

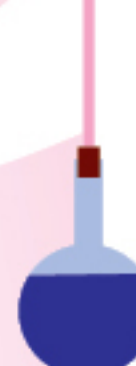
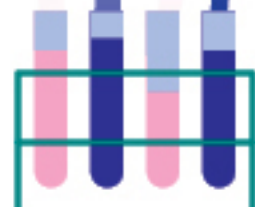


# คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๑)  
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

## วิชาเคมี

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย



จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
กระทรวงศึกษาธิการ





# คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)  
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑  
**วิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย**

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

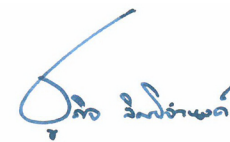




## คำนำ

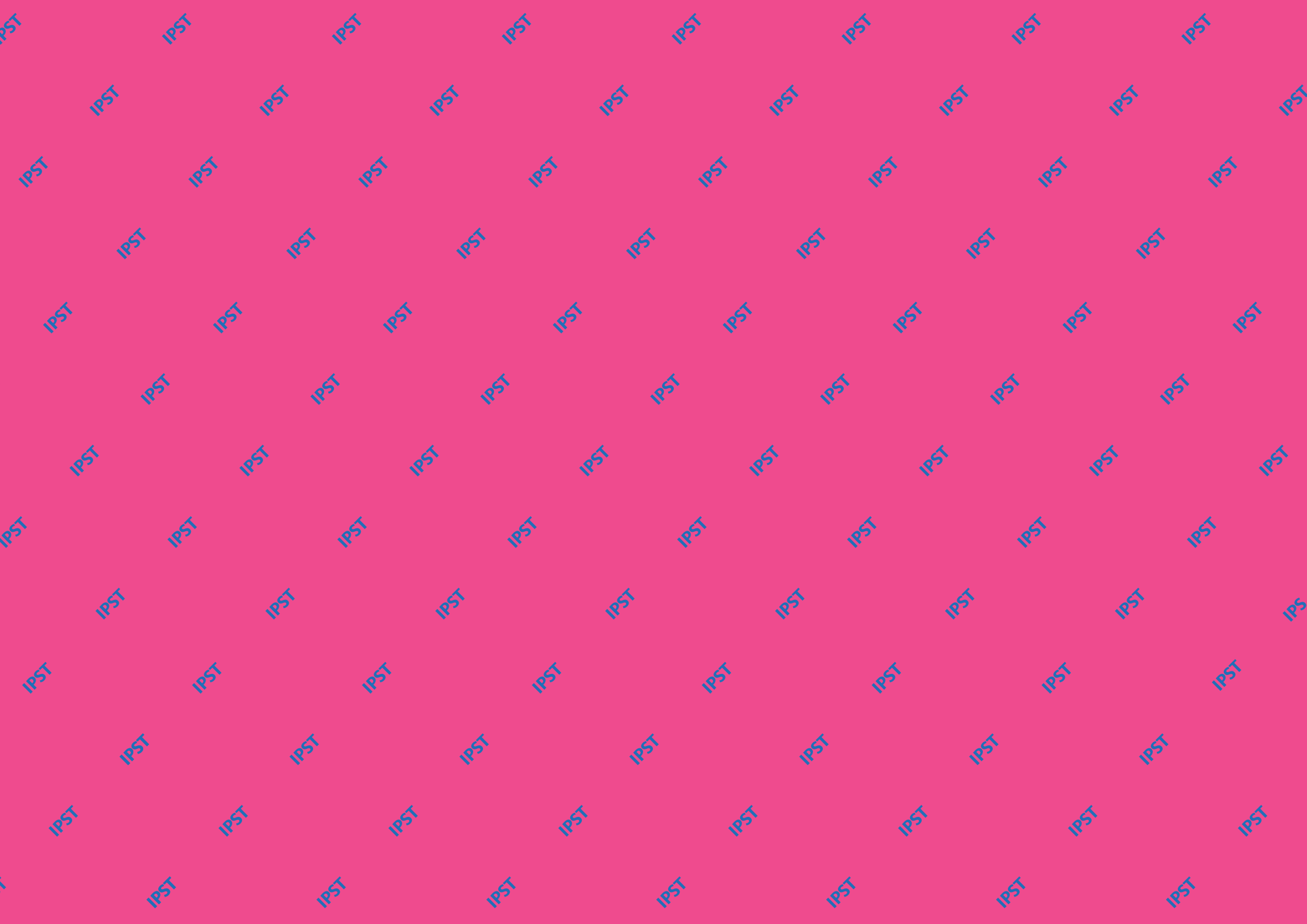
คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาเคมีนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางให้กับครูผู้สอน บุคลากรทางการศึกษา ผู้พัฒนาหลักสูตรและสื่อประกอบการเรียนการสอน ตลอดจนผู้ที่สนใจได้นำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนหรือพัฒนาสื่อประกอบการเรียนการสอนได้สอดคล้องตามผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย เป้าหมายของการจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้งการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ขอขอบคุณ ครู อาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษาจากหน่วยงานและสถาบันต่าง ๆ ที่ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์สำหรับจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตรเล่มนี้ สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือการใช้หลักสูตรเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอน สถานศึกษา และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้นำไปใช้ในการวางแผนและจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือการใช้หลักสูตรเล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้งให้ สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



## สารบัญ

• เป้าหมายของการจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร	๑
• ส่วนที่ ๑ ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร	๓
๑. ที่มาและเหตุผลของการปรับหลักสูตร	๔
๒. เป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	๖
๓. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์	๑๔
๔. ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	๑๗
๕. คุณภาพผู้เรียน	๓๘
๖. ทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	๔๑
๗. จิตวิทยาศาสตร์	๔๙
๘. แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ ๒๑	๕๑
๙. การวางแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบต่างๆ	๖๔
๑๐. แนวทางการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	๗๐
๑๑. ปัจจัยความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้	๗๔
เอกสารอ้างอิง ส่วนที่ ๑	๗๖
• ส่วนที่ ๒ การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	๗๙
• คณะผู้จัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร	๑๘๙



## สารบัญภาพ

ภาพที่ ๑	ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	๒
ภาพที่ ๒	สาระของรายวิชาเพิ่มเติมในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช ๒๕๖๐)	๕
ภาพที่ ๓	วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบชั้นนำ	๘
ภาพที่ ๔	วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน	๑๒
ภาพที่ ๕	กรอบความคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ ๒๑	๔๔
ภาพที่ ๖	เปรียบเทียบอนุกรมวิธานของบลูมและอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูม	๖๓
ภาพที่ ๗	วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปัลซ	๖๕
ภาพที่ ๘	วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น	๖๗
ภาพที่ ๙	วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น	๖๘



## สารบัญตาราง

ตารางที่ ๑	ลักษณะจำเป็นของการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นเรียนและระดับของการสืบเสาะหาความรู้	๑๓
ตารางที่ ๒	การเปรียบเทียบการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์และของผู้เรียน	๕๖
ตารางที่ ๓	ระดับของการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้	๕๗
ตารางที่ ๔	การเปรียบเทียบในวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปัลซ์และวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น	๖๖





จัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์  
ควบคู่กับการพัฒนาและฝึกฝนทักษะที่จำเป็น  
สำหรับศตวรรษที่ ๒๑ และกระบวนการออกแบบ  
เชิงวิศวกรรม เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ช่วยผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้หรือ  
แนวคิด (Concept) ให้เป็น  
โครงข่ายความรู้ (Network)

ศึกษาหลักสูตร และผลการเรียนรู้ให้เข้าใจ  
พิจารณาเชื่อมโยงกับผลการเรียนรู้ของกลุ่มสาระอื่น ๆ

การจัดการเรียนรู้  
วิทยาศาสตร์  
ผู้สอนต้อง

ประเมินการเรียนรู้ทั้งแบบระหว่างเรียน  
(Formative Assessment) และ  
แบบสรุปรวม (Summative Assessment)  
ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย

มีองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เข้มแข็ง  
ช่วยเหลือให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้  
และทักษะตามผลการเรียนรู้

เลือกและใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้  
นักเรียนได้คิด สืบเสาะและใช้เทคโนโลยีร่วมสมัย  
ผ่านการเรียนรู้อย่างสนุกสนาน

วางแผนการจัดการเรียนรู้ สรรหาและ  
เลือกกิจกรรมที่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้  
เพื่อให้ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ

จัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ  
ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) และ  
สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์  
(Nature of Science)

## เป้าหมายของการจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ และให้สถานศึกษา นำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเกิดประโยชน์สูงสุดกับผู้เรียน ในการนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงได้พัฒนาคู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้หลักสูตร อาทิ บุคลากรทางการศึกษา ผู้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ทุกระดับของประเทศ ผู้เขียนตำราและสื่อการเรียนรู้ประกอบหลักสูตร และสำนักพิมพ์ต่างๆ ได้ใช้ประโยชน์ ในการจัดทำหรือจัดทำตำราเรียน สื่อการเรียนรู้ประกอบหลักสูตร การจัดทำ แบบทดสอบและข้อสอบการประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้ของครูและ สถานศึกษา และอื่น ๆ ให้สอดคล้องกับเจตนารมณ์ของหลักสูตร หลีกเลี่ยงการเกิด ความสับสนหรือความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในหลักสูตรเช่นที่ผ่านมา

คู่มือการใช้หลักสูตร ฯ ฉบับนี้จำแนกเนื้อหาสาระสำคัญออกเป็น ๒ ส่วน ดังนี้

### ส่วนที่ ๑ ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร

ประกอบด้วย ที่มาของการปรับหลักสูตร เป้าหมายของหลักสูตร เป้าหมาย ของการเรียนวิทยาศาสตร์และคุณภาพของผู้เรียน แนวการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งด้านวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดระดับสูง ทักษะการอ่านเพื่อความเข้าใจ ทักษะกระบวนการ สำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี ทักษะการเรียนรู้ร่วมกันและการทำงานเป็น

ทีม และอื่น ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่พลเมืองแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จำเป็นต้องเรียนรู้ และฝึกฝน ตลอดจนความรู้ด้านการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน เป้าหมายของ การจัดทำส่วนนี้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับบุคลากรทางการศึกษา และผู้ใช้ หลักสูตรในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับความจำเป็นของการปรับหลักสูตร ตลอดจน สามารถจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักสูตรและศตวรรษที่ ๒๑ ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ อย่างมีความสุข ผ่านการลงมือปฏิบัติ สืบเสาะหาความรู้เพื่อทำความเข้าใจแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์ ฝึกฝนทักษะกระบวนการต่าง ๆ และสามารถเชื่อมโยงและนำมา ใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอาชีพได้

### ส่วนที่ ๒ การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

เป็นการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปแบบของตาราง ประกอบด้วย

- การวิเคราะห์พฤติกรรมการณ์เรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านเจตคติ (Affective Domain) ซึ่งเป็นเป้าหมายปลายทางของผลการเรียนรู้ที่คาดหวังให้ ผู้เรียนได้แสดงออกหลังจากเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้เหล่านั้น
- แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่นำไปสู่การเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรมการณ์เรียนรู้ทั้งสามด้านของผู้เรียน เปิดกว้างให้ผู้สอน และผู้ใช้หลักสูตรสามารถออกแบบและสร้างสรรค์แผนการจัดการ



เรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทของตนเอง แต่ยังคงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ตามธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

- แนวการประเมินการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และเจตคติ ที่วิเคราะห์ได้จากผลการเรียนรู้ ตลอดจนแนวการประเมินทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑

ตัวอย่างการนำเสนอรายละเอียดของกรวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ แนวทางการจัดการเรียนรู้ และแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แสดงไว้ดังภาพที่ ๑

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

3. เข้าใจหลักการปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณ หน่วยวัดและการเขียนค่า การคำนวณปริมาณมวลสาร ความเข้มข้นของสารละลาย การสังเกตและอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมีและการนำปฏิกิริยาเคมีไปประยุกต์ใช้

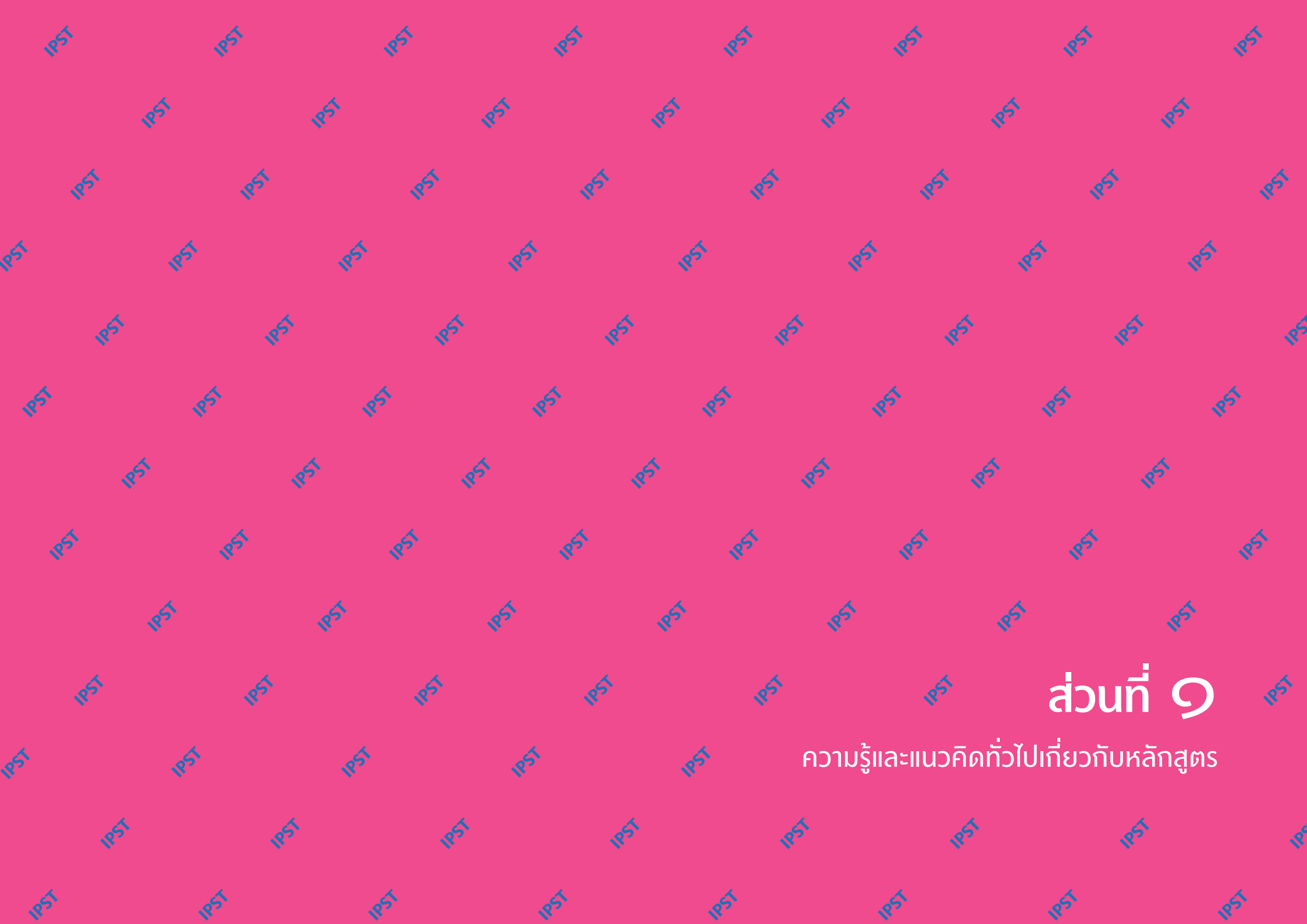
**ผลการเรียนรู้**

1. ทราบและอธิบายหลักการปฏิบัติการเคมี
2. เข้าใจและอธิบายหลักการปฏิบัติการเคมี
3. เข้าใจและอธิบายหลักการปฏิบัติการเคมี
4. เข้าใจและอธิบายหลักการปฏิบัติการเคมี
5. เข้าใจและอธิบายหลักการปฏิบัติการเคมี

การวัดและประเมินผล	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทราบปฏิบัติการปฏิบัติการเคมี</li> <li>2. เข้าใจและอธิบายหลักการปฏิบัติการเคมี</li> <li>3. เข้าใจและอธิบายหลักการปฏิบัติการเคมี</li> <li>4. เข้าใจและอธิบายหลักการปฏิบัติการเคมี</li> <li>5. เข้าใจและอธิบายหลักการปฏิบัติการเคมี</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>ทักษะของกระบวนการวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การตั้งสมมติฐาน</li> <li>3. การสืบเสาะหาความรู้</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกตและอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี</li> <li>2. การสังเกตและอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี</li> <li>3. การสังเกตและอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี</li> <li>4. การสังเกตและอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี</li> <li>5. การสังเกตและอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>1. ทราบปฏิบัติการปฏิบัติการเคมี</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกตและอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี</li> <li>2. การสังเกตและอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี</li> <li>3. การสังเกตและอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี</li> <li>4. การสังเกตและอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี</li> </ol>

ภาพที่ ๑ ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

รายละเอียดของคู่มือการใช้หลักสูตรฯ มีดังต่อไปนี้



# ส่วนที่ ๑

ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร



## ๑. ที่มาและเหตุผลของการปรับหลักสูตร

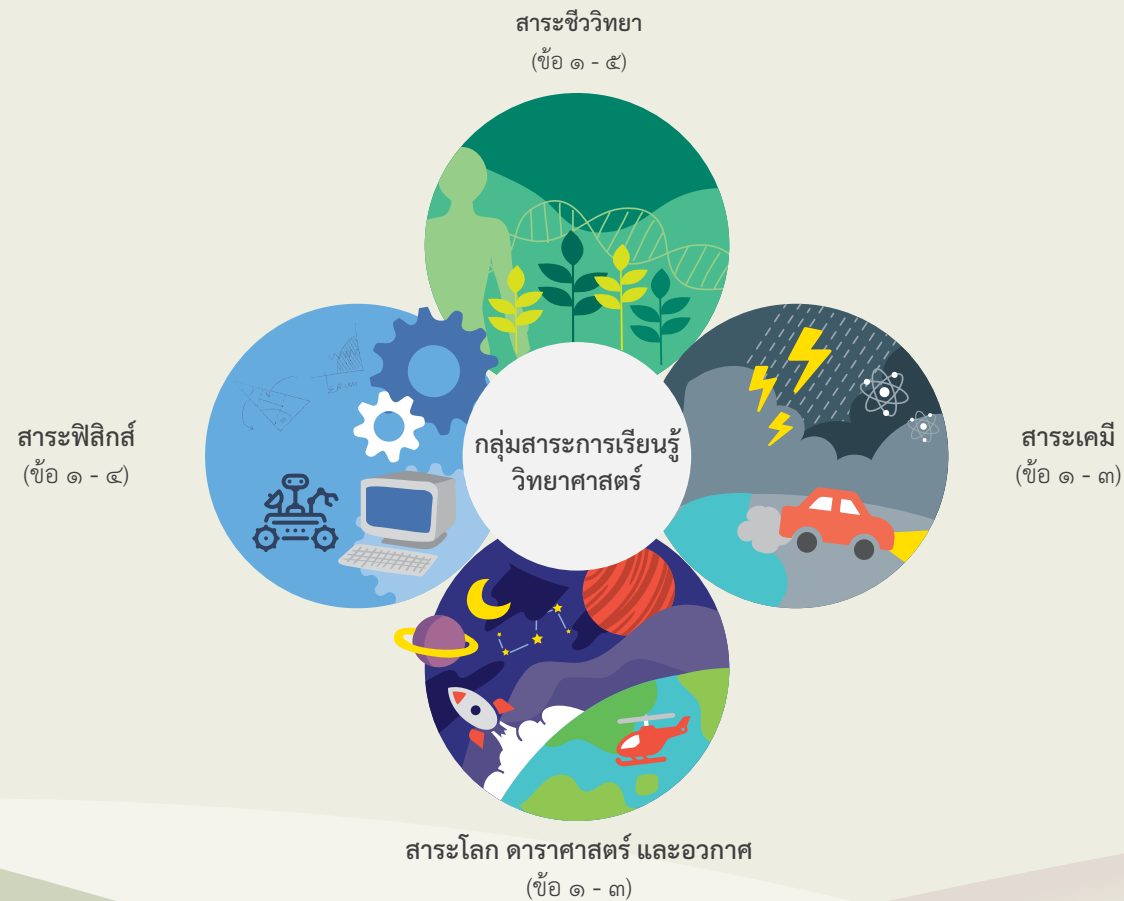
ด้วยปัจจุบันนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การปรับหลักสูตรและแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเตรียมความพร้อมพลเมืองในอนาคตของชาติสำหรับการประกอบอาชีพและดำรงชีวิตในสังคมโลกแห่งศตวรรษที่ ๒๑ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนมากที่สุด จึงได้ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) กระทรวงศึกษาธิการ ในการทบทวนและปรับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ให้ทันสมัยและทัดเทียมนานาชาติ อาทิเช่น มีการจัดเรียง โยกย้ายแนวคิดรวบยอดและทักษะต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน ทัดเทียมนานาชาติ พิจารณาการเชื่อมโยงกันของเนื้อหาต่าง ๆ ทั้งภายในสาระ และระหว่างสาระ คำนึงถึงความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนานควบคู่กับการฝึกฝนและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง เป็นพลเมืองของประเทศที่มีสมรรถนะเหมาะสมกับการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพสำหรับศตวรรษที่ ๒๑ อันนำไปสู่การพัฒนาประเทศชาติต่อไป

จุดเด่นของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ มีดังนี้

๑. จัดแนวคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกันทั้งภายในสาระการเรียนรู้และระหว่างสาระการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีการเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น คณิตศาสตร์ สังคมศึกษา สุขศึกษาและพลศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเชื่อมโยงกันและไม่ซ้ำซ้อน

๒. จัดเรียงลำดับตัวชี้วัดในสาระต่าง ๆ ให้เชื่อมโยงและร้อยเรียงกันจากแนวคิดที่เป็นรูปธรรมไปสู่แนวคิดที่เป็นนามธรรม หรือจากแนวคิดที่ใกล้ตัวไปสู่ไกลตัว หรือจากแนวคิดที่เป็นพื้นฐานในการเรียนแนวคิดอื่น ๆ ในสาระวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๑ จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖
๓. วิเคราะห์เปรียบเทียบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ กับหลักสูตรของประเทศชั้นนำด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อปรับหลักสูตรให้มีความทันสมัย และทัดเทียมนานาชาติ
๔. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการพัฒนาความคิดระดับสูง ทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ด้วยการทำกิจกรรมและปฏิบัติการต่าง ๆ ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะสำคัญในศตวรรษที่ ๒๑ จนเกิดสมรรถนะด้านวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตได้อย่างเป็นระบบ เชื่อมมันและศรัทธาในความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.๒๕๖๐) ประกอบด้วย ๔ สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยแต่ละสาระได้กำหนดประสิทธิภาพของการเรียนรู้ภายใต้เนื้อหาสาระ (strand of content) ดังนี้



ภาพที่ ๒ สาระของรายวิชาเพิ่มเติมในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑





## ๒. เป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

### ความหมายของวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ (Science) เป็นความรู้ที่เกิดจากสติปัญญาและความพยายามของมนุษย์ในการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกและในเอกภพ

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายคนได้อธิบายถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่าเป็นลักษณะเฉพาะตัวของวิทยาศาสตร์ที่ทำให้แตกต่างจากศาสตร์ความรู้แขนงอื่น ๆ รวมถึงเป็นค่านิยม ข้อสรุป แนวคิด หรือคำอธิบายที่บ่งชี้เกี่ยวกับอาชีพนักวิทยาศาสตร์ ลักษณะและวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงผลของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคม (กุลคลื่น, ๒๕๕๓; McComas & Almazroa, 1988)

American Association for the Advancement of Science เป็นสมาคมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้อธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยจำแนกแยกแยะออกเป็น ๓ ด้าน ได้แก่ โลกในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific Worldview) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) และกิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise) (AAAS, 1993) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### ด้านที่ ๑ โลกในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific Worldview)

ด้วยวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่เกิดจากสติปัญญาและความพยายามของมนุษย์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดในธรรมชาติทั้งบนโลกและนอกโลก นักวิทยาศาสตร์จึงมีมุมมองเฉพาะตัวเกี่ยวกับการได้มาซึ่งความรู้ของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ ซึ่งอาจแตกต่างจากมุมมองของศาสตร์อื่น ๆ ดังนี้

- เราสามารถทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ บนโลกได้

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนโลกหรือในเอกภพ ที่เกิดขึ้นอย่างเป็นแบบรูป (Pattern) สามารถเข้าใจได้ด้วยสติปัญญา วิธีการศึกษาที่เป็นระบบ ผนวกกับการใช้ประสาทสัมผัสและเครื่องมือต่าง ๆ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าสิ่งต่าง ๆ สามารถทำความเข้าใจได้และคำถามใหม่ ๆ เกิดขึ้นได้เสมอ ยิ่งข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นก็ยิ่งทำให้มนุษย์เข้าใจและเข้าใจถึงความจริงของปรากฏการณ์นั้น ๆ ยิ่งขึ้น

- แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีความไม่แน่นอน สามารถเปลี่ยนแปลงได้

แม้ว่าวิทยาศาสตร์จะเป็นกระบวนการสร้างองค์ความรู้ จากการสังเกต การทดลอง การสร้างแบบจำลองอย่างละเอียดรอบคอบและเป็นระบบ เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสิ่งที่สนใจ แต่ระหว่างการทำงานก็มักเกิดคำถามใหม่ขึ้นตลอดเวลาไม่มีสิ้นสุด ส่งผลให้มีการปรับปรุงหรือคิดค้นวิธีการใหม่ในการค้นหาคำตอบ และอาจได้หลักฐาน (Evidence) ใหม่ที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน และเชื่อถือได้

แม้ว่าวิทยาศาสตร์จะยอมรับเรื่องความไม่แน่นอน และความไม่มีที่สิ้นสุดของความรู้หรือคำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ แต่ด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นมาผ่านวิธีการต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ซ้ำแล้วซ้ำเล่าเป็นระยะเวลาหนึ่งจนมั่นใจในคำอธิบายนั้น รวมถึงมีการตรวจสอบอย่างเข้มข้นจากสังคมนักวิทยาศาสตร์ จนความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อถือได้ และกว่าการค้นพบความรู้ใหม่จะลบล้างความรู้เดิมได้อาจใช้ระยะเวลายาวนาน

- ทฤษฎีและกฎมีความสัมพันธ์กันแต่แตกต่างกัน

มักมีแนวความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า กฎเป็นทฤษฎีที่พัฒนาแล้ว จึงมีความน่าเชื่อถือและมีคุณค่ามากกว่าทฤษฎี ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ทั้งกฎและทฤษฎีต่างก็เป็นผลผลิตของวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญเท่าเทียมกัน โดย **กฎ (Law)** คือ แบบรูปที่ปรากฏในธรรมชาติ ส่วน **ทฤษฎี (Theory)** คือ คำอธิบายแบบรูปที่ปรากฏในธรรมชาตินั้นๆ เช่น การใช้ทฤษฎีพลังงานจลน์ของอนุภาคมาอธิบายแบบรูปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิตามกฎของชาร์ล

- วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม

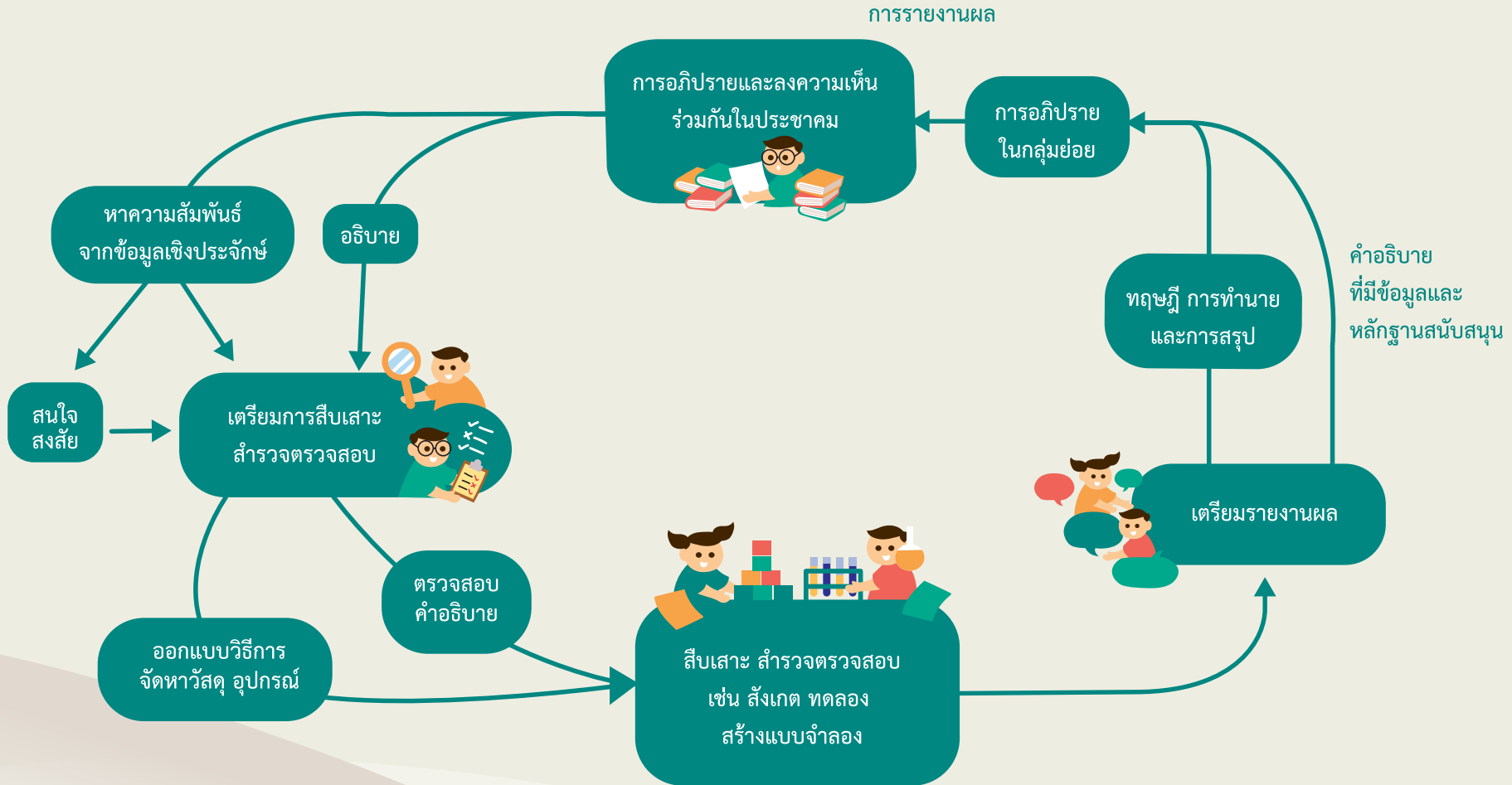
วิทยาศาสตร์เชื่อถือข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต ทดลอง หรือวิธีการต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่สิ่งต่างๆ ในโลกหลายสิ่ง ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความเชื่อเกี่ยวกับเรื่องจิตวิญญาณ สิ่งลี้ลับเหนือธรรมชาติ ความเชื่อเรื่องปาฏิหาริย์ โชคชะตา หรือโหราศาสตร์ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงไม่มีหน้าที่หาคำตอบหรืออธิบายในเรื่องเหล่านี้ แม้ว่าบางครั้งอาจมีแนวคำตอบหรือทางเลือกที่เป็นไปได้ก็ตาม

## ด้านที่ ๒ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการให้เหตุผลเชิงตรรกะ (Logic) ข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) จินตนาการ และการคิดสร้างสรรค์ เป็นการทำงานเพื่อสืบเสาะหาคำอธิบายสิ่งที่สนใจทั้งโดยส่วนตัวและร่วมกันของกลุ่มคนที่มีความสนใจเดียวกัน การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นมากกว่า “วิธีการทางวิทยาศาสตร์” หรือ “การทดลองทางวิทยาศาสตร์” แต่เป็นการค้นหาคำตอบที่สนใจผ่านการทำงานอย่างเป็นระบบ รอบคอบ และมีอิสระ และไม่เป็นลำดับขั้นที่ตายตัว ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

๑. คำถามที่สามารถหาคำตอบหรือตรวจสอบได้
๒. ข้อมูลหลักฐานทั้งเชิงประจักษ์และจากที่ผู้อื่นค้นพบ
๓. การทำความเข้าใจ วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ แล้วหาความสัมพันธ์ของข้อมูลและสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามที่สงสัย
๔. การเชื่อมโยง เปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับผู้อื่น
๕. การสื่อสารคำอธิบายหรือสิ่งที่ค้นพบให้ผู้อื่นทราบ

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะสำคัญตามที่กล่าวมาข้างต้น ไม่มีลำดับขั้นตอนที่แน่นอน ในขณะที่เดียวกันอาจต้องสืบเสาะซ้ำแล้วซ้ำเล่าเพื่อตอบคำถาม และอาจเกิดคำถามใหม่ที่ต้องสืบเสาะหาคำตอบต่อไป หมายความว่านี่เป็นวัฏจักร ดังแสดงไว้ ดังภาพที่ ๓



ภาพที่ ๓ วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบชั้นนำ

ที่มา: Magnusson, S. J. and Palincsar, A. S. (2005). How students learn science in the classroom, p.460

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่นๆ ดังนี้

- **วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (Evidence)**

การสร้างคำอธิบายหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) จากการสังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง หรือวิธีอื่นๆ เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถทำซ้ำได้ และมีความถูกต้อง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ใดที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในสังคม ก็จะได้รับ การยอมรับและเผยแพร่ให้คนทั่วไปในสังคมได้เรียนรู้ ซึ่งกระบวนการทั้งหมดตั้งแต่การค้นพบจนกระทั่งเป็นที่ยอมรับของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในสังคมอาจต้องใช้เวลา นาน เช่น แม้ว่าไอสไตน์ค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพตั้งแต่ปี ค.ศ. ๑๙๐๕ แต่ทฤษฎีนี้ จะได้รับการยอมรับจากสังคมนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้เวลาถึง ๑๔ ปี

- **วิทยาศาสตร์มีการผสมผสานระหว่างตรรกศาสตร์ (Logic) จินตนาการ (Imagination) และการคิดสร้างสรรค์ (Creativity)**

การทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกจะต้องใช้ความเป็นเหตุเป็นผล (Logic) เพื่อเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์เข้ากับข้อมูลอื่นๆ เช่น แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลหลักฐานทุติยภูมิ (Secondary Data Source) ที่ได้จากการสืบค้นเพื่อสร้างคำอธิบาย และลงข้อสรุป หลายครั้งที่การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังต้องใช้จินตนาการและการคิดสร้างสรรค์

- **วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการพยากรณ์**

นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ ความน่าเชื่อถือของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาจากความสามารถในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและปรากฏการณ์ที่ไม่เคยค้นพบมาก่อน

นอกจากวิทยาศาสตร์จะให้คำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ แล้ว วิทยาศาสตร์ยังให้ความสำคัญกับการทำนายซึ่งอาจเป็นได้ทั้งการพยากรณ์ปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ในอนาคต หรือในอดีตที่ยังไม่มีการค้นพบหรือศึกษามาก่อน

- **นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง**

ข้อมูลหลักฐานมีความสำคัญอย่างมากในการนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จะถามตัวเองก่อนเสมอว่ามีหลักฐานอะไรบ้างที่สนับสนุนแนวคิดนี้ การรวบรวมหลักฐานทางวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีความถูกต้องแม่นยำ ปราศจากความลำเอียงอันเกิดจากตัวผู้สังเกต กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ การตีความหมาย หรือการรายงานข้อมูล

- **วิทยาศาสตร์ไม่ยอมรับการมีอำนาจเหนือบุคคลอื่น**

วิทยาศาสตร์เชื่อว่าบุคคลใดหรือนักวิทยาศาสตร์คนใด มีชื่อเสียงหรือตำแหน่งหน้าที่ การงานสูงอย่างไร ก็ไม่มีอำนาจตัดสินว่า อะไรคือความจริง ไม่มีใครมีสิทธิพิเศษในการเข้าถึงความจริงมากกว่าคนอื่น ๆ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกค้นพบต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ สามารถตรวจสอบได้ และหากแนวคิดใหม่นั้นถูกต้องกว่าแนวคิดเดิม ก็ย่อมได้รับการยอมรับแม้ว่าจะถูกค้นพบโดยผู้ไม่มีชื่อเสียง ซึ่งต้องมาแทนที่ความรู้เดิมที่ค้นพบโดยคนมีชื่อเสียงก็ได้



### ด้านที่ ๓ กิจการทางวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ คือ กิจกรรมของมนุษย์ชาติ ซึ่งมีหลายมิติทั้งในระดับของบุคคล สังคม หรือองค์กร โดยกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่กระทำอาจเป็นสิ่งที่แบ่งแยกยุคสมัยต่างๆ ออกจากกันอย่างชัดเจน

#### • วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน

วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมหนึ่งในระบบสังคมของมนุษย์ ดังนั้นปัจจัยต่าง ๆ ในสังคมมีผลต่อการสนับสนุนหรือขัดขวางกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น เรื่องราวในประวัติศาสตร์ ความเชื่อตามหลักศาสนา วัฒนธรรมและค่านิยมของสังคม หรือสถานะทางสังคม ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือ การโคลน (Cloning) เป็นกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์สนใจและเห็นว่ามีประโยชน์ แต่ในเชิงสังคมแล้ว เรื่องนี้ยังเป็นเรื่องที่มีข้อโต้แย้งอย่างกว้างขวาง และมีการยอมรับจากสังคมหลากหลายแตกต่างกันไป

#### • วิทยาศาสตร์แตกแขนงเป็นสาขาต่าง ๆ และมีการดำเนินการในหลายองค์กร

วิทยาศาสตร์ คือ การรวบรวมความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ จึงมีความหลากหลายและแตกเป็นแขนงต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ตามปรากฏการณ์ที่ศึกษา เป้าหมาย และเทคนิควิธีการที่ใช้ ซึ่งมีประโยชน์ในการจัดโครงสร้างการทำงานและข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ แต่แท้ที่จริงแล้ว ความรู้หรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่มีเส้นแบ่งหรือขอบเขตระหว่างแขนงต่าง ๆ โดยสิ้นเชิง ในทางกลับกันอาจต้องเชื่อมโยงระหว่างแขนงความรู้ เช่น การอธิบายเกี่ยวกับการสร้างอาหารของพืช จะต้องใช้แขนงความรู้ในเรื่องพืช พลังงานและการเปลี่ยนรูปพลังงาน โมเลกุลและสารประกอบ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี นอกจากนี้ กิจการทางวิทยาศาสตร์ยังมีการดำเนินการในหลากหลายองค์กร เช่น มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล ภาคธุรกิจอุตสาหกรรมหน่วยงานรัฐบาล หรือองค์กรอิสระ แต่อาจมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน

#### • วิทยาศาสตร์มีหลักการทางจริยธรรมในการดำเนินการ

นักวิทยาศาสตร์ต้องทำงานโดยมีจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูล ความมีใจกว้าง เพราะในบางครั้งความต้องการได้รับการยกย่องว่าเป็นคนแรกที่ค้นพบความรู้ใหม่อาจทำให้นักวิทยาศาสตร์ก้าวไปในทางที่ผิดได้ เช่น การบิดเบือนข้อมูลหรือข้อค้นพบ จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญอีกประการก็คือ การระวางอันตรายที่อาจเกิดจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือการนำผลการศึกษาไปใช้

#### • นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญและประชาชนคนหนึ่ง

ในบางครั้งนักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ ทักษะ และประสบการณ์เฉพาะทาง แต่ในบางครั้งก็เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะประชาชนคนหนึ่งที่มีมุมมอง ความสนใจ ค่านิยม และความเชื่อส่วนตัว

#### • วิทยาศาสตร์เน้นการแสวงหาความรู้ ส่วนเทคโนโลยีจะเน้นการใช้ความรู้

ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลายคนเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความหมายเหมือนกันหรือคล้ายกัน แต่แท้ที่จริงแล้ว ทั้งสองมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน โดยวิทยาศาสตร์จะเน้นการแสวงหาความรู้เพื่อการต่อยอดความรู้ ส่วนเทคโนโลยีจะเน้นการใช้ความรู้เพื่อตอบสนองต่อการดำรงชีวิตที่สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กัน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ซึ่งในที่สุดก็ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

## การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน

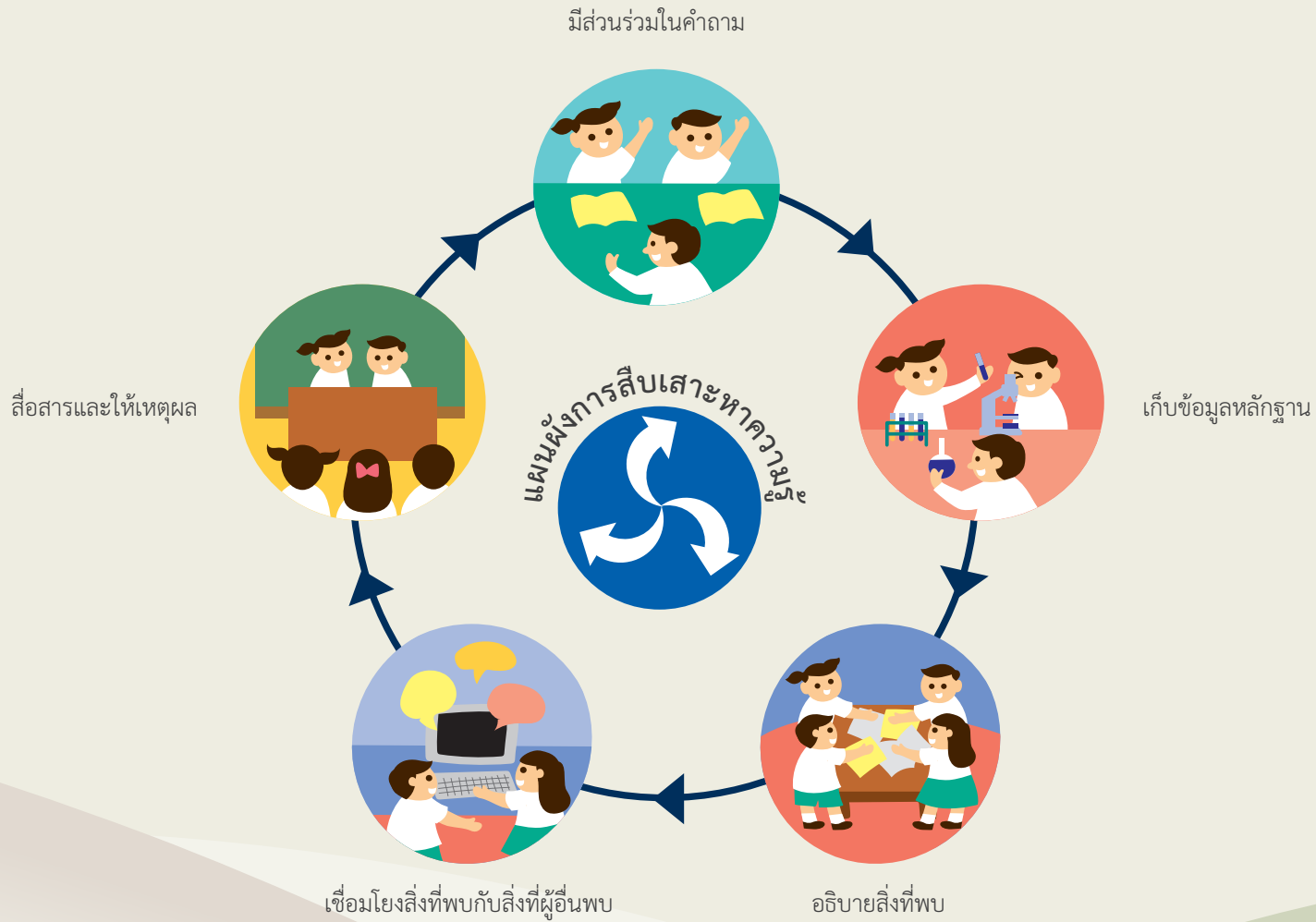
เราสามารถจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องเรียนโดยจัดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามที่หลักสูตรกำหนด ด้วยกระบวนการแบบเดียวกันกับที่นักวิทยาศาสตร์สืบเสาะ แต่อาจมีรูปแบบที่หลากหลายตามบริบทและความพร้อมของผู้สอนและผู้เรียน เช่น การสืบเสาะหาความรู้แบบปลายเปิด (Opened Inquiry) ที่ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการสืบเสาะหาความรู้ของตนเองตั้งแต่การสร้างประเด็นคำถาม การสำรวจตรวจสอบ (Investigation) และอธิบายสิ่งที่ศึกษาโดยใช้ข้อมูลที่ยังไม่มีการนำมาประมวล (Data) หรือหลักฐาน (Evidence) ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ การประเมินและเชื่อมโยงความรู้ที่เกี่ยวข้องหรือคำอธิบายอื่นเพื่อปรับปรุงคำอธิบายของตนและนำเสนอต่อผู้อื่น นอกจากนี้ ผู้สอนอาจใช้การสืบเสาะหาความรู้ที่ตนเองเป็นผู้กำหนดแนวในการทำกิจกรรม (Structured Inquiry) โดยผู้สอนสามารถแนะนำผู้เรียนได้ตามความเหมาะสม

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนสามารถออกแบบการสอนให้มีลักษณะสำคัญของการสืบเสาะ ดังนี้

๑. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ คำถามทางวิทยาศาสตร์ในที่นี้หมายถึงคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะค้นหาและรวบรวมข้อมูลหลักฐาน คำถามที่ดีควรเป็นคำถามที่ผู้เรียนสามารถหาข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อตอบคำถามนั้นๆ ได้
๒. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐานในการอธิบายและประเมินคำอธิบายหรือคำตอบ ผู้เรียนต้องลงมือทำปฏิบัติการ เช่น สังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง เพื่อนำหลักฐานเชิงประจักษ์ต่างๆ มาเชื่อมโยง หาแบบรูป และอธิบายหรือตอบคำถามที่ศึกษา

๓. ผู้เรียนอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยต้องอยู่บนพื้นฐานของเหตุผล ต้องแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงประจักษ์ที่รวบรวมได้ สามารถจำแนก วิเคราะห์ ลงความเห็นจากข้อมูล พยากรณ์ ตั้งสมมติฐาน หรือลองข้อสรุป
๔. ผู้เรียนประเมินคำอธิบายของตนกับคำอธิบายอื่นๆ ที่สะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนสามารถประเมิน (Judge) ข้อมูลและหลักฐานต่างๆ เพื่อตัดสินใจ (Make Decision) ว่า ควรเพิกเฉยหรือนำคำอธิบายนั้นมาพิจารณาและปรับปรุงคำอธิบายของตนเอง ในขณะที่เดียวกันก็สามารถประเมินคำอธิบายของเพื่อน บุคคลอื่น หรือแหล่งข้อมูลอื่น แล้วนำมาเปรียบเทียบ เชื่อมโยง สัมพันธ์ แล้วสร้างคำอธิบายอย่างมีเหตุผลและหลักฐานสนับสนุน ซึ่งสอดคล้องกับความรู้อื่นๆ ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับแล้ว
๕. สื่อสารการค้นพบของตนให้ผู้อื่นเข้าใจ ผู้เรียนได้สื่อสารและนำเสนอการค้นพบของตนในรูปแบบที่ผู้อื่นเข้าใจ สามารถทำตามได้ รวมทั้งเปิดโอกาสให้ได้มีการซักและตอบคำถาม ตรวจสอบข้อมูล ให้เหตุผล วิเคราะห์และรับคำวิจารณ์และได้แนวคิดหรือมุมมองอื่นในการปรับปรุงการอธิบาย หรือวิธีการสืบเสาะค้นหาคำตอบ





ภาพที่ ๔ วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน





ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญดังนี้

๑. เพื่อให้เข้าใจแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎและความรู้พื้นฐานในวิทยาศาสตร์
๒. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
๓. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการสืบเสาะหาความรู้และพัฒนาเทคโนโลยี
๔. เพื่อให้ตระหนักการมีผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อม
๕. เพื่อนำความรู้ในแนวคิดและทักษะต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
๖. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการประเมินและตัดสินใจ
๗. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

### ๓. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ทั้งด้านเนื้อหาและปฏิบัติการ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย เน้นทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อช่วยให้เข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ ดียิ่งขึ้น ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน โดยกำหนดสาระสำคัญดังนี้

#### • ชีววิทยา

เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

#### • เคมี

เรียนรู้เกี่ยวกับ ปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

#### • ฟิสิกส์

เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและ การค้นพบทางฟิสิกส์ แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงาน

#### • โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

โดยมีรายละเอียดที่กำหนดเนื้อหาสาระดังนี้

#### • สาระชีววิทยา

๑. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์
๒. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
๓. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอก และการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
๔. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอรโมนกับการรักษาคุณภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๕. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงาน และการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

#### • สาระเคมี

๑. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุพันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
๒. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกริยาเคมี สมดุลในปฏิกริยาเคมี สมบัติและปฏิกริยาของกรด-เบส ปฏิกริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
๓. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

#### • สาระฟิสิกส์

๑. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์



๒. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียง และการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๓. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า และกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๔. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และมอดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอร์วาลส์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

#### • สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

๑. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่และการนำไปใช้ประโยชน์

๒. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

๓. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

#### ๔. ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

• สาระเคมี

- เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	<ol style="list-style-type: none"> <li>สืบค้นข้อมูลสมมติฐาน การทดลอง หรือ ผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- นักวิทยาศาสตร์ศึกษาโครงสร้างของอะตอม และเสนอแบบจำลองอะตอมแบบต่าง ๆ จากการศึกษาข้อมูล การสังเกต การตั้งสมมติฐาน และผลการทดลอง</li> <li>- แบบจำลองอะตอมมีวิวัฒนาการโดยเริ่มจาก ดอลตันเสนอว่าธาตุประกอบด้วยอะตอม ซึ่งเป็นอนุภาคขนาดเล็กไม่สามารถแบ่งแยกได้ ต่อมา ทอมสันเสนอว่าอะตอมประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุลบเรียกว่า อิเล็กตรอน และอนุภาคประจุบวก รัทเทอร์ฟอร์ดเสนอว่าประจุบวกที่เรียกว่า โปรตอน รวมตัวกันอยู่ตรงกึ่งกลางอะตอม เรียกว่า นิวเคลียส ซึ่งมีขนาดเล็กมากและมีอิเล็กตรอนอยู่รอบนิวเคลียส โบร์เสนอว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวงรอบนิวเคลียสโดยแต่ละวงมีระดับพลังงานเฉพาะตัว ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าอิเล็กตรอนมีการเคลื่อนที่รวดเร็วรอบนิวเคลียส และไม่สามารถระบุตำแหน่งที่แน่นอนได้ จึงเสนอแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก ซึ่งแสดงโอกาสการพบอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส</li> </ul>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ และระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ ประกอบด้วยสัญลักษณ์ธาตุ เลขอะตอมซึ่งแสดงจำนวนโปรตอน และเลขมวลซึ่งแสดงผลรวมของจำนวนโปรตอนกับนิวตรอน อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน เรียกว่า ไอโซโทป</li> </ul>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>อธิบายและเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อยเมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การศึกษาสเปกตรัมการเปล่งแสงของอะตอมแก๊ส ทำให้ทราบว่า อิเล็กตรอนจัดเรียงอยู่รอบ ๆ นิวเคลียสในระดับพลังงานหลักต่าง ๆ และแต่ละระดับพลังงานหลักยังแบ่งเป็นระดับพลังงานย่อยซึ่งมีบริเวณที่จะพบอิเล็กตรอน เรียกว่า ออร์บิทัล ได้แตกต่างกัน และอิเล็กตรอนจะจัดเรียงในออร์บิทัลให้มีระดับพลังงานต่ำที่สุดสำหรับอะตอมในสถานะพื้น</li> </ul>





ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๔. ระบุหมู่ คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ของธาตุเรฟรีเซนเททีฟ และธาตุแทรนซิชันในตารางธาตุ	- ตารางธาตุในปัจจุบันจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมและสมบัติที่คล้ายคลึงกันเป็นหมู่และคาบ โดยอาจแบ่งธาตุในตารางธาตุเป็นกลุ่มธาตุโลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ นอกจากนี้อาจแบ่งเป็นกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟและกลุ่มธาตุแทรนซิชัน
	๕. วิเคราะห์และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุเรฟรีเซนเททีฟตามหมู่และตามคาบ	- ธาตุเรฟรีเซนเททีฟในหมู่เดียวกันมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน และธาตุที่อยู่ในคาบเดียวกันมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักเดียวกัน ธาตุเรฟรีเซนเททีฟมีสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกันตามหมู่ และมีแนวโน้มสมบัติบางประการเป็นไปตามหมู่และตามคาบ เช่น ขนาดอะตอม รัศมีไอออน พลังงานไอออไนเซชัน อิเล็กโทรเนกาติวิตี สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน
	๖. บอกสมบัติของธาตุโลหะแทรนซิชัน และเปรียบเทียบสมบัติกับธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟ	- ธาตุแทรนซิชันเป็นโลหะที่ส่วนใหญ่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ ๒ มีขนาดอะตอมใกล้เคียงกัน มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวและความหนาแน่นสูง เกิดปฏิกิริยากับน้ำได้ช้ากว่าธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟ เมื่อเกิดเป็นสารประกอบส่วนใหญ่จะมีสี
	๗. อธิบายสมบัติและคำนวณครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี	- ธาตุแต่ละชนิดมีไอโซโทป ซึ่งในธรรมชาติบางธาตุมีไอโซโทปที่แผ่รังสีได้ เนื่องจากนิวเคลียสไม่เสถียร เรียกว่า ไอโซโทปกัมมันตรังสี สำหรับธาตุกัมมันตรังสีเป็นธาตุที่ทุกไอโซโทปสามารถแผ่รังสีได้ รังสีที่เกิดขึ้น เช่น รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา โดยครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสีเป็นระยะเวลาที่ไอโซโทปกัมมันตรังสีสลายตัวจนเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิม ซึ่งเป็นค่าคงที่เฉพาะของแต่ละไอโซโทปกัมมันตรังสี
	๘. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	- สมบัติบางประการของธาตุแต่ละชนิด ทำให้สามารถนำธาตุไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย ทั้งนี้การนำธาตุไปใช้ต้องตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะสารกัมมันตรังสีซึ่งต้องมีการจัดการอย่างเหมาะสม
	๙. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก โดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส	- สารเคมีเกิดจากการยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเคมี ซึ่งเกี่ยวข้องกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่แสดงได้ด้วยสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส โดยการเกิดพันธะเคมีส่วนใหญ่เป็นไปตามกฎออกเตต

