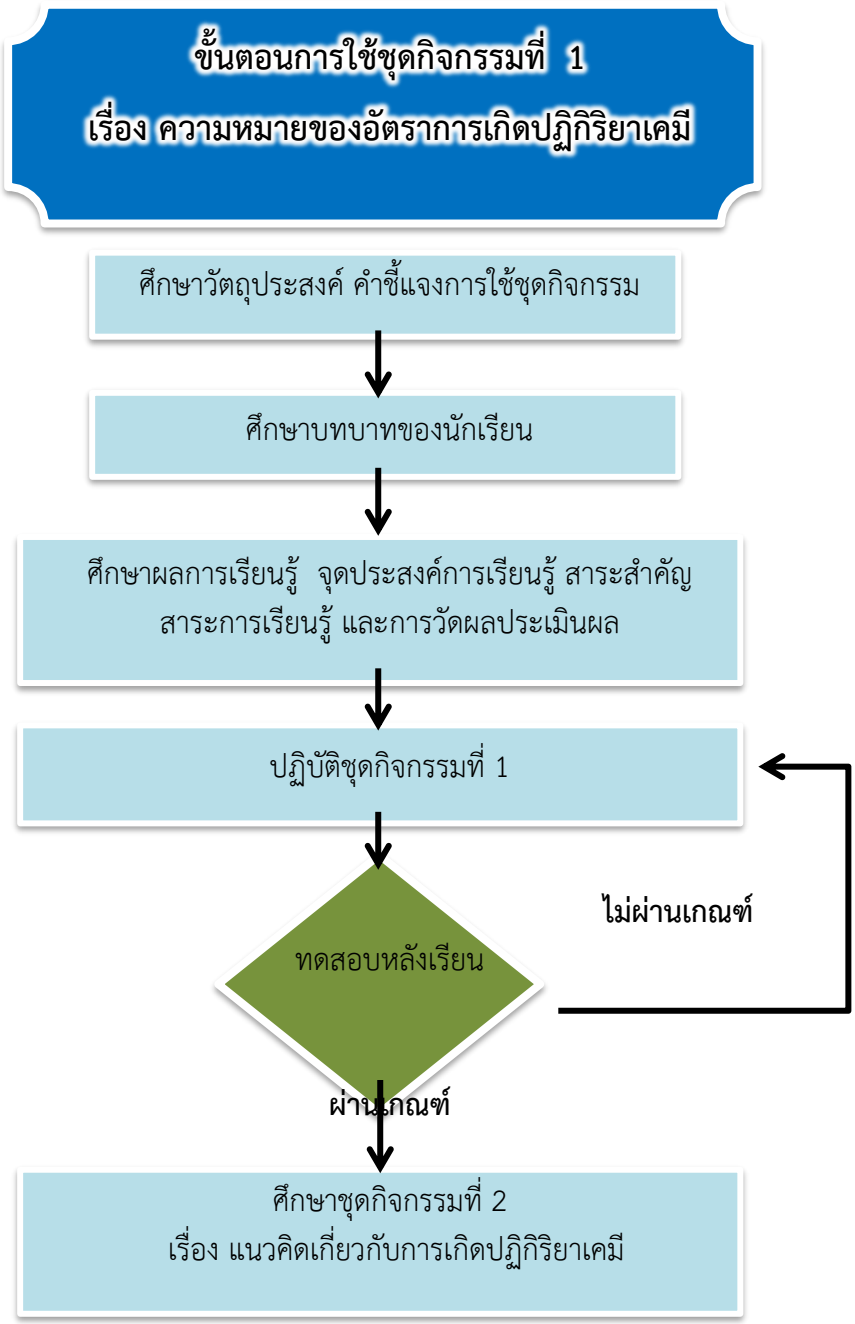
คำชี้แจงสำหรับนักเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. ให้นักเรียนทุกคนศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาอย่างละเอียด
2. ให้นักเรียนปฏิบัติตามคำชี้แจงในชุดกิจกรรมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การค้นหาและเลือกข้อมูล (Gathering)
ขั้นที่ 2 ระบบการจัดกระทำข้อมูล หรือการจัดข้อมูลให้เป็น (Processing)
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติและสรุปความรู้ Apply (A1)
ขั้นที่ 4 การสื่อสารและนำเสนอ Apply (A2)
ขั้นที่ 5 การประเมินเพิ่มคุณค่า (Self – regulating)

3. ถ้านักเรียนสงสัยหรือมีปัญหาที่ไม่เข้าใจ สามารถขอคำแนะนำจากครูผู้สอนได้ตลอดเวลา
4. เมื่อนักเรียนศึกษาและทำกิจกรรมชุดกิจกรรมจบแล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน
5. เกณฑ์การผ่านการประเมินในบัตรกิจกรรมและบัตรคำถาม คิดเป็นร้อยละ 80 หากนักเรียนไม่ผ่านการประเมินในบัตรกิจกรรมใดหรือบัตรคำถามใด ให้นักเรียนศึกษาในบัตรเนื้อหาและทำกิจกรรมในบัตรกิจกรรมอีกครั้ง แล้วทำการประเมินผลใหม่ ถ้าทำคะแนนได้มากขึ้นแสดงว่านักเรียนเข้าใจดีขึ้น


ขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมที่ 1
เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
ศึกษาวัตถุประสงค์ คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรม
ศึกษาบทบาทของนักเรียน
ศึกษาผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผล
ปฏิบัติชุดกิจกรรมที่ 1
ทดสอบหลังเรียน
ไม่ผ่านเกณฑ์
ผ่านเกณฑ์
ศึกษาชุดกิจกรรมที่ 2
เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชุดกิจกรรมที่ 1
เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

วัตถุประสงค์ของชุดกิจกรรม

1. เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนชุดกิจกรรม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี รายวิชาเคมี 3 ว30223 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี รายวิชาเคมี 3 ว30223 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. เพื่อแก้ปัญหาสื่อการเรียนการสอนไม่เพียงพอ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี รายวิชาเคมี 3 ว30223 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
4. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และมีสรุปองค์ความรู้ได้

บทบาทของนักเรียน

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาคู่มือการใช้ชุดกิจกรรม และปฏิบัติกิจกรรมตามลำดับขั้นอย่างละเอียดและถูกต้อง ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่และกำหนดบทบาทของสมาชิกให้ชัดเจน หากมีปัญหาให้ปรึกษาครูผู้สอน
2. นักเรียนศึกษาผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาในชุดกิจกรรมทั้งหมดอย่างละเอียด พร้อมทั้งทำบัตรกิจกรรม บัตรคำถาม แบบทดสอบโดยเติมคำตอบลงในชุดกิจกรรม
3. หลังจากทำกิจกรรมการทดลองนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันระดมสมองเขียนรายงานการทดลองตอบคำถาม และอภิปรายสรุปการทดลองด้วย พร้อมทั้งนำเสนอผลการศึกษาหรือรายงานการทดลอง เป็นรูปเล่มรายงานเพื่อแสดงผลงานของกลุ่มตนเอง
4. ทุกกิจกรรมการเรียนมีเวลาจำกัด นักเรียนควรปฏิบัติงานให้เสร็จภายในเวลา ไม่ควรปล่อยทิ้งงานหรือสะสมงานค้างไว้ เนื่องจากผลงานของแต่ละกิจกรรมชุดกิจกรรมจะเป็นองค์ความรู้สำหรับกิจกรรมชุดกิจกรรมในลำดับต่อไป
5. ในการทำกิจกรรมชุดกิจกรรม ให้นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้หรือช่วยกันค้นคว้าด้วยความตั้งใจตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps
6. เมื่อเรียนจบแต่ละกิจกรรมของชุดกิจกรรม ควรเก็บอุปกรณ์การเรียนให้เรียบร้อยทุกครั้ง

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 2 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 5.2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด–เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

1. ทดลองและเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา
2. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ณ ขณะใดขณะหนึ่ง และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ยได้
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชันกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารที่ปรากฏในกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลาได้
3. ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง

สาระการเรียนรู้

ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีช่วงเวลา

1.2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย

1.3. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ณ ขณะใดขณะหนึ่ง

สาระสำคัญ

ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง หรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นขณะปฏิกิริยาดำเนินไป เมื่อนำมาปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงนี้มาเขียนในรูปอัตราส่วนเปรียบเทียบกับ 1 หน่วยเวลา จะเรียกว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การวัดผลประเมินผล

วิธีวัด

1. สังเกตการณ์ปฏิบัติงานกลุ่ม
2. ประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง
3. ตรวจบัตรคำถาม บัตรกิจกรรม บัตรคำสั่ง
4. ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน

เครื่องมือวัด

1. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานกลุ่ม
2. แบบประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง
3. บัตรคำถาม บัตรกิจกรรม บัตรคำสั่ง
4. แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน

แบบประเมินผลการทำกิจกรรมทุกกิจกรรมโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดของแต่ละกิจกรรม การประเมินสามารถให้ผู้ประเมินได้ ดังนี้

ผลการประเมิน

คะแนน	26 – 30	มีระดับคุณภาพดีมาก
คะแนน	21 – 25	มีระดับคุณภาพดี
คะแนน	16 – 20	มีระดับคุณภาพผ่านเกณฑ์
คะแนนต่ำกว่า	15	มีระดับคุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์

1. ประเมินตนเอง
2. เพื่อนประเมิน
3. ครูประเมิน

เวลาที่ใช้ในการศึกษาชุดกิจกรรมที่ 1 จำนวน 3 ชั่วโมง

แบบทดสอบก่อนเรียน
เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

คำชี้แจง : แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 10 ข้อ (10 คะแนน)
เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

คำสั่ง : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดในแต่ละข้อแล้วทำเครื่องหมาย ✕ ลงในกระดาษคำตอบ

1. จากปฏิกิริยา $Mg\ (s) + 2HCl\ (aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$ สามารถวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้หลายวิธี วิธีที่สะดวกที่สุดคือวิธีใด
   ก. วัดปริมาตรของก๊าซ H_2ที่เกิดขึ้นต่อเวลา
   ข. วัดมวลของแมกนีเซียมที่ลดลงต่อเวลา
   ค. วัดความเข้มข้นของ HCl ที่ลดลงต่อเวลา
   ง. วัดความเข้มข้นของ $MgCl_2$ที่เกิดขึ้นต่อเวลา

2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หาได้จากความสัมพันธ์ใด
   ก. ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลา
   ข. ปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นหนึ่งหน่วยเวลา
   ค. ปริมาณสารตั้งต้นที่เหลืออยู่ต่อเวลาในการดำเนินปฏิกิริยา
   ง. ถูกทั้ง ก. และ ข.