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		<p>- พันธะไอออนิกเกิดจากการยึดเหนี่ยวระหว่างประจุไฟฟ้าของไอออนบวกกับไอออนลบ ส่วนใหญ่ไอออนบวกเกิดจากโลหะเสียอิเล็กตรอนและไอออนลบเกิดจากโลหะรับอิเล็กตรอน สารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิกเรียกว่า สารประกอบไอออนิก สารประกอบไอออนิก ไม่อยู่ในรูปโมเลกุล แต่เป็นโครงผลึกที่ประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบจัดเรียงตัว ต่อเนื่องกันไปทั้งสามมิติ</p>
	<p>๑๐. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก</p>	<p>- สารประกอบไอออนิกเขียนแสดงสูตรเคมีโดยให้สัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนบวกไว้ข้างหน้า ตามด้วยสัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนลบ โดยมีตัวเลขแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวน ไอออนที่เป็นองค์ประกอบ</p> <p>- การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกทำได้โดยเรียกชื่อไอออนบวกแล้วตามด้วยชื่อไอออนลบสำหรับสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากโลหะที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ต้องระบุเลขออกซิเดชันของโลหะด้วย</p>
	<p>๑๑. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์</p>	<p>- ปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากธาตุเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน มีทั้งที่เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงานและคายพลังงาน ซึ่งแสดงได้ด้วยวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์ และ พลังงานของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกเป็นผลรวมของพลังงานทุกขั้นตอน</p>
	<p>๑๒. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก</p>	<p>- สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นผลึกของแข็ง เปราะ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออน เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อเป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่ถ้าทำให้หลอมเหลวหรือละลายในน้ำจะนำไฟฟ้า</p> <p>- สารละลายของสารประกอบไอออนิกแสดงสมบัติความเป็นกรด-เบส ต่างกัน สารละลายของสารประกอบคลอไรด์มีสมบัติเป็นกลาง และสารละลายของสารประกอบออกไซด์มีสมบัติเป็นเบส</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๓. เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	- ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก สามารถเขียนแสดงด้วยสมการไอออนิกหรือสมการไอออนิกสุทธิ โดยที่สมการไอออนิกแสดงสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทุกชนิดที่แตกตัวได้ในรูปของไอออน ส่วนสมการไอออนิกสุทธิแสดงเฉพาะไอออนที่ทำปฏิกิริยากัน และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น
	๑๔. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส	- พันธะโคเวเลนต์เป็นการยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นภายในโมเลกุลจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันของธาตุ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุอโลหะ โดยทั่วไปจะเรียงไปตามกฎออกเตต สารที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์เรียกว่า สารโคเวเลนต์ พันธะโคเวเลนต์เกิดได้ทั้งพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ซึ่งสามารถเขียนแสดงได้ด้วยโครงสร้างลิวอิส โดยแสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะด้วยจุดหรือเส้น และแสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของแต่ละอะตอมด้วยจุด
	๑๕. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	- สูตรโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ โดยทั่วไปเขียนแสดงด้วยสัญลักษณ์ของธาตุเรียงลำดับตามค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีจากน้อยไปมาก โดยมีตัวเลขแสดงจำนวนอะตอมของธาตุที่มีมากกว่า ๑ อะตอมในโมเลกุล - การเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ทำได้โดยเรียกชื่อธาตุที่อยู่หน้าก่อนแล้วตามด้วยชื่อธาตุที่อยู่ถัดมา โดยมีคำนำหน้าระบุจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ
	๑๖. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ รวมทั้งคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ	- ความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ขึ้นกับชนิดของอะตอมคู่ร่วมพันธะและชนิดของพันธะ โดยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม มีความยาวพันธะและพลังงานพันธะแตกต่างกัน นอกจากนี้โมเลกุลโคเวเลนต์บางชนิดมีค่าความยาวพันธะและพลังงานพันธะแตกต่างจากของพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ซึ่งสารเหล่านี้สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสที่เหมาะสมได้มากกว่า ๑ โครงสร้าง ที่เรียกว่า โครงสร้างเรโซแนนซ์ - พลังงานพันธะนำมาใช้ในการคำนวณพลังงานของปฏิกิริยาซึ่งได้จากผลต่างของพลังงานพันธะรวมของสารตั้งต้นกับผลิตภัณฑ์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๑๗. คาคคเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์</p>	<p>- รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ อาจพิจารณาโดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ (VSEPR) ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะและจำนวนคู่อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง โมเลกุลโคเวเลนต์มีทั้งโมเลกุลมีขั้วและไม่มีขั้ว สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์เป็นผลรวมปริมาณเวกเตอร์สภาพขั้วของแต่ละพันธะตามรูปร่างโมเลกุล</p>
	<p>๑๘. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และเปรียบเทียบ จุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์</p>	<p>- แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลซึ่งอาจเป็นแรงแผ่กระจายลอนดอน แรงระหว่างขั้ว และพันธะไฮโดรเจน มีผลต่อจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสาร นอกจากนี้สารโคเวเลนต์ส่วนใหญ่ยังมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำกว่าสารประกอบไอออนิก เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมีค่าน้อยกว่าพันธะไอออนิก</p> <p>- สารโคเวเลนต์ส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ และไม่ละลายในน้ำ สำหรับสารโคเวเลนต์ที่ละลายน้ำทั้งแตกตัวและไม่แตกตัวเป็นไอออน สารละลายที่ได้จากสารที่ไม่แตกตัวเป็นไอออนจะไม่นำไฟฟ้า เรียกว่า สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ ส่วนสารละลายที่ได้จากสารที่แตกตัวเป็นไอออนจะนำไฟฟ้า เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ สารละลายของสารประกอบคลอไรด์และออกไซด์จะมีสมบัติเป็นกรด</p>
	<p>๑๙. สืบค้นข้อมูลและอธิบายสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายชนิดต่าง ๆ</p>	<p>- สารโคเวเลนต์บางชนิดที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่และมีพันธะโคเวเลนต์ต่อเนื่องเป็นโครงสร้างตาข่าย จะมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง สารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายที่มีธาตุองค์ประกอบเหมือนกัน แต่มีอัญรูปต่างกันจะมีสมบัติต่างกัน เช่น เพชร แกรไฟต์</p>
	<p>๒๐. อธิบายการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ</p>	<p>- พันธะโลหะเกิดจากเวเลนซ์อิเล็กตรอนของทุกอะตอมของโลหะเคลื่อนที่อย่างอิสระไปทั่วทั้งโลหะ และเกิดแรงยึดเหนี่ยวกับโปรตอนในนิวเคลียสทุกทิศทาง</p> <p>- โลหะส่วนใหญ่เป็นของแข็ง มีผิวมันวาว สามารถตีเป็นแผ่นหรือดึงเป็นเส้นได้ นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดี มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๕	๒๑. เปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ ได้อย่างเหมาะสม	- สารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ มีสมบัติเฉพาะตัวบางประการที่แตกต่างกัน เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว การละลายน้ำ การนำไฟฟ้า จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม
	๑. อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก ๒. คำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส	- พฤติกรรมของแก๊ส และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊ส อธิบายได้ด้วยกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก และกฎรวมแก๊ส ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ได้
	๓. คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊ส จากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ	- ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และจำนวนโมลหรือมวลของแก๊ส อธิบายความสัมพันธ์ได้ด้วยกฎของอาโวกาโดร สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของแก๊ส อธิบายได้ด้วยกฎแก๊สอุดมคติ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณและการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับจำนวนโมลของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ได้
	๔. คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสม โดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน	- ในธรรมชาติ แก๊สส่วนใหญ่อยู่รวมกันเป็นแก๊สผสม ในกรณีที่แก๊สในแก๊สผสมไม่ทำปฏิกิริยากัน ความดันของแก๊สแต่ละชนิดแปรผันตามเศษส่วนโมลของแก๊ส ที่มีอยู่ในแก๊สผสมตามกฎความดันย่อยของดอลตัน
	๕. อธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส คำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม	- แก๊สสามารถแพร่ได้ การแพร่ของแก๊สอธิบายได้ด้วยทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ที่อุณหภูมิเดียวกัน แก๊สจะแพร่ได้ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลของแก๊ส อัตราการแพร่ของแก๊สเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของมวลโมเลกุลของแก๊ส สัมพันธ์กับกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม
	๖. สืบค้นข้อมูล นำเสนอตัวอย่าง และอธิบายการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สในการอธิบายปรากฏการณ์ หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม	- สมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สสามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ หรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม
ม.๖	๑. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม ที่พบในชีวิตประจำวัน	- สารประกอบอินทรีย์เป็นสารประกอบของคาร์บอน ส่วนใหญ่พบในสิ่งมีชีวิต มีโครงสร้างหลากหลายและแบ่งได้หลายประเภท เนื่องจากธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		<p>ธาตุคาร์บอนด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม นอกจากนี้ยังสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับธาตุอื่น ๆ ได้อีกด้วย และมีการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย</p>
	<p>๒. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์</p>	<p>- โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แสดงได้ด้วยสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ หรือสูตรโครงสร้างแบบเส้น</p>
	<p>๓. วิเคราะห์โครงสร้างและระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน</p>	<p>- สารประกอบอินทรีย์มีหลายประเภท การพิจารณาประเภทของสารประกอบอินทรีย์อาจใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ได้เป็นแอลเคน แอลคีน แอลคีน อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ อีเทอร์ เอมีน แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ เอไมด์</p>
	<p>๔. เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน ๑ หมู่ ตามระบบ IUPAC</p>	<p>- การเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลเคน แอลคีน แอลคีน แอลกอฮอล์ อีเทอร์ เอมีน แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และเอไมด์ จะเรียกตามระบบ IUPAC หรืออาจเรียกโดยใช้ชื่อสามัญ</p>
	<p>๕. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ</p>	<p>- ปรากฏการณ์ที่สารมีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่สมบัติแตกต่างกัน เรียกว่า ไอโซเมอร์ซิม และเรียกสารแต่ละชนิดว่า ไอโซเมอร์ ไอโซเมอร์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน เรียกว่า ไอโซเมอร์โครงสร้าง</p>
	<p>๖. วิเคราะห์และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน</p>	<p>- สารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างของสารต่างกันจะมีจุดเดือดและการละลายในน้ำต่างกัน สำหรับการละลายของสารพิจารณาได้จากความมีขั้วของตัวละลาย และตัวทำละลาย โดยสารสามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่มีขั้วใกล้เคียงกัน</p>
	<p>๗. ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและเขียนผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน หรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต</p>	<p>- สารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลเคน แอลคีน แอลคีน อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีนและปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จะให้ผลของปฏิกิริยาต่างกัน จึงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๘. เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสและปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน</p> <p>๙. ทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน</p>	<p>- กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ได้เป็นเอสเทอร์ เรียกว่า ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน</p> <p>- กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยากับเอมีนเกิดเป็นเอไมด์ เอสเทอร์และเอไมด์สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในเบสแอลคาไล เรียกว่า ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน</p>
	<p>๑๐. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม</p>	<p>- สารประกอบอินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายในชีวิตประจำวัน รวมทั้งนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นและตัวทำละลายในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงและพลังงาน อุตสาหกรรมอาหารและยา อุตสาหกรรมเกษตร</p>
	<p>๑๑. ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์</p>	<p>- พอลิเมอร์เป็นสารที่ไม่มีเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า มอนอเมอร์เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ โดยมีทั้งพอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิเมอร์สังเคราะห์</p> <p>- ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์อาจเป็นปฏิกิริยาแบบควบแน่น หรือปฏิกิริยาแบบเติม ขึ้นอยู่กับหมู่ฟังก์ชันและโครงสร้างของมอนอเมอร์</p>
	<p>๑๒. วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์</p>	<p>- พอลิเมอร์มีโครงสร้างต่างกันอาจเป็นโครงสร้างแบบเส้น แบบกิ่ง หรือแบบร่างแห ขึ้นอยู่กับชนิดของมอนอเมอร์และภาวะของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ซึ่งโครงสร้างของพอลิเมอร์ส่งผลต่อจุดหลอมเหลว ความหนาแน่น ความเปราะ ความเหนียว ความยืดหยุ่น จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย</p>
	<p>๑๓. ทดสอบและระบุประเภทของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์</p>	<p>- พอลิเมอร์ที่ให้ความร้อนแล้วสามารถนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ได้ เรียกว่า พอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติก ส่วนใหญ่มีโครงสร้างแบบเส้นและแบบกิ่ง ส่วนพอลิเมอร์ที่ให้ความร้อนแล้วไม่อ่อนตัว จึงไม่สามารถนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ได้ เรียกว่า พอลิเมอร์เทอร์มอเซต มีโครงสร้างแบบร่างแห</p> <p>- พลาสติกมีทั้งที่เป็นพอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติกและพอลิเมอร์เทอร์มอเซต ผลิตภัณฑ์ยางเป็นพอลิเมอร์เทอร์มอเซต ซึ่งทำให้มีสมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ต่างกัน</p>
	<p>๑๔. อธิบายผลของการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง และการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติของพอลิเมอร์</p>	<p>- การปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือการสังเคราะห์พอลิเมอร์ เช่น วัลคาไนเซชัน การสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ การสังเคราะห์พอลิเมอร์นำไฟฟ้า เป็นการปรับปรุงคุณภาพของพอลิเมอร์เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมและหลากหลายมากขึ้น</p>

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๕. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ และแนวทางแก้ไข	- การใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จึงควรตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น และแนวทางแก้ไข

๒. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	๑. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด	- ปฏิกิริยาเคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีสารใหม่เกิดขึ้นจากการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมธาตุ โดยจำนวนและชนิดของอะตอมธาตุไม่เปลี่ยนแปลง ปฏิกิริยาเคมีเขียนแสดงได้ด้วยสมการเคมี ซึ่งประกอบด้วยสูตรเคมีของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ ลูกศรแสดงทิศทางของการเกิดปฏิกิริยา และเลขสัมประสิทธิ์ของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่ดุลแล้ว นอกจากนี้อาจมีสัญลักษณ์แสดงสถานะของสาร หรือปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องในการเกิดปฏิกิริยาเคมี - การดุลสมการเคมีทำได้โดยการเติมเลขสัมประสิทธิ์หน้าสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ เพื่อให้อะตอมของธาตุในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากัน
	๒. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร ๓. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย ๔. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส	- การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีมีความสัมพันธ์กันตามเลขสัมประสิทธิ์ในสมการเคมี ซึ่งบอกถึงอัตราส่วนโดยโมลของสารในปฏิกิริยา สามารถนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณของสารที่เกี่ยวข้องกับมวล ความเข้มข้นของสารละลาย และปริมาตรของแก๊สได้
	๕. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน	- ความสัมพันธ์ของโมลสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน พิจารณาได้จากเลขสัมประสิทธิ์ของสมการเคมีรวม





ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๕	๖. ระบุสารกำหนดปริมาณและคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมี	- ปฏิกิริยาเคมีที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยาไม่พอดีกัน สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อนเรียกว่า สารกำหนดปริมาณ ซึ่งเป็นสารที่กำหนดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และปริมาณสารตั้งต้นอื่นที่ทำปฏิกิริยาไปเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา
	๗. คำนวณผลได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี	- ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจริงในปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยกว่าที่คำนวณได้ตามทฤษฎี ซึ่งค่าเปรียบเทียบผลได้จริงกับผลได้ตามทฤษฎีเป็นร้อยละ เรียกว่า ผลได้ร้อยละ
	๑. ทดลอง และเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา ๒. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา	- ปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน โดยอาจวัดจากการลดลงของสารตั้งต้นหรือการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยเวลา และหารด้วยเลขสัมประสิทธิ์ของสารนั้น ๆ ในสมการเคมี เพื่อให้ได้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เท่ากันไม่ว่าจะเป็นการวัดจากสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์
	๓. เขียนแผนภาพและอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	- ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสม และมีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงขึ้นกับทิศทางการชน และพลังงานที่เกิดจากการชน
	๔. ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ๕. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา	- อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารหนึ่ง ๆ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่ง และตัวหน่วงปฏิกิริยา นอกจากนี้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมียังขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ทำปฏิกิริยาด้วย
	๖. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม	- ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๗. ทดสอบและอธิบายความหมายของปฏิกิริยาผันกลับได้และภาวะสมดุล	<p>- ปฏิกิริยาเคมีที่สามารถดำเนินไปข้างหน้าและย้อนกลับได้ เรียกว่า ปฏิกิริยาผันกลับได้ เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปความเข้มข้นของสารตั้งต้นและอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะลดลง ส่วนความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์และอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ระบบจะอยู่ในภาวะสมดุล ที่มีความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์คงที่ เรียกว่า สมดุลพลวัต</p>
	๘. อธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า และอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เมื่อเริ่มปฏิกิริยาจนกระทั่งระบบอยู่ในภาวะสมดุล	
	๙. คำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา ๑๐. คำนวณความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล	<p>- ณ ภาวะสมดุล ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์กับสารตั้งต้น แสดงได้ด้วยค่าคงที่สมดุล ซึ่งเป็นค่าคงที่ ณ อุณหภูมิหนึ่ง</p>
	๑๑. คำนวณค่าคงที่สมดุลหรือความเข้มข้นของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน	<p>- ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน หาได้จากผลคูณของค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาย่อยที่นำสมการเคมีมารวมกัน โดยถ้ามีการคูณสมการย่อยให้ยกกำลังค่าคงที่สมดุลด้วยตัวเลขที่คุณและหากมีการกลับข้างสมการ ให้กลับค่าคงที่สมดุลเป็นตัวหาร</p>
	๑๒. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุลของระบบ รวมทั้งคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อภาวะสมดุลของระบบถูกรบกวนโดยใช้หลักของเลอชาเตอลิเอ	<p>- เมื่อระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลถูกรบกวนโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร ความดันหรืออุณหภูมิ ระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้งตามหลักของเลอชาเตอลิเอ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าคงที่สมดุลเปลี่ยนแปลง</p>
	๑๓. ยกตัวอย่างและอธิบายสมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาการหมักในธรรมชาติและกระบวนการในอุตสาหกรรม	<p>- ความรู้เกี่ยวกับสมดุลเคมีสามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาการหมักในธรรมชาติและกระบวนการในอุตสาหกรรม</p>
	๑๔. ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส	<p>- สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส ซึ่งพิจารณาได้โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี หรือลิวอิส</p>
	๑๕. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี	<p>- ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี เมื่อกรดหรือเบสละลายน้ำหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่น จะมีการถ่ายโอนโปรตอนระหว่างสารตั้งต้นที่เป็นกรดและเบส เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นโมเลกุลหรือไอออนที่เป็นคู่กรด-เบสของสารตั้งต้นนั้น โดยสารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีโปรตอนต่างกัน ๑ โปรตอน</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๖. คำนวณและเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส	<ul style="list-style-type: none"> <li>- กรดและเบสแต่ละชนิดสามารถแตกตัวในน้ำได้แตกต่างกัน กรดแก่หรือเบสแก่สามารถแตกตัวเป็นไอออนในน้ำได้เกือบสมบูรณ์ ส่วนกรดอ่อนหรือเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย โดยความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดหรือเบสอาจพิจารณาได้จากค่าคงที่การแตกตัวของกรดหรือเบส หรือปริมาณการแตกตัวเป็นร้อยละของกรดหรือเบส</li> </ul>
	๑๗. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส	<ul style="list-style-type: none"> <li>- น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ ๒๕ องศาเซลเซียส แตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากันคือ <math>1.0 \times 10^{-7}</math> โมลต่อลิตร โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำเท่ากับ <math>1.0 \times 10^{-14}</math></li> <li>- เมื่อกรดหรือเบสแตกตัวในน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายแสดงได้ด้วยค่า pH ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน โดยสารละลายกรดมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนมากกว่า <math>1.0 \times 10^{-7}</math> โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH น้อยกว่า ๗ ส่วนสารละลายเบสมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนน้อยกว่า <math>1.0 \times 10^{-7}</math> โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH มากกว่า ๗</li> </ul>
๑๘. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทินและระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน	๑๙. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสแก่ให้สารละลายที่เป็นกลาง ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสอ่อน ให้สารละลายที่เป็นกรด ส่วนปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดอ่อนและเบสแก่ให้สารละลายที่เป็นเบส</li> <li>- เกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดแก่ด้วยเบสอ่อน เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด ส่วนเกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดอ่อนด้วยเบสแก่เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส</li> </ul>
๒๐. ทดลองและอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส		<ul style="list-style-type: none"> <li>- การไทเทรตเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปริมาณหรือความเข้มข้นของสารที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน จุดที่สารทำปฏิกิริยาพอดีกันเรียกว่า จุดสมมูล ในทางปฏิบัติ จุดสมมูลของปฏิกิริยาอาจไม่สามารถสังเกตเห็นได้ จึงสังเกตจากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เพื่อบอกจุดยุติของการไทเทรต ดังนั้นอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมในการไทเทรตกรด-เบส ควรเป็นอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วง pH ตรงกับหรือใกล้เคียงกับ pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูล</li> </ul>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๒๑. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต	- ปริมาณกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันจากการไทเทรตกรด-เบส สามารถนำไปคำนวณความเข้มข้นของกรดหรือเบสที่ต้องการทราบความเข้มข้นได้
	๒๒. อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์	- สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนนั้น หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนนั้น เมื่อเติมกรด เบส หรือน้ำ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยกว่าสารละลายทั่วไป สมบัติเฉพาะของสารละลายบัฟเฟอร์เป็นประโยชน์ต่อการควบคุม pH ของระบบในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
	๒๓. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส	- ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส สามารถนำมาใช้ประโยชน์และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการแพทย์
	๒๔. คำนวณเลขออกซิเดชันและระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์	- เคมีไฟฟ้าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้าและการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ซึ่งเป็นเลขที่แสดงประจุไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าสมมติของอะตอมธาตุ เรียกปฏิกิริยาชนิดนี้ว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์
	๒๕. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์	- ปฏิกิริยารีดอกซ์มีทั้งครึ่งปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และครึ่งปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน เรียกว่าครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์ ส่วนสารที่รับอิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์
	๒๖. ทดลองและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์	- การเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ สามารถพิจารณาได้จากผลการทดลองของปฏิกิริยารีดอกซ์
	๒๗. ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชัน และวิธีครึ่งปฏิกิริยา	- ปฏิกิริยารีดอกซ์เขียนแทนได้ด้วยสมการรีดอกซ์ ซึ่งการดุลสมการรีดอกซ์ทำได้โดยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๒๘. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์	- เซลล์เคมีไฟฟ้าประกอบด้วยแอโนด แคโทด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งอาจเชื่อมต่อกันด้วยสะพานเกลือ โดยที่แอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแอโนดไปแคโทด เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถเขียนแสดงได้ด้วยแผนภาพเซลล์
	๒๙. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ชั่วไฟฟ้า และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น	- ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์คำนวณได้จากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้นได้เอง ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า เรียกเซลล์ชนิดนี้ว่าเซลล์กัลวานิก แต่ถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นลบ แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ไม่สามารถเกิดได้เอง ต้องมีการให้กระแสไฟฟ้าจึงจะเกิดปฏิกิริยาได้ เซลล์ชนิดนี้เรียกว่า เซลล์อิเล็กโทรลิติก
	๓๐. อธิบายหลักการการทำงานและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ	- เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน เช่น แบตเตอรี่ ซึ่งมีทั้งเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ โดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ปฐมภูมิไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ทุติยภูมิสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงนำกลับมาใช้ได้
	๓๑. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ	- เซลล์อิเล็กโทรลิติกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ
	๓๒. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	- ปฏิกิริยาเคมีหลายปฏิกิริยาที่พบในชีวิตประจำวันเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยาในเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งความรู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
ม.๖	-	-

๓. เข้าใจหลักการปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	๑. บอก และอธิบายข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติตนที่แสดงถึงความระมัดระวังในการทำปฏิบัติการเคมี เพื่อให้มีความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ	- การปฏิบัติการเคมีต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงควรศึกษาข้อปฏิบัติของการปฏิบัติการเคมี เช่น ความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์และสารเคมี การป้องกันอุบัติเหตุระหว่างการทดลอง การกำจัดสารเคมี
	๒. เลือก และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ และวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม	- อุปกรณ์และเครื่องมือซึ่ง ตวง วัด แต่ละชนิดมีวิธีการใช้งานและการดูแลแตกต่างกัน ซึ่งการวัดปริมาณต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่มีความเที่ยงและความแม่นยำในระดับนัยสำคัญที่ต้องการ ต้องมีการเลือกและใช้อุปกรณ์ในการทำปฏิบัติการอย่างเหมาะสม
	๓. นำเสนอแผนการทดลอง ทดลองและเขียนรายงานการทดลอง	- การปฏิบัติการเคมีต้องมีการวางแผนการทดลอง การทำการทดลอง การบันทึกข้อมูลสรุปและวิเคราะห์ นำเสนอข้อมูล และการเขียนรายงานการทดลองที่ถูกต้อง โดยการทำปฏิบัติการเคมีต้องคำนึงถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์
	๔. ระบุนิยามหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร และเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย	- การปฏิบัติการเคมีต้องมีการวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร การบอกปริมาณของสารอาจระบุอยู่ในหน่วยต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อให้มีมาตรฐานเดียวกัน จึงมีการกำหนดหน่วยในระบบเอสไอให้เป็นหน่วยสากลซึ่งการเปลี่ยนหน่วยเพื่อให้เป็นหน่วยสากลสามารถทำได้ด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย
	๕. บอกความหมายของมวลอะตอมของธาตุ และคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวลโมเลกุลและมวลสูตร	- มวลอะตอมของธาตุ เป็นมวลของธาตุ ๑ อะตอม ซึ่งเป็นผลรวมของมวลโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน แต่เนื่องจากอิเล็กตรอนมีมวลน้อยมากเมื่อเทียบกับโปรตอนและนิวตรอน ดังนั้นมวลอะตอมจึงมีค่าใกล้เคียงกับผลรวมของมวลโปรตอนและนิวตรอน - มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุเป็นค่าเฉลี่ยจากค่ามวลอะตอมของแต่ละไอโซโทปของธาตุนั้นๆ ตามปริมาณที่มีในธรรมชาติ - มวลโมเลกุลและมวลสูตรเป็นผลรวมของมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารนั้น



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๖. อธิบาย และคำนวณปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP	- โมลเป็นปริมาณสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับเลขอาโวกาโดร คือ $6.02 \times 10^{23}$ อนุภาค มวลของสาร ๑ โมล ที่มีหน่วยเป็นกรัม เรียกว่า มวลต่อโมล ซึ่งมีค่าตัวเลขเท่ากับมวลอะตอม มวลโมเลกุลหรือมวลสูตรของสารนั้น สำหรับสารที่มีสถานะแก๊ส ๑ โมล จะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตรที่ STP
	๗. คำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่	- สารประกอบเกิดจากการรวมตัวของธาตุตั้งแต่ ๒ ชนิดขึ้นไป โดยมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบที่เสมอ ตามกฎสัดส่วนคงที่
	๘. คำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร	- สูตรเคมีสามารถแสดงได้ด้วยสูตรเอมพิริคัลหรือสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล ซึ่งสูตรอย่างง่ายคำนวณได้จากร้อยละโดยมวลและมวลอะตอมของธาตุองค์ประกอบ และถ้าทราบมวลโมเลกุลของสารจะสามารถคำนวณสูตรโมเลกุลได้
	๙. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ	- สารที่พบในชีวิตประจำวันจำนวนมากอยู่ในรูปของสารละลาย การบอกปริมาณของสารในสารละลาย สามารถบอกเป็นความเข้มข้นในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล
	๑๐. อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด	- การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด ทำได้โดยการละลายตัวละลายที่เป็นสารบริสุทธิ์ในตัวทำละลาย หรือนำสารละลายที่มีความเข้มข้นมาเจือจางด้วยตัวทำละลาย โดยปริมาณของสารที่ใช้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ
	๑๑. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย	- สารละลายมีจุดเดือดและจุดเยือกแข็งแตกต่างไปจากสารบริสุทธิ์ที่เป็นตัวทำละลายในสารละลาย โดยสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวละลายในตัวทำละลาย และชนิดของตัวทำละลาย
ม.๕	-	-

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๖	๑. กำหนดปัญหา และนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางเคมีจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม	- สถานการณ์บางสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม สามารถนำความรู้ทางเคมีไปใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาได้
	๒. แสดงหลักฐานถึงการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับสาขาวิชาอื่น รวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ	- การศึกษาและการแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจทำได้โดยการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับวิทยาศาสตร์แขนงอื่น รวมทั้งคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์
	๓. นำเสนอผลงานหรือชิ้นงานที่ได้จากการแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	- การนำเสนองานหรือแสดงผลงาน เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนร่วมได้แลกเปลี่ยนแนวคิด ผลงาน รวมทั้งเพิ่มโอกาสในการพัฒนางาน โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือประกอบการนำเสนอซึ่งจะ ทำให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพมากขึ้น
	๔. แสดงหลักฐานการเข้าร่วมการสัมมนา การเข้าร่วมประชุมวิชาการ หรือการแสดงผลงาน สิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ	- การสัมมนา การประชุมวิชาการ หรือการร่วมแสดงผลงาน สิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนร่วมได้แลกเปลี่ยนความคิด แสดงทัศนคติต่อกรณีศึกษา สถานการณ์ หรือประเด็นสำคัญทางเคมี ซึ่งช่วยส่งเสริมให้พัฒนากระบวนการคิด ทักษะการสื่อสาร ทักษะการใช้เทคโนโลยีเพื่อการค้นคว้าและการสื่อสาร ซึ่งสามารถทำได้หลายระดับ โดยอาจเป็นระดับชั้นเรียน โรงเรียน กลุ่มโรงเรียน ชุมชน ระดับชาติ หรือนานาชาติ

เนื่องจากการพัฒนาผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม เป็นการหลอมรวมตัวชีวิตในสาระพื้นฐานกับองค์ความรู้ที่ขยายให้เข้มข้นขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน แผนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่เทียบเคียงกันได้คือ

- สาระที่ ๑ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ กับ สาระชีววิทยา
- สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ กับ สาระเคมีและสาระฟิสิกส์
- สาระที่ ๓ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ กับ สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ





## การเทียบเคียงตัวชี้วัดในสาระพื้นฐานวิทยาศาสตร์กายภาพ (เคมี) และผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติมเคมี

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
<p><b>มาตรฐาน ว ๒.๑</b> เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p> <p><b>ตัวชี้วัด ม.๕</b></p> <p>๑. ระบุว่าสารเป็นธาตุหรือสารประกอบ และอยู่ในรูปอะตอม โมเลกุล หรือไอออน จากสูตรเคมี</p>	<p><b>ข้อ ๑.</b> เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p><b>ผลการเรียนรู้ ม.๔</b></p> <p>๙. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก โดยใช้แผนภาพ หรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส</p> <p>๑๔. อธิบายการเกิดพันธะโควาเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส</p> <p><b>หมายเหตุ :</b> เมื่อนักเรียนเรียนรู้เนื้อหาตามสาระเพิ่มเติม ในข้อ ๙ และข้อ ๑๔ ชั้น ม.๔ จะสามารถพิจารณาสูตรเคมีและระบุได้ว่าสารอยู่ในรูปอะตอม โมเลกุล หรือไอออน</p>
<p>๒. เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของแบบจำลองอะตอมของโบร์กับแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก</p>	<p>๑. สืบค้นข้อมูลสมมติฐาน การทดลอง หรือผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม</p>
<p>๓. ระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมและไอออนที่เกิดจากอะตอมเดียว</p>	<p>๒. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ และระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป</p> <p>๙. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก โดยใช้แผนภาพ หรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส</p> <p><b>หมายเหตุ :</b> เมื่อนักเรียนเรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับจำนวนอนุภาค ในอะตอมและการเกิดไอออนตามสาระเพิ่มเติม ในข้อ ๒ และ ข้อ ๙ ชั้น ม.๔ จะสามารถระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมและไอออนได้</p>
<p>๔. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและระบุการเป็นไอโซโทป</p>	<p>๒. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ และระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป</p>

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
๕. ระบุหมู่และคาบของธาตุ และระบุว่าธาตุเป็นโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ กลุ่มธาตุเรพรีเซนเททีฟ หรือ กลุ่มธาตุแทรนซิชัน จากตารางธาตุ	๔. ระบุหมู่ คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และ กึ่งโลหะ ของธาตุเรพรีเซนเททีฟ และธาตุแทรนซิชัน ในตารางธาตุ
๖. เปรียบเทียบสมบัติการนำไฟฟ้า การให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างธาตุในกลุ่มโลหะกับอโลหะ	๕. วิเคราะห์และบอกแนวโน้มสมบัติของ ธาตุเรพรีเซนเททีฟ ตามหมู่และตามคาบ
๗. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างประโยชน์และอันตราย ที่เกิดจากธาตุเรพรีเซนเททีฟและ ธาตุแทรนซิชัน	๘. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและ สิ่งแวดล้อม
๘. ระบุว่าพันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม และระบุจำนวนคู่อิเล็กตรอน ระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะ จากสูตรโครงสร้าง	๑๔. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส
๙. ระบุสภาพขั้วของสารที่โมเลกุลประกอบด้วย ๒ อะตอม	๑๗. คาดคะเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้ทฤษฎีการผลักกันระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ และ ระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์
๑๐. ระบุสารที่เกิดพันธะไฮโดรเจนได้จากสูตรโครงสร้าง ๑๑. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของสารโคเวเลนต์กับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลตามสภาพขั้ว หรือการเกิดพันธะไฮโดรเจน	๑๘. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์
๑๒. เขียนสูตรเคมีของไอออนและสารประกอบไอออนิก	๑๐. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก
๑๓. ระบุว่าสารเกิดการละลายแบบแตกตัวหรือไม่แตกตัว พร้อมทั้งให้เหตุผล และระบุว่าสารละลาย ที่ได้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ หรือนอนอิเล็กโทรไลต์	๑๒. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก ๑๘. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ <b>หมายเหตุ :</b> เมื่อนักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์และสารประกอบไอออนิก ตามสาระเพิ่มเติม ในข้อ ๑๒ และ ข้อ ๑๘ ชั้น ม.๔ จะสามารถระบุการละลายน้ำ ของสารและระบุ ได้ว่าเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์หรือนอนอิเล็กโทรไลต์



ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
<p><b>มาตรฐาน ว ๒.๑</b> เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p> <p><b>ตัวชี้วัด ม.๕</b></p> <p>๑๔. ระบุสารประกอบอินทรีย์ประเภทไฮโดรคาร์บอนว่าอิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัวจากสูตรโครงสร้าง</p>	<p><b>ข้อ ๑.</b> เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p><b>ผลการเรียนรู้ ม.๖</b></p> <p>๓. วิเคราะห์โครงสร้างและระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน</p>
<p>๑๕. สืบค้นข้อมูลและเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพระหว่างพอลิเมอร์และมอนอเมอร์ของพอลิเมอร์ชนิดนั้น</p>	<p>๑๑. ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์</p> <p><b>หมายเหตุ :</b> เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับการเกิดพอลิเมอร์ตามสาระเพิ่มเติม ในข้อ ๑๑ ชั้น ม.๖ จะสามารถเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพระหว่างพอลิเมอร์และมอนอเมอร์ของพอลิเมอร์ชนิดนั้นได้</p>
<p>๑๖. ระบุสมบัติความเป็นกรด-เบสจากโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์</p>	<p>๓. วิเคราะห์โครงสร้างและระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน</p>
<p>๑๗. อธิบายสมบัติการละลายในตัวทาละลายชนิดต่าง ๆ ของสาร</p>	<p>๖. วิเคราะห์และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน</p>
<p>๑๘. วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติเทอร์มอพลาสติกและเทอร์มอเซตของพอลิเมอร์ และการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์</p>	<p>๑๒. วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์</p> <p>๑๓. ทดสอบและระบุประเภทของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์</p>
<p>๑๙. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอผลกระทบของการใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม พร้อมแนวทางป้องกันหรือแก้ไข</p>	<p>๑๕. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์และแนวทางแก้ไข</p>
<p><b>มาตรฐาน ว ๒.๑</b> เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p>	<p><b>ข้อ ๒.</b> เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p>



ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
<p><b>ตัวชี้วัด ม.๕</b></p> <p>๒๐. ระบุสูตรเคมีของสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ และแปลความหมายของสัญลักษณ์ในสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมี</p>	<p><b>ผลการเรียนรู้ ม.๔</b></p> <p>๑. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด</p>
<p><b>มาตรฐาน ว ๒.๑</b> เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p> <p><b>ตัวชี้วัด ม.๕</b></p> <p>๒๑. ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p>	<p><b>ข้อ ๒.</b> เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p><b>ผลการเรียนรู้ ม.๕</b></p> <p>๔. ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p>
<p>๒๒. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน หรือในอุตสาหกรรม</p>	<p>๖. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม</p>
<p>๒๓. อธิบายความหมายของปฏิกิริยารีดอกซ์</p>	<p>๒๔. คำนวณเลขออกซิเดชันและระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์</p>
<p><b>มาตรฐาน ว ๒.๑</b> เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p> <p><b>ตัวชี้วัด ม.๕</b></p> <p>๒๔. อธิบายสมบัติของสารกัมมันตรังสี และคำนวณครึ่งชีวิตและปริมาณของสารกัมมันตรังสี</p>	<p><b>ข้อ ๒.</b> เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p><b>ผลการเรียนรู้ ม.๔</b></p> <p>๗. อธิบายสมบัติและคำนวณครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี</p>
<p>๒๕. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างประโยชน์ของสารกัมมันตรังสีและการป้องกันอันตรายที่เกิดจากกัมมันตภาพรังสี</p>	<p>๘. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม</p>



## ๕. คุณภาพผู้เรียน

### จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖

ผู้เรียนที่เรียนครบทุกผลการเรียนรู้ของ ๔ สาระเพิ่มเติม มีคุณภาพดังนี้

- เข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต และปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ การใช้กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์
- เข้าใจหลักการถ่ายเทอกลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต การถ่ายเทอกลายบนออโตโซมและโครโมโซมเพศ โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ การจำลองดีเอ็นเอ กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน การเกิดมิวเทชันในสิ่งมีชีวิต หลักการและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เจเนอิกของภาวะสมดุลงของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก กระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย โพรทิสต์ ฟันง ฟังไจ และสัตว์ การจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์
- เข้าใจกระบวนการถ่ายเทพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรมนุษย์ในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

- เข้าใจการศึกษาโครงสร้างอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติบางประการของธาตุและการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ พันธะเคมี สมบัติของสารที่มีความสัมพันธ์กับพันธะเคมี กฎต่าง ๆ ของแก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และประเภทและสมบัติของพอลิเมอร์
- เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี การคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมี ทฤษฎีกรด-เบส สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส สารละลายบัฟเฟอร์ ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า
- เข้าใจข้อปฏิบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการเคมี การเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยวัดด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย การคำนวณเกี่ยวกับมวลอะตอม มวลโมเลกุล และมวลสูตร ความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP การคำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

- เข้าใจธรรมชาติของฟิสิกส์ กระบวนการวัด ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ในแนวตรง แรงลัพธ์ กฎการเคลื่อนที่ แรงเสียดทาน กฎความโน้มถ่วงสากล สนามโน้มถ่วง งาน กฎการอนุรักษ์พลังงานกล สมดุลกลของวัตถุ เครื่องกลอย่างง่าย โมเมนตัม และการดล กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชน และการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง
- เข้าใจการเคลื่อนที่แบบคลื่น ปรากฏการณ์คลื่น การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด หลักการของฮอยเกนส์ การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง ความเข้มเสียงและระดับเสียง การได้ยิน ภาพที่เกิดจากกระจกเงาและเลนส์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงและการมองเห็นแสงสี
- เข้าใจสนามไฟฟ้า แรงไฟฟ้า กฎของคูลอมบ์ ศักย์ไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทานและกฎของโอห์ม พลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน สนามแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กกับกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- เข้าใจผลของความร้อนต่อสสาร สภาพยืดหยุ่น ความดันในของไหล แรงพุ่ง ของไหลอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส แนวคิดควอนตัมของพลังงาน ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค การสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี กัมมันตภาพ ปฏิกริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน แรงแม่เหล็กไฟฟ้า และการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค
- เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและ

ธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบันและการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต สาเหตุ กระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย สมบัติและการจำแนกชนิดของแร่ กระบวนการเกิดและการจำแนกชนิดหิน กระบวนการเกิดและการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน การแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยา และการนำข้อมูลทางธรณีวิทยาไปใช้ประโยชน์

- เข้าใจปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและปลดปล่อยพลังงานจากดวงอาทิตย์ กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศแรงคอริโอลิส แรงสู่ศูนย์กลางและแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำและการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร รูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร และผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพอากาศและการเกิดเมฆ การเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่าง ๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้อง ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก รวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศ และการพยากรณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้น จากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศ
- เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาดอุณหภูมิของเอกภพหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซี โครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิดดาวฤกษ์ และการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์



วิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์ วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน โครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก การระบุพิกัดของดาวในระบบขอบฟ้าและระบบศูนย์สูตร เส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ เวลาสุริยคติ และการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก การสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

- ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้
- ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวस्तุ อุปกรณ์รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ
- วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือ และวิธีการที่ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ มีเหตุผล และยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้
- แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบหรือแก้ปัญหาได้ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็น โดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
- เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
- ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชมภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ
- แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

## ๖. ทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในศตวรรษที่ ๒๑ นั้น มีความคาดหวังให้พลเมืองในศตวรรษนี้เป็นผู้มีความรอบรู้ เป็นนักคิดและนักแก้ปัญหา สามารถนำความรู้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม และทันทั่วทั้งที่ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้สอนจึงจำเป็นต้องออกแบบและวางแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านองค์ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะการคิดระดับสูง ด้านทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ ๒๑ และด้านทักษะอื่น ๆ ตลอดจนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเป็นนักเรียนรู้ นักคิด เชื่อมโยงยึดถือและศรัทธาในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเอง และผู้อื่นอย่างมีคุณธรรม เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศชาติ ตลอดจนเป็นพลเมืองของโลกที่ดำรงชีวิตในสังคมแห่งศตวรรษที่ ๒๑ อย่างมีคุณค่า

ทักษะสำคัญที่ผู้สอนจำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเมื่อมีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑

### ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills)

การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสืบเสาะค้นหา ผ่านการสังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง และวิธีการอื่นๆ เพื่อนำข้อมูล สารสนเทศและหลักฐานเชิงประจักษ์มาสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับแนวคิดหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Padilla, 1990; วรณทิพา, ๒๕๔๐) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

- **ทักษะการสังเกต (Observing)**

เป็นความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลาย ๆ อย่างเข้าไปสำรวจวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติหรือจากการทดลองโดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย ประสาทสัมผัสทั้ง ๕ อย่าง ได้แก่ การดู การฟังเสียง การดมกลิ่น การชิมรส และการสัมผัส

- **ทักษะการวัด (Measuring)**

เป็นความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม รวมถึงความสามารถในการหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ จากเครื่องมือที่เลือกใช้ออกมาเป็นตัวเลขได้ถูกต้องและรวดเร็ว พร้อมระบุหน่วยของการวัดได้อย่างถูกต้อง

- **ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring)**

เป็นความสามารถในการคาดเดาอย่างมีหลักการเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ โดยใช้ข้อมูล (Data) หรือสารสนเทศ (Information) ที่เคยเก็บรวบรวมไว้ในอดีต

- **ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)**

เป็นความสามารถในการแยกแยะ จัดพวกหรือจัดกลุ่มสิ่งต่างๆ ที่สนใจ เช่น วัตถุ สิ่งมีชีวิต ดาวและเทหวัตถุต่างๆ หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษาออกเป็นหมวดหมู่ นอกจากนี้ยังหมายถึงความสามารถในการเลือกและระบุเกณฑ์หรือลักษณะร่วมลักษณะใดลักษณะหนึ่งของสิ่งต่างๆ ที่ต้องการจำแนก





- **ทักษะการหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา (Relationship of Space and Time)**

สเปซคือพื้นที่ที่วัตถุครอบครอง ในที่นี้อาจเป็นตำแหน่ง รูปร่าง รูปทรงของวัตถุ สิ่งเหล่านี้อาจมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ (Relationship between Space and Space)	เป็นความสามารถในการหาความเกี่ยวข้อง สัมพันธ์กันระหว่างพื้นที่ที่วัตถุต่าง ๆ ครอบครอง
การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับเวลา (Relationship between Space and Time)	เป็นความสามารถในการหาความเกี่ยวข้อง สัมพันธ์กันระหว่างพื้นที่ที่วัตถุครอบครองเมื่อเวลาผ่านไป

- **ทักษะการใช้จำนวน (Using Number)**

เป็นความสามารถในการใช้ความรู้สึกเชิงจำนวน และการคำนวณเพื่อบรรยายหรือระบุรายละเอียดเชิงปริมาณของสิ่งที่สังเกตหรือทดลอง

- **ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing and Communicating Data)**

เป็นความสามารถในการนำผลการสังเกต การวัด การทดลอง จากแหล่งต่าง ๆ มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายหรือมีความสัมพันธ์กันมากขึ้นจนง่ายต่อการทำความเข้าใจหรือเห็นแบบรูปของข้อมูล นอกจากนี้ยังรวมถึงความสามารถในการนำข้อมูลมาจัดทำในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ วงจร กราฟ สมการ การเขียนบรรยาย เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลมากขึ้น

- **ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)**

เป็นความสามารถในการบอกผลลัพธ์ของปรากฏการณ์ สถานการณ์ การสังเกต การทดลองที่ได้จากการสังเกตแบบรูปของหลักฐาน (Pattern of Evidence) การพยากรณ์ที่แม่นยำจึงเป็นผลมาจากการสังเกตที่รอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึก และการจัดกระทำกับข้อมูลอย่างเหมาะสม

- **ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses)**

เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิม เป็นพื้นฐานคำตอบที่คิดล่วงหน้าที่ยังไม่รู้มาก่อน หรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือ ทฤษฎีมาก่อน การตั้งสมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามักกล่าวไว้เป็นข้อความ ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ซึ่งอาจเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ก็ได้

- **ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally)**

เป็นความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานของการทดลอง หรือที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

- **ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling Variables)**

เป็นความสามารถในการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องการควบคุมให้คงที่ ให้สอดคล้องกับสมมติฐานของการทดลองรวมถึงความสามารถในการระบุและควบคุมตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้น แต่อาจส่งผลต่อผลการทดลอง หากไม่ควบคุมให้เหมือนกันหรือเท่ากัน ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ได้แก่ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ดังนี้

ตัวแปรต้น (Independent Variable)	สิ่งที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจึงต้อง จัดสถานการณ์ให้มีสิ่งนี้แตกต่างกัน
ตัวแปรตาม (Dependent Variable)	สิ่งที่เป็นผลจากการจัดสถานการณ์บางอย่างให้ แตกต่างกันและเราต้องสังเกต วัด หรือติดตามดู
ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ (Controlled Variable)	สิ่งต่าง ๆ ที่อาจส่งผลต่อการจัดสถานการณ์ จึง ต้องจัดสิ่งเหล่านี้ให้เหมือนกันหรือเท่ากัน เพื่อ ให้มั่นใจว่าผลจากการจัดสถานการณ์เกิดจาก ตัวแปรต้นเท่านั้น

- **ทักษะการทดลอง (Experimenting)**

การทดลองประกอบด้วย ๓ ขั้นตอน คือ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง ทักษะการทดลองจึงเป็นความสามารถในการออกแบบและวางแผนการทดลองได้อย่างรอบคอบ และสอดคล้องกับคำถามการทดลองและสมมติฐาน รวมถึงความสามารถในการดำเนินการทดลองได้ตามแผน และความสามารถในการบันทึกผลการทดลองได้ละเอียด ครบถ้วน และเที่ยงตรง

- **ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting and Making Conclusion)**

ความสามารถในการแปลความหมาย หรือการบรรยาย ลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ ตลอดจนความสามารถในการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

- **ทักษะการสร้างแบบจำลอง (Formulating Models)**

ความสามารถสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ สมการ แผนภูมิ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว รวมถึงความสามารถในการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองแบบต่าง ๆ

## ทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ (21<sup>st</sup> Century Skills)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ หมายถึงกลุ่มความรู้ ทักษะ และนิสัยการทำงาน ที่เชื่อว่ามีสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะนี้เป็น ผลจากการพัฒนากรอบความคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ โดยภาคีเพื่อทักษะ

แห่งศตวรรษที่ ๒๑ (Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learning, 2009) โดยกรอบ ความคิดนี้นำเสนอทั้งส่วนของผลลัพธ์ของผู้เรียน และระบบสนับสนุนต่าง ๆ ดังอธิบายได้ตามภาพที่ ๕



ภาพที่ ๕ กรอบความคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ ๒๑

ปรับปรุงจาก P21 Framework for 21<sup>st</sup> Century Learning (Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learning, 2009)

## ผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ (21<sup>st</sup> Century Student Outcomes)

การที่จะประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพและดำรงชีวิตในศตวรรษที่ ๒๑ ผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาและฝึกฝนวิทยาการความรู้และทักษะต่าง ๆ ได้แก่ ทักษะการใช้ชีวิตและอาชีพ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อต่าง ๆ และเทคโนโลยี ซึ่งล้วนเป็นทักษะสำคัญสำหรับพลเมืองโลกทุกวันนี้ นอกจากนี้ยังต้องมีรูปแบบและวิธีการประเมินการเรียนรู้ และทักษะเหล่านี้ต้องสอดคล้อง เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะเหล่านี้สามารถทำได้โดยผสมผสานบูรณาการควบคู่ไปกับการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยสถานศึกษาจำเป็นต้องมีการจัดระบบต่าง ๆ เช่น หลักสูตรสถานศึกษา สื่อการจัดการเรียนรู้ การประเมินการเรียนรู้ ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ตลอดจนสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ให้ส่งเสริม สนับสนุนการเรียนรู้ด้านวิชาการต่าง ๆ ให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการเรียนรู้อย่างมีความสุข และเห็นประโยชน์ของการหมั่นเพียรเรียนรู้และฝึกฝนเพื่อพัฒนาสมรรถนะที่จำเป็นเหล่านี้และประสบความสำเร็จในอนาคต

กรอบความคิดนี้ยังอธิบายว่า ผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จะประสบความสำเร็จในชีวิตและอาชีพได้จำเป็นต้องรู้หนังสือ นั่นคือมีความสามารถในการอ่านออกเขียนได้ควบคู่ไปกับความรู้ที่บูรณาการกันระหว่างความรู้ในวิชาการ และทักษะกระบวนการต่าง ๆ ที่กล่าวมา ดังนั้นบุคคลแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จะต้องเป็นผู้รู้หนังสือ มีทักษะในการแสวงหาความรู้ได้ด้วยตัวเองอันนำไปสู่การเป็นผู้มีด้านความรู้ทางวิชาการที่เข้มแข็งจึงจะสามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์ สื่อสารและทำงานร่วมมือกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบสำคัญที่เป็นผลลัพธ์ของผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ประกอบด้วย ความรู้และเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับศตวรรษที่ ๒๑ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะชีวิตและอาชีพ และทักษะสารสนเทศ สื่อมีเดียและเทคโนโลยี

ผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับผู้เรียนด้านความรู้และเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับศตวรรษที่ ๒๑ ผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จำเป็นต้องมีความรอบรู้ เรื่องราว เหตุการณ์ สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ ๒๑ ผู้สอนจึงต้องออกแบบและจัดการเรียนรู้ที่มีการผนวกหรือบูรณาการเรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับศตวรรษที่ ๒๑ ไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ หรือหลักสูตรสถานศึกษา เช่น การตระหนักรู้ต่อโลก ความรอบรู้ในเรื่องการเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจและการประกอบการ ความรอบรู้ในเรื่องหน้าที่พลเมือง สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ความรู้ด้านศาสตร์วิชาการต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อผู้เรียนในศตวรรษที่ ๒๑ ได้แก่

- ภาษาอังกฤษ ทั้งด้านการอ่าน และความมั่งคั่งของภาษา
- ภาษาต่าง ๆ ในโลก
- ศิลปะ
- ภูมิศาสตร์
- ประวัติศาสตร์
- วิทยาศาสตร์
- คณิตศาสตร์
- เศรษฐศาสตร์
- การปกครองและหน้าที่พลเมือง



ตั้งที่กล่าวแล้วข้างต้น นอกจากผลลัพธ์ด้านความรู้ พลเมืองในศตวรรษที่ ๒๑ ควรมีสัมรรถนะที่จำเป็นอีก ๓ ด้าน ได้แก่ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ความรอบรู้และสมรรถนะด้านทักษะชีวิต และอาชีพ และทักษะสารสนเทศ สื่อมีเดียและเทคโนโลยี ราชบัณฑิตยสถานได้ระบุทักษะที่จำเป็นแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ที่สอดคล้องกับสมรรถนะที่ควรมีในพลเมืองยุคใหม่รวม ๗ ด้าน (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ๒๕๕๘; ราชบัณฑิตยสถาน, ๒๕๕๗) ดังนี้

### ๑. ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving)

เป็นความสามารถในการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ การคิดอย่างเป็นระบบ การประเมินและการตัดสินใจ และการแก้ปัญหา

#### • การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)

หมายถึง การคิดโดยใช้เหตุผลที่หลากหลายเหมาะสมกับสถานการณ์ มีการคิดอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์และประเมินหลักฐานและข้อคิดเห็น ด้วยมุมมองที่หลากหลาย สังเคราะห์ แปลความหมาย และจัดทำข้อสรุป สะท้อนความคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ประสบการณ์ และกระบวนการเรียนรู้

#### • การแก้ปัญหา (Problem Solving)

หมายถึง การแก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยหรือปัญหาใหม่ ได้โดยอาจใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการ และประสบการณ์ที่เคยรู้มาแล้ว หรือการสืบเสาะหาความรู้วิธีการใหม่ มาใช้แก้ปัญหาก็ได้ นอกจากนี้ยังรวมถึงการซักถามเพื่อทำความเข้าใจมุมมองที่แตกต่างหลากหลายเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่ดีมากขึ้น

### ๒. ด้านการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ

#### (Communications, Information, and Media Literacy)

หมายถึง ความสามารถในการเข้าถึง การจัดการ การประเมิน และการใช้งานสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ (เวลาในการเข้าถึงสื่อ) และประสิทธิภาพ (การเข้าถึงและใช้งานแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย) รวมถึงความสามารถในการผลิตและใช้สื่อเพื่อสื่อสารกับบุคคลอื่นอย่างถูกต้อง เหมาะสม ประกอบด้วย

๑. สามารถเลือกใช้เครื่องมือที่ถูกต้อง เหมาะสมเพื่อสร้างสื่อได้ตรงตามวัตถุประสงค์รวมถึงสามารถสื่อสารความคิดผ่านสื่อข้อความหรือสื่อรูปแบบอื่น
๒. เข้าใจวัตถุประสงค์ของการสร้างสื่อข้อความรวมถึงวิธีการสร้างสื่ออื่นๆ
๓. เข้าใจอิทธิพลของความเชื่อและวัฒนธรรมต่อสื่อรูปแบบต่างๆ และผลกระทบของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม และวัฒนธรรม
๔. เข้าใจข้อตกลง ข้อกำหนด และกฎหมายในการใช้สื่อหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ การใช้ลิขสิทธิ์ด้านสารสนเทศและสื่อของผู้อื่นโดยชอบธรรม

### ๓. ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership)

เป็นการแสดงความสามารถในการทำงานร่วมกับคนกลุ่มต่าง ๆ ที่หลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพและให้เกียรติ มีความยืดหยุ่นและยินดีที่จะประนีประนอม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการทำงาน พร้อมทั้งยอมรับและแสดงความรับผิดชอบต่องานที่ทำร่วมกัน และเห็นคุณค่าของผลงานที่พัฒนาขึ้นจากสมาชิกแต่ละคนในทีม

### ๔. ด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation)

เป็นความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และการนำไปปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรม

- **การสร้างสรรค์ (Creativity)** หมายถึง การใช้เทคนิคที่หลากหลายในการสร้างสรรค์แนวคิด เช่น การระดมพลังสมอง รวมถึงความสามารถในการพัฒนาต่อยอดแนวคิดเดิมหรือได้แนวคิดใหม่ และความสามารถในการถ่วงถ่วง ทบทวน วิเคราะห์ และประเมินแนวคิด เพื่อปรับปรุงให้ได้แนวคิดที่จะส่งผลให้ความพยายามอย่างสร้างสรรค์นี้เป็นไปได้มากที่สุด
- **การทำงานกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work Creatively with Others)** หมายถึง การพัฒนาและการนำผลงานไปใช้แล้วสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ อย่างมีประสิทธิภาพให้ผู้อื่นเข้าใจ การเปิดใจยอมรับและตอบสนองต่อทัศนคติใหม่และหลากหลาย การนำแนวคิด และข้อเสนอกลับของกลุ่มมาใช้ในการทำงาน การแสดงให้เห็นถึงการนำแนวคิดแปลกใหม่ สร้างสรรค์มาใช้ในการทำงาน และการนำความเข้าใจถึงข้อจำกัดต่าง ๆ มาปรับใช้

เพื่อสร้างแนวคิดใหม่ ๆ นอกจากนี้ยังรวมถึงการเป็นผู้มีมุมมองและความเข้าใจว่าความล้มเหลวเป็นโอกาสแห่งการเรียนรู้ การสร้างสรรค์ผลงานและการสร้างนวัตกรรมเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลา และระหว่างกระบวนการสร้างผลงาน จะพบความผิดพลาดมากกว่าความสำเร็จ สิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นเป็นวัฏจักร

- **การนำไปปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรม (Implement Innovations)** หมายถึง การปฏิบัติตามแนวคิดเพื่อสร้างผลงานที่เป็นประโยชน์ให้เกิดขึ้นจริงให้ได้ซึ่งจะนำไปสู่ผลงานที่เป็นนวัตกรรมในที่สุด

### ๕. ด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Computing and ICT Literacy)

หมายถึงทักษะและความชำนาญในการนำเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือวิธีการที่เกี่ยวกับดิจิทัล ไม่ว่าจะเป็นฮาร์ดแวร์ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สื่อออนไลน์ จนกระทั่งฐานข้อมูลออนไลน์มาใช้ในการทำงานเพื่อการสืบค้น การรวบรวม การจัดการ การประมวลผล การประเมินความถูกต้อง และการสื่อสารและนำเสนอสารสนเทศเพื่อพัฒนากระบวนการทำงานให้ทันสมัย และมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ทักษะในด้านนี้ยังรวมถึงความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการสื่อสาร สามารถใช้งานระบบคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ขั้นพื้นฐานจนถึงการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งงานคอมพิวเตอร์ การใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน



## ๖. ด้านการทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง (Career and Learning Self-Reliance)

หมายถึง ทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต และทำงานในยุคปัจจุบัน  
อย่างมีคุณภาพ ทักษะที่สำคัญในกลุ่มนี้ประกอบด้วย

- **ความยืดหยุ่นและการปรับตัว (Flexibility and Adaptability)**  
เพื่อให้เข้ากับภาวะการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว รวมถึงภาวะที่มี  
ทรัพยากรจำกัดในยุคปัจจุบันซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อแผน  
การทำงานที่วางไว้ พลเมืองในศตวรรษที่ ๒๑ จึงต้องมีความยืดหยุ่น  
และสามารถปรับเปลี่ยนแผนงานเพื่อให้เข้ากับบริบทและเงื่อนไข  
ของการทำงานที่เปลี่ยนแปลง และสามารถนำความเห็นที่แตกต่าง  
มาทำความเข้าใจ และสร้างดุลยภาพเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงได้
- **การริเริ่มและการกำกับดูแลตัวเอง (Initiative and Self-Direction)**  
ทักษะนี้หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้  
พัฒนาทักษะที่จำเป็นในการทำงานได้ด้วยตนเองและมองเห็น  
โอกาสในการเรียนรู้เพื่อเพิ่มพูนประสิทธิภาพและขยายความ  
เชี่ยวชาญของตนเองได้ ความสามารถในการกำหนดเป้าหมาย  
จัดการเวลาและภาระงานของตนเอง และความสามารถในการ  
ชี้แนะตนเองและพัฒนาตนเองโดยการทบทวนจากประสบการณ์ที่  
ผ่านมา (วิจารณ์, ๒๕๕๕; เบลล์ก้าและแบรนต์, ๒๐๑๐ / ๒๕๕๖)

## ๗. ด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ (Cross-Cultural Understanding)

ทักษะในด้านนี้หมายถึง ความสามารถในการทำงานและดำรงชีวิต  
ในสภาพแวดล้อมที่คนมีความคิดเห็นและความเชื่อหลากหลาย  
โดยไม่รู้สึกแปลกแยก เคารพความแตกต่างทางวัฒนธรรม สามารถ  
ยอมรับและตอบสนองความคิดเห็นที่แตกต่างในเชิงบวก นำไปสู่  
การสร้างแนวคิดหรือวิธีการทำงานใหม่ได้



## ๗. จิตวิทยาศาสตร์

### จิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind or Scientific Attitudes)

เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกนึกคิด ในทางวิทยาศาสตร์ ที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้หรือได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อความคิด การตัดสินใจ การกระทำ และการแสดงออก ทางพฤติกรรมต่อความรู้หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนมีความจำเป็นที่จะต้อง สร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนเกิดความชอบ สนใจที่จะเรียนรู้ ตลอดจนมีความรู้สึกที่ดี ต่อวิทยาศาสตร์ เพราะจะส่งผลต่อความรู้สึก นึกคิด และทำให้ผู้เรียนเกิดเจตคติ ที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์และการนำ วิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนเป็นผู้ที่เชื่อมั่น ยึดถือและศรัทธาใน การใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ต่อตนเองและผู้อื่นอย่างมีคุณธรรมและมีคุณค่า โดยจิตวิทยาศาสตร์จะครอบคลุม เกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

### เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Attitudes Towards Sciences)

เป็นความรู้สึก ความเชื่อ และการยึดถือของบุคคล ในคุณค่าของงานด้านวิทยาศาสตร์ รวมถึงผลกระทบในด้านต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อตนเองและต่อสังคม ซึ่งเป็น ผลจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ความรู้สึกดังกล่าว เช่น ความสนใจ ความชอบ การเห็นความสำคัญและคุณค่าของวิทยาศาสตร์

### เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitudes)

เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการคิดแบบวิทยาศาสตร์ ความเชื่อเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หรือการแสดงออกถึงการมีจิตใจที่เป็นวิทยาศาสตร์ (Kozlow, M.J. & Nay, M.A., 1976)

- **การใช้วิจารณ์ญาณ (Critical-Mindedness)**

ค้นหาและยอมรับการไม่สอดคล้องกันของข้อมูลที่สืบเสาะได้กับความ เชื่อหรือความรู้ที่มีมา รวบรวมแนวคิดจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น ผู้เชี่ยวชาญ งานวิจัย แล้วพยายามวิเคราะห์และให้เหตุผลแต่ละข้อมูล ก่อนประเมินและตัดสินใจ

- **ความรอบคอบ (Suspended Judgement)**

ไม่แสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ต่าง ๆ จนกว่าจะลงมือทำการ สืบเสาะค้นหา พร้อมทั้งยอมรับและเห็นคุณค่าของการสร้าง หรือคัดค้าน ในข้อจำกัดของข้อสรุปหรือทฤษฎี สรุปหรืออธิบายในขอบเขตของ หลักฐานที่ปรากฏเท่านั้น

- **ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน (Respect for Evidence)**

พยายามสืบเสาะค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต การ ทดลองหรือการสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้สนับสนุนการอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ หรือใช้โต้แย้งกับคำอธิบายที่แตกต่างหรือไม่สอดคล้อง กับคำอธิบายของตนเอง

- **ความซื่อสัตย์ (Honesty)**

เก็บรวบรวมหลักฐานให้มากที่สุด รายงานหลักฐานเชิงประจักษ์และข้อมูล เพิ่มเติมอื่น ๆ ทุกรายการ แม้ว่าบางข้อมูล จะขัดแย้งกับสมมติฐานหรือสิ่งที่ พยายามไว้ ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตน โดยยอมรับงาน ของผู้อื่นอย่างเปิดเผย





- **วัตถุวิสัย (Objectivity)**

แปลความหมายข้อมูลให้สอดคล้องกับหลักฐานอย่างเที่ยงตรง ปราศจากอคติ โดยวิเคราะห์ข้อมูลทุกมิติทั้งด้านที่สนับสนุนและขัดแย้งกับสมมติฐานหรือสิ่งที่พยากรณ์ไว้ และไม่นำความเชื่อส่วนตัวหรือความรู้ที่มีอยู่มามีอิทธิพลเหนือการแปลความหมายข้อมูล

- **การยอมรับความเห็นต่าง (Willingness to Change Opinions)**

ยอมรับความเห็นหรือแนวคิดที่มีประจักษ์พยานและเหตุผลที่แตกต่างจากตนเอง แสดงการยอมรับว่าทุกสมมติฐาน ข้อสรุป แนวคิด หรือทฤษฎีต่างๆ ไม่มีความแน่นอน มีข้อจำกัด ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ยินดีเปลี่ยนแปลงสมมติฐานหรือแนวคิดตามหลักฐานเชิงประจักษ์และเหตุผลที่ถูกต้องมากกว่า

- **ความใจกว้าง (Open-Mindedness)**

คิดพิจารณาทางเลือกอื่นๆ ที่เป็นไปได้ ในระหว่างทำการสืบเสาะหาความรู้ พร้อมทั้งยินดีรับฟัง และประเมินแนวคิดต่างๆ ที่ผู้อื่นนำเสนอหรือแนะนำ

- **ความอยากรู้อยากเห็น (Questioning Attitude)**

กระตือรือร้นในการสืบเสาะค้นหาความรู้ตามที่สงสัย หรือแนวคิดที่ขัดแย้งหรือไม่สอดคล้องกันกับแนวคิดของตนเอง ตั้งคำถามที่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะค้นหาคำตอบ หรือตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลหรือแนวคิดที่แตกต่างนั้น ตั้งคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะค้นหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ

- **ความมุ่งมั่นอดทน (Tolerance of Uncertainty)**

ไม่ย่อท้อในการค้นหาข้อมูล หลักฐาน เพื่อนำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติหรือสิ่งที่สงสัย แสดงความเข้าใจและยอมรับว่าความไม่แน่นอน ความไม่ชัดเจนสามารถเกิดขึ้นได้เสมอ และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใดๆ สามารถเข้าใจถึงความจริงทางธรรมชาติ แต่ยังไม่สิ้นสุด จึงต้องมุ่งมั่นในการสืบเสาะค้นหาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นอย่างต่อเนื่อง ไม่ท้อถอย

## ๘. แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียน ในศตวรรษที่ ๒๑

### • แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามพระราชบัญญัติการศึกษา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๒ มาตรา ๒๒ ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ในมาตรา ๒๓ (๒) เน้นการจัดการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ให้มีความสำคัญของการบูรณาการความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ตามความเหมาะสมของระดับการศึกษา โดยเฉพาะความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์เรื่องการจัดการ การบำรุงรักษา และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืน ในส่วนของการจัดกระบวนการเรียนรู้ มาตรา ๒๔ ได้ระบุให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการ ดังนี้

๑. จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
๒. ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา
๓. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง
๔. จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา

๕. ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียน การสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ

๖. จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดา มารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวดังกล่าว จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนการสอนทั้งของผู้เรียนและผู้สอน กล่าวคือลดบทบาทของครูผู้สอนจากการเป็นผู้บอกเล่า บรรยาย สาธิต เป็นการวางแผนจัดกิจกรรมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ กิจกรรมต่าง ๆ จะต้องเน้นที่บทบาทของผู้เรียนตั้งแต่เริ่ม คือ ร่วมวางแผนการเรียน การวัดผล ประเมินผล และต้องคำนึงว่ากิจกรรมการเรียนนั้น เน้นการพัฒนากระบวนการคิด วางแผน ลงมือปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูล ด้วยวิธีการต่าง ๆ จากแหล่งเรียนรู้หลากหลาย ตรวจสอบ วิเคราะห์ การแก้ปัญหา การมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลที่สืบค้นได้ เพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหาหรือคำถามต่าง ๆ ในที่สุดสร้างองค์ความรู้ ทั้งนี้ กิจกรรมการเรียนรู้เหล่านี้ต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีพัฒนาการเหมาะสมตามวัย ทั้งทางร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญา



### • แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ของมนุษย์

สภาวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council, NRC) ได้สังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ของมนุษย์ แล้วเรียบเรียงและเผยแพร่ในรูปแบบหนังสือ มีชื่อว่า มนุษย์เรียนรู้อย่างไร: สมอง จิตใจ ประสบการณ์ และโรงเรียน (How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School) ในหนังสือเล่มนี้ได้กล่าวถึงการเรียนรู้ของผู้เรียนใน ๓ วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และประวัติศาสตร์ ผู้เรียบเรียงได้ระบุว่าในการเรียนรู้วิชาต่าง ๆ ของมนุษย์ทุกเพศและวัยจะขึ้นอยู่กับหลักการเรียนรู้ ๓ ประการ ซึ่งผู้เรียบเรียงได้นำเสนอผ่านการเรียนรู้ของปลาน้อย ณ สระน้ำแห่งหนึ่ง จากนิทานเรื่อง ปลา ก็คือปลา (Fish is Fish) ที่ประพันธ์โดยลิโอ โลออนี (อ้างอิงไว้ใน Donovan & Branford, 2005) เนื้อหาโดยสังเขปมีดังนี้

### ปลา ก็คือปลา โดย ลิโอ โลออนี

วันหนึ่งลูกปลาน้อยกับกบได้พูดคุยกันเกี่ยวกับเรื่องราวต่างๆ นอกสระ กบเล่าให้ปลาน้อยฟังอย่างตื่นเต้นว่า

กบ: นี่ ๆ เจ้าปลาน้อย ฉันทกระโดดออกไปเที่ยวข้างนอก มาละ แล้วฉันก็เห็นสิ่งแปลก ๆ มากมาย

ปลาน้อย: เช่นอะไรบ้างล่ะ

กบ: นก... (กบบอกปลาแบบลึกลับนิด ๆ)

ปลาน้อย: นกเหรอ!

แล้วเจ้ากบก็เล่ารายละเอียดของนกที่ตนพบเห็นมาอย่างตื่นเต้นว่ามีปีกสองปีก มีขาสองขาและมีหลากหลายสี ในขณะที่เจ้ากบเล่าไปนั้น ปลาน้อยก็นึกภาพของนกผ่านความคิดของตนเอง ซึ่งก็คือปลาตัวใหญ่ที่มีสองปีกสองขา และมีหลายสี

จากนั้นกบก็เล่าเรื่องราวเกี่ยวกับวัว ซึ่งเจ้าปลาน้อยก็จินตนาการเป็นปลาที่มีจุดสีขาว-ดำ มีเขา และเต้านม

ครั้นเมื่อกบเล่าเรื่องราวเกี่ยวกับมนุษย์ เจ้าปลาน้อยก็จินตนาการเห็นปลาที่มีสองขา เดินตัวตรงและสวมเสื้อผ้า

ที่มา: Donovan, M. S. & Branford, J.D. (2005). How students learn science in the classroom, p.2 - 3



จากนิทานข้างต้นนี้ หากเปรียบสระน้ำแห่งนี้เป็นห้องเรียน กบอาจเปรียบได้กับผู้สอน ในขณะที่ปลาน้อยอาจเปรียบได้กับผู้เรียน บทสนทนาและภาพที่ปลาน้อยจินตนาการสื่อให้เราเห็นว่า แม้ว่ากบจะเล่ารายละเอียดเกี่ยวกับนก วัว หรือคนได้อย่างครบถ้วนตามที่ตนเองพบมา แต่ปลาน้อยก็นำประสบการณ์ของตนเองมาทำความเข้าใจข้อมูลใหม่ที่กบเล่า แล้วสร้างเป็นความรู้และความเข้าใจของตนเองอยู่ดี โดยที่กบไม่มีโอกาสรู้เลยว่าปลาน้อยมีความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่ตนเล่าอย่างไรบ้าง

นิทานเรื่องนี้สะท้อนให้เห็นถึงการเรียนรู้ว่า ถ้าผู้สอนจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นแต่เพียงการถ่ายทอดข้อมูล โดยไม่มีการตรวจสอบหรือค้นหาความรู้เดิม (Prior Knowledge) หรือสิ่งที่ผู้เรียนเคยรู้มาก่อนที่จะมาเรียนในห้องเรียน สิ่งที่คุณเรียนรู้อาจแตกต่างจากสิ่งที่ผู้สอนคาดหวังให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เพราะเมื่อได้รับความรู้หรือข้อมูลใหม่ ผู้เรียนมักใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมของตนเอง ซึ่งอาจได้มาจากชั้นเรียน จากประสบการณ์ตรงของตนเอง จากพ่อแม่ ญาติ เพื่อน โจรทศน์ หรือจากที่อื่น ๆ มาผสมผสานกับข้อมูลใหม่ที่ได้แล้วสังเคราะห์เป็นความรู้หรือความเข้าใจของตนเอง ดังนั้นเพื่อป้องกันการเข้าใจคลาดเคลื่อนของผู้เรียน ผู้สอนควรยึดหลักปฏิบัติ คือ

๑. มีการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนเสมอก่อนลงมือสอน
๒. ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติให้มากที่สุด
๓. ผู้เรียนควรได้สะท้อนและติดตามการเรียนรู้ของตนเอง ขณะเดียวกัน ผู้สอนควรมีการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง (Musikul, 2010 ; กุศลสิน, ๒๕๕๔)



## • แนวการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับการพัฒนาผู้เรียน ในศตวรรษที่ ๒๑

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนให้พร้อมที่จะดำรงชีวิตและประกอบอาชีพได้อย่างประสบความสำเร็จได้ในอนาคตนั้น จำเป็นต้องเน้นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนานักคิด นักแก้ปัญหา และนักเรียนผู้ตลอดชีวิต โดยจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของตนเองตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ โดยอาจทำได้ดังนี้

- จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ผู้สอนกระตุ้นหรือจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้เกิดคำถามหรือข้อสงสัยที่อยากค้นหาคำตอบ
- ผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้อย่างเป็นระบบเพื่อค้นหาคำตอบที่สงสัย โดยเริ่มจากการลงมือสืบเสาะหาความรู้ตามคำแนะนำ จนกระทั่งสามารถออกแบบและวางแผนการสืบเสาะ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ แล้วนำมาสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง
- ผู้เรียนควรมีโอกาสได้ฝึกฝนและพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ อย่างกลุ่มเล็กและเชื่อมโยงกันผ่านการทำกิจกรรมที่หลากหลายทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน
- ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะต่างๆ อย่างต่อเนื่อง สม่่าเสมอและเหมาะสมกับวัย
- ผู้เรียนสามารถใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องตามยุคสมัยในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ ใช้สืบค้นข้อมูลทั้งจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ใช้จัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ใช้สร้างแบบจำลอง

- ผู้เรียนสามารถออกแบบและทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อฝึกฝนและสามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี และทักษะที่สำคัญสำหรับศตวรรษที่ ๒๑ มาแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
- ผู้เรียนได้เพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์จากแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่น เพื่อขยายขอบเขตการเรียนรู้และสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ในห้องเรียนกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน ตลอดจนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ผู้เรียนควรมีโอกาสได้รู้จักและคุ้นเคยกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งอาจเพิ่มระดับความซับซ้อนของข้อมูลให้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน เช่น ผู้เรียนระดับประถมศึกษาได้ฝึกฝนการวิเคราะห์และสร้างคำอธิบายจากข้อมูลที่เก็บได้จริงแต่ไม่มีความซับซ้อน ส่วนในระดับมัธยมศึกษาอาจให้ผู้เรียนได้ฝึกการวิเคราะห์และอธิบายข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่หลากหลาย ซับซ้อน มีปริมาณมาก และเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จึงไม่สามารถนำมาจัดกระทำหรือจัดการได้ด้วยวิธีการหรือเครื่องมือแบบเดิม
- ผู้เรียนมีโอกาสนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปบูรณาการกับความรู้จากแขนงวิชาอื่น ๆ เช่น คณิตศาสตร์ มาแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง หรือเกิดขึ้นจริง โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

## • แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องเรียนที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ สอดคล้องกับการพัฒนาผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ และธรรมชาติการเรียนรู้ของ มนุษย์นั้น ครูสามารถเลือกกลวิธีในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลายตามความ เหมาะสมกับเนื้อหา เวลา บริบท และปัจจัยอื่น ๆ กลวิธีที่สามารถนำมาใช้จัดการ เรียนรู้ในห้องเรียนได้ เช่น การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning)

“การสืบเสาะ (Inquiry)” เป็นกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดย เลียนแบบวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับ ธรรมชาติ แม้ว่าจะมีการนำการเรียนรู้แบบสืบเสาะมาใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี ปัจจุบันก็ยังปรากฏความสับสนหลายประการเกี่ยว กับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ดังนี้

๑. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวัฏจักรการเรียนรู้ แบบ ๕ ขั้น (5E Learning Cycle) เป็นสิ่งเดียวกัน
๒. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องจัดแบบสืบเสาะหาความรู้เท่านั้น
๓. การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้คือต้องให้ผู้เรียนเป็นผู้ตั้งคำถามและ ทำการสืบเสาะเพื่อตอบคำถามที่ตนตั้งไว้ด้วยตัวเอง
๔. การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้คือการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทำ กิจกรรม (hands-on activity) เพื่อฝึกฝนทักษะกระบวนการมากกว่า การสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
๕. ความตื่นเต้นสนุกสนานของผู้เรียนระหว่างทำกิจกรรมเป็นตัวบ่งชี้ ระดับของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ตามมาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Science Education Standards) โดยสภาวิจัยแห่งชาติ (NRC,1996) ได้นิยาม “การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์” (Scientific Inquiry) ว่าเป็น กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และนำเสนอผลการศึกษานั้นตามสารสนเทศหรือ หลักฐานต่าง ๆ ที่รวบรวมได้

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ จึงหมายถึงการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับทักษะ กระบวนการต่าง ๆ ระหว่างกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบเดียวกัน กับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ จึงกล่าวได้ว่า หัวใจสำคัญของ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนก็คือ การให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการในการสำรวจตรวจสอบ (Investigation Process) และรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มาใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหา ข้อสงสัยที่ตนมีเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการหรือเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้เรียนได้ทำระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีส่วนที่ คล้ายคลึงกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ที่สนใจดังตารางที่ ๒



ตารางที่ ๒ การเปรียบเทียบการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์และของผู้เรียน

การสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์	การสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียน
๑. สังเกต	๑. เกิดข้อสงสัย/ปัญหา
๒. เกิดข้อสงสัย/ปัญหา	๒. กำหนดปัญหา
๓. กำหนดปัญหาจากความรู้พื้นฐาน	๓. พยากรณ์หรือตั้งสมมติฐาน
๔. รวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือและ/หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์	๔. วางแผนและดำเนินการอย่างง่ายเพื่อสืบเสาะค้นหาคำตอบ
๕. ค้นหาข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมา	๕. รวบรวมข้อมูลจากการสังเกต ทดลอง หรือสร้างแบบจำลอง
๖. อธิบายสิ่งที่ศึกษา	๖. สร้างคำอธิบายจากหลักฐานเชิงประจักษ์
๗. เผยแพร่ผลการศึกษาโดยมีข้อมูล/หลักฐานสนับสนุน	๗. พิจารณาและเปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับคำอธิบายอื่น ๆ
๘. สื่อสารสิ่งที่ค้นพบ	๘. สื่อสารสิ่งที่ค้นพบ
๙. อธิบายเพิ่มเติมสิ่งที่ศึกษา	๙. ตรวจสอบคำอธิบาย
๑๐. เผยแพร่ผลการศึกษาโดยมีข้อมูล/หลักฐานสนับสนุน	

ที่มา: ปรับปรุงจาก National Research Council. (2000). Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning.

การสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียนสามารถทำได้หลากหลายระดับ ตั้งแต่การที่ผู้สอนเป็นผู้กำหนดการสำรวจตรวจสอบของผู้เรียน เพื่อตรวจสอบยืนยันสิ่งที่รู้มาแล้ว ไปจนถึงการที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกแบบการสำรวจตรวจสอบอย่างอิสระเพื่อสำรวจปรากฏการณ์ ที่ยังไม่สามารถอธิบายได้

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบ่งเป็น ๓ ระดับ คือ

๑. การสืบเสาะแบบกำหนดโครงสร้าง
๒. การสืบเสาะแบบกึ่งกำหนดโครงสร้าง
๓. การสืบเสาะไม่กำหนดโครงสร้าง

โดยบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนแต่ละระดับมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ๓ ระดับของการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้

ชั้น	ระดับของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
	ระดับที่ ๑	ระดับที่ ๒	ระดับที่ ๓
การกำหนดปัญหา	ผู้สอนหรือหนังสือเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา	ผู้สอนหรือผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา
กระบวนการแก้ปัญหา	ผู้สอนหรือหนังสือเรียนเป็นผู้กำหนดวิธีการแก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบการแก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบการแก้ปัญหา
แนวทางการแก้ปัญหา	ผู้เรียนแก้ปัญหาตามวิธีการที่กำหนดไว้	ผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แต่ละแบบนี้มีข้อดีและข้อจำกัดที่ต่างกัน ผู้สอนต้องพิจารณา ระดับของการสืบเสาะหาความรู้ตามความเหมาะสมของเนื้อหา เวลาในการจัดการเรียนรู้ ความสามารถของผู้เรียน บริบทของห้องเรียนและโรงเรียน รวมถึงความมั่นใจของตัวผู้สอนเอง





- **แนวทางการใช้คำถามกับการส่งเสริมการคิดและการพัฒนา  
ด้านพุทธิพิสัยตามอนุกรมวิธานของบลูม และอนุกรมวิธาน  
ที่ปรับปรุงมาจากบลูม**

การสนทนาหรืออภิปรายระหว่างผู้สอนและผู้เรียน หรือระหว่างผู้เรียนเอง จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด รวมถึงทักษะการสื่อสาร ดังนั้น คำถามของผู้สอนระหว่างการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมการคิดของผู้เรียน ลักษณะของคำถามที่ดี คือ

๑. มีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย ไม่กำกวม
๒. เป็นคำถามที่กระชับ
๓. เป็นประโยคที่สมบูรณ์
๔. ไม่ยากหรือง่ายเกินไปสำหรับผู้เรียน
๕. เป็นคำถามที่กระตุ้นให้เกิดการคิด
๖. เป็นคำถามที่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ หรือค้นหาคำตอบได้

การจัดการเรียนรู้ โดยใช้คำถามเพื่อส่งเสริมการคิดอาจมีแนวทางดังนี้

- ก่อนการสอน ผู้สอนควรแต่งคำถามที่ท้าทายการคิดระดับต่าง ๆ ไว้ล่วงหน้า เพื่อให้มั่นใจว่าคำถามมีหลากหลายระดับ และตรงกับจุดประสงค์หรือเป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น
  - เว็บไซต์ทั้งสองนี้แตกต่างกันอย่างไรบ้าง (การวิเคราะห์)
  - ผู้เขียนบทความนี้ต้องการสื่อสารอะไรกับเรา (การใช้วิจารณญาณ)
  - เราจะแต่งตอนจบของเรื่องนี้ใหม่ได้อย่างไร (การสร้างสรรค์)
  - เรื่องราวที่อ่านทำให้เรารู้สึกอย่างไร (การประเมิน)

- ผู้เรียนมีเวลาคิดอย่างเหมาะสมหลังจากได้ฟังคำถามและคำตอบ งานวิจัยมากมายแสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้เรียนได้มีเวลาคิดหลังจากได้ฟังคำถามและคำตอบจากเพื่อนแล้ว ผู้เรียนจะสามารถคิดและอภิปรายเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ ได้ลึกซึ้งมากขึ้น หากเป็นคำถามที่เน้นการคิดขั้นพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนมาก ผู้สอนอาจให้เวลาในการคิดประมาณ ๓ – ๕ วินาที แต่หากเป็นคำถามระดับสูงมีความซับซ้อนมาก อาจให้เวลาในการคิดประมาณ ๑๐ วินาที (Rowe, 1974)
- กระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นออกมาดัง ๆ ผู้สอนต้องพยายามให้ผู้เรียนอธิบายการคิดของตนเองออกมาเป็นคำพูด
- ใช้คำถามของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการสืบเสาะค้นหาคำตอบ ตั้งสมมติฐานหรืออภิปราย คำถามที่ผู้เรียนตั้งขึ้นมักจะนำไปสู่การคิดที่มีคุณภาพและเมื่อผู้สอนใช้คำถามเหล่านี้ ผู้เรียนมักจะให้ความสนใจและร่วมมือในการเรียนรู้มากขึ้น
- ผู้สอนสาธิตหรือเป็นตัวอย่างให้ผู้เรียนในการถามคำถามแบบต่าง ๆ ผู้สอนและผู้เรียนสามารถช่วยกันตั้งคำถามเพื่อที่จะกระตุ้นการคิดแบบต่าง ๆ โดยผู้สอนสามารถเป็นต้นแบบในการใช้คำถามที่ดี คำถามที่ส่งเสริมการคิดและการนำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้

การอภิปรายซักถามมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้นครูควรวางแผนการสอน คิดรายการคำถามที่หลากหลายระดับการเรียนรู้ตามอนุกรมวิธานที่นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้จำแนก ดังนี้

## อนุกรมวิธานของบลูม (Bloom's Taxonomy)

ปี ค.ศ. ๑๙๕๖ (พุทธศักราช ๒๔๙๙) เบนจามิน บลูม (Benjamin S. Bloom) และคณะ ได้เผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่มีชื่อว่า อนุกรมวิธานวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของเบนจามิน บลูม (Bloom's Taxonomy of Educational Objectives) หรือที่รู้จักกันสั้น ๆ ว่าอนุกรมวิธานของบลูม (Blooms' Taxonomy) ซึ่งก็คือการจัดจำแนกการเรียนรู้ออกเป็น ๓ ด้าน คือด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านจิตพิสัย (Affective Domain) สำหรับด้านพุทธิพิสัยนั้น บลูมได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น ๖ ระดับ ดังนี้ (จรรยา เสถบุตร ๒๕๔๗; ทิศนา แคมมณี, ๒๕๔๕)

### ระดับที่ ๑ ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถตอบเกี่ยวกับสาระหรือข้อเท็จจริง คำนิยาม ชื่อ สูตรต่าง ๆ หลักเกณฑ์ ทฤษฎี การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมว่าใช้ความสามารถในการจำและระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือเคยพบมาแล้วมาตอบคำถาม

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากความจำ เช่น

- สิ่งแวดล้อมหมายถึงอะไร
- ระบบสุริยะประกอบด้วยอะไรบ้าง
- โมเลกุลคืออะไร

### ระดับที่ ๒ ระดับความเข้าใจ (Comprehension)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนเข้าใจในเรื่องที่เรียนรู้ทั้งด้านความหมาย ความสัมพันธ์ และความรู้ที่เป็นโครงข่ายระหว่างแนวคิด (Network of Concepts) ทั้งหมดที่เรียน การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมหรือใช้ความสามารถในการอธิบาย บรรยาย แปลความหมาย ขยายความ สรุปอ้างอิง จากข้อมูล (Data) ที่ผ่านการประมวลเป็นสารสนเทศ (Information) แล้ว เช่น กราฟ แผนภูมิ ตาราง

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- เพราะเหตุใดในทะเลทรายจึงมีพืชดำรงชีวิตอยู่ได้น้อย
- ทำไมดวงจันทร์จึงมีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละคืน
- เพราะเหตุใดจึงต้องสร้างเขื่อนให้ฐานเขื่อนมีความกว้างกว่าสันเขื่อน

### ระดับที่ ๓ ระดับการนำไปใช้ (Application)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในการหาคำตอบและแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการนำเอาข้อเท็จจริง (Fact) ความคิด (Idea) หลักการ (Principle) กฎ (Law) วิธีการ หรือสูตรต่าง ๆ มาใช้ในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการนำไปใช้ เช่น

- ถ้าอุ่นแกงไปเรื่อย ๆ จะเกิดอะไรขึ้นบ้าง
- ในการทำน้ำเชื่อม ถ้าอยากให้น้ำตาลทรายทั้งหมดละลายได้เร็วขึ้น จะทำอย่างไรได้บ้าง
- เราจะวัดความสูงของต้นไม้ได้อย่างไร



## ระดับที่ ๔ ระดับการวิเคราะห์ (Analyzation)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณและลึกซึ้ง เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลที่มีอยู่ได้โดยตรง มี ๒ ลักษณะ คือ

๑. วิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้ได้ข้อสรุปและหลักการที่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้
๒. วิเคราะห์ข้อสรุป ข้ออ้างอิง หรือหลักการต่าง ๆ เพื่อหาหลักฐานที่สนับสนุนหรือปฏิเสธข้อความนั้น

การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวให้กระจายออกเป็นส่วนย่อย ๆ จนกระทั่งมองเห็นความสำคัญหาความสัมพันธ์และหลักการของเรื่องนั้นมาตอบคำถาม

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- การทดลองนี้ นักเรียนต้องควบคุมอะไรให้คงที่บ้าง
- ดาวศุกร์และโลกมีอะไรเหมือนกันและแตกต่างกันบ้าง
- ถ้าน้ำมันปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติหมดไปจากโลก จะส่งผลกระทบต่อมนุษย์อย่างไรบ้าง

## ระดับที่ ๕ ระดับการสังเคราะห์ (Synthesis)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ ทำนายสถานการณ์ในอนาคต คิดวิธีแก้ไขปัญหา การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันหรือสร้างรูปแบบหรือแนวคิดใหม่ หรือการปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้นมาตอบคำถาม

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสังเคราะห์ เช่น

- เราจะวางแผนการบันทึกจำนวนแมลงที่บินเข้าและออกจากสวนได้อย่างไร
- ถ้าต้องอธิบายเรื่องความหนาแน่นให้น้องชั้น ป.๔ เข้าใจ จะมีวิธีการอย่างไรบ้าง
- ถ้าต้องสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะของอะตอมอีกครั้งหนึ่ง จะทำให้เหมือนจริงมากกว่าแบบจำลองที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ได้อย่างไรบ้าง

## ระดับที่ ๖ ระดับการประเมินผล (Evaluation)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้การตัดสินคุณค่า โดยต้องมีการตั้งเกณฑ์ในการประเมินและแสดงความเห็นในเรื่องนั้น ๆ ได้ การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินโดยใช้เหตุผลมาตอบคำถาม

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินผล เช่น

- นักเรียนคิดว่าเหตุผลของนักดาราศาสตร์ในการตัดสินให้ดาวพลูโตเป็นดาวเคราะห์แคระในระบบสุริยะเพียงพอแล้วหรือไม่ เพราะเหตุใด
- นักเรียนคิดว่าการค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์มีประโยชน์หรือไม่ เพราะเหตุใด
- หากประเทศไทยจะประกาศให้การโคลนเป็นเรื่องที่ทำได้ โดยถูกกฎหมาย นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด

## อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom's Taxonomy)

ต่อมาในปี ค.ศ. ๒๐๐๑ (พุทธศักราช ๒๕๔๔) นักจิตวิทยาชื่อ แอนเดอร์สัน (Lorin Anderson) ซึ่งเป็นลูกศิษย์ของบลูม และเดวิด คราธวอห์ล (David Krathwohl) เพื่อนร่วมงานที่เคยเผยแพร่อนุกรมวิธานของบลูม มาก่อนหน้านี้ได้ทบทวนและปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูม โดยใช้ชื่อว่า อนุกรมวิธานการเรียนรู้ การสอน และการประเมิน (A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessment) หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom's Taxonomy) (Anderson & Krathwohl, 2001) โดยการปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูมให้เป็นพลวัตมากขึ้นโดยการเปลี่ยนแต่ละระดับของบลูมจาก คำนามให้เป็นคำกริยาเพื่อแสดงถึงกระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญา ด้านพุทธิพิสัยซึ่งได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น ๖ ระดับ ดังนี้

### ระดับที่ ๑ ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถจดจำหรือย้อนระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้แล้ว สามารถนำความรู้ที่อยู่ในความทรงจำออกมาได้

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากการจำ เช่น

- แรงใดบ้างจัดเป็นแรงไม่สัมผัส
- อะตอมคืออะไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง
- สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นอย่างไร

### ระดับที่ ๒ ระดับความเข้าใจ (Comprehension)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถสร้างคำอธิบาย สื่อสาร หรือแสดงให้เห็น ความเข้าใจข้อเท็จจริง แนวคิด หรือความรู้ที่ได้เรียนซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น อธิบาย จำแนก เปรียบเทียบ สร้างแผนภูมิหรือแผนผัง

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- แรงสัมผัสและแรงไม่สัมผัสเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร
- แผนภูมิแสดงความสูงของพืชแต่ละชนิดในหนึ่งสัปดาห์สามารถอธิบาย เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างไร
- เพราะเหตุใดนักบินอวกาศจึงต้องสวมชุดอวกาศเมื่อออกไปปฏิบัติ ภารกิจภายนอกยานอวกาศ

### ระดับที่ ๓ ประยุกต์ใช้ (Apply)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถลงมือทำหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง ตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยนำความรู้ที่เรียนมาใช้ประโยชน์

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประยุกต์ใช้ เช่น

- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าแก๊สที่กำลังเดือดได้รับพลังงานความร้อนมากขึ้น
- ถ้านำพืชแต่ละชนิดไปวางไว้ในที่ที่ไม่มีแสงแดดส่องถึง พืชแต่ละชนิด จะมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
- จะเลือกใช้วัสดุชนิดใดมาสร้างเสื่อกันฝน เพราะเหตุใด



## ระดับที่ ๔ วิเคราะห์ (Analyze)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถแจกแจง แยกแยะสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ออกเป็นองค์ประกอบหรือส่วนย่อยๆ และพิจารณาความเกี่ยวข้องกันของส่วนย่อยแต่ละส่วน รวมถึงพิจารณาความเกี่ยวข้องของแต่ละส่วนย่อยกับสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ที่ได้แยกแยะออกมา

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- ปากใบมีความสำคัญอย่างไรต่อการทำหน้าที่ของใบพืช
- การถ่ายโอนความร้อนระหว่างสสารมีผลต่อการเกิดลมอย่างไร
- ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็งขั้วโลก และแต่ละปัจจัยมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

## ระดับที่ ๕ ประเมินค่า (Evaluate)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถตัดสินคุณค่าโดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐาน ซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีวิพากษ์ (Criticize) ตรวจสอบ (Checking)

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินค่า เช่น

- แบบจำลองใดที่อธิบายเกี่ยวกับระบบสุริยะได้ครบถ้วนและใกล้เคียงกับข้อเท็จจริงมากที่สุด
- ถ้าต้องอธิบายเรื่องความหนาแน่นให้น้องชั้น ป.๔ เข้าใจ จะมีวิธีการอย่างไรบ้าง
- ถ้าต้องสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะของอะตอมอีกครั้งหนึ่ง จะทำให้เหมือนจริงมากกว่าแบบจำลองที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ได้อย่างไรบ้าง

## ระดับที่ ๖ สร้างสรรค์ (Create)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถการนำส่วนย่อยต่าง ๆ หรือองค์ประกอบย่อยเข้ามาเชื่อมโยงกันเป็นภาพรวมของสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล โดยผ่านการออกแบบ การวางแผน การสร้าง การผลิต การก่อให้เกิด (Generating)

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสร้างสรรค์ เช่น

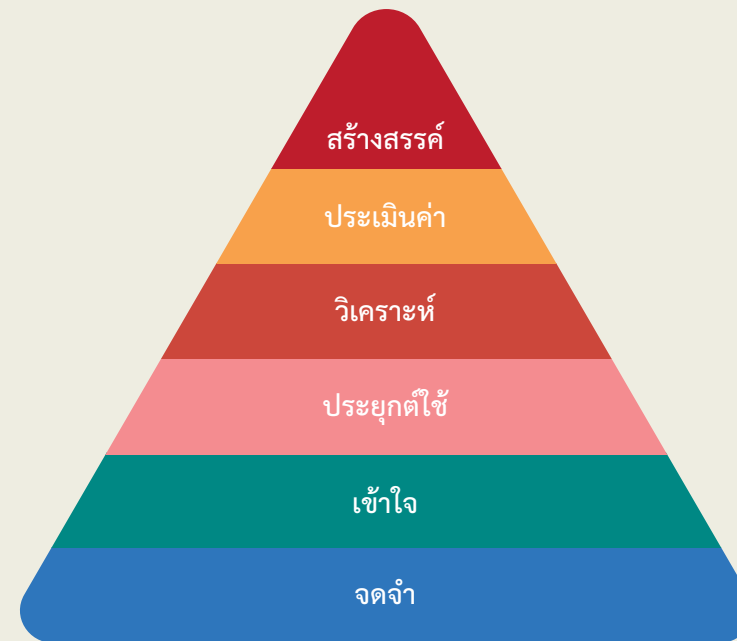
- เสนอแนวทางอื่น ๆ ที่จะทำให้ประเทศไทยมีพลังงานไว้ใช้ผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของคนทั้งประเทศ
- นักเรียนเห็นด้วยกับการนำเทคโนโลยีตัดต่อพันธุกรรมมาใช้กับผลผลิตทางการเกษตรหรือไม่ เพราะเหตุใด
- เพราะเหตุใดหมาป่าจึงไม่สามารถทำลายบ้านของหนูตัวที่ ๓ ได้
- ถ้าสามารถเปลี่ยนตอนจบของนิทานเรื่องนี้ นักเรียนจะเปลี่ยนตอนจบของนิทานเรื่องนี้ให้เป็นอย่างไรร

อนุกรมวิธานของบลูมและอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูมสามารถแสดงได้ ดังภาพ

อนุกรมวิธานของบลูม



อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูม



ภาพที่ ๖ เปรียบเทียบอนุกรมวิธานของบลูมและอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูม



## ๙. การวางแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ แบบต่าง ๆ

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ โดยปราศจากการวางแผนการสอนอย่างเป็นระบบรอบคอบตามลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม ย่อมไม่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้มีประสิทธิภาพ ดังนั้น ผู้สอนจำเป็นต้องมีการวางแผนการสอนที่มากกว่าให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติหรือเล่นสนุกเท่านั้น แต่ต้องมีการผสมผสานขั้นตอนหรือกระบวนการอื่น ๆ อย่างมีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่เหมาะสม การผสมผสานขั้นตอนต่าง ๆ เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เรียกว่า วัฏจักรการเรียนรู้ เช่น วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัส วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น

งานวิจัยมากมายได้ยืนยันว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นระบบ มีการวางแผนการจัดการเรียนรู้อย่างรอบคอบ มีลำดับขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือสืบเสาะและค้นหาสิ่งต่าง ๆ แล้วทำความเข้าใจเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้ อย่างราบรื่นเหมาะสม จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืนและมั่นคง นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ยังช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และช่วยให้ผู้เรียนสนใจเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้นด้วย

### วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัส (Karplus Learning Cycle Model)

ในช่วงปี ค.ศ. ๑๙๖๐ (พุทธศักราช ๒๕๑๐) Robert Karplus และคณะทำงานจาก Science Curriculum Improvement Study; SCIS ได้เสนอวัฏจักรการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย ๓ ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ ๗

แต่ละชั้นในวัฏจักรการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- **ขั้นสำรวจและค้นหา**  
เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ รอบตัว
- **ขั้นแนะนำแนวคิด**  
เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างแนวคิดผ่านการพูดคุย ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนหรือผู้สอน หรือจากการอ่านหนังสือเรียน
- **ขั้นประยุกต์ใช้แนวคิด**  
เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้แนวคิดที่เรียนรู้มาเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ใหม่



ภาพที่ ๗ วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปัลซ์





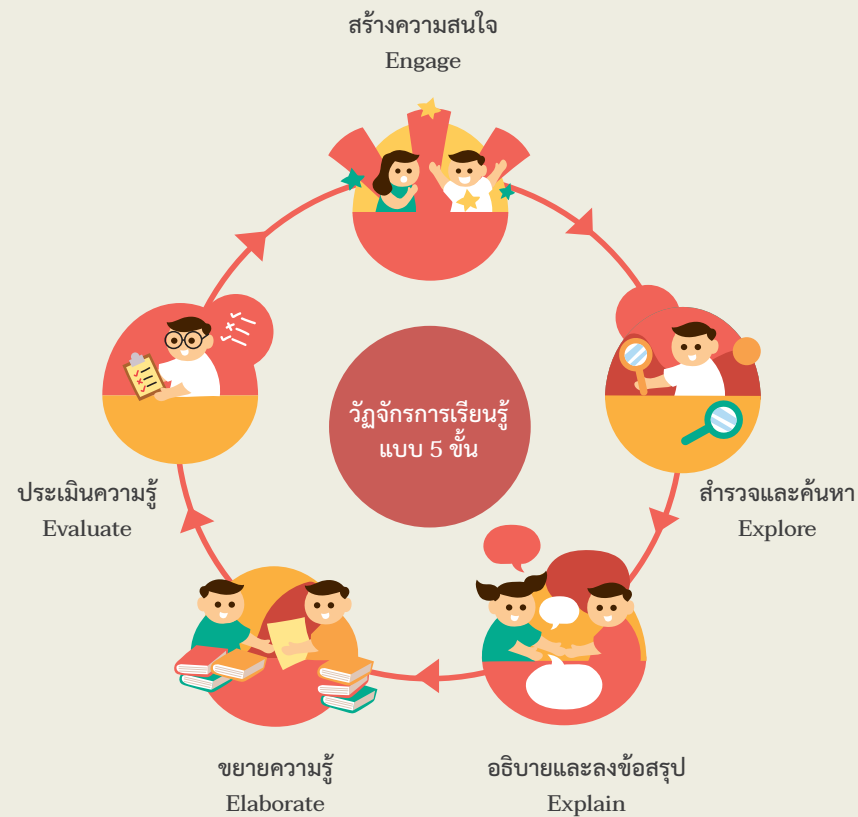
## วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น (5E Learning Cycle Model)

วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้นนี้ได้พัฒนาต่อยอดมาจากวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ โดยกลุ่มผู้พัฒนาหลักสูตรชีววิทยาที่มีชื่อว่า Biological Sciences Curriculum Study; BSCS ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการเพิ่มอีก ๒ ขั้นตอนเข้าไปในวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ และกำหนดชื่อขั้นตอนทั้ง ๕ ขั้นใหม่ ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินความรู้ (Bybee, 2015) การเปรียบเทียบในวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซและวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น ได้แสดงไว้ ดังตารางที่ ๔

ตารางที่ ๔ การเปรียบเทียบในวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซและวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น

วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ	วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น
	ขั้นสร้างความสนใจ (เพิ่มเข้ามาใหม่)
ขั้นสำรวจและค้นหา	ขั้นสำรวจและค้นหา (ตัดแปลงจากคาร์ปลัซ)
ขั้นแนะนำแนวคิด	ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (ตัดแปลงจากคาร์ปลัซ)
ขั้นประยุกต์ใช้แนวคิด	ขั้นขยายความรู้ (ตัดแปลงจากคาร์ปลัซ)
	ขั้นประเมินความรู้ (เพิ่มเข้ามาใหม่)

ในช่วงปลายปี ค.ศ. ๑๙๘๐ (พุทธศักราช ๒๕๓๐) เป็นต้นมา หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของ BSCS และอีกหลายหลักสูตรในสหรัฐอเมริกาและหลายประเทศทั่วโลกก็ได้ใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น เป็นกรอบการวางแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน วัฏจักรการเรียนรู้นี้ แสดงไว้ดังภาพที่ ๘



ภาพที่ ๘ วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น

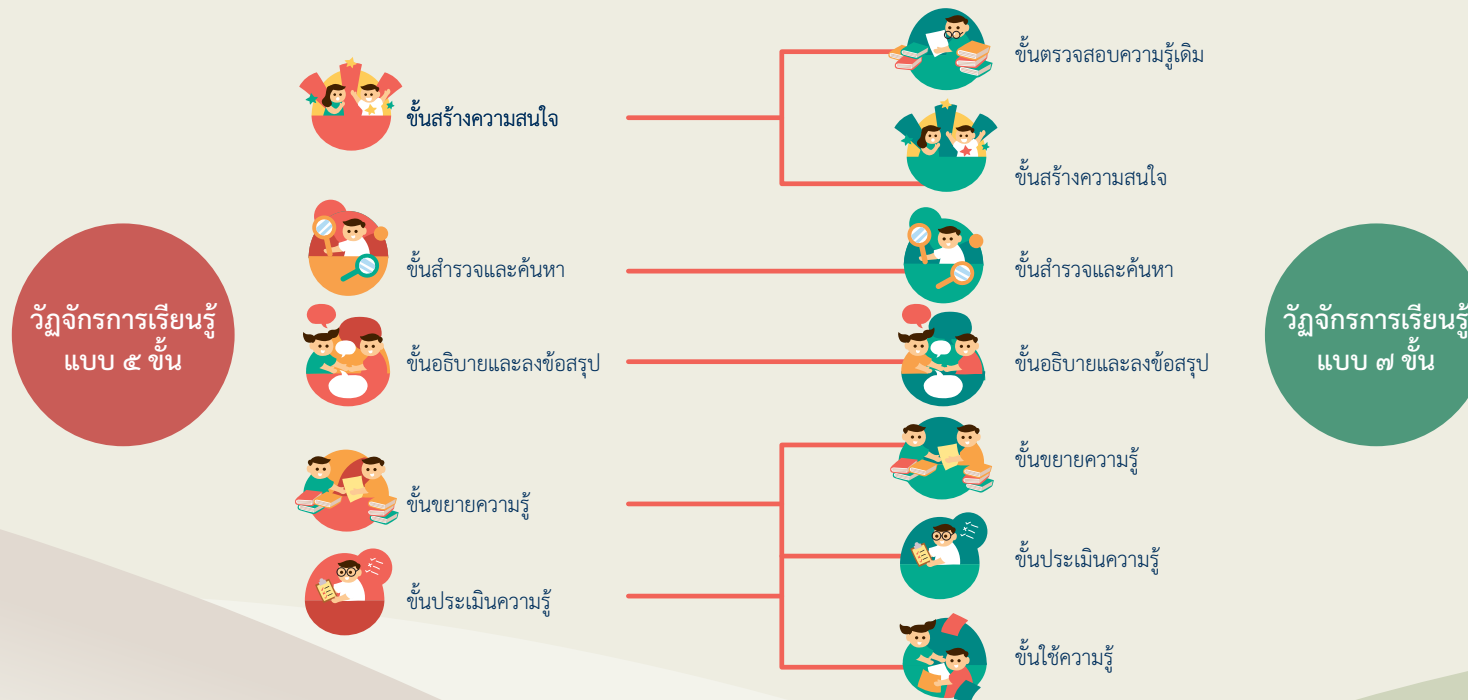
แต่ละขั้นในวัฏจักรการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- **ขั้นสร้างความสนใจ**  
เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม
- **ขั้นสำรวจและค้นหา**  
เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ
- **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป**  
เป็นการนำข้อมูล ข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ
- **ขั้นขยายความรู้**  
เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ
- **ขั้นประเมินความรู้**  
เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้ อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด



### วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น (7E Learning Cycle Model)

จากงานวิจัยเรื่องนักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างไร (How students learn science in the classroom, 2005) นักการศึกษาของสหรัฐอเมริกาได้เพิ่มขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ขึ้นมา ๒ ขั้น จากวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น เพื่อป้องกันการละเลยในเรื่องความรู้อื่นของผู้เรียนซึ่งมีผลต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และผู้เรียนควรได้รับการประเมินและขยายการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและยั่งยืน ขั้นตอนในวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น ได้แก่ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ ขั้นประเมินความรู้ และขั้นใช้ความรู้ ซึ่งแสดงไว้ดังภาพที่ ๙



ภาพที่ ๙ วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น

แต่ละชั้นในวัฏจักรการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- **ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม**

เป็นการค้นหาและวินิจฉัยความรู้ที่ติดตัวมาของผู้เรียน ซึ่งอาจเป็นความรู้ที่สนับสนุนหรือขัดขวางการเรียนรู้ที่กำลังจะเกิดขึ้นในห้องเรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ตรงกับความต้องการของผู้เรียนได้ชัดเจน และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

- **ขั้นสร้างความสนใจ**

เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม

- **ขั้นสำรวจและค้นหา**

เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่างๆ

- **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป**

เป็นการนำข้อมูล ข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ

- **ขั้นขยายความรู้**

เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ที่คล้ายคลึงกัน

- **ขั้นประเมินความรู้**

เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้ อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด

- **ขั้นใช้ความรู้**

เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาใช้ในการแก้ปัญหาหรืออธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่อยู่นอกห้องเรียนหรืออยู่ในชีวิตจริง โดยที่ไม่เคยเรียนรู้มาก่อน



## ๑๐. แนวทางการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะด้านวิทยาศาสตร์ ตลอดจนด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนนั้นจำเป็นต้องมีการประเมินการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เริ่มต้น ระหว่าง และสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ โดยใช้การประเมินในรูปแบบที่หลากหลายสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ รูปแบบการประเมินการเรียนรู้ ได้แก่ การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน (Formative Assessment) การประเมินเรียนรู้สรุปรวม (Summative Assessment) และการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ในการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ และการประเมินตามสภาพจริงนั้น ผู้สอนจำเป็นต้องสะท้อนการประเมินให้ผู้เรียนรับทราบเพื่อปรับปรุงและพัฒนาตนเอง และผู้สอนต้องนำผลการประเมินมาพิจารณาเพื่อทบทวนและปรับแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้สามารถดำเนินการแก้ไข ช่วยเหลือ หรือหาวิธีการต่างๆ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนแต่ละคนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ตามแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้หรือเป้าหมายของตัวชี้วัดต่าง ๆ (กุศลิน, ๒๕๕๕)

แนวคิดสำคัญของการปฏิรูปการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช ๒๕๔๒ และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒) พุทธศักราช ๒๕๔๕ ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดและลงมือปฏิบัติด้วยกระบวนการที่หลากหลาย เพื่อเกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเองเต็มตามศักยภาพ การประเมินการเรียนรู้จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน เพราะสามารถทำให้ผู้สอนประเมินระดับพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

จุดประสงค์สำคัญของการประเมินการเรียนรู้ คือการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ผู้สอนหรือหลักสูตรวางไว้ อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบในปัจจุบันก็คือ ผู้บริหาร ผู้สอน ตลอดจนผู้ปกครองเป็นจำนวนมากยังให้ความสำคัญกับการประเมินผลสรุปรวม ที่เน้นการทำข้อสอบ รวมถึงการให้ความสำคัญกับผลลัพธ์ของการประเมินผลสรุปรวมที่ปรากฏในรูปของระดับผลการเรียน (Grade) หรือลำดับของผู้เรียนในชั้นเรียน (Rank) ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างผู้เรียนมากกว่าการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนที่เน้นการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) แก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองของผู้เรียนแต่ละคน สิ่งต่างๆ เหล่านี้จึงก่อให้เกิดวัฒนธรรมการเรียนรู้แบบท่องจำเพื่อสอบ หรือการเรียนรู้เพื่อแข่งขัน ซึ่งถือเป็นการเรียนรู้แบบผิวเผินมากกว่าการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองซึ่งผลลัพธ์ของการเรียนรู้จะยั่งยืนกว่า (กุศลิน, ๒๕๕๕; ขจรศักดิ์, เพ็ญจันทร์ และวรรณทิพา รอดแรงคำ, ๒๕๔๘)

## แนวคิดของการประเมินการเรียนรู้

การประเมินการเรียนรู้เป็นวิธีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดและทักษะของผู้เรียน (Harlen, 2001) ซึ่งสามารถทำได้ทั้งการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน และการประเมินการเรียนรู้สรุปรวม การเรียนรู้เป็นกระบวนการต่อเนื่อง (on-going process) ที่บูรณาการอยู่ในกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน โดยถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ (Harlen, 1995; 1998; Black and Wiliam, 1998; Bell and Cowie, 1999) แนวคิดพื้นฐานของการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนคือผู้เรียนทุกคนสามารถพัฒนาได้ ดังนั้นจึงเป็นการประเมินการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาตนเองของผู้เรียนมากกว่าการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกัน (Harlen, 1998) จุดมุ่งหมายหลักของการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนมีดังต่อไปนี้

๑. เพื่อค้นหาและวินิจฉัยว่าผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ มีทักษะความชำนาญในการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์อย่างไรและในระดับใด เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนสามารถวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเต็มศักยภาพ
๒. เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนกลับให้กับผู้เรียนว่ามีการเรียนรู้อย่างไร
๓. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสรุปผลการเรียนรู้ และเปรียบเทียบระดับพัฒนาการด้านการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน

หน้าที่สำคัญของผู้สอนในการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน คือเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐานที่สะท้อนการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนในระหว่างการเรียนการสอน ตีความหมายข้อมูลหลักฐานเหล่านั้น โดยเปรียบเทียบกับเป้าหมายการเรียนรู้และเกณฑ์ที่ตั้งไว้ซึ่งเป็นไปตามหลักสูตร แล้วให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนว่ามีผลการเรียนรู้อยู่ในระดับใด มีจุดอ่อนหรือข้อบกพร่องหรือไม่ ว่าจะพัฒนาอะไร และควรทำอย่างไรเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ผู้สอนยังมีหน้าที่ติดตามตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียนระหว่างการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง (Tunstall and Gipps, 1996; Harlen, 1998) สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การเรียนรู้ของผู้เรียนนอกจากจะใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนในการพัฒนาตนเองแล้วยังใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้สอนเพื่อปรับปรุงการสอนในครั้งต่อไปให้สอดคล้องกับจุดอ่อน ข้อบกพร่อง หรือความต้องการในการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนอีกด้วย (Bell and Cowie, 1999; Black and Wiliam, 1998)



ในการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน ผู้เรียนควรมีส่วนร่วมรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเองด้วยการประเมินผลตนเอง (self-assessment) เนื่องจากไม่มีใครเรียนรู้แทนกันได้ ดังนั้นผู้เรียนต้องเป็นผู้ตัดสินใจเองว่าจะพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองหรือไม่และทำอะไร มากกว่าจะทำให้ครูเป็นผู้ตัดสินใจ ยิ่งผู้เรียนมีส่วนร่วมรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเองมากเท่าใด เขาก็จะสามารถพัฒนาตนเองได้มากเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ผู้เรียนจะประเมินผลตนเองได้ก็ต่อเมื่อได้รับข้อมูลที่ชัดเจนและเพียงพอว่า อะไรคือเป้าหมายการเรียนรู้ที่ตนเองพึงบรรลุ ดังนั้นครูผู้สอนควรชี้แจงให้ผู้เรียนเข้าใจถึงเป้าหมายการเรียนรู้และเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายดังกล่าวอย่างชัดเจน (Harlen, 1998; Bell and Cowie, 1999; Cowie, 2000)

ในการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน นอกจากครูผู้สอนจะเน้นการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นรายบุคคลแล้ว ก็ยังสามารถจัดระดับของการตอบสนอง (degree of responsiveness) โดยเน้นพัฒนาการของการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นรายกลุ่มหรือรายห้องเรียนได้เช่นเดียวกัน อีกทั้งสามารถสนองต่อการพัฒนาของผู้เรียนในหลายมิติการเรียนรู้ อาทิเช่น ความรู้ความเข้าใจ อารมณ์ความรู้สึก เจตคติ หรือทักษะ ดังนั้นกระบวนการประเมินผลระหว่างเรียนจึงขึ้นอยู่กับบริบทที่เกี่ยวข้อง เช่น เป้าหมายของบทเรียน เนื้อหาวิชา กิจกรรมการเรียนรู้ และระดับการตอบสนองต่อผู้เรียน (Bell and Cowie, 1999)