3. ใช้ Mg จำนวน 5 g ใส่ลงในสารละลาย HCl 2.5 mol/dm^3 ปริมาตร 100 cm^3 เมื่อผ่านเวลาไป 50 วินาที พบว่าเหลือ Mg อยู่จำนวนหนึ่ง ส่วนสารละลาย HCl ใช้หมดไปพอดี จากปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้เท่าใด
   ก. 0.0025 $mol/dm^3.s$
   ข. 0.0050 $mol/dm^3.s$
   ค. 0.0250 $mol/dm^3.s$
   ง. 0.0500 $mol/dm^3.s$

คำชี้แจง ข้อมูลต่อไปนี้ใช้ประกอบการตอบคำถามข้อ 4 – 5

จากปฏิกิริยา $2A_2B(g) \rightarrow 2A_2(g) + B_2(g)$ สาร A_2B มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นดังนี้

เวลา (s)	ความเข้มข้นของ A_2B (mol/dm^3)
0	5
5	3.5
10	X
15	2.0
20	1.7
25	1.5

4. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยมีค่าเท่าใด
   ก. 0.32 $mol/dm^3.s$
   ข. 0.18 $mol/dm^3.s$
   ค. 0.14 $mol/dm^3.s$
   ง. 0.06 $mol/dm^3/s$

5. อัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างวินาทีที่ 5 - 15 มีค่าเท่าใด
   ก. 0.15 $mol/dm^3.s$
   ข. 0.13 $mol/dm^3.s$
   ค. 0.70 $mol/dm^3.s$
   ง. ไม่สามารถคำนวณได้เนื่องจากไม่ทราบค่า X

6. ถ้าอัตราการเกิดปฏิกิริยาช่วง 5 – 10 วินาที มีค่าเท่ากับ 0.20 $mol/dm^3.s$ X มีค่าเท่าใด
   ก. 1.5 mol/dm^3
   ข. 3.5 mol/dm^3
   ค. 4.5 mol/dm^3
   ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

7. จากการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสังกะสีกับกรดไฮโดรคลอริก ดังสมการ

$Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$ ได้ผลดังนี้

เวลา (วินาที)	0	20	30	50	70	100
ปริมาตรแก๊ส H_2 (cm^3)	0	1	2	3	4	5

ผลสรุปจากการทดลองนี้ข้อใดถูกต้อง

ก. อัตราการเกิด H_2 เฉลี่ย มีค่ามากกว่าอัตราการเกิด H_2 ที่ปริมาตรระหว่าง 4 – 5 cm^3

ข. อัตราการเกิด H_2 ที่ปริมาตรระหว่าง 4 – 5 cm^3 มีค่าน้อยกว่าที่ปริมาตร 3 – 4 cm^3

ค. อัตราการเกิด H_2 เฉลี่ย มีค่าน้อยกว่าอัตราการเกิด H_2 ที่ปริมาตรระหว่าง 1 – 2 cm^3

ง. อัตราการเกิด H_2 ที่ปริมาตรระหว่าง 2 – 3 cm^3 มี ค่าเท่ากับที่ปริมาตร 3 – 4 cm^3

8. แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ สลายตัวตามสมการ

$2NO_2(g) \rightarrow 2NO(g) + O_2(g)$

ถ้าอัตราการเกิดแก๊สของ NO เท่ากับ 4.4×10^{-5} $mol/dm^3.s$ อัตราการเกิดแก๊ส O_2 จะเป็นเท่าใด

ก. 1.1×10^{-5} $mol/dm^3.s$

ข. 2.2×10^{-5} $mol/dm^3.s$

ค. 4.4×10^{-5} $mol/dm^3.s$

ง. 8.8×10^{-5} $mol/dm^3.s$

9. จากปฏิกิริยา $Zn(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$ ถ้าพบว่าอัตราการลดลงของ Zn เท่ากับ 0.2 mol/s อัตราการเกิดแก๊ส H_2 จะเป็นกี่ dm^3/s เมื่อวัดปริมาตรแก๊สที่ STP

ก. 8.96 dm^3/s

ข. 6.68 dm^3/s

ค. 5.62 dm^3/s

ง. 4.48 dm^3/s

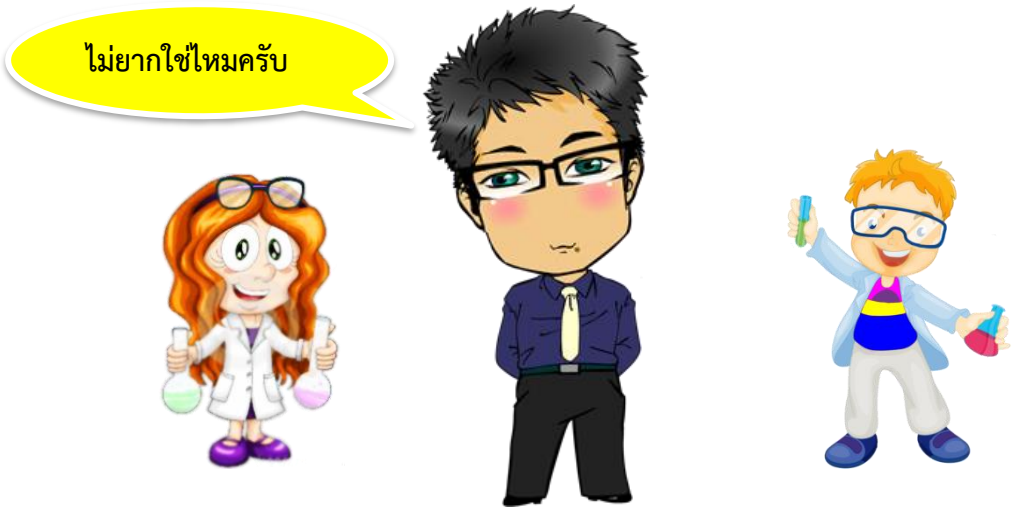
10. เมื่อนำแก๊สไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO) มาทำปฏิกิริยากับแก๊สคลอรีน Cl_2 ทำให้ได้แก๊สไนโตรซิลคลอไรด์ (NOCl) ถ้าความเข้มข้นของแก๊สไนโตรซิลคลอไรด์เพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 0.030 mol/dm^3 อัตราการสลายไปของแก๊สคลอรีน ณ ช่วงเวลาเดียวกันมีค่าเท่าใด

ก. 0.010

ข. 0.015

ค. 0.030

ง. 0.060



กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน
เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชื่อ – สกุล ..... ห้อง ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบในแบบทดสอบแล้วทำเครื่องหมาย ✕ ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

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

ผลการประเมิน

☐ ดีมาก
☐ ดี
☐ พอใช้
☐ ปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

คะแนนเต็ม	
คะแนนได้	

เกณฑ์การประเมิน

ดีมาก ระดับ 9 – 10
ดี ระดับ 7 – 8
พอใช้ ระดับ 5 – 6
ปรับปรุง ระดับ 0 – 4

ขั้นที่ 1 การค้นหาและเลือกข้อมูล (Gathering)

บัตรเนื้อหาที่ 1
เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เมื่อเราพิจารณาดูปฏิกิริยาต่าง ๆ จะพบว่าบางปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น ปฏิกิริยาพลุดอกไม้ไฟ ปฏิกิริยาการเผาไหม้ การระเบิด เป็นต้น บางปฏิกิริยาเกิดได้ช้า หรือช้ามาก เช่น การสุกของผลไหม้ การเกิดสนิมเหล็ก การเจริญเติบโตของมนุษย์ เป็นต้น

มารู้จักอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีกันก่อนนะคะ

ก. ภาพพลุดอกไม้ไฟ

ข. การเกิดสนิมเหล็ก

ค. การสุกของผลไม้

ภาพที่ 1 แสดงปฏิกิริยาต่าง ๆ

ที่มา : ภาพ ก. http://www.visitoakdaleca.com/wp-content/uploads/2013/01/fireworks-2-300x214.jpg

ภาพ ข. http://grandprixgroup.com/offroadmag/site/wp-content/uploads/ujm-02-_resize-300x225.jpg

ภาพ ค. http://blog.school.net.th/blogs/media/blogs/prasitporn/image/0.jpg

สำหรับวิชาเคมีที่เกี่ยวกับการศึกษาการเกิดปฏิกิริยา เรียกว่า **จลศาสตร์เคมี** (Chemical Kinetics) ซึ่งตามปกติคำว่า “จลศาสตร์” มีความหมายเกี่ยวเนื่องกับการเคลื่อนที่และเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ อัตราการเกิดปฏิกิริยา (rate of chemical reaction)

ซึ่งหน่วยนี้เราศึกษาเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้น ๆ

1. การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราของปฏิกิริยา (rate of chemical reaction) คือปริมาณการลดลงของสารตั้งต้น (reactant) ที่ใช้ทำปฏิกิริยาไปในหนึ่งหน่วยเวลา หรือปริมาณการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ (product) จากปฏิกิริยาในหนึ่งหน่วยเวลา (วินาที , นาที หรือชั่วโมง)

หรือระบุปริมาณเป็นการลดลงของความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือการเพิ่มขึ้นของ ความเข้มข้นผลิตภัณฑ์กับเวลา ซึ่งวัดการเปลี่ยนแปลงได้จากการทดลอง

หากการวัดความเข้มข้นของสารโดยตรงทำได้ยาก นักเคมีมักวัดสมบัติที่สัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้น โดยอาจวัดปริมาณของสารที่เปลี่ยนแปลงไปได้จาก

1. การเปลี่ยนสี
2. การเกิดตะกอน
3. ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น
4. การเกิดกรดหรือเบส
5. ความดันที่เปลี่ยนแปลง

อาจจะเข้าใจได้ยากสักนิด แต่ถ้าเราจะเปรียบง่าย ๆ ว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีก็คือความเร็วในการเกิดปฏิกิริยานั้นเอง

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

การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

1. วัดมวลของแมกนีเซียมที่ลดลงต่อเวลา มีหน่วยเป็น กรัมต่อวินาที
2. วัดความเข้มข้นของ HCl ที่ลดลงต่อเวลา มีหน่วยเป็น $mol/dm^3.s$
3. วัดความเข้มข้นของ $MgCl_2$ ที่เกิดขึ้นต่อเวลา มีหน่วยเป็น $mol/dm^3.s$
4. วัดปริมาตรของแก๊ส H_2 ที่เกิดขึ้นต่อเวลา มีหน่วยเป็น cm^3/s