## แนวทางการประเมินการเรียนรู้

การเรียนรู้จะบรรลุตามเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่วางไว้ได้ควรมีแนวทางดังต่อไปนี้

๑. ต้องวัดและประเมินทั้งความรู้ ความคิด ความสามารถ ทักษะ กระบวนการ เจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมในวิทยาศาสตร์ รวมทั้งโอกาสในการเรียนรู้ของผู้เรียน
๒. วิธีการวัดและประเมินต้องสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้
๓. ต้องเก็บข้อมูลที่ได้จาก การวัดและประเมินอย่างตรงไปตรงมา และต้องประเมินผลภายใต้ข้อมูลที่มีอยู่
๔. ผลการวัดและประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องนำไปสู่การแปลผล และลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล
๕. การวัดและประเมินต้องมีความเที่ยงตรงและเป็นธรรม ทั้งในด้านของวิธีการวัด โอกาสของการประเมิน

## บทบาทของผู้บริหาร ครูผู้สอน และผู้ปกครองในการประเมิน การเรียนรู้ระหว่างเรียน

๑. ผู้บริหาร ครูผู้สอน และผู้ปกครองไม่ควรให้ความสำคัญกับการประเมิน การเรียนรู้สรุปรวมและผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินดังกล่าว (เช่น ระดับผลการเรียน ลำดับของผู้เรียน และการรับรองมาตรฐานของสถานศึกษา) แต่เพียงอย่างเดียว จนทำให้การประเมินการเรียนรู้แบบสรุปรวมเป็นตัวกำหนดการเรียนการสอนและการประเมินผลในห้องเรียนทั้งหมด หรือทำให้การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนไม่ได้รับความสนใจและถูกละเลยในการปฏิบัติ
๒. ผู้บริหาร ครูผู้สอน และผู้ปกครองควรให้ความสำคัญกับการประเมิน การเรียนรู้ระหว่างเรียน และเชื่อมโยงการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน และการประเมินการเรียนรู้แบบสรุปรวมเข้าด้วยกัน โดยทำความเข้าใจ บทบาทของการประเมินทั้งสองแบบว่า การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนมุ่งเน้นการให้ข้อมูลย้อนกลับในระหว่างการเรียนการสอนเพื่อให้ ผู้เรียนพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องเต็มตามศักยภาพ และเพื่อให้ครูผู้สอน ปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของตนเองอย่างสม่ำเสมอ ส่วนการประเมินการเรียนรู้แบบสรุปรวมมุ่งเน้นการให้สารสนเทศเชิงสรุป เกี่ยวกับการเรียนรู้ในภาพรวมของผู้เรียนในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ ซึ่ง การประเมินผลทั้งสองแบบต่างก็เอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน
๓. ผู้บริหารควรส่งเสริมให้ผู้สอนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประเมิน การเรียนรู้ระหว่างเรียน และได้รับประสบการณ์ตรงจากการประเมิน การเรียนรู้ระหว่างเรียนในห้องเรียนของตนเอง นอกจากนี้ควรส่งเสริมให้ ผู้สอนทำงานวิจัยในชั้นเรียน (classroom research) เพื่อทำความเข้าใจ เกี่ยวกับผลของการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนที่มีต่อการพัฒนา การเรียนรู้ของผู้เรียนและการพัฒนาการสอนของผู้สอน
๔. ผู้สอนควรปรับเปลี่ยนความเชื่อบางประการที่ขัดขวางการใช้การประเมิน การเรียนรู้ระหว่างเรียนในห้องเรียน (Black and Wiliam, 1998; Black and Harrison, 2001) ดังต่อไปนี้
  - การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและทรัพยากร
  - การสอน คือ การถ่ายทอดความรู้จากผู้สอนไปสู่ผู้เรียน ส่วนการเรียนรู้คือ การที่ผู้เรียนสามารถจดจำความรู้ที่ผู้สอนถ่ายทอดไปให้ได้โดยไม่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียนกับเพื่อนร่วมชั้น
  - ผู้เรียนแต่ละคนมีระดับสติปัญญาที่ติดตัวมาตั้งแต่เกิด (Fixed I.Q.) และจะคงที่ไปตลอดชีวิต โดยไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้จาก ระบบโรงเรียน
  - การประเมินการเรียนรู้ไปสู่ผู้เรียนในกระบวนการประเมิน การเรียนรู้ระหว่างเรียน ทำให้ครูผู้สอนสูญเสียอำนาจการควบคุม ชั้นเรียน





## ๑๑. ปัจจัยความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้

### ๑. ผู้บริหาร

เป็นผู้ที่มีความสำคัญที่สุดในการสนับสนุนให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบรรลุเป้าหมาย ผู้บริหารต้องมีความรู้ความเข้าใจในปรัชญา กระบวนการเรียนรู้และธรรมชาติของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อจะได้สนับสนุน ส่งเสริมและอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ดังนี้

- งบประมาณจัดซื้อสื่อการเรียนรู้ จัดทำและจัดหาแหล่งเรียนรู้ทั้งในและนอกโรงเรียน
- ให้กำลังใจ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ
- นิเทศ ติดตามผลการจัดการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ

### ๒. ครูผู้สอน

เป็นผู้ที่มีความสำคัญในการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด เพื่อออกแบบหรือเลือกกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักสูตร เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้กระบวนการเรียนรู้อย่างหลากหลายและอิสระ ทั้งนี้ผู้สอนจึงจำเป็นต้อง

- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างดี สามารถสืบเสาะ ค้นหาความรู้ได้ด้วยตัวเอง สนใจใฝ่หาความรู้อย่างสม่ำเสมอเพื่อพัฒนาตนเอง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผู้เรียน สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เลือกใช้สื่อการเรียนรู้และเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมกับผู้เรียน
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกลวิธีสอน วิธีการประเมินการเรียนรู้ ทั้งระหว่างเรียนและสรุปรวม ตลอดจนสามารถเลือกใช้กลวิธีและการประเมินการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม
- มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในอาชีพครูในฐานะครูวิชาชีพ
- มีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาคุณภาพด้านการจัดการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ

### ๓. ผู้เรียน

องค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเรียนการสอนก็คือผู้เรียน โดยแต่ละคนมีความแตกต่างกันทั้งบุคลิกภาพ สติปัญญา ความถนัด ความสนใจและความสมบูรณ์ของร่างกาย ตลอดจนความแตกต่างในเรื่องรูปแบบและวิธีการเรียนรู้ เช่น โดยการฟัง โดยการมองเห็น โดยการได้หยิบจับ สัมผัส หรือลงมือทำ ซึ่งผู้สอนต้องออกแบบการเรียนรู้ให้หลากหลาย สอดคล้องกับความแตกต่างของผู้เรียนเพื่อให้ทุกคนสามารถเกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้อย่างเท่าเทียมกัน นอกจากนี้ผู้เรียนควรมีโอกาสร่วมคิดร่วมวางแผนในการจัดการเรียนการสอน และมีโอกาสเลือกวิธีเรียนได้อย่างหลากหลายตามความเหมาะสมภายใต้การแนะนำของผู้สอน

### ๔. สภาพแวดล้อมและบรรยากาศการเรียนการสอน

ผู้สอนต้องมีวิธีการที่จะจัดสภาพแวดล้อมและบรรยากาศที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาทางวิชาการ เช่น จัดห้องชวนคิด ห้องกิจกรรมวิทยาศาสตร์ จัดระบบนิเวศจำลอง จัดบริเวณโรงเรียนเป็นแหล่งเรียนรู้ทางชีววิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ มีการดัดแปลงห้องเรียนให้ผู้เรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถมีปฏิสัมพันธ์กันได้ดี และจัดกิจกรรมที่เอื้อให้ผู้ปกครอง และชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนการสอนด้วย



## เอกสารอ้างอิง

- กุศลลิน มุสิกกุล. (๒๕๕๕). การผนวกการประเมินระหว่างเรียนในกระบวนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการเรียนรู้. *วารสารครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี*. น. ๕๕-๖๐.
- กุศลลิน มุสิกกุล. (๒๕๕๔). *การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์*. (เอกสารอัดสำเนา).
- กุศลลิน มุสิกกุล. (๒๕๕๔). เพราะเหตุใดจึงต้องเปลี่ยนแปลงการสอนเพื่อศตวรรษที่ ๒๑. *วารสารครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี*.
- กุศลลิน มุสิกกุล. (๒๕๕๓). *ธรรมชาติวิทยาศาสตร์. วารสารครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี*.
- ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, เพ็ญจันทร์ ชิงห์ และวรรณทิพา รอดแรงคำ. (๒๕๔๘). *การสำรวจแนวคิดของนักศึกษาครุวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ ๓ เกี่ยวกับ แรงและการเคลื่อนที่*. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, ๑๑ (ฉบับพิเศษ: ม.อ.วิชาการ): ๔๕-๖๙.
- คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์, ทบวงมหาวิทยาลัย. ๒๕๒๓. ชุดการเรียนการสอน หน่วยที่ ๙ การใช้คำถาม (เอกสารอัดสำเนา).
- จริยา เสถบุตร. (๒๕๔๗). *การประเมินการปฏิบัติตามสภาพจริง : วิธีดำเนินงานเชิงคุณภาพในการประเมินค่าทางการศึกษา*. คู่มืออาจารย์ การพัฒนาการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. ขอนแก่น: สำนักนวัตกรรมการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์มหาวิทยาลัย ขอนแก่น.
- ทีศนา แฉมมณี. (๒๕๔๕). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (๒๕๕๗). *ทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑*. สืบค้น ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๐, จาก <http://www.royin.go.th>
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (๒๕๔๐). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).
- ศึกษาธิการ, กระทรวง. (๒๕๔๔). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๔๔*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (๑๑ มีนาคม ๒๕๕๘). การรู้ดิจิทัล (Digital literacy). สืบค้นเมื่อ ๕ ธันวาคม ๒๕๖๐, จาก <https://www.nstda.or.th/th/nstda-knowledge/142-knowledges/2632>.



- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Anderson, L.W. and Krathwohl, D.R. (editors). (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Bell, B. and Cowie, B. (1999). *Formative assessment and science education*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Bell, B. and Cowie, B. (2001). *The characteristics of formative assessment in science education*. *Science Education*, 85, 536-553.
- Black, D. and Wiliam, D. (1998). *Inside the black box: Raising standards through classroom assessment*. *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139-148.
- Black, P. and Harrison, C. (2001). *Feedback in questioning and marking: the science teacher's role in formative assessment*. *School Science Review*, 82(301), 55-61.
- Bybee, R.W. (2015). *The BSCS 5E instructional model: Creating teachable moments*. Virginia: National Science Teacher Association Press.
- Cowie, B. and Bell, B. (1999). *A model of formative assessment in science education*. *Assessment in Education*, 6(1), 101-116.
- Cunningham, R.T. (1971). *Developing Teacher Competencies*. Englewood Cliff, New Jersey: Prentice-Hall.
- Harlen, W. (1995). *To the rescue of formative assessment*. *Primary Science Review*, 37, 14-16.
- Harlen, W. (1998). *Classroom assessment: a dimension of purposes and procedures*. Paper presented at the Annual Conference of the New Zealand Association for Research in Education, Dunedin, New Zealand.
- Harlen, W. (2001). *Primary science: Taking the plunge*. Portsmouth, NH: Heinemann
- Magnusson, S. J. and Palincsar, A. S. (2005). *How students learn science in the classroom*, p.460



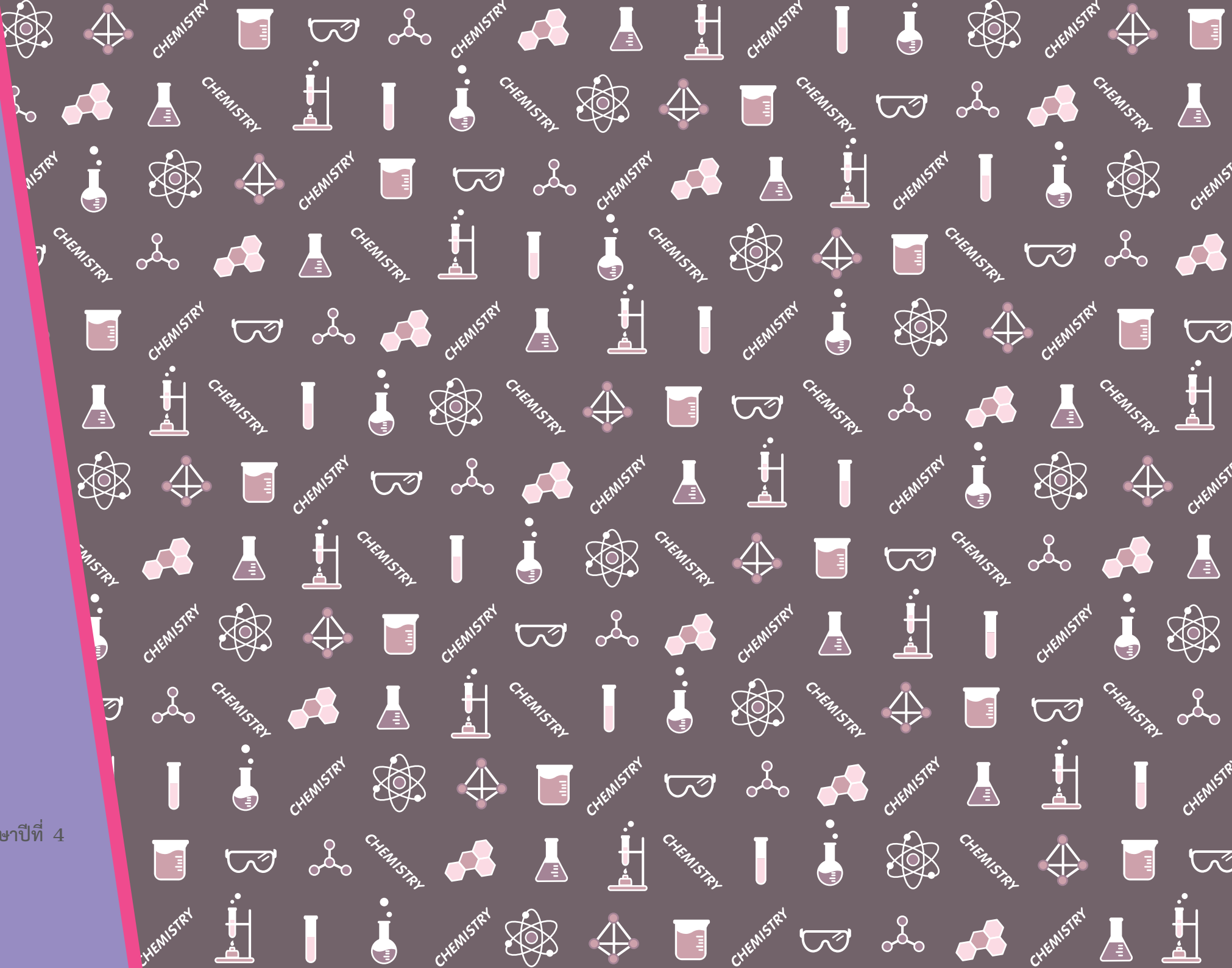
- Musikul, K. (2010, June). *Exploring primary students' understanding about the world before they come to science classroom*. Paper presented at the annual meeting of the Australasian Science Education Association, Port Stephen, New South Wales, Australia
- Kozlow, M.J. and Nay, M.A. (1976). An approach to measuring scientific attitudes. *Science Education* 60:2147-2172
- McComas, W.F. and Almazroa, H. (1998). The Nature of Science in Science Education: An Introduction. *Science and Education*, 7, 511-532.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Padilla, M. J. (1990). Research Matters to the Science Teacher. NARST Publication, No. 9004.
- Rowe, M.B. (1974). Wait-time and Rewards as Instructional Variables, Their Influence on Language, Logic, and Fate Control: Part One-Wait-Time. *Journal of Research in Science Teaching*. 11, 81-94.
- Tunstall, P. and Gipps, C. (1996). Teacher feedback to young children in formative assessment: A typology. *British Educational Research Journal*, 22(4), 389-404.
- Wilson, J., Murdoch, K. (2006). *How to Succeed with Thinking: Little books of big ideas*. Curriculum Corporation.



# ส่วนที่ ๒

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

เคมี  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



## ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

### สาระเคมี

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี
- ผลการเรียนรู้ 1. บอกและอธิบายข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติตนที่แสดงถึงความตระหนักรู้ในการทำปฏิบัติการเคมี เพื่อให้มีความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ข้อปฏิบัติเบื้องต้นในการทำปฏิบัติการเคมี</li> <li>การป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการเคมี</li> <li>การแก้ไขผลที่เกิดขึ้นจากอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการเคมี</li> <li>หลักการที่คำนึงถึงความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม</li> <li>การกำจัดสารเคมีประเภทต่างๆ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต</li> <li>การจำแนกประเภท</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>กระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยใช้สถานการณ์หรือปัญหาซึ่งอาจเป็นข้อความ ภาพ หรือวีดิทัศน์ที่แสดงถึงการเกิดอุบัติเหตุบางประการในห้องปฏิบัติการเคมี จากนั้นใช้คำถามนำว่า ถ้าจะป้องกันและแก้ไขอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการเคมีต้องคำนึงถึงหรือให้ความสำคัญในเรื่องใดบ้าง</li> <li>อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นจากอุบัติเหตุ เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์แนวทางการป้องกันและการแก้ไขผลของอุบัติเหตุในการทำปฏิบัติการเคมี (การป้องกันตนเอง การศึกษาขั้นตอนการทดลองและข้อมูลสารเคมี และการปฐมพยาบาลเบื้องต้น)</li> <li>ให้นักเรียนนำเสนอแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุ รวมทั้งการแก้ไขผลที่เกิดขึ้นจากอุบัติเหตุต่างๆ ในห้องปฏิบัติการเคมี</li> <li>อภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับข้อควรปฏิบัติเบื้องต้นในการทำปฏิบัติการเคมี ทั้งก่อนปฏิบัติการ ระหว่างปฏิบัติการ และหลังปฏิบัติการ รวมถึงแนวทางการป้องกันและแก้ไขผลของอุบัติเหตุต่างๆ</li> <li>ยกตัวอย่างการทดลองต่างๆ ที่มีสารเคมีที่เป็นของเหลือทิ้ง หรือเหลือใช้แล้วให้นักเรียนจัดกลุ่มสารเคมี โดยวิเคราะห์จากสัญลักษณ์และข้อมูลในฉลากสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับแนวทางการกำจัดสารเคมีประเภทต่างๆ หลังจากทำการทดลอง โดยครูเป็นผู้ชี้แนะและให้ความรู้เสริม</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ข้อปฏิบัติเบื้องต้นในการทำปฏิบัติการเคมี แนวทางการป้องกันและแก้ไขอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการ การกำจัดสารเคมี และหลักการเกี่ยวกับความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จากการทำกิจกรรม การอภิปราย และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการนำเสนอแนวทาง การป้องกันและแก้ไขอุบัติเหตุตามสถานการณ์ที่กำหนดให้</li> <li>การสังเกตและความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม</li> <li>การจำแนกประเภท จากการทำกิจกรรมการจัดกลุ่มประเภทสารเคมี</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการทำกิจกรรมและการนำเสนอ</li> </ol>



### การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

#### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความใจกว้าง
2. การใช้วิจารณญาณ
3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์

### แนวทางการจัดการเรียนรู้

6. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแนวปฏิบัติที่นำไปสู่ความปลอดภัยและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จากนั้นยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมี เช่น การใช้อุปกรณ์แบบย่นส่วนเพื่อการลดปริมาณ การใช้สาร ลดการใช้พลังงาน ลดการปล่อยสารพิษสู่สิ่งแวดล้อม
7. ให้นักเรียนสะท้อนความรู้ความเข้าใจและแสดงถึงความตระหนักเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการเคมี และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยครูอาจใช้คำถามนำให้เกิดการอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน หรืออาจมอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความรู้ และนำเสนอในรูปแบบที่สามารถสร้างความเข้าใจให้กับผู้อื่นได้ดี เช่น แผ่นผัง แผ่นพับ วิดีทัศน์

### แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

#### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความใจกว้างและการใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายและการทำกิจกรรม
2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากผลงานและการสะท้อนความคิด

ผลการเรียนรู้ 2. เลือกและใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ และวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. เทคนิคการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับ ชั่ง ตวง วัด ถ่ายเทสาร และให้ความร้อน</li> <li>2. การอ่านค่าและการรายงานผลจากการวัด โดยคำนึงถึงเลขนัยสำคัญ</li> <li>3. วิธีการดูแลอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับชั่ง ตวง วัด และถ่ายเทสาร</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การวัด</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความรอบคอบ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำปฏิบัติการเคมี โดยครูแสดงรูปภาพหรือวิดีโอทัศน์แล้วให้นักเรียนเขียนชื่อและวัตถุประสงค์การใช้งานของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการในใบกิจกรรม</li> <li>2. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการชั่ง ตวง วัด และถ่ายเทสาร จากนั้นถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่วิธีการใช้งานของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ</li> <li>3. สาธิตและอธิบายการใช้งานอุปกรณ์ประเภทเครื่องแก้วที่ใช้ในบรรจุ ถ่ายเท ตวง และวัดปริมาตรสาร (บีกเกอร์ กระจกตวง ปีเปตต์ บิวเรตต์ ขวดรูปกรวย ขวดกำหนดปริมาตร) เครื่องมือที่ใช้ชั่ง (เครื่องชั่งไฟฟ้า) ในประเด็นต่อไปนี้             <ul style="list-style-type: none"> <li>- วัตถุประสงค์และเทคนิคการใช้ อุปกรณ์และเครื่องมือ</li> <li>- การอ่านค่าและการรายงานผลจากการวัดโดยคำนึงถึงเลขนัยสำคัญ</li> <li>- ข้อควรระวังในการใช้และการดูแลอุปกรณ์และเครื่องมือ</li> </ul> </li> <li>4. ให้นักเรียนเลือกและใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการทำปฏิบัติการและวัดปริมาณต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ถูกต้อง และปลอดภัย ตามสถานการณ์หรือโจทย์ที่กำหนด</li> <li>5. อภิปรายและสรุปบทเรียนร่วมกันเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ เทคนิค วิธีการใช้งาน การอ่านค่าและการรายงานผล รวมทั้งข้อควรระวังในการใช้และการดูแล อุปกรณ์และเครื่องมือประเภทต่าง ๆ</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>เทคนิคการใช้และการดูแลอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับชั่ง ตวง วัด และถ่ายเทสาร การอ่านค่าและการรายงานผลจากการวัดโดยคำนึงถึงเลขนัยสำคัญจากการทำกิจกรรม และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>การสังเกตและการวัด จากใบกิจกรรมและการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความรอบคอบ จากใบกิจกรรมและการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</p>

### ผลการเรียนรู้ 3. นำเสนอแผนการทดลอง ทดลอง และเขียนรายงานการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ขั้นตอนการทำปฏิบัติการเคมีประกอบด้วย การตั้งสมมติฐาน การวางแผนและออกแบบ การทดลอง การทำการทดลอง การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปและอภิปรายผลการทดลอง และการเขียนรายงานการทดลอง</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การวัด</li> <li>3. การตั้งสมมติฐาน</li> <li>4. การกำหนดและควบคุมตัวแปร</li> <li>5. การทดลอง</li> <li>6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</li> <li>7. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. ความซื่อสัตย์</li> <li>3. ความรอบคอบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการสาธิตกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เห็น การเปลี่ยนแปลงง่าย ๆ เช่น การผสมสารสองชนิด แล้วสารเปลี่ยนสีหรือเกิดฟองแก๊ส เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสังเกต และการตั้งสมมติฐาน ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</li> <li>2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรและวางแผน ออกแบบการทดลอง จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และรูปแบบการบันทึกข้อมูล</li> <li>3. ให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานตามแผนการทดลอง ที่ออกแบบไว้ บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง อภิปรายและสรุปผลการทดลอง แล้วเขียนรายงานการทดลอง จากนั้นอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวทางการวิเคราะห์ผลการทดลอง การอภิปรายและสรุปผลการทดลอง</li> <li>4. ให้นักเรียนประเมินและปรับปรุงแก้ไขรายงานการทดลองของตนเอง</li> <li>5. อภิปรายร่วมกันและให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งให้นักเรียนประเมินตนเองจากรายการประเมิน (check list)</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ขั้นตอนการทำปฏิบัติการเคมี จากการทำกิจกรรม การอภิปราย และรายงานการทดลอง</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต การวัด การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม การทำการทดลอง และรายงานการทดลอง</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากรายงานการทดลอง</li> <li>3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำการทดลองและรายงานการทดลอง</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น ความซื่อสัตย์ และความรอบคอบ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</p>

ผลการเรียนรู้ 4. ระบุหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร และเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>หน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ทางเคมีในระบบเอสไอ</li> <li>การเปลี่ยนหน่วยวัดโดยใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้จำนวน</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>-</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความรอบคอบ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างหน่วยที่ได้จากการวัดปริมาณต่าง ๆ ที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น มวล (มีหน่วยเป็น กรัม กิโลกรัม ปอนด์ เป็นต้น) ปริมาตร (มีหน่วยเป็นลิตร ลูกบาศก์เซนติเมตร ลูกบาศก์เดซิเมตร ถ้วยตวง แกลลอน เป็นต้น) อุณหภูมิ (มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ฟาเรนไฮต์ เป็นต้น) เพื่อให้สรุปได้ว่าหน่วยที่วัดได้จากปริมาณที่ต่างกัน ก็จะมีหน่วยที่แตกต่างกัน และแต่ละปริมาณก็มีได้หลายหน่วย</li> <li>ใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้เห็นว่า การรายงานค่าการวัดปริมาณต่าง ๆ จะรายงานในหน่วยระบบเอสไอ ซึ่งเป็นหน่วยสากลที่เข้าใจได้ตรงกัน</li> <li>อธิบายวิธีการเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอโดยใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย และฝึกเปลี่ยนหน่วยวัดโดยให้ทำแบบฝึกหัด</li> <li>อภิปรายและสรุปร่วมกันเกี่ยวกับหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ทางเคมีในระบบเอสไอ เช่น มวล ปริมาตร ความหนาแน่น จำนวนอนุภาค และวิธีการเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอโดยใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>หน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ทางเคมีในระบบเอสไอ และการเปลี่ยนหน่วยวัดโดยใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยจากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</p>

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ 1. สืบค้นข้อมูลสมมติฐาน การทดลอง หรือผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. วิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม</li> <li>2. การทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองอะตอม</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>3. การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. ความเชื่อและค่านิยมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยอภิปรายเกี่ยวกับทักษะทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์</li> <li>2. อภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามว่า นักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่าอะตอมมีลักษณะเป็นอย่างไรทั้งที่อะตอมมีขนาดเล็กมาก มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมระบองปริศนาที่เกี่ยวกับการได้มาซึ่งแบบจำลองของสิ่งที่มองไม่เห็น</li> <li>3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเรื่องระบองปริศนาเพื่อจำลองวิธีการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์และความเข้าใจแนวคิดของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ จากนั้นนำเสนอข้อมูล และร่วมกันอภิปรายสรุปกิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การศึกษาโครงสร้างอะตอมของนักวิทยาศาสตร์</li> <li>4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการได้มาซึ่งแบบจำลองของดอลตันและทอมสัน ลักษณะของแบบจำลองและหลักฐานที่ใช้สนับสนุนแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสอง</li> <li>5. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมมติฐานและการทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด จากนั้นร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลการค้นพบซึ่งนำมาสู่การสร้างแบบจำลองอะตอมใหม่ที่ต่างจากทอมสัน</li> <li>6. ให้ความรู้เกี่ยวกับคลื่นและการคำนวณพลังงานตามสมการของพลังค์ จากนั้นให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาเส้นสเปกตรัมของธาตุ</li> <li>7. ร่วมกันสรุปผลการทดลองและเชื่อมโยงไปสู่แบบจำลองอะตอมของโบร์</li> <li>8. ให้นักเรียนศึกษาแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกและอภิปรายร่วมกัน</li> <li>9. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมต่าง ๆ ในรูปแบบผังมโนทัศน์ หรือ Timeline โดยเขียนลงในกระดาษปรีฟ แล้วออกมาแนะนำเสนอ</li> <li>10. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอมและการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองอะตอมจากการทำกิจกรรม การทดลอง การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกตและการลงความเห็นจากข้อมูล จากการทำกิจกรรม</li> <li>2. การสร้างแบบจำลอง จากผังมโนทัศน์ หรือ timeline</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้น อภิปรายและนำเสนอ</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการผลิตพฤติกรรมขณะทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้าง การใช้วิจารณญาณ และความเชื่อและค่านิยมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ จากการผลิตพฤติกรรมในการอภิปราย</p>

ผลการเรียนรู้ 2. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ และระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>สมบัติบางประการของโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน</li> <li>สัญลักษณ์นิวเคลียร์ เลขอะตอม เลขมวล</li> <li>ความหมายของไอโซโทป</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b> การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b> ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้อภิปรายทบทวนแบบจำลองอะตอมของทอมสัน และรัทเทอร์ฟอร์ด พร้อมทบทวนเกี่ยวกับอนุภาคที่เป็นองค์ประกอบของอะตอมซึ่งขณะนี้นักเรียนควรรู้แล้วว่าอะตอมประกอบด้วยอิเล็กตรอน ซึ่งมีประจุลบและโปรตรอนซึ่งมีประจุบวก จากนั้นถามคำถามว่านอกจากอิเล็กตรอนและโปรตรอนแล้วยังมีอนุภาคอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของอะตอมอีกหรือไม่</li> <li>ให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับอนุภาคในอะตอมในหนังสือเรียนหรือเอกสาร จากนั้นร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสมบัติประการของโปรตรอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนรวมทั้งการทดลองที่เกี่ยวข้อง</li> <li>ถามคำถามนักเรียนว่าอะตอมของธาตุแต่ละชนิดมีจำนวนโปรตรอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนเป็นองค์ประกอบเท่ากันหรือไม่ และเราจะมีการเขียนสัญลักษณ์แสดงจำนวนโปรตรอน นิวตรอนและอิเล็กตรอนของอะตอมของธาตุได้อย่างไร</li> <li>เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุจากข้อมูลที่แสดงสัญลักษณ์ของธาตุและจำนวนโปรตรอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาว่าสัญลักษณ์ดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับข้อมูลอย่างไร เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การอธิบายสัญลักษณ์นิวเคลียร์ เลขมวล เลขอะตอม และไอโซโทป</li> <li>ประเมินความเข้าใจของนักเรียนโดยแต่ละกลุ่มสลับกันส่งตัวแทนออกมาเขียนคำตอบบนกระดานตามคำถามที่ครูกำหนด</li> <li>ให้นักเรียนสรุปบทเรียนเกี่ยวกับจำนวนโปรตรอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมของธาตุ สัญลักษณ์นิวเคลียร์ เลขอะตอม เลขมวล และความหมายของไอโซโทปแล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สมบัติบางประการของโปรตรอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน สัญลักษณ์นิวเคลียร์ เลขอะตอม เลขมวล และความหมายของไอโซโทป จากการทำกิจกรรมการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปราย</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>



ผลการเรียนรู้ 3. อธิบายและเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อยเมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อย</li> <li>2. ออร์บิทัล</li> <li>3. เวเลนซ์อิเล็กตรอน</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยอภิปรายเกี่ยวกับตำแหน่งของโปรตอน นิวตรอนและอิเล็กตรอนภายในอะตอม และระดับชั้นพลังงานของอิเล็กตรอนตามแบบจำลองอะตอมของโบร์ จากนั้นใช้คำถามว่า ในแต่ละระดับพลังงาน จะมีจำนวนอิเล็กตรอนแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาหลักการการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก และความหมายเวเลนซ์อิเล็กตรอนในหนังสือเรียนหรือเอกสาร จากนั้นฝึกจัดเรียงอิเล็กตรอนจากเลขอะตอมของธาตุที่กำหนดให้ พร้อมทั้งวาดรูปแสดงจำนวนอิเล็กตรอนตามแบบจำลองอะตอมของโบร์และระบุเวเลนซ์อิเล็กตรอน</li> <li>3. อธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย โดยใช้ออร์บิทัลประกอบการอธิบาย จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อยจากเลขอะตอมที่ครูกำหนดให้ พร้อมระบุจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอน</li> <li>4. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อประเมินความเข้าใจโดยแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มละ 3 คน หรือตามความเหมาะสม แล้วสลับกันส่งตัวแทนออกมา โดย             <ul style="list-style-type: none"> <li>- คนที่ 1 เขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย</li> <li>- คนที่ 2 เขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก</li> <li>- คนที่ 3 ระบุจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอน</li> </ul>             โดยคนถัดไปจะทำการกิจกรรมต่อได้ เมื่อมีการตรวจและแก้ไขคำตอบของคนก่อนหน้าให้ถูกต้อง และนักเรียนต้องสลับหน้าที่เมื่อตอบคำถามในข้อต่อไป         </li> <li>5. อภิปรายเพื่อสรุปบทเรียนเกี่ยวกับการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อย ออร์บิทัล และเวเลนซ์อิเล็กตรอนแล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อย ออร์บิทัล และเวเลนซ์อิเล็กตรอนจากการอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัดและการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการทำกิจกรรม</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>

## ผลการเรียนรู้ 4. ระบุหมู่ คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ของธาตุเรฟริเซนเททีฟและธาตุแทรนซิชันในตารางธาตุ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ</li> <li>2. การระบุหมู่และคาบของธาตุในตารางธาตุ</li> <li>3. การจัดกลุ่มธาตุในตารางธาตุตามสมบัติบางประการ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจำแนกประเภท</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> <li>3. การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยอภิปรายร่วมกันและอาจใช้คำถามว่า สามารถจัดธาตุเป็นหมวดหมู่ได้อย่างไร</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเกี่ยวกับวิวัฒนาการของตารางธาตุ จากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ยุคต่าง ๆ ตั้งแต่ จอห์น นิวแลนด์ มาจนถึงตารางธาตุในยุคปัจจุบัน</li> <li>3. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับวิวัฒนาการของตารางธาตุ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนสรุปความรู้ในรูปแบบผังมโนทัศน์ หรือ Timeline</li> <li>4. ให้นักเรียนศึกษาลักษณะของตารางธาตุปัจจุบันเพิ่มเติมจากนั้นร่วมกันอภิปรายว่าจนได้ข้อสรุปว่า             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ตารางธาตุในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 7 แถวในแนวนอนซึ่งเรียกว่าคาบ และ 18 แถวในแนวตั้งซึ่งเรียกว่าหมู่ โดยอาจแบ่งหมู่เป็นระบบ A และ B หรือระบบหมู่ 1 ถึง 18 ซึ่งบางหมู่มีชื่อเรียกเฉพาะ</li> <li>- ถ้าใช้สมบัติการนำไฟฟ้าเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งธาตุออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ โลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ</li> <li>- ถ้าใช้การจัดเรียงอิเล็กตรอนตามระดับพลังงานย่อยเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งธาตุออกได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ s p d และ f จากนั้นให้ความรู้เพิ่มเติมว่าธาตุในกลุ่ม s และ p จัดเป็นกลุ่มธาตุเรฟริเซนเททีฟหรือธาตุหมู่หลัก ส่วนธาตุในกลุ่ม d และ f จัดเป็นกลุ่มธาตุแทรนซิชัน</li> </ul> </li> <li>5. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุกับตำแหน่งของธาตุในตารางธาตุ</li> <li>6. ให้นักเรียนสรุปบทเรียนเกี่ยวกับวิวัฒนาการของตารางธาตุ การระบุหมู่และคาบของธาตุในตารางธาตุ และการจัดกลุ่มธาตุในตารางธาตุตามสมบัติบางประการ แล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิวัฒนาการของตารางธาตุ การระบุหมู่และคาบของธาตุในตารางธาตุ และการจัดกลุ่มธาตุในตารางธาตุตามสมบัติบางประการ จากการทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจำแนกประเภทและการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม</li> <li>2. การสร้างแบบจำลอง จากการศึกษาเขียนผังมโนทัศน์ หรือ Timeline</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการศึกษาสังเกตพฤติกรรมขณะเขียนผังมโนทัศน์ หรือ Timeline</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>



ผลการเรียนรู้ 5. วิเคราะห์และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุเรฟรีเซนเททีฟตามหมู่และตามคาบ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>แนวโน้มของขนาดอะตอม ขนาดไอออน พลังงานไอออไนเซชัน อิเล็กโตรเนกาติวิตี และสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน ของธาตุเรฟรีเซนเททีฟหรือธาตุหมู่หลักตามหมู่และตามคาบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความมุ่งมั่นอดทน</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับตารางธาตุในปัจจุบันซึ่งเรียงตามเลขอะตอม และมีการแบ่งตารางธาตุออกเป็นหมู่และคาบ จากนั้นถามคำถามว่า นักเรียนคิดว่าสมบัติต่างๆ ของธาตุในหมู่และคาบเดียวกัน เช่น ขนาดอะตอม เป็นอย่างไร</li> <li>2. ให้นักเรียนศึกษาตารางข้อมูลแสดงขนาดอะตอม และอภิปรายเกี่ยวกับแนวโน้มของขนาดอะตอมของธาตุ ตามหมู่และคาบ</li> <li>3. อภิปรายเกี่ยวกับความหมาย ไอออน จากนั้นให้นักเรียนศึกษาตารางข้อมูลแสดงขนาดไอออน และเปรียบเทียบขนาดอะตอมกับขนาดไอออนทั้งกรณีที่ได้รับและเสียอิเล็กตรอน</li> <li>4. ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับขนาดของอะตอม และไอออน โดยสุ่มให้นักเรียนเปรียบเทียบขนาดของอะตอมและไอออนของธาตุ จากตัวอย่างที่กำหนดให้</li> <li>5. ให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับความหมายและแนวโน้มของพลังงานไอออไนเซชัน อิเล็กโตรเนกาติวิตี และสัมพรรคภาพอิเล็กตรอนของธาตุเรฟรีเซนเททีฟหรือธาตุหมู่หลักตามหมู่และคาบ</li> <li>6. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปบทเรียนเกี่ยวกับแนวโน้มสมบัติบางประการของธาตุเรฟรีเซนเททีฟหรือธาตุหมู่หลักตามหมู่และตามคาบ จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>แนวโน้มของขนาดอะตอม ขนาดไอออน พลังงานไอออไนเซชัน อิเล็กโตรเนกาติวิตี และสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน ของธาตุเรฟรีเซนเททีฟหรือธาตุหมู่หลักตามหมู่และตามคาบ จากการทำกิจกรรมการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปรายและการทำกิจกรรม</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณญาณและความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำกิจกรรม</p>

ผลการเรียนรู้ 6. บอกสมบัติของธาตุโลหะแทรนซิชัน และเปรียบเทียบสมบัติกับธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรพรีเซนเททีฟ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ขนาดอะตอม จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความหนาแน่นของธาตุสี่ของสารประกอบของโลหะในกลุ่มธาตุเรพรีเซนเททีฟและธาตุแทรนซิชัน</li> <li>ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยากับน้ำของธาตุโลหะในกลุ่มธาตุแทรนซิชันและกลุ่มธาตุเรพรีเซนเททีฟหรือธาตุหมู่หลัก</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต</li> <li>การตั้งสมมติฐาน</li> <li>การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ</li> <li>การกำหนดและควบคุมตัวแปร</li> <li>การทดลอง</li> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณญาณ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับขนาดอะตอมของโลหะเรพรีเซนเททีฟหรือโลหะหมู่หลัก</li> <li>ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขนาดอะตอมของโลหะเรพรีเซนเททีฟหรือโลหะหมู่หลักและโลหะแทรนซิชันในหมู่และคาบเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบขนาดอะตอมทั้ง 2 ประเภทตามคาบและตามหมู่</li> <li>อภิปรายร่วมกันเพื่อเปรียบเทียบจุดเดือด จุดหลอมเหลว และความหนาแน่นของโลหะเรพรีเซนเททีฟหรือโลหะหมู่หลักกับโลหะแทรนซิชัน โดยใช้ข้อมูลประกอบ</li> <li>นำตัวอย่างสารประกอบของโลหะเรพรีเซนเททีฟหรือโลหะหมู่หลักและโลหะแทรนซิชันมาให้นักเรียนสังเกตเพื่อเปรียบเทียบสี จากนั้นอภิปรายเพื่อสรุปว่าสารประกอบของโลหะแทรนซิชันส่วนใหญ่มีสี</li> <li>ใช้คำถามนำว่า นอกจากสมบัติที่ได้ศึกษาไปแล้ว โลหะแทรนซิชันยังมีสมบัติใดที่แตกต่างจากโลหะเรพรีเซนเททีฟหรือโลหะหมู่หลัก</li> <li>ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานและทำการทดลองเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยากับน้ำของโลหะเรพรีเซนเททีฟหรือโลหะหมู่หลักและโลหะแทรนซิชัน จากนั้นร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทดลอง</li> <li>ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับสมบัติบางประการของโลหะเรพรีเซนเททีฟหรือโลหะหมู่หลักและโลหะแทรนซิชัน ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ขนาดอะตอม จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความหนาแน่นของธาตุ สี่ของสารประกอบของโลหะในกลุ่มธาตุเรพรีเซนเททีฟหรือธาตุหมู่หลักและธาตุแทรนซิชัน ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยากับน้ำของธาตุโลหะในกลุ่มธาตุแทรนซิชันและกลุ่มธาตุเรพรีเซนเททีฟจากการทำกิจกรรม การอภิปราย การทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทดลอง</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำกิจกรรมและการทดลอง</p>

## ผลการเรียนรู้ 7. อธิบายสมบัติและคำนวณครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ธาตุกัมมันตรังสีและไอโซโทปกัมมันตรังสี</li> <li>2. รังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมา</li> <li>3. สมการนิวเคลียร์</li> <li>4. ครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี</li> <li>5. อันตรายและประโยชน์ของไอโซโทปกัมมันตรังสี</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้จำนวน</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. ความรอบคอบ</li> <li>4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> <li>5. คุณธรรมและจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างข่าวหรือบทความที่เกี่ยวข้องกับธาตุกัมมันตรังสี จากนั้นอธิบายความหมายกัมมันตภาพรังสี</li> <li>2. ให้ความหมายของ ไอโซโทปกัมมันตรังสีหรือสารกัมมันตรังสีกับธาตุกัมมันตรังสี จากนั้นใช้คำถามว่าเหตุใดไอโซโทปกัมมันตรังสีจึงแผ่รังสีได้ เพื่อนำเข้าสู่การศึกษาเกี่ยวกับเสถียรภาพของนิวเคลียสในอะตอม</li> <li>3. อธิบายเกี่ยวกับการแผ่รังสีว่าเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในนิวเคลียส จากนั้นให้นักเรียนศึกษากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโปรตอนและจำนวนนิวตรอน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสัดส่วนของจำนวนนิวตรอนต่อโปรตอนกับความเสถียรของนิวเคลียสของอะตอม</li> <li>4. ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของรังสี สมการนิวเคลียร์เพื่ออธิบายการแผ่รังสี ตัวอย่างธาตุกัมมันตรังสีและไอโซโทปกัมมันตรังสีบางชนิด จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้</li> <li>5. ให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการหาอายุวัตถุโบราณและให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับครึ่งชีวิตและการคำนวณหาอายุของวัตถุโบราณโดยใช้ครึ่งชีวิต จากนั้นทดสอบความเข้าใจ โดยให้นักเรียนคำนวณเกี่ยวกับครึ่งชีวิตจากตัวอย่างที่กำหนดให้</li> <li>6. ให้นักเรียนศึกษาปฏิกิริยานิวเคลียร์ ได้แก่ ฟิชชัน และฟิวชัน จากนั้นเปรียบเทียบปฏิกิริยานิวเคลียร์ทั้งสองแบบ</li> <li>7. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากไอโซโทปกัมมันตรังสีและจัดทำโปสเตอร์หรือภาพนิ่งนำเสนอการสืบค้น จากนั้นนำเสนอและอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้</li> <li>8. ให้นักเรียนสรุปบทเรียนเกี่ยวกับธาตุกัมมันตรังสี ไอโซโทปหรือสารกัมมันตรังสี รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา สมการนิวเคลียร์ ครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี ปฏิกิริยานิวเคลียร์ อันตรายและการใช้ประโยชน์ของธาตุกัมมันตรังสีและไอโซโทปกัมมันตรังสีในด้านต่างๆ แล้วทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ธาตุกัมมันตรังสี ไอโซโทปกัมมันตรังสี รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา สมการนิวเคลียร์ ครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี ปฏิกิริยานิวเคลียร์และอันตรายและประโยชน์ของไอโซโทปกัมมันตรังสี จากการทำกิจกรรม การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูล</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง การใช้วิจารณญาณ และความรอบคอบ จากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำกิจกรรม</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์และคุณธรรมและจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ จากการอภิปรายเกี่ยวกับการนำธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์</li> </ol>

ผลการเรียนรู้ 8. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การนำธาตุมาใช้ประโยชน์ตามสมบัติ ของธาตุ</li> <li>2. ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จากการนำธาตุมาใช้ประโยชน์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> <li>3. ความมุ่งมั่นอดทน</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนช่วยกันยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ หรือครูอาจนำตัวอย่างภาพที่เกี่ยวกับการนำธาตุไปใช้ประโยชน์แล้วให้นักเรียนคาดคะเนว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากธาตุชนิดใดบ้าง</li> <li>2. ให้นักเรียนเล่นเกมอักษรไขว้ (puzzle) เกี่ยวกับการนำธาตุไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ</li> <li>3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลการนำธาตุไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยแต่ละกลุ่มต้องสืบค้นประโยชน์จากธาตุประมาณ 5 ชนิดและไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น</li> <li>4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูลการสืบค้นผ่านวิธีการที่น่าสนใจและหลากหลาย เช่น การแสดงละคร การสมมติเหตุการณ์จำลอง</li> <li>5. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปบทเรียนเกี่ยวกับประโยชน์ของธาตุและผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การนำธาตุมาใช้ประโยชน์ตามสมบัติของธาตุและผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จากการทำกิจกรรม และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูล</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น ความใจกว้าง และความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำกิจกรรม</p>

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ 9. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก โดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. พันธะเคมี</li> <li>2. สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส</li> <li>3. กฏออกเตต</li> <li>4. การเกิดไอออน</li> <li>5. การเกิดพันธะไอออนิก</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การจำแนกประเภท</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างสูตรเคมีของสารต่าง ๆ ที่นักเรียนรู้จัก พร้อมทั้งระบุว่าสารนั้นประกอบด้วยธาตุใดบ้าง ทั้งนี้สารที่ยกตัวอย่างควรมีครบทั้งสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ โลหะ และธาตุหมู่ VIIIA หรือแก๊สมีสกุล ถ้าตัวอย่างยังไม่ครอบคลุมควรยกตัวอย่างเพิ่มเติม</li> <li>2. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจว่า เพราะเหตุใดธาตุหมู่ VIIIA หรือแก๊สมีสกุลจึงอยู่ในรูปอะตอมเดี่ยว แต่ธาตุชนิดอื่นส่วนใหญ่ไม่อยู่ในรูปอะตอมเดี่ยว เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่กฎออกเตตและการเกิดพันธะเคมี</li> <li>3. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอมของธาตุในสารที่ยกตัวอย่าง เปรียบเทียบกับจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุหมู่ VIIIA หรือแก๊สมีสกุล จากนั้นอธิบายกฎออกเตต และการเขียนสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสแสดงเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุ</li> <li>4. ให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยจัดกลุ่มสารที่ได้ยกตัวอย่างไว้ โดยให้นักเรียนพิจารณาจากความเป็นโลหะของธาตุองค์ประกอบในสารแต่ละชนิด</li> <li>5. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า สารบางชนิดเกิดจากการรวมตัวของธาตุโลหะกับธาตุอโลหะ และบางชนิดเกิดจากธาตุอโลหะ หรือธาตุโลหะเท่านั้น</li> <li>6. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมโดยใช้สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส แสดงการเกิดพันธะเคมีของสารแต่ละชนิดตามความคิดของนักเรียน แล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความแตกต่างของการเกิดพันธะ เพื่อให้เห็นว่าสารแต่ละชนิดเกิดจากพันธะเคมีที่มีการใช้อิเล็กตรอนแตกต่างกัน</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>พันธะเคมี กฏออกเตต การเกิดไอออน การเกิดพันธะไอออนิก และการเขียนแสดงการเกิดพันธะไอออนิกโดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส จากการทำกิจกรรม การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจำแนกประเภท และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา จากการทำกิจกรรม</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้างและการใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</p>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

- นำเข้าสู่การศึกษาเรื่องพันธะไอออนิก โดยอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเกิดไอออน การเกิดพันธะไอออนิก และสารประกอบไอออนิก ซึ่งเป็นไปตามกฎออกเตต โดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิอิวิสประกอบการอภิปราย
- ให้นักเรียนเขียนแผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิอิวิสแสดงการให้และรับอิเล็กตรอนในการเกิดพันธะไอออนิก จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน
- อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก โดยให้นักเรียนพิจารณาจากแบบจำลองหรือภาพโครงสร้างของสาร เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า สารประกอบไอออนิกเป็นโครงผลึกที่ประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบจัดเรียงตัวต่อเนื่องกันไปทั้งสามมิติ ไม่อยู่ในรูปโมเลกุลซึ่งมีจำนวนอะตอมที่ชัดเจน
- อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้

ผลการเรียนรู้ 10. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก</li> <li>2. การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างสูตรเคมีของสารประกอบไอออนิกของธาตุเรฟริเจนเททีฟ (เฉพาะธาตุโลหะที่มีเลขออกซิเดชันค่าเดียว) ที่มีอัตราส่วนของไอออนบวกและไอออนลบต่างๆ จากนั้นใช้คำถามนำว่า ไอออนบวกและไอออนลบในสารประกอบไอออนิกแต่ละชนิดจะรวมตัวกันด้วยอัตราส่วนเท่าใด</li> <li>2. อธิบายการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก รวมทั้งสารประกอบไอออนิกที่ไอออนเกิดจากกลุ่มอะตอม</li> <li>3. ให้นักเรียนเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>4. อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกของธาตุโลหะที่เกิดเป็นไอออนบวกได้หลายค่า จึงต้องมีการระบุค่าประจุโดยใช้เลขออกซิเดชัน รวมทั้งสารประกอบไอออนิกของธาตุโลหะแทรนซิชัน ทั้งนี้ครูอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างค่าประจุกับเลขออกซิเดชันของธาตุโลหะ</li> <li>5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>6. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จากการอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>

ผลการเรียนรู้ 11. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>พลังงานรวมของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิก</li> <li>วัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้จำนวน</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>-</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณ์ญาณ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการดูดพลังงานและคายพลังงาน รวมทั้งการเขียนสมการเคมีที่แสดงการดูดและคายพลังงาน</li> <li>อธิบายว่าพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดจากการดูดพลังงานเพื่อสลายพันธะเคมีของสารตั้งต้น และการคายพลังงานเพื่อสร้างพันธะเคมีของผลิตภัณฑ์</li> <li>ให้นักเรียนศึกษาชีวิตทัศน์หรือภาพประกอบการเกิดสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ จากปฏิกิริยาระหว่างโลหะโซเดียมกับแก๊สคลอรีน และอธิบายเกี่ยวกับการดูดและคายพลังงานของขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์ และการคำนวณพลังงานรวมของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกด้วยวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์</li> <li>ให้นักเรียนคำนวณค่าพลังงานรวมของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิก จากแผนภาพวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์ที่กำหนดให้</li> <li>ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับพลังงานรวมของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์ และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการคำนวณพลังงานรวมของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิก และการเขียนแผนภาพวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์ จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณ์ญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</p>



ผลการเรียนรู้ 12. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สมบัติของสารประกอบไอออนิก</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาชีวิตทัศน์หรือภาพประกอบเมื่อทำการทุบผลึกของสารประกอบไอออนิกและการเปลี่ยนแปลงของโครงผลึก</li> <li>ใช้คำถามว่า เพราะเหตุใดเมื่อทุบผลึกของสารประกอบไอออนิก แล้วผลึกของสารประกอบไอออนิกจึงแตก และอธิบายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปว่าการที่ผลึกแตกเนื่องจากแรงกระทำมีผลทำให้ไอออนเลื่อนไกล แล้วแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกและไอออนลบเปลี่ยนไปเป็นแรงผลักรหว่างไอออนชนิดเดียวกัน สารประกอบไอออนิกจึงมีสมบัติเปราะและแตกได้ง่าย จากนั้นเชื่อมโยงเข้าสู่สมบัติอื่น ๆ ของสารประกอบไอออนิก โดยนำเข้าสู่กิจกรรม</li> <li>ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเพื่อศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก โดยให้พิจารณาสมบัติของสารประกอบไอออนิกแต่ละชนิดจากข้อมูลที่กำหนดให้ จากนั้นอธิบายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับสมบัติของสารประกอบไอออนิก</li> <li>อธิบายร่วมกันเกี่ยวกับสมบัติของสารประกอบไอออนิก เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นผลึกของแข็ง เปราะและแตกง่าย มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง ละลายน้ำได้ เมื่อเป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่ถ้าทำให้หลอมเหลวหรือละลายในน้ำจะนำไฟฟ้า พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล</li> <li>ให้ความรู้เกี่ยวกับการละลายน้ำซึ่งเกี่ยวข้องกับการดูดพลังงานและคายพลังงาน และสมบัติความเป็นกรด-เบสของสารละลายที่เกิดจากสารประกอบไอออนิกประเภทคลอไรด์และออกไซด์</li> <li>อธิบายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับสมบัติของสารประกอบไอออนิก และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สมบัติของสารประกอบไอออนิก จากการอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>

ผลการเรียนรู้ 13. เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b> สมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b> ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การทดลอง</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b> ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยสาธิตการละลายน้ำของ <math>\text{CaCl}_2</math>, <math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math> และ <math>\text{CaCO}_3</math> แล้วให้นักเรียนเขียนไอออนบวกและไอออนลบที่อยู่ในสารละลายแล้วใช้คำถามว่า ถ้านำสารละลาย <math>\text{CaCl}_2</math> และ <math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math> ผสมกัน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่การทดลอง</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนของสารประกอบไอออนิก โดยให้ผสมสารละลายของสารประกอบไอออนิกสองชนิดเข้าด้วยกัน แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น</li> <li>3. อภิปรายผลการทดลองโดยเชื่อมโยงความรู้กับสภาพละลายได้ของสาร</li> <li>4. อธิบายเกี่ยวกับการเขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง</li> <li>5. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับการเขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิแสดงการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b> วิธีการเขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิแสดงการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกจากการอภิปราย รายงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การทดลอง จากรายงานการทดลองและการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b> ความอยากรู้อยากเห็นและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</p>

ผลการเรียนรู้ 14. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์</li> <li>2. พันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม</li> <li>3. โครงสร้างลิวอิส</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับการเขียนสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสของธาตุ จากนั้นครูยกตัวอย่างสารโคเวเลนต์เพื่อให้นักเรียนเขียนแสดงการเกิดพันธะด้วยสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสตามกฎออกเตต</li> <li>2. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าพันธะโคเวเลนต์เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันของธาตุอโลหะมีทั้งแบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ซึ่งเขียนแสดงได้ด้วยโครงสร้างลิวอิส</li> <li>3. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว พันธะโคเวเลนต์ที่อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะมาจากอะตอมใดอะตอมหนึ่ง และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต</li> <li>4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนโครงสร้างลิวอิสแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>5. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม และการเขียนแสดง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ด้วยโครงสร้างลิวอิส จากการอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>

ผลการเรียนรู้ 15. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การเขียนสูตรสารโคเวเลนต์</li> <li>2. การเรียกชื่อสารโคเวเลนต์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณญาณ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เรื่องค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีและแนวโน้มของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีของธาตุในตารางธาตุ เพื่อใช้ในการศึกษาหลักการเขียนสูตรโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ จากนั้นยกตัวอย่างสารโคเวเลนต์แล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีของธาตุองค์ประกอบในสารนั้น</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มพิจารณาสูตรและชื่อสารโคเวเลนต์ต่าง ๆ จากข้อมูลที่กำหนดให้ และเสนอเกี่ยวกับหลักการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์</li> <li>3. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปเกี่ยวกับหลักการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์</li> <li>4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>5. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์จากการอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัดและการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำกิจกรรม</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</p>

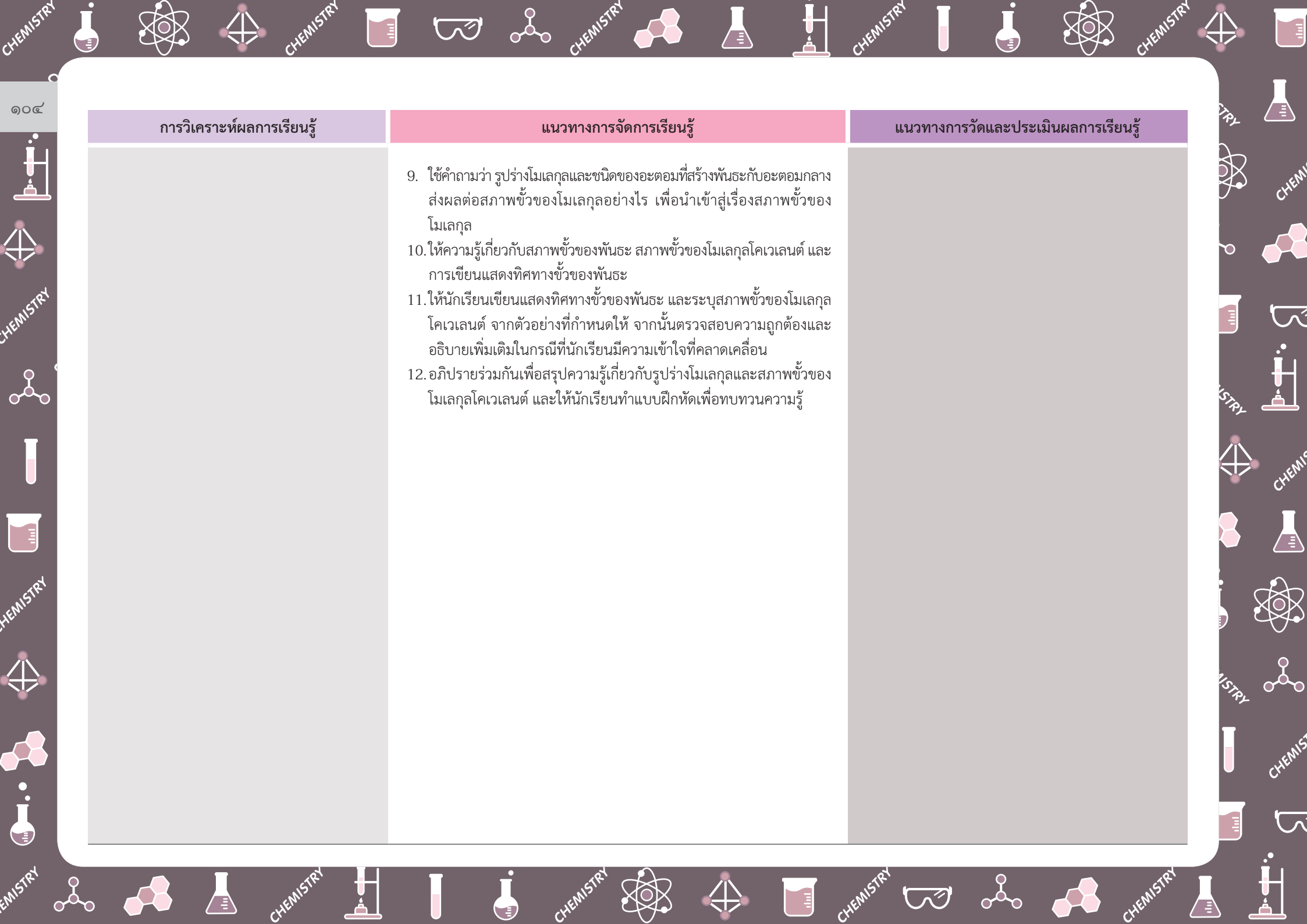
ผลการเรียนรู้ 16. วิเคราะห์ และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ รวมทั้งคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b> ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b> ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b> -</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b> การใช้วิจารณญาณ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาวิดีโอทัศน์หรือกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องความยาวพันธะและพลังงานพันธะ</li> <li>2. ยกตัวอย่างโมเลกุลต่าง ๆ ที่มีพันธะชนิดเดียวกัน เช่น พันธะ O-H ในโมเลกุลของ H<sub>2</sub>O CH<sub>3</sub>OH HNO<sub>2</sub> แล้วอภิปรายร่วมกันว่า พันธะ O-H ในสารเหล่านี้ควรมีความยาวพันธะและพลังงานพันธะเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด</li> <li>3. ให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลความยาวพันธะและพลังงานพันธะภายในโมเลกุลแต่ละโมเลกุล และข้อมูลความยาวพันธะเฉลี่ยและพลังงานพันธะเฉลี่ย เพื่อชี้ให้เห็นว่ามีค่าต่างกัน อย่างไรก็ตามความยาวพันธะเฉลี่ยและพลังงานพันธะเฉลี่ยนิยมใช้ในการคำนวณทางเคมี ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าโดยประมาณ</li> <li>4. ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลและอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ความยาวพันธะและพลังงานพันธะมีความสัมพันธ์กับขนาดอะตอมและชนิดของพันธะ</li> <li>5. ให้นักเรียนวิเคราะห์และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์ จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>6. ให้ความรู้เกี่ยวกับการคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ</li> <li>7. ให้นักเรียนคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>8. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับความยาวพันธะและพลังงานพันธะ และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b> ความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปราย</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b> การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</p>

ผลการเรียนรู้ 17. คาทคะเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ตามทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ (VSEPR)</li> <li>สภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์</li> <li>สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต</li> <li>การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนพิจารณาแบบจำลองโครงสร้างสามมิติหรือโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการศึกษารูปร่างโมเลกุลของโมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีรูปร่างโมเลกุลต่างกัน เช่น มีเทน (<math>\text{CH}_4</math>) น้ำ (<math>\text{H}_2\text{O}</math>) คาร์บอนไดออกไซด์ (<math>\text{CO}_2</math>) แอมโมเนีย (<math>\text{NH}_3</math>) และใช้คำถามนำว่า รูปร่างโมเลกุลและมุมระหว่างพันธะของสารเหล่านี้เหมือนหรือต่างกันอย่างไร</li> <li>อธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ (VSEPR theory) เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การคาดคะเนรูปร่างโมเลกุล</li> <li>ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเพื่อศึกษารูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่อะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากทฤษฎี VSEPR โดยใช้ลูกโป่งแทนแบบจำลองโมเลกุล ซึ่งนักเรียนจะได้สังเกตและวาดรูปร่างของลูกโป่งที่ผูกติดกัน</li> <li>อภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลและมุมระหว่างพันธะของโมเลกุลโคเวเลนต์ที่อะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว</li> <li>ใช้คำถามนำว่า ในกรณีของโมเลกุลโคเวเลนต์ที่อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจะมีรูปร่างโมเลกุลเป็นอย่างไร เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การศึกษารูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว</li> <li>ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเพื่อศึกษารูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากทฤษฎี VSEPR โดยใช้ลูกโป่งแทนแบบจำลองโมเลกุล ซึ่งนักเรียนจะได้สังเกตและวาดรูปร่างของลูกโป่งที่ผูกติดกัน</li> <li>อภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลและมุมระหว่างพันธะของโมเลกุลโคเวเลนต์ที่อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว</li> <li>ให้นักเรียนระบุรูปร่างโมเลกุลของโมเลกุลโคเวเลนต์ จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์จากการใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ สภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์ และสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์จากการอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัดและการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกตและการสร้างแบบจำลอง จากการทำกิจกรรม</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>



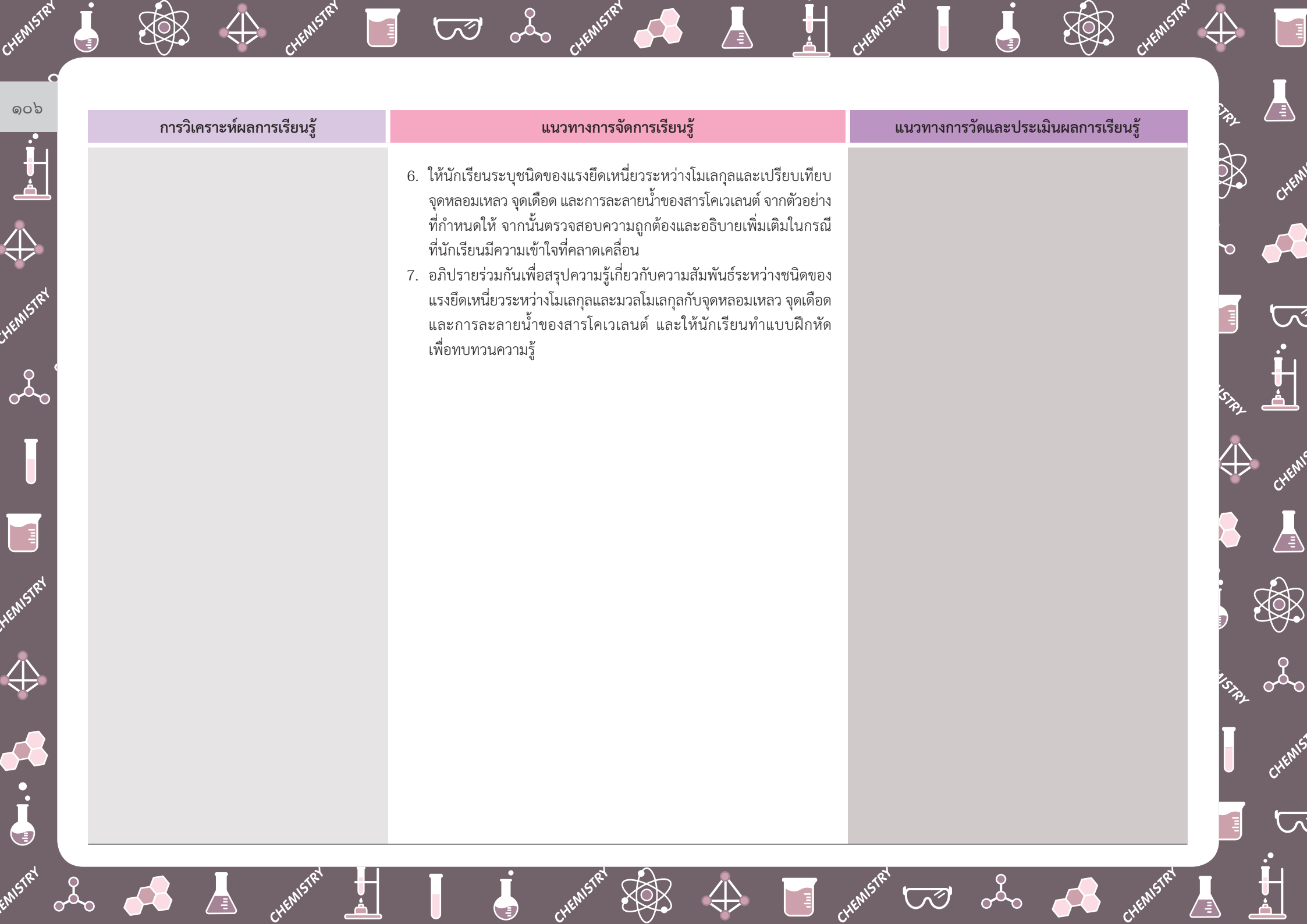


การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<ol style="list-style-type: none"><li>9. ใช้คำถามว่า รูปร่างโมเลกุลและชนิดของอะตอมที่สร้างพันธะกับอะตอมกลาง ส่งผลต่อสภาพขั้วของโมเลกุลอย่างไร เพื่อนำเข้าสู่เรื่องสภาพขั้วของโมเลกุล</li><li>10. ให้ความรู้เกี่ยวกับสภาพขั้วของพันธะ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ และการเขียนแสดงทิศทางขั้วของพันธะ</li><li>11. ให้นักเรียนเขียนแสดงทิศทางขั้วของพันธะ และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li><li>12. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li></ol>	

ผลการเรียนรู้ 18. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์</li> <li>ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์กับจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b> การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b> การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b> การใช้วิจารณญาณ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างโมเลกุลโคเวเลนต์ชนิดต่างๆ และให้นักเรียนพิจารณาจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสาร จากนั้นใช้คำถามนำว่า จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง</li> <li>ให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลเกี่ยวกับมวลโมเลกุล จุดหลอมเหลว และจุดเดือด ของโมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีขั้วและโมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีขั้วต่าง ๆ และอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวและจุดเดือด กับมวลโมเลกุลและสภาพขั้วของโมเลกุล แล้วเชื่อมโยงเข้าสู่การอธิบายชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ซึ่งอาจเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลหรือแรงแวนเดอร์วาลส์ แรงแผ่กระจายลอนดอน แรงระหว่างขั้ว หรือพันธะไฮโดรเจน</li> <li>อภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า สารโคเวเลนต์ส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำกว่าสารประกอบไอออนิก เนื่องจากจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์เป็นการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ส่วนจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารประกอบไอออนิกเป็นการทำลายพันธะไอออนิกในสารประกอบนั้น</li> <li>ใช้คำถามว่า แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและมวลโมเลกุลนอกจากมีผลต่อจุดหลอมเหลวและจุดเดือดแล้ว ยังมีผลต่อการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์หรือไม่ อย่างไร</li> <li>ให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลเกี่ยวกับการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ต่าง ๆ ทั้งโมเลกุลโคเวเลนต์มีขั้วและไม่มีขั้ว และให้นักเรียนวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและมวลโมเลกุลกับการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ จากนั้นให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับสมบัติความเป็นกรด-เบสของสารละลายที่เกิดจากสารโคเวเลนต์ประเภทคลอไรด์และออกไซด์</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์กับจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสาร จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปราย</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</p>

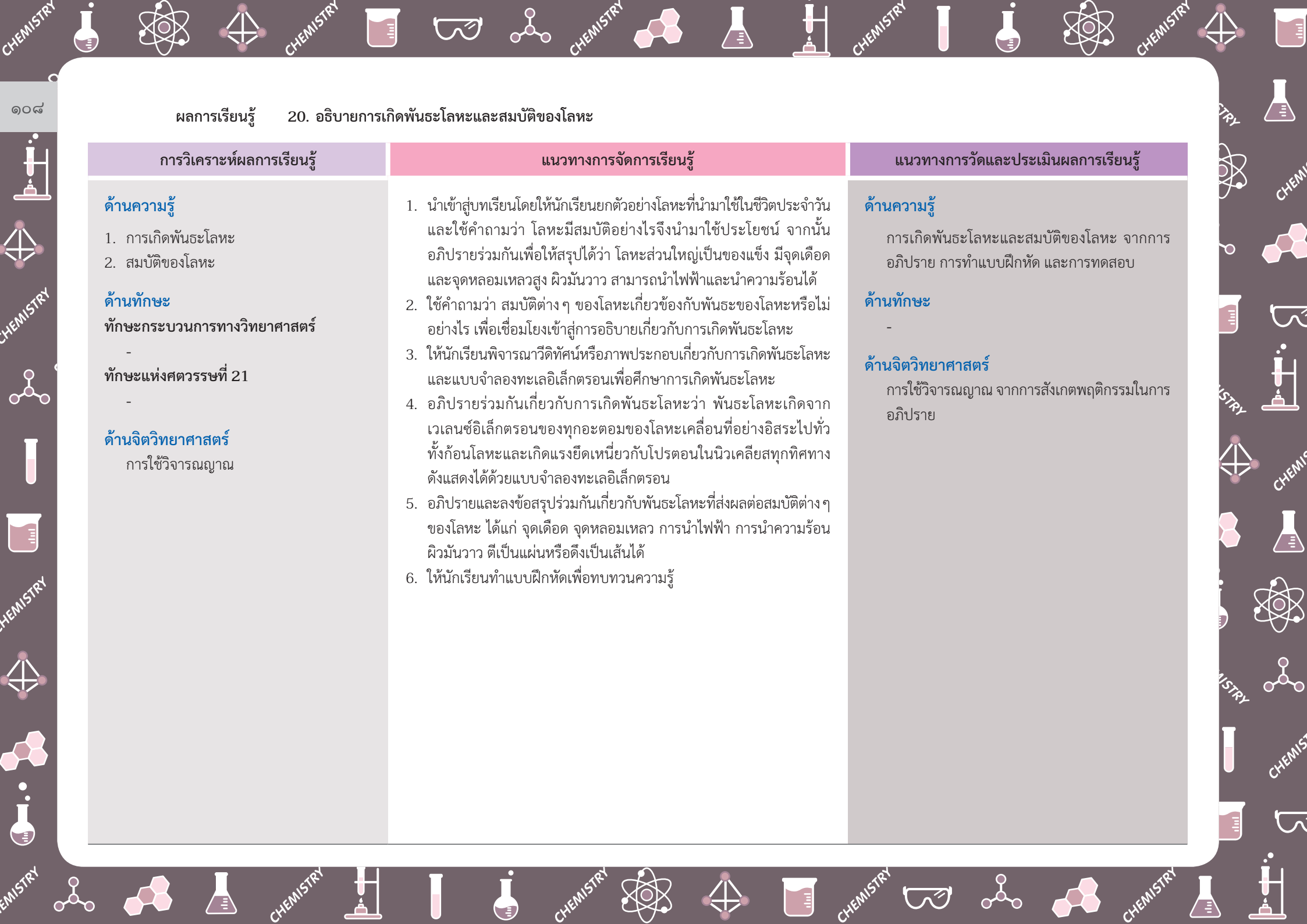




การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>6. ให้นักเรียนระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและเปรียบเทียบจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</p> <p>7. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและมวลโมเลกุลกับจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</p>	

ผลการเรียนรู้ 19. สืบค้นข้อมูล และอธิบายสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายชนิดต่าง ๆ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b> สมบัติสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่าย</p> <p><b>ด้านทักษะ</b> ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนพิจารณาจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารโคเวเลนต์ซึ่งมีทั้งสารโคเวเลนต์ทั่วไปและสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่าย จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อนำเข้าสู่โครงสร้างของสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่าย</li> <li>2. ให้นักเรียนพิจารณาตัวอย่างโครงสร้างของสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่าย โดยใช้แบบจำลองสามมิติหรือภาพประกอบ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่าย ในประเด็นเกี่ยวกับโครงสร้างของสาร จุดเดือด จุดหลอมเหลว การละลายน้ำ และการนำไปใช้ประโยชน์</li> <li>3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลในรูปแบบต่างๆ แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่าย และการนำไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายที่มีธาตุองค์ประกอบเหมือนกัน แต่มีไอออนรูปต่างกัน จะมีสมบัติต่างกัน</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b> สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่าย จากการอภิปราย และผลการสืบค้นข้อมูล</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการนำเสนอ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากผลการสืบค้นข้อมูล</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากผลการสืบค้นข้อมูล</li> </ol>



ผลการเรียนรู้ 20. อธิบายการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การเกิดพันธะโลหะ</li> <li>2. สมบัติของโลหะ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <p>-</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณญาณ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างโลหะที่นำมาใช้ในชีวิตประจำวัน และใช้คำถามว่า โลหะมีสมบัติอย่างไรจึงนำมาใช้ประโยชน์ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้สรุปได้ว่า โลหะส่วนใหญ่เป็นของแข็ง มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง ผิวมันวาว สามารถนำไฟฟ้าและนำความร้อนได้</li> <li>2. ใช้คำถามว่า สมบัติต่างๆ ของโลหะเกี่ยวข้องกับพันธะของโลหะหรือไม่อย่างไร เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การอธิบายเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะ</li> <li>3. ให้นักเรียนพิจารณาวิดีโอทัศน์หรือภาพประกอบเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะ และแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนเพื่อศึกษาการเกิดพันธะโลหะ</li> <li>4. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะว่า พันธะโลหะเกิดจากเวเลนซ์อิเล็กตรอนของทุกอะตอมของโลหะเคลื่อนที่อย่างอิสระไปทั่วทั้งก้อนโลหะและเกิดแรงยึดเหนี่ยวกับโปรตอนในนิวเคลียสทุกทิศทาง ดังแสดงได้ด้วยแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน</li> <li>5. อภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับพันธะโลหะที่ส่งผลต่อสมบัติต่างๆ ของโลหะ ได้แก่ จุดเดือด จุดหลอมเหลว การนำไฟฟ้า การนำความร้อน ผิวมันวาว ตีเป็นแผ่นหรือดึงเป็นเส้นได้</li> <li>6. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ จากการศึกษา อภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>-</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</p>

ผลการเรียนรู้ 21. เปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ ได้อย่างเหมาะสม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สมบัติบางประการและประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การสร้างแบบจำลอง</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดพันธะเคมี และสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ</li> <li>2. ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยให้นักเรียนระบุชนิดของพันธะและสมบัติของสาร จากตัวอย่างสารในชีวิตประจำวันที่กำหนดให้ หรือทำกิจกรรมจับคู่ระหว่างชนิดของพันธะกับสมบัติของสาร</li> <li>3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมโดยอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความคิดรวบยอด โดยให้ระบุประเภทของธาตุองค์ประกอบและการเกิดพันธะ และเปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ โดยให้นักเรียนนำเสนอในรูปของแผนภาพ ผังมโนทัศน์ หรือตาราง</li> <li>4. สะท้อนความคิดจากผลงานที่นักเรียนนำเสนอ โดยครูควรให้ความรู้เพิ่มเติมหรือแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>5. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับสมบัติของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ จากนั้นใช้คำถามว่า สมบัติเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการนำสารแต่ละประเภทไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันอย่างไร</li> <li>6. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการนำสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมในด้านต่าง ๆ พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ</li> <li>7. ให้นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลในรูปแบบต่างๆ</li> <li>8. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สมบัติบางประการและประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ จากการอภิปราย การทำกิจกรรม การสืบค้นข้อมูล การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสร้างแบบจำลอง จากผลงานที่นำเสนอ</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการนำเสนอ</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้าง การใช้วิจารณญาณ และการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและผลการสืบค้นข้อมูล</p>

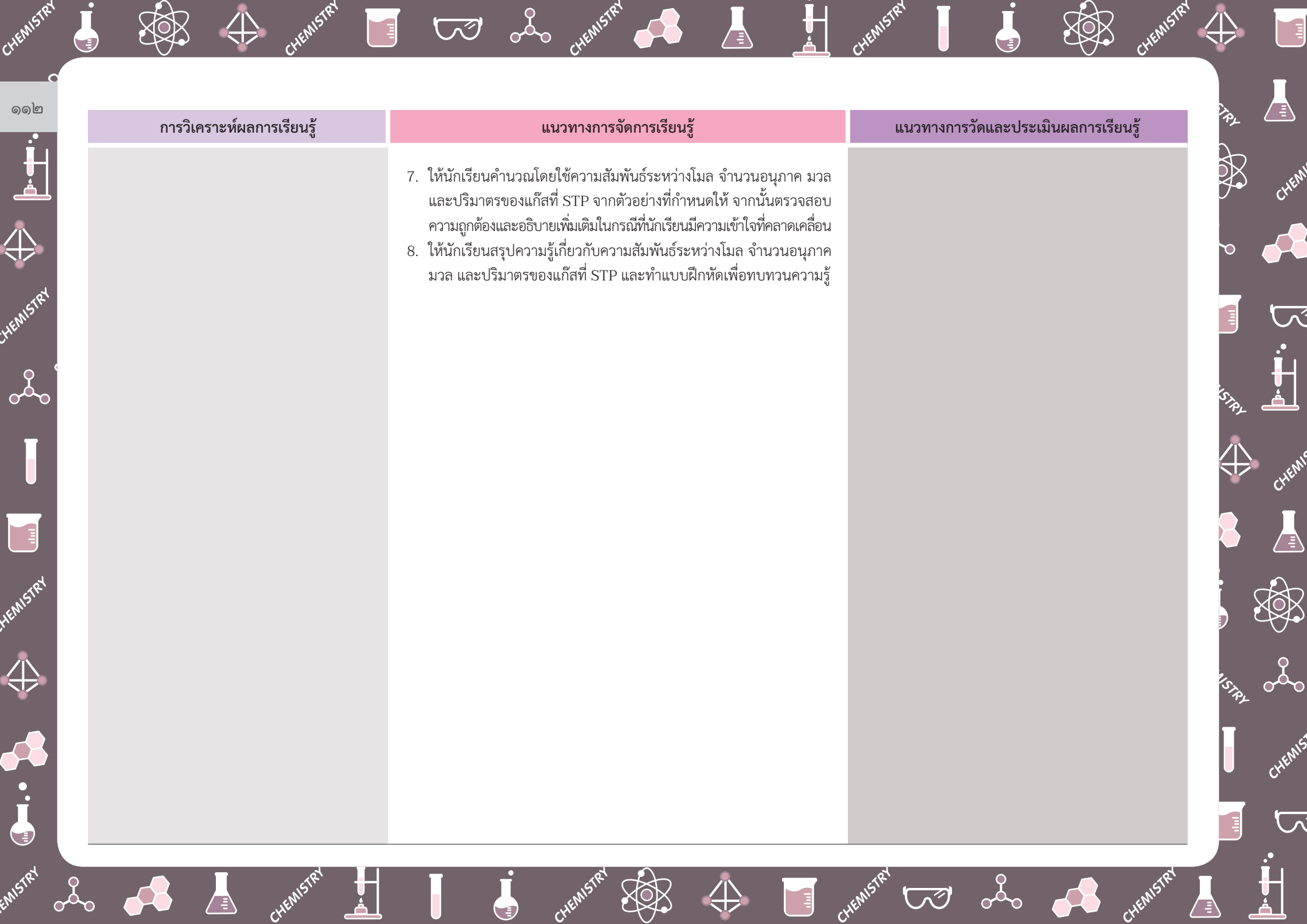
3. เข้าใจหลักการปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ผลการเรียนรู้ 5. บอกความหมายของมวลอะตอมของธาตุ และคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวลโมเลกุล และมวลสูตร

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. มวลอะตอมของธาตุ</li> <li>2. มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ</li> <li>3. มวลโมเลกุลและมวลสูตร</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้จำนวน</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับอะตอม ไอออน โมเลกุล และอนุภาคภายในอะตอม</li> <li>2. อธิบายความหมายของมวลอะตอมของธาตุ และให้นักเรียนคำนวณมวลอะตอมของธาตุ จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>3. เชื่อมโยงความรู้เดิมเกี่ยวกับ ธาตุในธรรมชาติมีมากกว่าหนึ่งไอโซโทป และแต่ละไอโซโทปมีปริมาณที่แตกต่างกันไป จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับการหามวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ</li> <li>4. ให้นักเรียนพิจารณาค่ามวลอะตอมในตารางธาตุเพื่อให้ลงข้อสรุปได้ว่าค่าตัวเลขที่ปรากฏในตารางธาตุเป็นค่ามวลอะตอมเฉลี่ย และให้นักเรียนคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยจากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>5. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความหมายของมวลโมเลกุลของสาร 1 โมเลกุล และความสัมพันธ์ระหว่างมวลโมเลกุลและมวลของสาร 1 โมเลกุล</li> <li>6. อธิบายเกี่ยวกับวิธีคำนวณมวลโมเลกุลของสาร ซึ่งเป็นผลรวมของมวลอะตอมของธาตุองค์ประกอบตามสูตรเคมี จากนั้นอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการคำนวณมวลของสารที่ไม่ได้อยู่ในรูปโมเลกุล ซึ่งเรียกว่า มวลสูตร จากนั้นให้นักเรียนคำนวณมวลโมเลกุลและมวลสูตร จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>7. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับความหมาย และวิธีการคำนวณมวลอะตอมของธาตุ มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวลโมเลกุล และมวลสูตร และทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>มวลอะตอมของธาตุ มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวลโมเลกุล และมวลสูตร จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปราย</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้างและการใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</p>

## ผลการเรียนรู้ 6. อธิบายและคำนวณปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความหมายของโมล</li> <li>2. ความสัมพันธ์ระหว่างโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้จำนวน</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความรอบคอบ</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับหน่วยวัดปริมาตร มวล และปริมาณสิ่งของ โดยยกตัวอย่างการบอกปริมาณสิ่งของในชีวิตประจำวัน เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การอธิบายความหมายของโมล</li> <li>2. อธิบายความหมายของโมล โดยใช้คำถามกระตุ้นว่า สาร 1 โมล มีจำนวนอนุภาคเท่าใด แล้วอธิบายเกี่ยวกับจำนวนอนุภาคในสาร 1 โมล รวมทั้งเลขอาโวกาโดรหรือค่าคงตัวอาโวกาโดร และให้นักเรียนคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับจำนวนอนุภาค จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>3. ใช้คำถามว่า สาร 1 โมล มีมวลในหน่วยกรัมเป็นเท่าใด โดยอธิบายเพิ่มเติมว่า ค่ามวลของสารในหน่วยกรัมต่อโมล เรียกว่า มวลต่อโมล จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลมวลอะตอมและมวลต่อโมลของธาตุบางชนิด แล้วให้อภิปรายร่วมกันและสรุปให้ได้ว่า มวลของสาร 1 โมล ในหน่วยกรัม หรือมวลต่อโมล มีค่าเป็นตัวเลขเท่ากับมวลอะตอม มวลไอออน มวลโมเลกุล หรือมวลสูตรของสารนั้น</li> <li>4. ให้นักเรียนคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างโมล จำนวนอนุภาค และมวลของสาร จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>5. ใช้คำถามว่า สารที่อยู่ในสถานะแก๊สจะมีการวัดปริมาณสารอย่างไร จากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ปริมาณสารในสถานะแก๊สนิยมบอกเป็นปริมาตร พร้อมระบุอุณหภูมิและความดัน จากนั้นครูอธิบายอุณหภูมิและความดันที่ภาวะมาตรฐานของแก๊ส หรือ STP</li> <li>6. ให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลเกี่ยวกับมวลของแก๊สบางชนิดปริมาตร 1 ลิตร ที่ STP แล้วใช้คำถามว่า แก๊สแต่ละชนิด 1 โมล จะมีปริมาตรที่ STP เท่าใด จากนั้นครูแสดงการคำนวณปริมาตรที่ STP ของแก๊สบางชนิด 1 โมล และร่วมกันสรุปให้ได้ว่า แก๊สใดๆ 1 โมลมีปริมาตร 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตรที่ STP</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ความหมายของโมล ความสัมพันธ์ระหว่างโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปราย</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรม ในการอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>7. ให้นักเรียนคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</p> <p>8. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP และทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</p>	



ผลการเรียนรู้ 7. คำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b> กฎสัดส่วนคงที่</p> <p><b>ด้านทักษะ</b> <b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. ความรอบคอบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามว่า อัตราส่วนของธาตุองค์ประกอบที่รวมตัวกันเกิดเป็นสารประกอบหนึ่ง ๆ เป็นอย่างไร</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ข้อมูลที่กำหนดให้ เพื่อศึกษาอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบต่างๆ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า สารประกอบแต่ละชนิดมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมกันคงที่เสมอ ซึ่งเป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่</li> <li>3. ให้นักเรียนคำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่ จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b> กฎสัดส่วนคงที่ จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปราย</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปราย</li> <li>4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้างและการใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> <li>2. ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol>



ผลการเรียนรู้ 8. คำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร

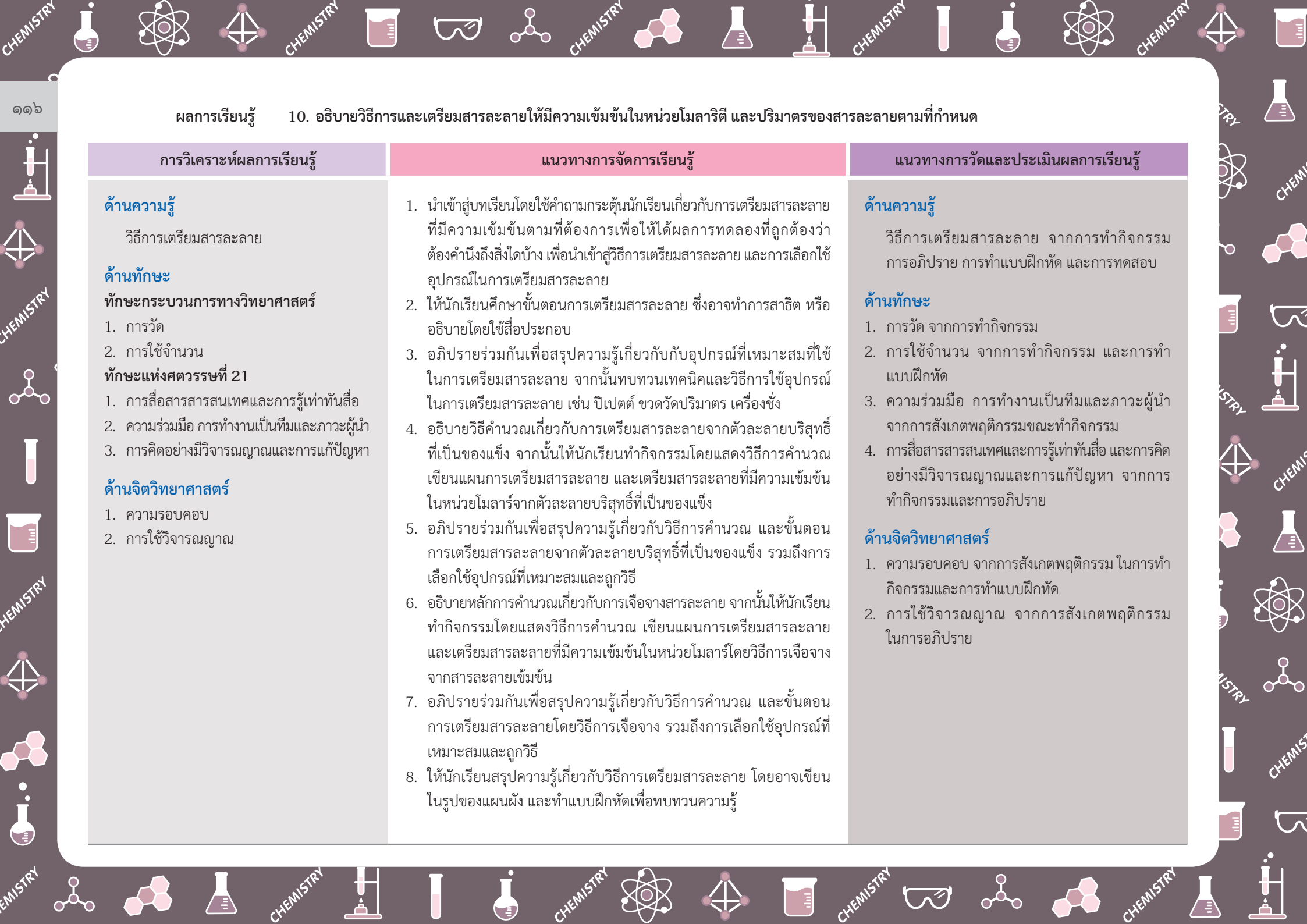
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและารู้เท่าทันสื่อ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. ความรอบคอบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับกฎสัดส่วนคงที่ จากนั้นอธิบายเชื่อมโยงว่า อัตราส่วนโดยมวลที่ได้จากกฎสัดส่วนคงที่สามสามารถใช้หาอัตราส่วนโดยโมลเพื่อหาสูตรเคมีของสารได้</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์อัตราส่วนของธาตุองค์ประกอบของสูตรเคมีที่กำหนดให้ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความหมายของสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล</li> <li>3. อธิบายวิธีการคำนวณสูตรอย่างง่าย โดยใช้อัตราส่วนโดยมวลจากกฎสัดส่วนคงที่หรือร้อยละโดยมวล แล้วให้นักเรียนคำนวณจากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>4. อธิบายวิธีการคำนวณสูตรโมเลกุลจากสูตรอย่างง่าย แล้วให้นักเรียนคำนวณจากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>5. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล จากการทำแบบฝึกหัดและการทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา และการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้างและการใช้วิจารณญาณ จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol>

3. เข้าใจหลักการปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย

รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ผลการเรียนรู้ 9. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้จำนวน</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. ความรอบคอบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการบอกปริมาณของสารบริสุทธิ์ ซึ่งสามารถบอกได้ในหน่วยโมล มวล จำนวนอนุภาค หรือ ปริมาตรของแก๊ส จากนั้นใช้คำถามกระตุ้นว่า ถ้าต้องการบอกปริมาณของสารที่อยู่ในรูปสารละลายจะทำได้อย่างไร</li> <li>2. ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับองค์ประกอบของสารละลาย ซึ่งประกอบด้วยตัวละลายและตัวทำละลาย จากนั้นครูใช้คำถามว่าการบอกปริมาณตัวละลายที่อยู่ในสารละลาย สามารถบอกได้ในหน่วยใดบ้าง</li> <li>3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเพื่อศึกษาความหมาย และวิธีการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ</li> <li>4. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับความหมาย และวิธีการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล</li> <li>5. ให้นักเรียนคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ จากตัวอย่างที่กำหนดให้ซึ่งเป็นตัวอย่างที่อาจพบได้ในชีวิตประจำวัน จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>6. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล จากการทำกิจกรรม การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการทำกิจกรรมและการอภิปราย</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง จากการทำกิจกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปราย</li> <li>2. ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol>

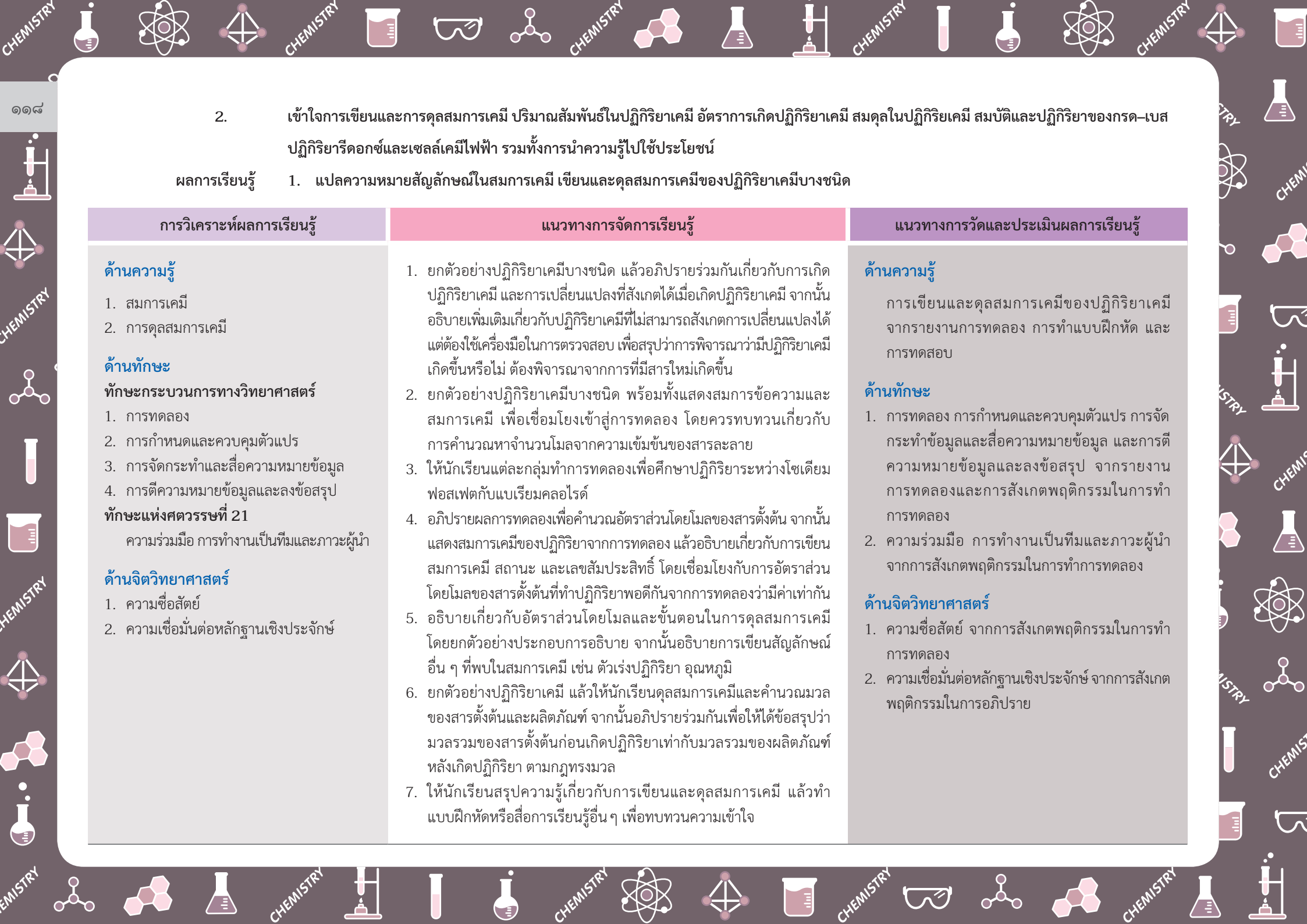


ผลการเรียนรู้ 10. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการเตรียมสารละลาย</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การวัด</li> <li>2. การใช้จำนวน</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> <li>3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความรอบคอบ</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนเกี่ยวกับการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นตามที่ต้องการเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องว่าต้องคำนึงถึงสิ่งใดบ้าง เพื่อนำเข้าสู่วิธีการเตรียมสารละลาย และการเลือกใช้อุปกรณ์ในการเตรียมสารละลาย</li> <li>2. ให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการเตรียมสารละลาย ซึ่งอาจทำการสาธิต หรืออธิบายโดยใช้สื่อประกอบ</li> <li>3. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับกับอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย จากนั้นทบทวนเทคนิคและวิธีการใช้อุปกรณ์ในการเตรียมสารละลาย เช่น ปิเปตต์ ขวดวัดปริมาตร เครื่องชั่ง</li> <li>4. อธิบายวิธีคำนวณเกี่ยวกับการเตรียมสารละลายจากตัวละลายบริสุทธิ์ที่เป็นของแข็ง จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยแสดงวิธีการคำนวณเขียนแผนการเตรียมสารละลาย และเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์จากตัวละลายบริสุทธิ์ที่เป็นของแข็ง</li> <li>5. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับวิธีการคำนวณ และขั้นตอนการเตรียมสารละลายจากตัวละลายบริสุทธิ์ที่เป็นของแข็ง รวมถึงการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมและถูกวิธี</li> <li>6. อธิบายหลักการคำนวณเกี่ยวกับการเจือจางสารละลาย จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยแสดงวิธีการคำนวณ เขียนแผนการเตรียมสารละลาย และเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์โดยวิธีการเจือจางจากสารละลายเข้มข้น</li> <li>7. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับวิธีการคำนวณ และขั้นตอนการเตรียมสารละลายโดยวิธีการเจือจาง รวมถึงการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมและถูกวิธี</li> <li>8. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับวิธีการเตรียมสารละลาย โดยอาจเขียนในรูปของแผนผัง และทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการเตรียมสารละลาย จากการทำกิจกรรม การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การวัด จากการทำกิจกรรม</li> <li>2. การใช้จำนวน จากการทำกิจกรรม และการทำแบบฝึกหัด</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม</li> <li>4. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำกิจกรรมและการอภิปราย</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความรอบคอบ จากการทำกิจกรรมและการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ จากการทำกิจกรรมและการอภิปราย</li> </ol>

ผลการเรียนรู้ 11. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การทดลอง</li> <li>2. การสังเกต</li> <li>3. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> <li>5. การใช้จำนวน</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> <li>3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความมุ่งมั่นอดทน</li> <li>2. ความรอบคอบ</li> <li>3. การใช้วิจารณญาณ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามว่า สมบัติบางประการของสารละลายจะเหมือนหรือแตกต่างจากสารบริสุทธิ์อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่การทดลองหาจุดเดือดของสารบริสุทธิ์และสารละลาย และการทดลองหาจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์และสารละลาย</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาขั้นตอนการทดลอง และทำการทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์กับสารละลาย</li> <li>3. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์กับสารละลาย</li> <li>4. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกับค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (<math>K_b</math>) ของตัวทำละลาย และค่าคงที่ของการลดลงของจุดเยือกแข็ง (<math>K_f</math>) ของตัวทำละลาย แล้วให้นักเรียนคำนวณจากตัวอย่างที่กำหนดให้</li> <li>5. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับตัวอย่างของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือดและการลดลงของจุดเยือกแข็ง ของสารละลายที่พบในชีวิตประจำวัน</li> <li>6. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ จากการทำการทดลอง การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การทดลอง การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำการทดลอง</li> <li>2. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำการทดลอง และการอภิปราย</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>2. ความรอบคอบ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลองและการทำแบบฝึกหัด</li> <li>3. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> </ol>



2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

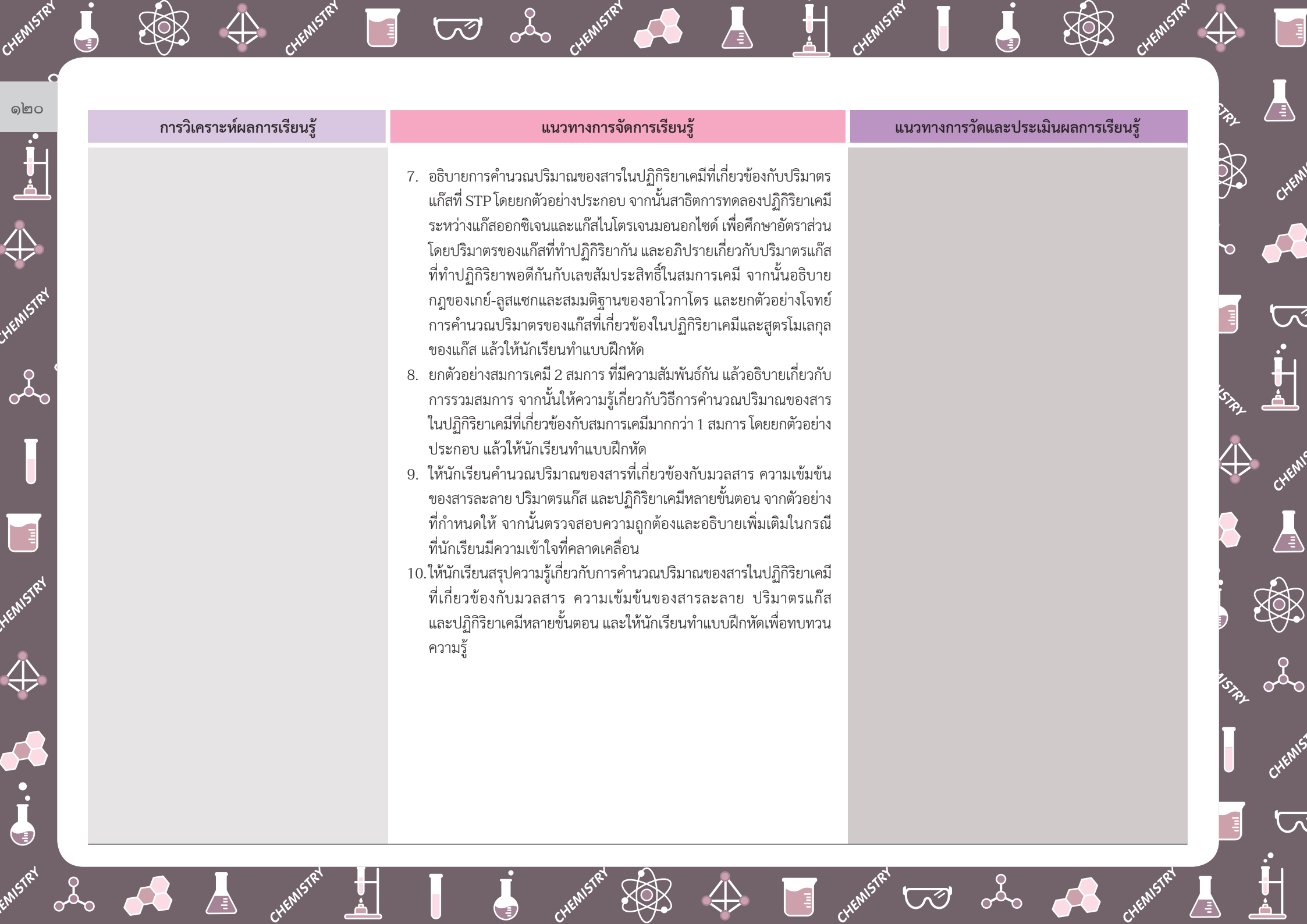
ผลการเรียนรู้ 1. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. สมการเคมี</li> <li>2. การดุลสมการเคมี</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การทดลอง</li> <li>2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร</li> <li>3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</li> <li>4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความซื่อสัตย์</li> <li>2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีบางชนิด แล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี จากนั้นอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่ไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ แต่ต้องใช้เครื่องมือในการตรวจสอบ เพื่อสรุปว่าการพิจารณาว่ามีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นหรือไม่ ต้องพิจารณาจากการที่มีสารใหม่เกิดขึ้น</li> <li>2. ยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีบางชนิด พร้อมทั้งแสดงสมการข้อความและสมการเคมี เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การทดลอง โดยควรทบทวนเกี่ยวกับการคำนวณหาจำนวนโมลจากความเข้มข้นของสารละลาย</li> <li>3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมฟอสเฟตกับแบเรียมคลอไรด์</li> <li>4. อภิปรายผลการทดลองเพื่อคำนวณอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น จากนั้นแสดงสมการเคมีของปฏิกิริยาจากการทดลอง แล้วอธิบายเกี่ยวกับการเขียนสมการเคมี สถานะ และเลขสัมประสิทธิ์ โดยเชื่อมโยงกับการอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันจากการทดลองว่ามีค่าเท่ากัน</li> <li>5. อธิบายเกี่ยวกับอัตราส่วนโดยโมลและขั้นตอนในการดุลสมการเคมี โดยยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย จากนั้นอธิบายการเขียนสัญลักษณ์อื่น ๆ ที่พบในสมการเคมี เช่น ตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิ</li> <li>6. ยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมี แล้วให้นักเรียนดุลสมการเคมีและคำนวณมวลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่ามวลรวมของสารตั้งต้นก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับมวลรวมของผลิตภัณฑ์หลังเกิดปฏิกิริยา ตามกฎทรงมวล</li> <li>7. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับการเขียนและดุลสมการเคมี แล้วทำแบบฝึกหัดหรือสื่อการเรียนรู้อื่นๆ เพื่อทบทวนความเข้าใจ</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การเขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมี จากรายงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การทดลอง การกำหนดและควบคุมตัวแปร การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากรายงานการทดลองและการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความซื่อสัตย์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> </ol>



- ผลการเรียนรู้
2. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร
  3. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย
  4. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส
  5. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การคำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร ความเข้มข้นของสารละลาย ปริมาตรแก๊ส และปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้จำนวน</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>-</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาาสตร์</b></p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. อธิบายความหมายของปริมาณสัมพันธ์ ว่าเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี โดยพิจารณาจากเลขสัมประสิทธิ์ในสมการเคมี</li> <li>2. ยกตัวอย่างสมการเคมีและทบทวนเกี่ยวกับอัตราส่วนโดยโมล แล้วอธิบายการหาจำนวนโมลของสารในสมการเคมี เมื่อกำหนดโมลของสารใดสารหนึ่ง โดยวิธีการเทียบหน่วย</li> <li>3. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนหน่วยจากโมลไปเป็นหน่วยอื่น ๆ เช่น จำนวนอนุภาค มวล ปริมาตรของแก๊ส ความเข้มข้นของสารละลาย โดยยกตัวอย่างปริมาณใดปริมาณหนึ่ง แล้วให้นักเรียนคำนวณเพื่อหาคำตอบในปริมาณที่ต้องการ</li> <li>4. อภิปรายเชื่อมโยงความสัมพันธ์จากเลขสัมประสิทธิ์ไปสู่ปริมาณในหน่วยอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า เลขสัมประสิทธิ์ในสมการเคมีสามารถนำมาใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมีได้ เช่น โมล มวล ความเข้มข้นของสารละลาย ปริมาตรของแก๊ส ดังนั้นเมื่อทราบปริมาณของสารชนิดใดชนิดหนึ่ง จะสามารถคำนวณปริมาณของสารอื่น ๆ ที่ต้องการทราบในปฏิกิริยานั้นได้</li> <li>5. อธิบายการคำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร โดยยกตัวอย่างประกอบ แล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด</li> <li>6. อธิบายการคำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย โดยยกตัวอย่างประกอบ แล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการคำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร ความเข้มข้นของสารละลาย ปริมาตรแก๊ส และปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาาสตร์</b></p> <p>-</p>

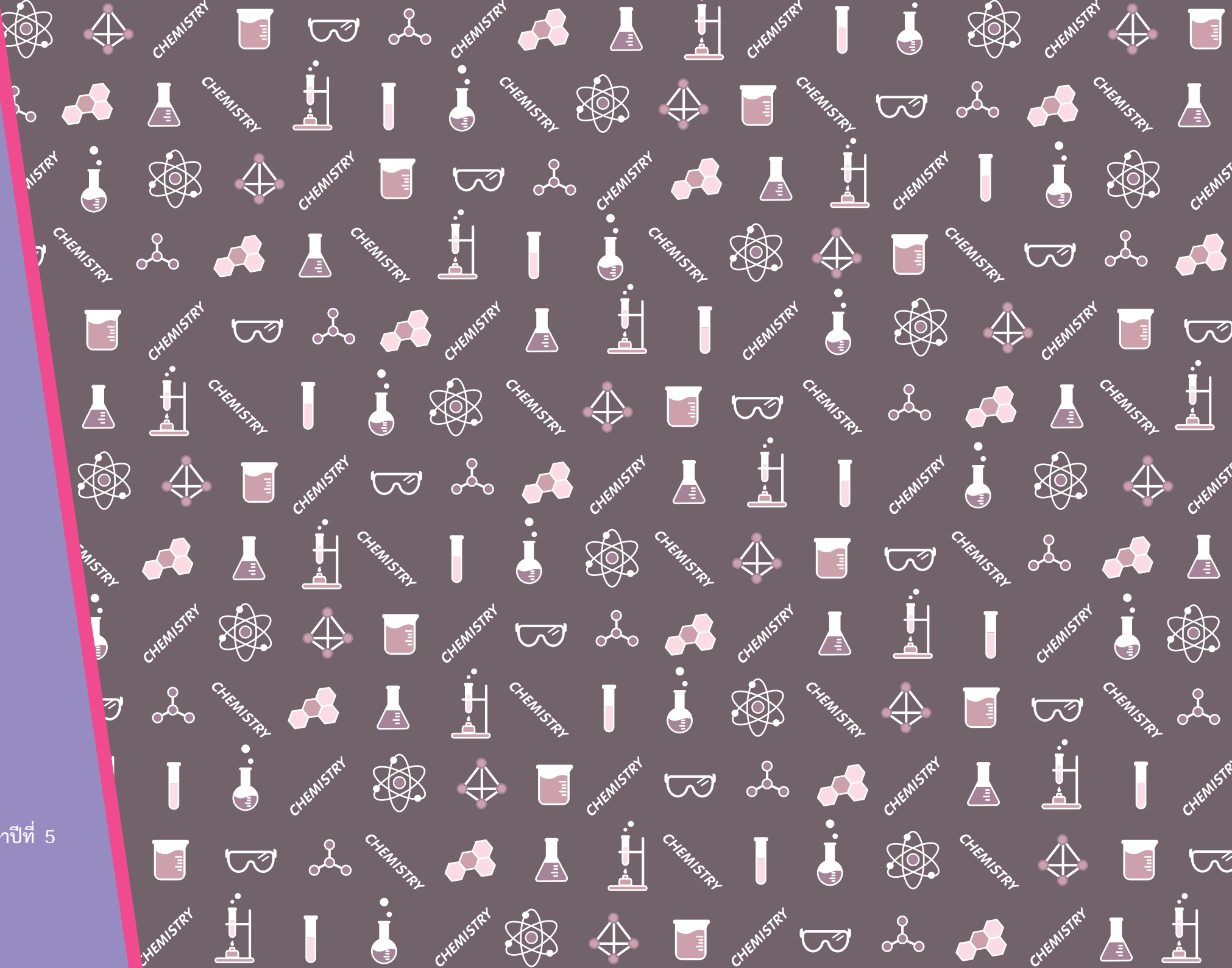


การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<ol style="list-style-type: none"><li>อธิบายการคำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊สที่ STP โดยยกตัวอย่างประกอบ จากนั้นสาธิตการทดลองปฏิกิริยาเคมีระหว่างแก๊สออกซิเจนและแก๊สไนโตรเจนมอนอกไซด์ เพื่อศึกษาอัตราส่วนโดยปริมาตรของแก๊สที่ทำปฏิกิริยากัน และอภิปรายเกี่ยวกับปริมาตรแก๊สที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันกับเลขสัมประสิทธิ์ในสมการเคมี จากนั้นอธิบายกฎของเกย์-ลูสแซกและสมมติฐานของอวอกาโดร และยกตัวอย่างโจทย์การคำนวณปริมาตรของแก๊สที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมีและสูตรโมเลกุลของแก๊ส แล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด</li><li>ยกตัวอย่างสมการเคมี 2 สมการ ที่มีความสัมพันธ์กัน แล้วอธิบายเกี่ยวกับการรวมสมการ จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการคำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับสมการเคมีมากกว่า 1 สมการ โดยยกตัวอย่างประกอบ แล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด</li><li>ให้นักเรียนคำนวณปริมาณของสารที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร ความเข้มข้นของสารละลาย ปริมาตรแก๊ส และปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li><li>ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับการคำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร ความเข้มข้นของสารละลาย ปริมาตรแก๊ส และปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li></ol>	