วิธีที่สะดวกต่อการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา คือวัดปริมาตรของแก๊ส H_2 ที่เกิดขึ้นต่อเวลา เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{อัตราการเกิดแก๊ส } H_2 = \frac{\text{ปริมาตรแก๊ส } H_2 \text{ที่เกิดขึ้น}(cm^3)}{\text{เวลา(s)}}$$

อัตราการเกิดปฏิกิริยาระบุให้ทราบว่าการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเกิดรวดเร็วเพียงใด ซึ่งโดยทั่วไปจะระบุในเทอมของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่กำหนด เช่น $A + 2B \rightarrow C$

$$\text{อัตราการเกิดสาร C} = \frac{\text{ความเข้มข้นของสาร C ที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลานั้น}}{\text{เวลาที่เปลี่ยนไป}}$$

หรือ เขียนโดยย่อเป็น

$$\text{rate C} = \frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$

rate คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยา

Δ คือ ผลต่าง

[ ] คือ ความเข้มข้น

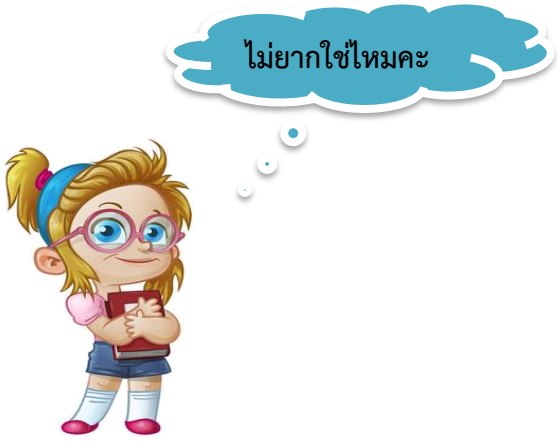
หรือถ้าเขียนในรูปของการเปลี่ยนความเข้มข้นของสารตั้งต้น A และ B จะเขียนได้ดังนี้

อัตราการเกิดปฏิกิริยา

$$\text{rate A} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} \quad \text{หรือ} \quad \text{rate B} = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$

เครื่องหมายลบ (–) แสดงให้เห็นว่าเป็นการวัดปริมาณสารที่ลดลง

สำหรับหน่วยของอัตราเร็วของปฏิกิริยา คือหน่วยของความเข้มข้นหารด้วยเวลา จึงเป็น $mol/dm^3.s$



กรอบชวนคิดที่ 1.1 จงเติมคำในช่องว่างให้ได้ใจความสมบูรณ์

ในขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินไป ปริมาณของสารตั้งต้นจะลดลงและปริมาณผลิตภัณฑ์ จะ ..... จนกระทั่งสารตั้งต้น ..... ปฏิกิริยาจึงสิ้นสุดลง ณ ภาวะนั้นปริมาณ ของผลิตภัณฑ์จะ ..... อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงหมายถึงอัตราการเกิดขึ้นของ ..... หรืออัตราการลดลงของ .....

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปจะมีแก๊สหรือสารละลายเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ด้วยในปฏิกิริยาเสมอ จึงกำหนดให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาคำนวณจากความเข้มข้นในหน่วย mol/dm^3 ของสารที่เปลี่ยนแปลงไปต่อเวลา เขียนความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการเกิดปฏิกิริยา เวลา และความเข้มข้นของสารที่เปลี่ยนแปลงได้ ดังนี้

$$\text{.....} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}}$$

2. การคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย

หมายถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คิดจากปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลงหรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้น (เวลาเป็นศูนย์) ปฏิกิริยาจนสิ้นสุดการเกิดปฏิกิริยาหรือสิ้นสุดการทดลองในหนึ่งหน่วยเวลามีได้ค่าเดียว

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ย} = \frac{\text{ปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด}}{\text{เวลาที่ใช้ไปทั้งหมด}}$$

ตัวอย่างที่ 1 นำสังกะสีจุ่มลงในสารละลายกรดซัลฟิวริกเป็นเวลา 20 วินาที พบว่าปริมาณสังกะสีลดลง 60 กรัม จงหาอัตราการลดลงสังกะสีเป็นเท่าใด

แนวคิด ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง = 60 กรัม

เวลาในการดำเนินปฏิกิริยาเคมี = 20 วินาที

$$\text{อัตราปฏิกิริยาเคมี} = \frac{\text{ปริมาณของสารตั้งต้นที่ลดลง}}{\text{เวลาในการดำเนินปฏิกิริยา}}$$

$$= \frac{60 \text{ กรัม}}{20 \text{ วินาที}}$$

$$= 3 \text{ กรัมต่อวินาที}$$

ตอบ อัตราการลดลงของสังกะสีเท่ากับ 3 กรัมต่อวินาที

ตัวอย่าง ที่ 2 เมื่อนำ $AgNO_3$ 20 g มาทำปฏิกิริยากับ HCl 100 dm^3 พบว่าเกิดตะกอนในสารละลายนำไปกรองแล้วชั่งตะกอนที่ได้มีน้ำหนัก 15 กรัม โดยใช้ในเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเคมี 5 นาที จงหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนี้ในหน่วยกรัมต่อนาที

แนวคิด ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง = 25 กรัม

เวลาในการดำเนินปฏิกิริยาเคมี = 5 นาที

$$\text{อัตราปฏิกิริยาเคมี} = \frac{\text{ปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น}}{\text{เวลาในการดำเนินปฏิกิริยา}}$$

$$= \frac{25 \text{ กรัม}}{5 \text{ นาที}}$$

$$= 5 \text{ กรัมต่อนาที}$$

ตอบ อัตราการลดลงของสังกะสีเท่ากับ 5 กรัมต่อนาที

2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงเวลา

อัตราการเกิดปฏิกิริยานี้มีได้หลายค่าที่เวลาต่างกันจะมีค่าไม่เท่ากัน คือตอนเริ่มต้นอัตราการเกิด ปฏิกิริยาจะมีค่ามาก เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงตามลำดับ เพราะความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลง

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี} = \frac{\text{ปริมาณสารในช่วงเวลา}}{\text{เวลาที่ใช้ช่วงนั้น}}$$

ตัวอย่างที่ 3 จากการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง Zn(s) กับ HCl(aq) ดังสมการ

$$Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$$

ได้ผลดังนี้

เวลา(s)	20	30	50	70	100
ปริมาตร $H_2(cm^3)$	1	2	3	4	5

จงคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาในระหว่าง 30 – 70 วินาที เป็นเท่าใด

แนวคิด

$$\text{rate } H_2{}_{t_{30\text{-}70}} = \frac{\Delta(H_2)}{\Delta t}$$

$$\text{rate } H_2{}_{t_{30\text{-}70}} = \frac{4 - 2}{70 - 30} = \frac{2}{40}$$

$$= 0.05 \ cm^3/s$$

ตอบ อัตราการเกิดแก๊ส H_2 เท่ากับ $0.05\ cm^3/s$

ตัวอย่างที่ 4 ปฏิกิริยาระหว่างแมกนีเซียมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ดังสมการ

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

สามารถวัดความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกในระหว่างเกิดปฏิกิริยา ได้ดังนี้

เวลา (s)	0	50	100	150	200	250
HCl (mol/dm^3)	1.80	1.65	1.50	1.30	1.20	1.00

จากข้อมูล สามารถหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ดังนี้

ก. จงหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในช่วงวินาทีที่ 0 – 50

แนวคิด วัดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตั้งต้นทั้งหมด หรือสารผลิตภัณฑ์ทั้งหมดต่อเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แนวคิด

$$\text{rate HCl}_{t_{0-50}} = -\frac{\Delta[HCl]}{\Delta t}$$

หรือ

$$\text{rate HCl}_{t_{0-50}} = -\frac{[HCl]_{t_{50}} - [HCl]_{t_0}}{t_{50} - t_0}$$

แทนค่า

$$= -\frac{(1.65 - 1.80)}{50 - 0}$$

$$= 3.0 \times 10^{-3}\ mol/dm^3.s$$

ตอบ อัตราการการลดลงของ HCl เท่ากับ $3.0 \times 10^{-3}\ mol/dm^3.s$

ข. จงหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในช่วงวินาทีที่ 150 – 200

แนวคิด อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในช่วงเวลา 150 – 200 วินาที

$$\text{rate HCl}_{t_{150-200}} = -\frac{\Delta[HCl]}{\Delta t}$$

$$\text{rate HCl}_{t_{150-200}} = -\frac{[HCl]_{t_{200}} - [HCl]_{t_{150}}}{t_{200} - t_{150}}$$

$$= \frac{1.30 - 1.20}{200 - 150}$$

$$= 2.0 \times 10^{-3}\ mol/dm^3.s$$

ตอบ อัตราการการลดลงของ HCl เท่ากับ $2.0 \times 10^{-3}\ mol/dm^3.s$

3. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง

อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง อัตรา การเกิดปฏิกิริยานี้มีได้หลายค่า ที่เวลาต่างกันจะมีค่าไม่เท่ากันเช่นเดียวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงเวลา

อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ เวลาใดเวลาหนึ่งหาได้โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปเขียนกราฟโดยให้ปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงเป็นแกนตั้งส่วนเวลาเป็นแกนนอน

เมื่อต้องการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เวลาใดก็ให้ลากเส้นตั้งฉากตรงจุดเวลานั้นไปตัดเส้นกราฟลากเส้นสัมผัสให้ผ่านจุดตัดแล้วหาค่าความชัน (Slope) ของเส้นสัมผัส ค่าความชันก็คืออัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ เวลานั้น

ตัวอย่างที่ 5 ปฏิกิริยาระหว่างแมกนีเซียมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ดังสมการ

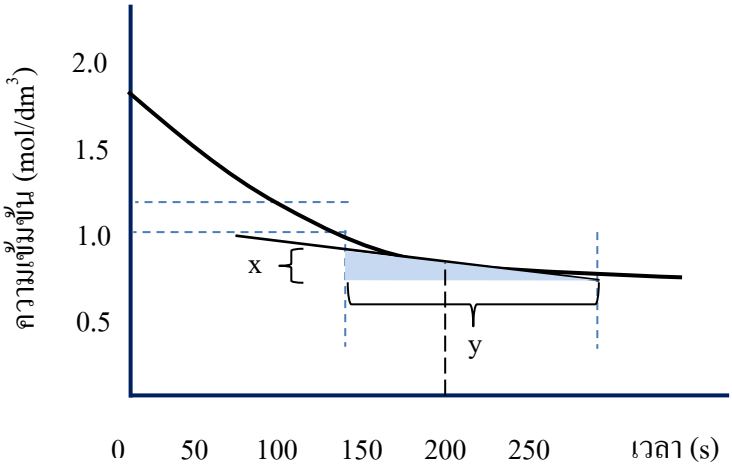
$$Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$$

สามารถวัดความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกในระหว่างเกิดปฏิกิริยา ได้ดังนี้

เวลา (s)	0	50	100	150	200	250
HCl (mol/dm^3)	1.80	1.65	1.50	1.30	1.00	0.85

จากข้อมูล จงหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่วินาทีที่ 200

แนวคิด สร้างกราฟความเข้มข้นกับเวลา



คำนวณค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้จากความชันของกราฟ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เวลาที่ 200 = $\frac{x}{y}$

แทนค่า x และ y $\text{rate}_{t200} = \frac{0.2}{150}$

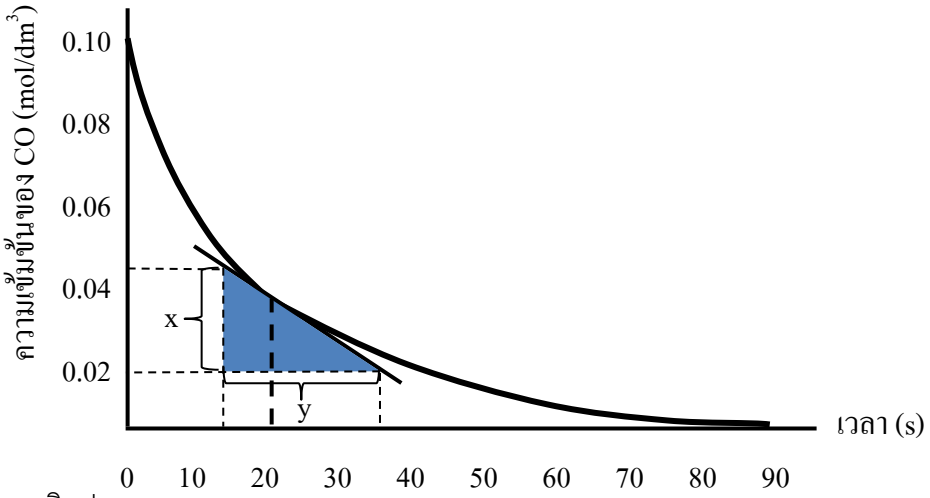
$= 1.3 \times 10^{-3}$ mol/dm^3.s

ตอบ อัตราการลดความเข้มข้นของ HCl ที่เวลา 200 วินาที เท่ากับ 1.3×10^{-3} mol/dm^3.s

ตัวอย่างที่ 6 ปฏิกิริยาระหว่างแก๊ส CO จำนวน 0.10 mol กับแก๊ส NO_2 จำนวน 0.10 mol ของ NO_2 ในภาชนะปริมาตร 1 dm^3 ที่อุณหภูมิหนึ่ง ดังสมการ

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

จากการเลือกติดตามความเข้มข้นของ CO ที่เปลี่ยนไป ณ เวลาต่าง ๆ แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความเข้มข้นกับเวลาจะได้กราฟดังนี้



จงหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เวลา 20 วินาทีเป็นเท่าใด

แนวคิด คำนวณค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้จากความชันของกราฟ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เวลาที่ 20 = $\frac{x}{y}$

$\text{rate CO}_{t20} = \frac{0.023}{20}$

$= 1.15 \times 10^{-3}$ mol/dm^3.s

ตอบ อัตราการลดความเข้มข้นของ CO ที่เวลา 20 วินาที เท่ากับ 1.15×10^{-3} mol/dm^3.s

3. อัตราการเกิดปฏิกิริยาจากความสัมพันธ์ของสมการเคมี

จากสมการที่สมดุลแล้วอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารต่าง ๆ ในสมการจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณเป็นโมลหรือโมลาร์ของสารแต่ละชนิด หารด้วยสัมประสิทธิ์แสดงจำนวนโมลของสารนั้น เช่น

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

อัตราการเกิดปฏิกิริยา = อัตราการลดลงของสาร A = $\frac{1}{2}$ อัตราการลดลงของสาร B

= อัตราการเพิ่มขึ้นของสาร C = $\frac{1}{3}$ อัตราการเพิ่มขึ้นของสาร D

หรือ $$\text{rate} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{2}\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{1}{3}\frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

ดังนั้นในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในหน่วยโมลต่อหนึ่งหน่วยเวลาหรือโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นโมลต่อวินาที โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรต่อวินาที ซึ่งจะวัดจากการเปลี่ยนแปลงของสารใดก็ได้ค่าที่เท่ากัน เช่น

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

จากสมการที่สมดุลแล้วนี้จะพบว่า แก๊สไดไนโตรเจนเพนทอกไซด์ 2 โมล สลายตัวให้แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ 4 โมล และแก๊สออกซิเจน 1 โมล สามารถเขียนความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากสารต่าง ๆ โดยคิดจากความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่ลดลงและผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นในสมการที่สมดุลแล้วได้ ดังนี้

$$\text{rate} = \text{rate } O_2 = \frac{1}{4}\text{rate}NO_2 = -\frac{1}{2}\text{rate}N_2O_5$$

หรือ $$\text{rate} = \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{1}{4}\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = -\frac{1}{2}\frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t}$$

หมายเหตุ เครื่องหมายลบหรือบวกเป็นเครื่องหมายที่แสดงว่าสารมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางลดลงหรือเพิ่มขึ้น โดยเครื่องหมายบวก บ่งบอกว่าสารจะเพิ่มขึ้น ส่วนเครื่องหมายลบจะบอกว่าสารจะลดลง แต่ไม่มีผลต่อการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี(ไม่ต้องนำเครื่องหมายมาคำนวณ) หรืออัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าเป็นบวกเสมอ

ตัวอย่างที่ 7 เชื้อเพลิงสะอาดที่สามารถใช้ในเครื่องยนต์ในอนาคต คือเซลล์เชื้อเพลิงไฮโดรเจน เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้ ดังนี้

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$$

ก. จงเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารในปฏิกิริยา

แนวคิด อัตราการเกิดปฏิกิริยากับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารในปฏิกิริยาเขียนแสดงได้ดังนี้

$$\text{rate} = -\frac{1}{2}\frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{1}{2}\frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t}$$

ข. เมื่อแก๊สออกซิเจนมีอัตราการลดลงเป็น 0.23 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรต่อวินาที อัตราการเพิ่มขึ้นของไอน้ำจะเป็นเท่าใด

แนวคิด หาอัตราการเพิ่มขึ้นของไอน้ำเมื่อทราบอัตราการลดลงของแก๊สออกซิเจน

จากข้อ ก $\frac{1}{2}\frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[O_2]}{\Delta t}$

แทนค่า $\frac{1}{2}\frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t} = -(-0.23\ \text{mol/dm}^3\cdot\text{s})$

$$\frac{1}{2}\frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t} = 0.23\ \text{mol/dm}^3\cdot\text{s}$$

$$\frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t} = 2 \times 0.23\ \text{mol/dm}^3\cdot\text{s}$$

$$= 0.46\ \text{mol/dm}^3\cdot\text{s}$$

ตอบ อัตราการเพิ่มขึ้นของไอน้ำมีค่าเท่ากับ $0.46\ \text{mol/dm}^3\cdot\text{s}$

ตัวอย่างที่ 8 จากปฏิกิริยาต่อไปนี้ $2A(g) + B(g) \rightarrow 3C(g) + D(g)$ เริ่มต้นใช้แก๊ส A 5 โมล ทำปฏิกิริยากับแก๊ส B 3 โมล ในภาชนะ 500 cm^3 เมื่อเวลาผ่านไป 25 วินาที วัดปริมาณของแก๊ส D ทันทีพบว่าเกิดขึ้น 0.5 โมล จงคำนวณหา (ในหน่วย mol/s และmol/dm^3.s)

ก. จงหาอัตราการเกิดแก๊ส C

แนวคิด จากโจทย์หาอัตราการเกิดแก๊ส D

อัตราการเกิดแก๊ส D $= \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$

$= \frac{0.5}{25}$ mol/s $=$ 0.02 mol/s

หาอัตราการเกิดแก๊ส C ได้จากความสัมพันธ์อัตราการเกิดแก๊ส D

$\frac{1}{3}\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$ หรือ $\frac{1}{3}$ rate C $=$ rate D

จะได้ rate C $=$ 3 × rate D

แทนค่า rate D : rate C $=$ 3 × 0.02 mol/s $=$ 0.06 mol/s

อัตราการเกิดสาร C เท่ากับ 0.06 โมลต่อวินาที

หาอัตราการเกิดสาร C ในหน่วยโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรต่อวินาที

rate C $= \frac{0.06 \times 1000}{500}$

$=$ 0.12 mol/dm^3.s

ตอบ อัตราการเกิดสาร C เท่ากับ 0.012 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรต่อวินาที

ข. จงหาอัตราการลดลงของแก๊ส A

แนวคิด จากหาอัตราการเกิดแก๊ส A ได้จากความสัมพันธ์อัตราการเกิดแก๊ส D

$\frac{1}{2}$ rate A $=$ rate D

จะได้ rate C $=$ 2 × rate D

แทนค่า rate D : rate C $=$ 2 × 0.02 mol/s $=$ 0.04 mol/s

อัตราการเกิดสาร C เท่ากับ 0.04 โมลต่อวินาที

หาอัตราการเกิดสาร A ในหน่วยโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรต่อวินาที

rate A $= \frac{0.04 \times 1000}{500}$

$=$ 0.08 mol/dm^3.s

ตอบ อัตราการเกิดสาร A เท่ากับ 0.08 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรต่อวินาที

ค. จงหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา

แนวคิด หาอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากความสัมพันธ์อัตราการเกิดแก๊ส D

$$\text{rate} = \text{rate D}$$

แทนค่า rate D : $\text{rate} = 0.02 \text{ mol/s}$

หาอัตราการเกิดปฏิกิริยาในหน่วยโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรต่อวินาที

$$\text{rate A} = \frac{0.02 \times 1000}{500}$$

$$= 0.04 \text{ mol/dm}^3\text{.s}$$

ตอบ อัตราการเกิดปฏิกิริยา เท่ากับ 0.04 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรต่อวินาที

ตัวอย่างที่ 9 ทำการทดลองโดยใส่โลหะอะลูมิเนียม(Al) จำนวน 5.4 กรัม ลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น x mol/dm^3 จำนวน 300 cm^3 โดยมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ

$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$ และจับเวลาทันทีที่ใส่โลหะอะลูมิเนียมลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที พบว่าโลหะอะลูมิเนียมยังเหลืออยู่ 4.86 กรัม จงคำนวณหาอัตราการเกิดแก๊ส H_2 และอัตราการเกิดปฏิกิริยา (Al มีมวลอะตอม = 27)

แนวคิด ในเวลา 10 นาที Al มีมวลลดลง = 5.4 - 4.86 = 0.54 กรัม

หาโมลของ Al คิดเป็นโมล $= 0.54 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} = 0.02$ โมล

หาอัตราการลดลงของ Al จาก rate Al $= -\frac{\Delta[Al]}{\Delta t} = \frac{0.02}{10}$

$= 0.002$ โมล/นาที

จากปริมาณสัมพันธ์ของสมการที่ดุลแล้ว เขียนความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา ดังนี้

$$\text{rate} = \frac{1}{3}\text{rate } H_2 = -\frac{1}{2}\text{rate Al}$$

หรือ $\text{rate } H_2 = \frac{3}{2}\text{rate Al}$

แทนค่า rate Al จะได้ $\text{rate } H_2 = \frac{3}{2} \times 0.002$

$= 0.003$ โมล/นาที

ตอบ อัตราการเกิดแก๊ส H_2 เท่ากับ 0.003 โมล/นาที

จากความสัมพันธ์

$$\text{rate} = -\frac{1}{2}\text{rate Al}$$

แทนค่า rate Al จะได้

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยา} = \frac{1}{2} \times 0.002 = 0.001 \text{ โมล/นาที}$$

ตอบ อัตราการเกิดปฏิกิริยา เท่ากับ 0.001 โมล/นาที

กรอบชวนคิดที่ 1.2 จงเติมคำในช่องว่างให้ได้ใจความสมบูรณ์

กำหนดสมการของปฏิกิริยา ดังนี้

$$2KMnO_4(s) + 16HCl(aq) \rightarrow 2MnCl_2(aq) + 2KCl(aq) + 5Cl_2(g) + 8H_2O(l)$$

จากปฏิกิริยาเขียนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับอัตราการลดลงของสารตั้งต้นและอัตราการเกิดสารผลิตภัณฑ์ ได้อย่างไร

แนวคิด จากสมการของปฏิกิริยา เขียนความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาและอัตราการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ดังนี้

อัตราการเกิดปฏิกิริยา = ...

สรุปสาระสำคัญ

1. ปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ เกิดขึ้นได้เร็วหรือช้าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติของสารตั้งต้นและภาวะที่เหมาะสม
2. เมื่อมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นปริมาณสารในระบบจะเปลี่ยนแปลงกล่าวคือสารตั้งต้นมีปริมาณลดลงและผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น
3. การที่จะทราบว่าปฏิกิริยาเคมีเกิดช้าหรือเร็ว อาจพิจารณาจากอัตราการเกิดปฏิกิริยา
4. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีวัดได้จากความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่ลดลงหรือความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินไปในหนึ่งหน่วยเวลา
5. อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงไปกับระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยาที่หาได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลาเรียกว่า **ค่าความชัน** ซึ่งก็คืออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
6. เส้นกราฟแสดงให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารในช่วงเวลาต่าง ๆ ถ้าเส้นกราฟช่วงใดมีค่าความชันมากแสดงว่าปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น เกิดขึ้นเร็ว แต่ถ้ามีค่าความชันน้อยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นเกิดขึ้นช้า

เฉลยกรอบชวนคิดที่ 1.1

กรอบชวนคิดที่ 1.1 จงเติมคำในช่องว่างให้ได้ใจความสมบูรณ์

ในขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินไป ปริมาณของสารตั้งต้นจะลดลงและปริมาณผลิตภัณฑ์จะ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งสารตั้งต้น หมด ปฏิกิริยาจึงสิ้นสุดลง ณ ภาวะนั้นปริมาณของผลิตภัณฑ์จะ คงที่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงหมายถึงอัตราการเกิดขึ้นของ สารผลิตภัณฑ์ หรืออัตราการลดลงของ สารตั้งต้น

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปจะมีแก๊สหรือสารละลายเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ด้วยในปฏิกิริยาเสมอจึงกำหนดให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาคำนวณจากความเข้มข้นในหน่วย mol/dm^3 ของสารที่เปลี่ยนแปลงไปต่อเวลา เขียนความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการเกิดปฏิกิริยา เวลา และความเข้มข้นของสารที่เปลี่ยนแปลงได้ ดังนี้

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี} = \frac{\text{ความเข้มข้นของสารที่เปลี่ยนแปลง } (mol/dm^3)}{\text{เวลา (s)}}$$

เฉลยกรอบชวนคิดที่ 1.2

กรอบชวนคิดที่ 1.2 จงเติมคำในช่องว่างให้ได้ใจความสมบูรณ์

กำหนดสมการของปฏิกิริยา ดังนี้

$$2KMnO_4(s) + 16HCl(aq) \longrightarrow 2MnCl_2(aq) + 2KCl(aq) + 5Cl_2(g) + 8H_2O(l)$$

จากปฏิกิริยาเขียนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับอัตราการลดลงของสารตั้งต้นและอัตราการเกิดสารผลิตภัณฑ์ ได้อย่างไร

แนวคิด จากสมการของปฏิกิริยา เขียนความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาและอัตราการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ดังนี้

$$\text{rate} = \frac{1}{2}\text{rate } KMnO_2 = \frac{1}{16}\text{rate } HCl = \frac{1}{2}MnCl_2 = \frac{1}{2}\text{rate } KCl = \frac{1}{5}\text{rate } Cl_2 = \frac{1}{8}\text{ rate } H_2O$$

ขั้นตอนที่ 1 การค้นหาและเลือกข้อมูล (Gathering)

บัตรกิจกรรมที่ 1.1

คำชี้แจง นักเรียนอ่านเรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แล้วให้นักเรียนลงความคิดเกี่ยวกับความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ความหมายของอัตรา
การเกิดปฏิกิริยาเคมี

ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

.....

.....

สรุป .....

ผู้ประเมิน	○ นักเรียน	○ ครู	○ ผู้ปกครอง	
ผลการประเมิน				
	คะแนนเต็ม 10 **คะแนน**			
	คะแนนที่ได้ ..... **คะแนน**			
สรุป	○ ดีมาก	○ ดี	○ ผ่าน	○ ไม่ผ่าน

ขั้นที่ 2 ระบบการจัดกระทำข้อมูลหรือการจัดข้อมูลให้เป็น (Processing)

บัตรคำถามที่ 1

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชื่อ – สกุล ..... ห้อง..... เลขที่ .....

จงตอบคำถามต่อไปนี้ (20 คะแนน)

1. ทำการทดลองโดยใส่โลหะ Mg ลงในสารละลาย HCl มีปฏิกิริยาดังสมการ

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

และวัดปริมาตรแก๊ส H_2 ที่เกิดขึ้นเทียบกับเวลาดังนี้

เวลา (s)	20	42	65	86	109	134	164	204	256
ปริมาตร $H_2(cm^3)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9

จงคำนวณหา

ก. อัตราการเกิดแก๊ส H_2 เฉลี่ย

.....

.....

.....

.....

ข. อัตราการเกิดแก๊ส H_2 ช่วงเวลา 20 – 42 วินาที

.....

.....

.....

.....

.....

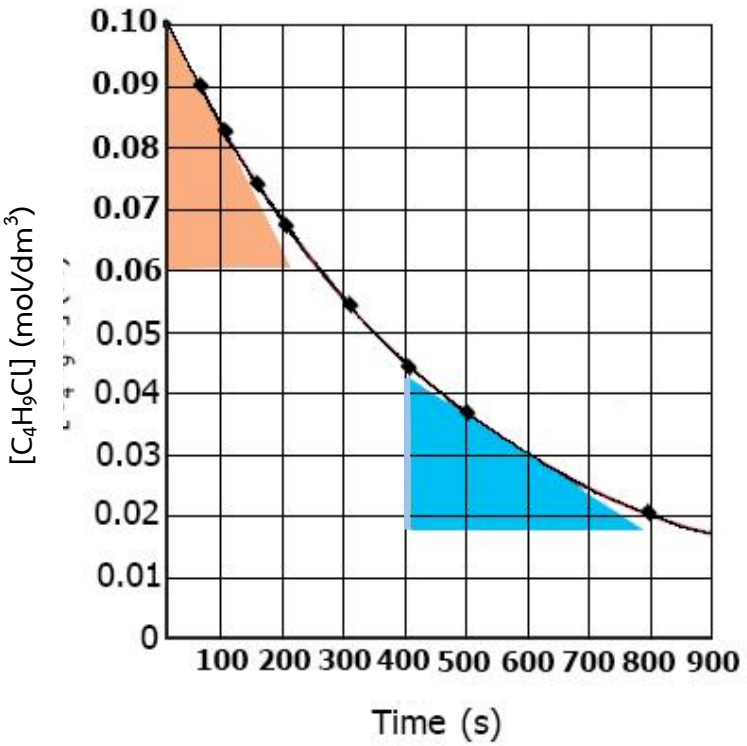
ค. อัตราการเกิดแก๊ส H_2 ช่วงเวลา 40 – 80 วินาที

.....

.....

.....

2. พิจารณากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ C_4H_9Cl กับ เวลา ดังนี้



จงคำนวณหาอัตราการลดลงของ C_4H_9Cl ณ เวลา 100 วินาที และที่เวลา 600 วินาที

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ทำการทดลองโดยใช้แก๊ส X ทำปฏิกิริยากับแก๊ส Y เกิดเป็นสาร Z พบว่าอัตราการลดลงของสาร X มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{4}$ ของอัตราการลดลงของสาร Y และมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{3}$ ของอัตราการเพิ่มขึ้นของสาร Z จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

4. พิจารณาการสลายตัวของแก๊ส HI ดังสมการ

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

ถ้าอัตราการสลายตัวของ HI(g) เท่ากับ 4.4×10^{-5} mol/dm^3.s จงหาอัตราการเกิด $H_2(g)$ เป็นเท่าใดในหน่วย mol/dm^3.s

.....

.....

.....

.....

5. แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ได้รับความร้อนจะเกิดการสลายตัวดังสมการ

$$2NO_2(g) \rightarrow 2NO(g) + O_2(g)$$

เมื่อเริ่มต้นปฏิกิริยามีแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ 0.1103 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรหลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้ว 60 วินาที มีแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์เหลืออยู่ 0.1076 mol/dm^3 จงหาอัตราการสลายตัวของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ และอัตราการเกิดแก๊สไนโตรเจนมอนอกไซด์และแก๊สออกซิเจน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

....

เฉลยบัตรคำถามที่ 1

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ทำการทดลองโดยใส่โลหะ Mg ลงในสารละลาย HCl มีปฏิกิริยาดังสมการ

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

และวัดปริมาตรแก๊ส H_2 ที่เกิดขึ้นเทียบกับเวลาดังนี้

เวลา (s)	20	42	65	86	109	134	164	204	256
ปริมาตร $H_2(cm^3)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9

จงคำนวณหา

ก. อัตราการเกิดแก๊ส H_2 เฉลี่ย

แนวคิด rate $H_2 = \frac{\Delta H_2}{\Delta t} = \frac{9 - 0}{256 - 0} =$ 0.035 cm^3/s

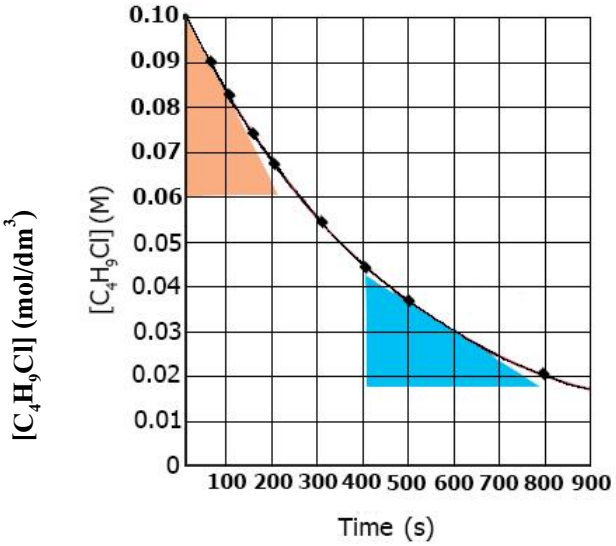
ข. อัตราการเกิดแก๊ส H_2 ช่วงเวลา 20 – 42 วินาที

แนวคิด rate $H_{2\ t10\text{-}18} = \frac{\Delta H_2}{\Delta t} = \frac{2 - 1}{42 - 20} =$ 0.045 cm^3/s

ค. อัตราการเกิดแก๊ส H_2 ช่วงเวลา 164 – 256 วินาที

แนวคิด rate $H_{2\ t164\text{-}256} = \frac{\Delta H_2}{\Delta t} = \frac{9 - 7}{256 - 164} =$ 0.033 cm^3/s

2. พิจารณากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ C_4H_9Cl กับ เวลา ดังนี้



จงคำนวณหาอัตราการลดลงของ C_4H_9Cl ณ เวลา 100 วินาที และที่เวลา 600 วินาที

แนวคิด rate $C_4H_9Cl_{t100}$ $= \dfrac{0.1 - 0.06}{200 - 0}$

$= \dfrac{0.04}{200} = 2 \times 10^{-4}$ mol/dm^3.s

rate $C_4H_9Cl_{t600}$ $= \dfrac{0.042 - 0.019}{600 - 400}$

$= \dfrac{0.023}{200} = 1.15 \times 10^{-4}$ mol/dm^3.s

3. ทำการทดลองโดยใช้แก๊ส X ทำปฏิกิริยากับแก๊ส Y เกิดเป็นสาร Z พบว่าอัตราการลดลงของสาร X มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{4}$ ของอัตราการลดลงของสาร Y และมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{3}$ ของอัตราการเพิ่มขึ้นของสาร Z จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

แนวคิด จากโจทย์ เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

rate X $= \frac{1}{4}$ rate Y $= \frac{1}{3}$ rate Z

ดังนั้นจึงเขียนสมการได้ดังนี้ $X + 4Y \rightarrow 3Z$

4. พิจารณาการสลายตัวของแก๊ส HI ดังสมการ

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

ถ้าอัตราการสลายตัวของ HI(g) เท่ากับ 4.4×10^{-5} mol/dm^3.s จงหาอัตราการเกิด $H_2(g)$ เป็นเท่าใดในหน่วย mol/dm^3.s

แนวคิด จากสมการที่ดุลแล้ว เขียนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารต่าง ๆ ได้ดังนี้

$$\text{rate } H_2 = \frac{1}{2} \text{ rate HI}$$

แทนค่า rate HI : $\text{rate } H_2 = \frac{1}{2}(4.4 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3\text{.s})$

$$= 2.2 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3\text{.s}$$

ตอบ อัตราการเกิดแก๊ส H_2 เท่ากับ 2.2×10^{-5} mol/dm^3.s

5. แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ได้รับความร้อนจะเกิดการสลายตัวดังสมการ

$$2NO_2(g) \rightarrow 2NO(g) + O_2(g)$$

เมื่อเริ่มต้นปฏิกิริยามีแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ 0.1103 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรหลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้ว 60 วินาที มีแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์เหลืออยู่ 0.1076 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จงหาอัตราการสลายตัวของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ และอัตราการเกิดแก๊สไนโตรเจนมอนอกไซด์และแก๊สออกซิเจน

แนวคิด จากโจทย์ หา อัตราการสลายตัวของ NO_2

$$\text{rate } NO_2 = -\frac{(0.1076 - 0.1103) \text{ mol/dm}^3}{60 \text{ s}}$$

$$= -\frac{(-0.0027) \text{ mol/dm}^3}{60 \text{ s}}$$

$$= 4.5 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3\text{.s}$$

จากสมการที่ดุลแล้ว เขียนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารต่าง ๆ ได้ดังนี้

$$\text{rate} = -\frac{1}{2}\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = \frac{1}{2}\frac{\Delta[NO]}{\Delta t} = \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t}$$

จากสมการ จำนวนโมลของ NO_2 และ NO เท่ากัน

ดังนั้นอัตราการสลายตัวของ NO_2 จึงเท่ากับอัตราการเกิด NO คือ 4.5×10^{-5} mol/dm^3.s

แต่อัตราการเกิด O_2 จะเท่ากับ $\frac{1}{2}\frac{\Delta[NO]}{\Delta t}$ ของอัตราการเกิด NO จึงมีค่าเท่ากับ 2.25×10^{-5} mol/dm^3.s

ตอบ อัตราการสลายตัวของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ เท่ากับ 4.5×10^{-5} mol/dm^3.s

อัตราการสลายตัวของแก๊สไนโตรเจนมอนนอกไซด์ 4.5×10^{-5} mol/dm^3.s

อัตราการเกิดแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 2.25×10^{-5} mol/dm^3.s

ขั้นที่ 3 การปฏิบัติและสรุปความรู้ (Applying 1)

บัตรคำสั่งที่ 1

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรม

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 6 – 7 คน และรับเอกสารชุดกิจกรรมชุดที่ 1 เรื่องความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีคนละ 1 ชุด
2. นักเรียนศึกษาขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมอย่างละเอียดรอบคอบด้วยความตั้งใจ
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการทดลองและวางแผนทำการทดลองที่ 1 เรื่องการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก จากบัตรกิจกรรมที่ 1 หากนักเรียน มีข้อสงสัยสามารถสอบถามครูได้ตลอดเวลา
4. นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการทดลองตามที่ออกแบบไว้ บันทึกผลการทดลองและเขียนรายงานการทดลองใช้เวลาในการทำการทดลอง 30 นาที เมื่อหมดเวลาเรียนทำความสะอาดและเก็บอุปกรณ์ให้เรียบร้อยแล้วนำส่งคืนครู
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมสมอง อภิปรายผลการทดลองตามประเด็นคำถามหลังการทดลองเพื่อสรุปผลการทดลอง
6. ครูทำการสุ่มนักเรียนกลุ่มตัวอย่างนำเสนอผลการทดลอง คำตอบของคำถามหลังการทดลองและสรุปผลการทดลองหน้าชั้นเรียน
7. เมื่อทำบัตรกิจกรรมที่ 1 เสร็จแล้วให้นักเรียนเริ่มศึกษากิจกรรมบัตรเนื้อหาที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และทำกิจกรรมบัตรคำถามที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
8. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการศึกษา เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อสรุปเป็นความรู้ใหม่
9. ระหว่างการทำกิจกรรมนักเรียนสามารถสอบถามข้อสงสัยหรือปัญหากับครูได้ตลอดเวลา
10. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนักเรียนตรวจคำตอบแบบทดสอบหลังเรียนจากเฉลยแบบทดสอบและประเมินผลการทำแบบทดสอบ ถ้าไม่ผ่านให้ นักเรียนกลับไปทบทวนบัตรเนื้อหาอีกครั้งหนึ่ง แล้วทำแบบทดสอบหลังเรียนจนกว่าจะผ่านเกณฑ์

บัตรกิจกรรมที่ 1.2

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แนวคิด

เมื่อปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น ปริมาณของสารในระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงกล่าวคือสารตั้งต้น มีปริมาณลดลงและในขณะเดียวกันก็มีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น การวัดปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นหรือวัดปริมาณของสารตั้งต้นที่ลดลงอาจทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับลักษณะและสมบัติของสาร เช่น ชั่งมวลเมื่อสารเป็นของแข็ง วัดปริมาตรเมื่อสารเป็นแก๊ส วัดความเข้มข้นเมื่อเป็นสารละลาย ส่วนเวลาอาจวัดเป็นวินาที นาที ชั่วโมง หรือวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาว่าเกิดขึ้นได้ช้าหรือเร็วเพียงใด ตัวอย่างการวัดปริมาตรแก๊ส H_2 ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิกิริยา Mg กับ HCl เขียนความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ดังนี้

$$\text{อัตราการเกิดแก๊ส } H_2 = \frac{\text{ปริมาณของแก๊ส } H_2 \text{ เพิ่มขึ้น } (cm^3)}{\text{เวลาในการดำเนินปฏิกิริยา(s)}}$$

การบอกอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีบอกได้ 3 ประเภท คือ

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย

อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คิดจากปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลงหรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้น(เวลาเป็นศูนย์)ปฏิกิริยาจนสิ้นสุดการเกิดปฏิกิริยาหรือสิ้นสุดการทดลองในหนึ่งหน่วยเวลามีได้ค่าเดียว

2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงเวลา

อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คิดจากปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลงหรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นปฏิกิริยาในระหว่างช่วงเวลาหนึ่ง ๆ

3. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง

อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งหรือ ณ เวลาใดเวลาหนึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยานี้มีได้หลายค่า ที่เวลาต่างกันจะมีค่าไม่เท่ากัน คือตอนเริ่มต้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะมีค่ามากเมื่อปฏิกิริยาดำเนินไป อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงตามลำดับ เพราะความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลง

อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงเวลาหนึ่งคำนวณได้จากผลการทดลองส่วนอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คิด ณ ขณะใดขณะหนึ่งหาได้โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปเขียนกราฟ โดยให้ปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงเป็นแกนตั้งเวลาเป็นแกนนอน เมื่อต้องการทราบอัตรา การเกิดปฏิกิริยาที่เวลาใด ก็ให้ลากเส้นตั้งฉากตรงจุดเวลานั้นไปตัดเส้นกราฟแล้วลากเส้นสัมผัสให้ผ่านจุดตัดหาค่าความชัน (Slope) ของเส้นสัมผัส ค่าความชันก็ คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ เวลานั้น

การวัดปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาสามารถศึกษาได้จากการทดลองต่อไปนี้

กิจกรรมการทดลองที่ 1.2 เรื่อง
การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริกได้
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนกับเวลา และแปลผลจากกราฟได้
3. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริกในช่วงเวลาต่างๆได้
4. สรุปผลของความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

เวลาที่ใช้ทดลอง

1. อภิปรายก่อนการทดลอง 5 นาที
2. ทำการทดลอง 30 นาที
3. อภิปรายหลังการทดลอง 15 นาที

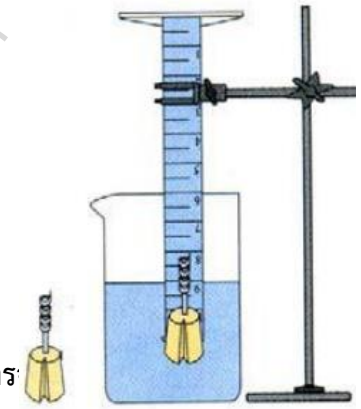
วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
1. โลหะแมกนีเซียมขนาด 0.5 cm × 10 cm	3 ชิ้น
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 mol/dm^3	40 cm^3
อุปกรณ์	
1. กระบอกตวงขนาด 10 cm^3	1 ใบ
2. บีกเกอร์ขนาด 100 cm^3	1 ใบ
3. จุกยางสำหรับปิดกระบอกตวง	1 อัน
4. นาฬิกาจับเวลาหรือนาฬิกามีเข็มวินาที	1 เรือน
5. กระดาษทรายขนาด 3 cm × 3 cm	1 ชิ้น
6. คัตเตอร์	1 ใบ

วิธีการทดลอง

1. นำจุกยางขนาดพอดีกับปากกระบอกตวงมาบากตามแนวด้านข้างให้เป็นร่องเล็ก ๆ พอที่ของเหลวจะไหลออกได้ และกรีดกลางจุกยางให้ เป็นแนวเล็ก ๆ สำหรับเสียบลวดแมกนีเซียม
2. นำลวดแมกนีเซียมที่ขัดสะอาดแล้วยาวประมาณ 10 cm มาขดให้คล้ายสปริงแล้วเสียบไว้ที่จุกยางตรงรอยกรีด
3. รินสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.2 mol/dm^3 ใส่จนท่วมปากกระบอกตวงขนาด 10 cm^3 ปิดด้วยจุกยางที่ลวดแมกนีเซียมเสียบอยู่ แล้วคว่ำหลอดทดลองทันทีลงในบีกเกอร์ขนาด 100 cm^3 ซึ่งใส่น้ำไว้ประมาณ 50 cm^3 ดังรูปที่ 1
4. เริ่มจับเวลาตั้งแต่สารละลายในกระบอกตวงลดลงมาอยู่ที่ขีดแรกซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้น และบันทึกเวลาทุกระยะที่ของเหลวลดลง 1 cm^3 จนถึงขีดก่อนที่ลวดแมกนีเซียมจะโผล่พ้นสารละลาย บันทึกผลการทดลอง

หมายเหตุ : กรณีไม่มีกระบอกตวงสามารถใช้หลอดทดลองขนาดกลางแทนได้ โดยทำขีดสเกล ให้ห่างกันช่องละ 1 cm



รูปที่ 1 แสดงการ

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554, 2

ระวังกรดกันด้วยนะ
ถ้าสัมผัสอย่าเช็ดนะครับ
ให้รีบล้างออกด้วยน้ำ

บัตรบันทึกผลการทดลองที่ 1

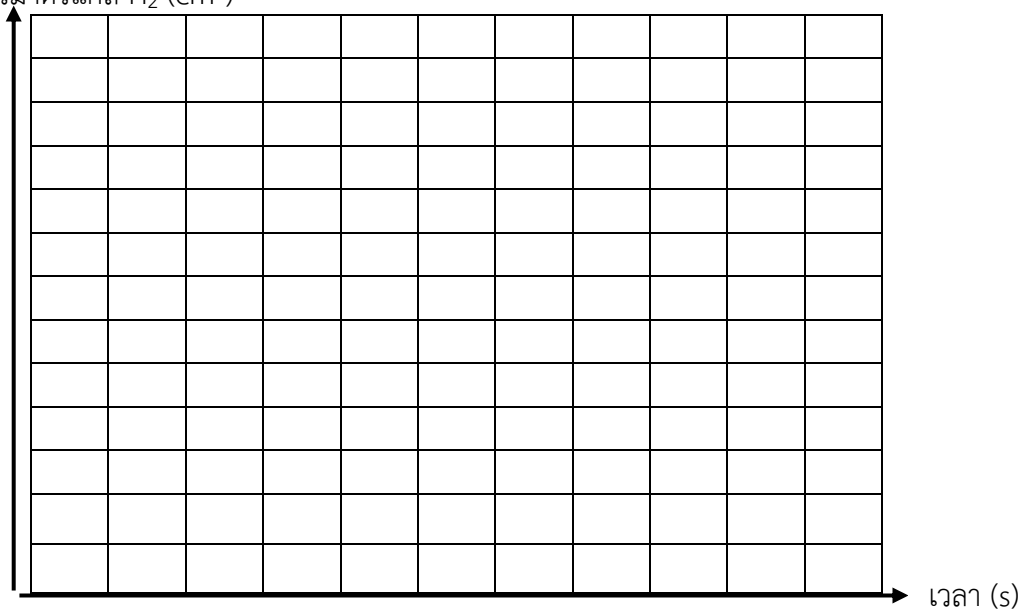
ผลการทดลอง

1. บันทึกเวลาการเกิดแก๊สไฮโดรเจนทุก ๆ ลูกบาศก์เซนติเมตร ได้ดังนี้

ปริมาตรแก๊สไฮโดรเจน (cm^3) เมื่อถึงขีดที่	เวลา (วินาที)			เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนกับเวลา

ปริมาตรแก๊ส H_2 (cm^3)



3. คำนวณหาอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจน ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ และอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนเฉลี่ย

3.1 อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน ณ ช่วงเวลาที่เกิดก๊าซ 2 – 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.2 อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน ณ ช่วงเวลาที่เกิดก๊าซ 5 – 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.3 อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน ณ ช่วงเวลาที่เกิดก๊าซ 9 – 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.4 หาอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนเฉลี่ย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

1. การเกิดแก๊สในแต่ละช่วงปริมาตรใช้เวลาเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของแก๊สกับเวลา สามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริกได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. มีวิธีการใดที่ใช้วัดปริมาณสารในปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวการตอบบัตรกิจกรรมที่ 1

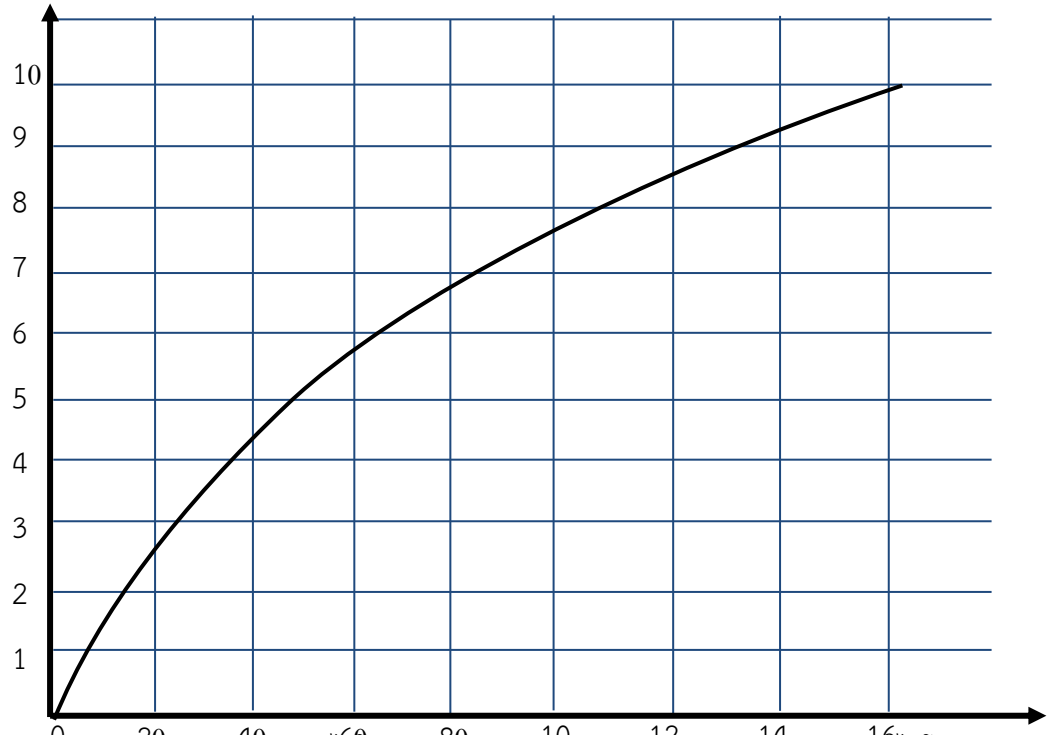
กิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่องการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก

ตัวอย่าง ผลการทดลอง

1. บันทึกเวลาการเกิดแก๊สไฮโดรเจนทุก ๆ ลูกบาศก์เซนติเมตร ได้ดังนี้

ปริมาตรแก๊สไฮโดรเจน (cm^3) เมื่อถึงขีดที่	เวลา (วินาที)			เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	9	8	10	9
2	15	14	16	15
3	24	23	24	24
4	31	33	32	32
5	45	46	47	46
6	59	60	59	59
7	85	86	84	85
8	104	106	104	104
9	133	135	135	134
10	164	165	164	164