- ผลการเรียนรู้ 6. ระบุสารกำหนดปริมาณและคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมี
7. คำนวณผลได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. สารกำหนดปริมาณ</li> <li>2. การคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ เมื่อมีสารกำหนดปริมาณ</li> <li>3. ผลได้ร้อยละ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน</li> <li>2. การทดลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์</li> <li>2. ความรอบคอบ</li> <li>3. ความซื่อสัตย์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนทำกิจกรรมแก้อัตนตรี เพื่อศึกษาเกี่ยวกับสารกำหนดปริมาณ</li> <li>2. อภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ความหมายของสารกำหนดปริมาณ ซึ่งควรสรุปได้ว่า สารกำหนดปริมาณคือสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดและเป็นตัวกำหนดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น</li> <li>3. ใช้คำถามว่า เมื่อมีสารกำหนดปริมาณ จะสามารถคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์และสารที่เหลือได้อย่างไร เพื่อนำไปสู่วิธีการคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ เมื่อมีสารกำหนดปริมาณ</li> <li>4. ให้นักเรียนคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ เมื่อมีสารกำหนดปริมาณ จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>5. ให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับผลได้ร้อยละของปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมคาร์บอเนตกับกรดไฮโดรคลอริก</li> <li>6. ให้นักเรียนคำนวณปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นตามทฤษฎี จากนั้นอภิปรายร่วมกันว่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการทดลองเหมือนหรือแตกต่างจากที่คำนวณได้จากทฤษฎี เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ผลได้ร้อยละ</li> <li>7. อธิบายเกี่ยวกับผลได้ตามทฤษฎี ผลได้จริง และผลได้ร้อยละ แล้วให้นักเรียนคำนวณผลได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี จากการทดลองและตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>8. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับสารกำหนดปริมาณ การคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ เมื่อมีสารกำหนดปริมาณ และผลได้ร้อยละ และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สารกำหนดปริมาณ วิธีการคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ เมื่อมีสารกำหนดปริมาณ และผลได้ร้อยละ จากการอภิปราย การทำกิจกรรม รายงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน จากรายงานการทดลองและการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การทดลอง จากรายงานการทดลองและการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> <li>2. ความรอบคอบและความซื่อสัตย์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol>





เคมี  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

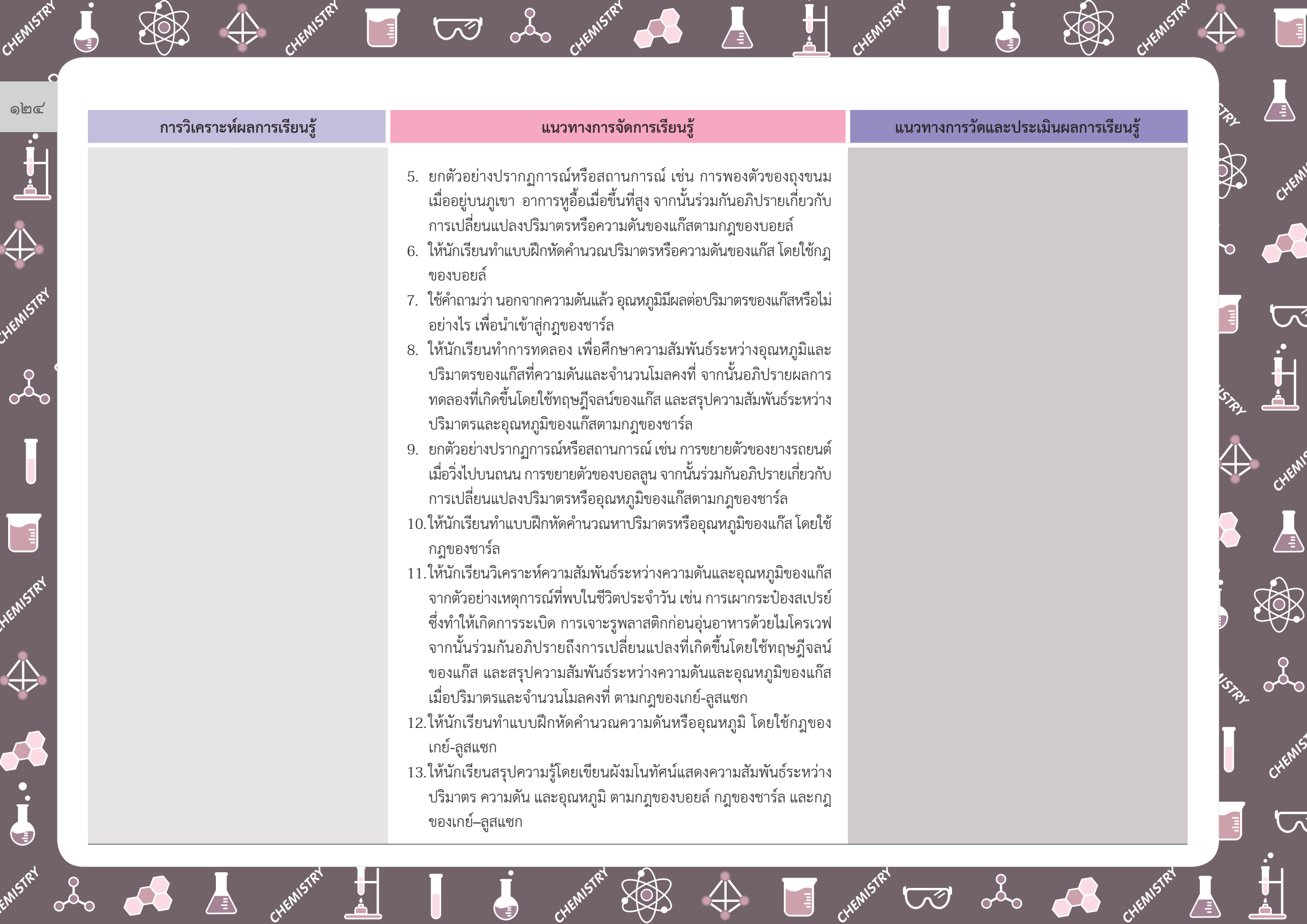
# ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

## สาระเคมี

- เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ 1. อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก

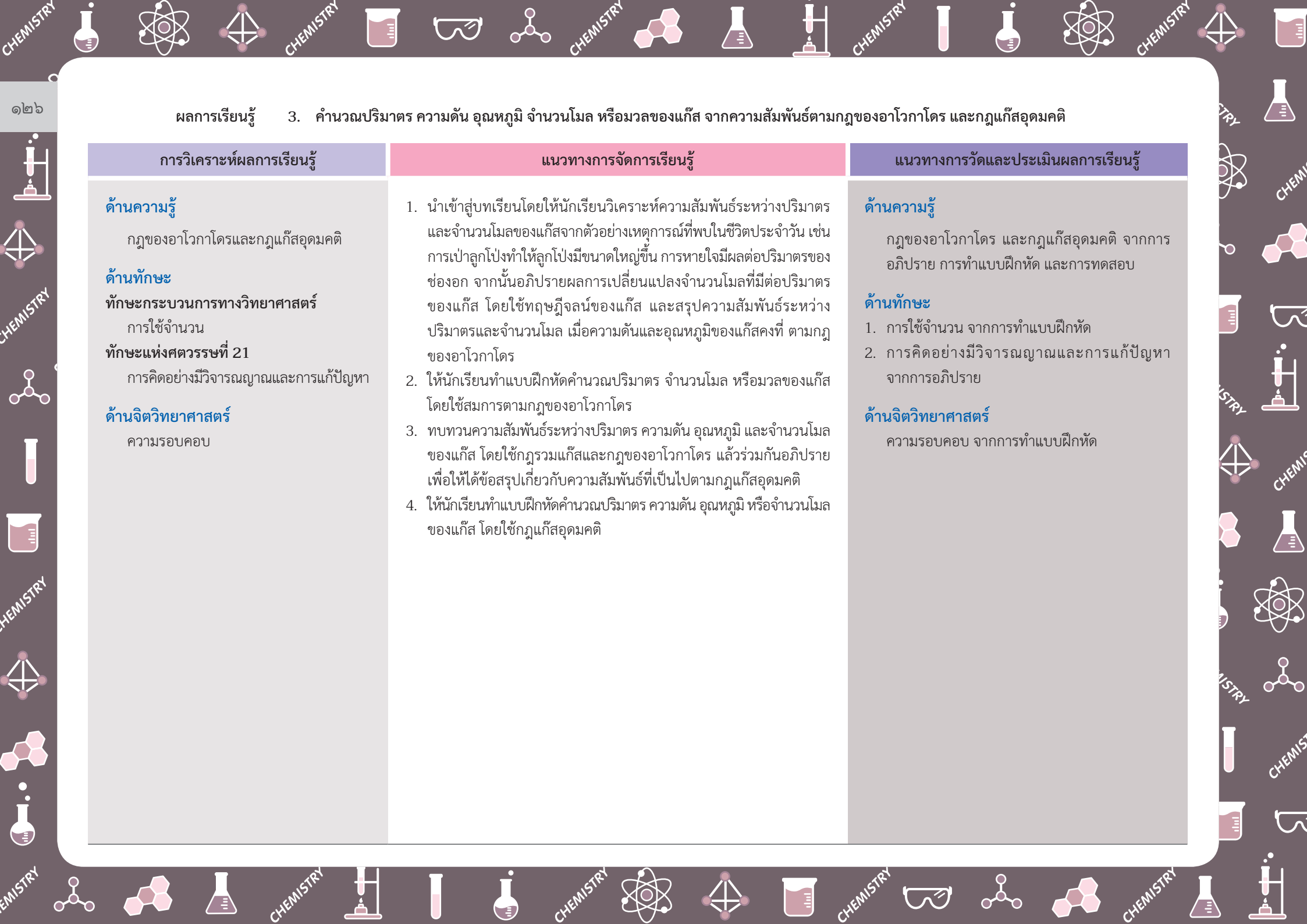
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส</li> <li>กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซก</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การทดลอง</li> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> <li>การใช้จำนวน</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความซื่อสัตย์</li> <li>ความรอบคอบ</li> <li>ความใจกว้าง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนเปรียบเทียบสมบัติของสารในสถานะแก๊สที่แตกต่างจากสถานะอื่น จากนั้นใช้คำถามกระตุ้นว่า เพราะเหตุใดแก๊สจึงมีสมบัติแตกต่างจากสถานะอื่น เพื่อนำเข้าสู่ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส</li> <li>ให้นักเรียนศึกษารูปภาพหรือสื่อต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพฤติกรรมของแก๊สตามทฤษฎีจลน์ของแก๊ส จากนั้นใช้คำถามกระตุ้นเพื่อนำเข้าสู่การอภิปรายโดยตัวอย่างคำถามเป็นดังนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>จากรูปภาพหรือสื่อ ขนาดอนุภาคของแก๊สเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรของภาชนะที่บรรจุเป็นอย่างไร</li> <li>ระยะห่างระหว่างอนุภาคของแก๊สเป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับขนาดอนุภาค</li> <li>การเคลื่อนที่ของอนุภาคของแก๊ส มีลักษณะอย่างไร</li> <li>ที่อุณหภูมิคงที่ พลังงานจลน์รวมของแก๊สทั้งหมดในภาชนะเป็นอย่างไร</li> <li>เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง พลังงานจลน์เฉลี่ยของอนุภาคของแก๊สเป็นอย่างไร</li> </ul>                     จากนั้นร่วมกันสรุปสาระสำคัญของทฤษฎีจลน์ของแก๊ส                 </li> <li>ใช้คำถามว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส ขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง ความดันมีผลต่อปริมาตรของแก๊สหรือไม่ อย่างไร</li> <li>ให้นักเรียนทำการทดลอง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊สที่อุณหภูมิและจำนวนโมลคงที่ จากนั้นอภิปรายผลการทดลองที่เกิดขึ้นโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของแก๊สตามกฎของบอยล์</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซก จากการทดลอง การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การทดลอง จากรายงานการทดลองและการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปราย</li> <li>การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความซื่อสัตย์ จากรายงานการทดลอง</li> <li>ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>ความใจกว้าง จากการอภิปราย</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. ยกตัวอย่างปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ เช่น การพองตัวของถุงขนมเมื่ออยู่บนภูเขา อาการหุ้อเมื่อขึ้นที่สูง จากนั้นร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาตรหรือความดันของแก๊สตามกฎของบอยล์</li> <li>6. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดคำนวณปริมาตรหรือความดันของแก๊ส โดยใช้กฎของบอยล์</li> <li>7. ใช้คำถามว่า นอกจากความดันแล้ว อุณหภูมิมีผลต่อปริมาตรของแก๊สหรือไม่อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่กฎของชาร์ล</li> <li>8. ให้นักเรียนทำการทดลอง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและปริมาตรของแก๊สที่ความดันและจำนวนโมลคงที่ จากนั้นอภิปรายผลการทดลองที่เกิดขึ้นโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สตามกฎของชาร์ล</li> <li>9. ยกตัวอย่างปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ เช่น การขยายตัวของยางรถยนต์เมื่อวิ่งไปบนถนน การขยายตัวของบอลลู่น จากนั้นร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาตรหรืออุณหภูมิของแก๊สตามกฎของชาร์ล</li> <li>10. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดคำนวณหาปริมาตรหรืออุณหภูมิของแก๊ส โดยใช้กฎของชาร์ล</li> <li>11. ให้นักเรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของแก๊ส จากตัวอย่างเหตุการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น การเผากระป๋องสเปรย์ ซึ่งทำให้เกิดการระเบิด การเจาะรูพลาสติกก่อนอุ่นอาหารด้วยไมโครเวฟ จากนั้นร่วมกันอภิปรายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของแก๊สเมื่อปริมาตรและจำนวนโมลคงที่ ตามกฎของเกย์-ลูสแซก</li> <li>12. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดคำนวณความดันหรืออุณหภูมิ โดยใช้กฎของเกย์-ลูสแซก</li> <li>13. ให้นักเรียนสรุปความรู้โดยเขียนผังมโนทัศน์แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซก</li> </ol>	

ผลการเรียนรู้ 2. คำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b> กฎรวมแก๊ส</p> <p><b>ด้านทักษะ</b> ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การใช้จำนวน</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b> การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b> ความรอบคอบ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซก</li> <li>ให้นักเรียนพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิ จากสมการตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซก จากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิ ที่เป็นไปตามกฎรวมแก๊ส</li> <li>ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิ โดยใช้กฎรวมแก๊ส</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b> กฎรวมแก๊ส จากการทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปราย</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b> ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</p>



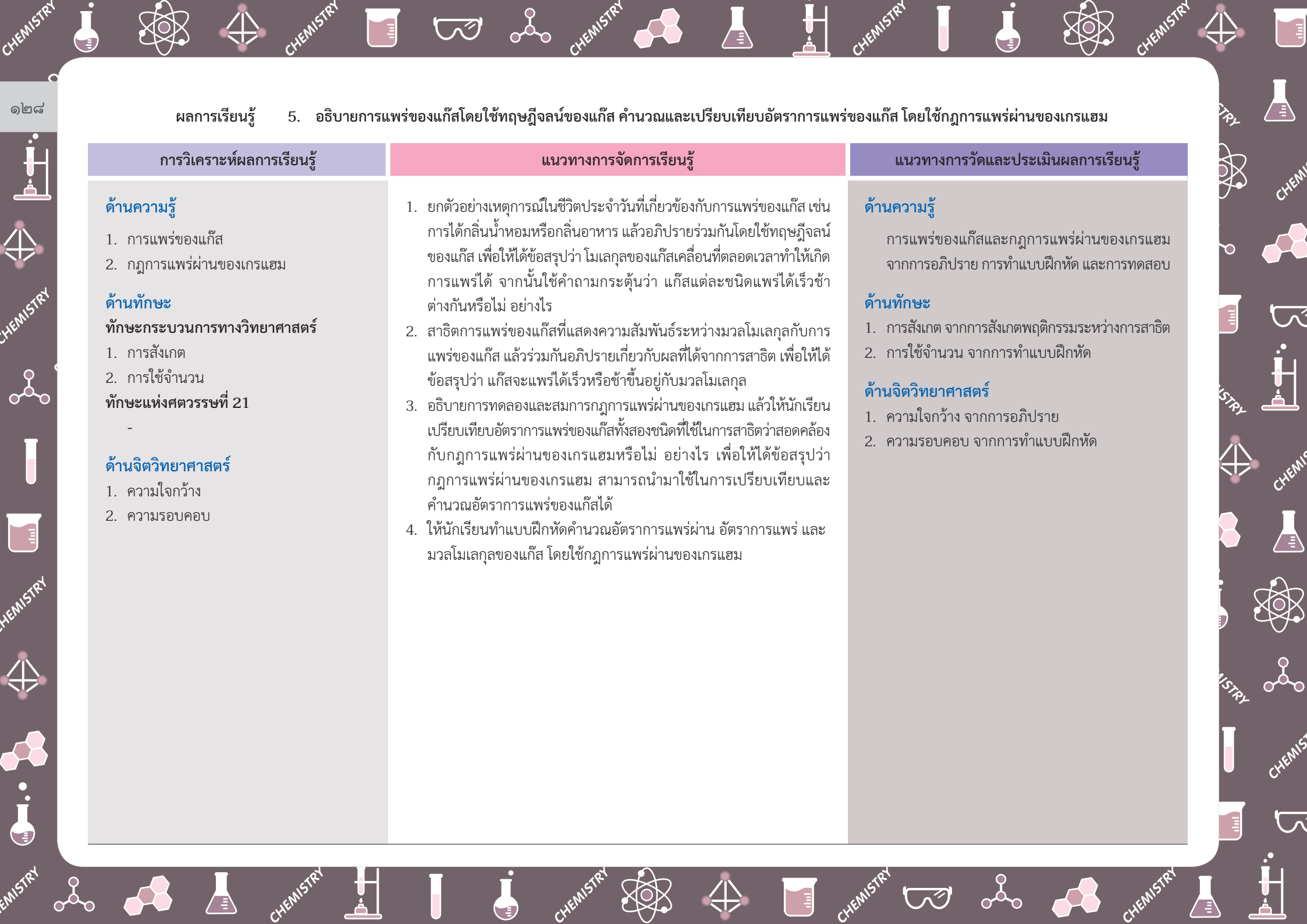
ผลการเรียนรู้ 3. คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊ส จากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b> กฎของอาโวกาโดรและกฎแก๊สอุดมคติ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b> ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การใช้จำนวน ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b> ความรอบคอบ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและจำนวนโมลของแก๊สจากตัวอย่างเหตุการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น การเป่าลูกโป่งทำให้ลูกโป่งมีขนาดใหญ่ขึ้น การหายใจมีผลต่อปริมาตรของช่องอก จากนั้นอภิปรายผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนโมลที่มีต่อปริมาตรของแก๊ส โดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและจำนวนโมล เมื่อความดันและอุณหภูมิของแก๊สคงที่ ตามกฎของอาโวกาโดร</li> <li>ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดคำนวณปริมาตร จำนวนโมล หรือมวลของแก๊ส โดยใช้สมการตามกฎของอาโวกาโดร</li> <li>ทบทวนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของแก๊ส โดยใช้กฎรวมแก๊สและกฎของอาโวกาโดร แล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่เป็นไปตามกฎแก๊สอุดมคติ</li> <li>ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดคำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ หรือจำนวนโมลของแก๊ส โดยใช้กฎแก๊สอุดมคติ</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b> กฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ จากการศึกษา อภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b> 1. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปราย</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b> ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</p>

ผลการเรียนรู้ 4. คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสม โดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b> กฎความดันย่อยของดอลตัน</p> <p><b>ด้านทักษะ</b> ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การใช้จำนวน ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 -</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b> ความรอบคอบ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามกระตุ้นว่า ถ้าเติมแก๊สชนิดหนึ่ง เข้าไปในถังที่บรรจุแก๊สอีกชนิดหนึ่ง โดยที่แก๊สไม่ทำปฏิกิริยากัน ที่อุณหภูมิคงที่ ความดันของแก๊สผสมจะเป็นอย่างไร และมีความสัมพันธ์กับความดันของแก๊สแต่ละชนิดอย่างไร</li> <li>อธิบายเกี่ยวกับการทดลองของดอลตันที่ทำให้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างความดันของแก๊สผสมกับความดันย่อยของแก๊สแต่ละชนิดในแก๊สผสม เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่สมการตามกฎความดันย่อยของดอลตัน รวมทั้งการนำไปใช้ร่วมกับกฎแก๊สอุดมคติ เพื่อให้เห็นว่าความดันของแก๊สผสมขึ้นกับผลรวมของจำนวนโมลของแก๊สแต่ละชนิดในแก๊สผสม</li> <li>อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาความดันย่อยของแก๊สแต่ละชนิดในแก๊สผสม จากเศษส่วนโมลของแก๊ส</li> <li>ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดคำนวณความดันรวมของแก๊สผสม ความดันย่อย และจำนวนโมลของแก๊สแต่ละชนิดในแก๊สผสม</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b> กฎความดันย่อยของดอลตัน จากการทำแบบฝึกหัดและการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b> การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b> ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</p>





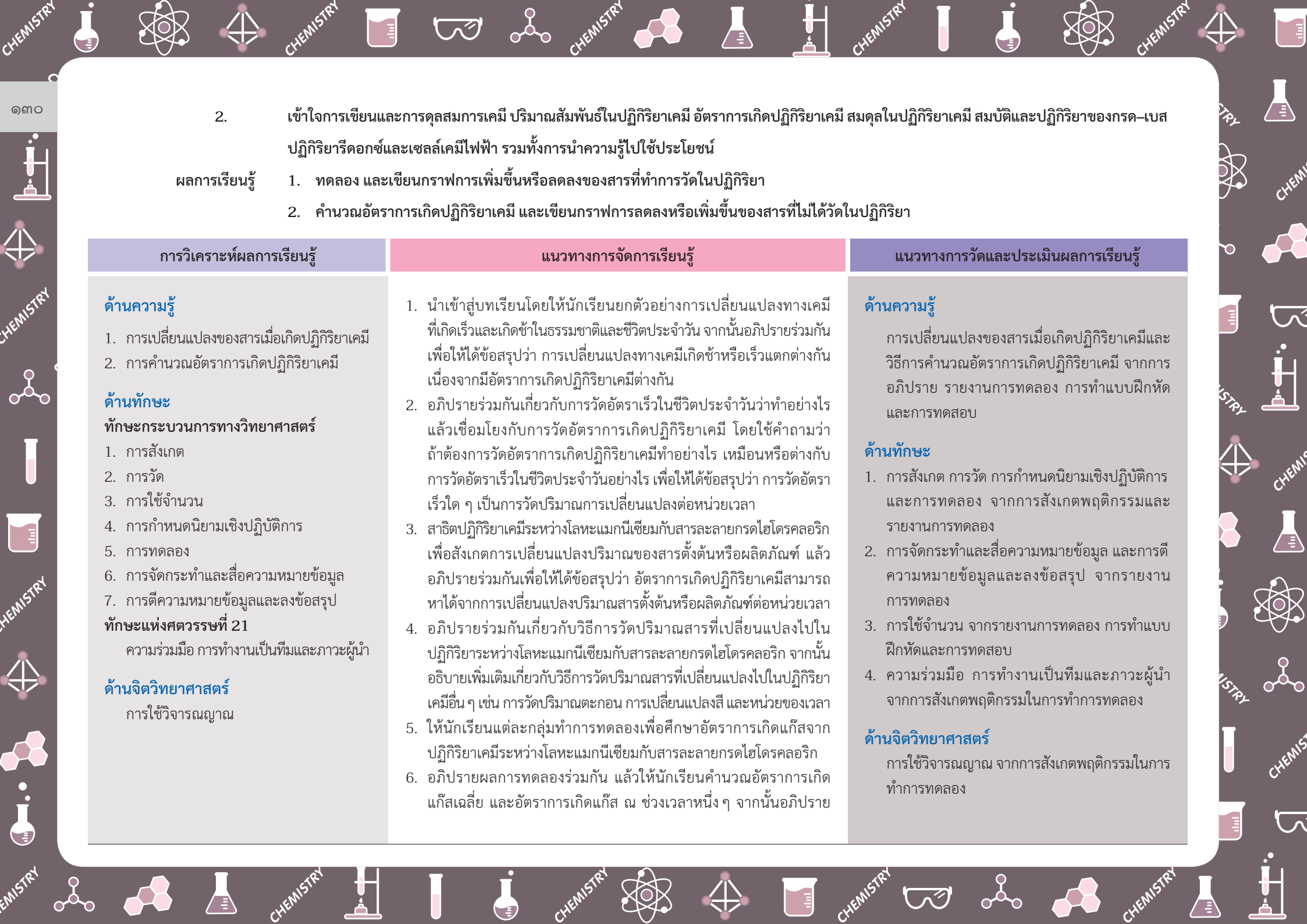
ผลการเรียนรู้ 5. อธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส คำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การแพร่ของแก๊ส</li> <li>2. กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การใช้จำนวน</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>-</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. ความรอบคอบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับการแพร่ของแก๊ส เช่น การไต่กลิ่นน้ำหอมหรือกลิ่นอาหาร แล้วอภิปรายร่วมกันโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่ตลอดเวลาทำให้เกิดการแพร่ได้ จากนั้นใช้คำถามกระตุ้นว่า แก๊สแต่ละชนิดแพร่ได้เร็วช้าต่างกันหรือไม่ อย่างไร</li> <li>2. สาธิตการแพร่ของแก๊สที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลโมเลกุลกับการแพร่ของแก๊ส แล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับผลที่ได้จากการสาธิต เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า แก๊สจะแพร่ได้เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุล</li> <li>3. อธิบายการทดลองและสมการกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม แล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊สทั้งสองชนิดที่ใช้ในการสาธิตว่าสอดคล้องกับกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮมหรือไม่ อย่างไร เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม สามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบและคำนวณอัตราการแพร่ของแก๊สได้</li> <li>4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดคำนวณอัตราการแพร่ผ่าน อัตราการแพร่ และมวลโมเลกุลของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การแพร่ของแก๊สและกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต จากการสังเกตพฤติกรรมระหว่างการสาธิต</li> <li>2. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง จากการอภิปราย</li> <li>2. ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol>

ผลการเรียนรู้ 6. สืบค้นข้อมูล นำเสนอตัวอย่าง และอธิบายการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สในการอธิบายปรากฏการณ์ หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส</li> <li>2. การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับแก๊สในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สในการอธิบายปรากฏการณ์ หรือการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม พร้อมทั้งให้ออกแบบการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น โดยครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมหรือให้สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมในประเด็นที่ไม่สมบูรณ์</li> <li>3. ให้นักเรียนประเมินการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม โดยพิจารณาเกี่ยวกับความถูกต้องของเนื้อหา และการนำเสนอ</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแก๊สและการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับแก๊สในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม จากผลการสืบค้นข้อมูล และการอภิปราย</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาจากการอภิปราย</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง จากการอภิปราย</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการนำเสนอและการอภิปราย</li> </ol>





2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

1. ทดลอง และเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา
2. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การเปลี่ยนแปลงของสารเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี</li> <li>2. การคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การวัด</li> <li>3. การใช้จำนวน</li> <li>4. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ</li> <li>5. การทดลอง</li> <li>6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</li> <li>7. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณ์ญาณ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดเร็วและเกิดช้าในธรรมชาติและชีวิตประจำวัน จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดช้าหรือเร็วแตกต่างกันเนื่องจากมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน</li> <li>2. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการวัดอัตราเร็วในชีวิตประจำวันว่าทำอะไรแล้วเชื่อมโยงกับการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้คำถามว่า ถ้าต้องการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีทำอะไร เหมือนหรือต่างกับการวัดอัตราเร็วในชีวิตประจำวันอย่างไร เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า การวัดอัตราเร็วใด ๆ เป็นการวัดปริมาณการเปลี่ยนแปลงต่อหน่วยเวลา</li> <li>3. สาธิตปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถหาได้จากการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยเวลา</li> <li>4. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับวิธีการวัดปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไปในปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการวัดปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไปในปฏิกิริยาเคมีอื่น ๆ เช่น การวัดปริมาณตะกอน การเปลี่ยนแปลงสี และหน่วยของเวลา</li> <li>5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการเกิดแก๊สจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก</li> <li>6. อภิปรายผลการทดลองร่วมกัน แล้วให้นักเรียนคำนวณอัตราการเกิดแก๊สเฉลี่ย และอัตราการเกิดแก๊ส ณ ช่วงเวลาหนึ่ง ๆ จากนั้นอภิปราย</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การเปลี่ยนแปลงของสารเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีและวิธีการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากกรออภิปราย รายงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต การวัด การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และการทดลอง จากการสังเกตพฤติกรรมและรายงานการทดลอง</li> <li>2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากรายงานการทดลอง</li> <li>3. การใช้จำนวน จากรายงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัดและการทดสอบ</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณ์ญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</p>

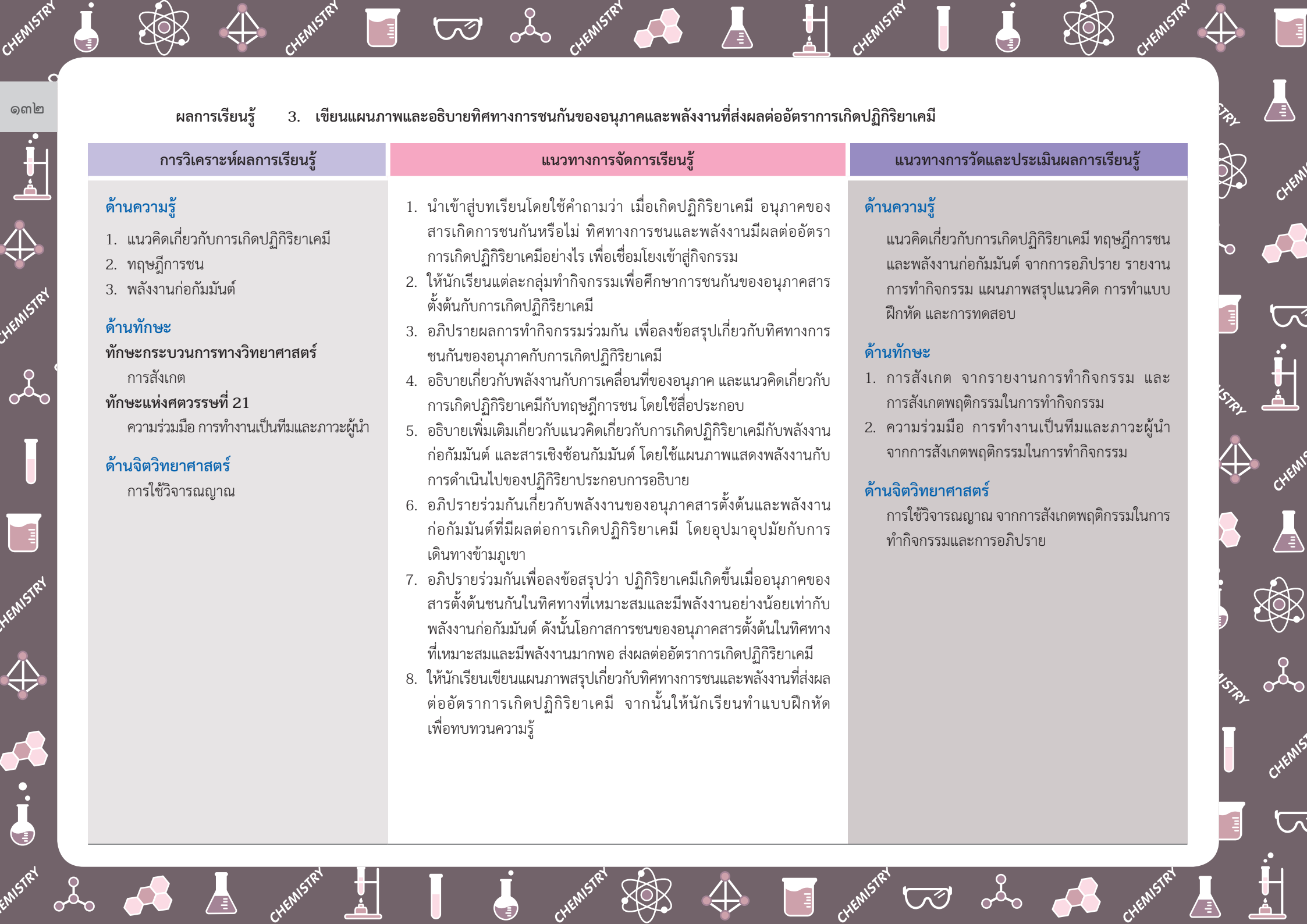
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

เปรียบเทียบเกี่ยวกับอัตราการเกิดแก๊สในช่วงเริ่มต้นปฏิกิริยากับช่วงท้ายปฏิกิริยา

7. ใช้คำถามว่า ถ้าต้องการหาอัตราการเกิดแก๊ส ณ ขณะใดขณะหนึ่ง ทำได้อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่การอธิบายเกี่ยวกับการคำนวณอัตราการเกิดแก๊ส ณ ขณะใดขณะหนึ่ง จากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นกับเวลา
8. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจน อัตราการลดลงของโลหะแมกนีเซียม อัตราการลดลงของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยพิจารณาจากสมการเคมี เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่า อัตราการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์และอัตราการลดลงของสารตั้งต้นอาจไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์จำนวนโมลของสารในสมการเคมี และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเท่ากับอัตราการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์หรืออัตราการลดลงของสารตั้งต้นในหน่วยโมลต่อวินาทีหารด้วยสัมประสิทธิ์จำนวนโมลของสารนั้น ซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีค่าเท่ากันไม่ว่าจะคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงของสารชนิดใด
9. ให้นักเรียนเขียนกราฟการลดลงของโลหะแมกนีเซียมและสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งเป็นสารที่ไม่ได้วัดจากการทดลอง
10. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปบทเรียนเกี่ยวกับการคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้

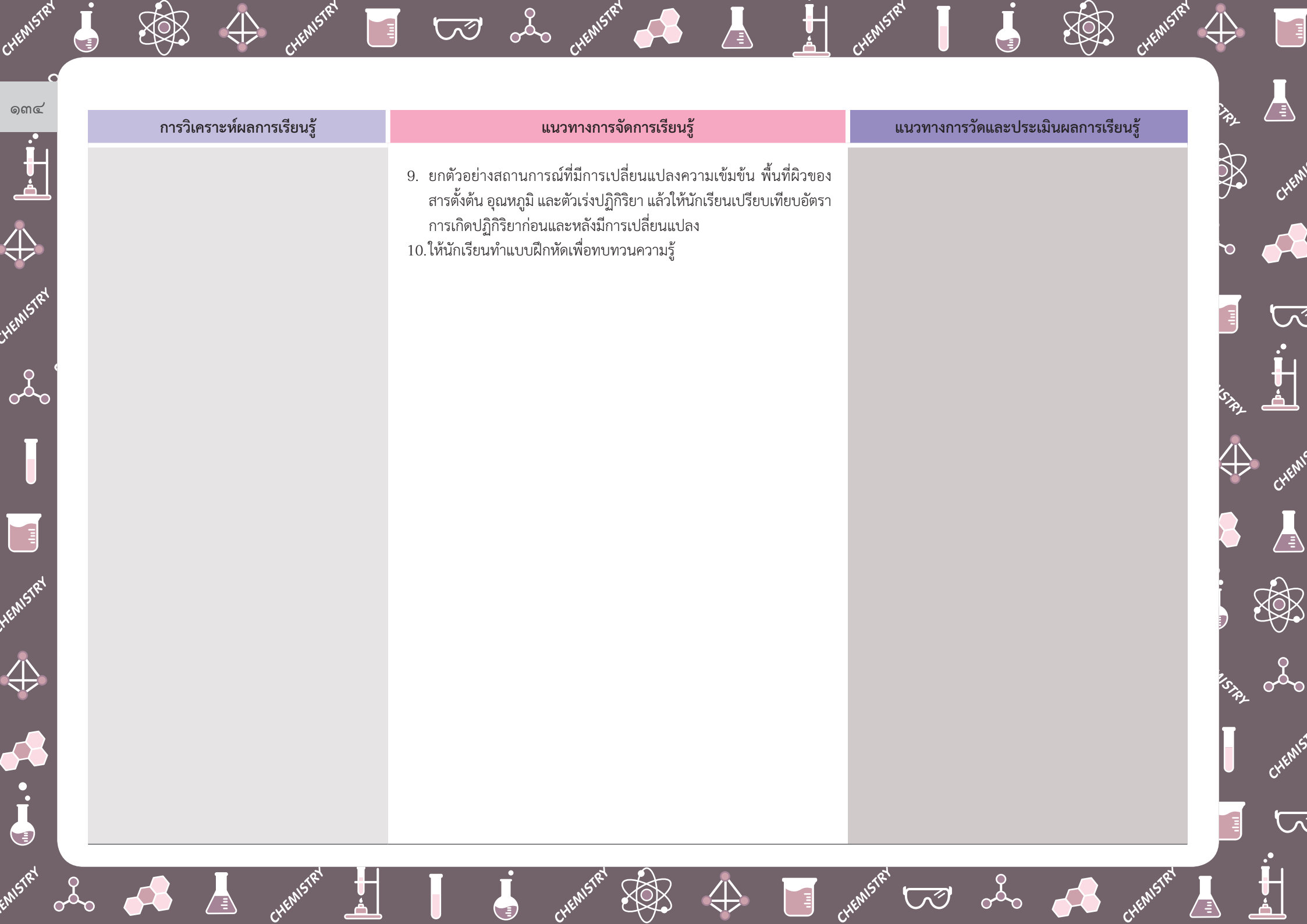


ผลการเรียนรู้ 3. เขียนแผนภาพและอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี</li> <li>ทฤษฎีการชน</li> <li>พลังงานก่อกัมมันต์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การสังเกต</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณญาณ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามว่า เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี อนุภาคของสารเกิดการชนกันหรือไม่ ทิศทางการชนและพลังงานมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรม</li> <li>ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเพื่อศึกษาการชนกันของอนุภาคสารตั้งต้นกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี</li> <li>อภิปรายผลการทำกิจกรรมร่วมกัน เพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับทิศทางการชนกันของอนุภาคกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี</li> <li>อธิบายเกี่ยวกับพลังงานกับการเคลื่อนที่ของอนุภาค และแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับทฤษฎีการชน โดยใช้สื่อประกอบการ</li> <li>อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับพลังงานก่อกัมมันต์ และสารเชิงซ้อนกัมมันต์ โดยใช้แผนภาพแสดงพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาประกอบการอธิบาย</li> <li>อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับพลังงานของอนุภาคสารตั้งต้นและพลังงานก่อกัมมันต์ที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยอุปมาอุปมัยกับการเดินทางข้ามภูเขา</li> <li>อภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปว่า ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นเมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสมและมีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ ดังนั้นโอกาสการชนของอนุภาคสารตั้งต้นในทิศทางที่เหมาะสมและมีพลังงานมากพอ ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</li> <li>ให้นักเรียนเขียนแผนภาพสรุปเกี่ยวกับทิศทางการชนและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทฤษฎีการชนและพลังงานก่อกัมมันต์ จากการอภิปราย รายงานการทำกิจกรรม แผนภาพสรุปแนวคิด การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต จากรายงานการทำกิจกรรม และการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปราย</p>

- ผลการเรียนรู้:
- ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
  - เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การตั้งสมมติฐาน</li> <li>2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร</li> <li>3. การทดลอง</li> <li>4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความซื่อสัตย์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามว่า จากปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมและกรดไฮโดรคลอริก สามารถทำให้แก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้นได้เร็วขึ้นหรือช้าลงได้อย่างไร เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารตั้งต้น พื้นที่ผิวและอุณหภูมิ ที่มีต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี จากสารเคมีและอุปกรณ์ที่กำหนดให้ โดยครูควรตรวจสอบความเข้าใจและให้ข้อเสนอแนะขณะที่นักเรียนการออกแบบการทดลอง</li> <li>3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองและสรุปผลการทดลองร่วมกันเกี่ยวกับผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น และอุณหภูมิ ที่มีต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี</li> <li>4. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น และอุณหภูมิ ที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ทฤษฎีการชนกันของอนุภาค และพลังงานก่อกัมมันต์</li> <li>5. นำอภิปรายเกี่ยวกับการเติมสารบางชนิดลงในปฏิกิริยาเคมีแล้วทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนแปลงจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเกี่ยวกับตัวเร่งปฏิกิริยากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</li> <li>6. อภิปรายและสรุปผลการทดลองร่วมกันเกี่ยวกับผลของตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาประกอบการอธิบาย</li> <li>7. สรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ได้จากการทดลองแล้วอภิปรายถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น ชนิดของสาร ตัวหน่วงปฏิกิริยา</li> <li>8. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งอาจนำเสนอในรูปแบบมโนทัศน์ แผนภาพ หรือแผ่นพับ</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากการอภิปราย รายงานการทดลอง ผลงานการสรุปความรู้ การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากรายงานการทดลองและการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการออกแบบการทดลอง</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลงานการสรุปความรู้</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>2. ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง</li> </ol>

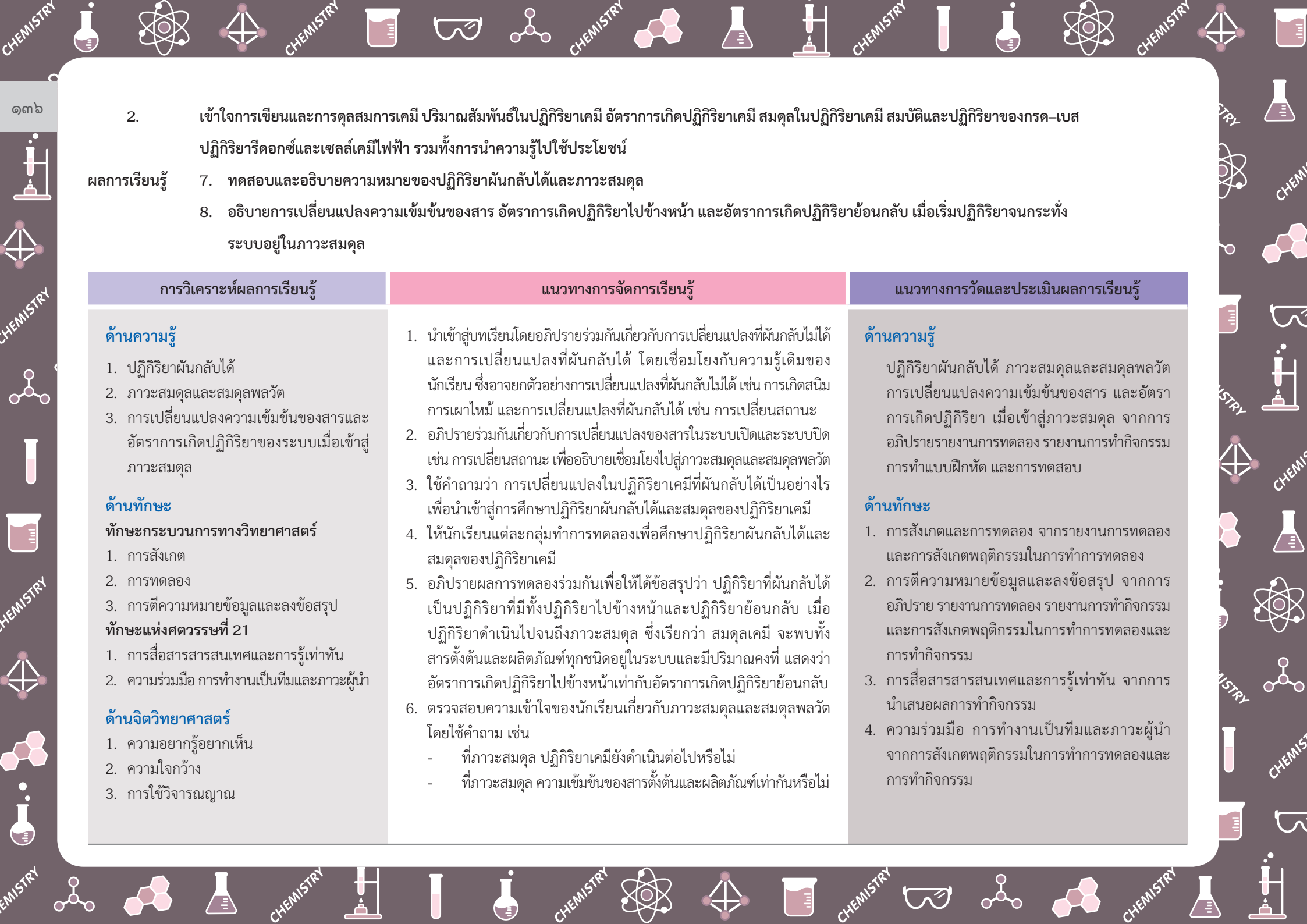


การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>9. ยกตัวอย่างสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา แล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาก่อนและหลังมีการเปลี่ยนแปลง</p> <p>10. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</p>	

ผลการเรียนรู้ 6. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ผลของปัจจัยที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</li> <li>2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับผลของปัจจัยที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม</li> <li>3. ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนข้อมูลและอภิปรายร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างที่ได้จากการสืบค้น พร้อมระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้อง</li> <li>4. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปบทเรียนเกี่ยวกับผลของปัจจัยที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม โดยครูตรวจสอบความเข้าใจและแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ผลของปัจจัยที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม จากการอภิปรายร่วมกันและผลงานที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลงานที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและการสังเกตพฤติกรรมขณะทำกิจกรรม</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาาสตร์</b></p> <p>ความอยากรู้อยากเห็นและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</p>





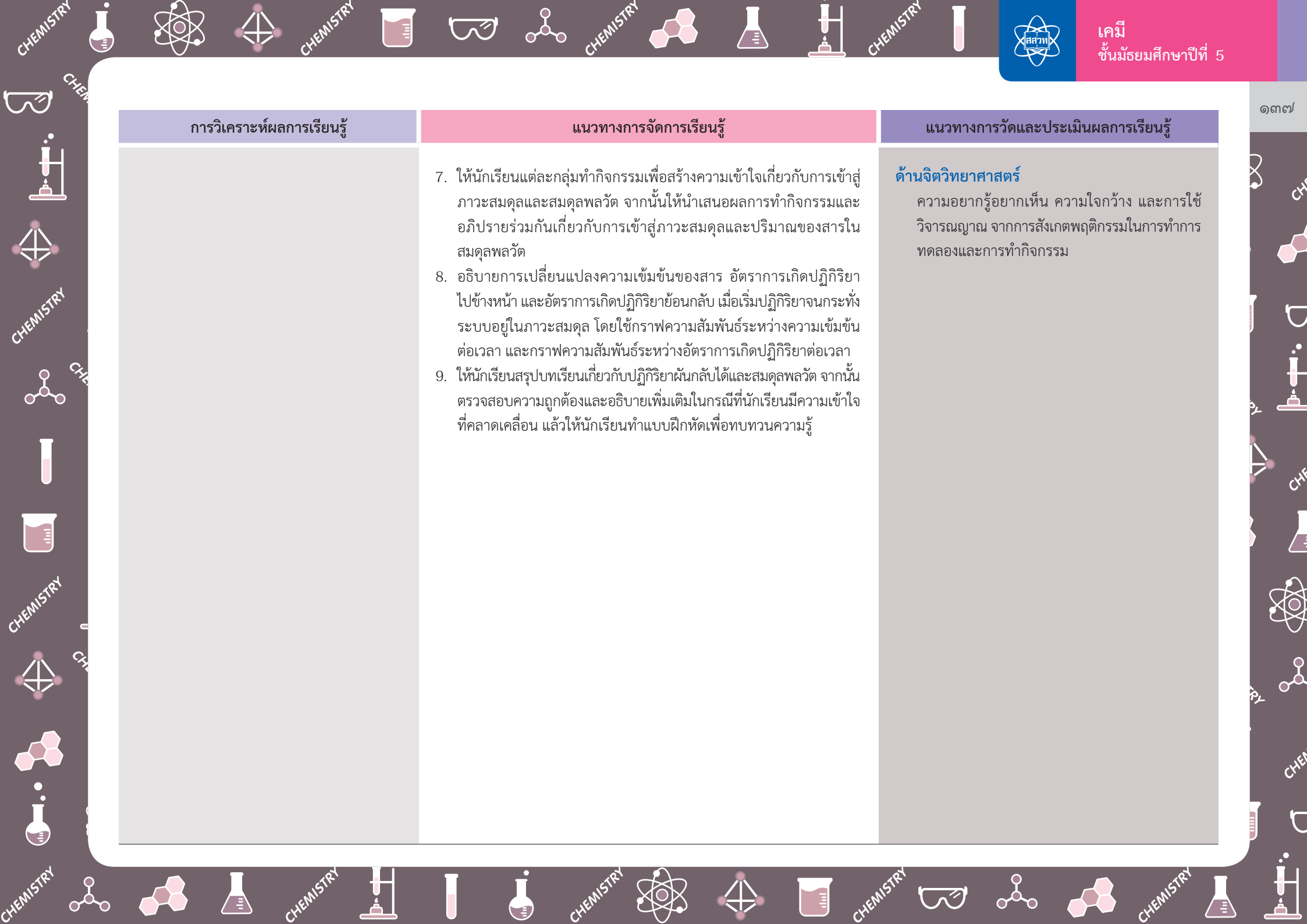
2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

- 7. ทดสอบและอธิบายความหมายของปฏิกิริยาผันกลับได้และภาวะสมดุล
- 8. อธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า และอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เมื่อเริ่มปฏิกิริยาจนกระทั่งระบบอยู่ในภาวะสมดุล

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ปฏิกิริยาผันกลับได้</li> <li>2. ภาวะสมดุลและสมดุลพลวัต</li> <li>3. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารและอัตราการเกิดปฏิกิริยาของระบบเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุล</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การทดลอง</li> <li>3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทัน</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> <li>3. การใช้วิจารณญาณ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้และการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ โดยเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งอาจยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้ เช่น การเกิดสนิม การเผาไหม้ และการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ เช่น การเปลี่ยนสถานะ</li> <li>2. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสารในระบบเปิดและระบบปิด เช่น การเปลี่ยนสถานะ เพื่ออธิบายเชื่อมโยงไปสู่ภาวะสมดุลและสมดุลพลวัต</li> <li>3. ใช้คำถามว่า การเปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับได้เป็นอย่างไรเพื่อนำเข้าสู่การศึกษาปฏิกิริยาผันกลับได้และสมดุลของปฏิกิริยาเคมี</li> <li>4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาผันกลับได้และสมดุลของปฏิกิริยาเคมี</li> <li>5. อภิปรายผลการทดลองร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้เป็นปฏิกิริยาที่มีทั้งปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับ เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปจนถึงภาวะสมดุล ซึ่งเรียกว่า สมดุลเคมี จะพบทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทุกชนิดอยู่ในระบบและมีปริมาณคงที่ แสดงว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ</li> <li>6. ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับภาวะสมดุลและสมดุลพลวัตโดยใช้คำถาม เช่น             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ที่ภาวะสมดุล ปฏิกิริยาเคมียังดำเนินต่อไปหรือไม่</li> <li>- ที่ภาวะสมดุล ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากันหรือไม่</li> </ul> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ปฏิกิริยาผันกลับได้ ภาวะสมดุลและสมดุลพลวัต การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร และอัตราการเกิดปฏิกิริยา เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุล จากกรอภิปรายรายงานการทดลอง รายงานการทำการกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกตและการทดลอง จากรายงานการทดลองและการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากกรอภิปราย รายงานการทดลอง รายงานการทำการกิจกรรม และการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลองและการทำการกิจกรรม</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทัน จากกรนำเสนอผลการทำการกิจกรรม</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากกรสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลองและการทำการกิจกรรม</li> </ol>

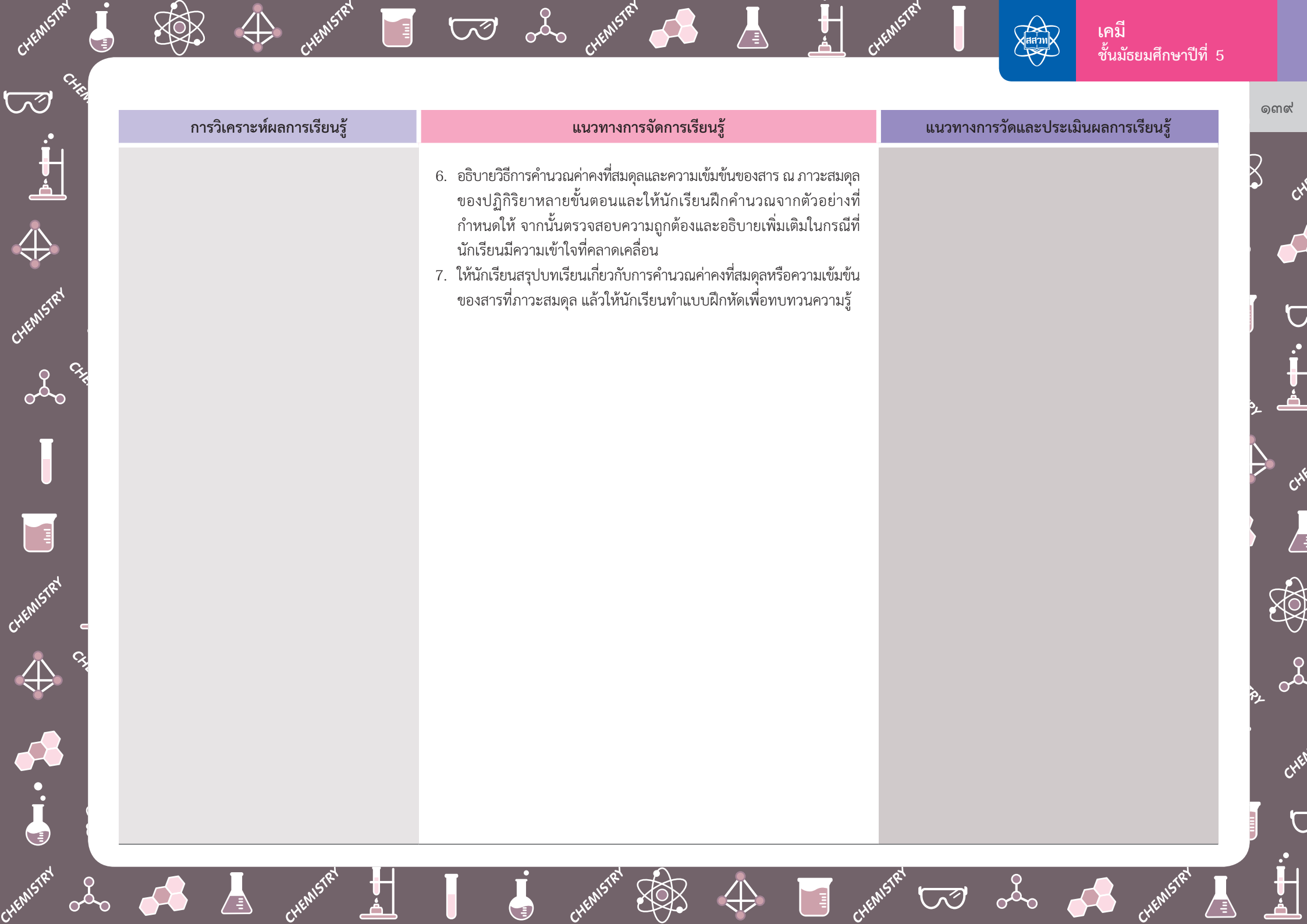




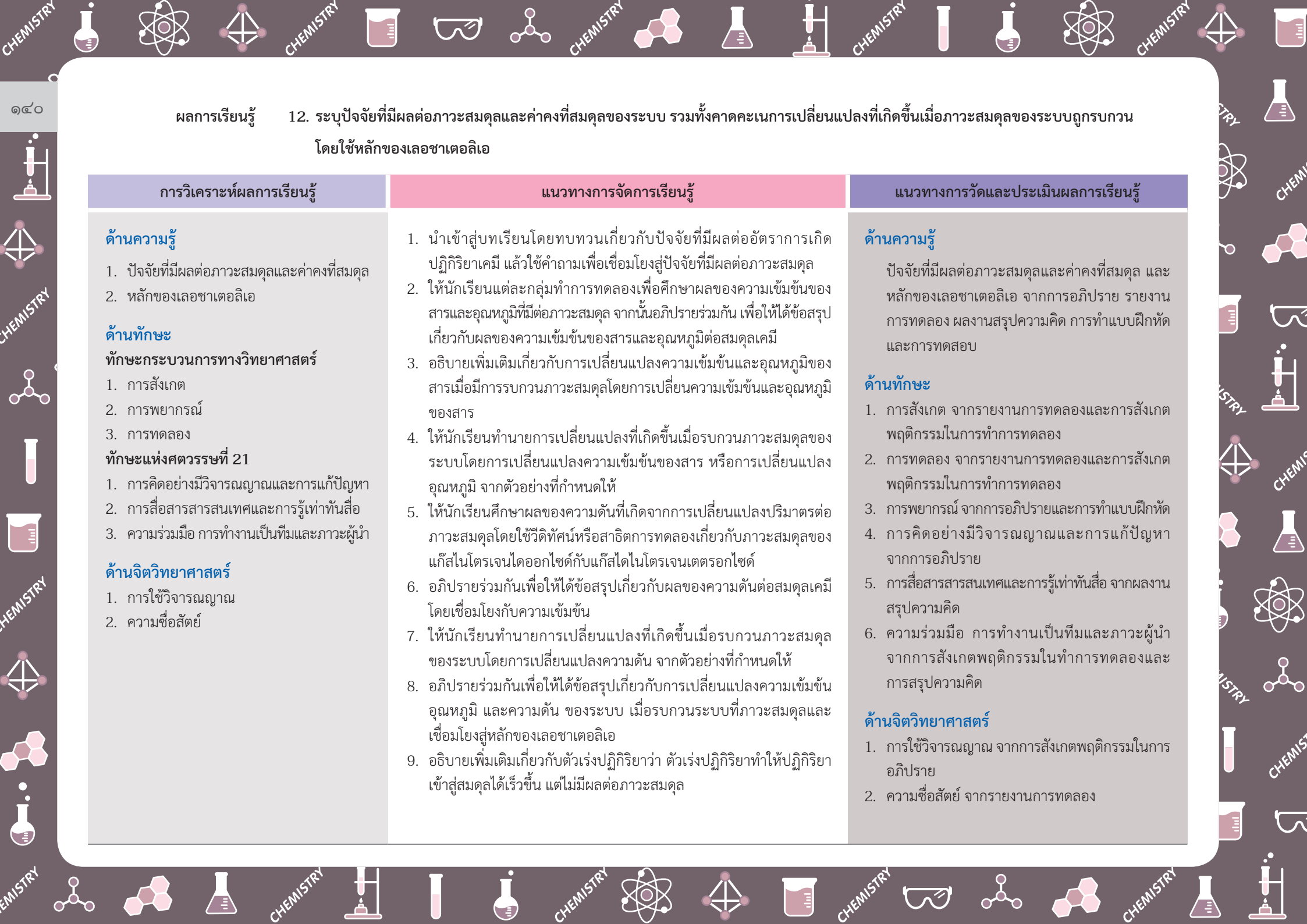
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<ol style="list-style-type: none"> <li>ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเข้าสู่ภาวะสมดุลและสมดุลพลวัต จากนั้นให้นำเสนอผลการทำกิจกรรมและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเข้าสู่ภาวะสมดุลและปริมาณของสารในสมดุลพลวัต</li> <li>อธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า และอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เมื่อเริ่มปฏิกิริยาจนกระทั่งระบบอยู่ในภาวะสมดุล โดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นต่อเวลา และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาต่อเวลา</li> <li>ให้นักเรียนสรุปทบทวนเกี่ยวกับปฏิกิริยาผันกลับได้และสมดุลพลวัต จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน แล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น ความใจกว้าง และการใช้          วิจารณ์ญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลองและการทำกิจกรรม</p>

- ผลการเรียนรู้: 9. คำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา
10. คำนวณความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล
11. คำนวณค่าคงที่สมดุลหรือความเข้มข้นของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ค่าคงที่สมดุลและความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>-</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความรอบคอบ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จากสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับไม่ได้ แล้วใช้คำถามเชื่อมโยงเข้าสู่การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารของปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับได้ ณ ภาวะสมดุล</li> <li>2. ให้นักเรียนศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์กับสารตั้งต้น ณ ภาวะสมดุล และสมการเคมี จากข้อมูลที่กำหนดให้ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ค่าคงที่สมดุล จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่สมดุลกับความเข้มข้นของสารในปฏิกิริยาเคมี</li> <li>3. อธิบายการคำนวณค่าคงที่สมดุลเมื่อกำหนดความเข้มข้นของสาร ณ ภาวะสมดุล และการคำนวณความเข้มข้นของสาร ณ ภาวะสมดุลเมื่อกำหนดค่าคงที่สมดุล แล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด</li> <li>4. อภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับ ปริมาณสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในภาวะสมดุล ซึ่งสัมพันธ์กับค่าคงที่สมดุล ซึ่งควรสรุปได้ว่า ปฏิกิริยาเคมีที่มีค่าคงที่สมดุลมาก จะมีปริมาณผลิตภัณฑ์มากกว่าสารตั้งต้น ส่วนปฏิกิริยาเคมีที่มีค่าคงที่สมดุลน้อย จะมีปริมาณสารตั้งต้นมากกว่าผลิตภัณฑ์</li> <li>5. ยกตัวอย่างสมการเคมี แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุลกับความสัมพันธ์ของสมการเคมีในประเด็นต่อไปนี้                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาย้อนกลับ</li> <li>- ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาที่มีเลขสัมประสิทธิ์โดยโมลต่างกัน</li> <li>- ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยารวม</li> </ul> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ค่าคงที่สมดุลและความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล จากการอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัดและการทดสอบ</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</p>

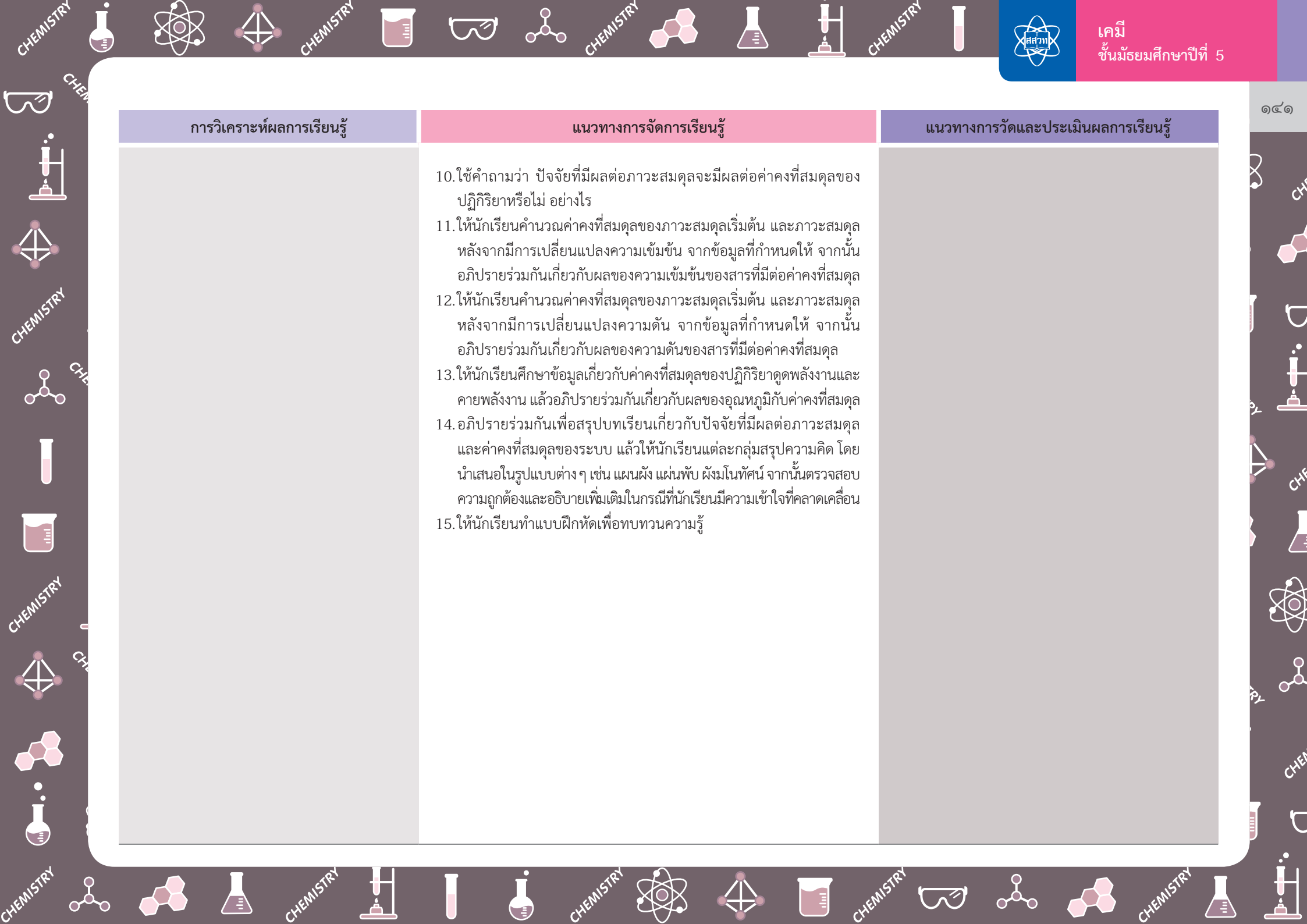


การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>6. อธิบายวิธีการคำนวณค่าคงที่สมดุลและความเข้มข้นของสาร ณ ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาหลายขั้นตอนและให้นักเรียนฝึกคำนวณจากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</p> <p>7. ให้นักเรียนสรุปทเรียนเกี่ยวกับการคำนวณค่าคงที่สมดุลหรือความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล แล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</p>	



ผลการเรียนรู้ 12. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุลของระบบ รวมทั้งคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อภาวะสมดุลของระบบถูกรบกวน โดยใช้หลักของเลอชาเตอลิเอ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุล</li> <li>หลักของเลอชาเตอลิเอ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต</li> <li>การพยากรณ์</li> <li>การทดลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การใช้วิจารณญาณ</li> <li>ความซื่อสัตย์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แล้วใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงสู่ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล</li> <li>ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารและอุณหภูมิที่มีต่อภาวะสมดุล จากนั้นอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับผลของความเข้มข้นของสารและอุณหภูมิต่อสมดุลเคมี</li> <li>อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและอุณหภูมิของสารเมื่อมีการรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนความเข้มข้นและอุณหภูมิของสาร</li> <li>ให้นักเรียนทำนายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อรบกวนภาวะสมดุลของระบบโดยการเปลี่ยนความเข้มข้นของสาร หรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จากตัวอย่างที่กำหนดให้</li> <li>ให้นักเรียนศึกษาผลของความดันที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่อภาวะสมดุลโดยใช้วิธีทัศน์หรือสาธิตการทดลองเกี่ยวกับภาวะสมดุลของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์กับแก๊สไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์</li> <li>อภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับผลของความดันต่อสมดุลเคมีโดยเชื่อมโยงกับความเข้มข้น</li> <li>ให้นักเรียนทำนายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อรบกวนภาวะสมดุลของระบบโดยการเปลี่ยนความดัน จากตัวอย่างที่กำหนดให้</li> <li>อภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น อุณหภูมิ และความดัน ของระบบ เมื่อรบกวนระบบที่ภาวะสมดุลและเชื่อมโยงสู่หลักของเลอชาเตอลิเอ</li> <li>อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวเร่งปฏิกิริยาว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลได้เร็วขึ้น แต่ไม่มีผลต่อภาวะสมดุล</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุล และหลักของเลอชาเตอลิเอ จากการอภิปราย รายงาน การทดลอง ผลงานสรุปความคิด การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต จากรายงานการทดลองและการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>การทดลอง จากรายงานการทดลองและการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>การพยากรณ์ จากการอภิปรายและการทำแบบฝึกหัด</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปราย</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลงานสรุปความคิด</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในทำการทดลองและการสรุปความคิด</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> <li>ความซื่อสัตย์ จากรายงานการทดลอง</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<ol style="list-style-type: none"> <li>10. ใช้คำถามว่า ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลจะมีผลต่อค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาหรือไม่ อย่างไร</li> <li>11. ให้นักเรียนคำนวณค่าคงที่สมดุลของภาวะสมดุลเริ่มต้น และภาวะสมดุลหลังจากมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น จากข้อมูลที่กำหนดให้ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลของความเข้มข้นของสารที่มีต่อค่าคงที่สมดุล</li> <li>12. ให้นักเรียนคำนวณค่าคงที่สมดุลของภาวะสมดุลเริ่มต้น และภาวะสมดุลหลังจากมีการเปลี่ยนแปลงความดัน จากข้อมูลที่กำหนดให้ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลของความดันของสารที่มีต่อค่าคงที่สมดุล</li> <li>13. ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาดูดพลังงานและคายพลังงาน แล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิกับค่าคงที่สมดุล</li> <li>14. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปบทเรียนเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุลของระบบ แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความคิด โดยนำเสนอในรูปแบบต่างๆ เช่น แผนผัง แผ่นพับ ผังมโนทัศน์ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>15. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	

ผลการเรียนรู้ 13. ยกตัวอย่างและอธิบายสมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ในธรรมชาติและกระบวนการในอุตสาหกรรม

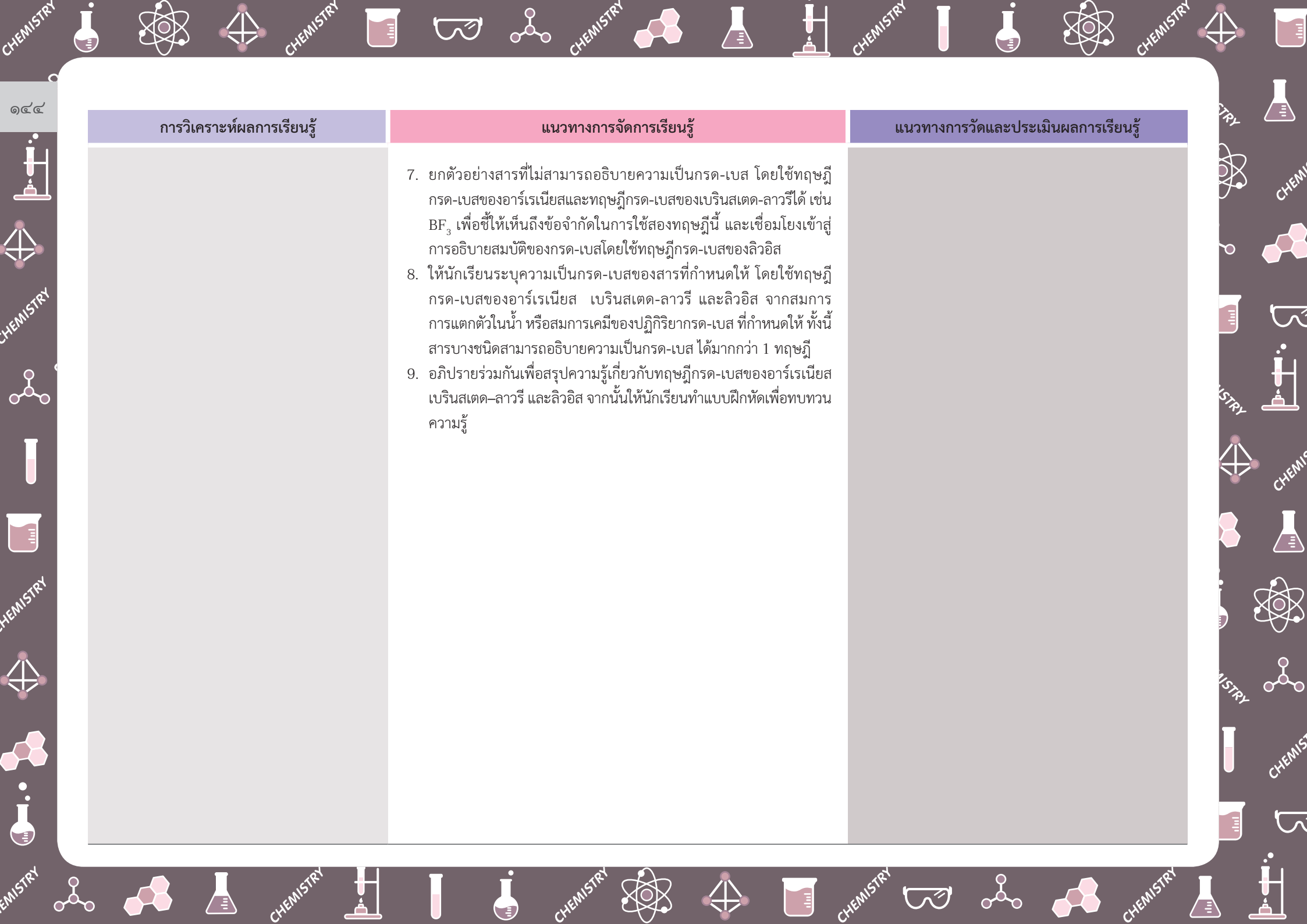
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. สมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ในธรรมชาติและกระบวนการในอุตสาหกรรม</li> <li>2. กระบวนการฮาเบอร์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การลงความเห็นจากข้อมูล</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. อภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับสมดุลเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และหลักของเลอชาเตอลิเอ เพื่อเชื่อมโยงสู่การนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการฮาเบอร์สำหรับผลิตแอมโมเนียในอุตสาหกรรม และอภิปรายร่วมกันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับหลักของเลอชาเตอลิเอและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</li> <li>3. ให้นักเรียนทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ในธรรมชาติ หรือกระบวนการในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสมดุลเคมี โดยครูให้ความรู้เพิ่มเติมในกรณีที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>4. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปทฤษฎีเกี่ยวกับสมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ในธรรมชาติ และกระบวนการในอุตสาหกรรม</li> <li>5. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ในธรรมชาติและกระบวนการในอุตสาหกรรม จากการตอบคำถาม การอภิปราย ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การลงความเห็นจากข้อมูล และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำกิจกรรมและการอภิปราย</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อจากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการนำเสนอข้อมูล</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็นและการใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายและการทำกิจกรรม</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการอภิปราย</li> </ol>

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ 14. ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การจำแนกประเภท</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างกรด-เบสในชีวิตประจำวัน แล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับสมบัติและวิธีการที่ใช้ตรวจสอบว่าสารใดเป็นกรดหรือเบส</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเพื่อจำแนกความเป็นกรด-เบสของสารละลายจากการทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส โดยใช้สารละลายกรดและเบสที่แตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออน ชนิดละ 2 – 3 ตัวอย่าง เช่น HCl HNO<sub>3</sub> NaOH Ca(OH)<sub>2</sub> โดยให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าจากสูตรเคมี</li> <li>3. อภิปรายผลการทดสอบร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปว่า สารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนเป็นสารละลายกรด ส่วนสารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออนเป็นสารละลายเบส เพื่อเชื่อมโยงสู่การอธิบายทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส</li> <li>4. ให้นักเรียนระบุความเป็นกรด-เบสของสารที่กำหนดให้ โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส</li> <li>5. ยกตัวอย่างสารบางชนิดที่ไม่สามารถอธิบายความเป็นกรด-เบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เช่น NH<sub>3</sub> เพื่อชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดในการใช้ทฤษฎีกรด-เบสนี้ และเชื่อมโยงเข้าสู่การอธิบายสมบัติของกรด-เบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี</li> <li>6. ให้นักเรียนระบุความเป็นกรด-เบสของสารที่กำหนดให้ โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกตและการจำแนกประเภท จากการทำกิจกรรม</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำกิจกรรมและการอภิปราย</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>

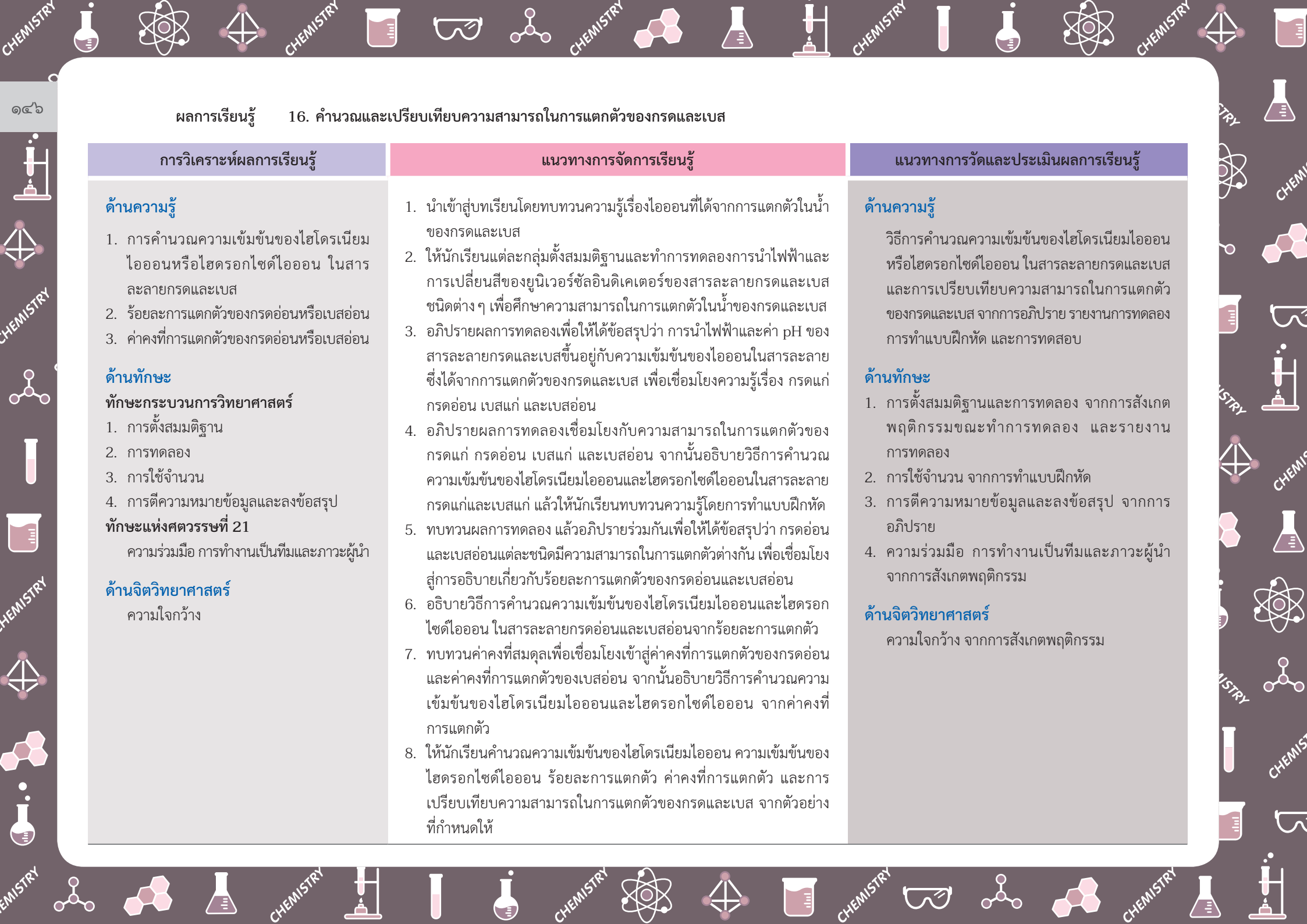




การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<ol style="list-style-type: none"><li>ยกตัวอย่างสารที่ไม่สามารถอธิบายความเป็นกรด-เบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสและทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีได้ เช่น <math>\text{BF}_3</math> เพื่อชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดในการใช้สองทฤษฎีนี้ และเชื่อมโยงเข้าสู่การอธิบายสมบัติของกรด-เบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส</li><li>ให้นักเรียนระบุความเป็นกรด-เบสของสารที่กำหนดให้ โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส จากสมการการแตกตัวในน้ำ หรือสมการเคมีของปฏิกิริยากรด-เบส ที่กำหนดให้ ทั้งนี้ สารบางชนิดสามารถอธิบายความเป็นกรด-เบส ได้มากกว่า 1 ทฤษฎี</li><li>อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li></ol>	

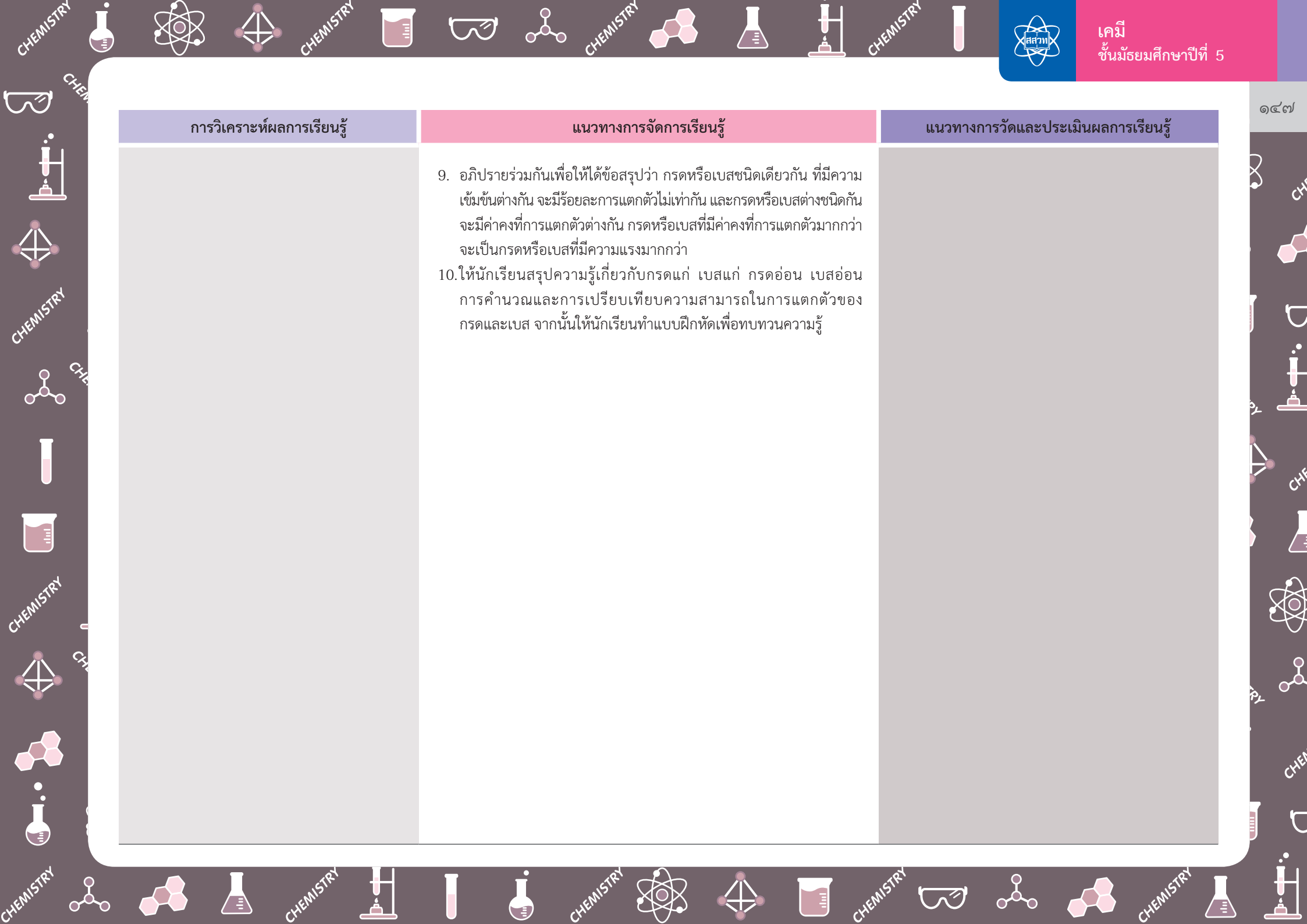
ผลการเรียนรู้ 15. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. คู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี</li> <li>2. สารแอมโฟเทอริก</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เรื่องทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี</li> <li>2. ให้นักเรียนระบุและอธิบายสมบัติความเป็นกรดหรือเบสของสารจากสมการการแตกตัวในน้ำ โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี</li> <li>3. อภิปรายร่วมกันจากสมการการแตกตัวในน้ำ เพื่อเชื่อมโยงสู่ความเป็นคู่กรด-เบสของสาร โดยพิจารณาจากการถ่ายโอนโปรตอนของสาร</li> <li>4. ให้นักเรียนวิเคราะห์ตัวอย่างสมการการแตกตัวในน้ำของสารอื่นเพิ่มเติมแล้วอภิปรายร่วมกันแล้วลงข้อสรุปจากข้อมูลว่า สารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีจำนวนโปรตอนต่างกัน 1 โปรตอน</li> <li>5. ให้นักเรียนระบุคู่กรด-เบสของสารจากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าสารบางชนิด เช่น น้ำ สามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ความรู้เรื่องสารแอมโฟเทอริก</li> <li>6. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี และสารแอมโฟเทอริก จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>คู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี และสารแอมโฟเทอริก จากการอภิปรายการทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับคู่กรด-เบส</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปราย</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้างและการใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</p>



### ผลการเรียนรู้ 16. คำนวณและเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวของกรดและเบส

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออน ในสารละลายกรดและเบส</li> <li>2. ร้อยละการแตกตัวของกรดอ่อนหรือเบสอ่อน</li> <li>3. ค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อนหรือเบสอ่อน</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การตั้งสมมติฐาน</li> <li>2. การทดลอง</li> <li>3. การใช้จำนวน</li> <li>4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้าง</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เรื่องไอออนที่ได้จากการแตกตัวในน้ำของกรดและเบส</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานและทำการทดลองการนำไฟฟ้าและการเปลี่ยนสีของยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ของสารละลายกรดและเบสชนิดต่าง ๆ เพื่อศึกษาความสามารถในการแตกตัวในน้ำของกรดและเบส</li> <li>3. อภิปรายผลการทดลองเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า การนำไฟฟ้าและค่า pH ของสารละลายกรดและเบสขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไอออนในสารละลาย ซึ่งได้จากการแตกตัวของกรดและเบส เพื่อเชื่อมโยงความรู้เรื่อง กรดแก่ กรดอ่อน เบสแก่ และเบสอ่อน</li> <li>4. อภิปรายผลการทดลองเชื่อมโยงกับความสามารถในการแตกตัวของกรดแก่ กรดอ่อน เบสแก่ และเบสอ่อน จากนั้นอธิบายวิธีการคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนในสารละลายกรดแก่และเบสแก่ แล้วให้นักเรียนทบทวนความรู้โดยการทำแบบฝึกหัด</li> <li>5. ทบทวนผลการทดลอง แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า กรดอ่อนและเบสอ่อนแต่ละชนิดมีความสามารถในการแตกตัวต่างกัน เพื่อเชื่อมโยงสู่การอธิบายเกี่ยวกับร้อยละการแตกตัวของกรดอ่อนและเบสอ่อน</li> <li>6. อธิบายวิธีการคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออน ในสารละลายกรดอ่อนและเบสอ่อนจากร้อยละการแตกตัว</li> <li>7. ทบทวนค่าคงที่สมดุลเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อนและค่าคงที่การแตกตัวของเบสอ่อน จากนั้นอธิบายวิธีการคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออน จากค่าคงที่การแตกตัว</li> <li>8. ให้นักเรียนคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน ความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ไอออน ร้อยละการแตกตัว ค่าคงที่การแตกตัว และการเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวของกรดและเบส จากตัวอย่างที่กำหนดให้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออน ในสารละลายกรดและเบส และการเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวของกรดและเบส จากการอภิปราย รายงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การตั้งสมมติฐานและการทดลอง จากการสังเกตพฤติกรรมขณะทำการทดลอง และรายงานการทดลอง</li> <li>2. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปราย</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรม</p>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>9. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า กรดหรือเบสชนิดเดียวกัน ที่มีความเข้มข้นต่างกัน จะมีร้อยละการแตกตัวไม่เท่ากัน และกรดหรือเบสต่างชนิดกัน จะมีค่าคงที่การแตกตัวต่างกัน กรดหรือเบสที่มีค่าคงที่การแตกตัวมากกว่า จะเป็นกรดหรือเบสที่มีความแรงมากกว่า</p> <p>10. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับกรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อน เบสอ่อน การคำนวณและการเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวของกรดและเบส จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</p>	

ผลการเรียนรู้ 17. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส

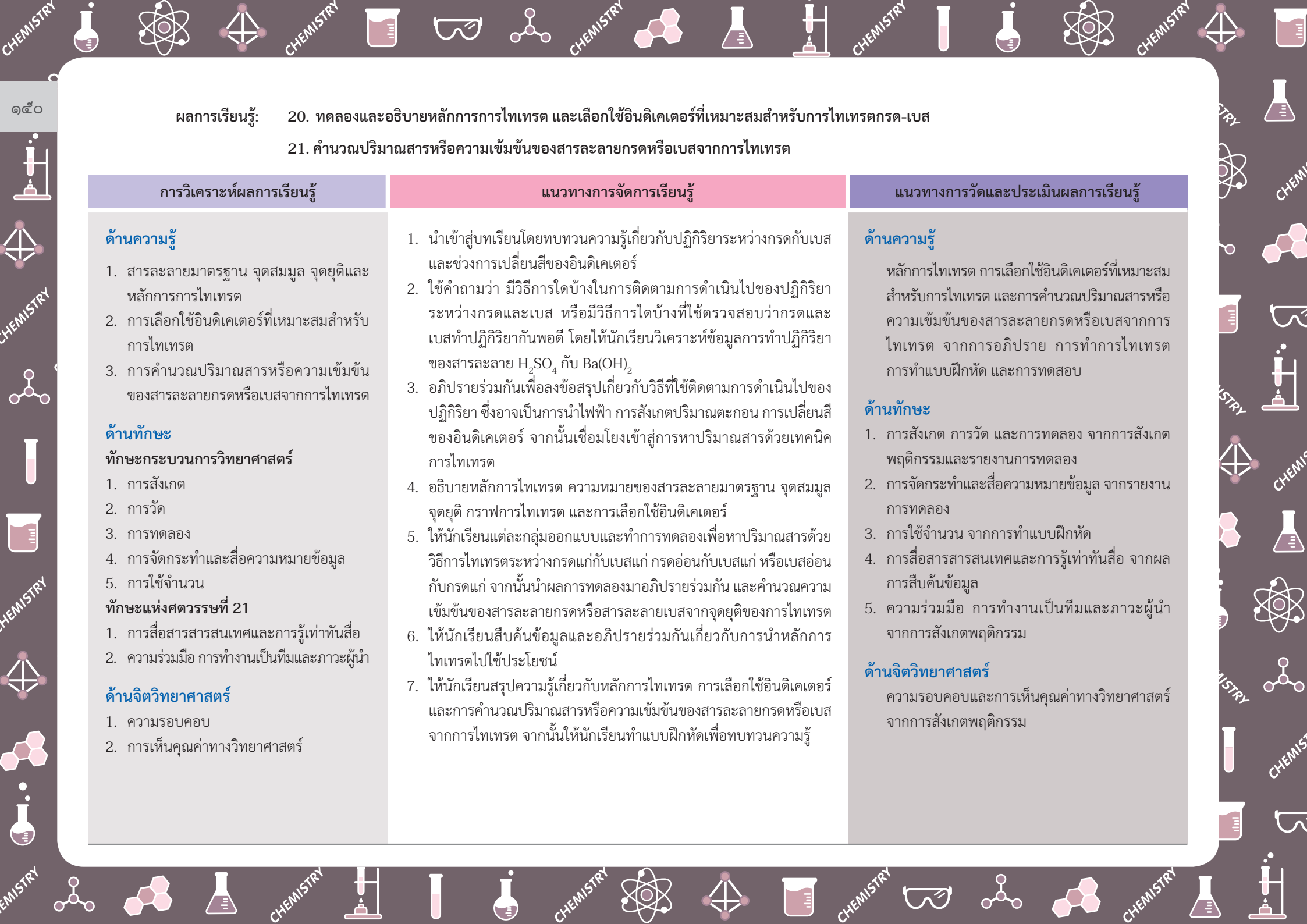
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ</li> <li>2. การคำนวณค่า pH ของสารละลายกรดและเบส</li> <li>3. การคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออน ของสารละลายกรดและเบส</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้จำนวน</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. ความรอบคอบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามว่า น้ำสามารถนำไฟฟ้าได้หรือไม่ เพราะเหตุใด เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การนำไฟฟ้าของน้ำบริสุทธิ์</li> <li>2. สาธิตหรือใช้วีดิทัศน์การทดสอบการนำไฟฟ้าของน้ำบริสุทธิ์ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า น้ำบริสุทธิ์นำไฟฟ้าได้น้อยมาก เนื่องจากน้ำบริสุทธิ์แตกตัวเป็นไอออนได้น้อยมาก แล้วเชื่อมโยงสู่ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออน</li> <li>3. สาธิตหรือใช้วีดิทัศน์การทดสอบการนำไฟฟ้าของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ จากนั้นใช้คำถามนำอภิปรายว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ และจะส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำอย่างไร เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า เมื่ออุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนไป ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำและค่า pH จะเปลี่ยนไปด้วย แต่อย่างน้อยมีสมบัติเป็นกลางเหมือนเดิม</li> <li>4. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนในน้ำ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การคำนวณค่า pH ของน้ำและสารละลายกรด-เบส</li> <li>5. ให้นักเรียนคำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนในสารละลายกรดและเบส จากตัวอย่างที่กำหนดให้</li> <li>6. ตรวจสอบคำตอบ แก้ไข และเน้นย้ำเพิ่มเติม กรณีที่ความเข้มข้นของไอออนจากการแตกตัวของกรดอ่อนหรือเบสอ่อนมีค่ามาก ต้องคำนวณโดยการแก้สมการกำลังสองสัมบูรณ์ และในกรณีที่ความเข้มข้นของกรดและเบสน้อยมากต้องคำนึงถึงไอออนที่ได้จากการแตกตัวของน้ำด้วย</li> <li>7. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับวิธีการคำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการคำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส จากการทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา และการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปราย</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้างและการใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรม</li> <li>2. ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol>

ผลการเรียนรู้ 18. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน

19. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส ปฏิกิริยาสะเทิน และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส</li> <li>2. การเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส ปฏิกิริยาสะเทิน และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส</li> <li>3. ความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดกับเบส เพื่อนำไปสู่การศึกษาปฏิกิริยาสะเทิน</li> <li>2. สาธิตกิจกรรมหรือทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่และเบสแก่ โดยนำกรดแก่และเบสแก่ที่มีความเข้มข้นเท่ากันมาทำปฏิกิริยากันแล้วให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ เขียนสมการเคมีเพื่ออธิบายและระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือที่เกิดขึ้น</li> <li>3. อภิปรายผลการทดลองเพื่อลงข้อสรุปร่วมกันว่า เมื่อกรดแก่และเบสแก่ทำปฏิกิริยากันได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือกับน้ำ ซึ่งน้ำที่เกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาสะเทินระหว่างไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออน โดยสารละลายเกลือที่เกิดขึ้นนั้นมีสมบัติเป็นกลาง</li> <li>4. ให้นักเรียนเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ กรดแก่กับเบสอ่อน เบสแก่กับกรดอ่อน และกรดอ่อนกับเบสอ่อน จากตัวอย่างที่กำหนดให้</li> <li>5. ใช้คำถามว่า ถ้านำกรดแก่กับเบสอ่อน หรือเบสแก่กับกรดอ่อนมาทำปฏิกิริยากัน สารละลายเกลือที่เกิดขึ้นมีสมบัติความเป็นกรด-เบสอย่างไร เพื่อเชื่อมโยงสู่ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส</li> <li>6. ให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อวัดค่า pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์</li> <li>7. อภิปรายผลการทดลองเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสและสมบัติความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ โดยเขียนสมการการแตกตัวในน้ำของเกลือแต่ละชนิดและปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส</li> <li>8. ให้นักเรียนระบุความเป็นกรด-เบส และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส จากตัวอย่างที่กำหนดให้</li> <li>9. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาสะเทินและปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส ปฏิกิริยาสะเทิน และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส การเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทินและปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ จากการอภิปราย รายงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต จากการสังเกตพฤติกรรมและรายงานการทดลอง</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้างและการใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรม</p>





ผลการเรียนรู้: 20. ทดลองและอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส

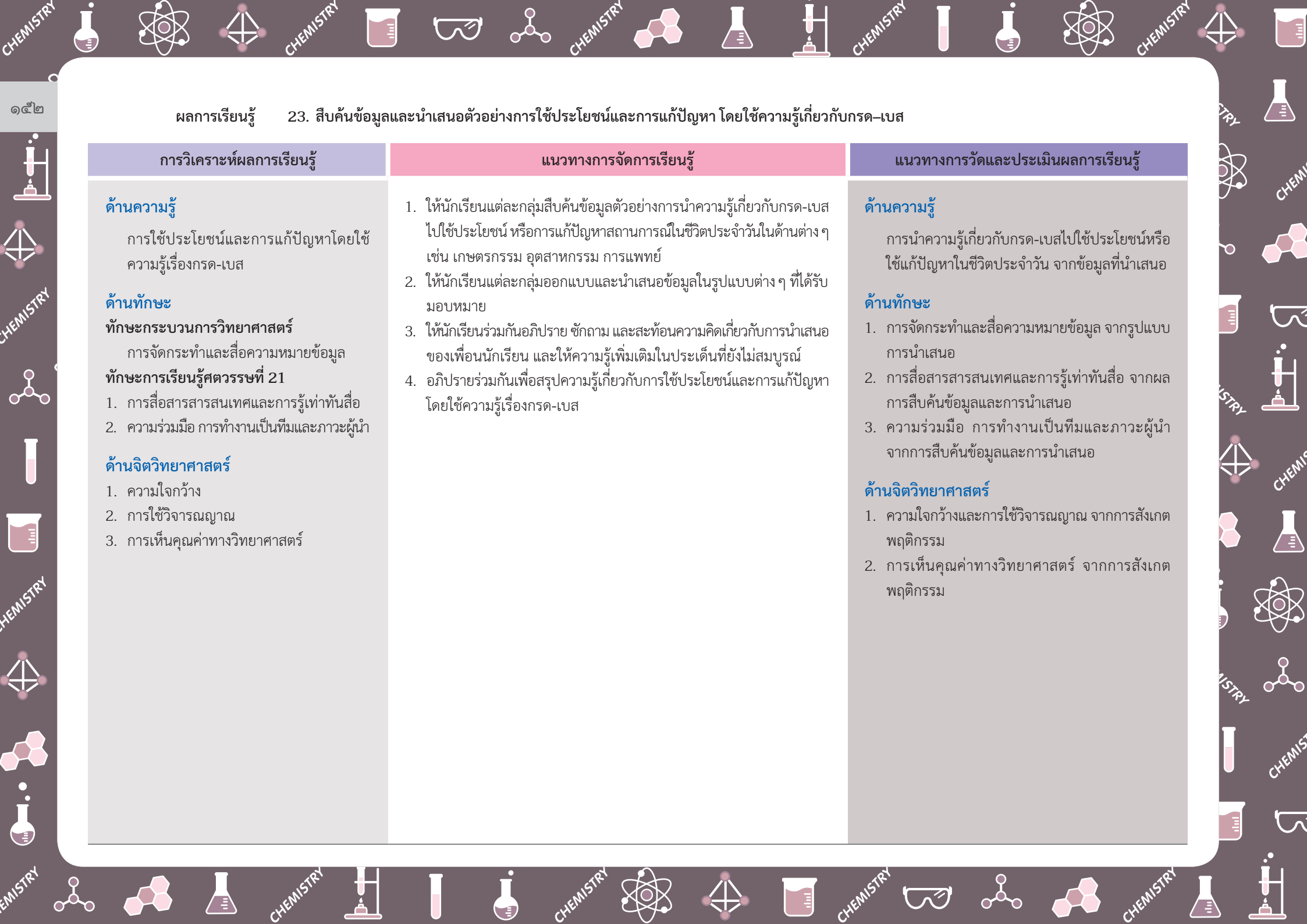
21. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. สารละลายมาตรฐาน จุดสมมูล จุดยุติและหลักการการไทเทรต</li> <li>2. การเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรต</li> <li>3. การคำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การวัด</li> <li>3. การทดลอง</li> <li>4. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</li> <li>5. การใช้จำนวน</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความรอบคอบ</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสและช่วงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์</li> <li>2. ใช้คำถามว่า มีวิธีการใดบ้างในการติดตามการดำเนินไปของปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส หรือมีวิธีการใดบ้างที่ใช้ตรวจสอบว่ากรดและเบสทำปฏิกิริยากันพอดี โดยให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลการทำปฏิกิริยาของสารละลาย <math>H_2SO_4</math> กับ <math>Ba(OH)_2</math></li> <li>3. อภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีที่ใช้ติดตามการดำเนินไปของปฏิกิริยา ซึ่งอาจเป็นการนำไฟฟ้า การสังเกตปริมาณตะกอน การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ จากนั้นเชื่อมโยงเข้าสู่การหาปริมาณสารด้วยเทคนิคการไทเทรต</li> <li>4. อธิบายหลักการไทเทรต ความหมายของสารละลายมาตรฐาน จุดสมมูล จุดยุติ กราฟการไทเทรต และการเลือกใช้อินดิเคเตอร์</li> <li>5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบและทำการทดลองเพื่อหาปริมาณสารด้วยวิธีการไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ กรดอ่อนกับเบสแก่ หรือเบสอ่อนกับกรดแก่ จากนั้นนำผลการทดลองมาอภิปรายร่วมกัน และคำนวณความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือสารละลายเบสจากจุดยุติของการไทเทรต</li> <li>6. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการนำหลักการไทเทรตไปใช้ประโยชน์</li> <li>7. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับหลักการไทเทรต การเลือกใช้อินดิเคเตอร์ และการคำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>หลักการไทเทรต การเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรต และการคำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต จากการอภิปราย การทำการไทเทรต การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต การวัด และการทดลอง จากการสังเกตพฤติกรรมและรายงานการทดลอง</li> <li>2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จากรายงานการทดลอง</li> <li>3. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>4. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูล</li> <li>5. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความรอบคอบและการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการสังเกตพฤติกรรม</p>



ผลการเรียนรู้ 22. อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> </ol> <p><b>ทักษะการเรียนรู้ศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยตั้งคำถามถึงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของสารละลายเมื่อเติมกรด เบส หรือน้ำ จากนั้นยกตัวอย่างสถานการณ์ที่แสดงถึงอันตรายหรือผลเสียจากการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของสารละลาย เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องสารละลายบัฟเฟอร์</li> <li>2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่า pH เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปใต้น้ำกลั่น และสารละลายบัฟเฟอร์</li> <li>3. อภิปรายและสรุปผลการทดสอบร่วมกัน เพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับองค์ประกอบและสมบัติของสารละลายบัฟเฟอร์ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับคูกรด-เบส และหลักของเลอชาเตอลิเอ</li> <li>4. ให้นักเรียนระบุว่าสารละลายใดเป็นบัฟเฟอร์ จากตัวอย่างต่างๆ ที่กำหนดให้</li> <li>5. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์ในธรรมชาติ แล้วนำมาอภิปรายร่วมกัน</li> <li>6. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์ จากนั้นให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์ จากการทำกิจกรรม การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต จากการสังเกตพฤติกรรม</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล จากการทำกิจกรรมและการอภิปราย</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูล</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p>



ผลการเรียนรู้ 23. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เรื่องกรด-เบส</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</p> <p><b>ทักษะการเรียนรู้ศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลตัวอย่างการนำความรู้เกี่ยวกับกรด-เบสไปใช้ประโยชน์ หรือการแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตประจำวันในด้านต่างๆ เช่น เกษตรกรรม อุตสาหกรรม การแพทย์</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ที่ได้รับมอบหมาย</li> <li>3. ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ชักถาม และสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำเสนอของเพื่อนนักเรียน และให้ความรู้เพิ่มเติมในประเด็นที่ยังไม่สมบูรณ์</li> <li>4. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เรื่องกรด-เบส</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การนำความรู้เกี่ยวกับกรด-เบสไปใช้ประโยชน์หรือใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน จากข้อมูลที่นำเสนอ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จากรูปแบบการนำเสนอ</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้างและการใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรม</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการสังเกตพฤติกรรม</li> </ol>

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ 24. คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

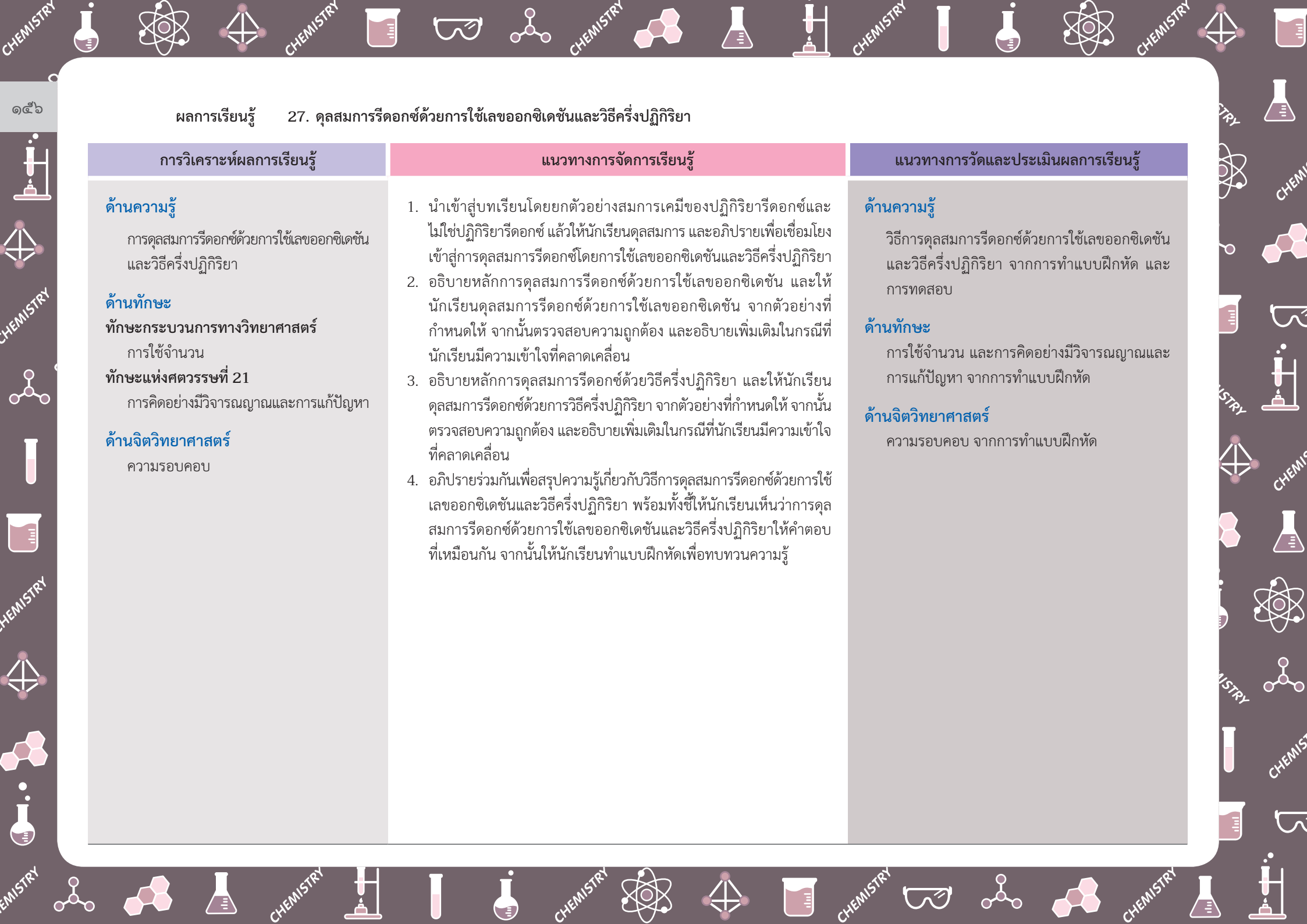
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. เลขออกซิเดชัน</li> <li>2. ปฏิกิริยารีดอกซ์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจำแนกประเภท</li> <li>2. การใช้จำนวน</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>-</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความรอบคอบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับเลขออกซิเดชัน เพื่อนำเข้าสู่ปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าที่เกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอน โดยพิจารณาได้จากการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน</li> <li>2. อธิบายเกี่ยวกับวิธีการหาเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบหรือไอออนแล้วให้นักเรียนคำนวณเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบหรือไอออนจากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>3. อภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุในปฏิกิริยาเคมี แล้วให้นักเรียนจำแนกปฏิกิริยารีดอกซ์และไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์จากการคำนวณเลขออกซิเดชัน</li> <li>4. ให้นักเรียนระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>5. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์ จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการคำนวณเลขออกซิเดชัน และปฏิกิริยารีดอกซ์ จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจำแนกประเภท จากการอภิปรายและการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> <li>2. ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol>

ผลการเรียนรู้ 25. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์</li> <li>2. ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>2. การจำแนกประเภท</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>-</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความรอบคอบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์ จากนั้นชี้ให้เห็นว่าในปฏิกิริยารีดอกซ์ ธาตุชนิดหนึ่งมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ในขณะที่ธาตุอีกชนิดหนึ่งมีเลขออกซิเดชันลดลง เพื่อนำเข้าสู่ตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์</li> <li>2. อธิบายเกี่ยวกับตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ และเชื่อมโยงเข้าสู่ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน และการเขียนสมการเคมีแสดงครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์</li> <li>3. ให้นักเรียนระบุครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน ตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดส์ และการเขียนสมการเคมีแสดงครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>4. ให้นักเรียนสรุปความรู้ซึ่งอาจอยู่ในรูปผังมโนทัศน์ และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดส์ ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน และการเขียนสมการเคมีแสดงครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>การลงความเห็นจากข้อมูลและการจำแนกประเภท จากการอภิปรายและการทำแบบฝึกหัด</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> <li>2. ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol>

ผลการเรียนรู้ 26. ทดลองและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การตั้งสมมติฐาน</li> <li>3. การทดลอง</li> <li>4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามนำว่า โลหะและไอออนของโลหะแต่ละชนิดมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ เหมือนหรือต่างกันอย่างไร เพื่อนำเข้าสู่การทดลอง</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐาน แล้วทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์</li> <li>3. ให้นักเรียนอภิปรายและสรุปผลการทดลองร่วมกันเกี่ยวกับความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ พร้อมทั้งเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์จากผลการทดลอง จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนลงข้อสรุปไม่ถูกต้อง</li> <li>4. ให้นักเรียนเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>5. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ จากการอภิปราย รายงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต การตั้งสมมติฐาน และการทดลอง จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลองและรายงานการทดลอง</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากรายงานการทดลอง</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> </ol>



ผลการเรียนรู้ 27. ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา

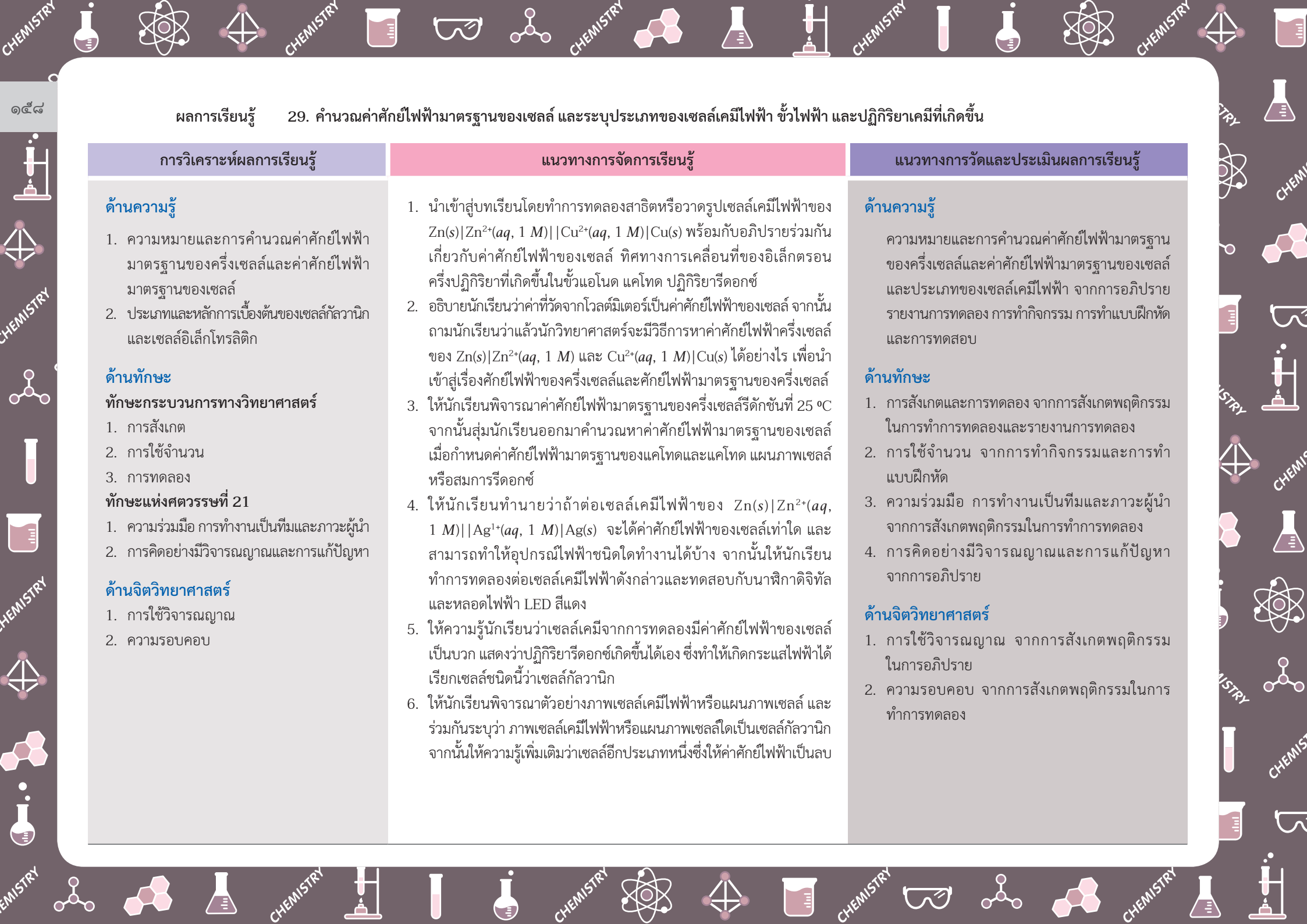
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การใช้จำนวน</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความรอบคอบ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างสมการเคมีของปฏิกิริยารีดอกซ์และไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์ แล้วให้นักเรียนดุลสมการ และอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา</li> <li>อธิบายหลักการดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชัน และให้นักเรียนดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชัน จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>อธิบายหลักการดุลสมการรีดอกซ์ด้วยวิธีครึ่งปฏิกิริยา และให้นักเรียนดุลสมการรีดอกซ์ด้วยวิธีครึ่งปฏิกิริยา จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับวิธีการดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา พร้อมทั้งชี้ให้นักเรียนเห็นว่าการดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยาให้คำตอบที่เหมือนกัน จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา จากการทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>การใช้จำนวน และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำแบบฝึกหัด</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</p>