2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนกับเวลา



3. คำนวณหาอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจน ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ และอัตราการเกิดแก๊สไฮโด

3.1 อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน ณ ช่วงเวลาที่เกิดก๊าซ 2 – 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$= \frac{3 - 2\ cm^3}{24 - 15\ s} = \frac{1\ cm^3}{9\ s} = 0.111\ cm^3/s$$

3.2 อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน ณ ช่วงเวลาที่เกิดก๊าซ 5 – 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$= \frac{6 - 5\ cm^3}{59 - 46\ s} = \frac{1\ cm^3}{13\ s} = 0.077\ cm^3/s$$

3.3 อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน ณ ช่วงเวลาที่เกิดก๊าซ 9 - 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$= \frac{10 - 9\ cm^3}{164 - 134\ s} = \frac{1\ cm^3}{30\ s} = 0.033\ cm^3/s$$

3.4 หาอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนเฉลี่ย

$$= \frac{10 - 0\ cm^3}{164 - 0\ s} = \frac{10\ cm^3}{164\ s} = 0.061\ cm^3/s$$

อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

1. การเกิดแก๊สในแต่ละช่วงปริมาตรใช้เวลาเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

แนวตอบ จะพบว่าอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนในแต่ละช่วงเวลามีค่าไม่เท่ากันโดยในช่วงวินาที แรก ๆ มีค่าสูง และในช่วงหลังมีค่าน้อยลงตามลำดับ แสดงว่าปฏิกิริยาเคมีเกิดเร็วในช่วงเริ่มต้น แล้วมีแนวโน้มช้าลงเรื่อย ๆ

2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของแก๊สกับเวลา สามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริกได้อย่างไร

แนวตอบ อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงไปกับระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยาที่หาได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลาเรียกว่า ค่าความชัน ซึ่งก็คืออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แนวตอบ เส้นกราฟแสดงให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารในช่วงเวลาต่าง ๆ ถ้าเส้นกราฟช่วงใดมีค่าความชันมาก แสดงว่าปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นเกิดขึ้นเร็ว แต่ถ้ามีค่าความชันน้อย ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นเกิดขึ้นช้า

3. มีวิธีการใดได้อีกบ้างที่ใช้วัดปริมาณสารในปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก

แนวตอบ อาจหาได้จากอัตราการลดลงของมวลแมกนีเซียม หรืออัตราการลดลงของความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริก แต่ในทางปฏิบัติการวัดมวลหรือความเข้มข้นของสารโดยตรงทำได้ยาก โดยทั่วไปจึงเลือกวัดปริมาณของสารในปฏิกิริยาด้วยวิธี ที่สะดวกที่สุดซึ่งในการทดลองนี้คือการวัดปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้น

แบบประเมิน

การปฏิบัติและสรุปความรู้ (Applying 1)

ระดับคุณภาพ / รายการประเมิน	ระดับคะแนน 3	ระดับคะแนน 2	ระดับคะแนน 1	น้ำหนัก	คะแนนที่ได้
การดำเนินการทดลอง	กำหนดวิธีการและขั้นตอนไม่ถูกต้องให้ความช่วยเหลือ	กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง การใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ยังไม่เหมาะสม	กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง เลือกใช้เครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองเหมาะสม	3	
การปฏิบัติการทดลอง	ต้องให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์	ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องถ้าให้คำแนะนำ	ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง	3	
การบันทึกผลการทดลอง	บันทึกข้อมูลไม่ถูกต้องตามจุดประสงค์	บันทึกข้อมูลถูกต้องตามจุดประสงค์บางส่วน	บันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ตามจุดประสงค์	3	
การนำเสนอ	ต้องให้คำชี้แนะในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลองและการนำเสนอ จึงจะปฏิบัติได้	บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้องแต่การนำเสนอยังไม่เป็นขั้นตอน	บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้อง รัดกุม บันทึกการนำเสนอเป็นขั้นตอนชัดเจน	3	
การสรุป/อภิปรายผล	สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครอบคลุมข้อมูลจากการวิเคราะห์ทั้งหมด	สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครอบคลุมข้อมูลจากการวิเคราะห์ทั้งหมด	สรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง กระชับชัดเจน และครอบคลุมข้อมูล จากการวิเคราะห์ทั้งหมด	3	

ผลการประเมิน

คะแนน 13 – 15	มีระดับคุณภาพดีมาก
คะแนน 10 – 12	มีระดับคุณภาพดี
คะแนน 7 – 9	มีระดับคุณภาพผ่านเกณฑ์
คะแนนต่ำกว่า 6	มีระดับคุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์

ขั้นที่ 4 การสื่อสารและนำเสนอ (Applying 2)

บัตรกิจกรรมที่ 1.3

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรม

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิดเกี่ยวกับความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อแลกการเปลี่ยนเรียนรู้

ชื่อผลงาน.....

วัตถุประสงค์

.....

.....

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

.....

.....

สิ่งที่ได้จากการนำเสนอผลงานแลกเปลี่ยนเรียนรู้ครั้งนี้

.....

.....

.....

ผู้ประเมิน	○ นักเรียน	○ ครู	○ ผู้ปกครอง	
ผลการประเมิน				
	คะแนนเต็ม	10	**คะแนน**	
	คะแนนที่ได้	.....	**คะแนน**	
สรุป	○ ดีมาก	○ ดี	○ ผ่าน	○ ไม่ผ่าน

แบบประเมิน

ขั้นที่ 4 Apply (A2)

ระดับคุณภาพ / รายการประเมิน	ระดับคะแนน 3	2	1	น้ำหนัก	คะแนนที่ได้
ผลงานตรงกับจุดประสงค์ที่กำหนด	ผลงานสอดคล้องกับจุดประสงค์ทุกประเด็น	ผลงานสอดคล้องกับจุดประสงค์เป็นบางประเด็น	ผลงานไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์	3	
ผลงานมีความถูกต้องสมบูรณ์	เนื้อหาสาระของผลงานถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระของผลงานถูกต้องบางประเด็น	เนื้อหาสาระของผลงานไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	3	
มีความคิดสร้างสรรค์	ผลงานแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์แปลกใหม่ น่าสนใจ	ผลงานมีความน่าสนใจแต่ยังไม่มีแนวคิดแปลกใหม่	ผลงานไม่แสดงแนวคิดใหม่	3	
ประโยชน์ของการนำข้อมูลไปใช้	สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม	สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้บ้าง	สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้น้อยมาก	3	

ผลการประเมิน

คะแนน 9 – 12 มีระดับคุณภาพดีมาก (3)

คะแนน 5 – 8 มีระดับคุณภาพดี (2)

คะแนน 0 - 4 มีระดับคุณภาพควรปรับปรุง (1)

ขั้นที่ 5 การประเมินเพิ่มคุณค่า (Self – regulating)

บัตรกิจกรรมที่ 1.4

เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรม

ให้นักเรียนร่วมกันประเมินผลงานและปฏิบัติงาน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ต่อไปนี้

1. จุดเด่น

.....

.....

2. จุดด้อย

.....

.....

3. ครั้งต่อไปจะทำอะไรให้ดีขึ้น

.....

.....

.....

.....

สรุป ความประทับใจที่ได้เรียนรู้ครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

แบบประเมิน

ขั้นที่ 5 Apply (Self regurating) แบบประเมินผลงาน

ระดับคุณภาพ / รายการประเมิน	ระดับคะแนน 3	ระดับคะแนน 2	ระดับคะแนน 1	น้ำหนัก	คะแนนที่ได้
การปฏิบัติด้วยความชื่นชม	อธิบายความสัมพันธ์ที่เกิดและความรู้สึกมีรายละเอียดชัดเจน เชื่อมโยงผลได้ลึกซึ้งและเป็นระบบ	อธิบายความสัมพันธ์ที่เกิดและความรู้สึกมีรายละเอียดชัดเจน เชื่อมโยงผลได้ลึกซึ้ง	อธิบายความสัมพันธ์ที่เกิด และเชื่อมโยงผลได้ลึกซึ้ง	3	
สรุปความเข้าใจ	ถูกต้องครอบคลุมเนื้อหา สื่อความหมายเข้าใจชัดเจน ใช้ภาษาสละสลวย	ถูกต้องครอบคลุมเนื้อหา สื่อความหมายเข้าใจชัดเจน	ถูกต้องครอบคลุมเนื้อหา	3	
กระบวนการทำงานเป็นทีม	มีขั้นตอนการปฏิบัติงาน ทุกคนได้ร่วมคิดร่วมทำช่วยเหลือกัน	มีขั้นตอนการปฏิบัติงาน ทุกคนได้ร่วมคิดร่วมทำ	มีขั้นตอนการปฏิบัติงาน	3	

ผลการประเมิน

คะแนน 7 – 9 มีระดับคุณภาพดีมาก (3)

คะแนน 4 – 6 มีระดับคุณภาพดี (2)

คะแนน 0 - 3 มีระดับคุณภาพควรปรับปรุง (1)

บรรณานุกรม

วรากร หิรัญญาภินันท์. **เทคนิคการเรียนเคมี : อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี**. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2550.

_____. **เทคนิคการเรียนเคมี : อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี**. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2555.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6**. กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว, 2554.

_____. **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6**. กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2562.

_____. **คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6**. กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2562.

สมพงศ์ จันทร์โพธิ์ศรี. **คู่มือเตรียมสอบ เคมี ม.4 – 5 – 6**. กรุงเทพฯ : ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง, มปป.

สำราญ พฤกษ์สุนทร. **คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 3**. กรุงเทพฯ : พ.ศ.พัฒนา, มปป.

สุทัศน์ ไตรสถิตวร และคณะ. **คู่มือเตรียมสอบ A-NET และเข้ามหาวิทยาลัยในระบบรับตรงทุกแห่ง เคมี**. กรุงเทพ ฯ : ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง , มปป.

ทวีศักดิ์ ภู่ชัย. **มองโรงไฟฟ้าถ่านหินผ่านแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม. เข้าถึงได้จาก :** http://cdn.gotoknow.org/assets/media/files. (วันที่ค้นข้อมูล 18 มกราคม 2565) , มปป.

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี. เข้าถึงได้จาก: http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ap-chemistry2 /kinetics/surface.htm. (วันที่ค้นข้อมูล 20 ธันวาคม 2564), มปป.