ผลการเรียนรู้ 28. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>องค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า</li> <li>สมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด และปฏิกิริยารวม</li> <li>แผนภาพเซลล์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต</li> <li>การลงความเห็นจากข้อมูล</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การใช้วิจารณญาณ</li> <li>ความรอบคอบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างปฏิกิริยารีดอกซ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อนำเข้าสู่ปฏิกิริยารีดอกซ์ในเซลล์เคมีไฟฟ้า</li> <li>อธิบายองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และให้นักเรียนสังเกตองค์ประกอบและทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน จากภาพตัวอย่างเซลล์เคมีไฟฟ้าแบบต่างๆ จากนั้นอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า หน้าที่ของสะพานเกลือ และอธิบายเชื่อมโยงทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนกับการเกิดปฏิกิริยาที่แคโทดและแอโนด</li> <li>ให้นักเรียนเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่แอโนด แคโทด และปฏิกิริยารวม จากตัวอย่างเซลล์เคมีไฟฟ้าที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>อธิบายวิธีการเขียนแผนภาพเซลล์ที่แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลล์เคมีไฟฟ้า และให้นักเรียนเขียนแผนภาพเซลล์จากเซลล์เคมีไฟฟ้าที่กำหนดให้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนเขียนแผนภาพเซลล์ไม่ถูกต้อง</li> <li>ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า การเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์ แล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>องค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า การเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์ จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกตและการลงความเห็นจากข้อมูล จากการอภิปราย</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> <li>ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol>



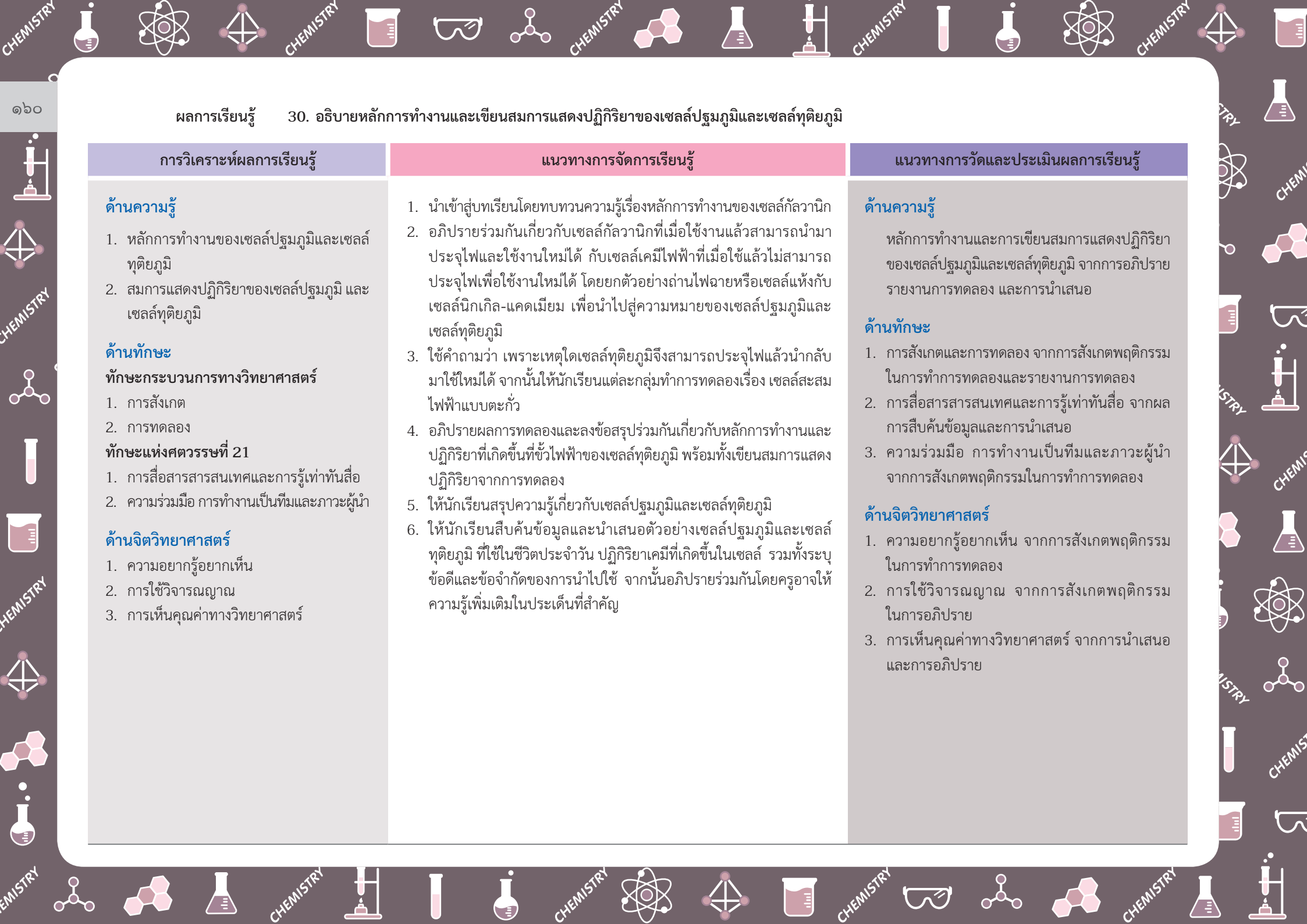


ผลการเรียนรู้ 29. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้า และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความหมายและการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์และค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์</li> <li>2. ประเภทและหลักการเบื้องต้นของเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรลิติก</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การใช้จำนวน</li> <li>3. การทดลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความรอบคอบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทำการทดลองสาธิตหรือวาดรูปเซลล์เคมีไฟฟ้าของ <math>Zn(s) Zn^{2+}(aq, 1 M)  Cu^{2+}(aq, 1 M) Cu(s)</math> พร้อมกับอธิบายร่วมกันเกี่ยวกับค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ ทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนครึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้วแอโนด แคโทด ปฏิกิริยารีดอกซ์</li> <li>2. อธิบายนักเรียนว่าค่าที่วัดจากโวลต์มิเตอร์เป็นค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ จากนั้นถามนักเรียนว่าแล้วนักวิทยาศาสตร์จะมีวิธีการหาค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ของ <math>Zn(s) Zn^{2+}(aq, 1 M)</math> และ <math>Cu^{2+}(aq, 1 M) Cu(s)</math> ได้อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่เรื่องศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์</li> <li>3. ให้นักเรียนพิจารณาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันที่ 25 °C จากนั้นสุ่มนักเรียนออกมาคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์เมื่อกำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของแคโทดและแอโนด แผนภาพเซลล์หรือสมการรีดอกซ์</li> <li>4. ให้นักเรียนทำนายว่าถ้าต่อเซลล์เคมีไฟฟ้าของ <math>Zn(s) Zn^{2+}(aq, 1 M)  Ag^+(aq, 1 M) Ag(s)</math> จะได้ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เท่าใด และสามารถทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดใดทำงานได้บ้าง จากนั้นให้นักเรียนทำการทดลองต่อเซลล์เคมีไฟฟ้าดังกล่าวและทดสอบกับนาฬิกาดิจิตอลและหลอดไฟฟ้า LED สีแดง</li> <li>5. ให้ความรู้แก่นักเรียนว่าเซลล์เคมีจากการทดลองมีค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้นได้เอง ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ เรียกเซลล์ชนิดนี้ว่าเซลล์กัลวานิก</li> <li>6. ให้นักเรียนพิจารณาตัวอย่างภาพเซลล์เคมีไฟฟ้าหรือแผนภาพเซลล์ และร่วมกันระบุว่า ภาพเซลล์เคมีไฟฟ้าหรือแผนภาพเซลล์ใดเป็นเซลล์กัลวานิก จากนั้นให้ความรู้เพิ่มเติมว่าเซลล์อีกประเภทหนึ่งซึ่งให้ค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ความหมายและการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์และค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า จากการอภิปราย รายงานการทดลอง การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกตและการทดลอง จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลองและรายงานการทดลอง</li> <li>2. การใช้จำนวน จากการทำกิจกรรมและการทำแบบฝึกหัด</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปราย</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> <li>2. ความรอบคอบ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol>



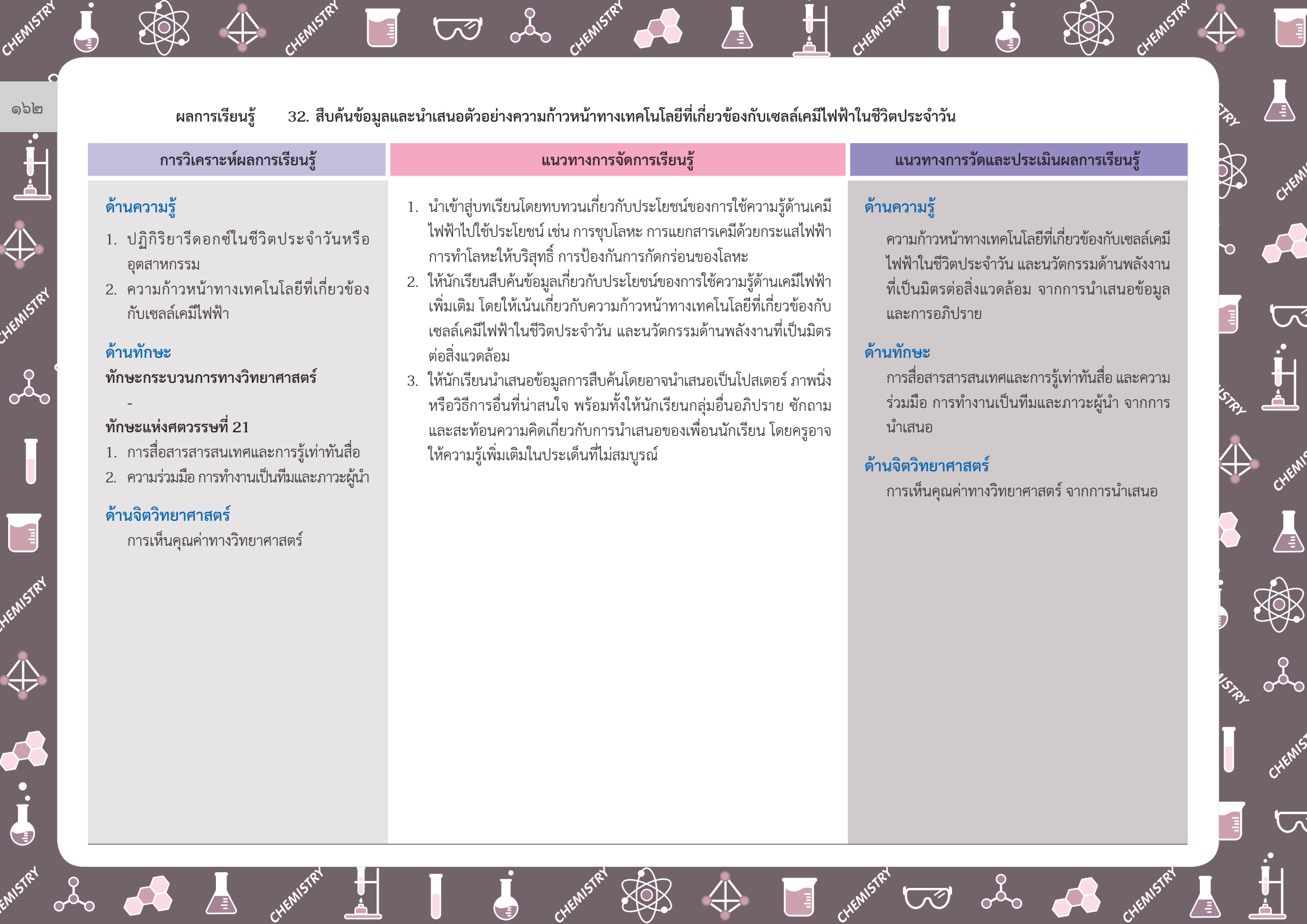
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>กล่าวคือปฏิกิริยาไม่สามารถเกิดขึ้นได้เอง ต้องให้กระแสไฟฟ้าจึงจะเกิดปฏิกิริยาได้ เรียกเซลล์ชนิดนี้ว่า เซลล์อิเล็กโทรลิติก ครูอาจให้นักเรียนดูคลิปวีดิทัศน์การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าเพื่อเป็นตัวอย่างประกอบการอธิบาย</p> <p>7. ให้นักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และครึ่งเซลล์ ความหมายและหลักการเบื้องต้นของเซลล์กัลวานิกและอิเล็กโทรลิติก</p>	



ผลการเรียนรู้ 30. อธิบายหลักการทำงานและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. หลักการทำงานของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ</li> <li>2. สมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิ และเซลล์ทุติยภูมิ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การทดลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เรื่องหลักการทำงานของเซลล์กัลวานิก</li> <li>2. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับเซลล์กัลวานิกที่เมื่อใช้งานแล้วสามารถนำมาประจุไฟและใช้งานใหม่ได้ กับเซลล์เคมีไฟฟ้าที่เมื่อใช้แล้วไม่สามารถประจุไฟเพื่อใช้งานใหม่ได้ โดยยกตัวอย่างถ่านไฟฉายหรือเซลล์แห้งกับเซลล์นิกเกิล-แคดเมียม เพื่อนำไปสู่ความหมายของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ</li> <li>3. ใช้คำถามว่า เพราะเหตุใดเซลล์ทุติยภูมิจึงสามารถประจุไฟแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเรื่อง เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว</li> <li>4. อภิปรายผลการทดลองและลงข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับหลักการทำงานและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าของเซลล์ทุติยภูมิ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาจากการทดลอง</li> <li>5. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ</li> <li>6. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์ รวมทั้งระบุข้อดีและข้อจำกัดของการนำไปใช้ จากนั้นอภิปรายร่วมกันโดยครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมในประเด็นที่สำคัญ</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>หลักการทำงานและการเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ จากการอภิปราย รายงานการทดลอง และการนำเสนอ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกตและการทดลอง จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลองและรายงานการทดลอง</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> <li>3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการนำเสนอและการอภิปราย</li> </ol>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า</li> <li>2. การชุบโลหะ</li> <li>3. การทำโลหะให้บริสุทธิ์</li> <li>4. การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การตั้งสมมติฐาน</li> <li>3. การทดลอง</li> <li>4. การกำหนดและควบคุมตัวแปร</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. ความมุ่งมั่นอดทน</li> <li>4. ความรอบคอบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับความหมายและหลักการทำงานเบื้องต้นและค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์อิเล็กโทรลิติก</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า จากสารเคมีและอุปกรณ์ที่กำหนดให้ โดยแต่ละกลุ่มอาจได้สารเคมีต่างกัน</li> <li>3. ตรวจสอบการออกแบบการทดลองของนักเรียน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้</li> <li>4. ให้นักเรียนนำเสนอ อภิปรายและสรุปผลการทดลอง จากนั้นสรุปเกี่ยวกับหลักการแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า</li> <li>5. อภิปรายผลการทดลองของนักเรียนกลุ่มที่สังเกตเห็นการเคลือบของโลหะที่ขั้วไฟฟ้า เพื่อประยุกต์หลักการแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้ามาใช้ในการชุบโลหะ ซึ่งอาจมีการยกตัวอย่างเพิ่มเติมเกี่ยวกับการชุบโลหะในชีวิตประจำวันหรือในอุตสาหกรรม</li> <li>6. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลองเกี่ยวกับการชุบโลหะจากสารเคมีและอุปกรณ์ที่กำหนดให้ โดยแต่ละกลุ่มอาจได้สารเคมีต่างกัน</li> <li>7. ตรวจสอบการออกแบบการทดลองของนักเรียน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้</li> <li>8. ให้นักเรียนนำเสนอ อภิปรายและสรุปผลการทดลอง จากนั้นสรุปเกี่ยวกับหลักการชุบโลหะ</li> <li>9. อธิบายเกี่ยวกับหลักการทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ</li> <li>10. อภิปรายเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับหลักการการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>หลักการแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การชุบโลหะ การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ จากรายงานการทดลอง การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต การตั้งสมมติฐาน การทดลอง และการกำหนดและควบคุมตัวแปร จากรายงานการทดลองและการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการออกแบบการทดลองและการอภิปราย</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>4. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น ความมุ่งมั่นอดทน และความรอบคอบ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> </ol>

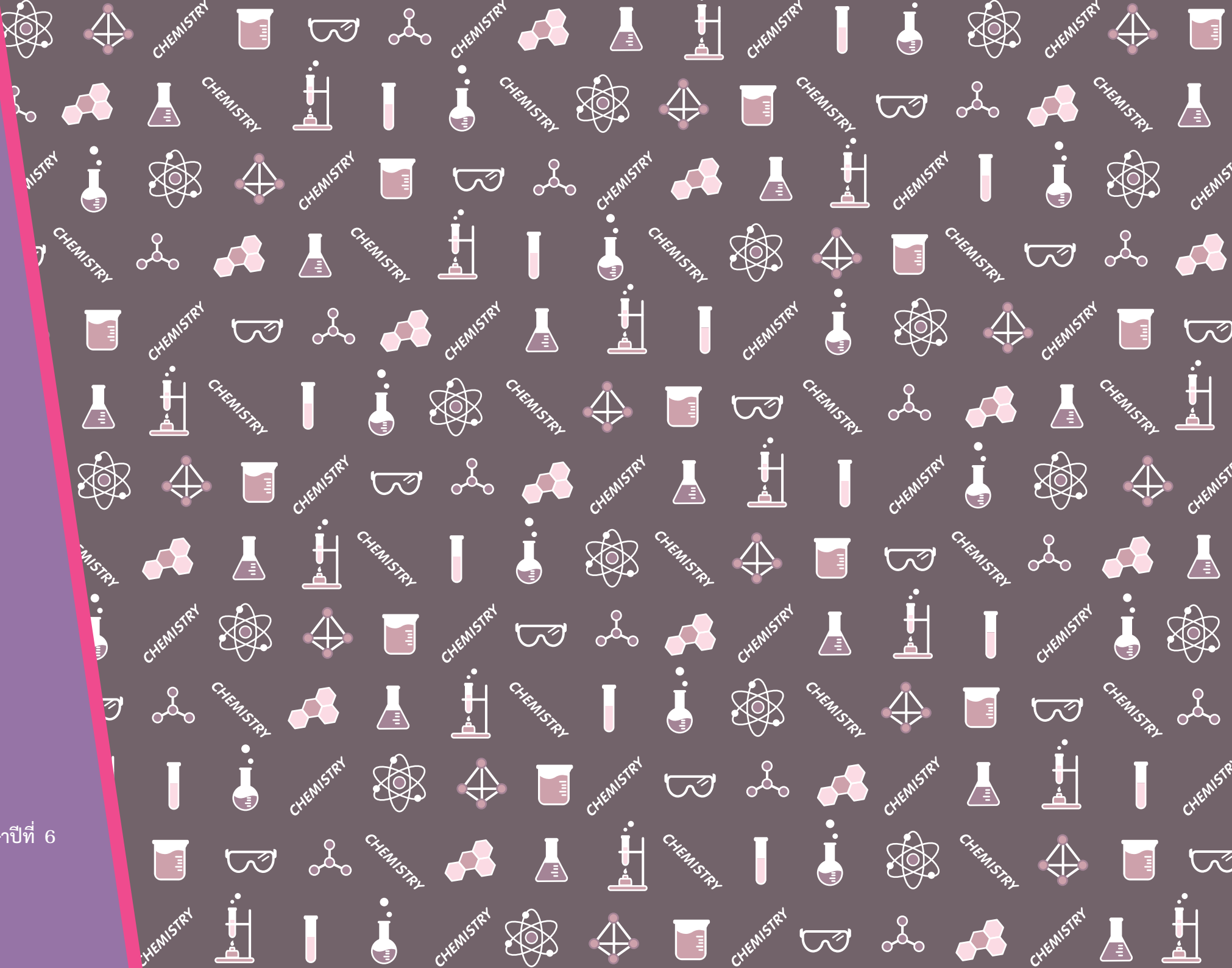


ผลการเรียนรู้ 32. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ปฏิบัติการรีดออกซิเจนในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม</li> <li>2. ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>-</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับประโยชน์ของการใช้ความรู้ด้านเคมีไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ เช่น การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ</li> <li>2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของการใช้ความรู้ด้านเคมีไฟฟ้าเพิ่มเติม โดยให้เน้นเกี่ยวกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน และนวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม</li> <li>3. ให้นักเรียนนำเสนอข้อมูลการสืบค้นโดยอาจนำเสนอเป็นโปสเตอร์ ภาพนิ่ง หรือวิธีการอื่นที่น่าสนใจ พร้อมทั้งให้นักเรียนกลุ่มอื่นอภิปราย ซักถาม และสะท้อนความคิดเกี่ยวกับการนำเสนอของเพื่อนนักเรียน โดยครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมในประเด็นที่ไม่สมบูรณ์</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน และนวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จากการนำเสนอข้อมูลและการอภิปราย</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการนำเสนอ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการนำเสนอ</p>









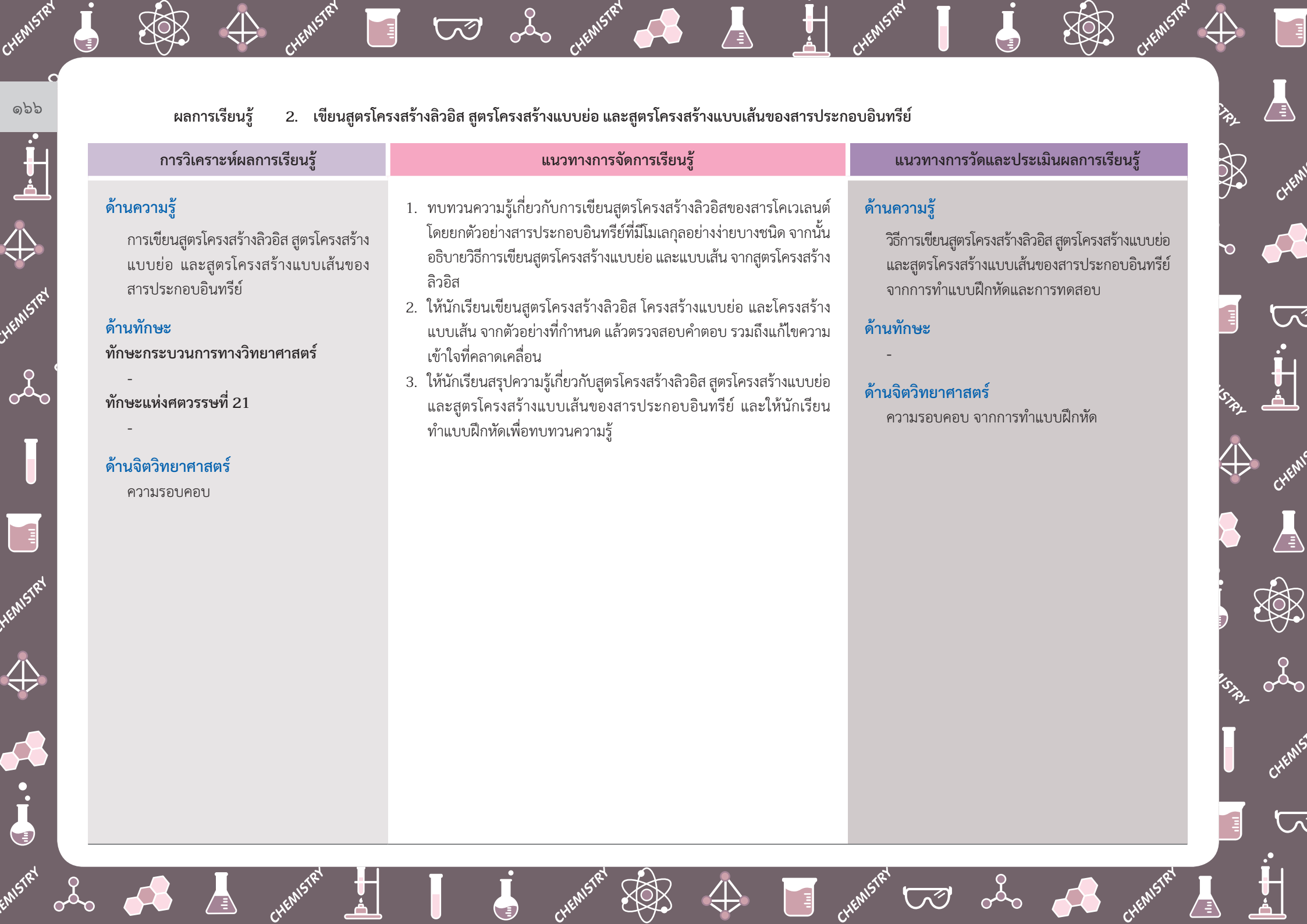
## ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

### สาระเคมี

- เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ 1. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม ที่พบในชีวิตประจำวัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความหมายของสารประกอบอินทรีย์</li> <li>2. ธาตุองค์ประกอบและพันธะเคมีในสารประกอบอินทรีย์</li> <li>3. ความหลากหลายของสารประกอบอินทรีย์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b> การลงความเห็นจากข้อมูล</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b> ความใจกว้าง</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนทราบความเป็นมาของสิ่งมีชีวิตที่เริ่มต้นจากสารประกอบอินทรีย์ และความหมายของสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งอาจใช้สื่อวีดิทัศน์ประกอบการอภิปราย</li> <li>2. ยกตัวอย่างโครงสร้างหรือสูตรเคมีของสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอินทรีย์แล้วอภิปรายร่วมกันและลงข้อสรุปถึงความแตกต่างระหว่างสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์</li> <li>3. ทบทวนเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ของธาตุคาร์บอนที่อาจเป็นได้ทั้งพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม</li> <li>4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม ที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเห็นตัวอย่างของสารประกอบอินทรีย์ที่หลากหลาย จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปว่า การที่สารประกอบอินทรีย์มีหลากหลาย เนื่องจากธาตุคาร์บอนสามารถสร้างพันธะได้ทั้งพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสามกับธาตุคาร์บอนหรือธาตุอื่นแบบโซ่หรือวงได้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ความหมาย ธาตุองค์ประกอบ พันธะเคมี และความหลากหลายของสารประกอบอินทรีย์ จากการอภิปราย และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การลงความเห็นจากข้อมูล จากการอภิปราย</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</p>

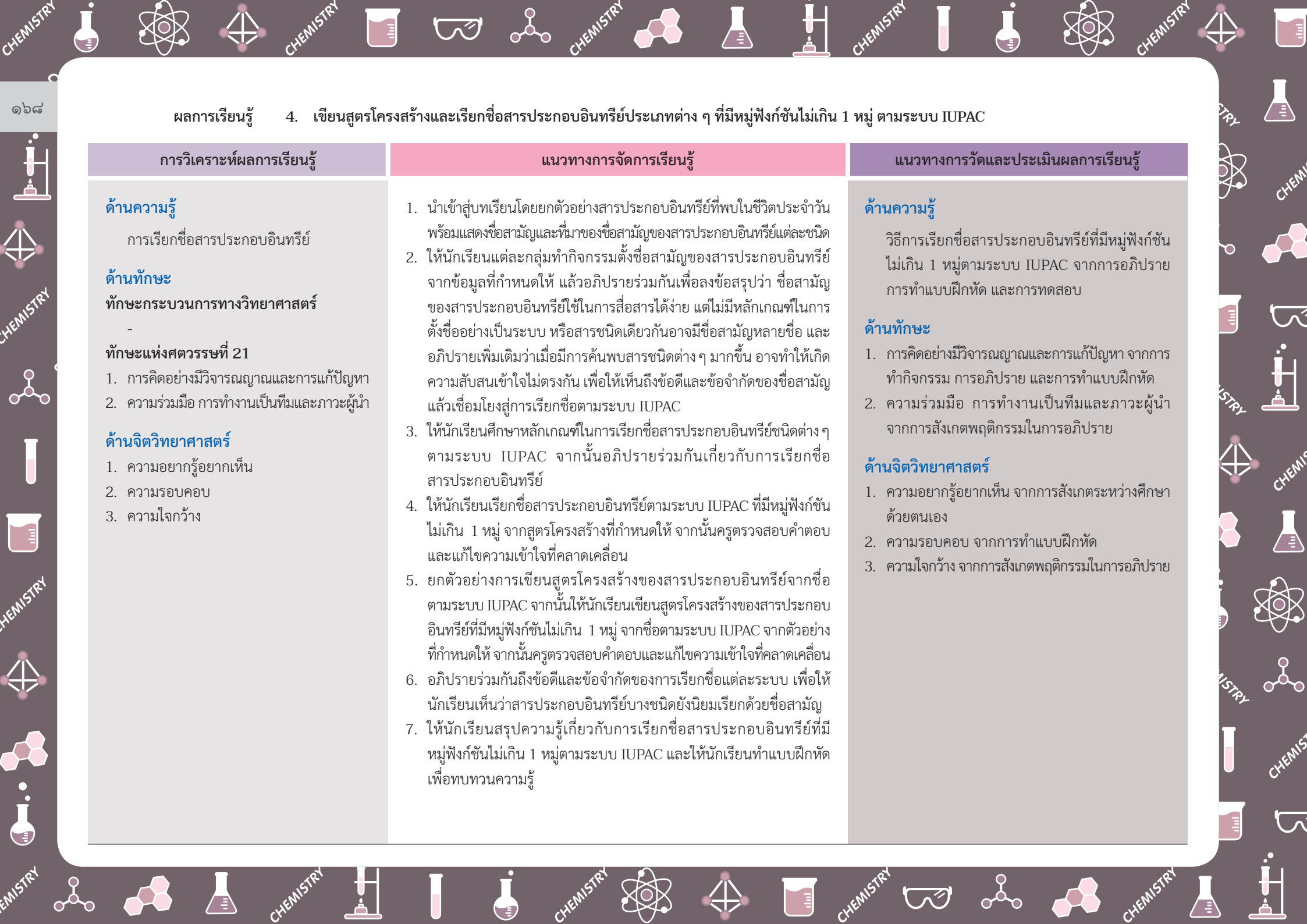


### ผลการเรียนรู้ 2. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <p>-</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความรอบคอบ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับการเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของสารโคเวเลนต์ โดยยกตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลอย่างง่ายบางชนิด จากนั้นอธิบายวิธีการเขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อ และแบบเส้น จากสูตรโครงสร้างลิวอิส</li> <li>2. ให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส โครงสร้างแบบย่อ และโครงสร้างแบบเส้น จากตัวอย่างที่กำหนด แล้วตรวจสอบคำตอบ รวมถึงแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>3. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์ และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์ จากการทำแบบฝึกหัดและการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>-</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</p>

ผลการเรียนรู้ 3. วิเคราะห์โครงสร้าง และระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ประเภทและหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจำแนกประเภท</li> <li>2. การทดลอง</li> <li>3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความซื่อสัตย์</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนพิจารณาสารตัวอย่างที่มีลักษณะที่ปรากฏเหมือนกัน แล้วใช้คำถามว่าสารตัวอย่างเป็นสารเดียวกันหรือไม่ ทราบได้อย่างไร</li> <li>2. ให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อจัดกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ตัวอย่าง โดยใช้การละลายน้ำ การทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์บอเนตอิมตัว และสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต โดยครูใช้สารประกอบอินทรีย์ตัวอย่างที่มีสถานะเป็นของเหลวใส ที่เป็นทั้งแอลเคน แอลคีน แอลกอฮอล์ และกรดอินทรีย์ ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กอย่างละ 2 ชนิด</li> <li>3. อภิปรายผลการทดลองร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปว่า สารประกอบอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมีสมบัติต่างกัน สามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม จากนั้นครูแสดงสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง แล้วให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปว่า สารประกอบอินทรีย์แต่ละชนิดมีส่วนที่เป็นหมู่ฟังก์ชันซึ่งเป็นอะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะตัว ซึ่งจากการทดลองหมู่ฟังก์ชันส่งผลต่อสมบัติของสาร ดังนั้นสารที่มีหมู่ฟังก์ชันเหมือนกันจึงมีสมบัติคล้ายกัน</li> <li>4. อธิบายเกี่ยวกับประเภทและหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลเคน แอลคีน แอลคีน อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ อีเทอร์ เอมีน แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และเอไมด์ จากนั้นให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ในชีวิตประจำวัน</li> <li>5. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับการระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์ โดยพิจารณาจากหมู่ฟังก์ชันของสาร และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ประเภทและหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจำแนกประเภท จากการทดลอง การทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การทดลอง จากรายงานการทดลองและการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปราย</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความซื่อสัตย์ จากรายงานการทดลอง</p>



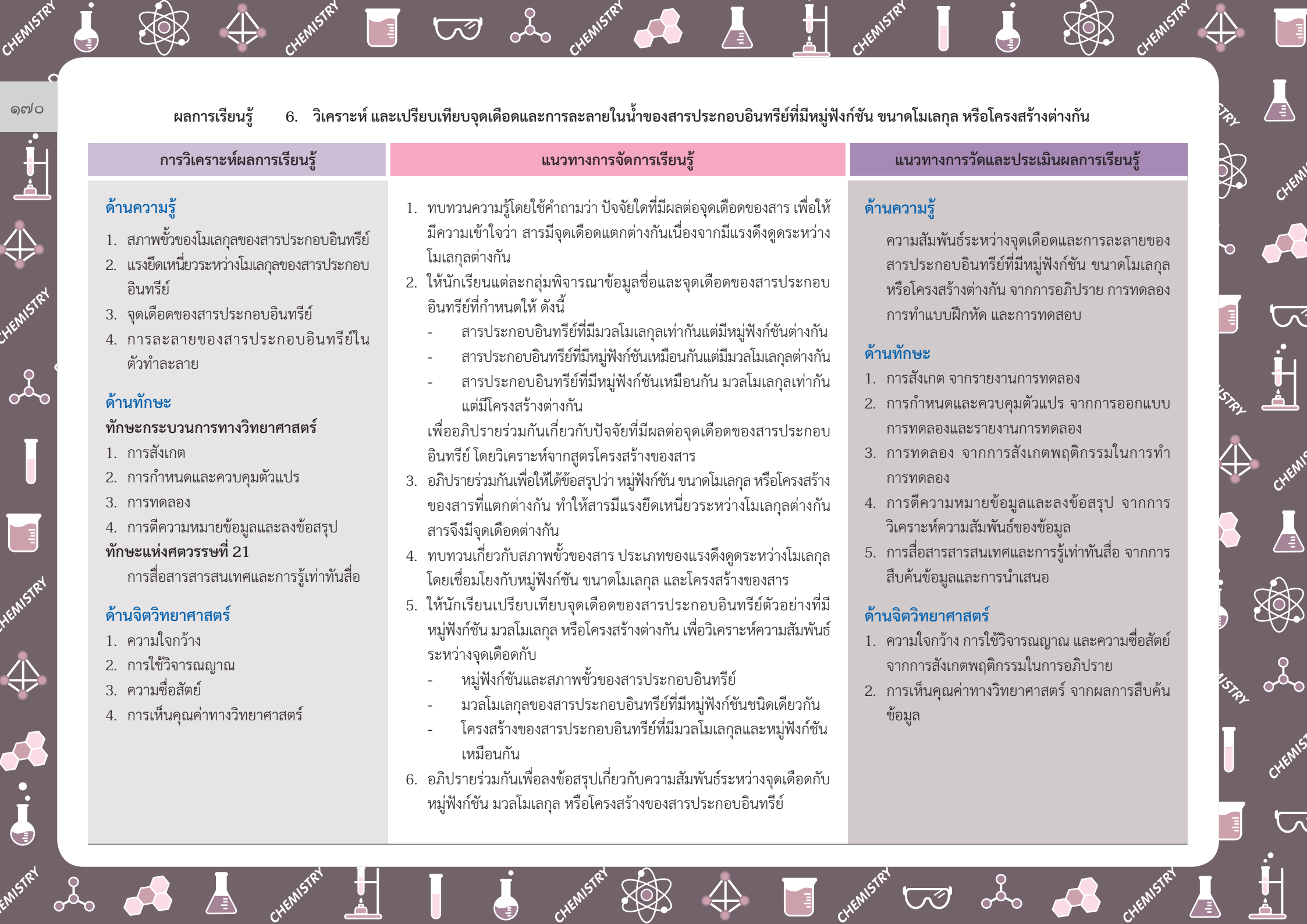
ผลการเรียนรู้ 4. เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ ตามระบบ IUPAC

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. ความรอบคอบ</li> <li>3. ความใจกว้าง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่พบในชีวิตประจำวัน พร้อมแสดงชื่อสามัญและที่มาของชื่อสามัญของสารประกอบอินทรีย์แต่ละชนิด</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมตั้งชื่อสามัญของสารประกอบอินทรีย์ จากข้อมูลที่กำหนดให้ แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปว่า ชื่อสามัญของสารประกอบอินทรีย์ใช้ในการสื่อสารได้ง่าย แต่ไม่มีหลักเกณฑ์ในการตั้งชื่ออย่างเป็นระบบ หรือสารชนิดเดียวกันอาจมีชื่อสามัญหลายชื่อ และอภิปรายเพิ่มเติมว่าเมื่อมีการค้นพบสารชนิดต่าง ๆ มากขึ้น อาจทำให้เกิดความสับสนเข้าใจไม่ตรงกัน เพื่อให้เห็นถึงข้อดีและข้อจำกัดของชื่อสามัญ แล้วเชื่อมโยงสู่การเรียกชื่อตามระบบ IUPAC</li> <li>3. ให้นักเรียนศึกษาหลักเกณฑ์ในการเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ ตามระบบ IUPAC จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์</li> <li>4. ให้นักเรียนเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ตามระบบ IUPAC ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ จากสูตรโครงสร้างที่กำหนดให้ จากนั้นครูตรวจสอบคำตอบ และแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>5. ยกตัวอย่างการเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์จากชื่อตามระบบ IUPAC จากนั้นให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ จากชื่อตามระบบ IUPAC จากตัวอย่างที่กำหนดให้ จากนั้นครูตรวจสอบคำตอบและแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>6. อภิปรายร่วมกันถึงข้อดีและข้อจำกัดของการเรียกชื่อแต่ละระบบ เพื่อให้ นักเรียนเห็นว่าสารประกอบอินทรีย์บางชนิดยังนิยมเรียกด้วยชื่อสามัญ</li> <li>7. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับการเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ตามระบบ IUPAC และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด เพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ตามระบบ IUPAC จากการทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำกิจกรรม การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำแบบฝึกหัดและการอภิปราย</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น จากการทำแบบฝึกหัดด้วยตนเอง</li> <li>2. ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</li> <li>3. ความใจกว้าง จากการทำแบบฝึกหัดและการอภิปราย</li> </ol>

ผลการเรียนรู้ 5. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ไอโซเมอร์ซิม</li> <li>ไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b> การลงความเห็นจากข้อมูล</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b> การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b> ความรอบคอบ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสมบัติต่างกัน ซึ่งตัวอย่างอาจเป็นสารที่มีหมู่ฟังก์ชันเหมือนกัน แต่มีโครงสร้างต่างกัน และสารที่มีหมู่ฟังก์ชันต่างกัน จากนั้นใช้คำถามว่า เพราะเหตุใดสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันจึงมีสมบัติต่างกัน</li> <li>ให้นักเรียนเขียนโครงสร้างที่เป็นไปได้จากสูตรโมเลกุลของสารตัวอย่าง แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปว่า สารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสมบัติต่างกันเนื่องมาจากสารมีโครงสร้างหรือหมู่ฟังก์ชันต่างกัน จากนั้นครูให้คำจำกัดความของปรากฏการณ์ไอโซเมอร์ซิมและไอโซเมอร์โครงสร้าง</li> <li>อธิบายวิธีการเขียนไอโซเมอร์โครงสร้างจากสูตรโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งมีทั้งสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว สารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว หรือสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันอื่น</li> <li>ให้นักเรียนเขียนไอโซเมอร์โครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมด จากตัวอย่างที่กำหนดให้ และแนะนำวิธีที่ช่วยในการตรวจสอบว่าสูตรโครงสร้างของไอโซเมอร์ที่เขียนได้ซ้ำกันหรือไม่ เช่น พิจารณาจากการเรียกชื่อตามระบบ IUPAC จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องร่วมกัน และแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับไอโซเมอร์โครงสร้างและการเขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ไอโซเมอร์ซิม และการเขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การลงความเห็นจากข้อมูล จากการอภิปราย</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำแบบฝึกหัด</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด</p>





### ผลการเรียนรู้ 6. วิเคราะห์ และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. สภาพขั้วของโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์</li> <li>2. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์</li> <li>3. จุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์</li> <li>4. การละลายของสารประกอบอินทรีย์ในตัวทำละลาย</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร</li> <li>3. การทดลอง</li> <li>4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. ความซื่อสัตย์</li> <li>4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทบทวนความรู้โดยใช้คำถามว่า ปัจจัยใดที่มีผลต่อจุดเดือดของสาร เพื่อให้มีความเข้าใจว่า สารมีจุดเดือดแตกต่างกันเนื่องจากมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลต่างกัน</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มพิจารณาข้อมูลชื่อและจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ที่กำหนดให้ ดังนี้             <ul style="list-style-type: none"> <li>- สารประกอบอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลเท่ากันแต่มีหมู่ฟังก์ชันต่างกัน</li> <li>- สารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเหมือนกันแต่มีมวลโมเลกุลต่างกัน</li> <li>- สารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเหมือนกัน มวลโมเลกุลเท่ากัน แต่มีโครงสร้างต่างกัน</li> </ul>             เพื่ออภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ โดยวิเคราะห์จากสูตรโครงสร้างของสาร</li> <li>3. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า หมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างของสารที่แตกต่างกัน ทำให้สารมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลต่างกัน สารจึงมีจุดเดือดต่างกัน</li> <li>4. ทบทวนเกี่ยวกับสภาพขั้วของสาร ประเภทของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล โดยเชื่อมโยงกับหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล และโครงสร้างของสาร</li> <li>5. ให้นักเรียนเปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ตัวอย่างที่มีหมู่ฟังก์ชัน มวลโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดกับ             <ul style="list-style-type: none"> <li>- หมู่ฟังก์ชันและสภาพขั้วของสารประกอบอินทรีย์</li> <li>- มวลโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันชนิดเดียวกัน</li> <li>- โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลและหมู่ฟังก์ชันเหมือนกัน</li> </ul> </li> <li>6. อภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดกับหมู่ฟังก์ชัน มวลโมเลกุล หรือโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดและการละลายของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน จากการอภิปราย การทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต จากรายงานการทดลอง</li> <li>2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร จากการออกแบบการทดลองและรายงานการทดลอง</li> <li>3. การทดลอง จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล</li> <li>5. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง การใช้วิจารณญาณ และความซื่อสัตย์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากผลการสืบค้นข้อมูล</li> </ol>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

7. ใช้คำถามว่า หมู่ฟังก์ชัน มวลโมเลกุล และโครงสร้างของสาร มีผลต่อจุดเดือดแล้ว ยังมีผลต่อสมบัติการละลายในน้ำของสารหรือไม่ อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่การศึกษาสมบัติการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์
8. ให้นักเรียนออกแบบและทำการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติการละลายของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ ในน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ
9. อภิปรายผลการทดลองร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปว่า สารประกอบอินทรีย์สามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นไปตามกฎ "Like dissolves like"
10. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและนำเสนอเกี่ยวกับตัวทำละลายอินทรีย์และหลักการละลายของสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน
11. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับจุดเดือดและสมบัติการละลายของสารประกอบอินทรีย์ และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้





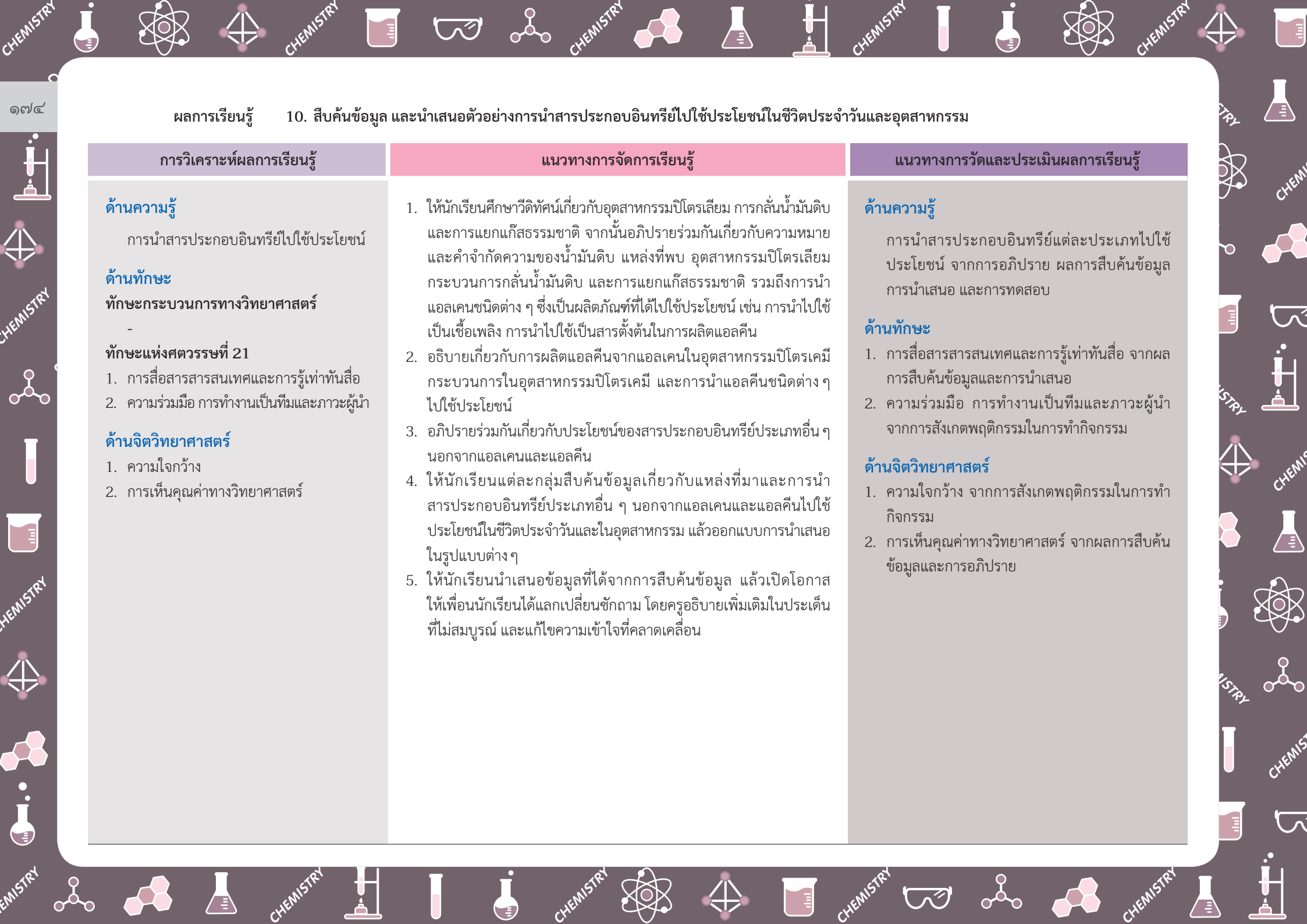
ผลการเรียนรู้ 7. ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและเขียนผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน หรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน</li> <li>2. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน</li> <li>3. ปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน</li> <li>4. ปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การจำแนกประเภท</li> <li>3. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>4. การทดลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนพิจารณาธาตุองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ จากนั้นครูให้คำจำกัดความของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยสารประเภทแอลเคน แอลคีน แอลคyne และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน</li> <li>2. ทบทวนเกี่ยวกับการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์เพื่อเชื่อมโยงกับการละลายน้ำของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน</li> <li>3. ให้นักเรียนวิเคราะห์โครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้ง 4 ประเภทแล้วใช้คำถามว่า เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี จะได้ผลเหมือนหรือต่างกันหรือไม่อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่การทดลอง</li> <li>4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีน และปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยครูอาจให้ข้อมูลผลการทดลองเพิ่มเติมในกรณีที่ไม่สามารถทำการทดลองได้</li> <li>5. อภิปรายผลการทดลองร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแต่ละประเภท และอภิปรายเชื่อมโยงเกี่ยวกับโครงสร้างของสารกับการเกิดปฏิกิริยา จากนั้นให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว</li> <li>6. ให้นักเรียนระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยทำการทดลองหรือใช้ข้อมูลที่กำหนดให้</li> <li>7. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การทำปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแต่ละประเภท จากการอภิปราย การทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต จากรายงานการทดลอง</li> <li>2. การจำแนกประเภท จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด</li> <li>3. การลงความเห็นจากข้อมูล จากการอภิปรายผลการทดลอง</li> <li>4. การทดลอง และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ จากการอภิปราย</li> <li>2. ความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> </ol>



- ผลการเรียนรู้ 8. เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน
9. ทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน</li> <li>ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์</li> <li>ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส</li> <li>ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การทดลอง</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความรอบคอบ</li> <li>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ทบทวนความรู้เกี่ยวกับประเภทและหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุอื่นเป็นองค์ประกอบ</li> <li>ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและนำเสนอเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสและปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน รวมถึงการเขียนสมการเคมีเพื่อแสดงปฏิกิริยา และประโยชน์ของปฏิกิริยา</li> <li>อภิปรายร่วมกันถึงการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเขียนสมการเคมีที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล และแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสและปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน จากนั้นอภิปรายและสรุปผลการทดลองร่วมกัน</li> <li>ให้นักเรียนเขียนสมการและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน จากตัวอย่างที่กำหนดให้</li> <li>ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุอื่นเป็นองค์ประกอบรวมถึงการเขียนสมการเคมี และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การเขียนสมการและการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน จากผลการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย รายงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การทดลอง และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ จากรายงานการทดลองและการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความรอบคอบ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง</li> <li>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากผลการสืบค้นข้อมูล</li> </ol>

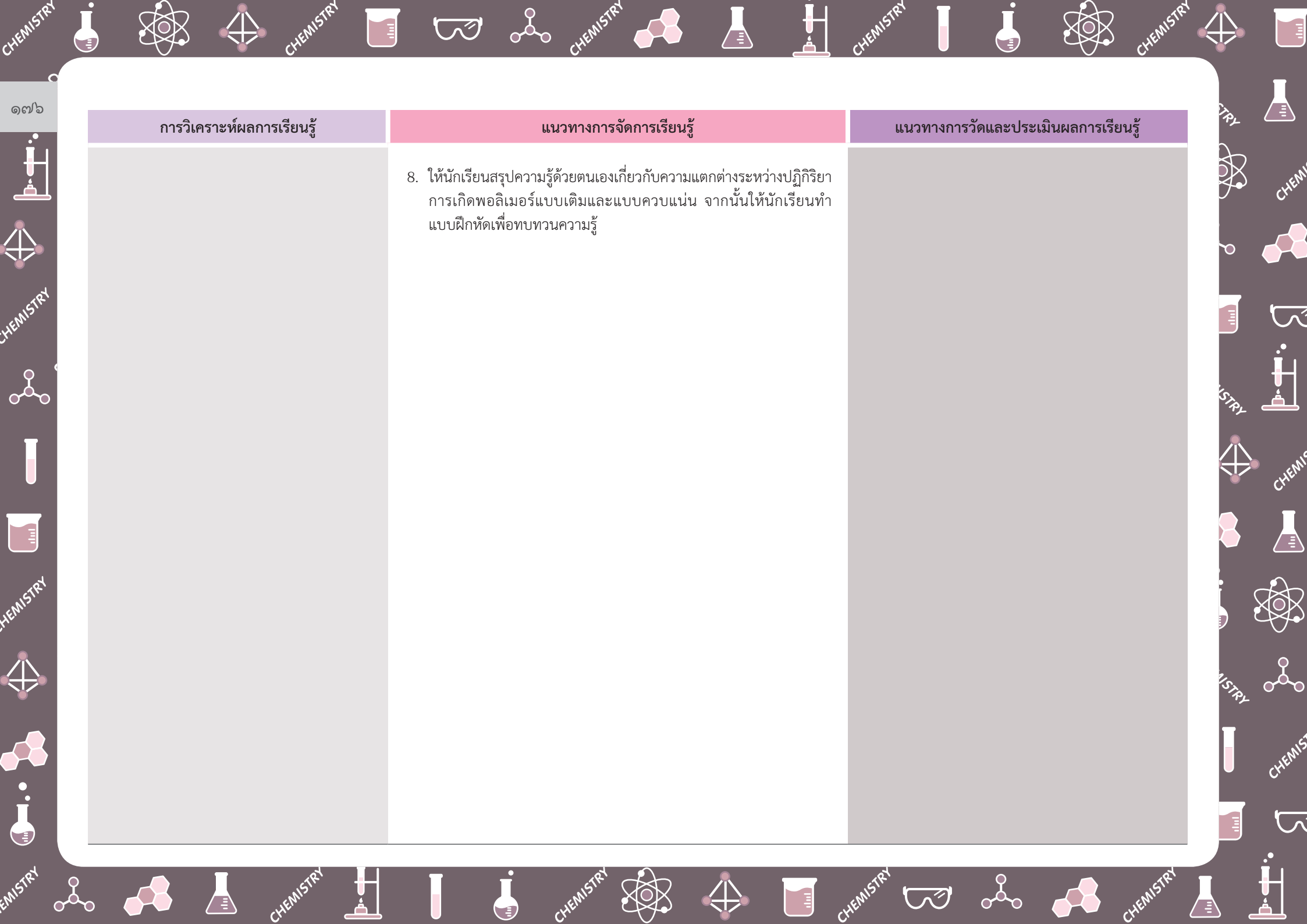


### ผลการเรียนรู้ 10. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ให้นักเรียนศึกษาชีวิตที่ค้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมปิโตรเลียม การกลั่นน้ำมันดิบ และการแยกแก๊สธรรมชาติ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความหมายและคำจำกัดความของน้ำมันดิบ แหล่งที่พบ อุตสาหกรรมปิโตรเลียม กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ และการแยกแก๊สธรรมชาติ รวมถึงการนำแอลเคนชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ เช่น การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง การนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตแอลคีน</li> <li>2. อธิบายเกี่ยวกับการผลิตแอลคีนจากแอลเคนในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี กระบวนการในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และการนำแอลคีนชนิดต่าง ๆ ไปใช้ประโยชน์</li> <li>3. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับประโยชน์ของสารประกอบอินทรีย์ประเภทอื่น ๆ นอกจากแอลเคนและแอลคีน</li> <li>4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งที่มาและการนำสารประกอบอินทรีย์ประเภทอื่น ๆ นอกจากแอลเคนและแอลคีนไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม แล้วออกแบบการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ</li> <li>5. ให้นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล แล้วเปิดโอกาสให้เพื่อนนักเรียนได้แลกเปลี่ยนซักถาม โดยครูอธิบายเพิ่มเติมในประเด็นที่ไม่สมบูรณ์ และแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การนำสารประกอบอินทรีย์แต่ละประเภทไปใช้ประโยชน์ จากการอภิปราย ผลการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากผลการสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย</li> </ol>

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
- ผลการเรียนรู้ 11. ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความหมายของพอลิเมอร์และมอนอเมอร์</li> <li>2. ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมและแบบควบแน่น</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจำแนกประเภท</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้าง</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการตรวจสอบความรู้เกี่ยวกับพอลิเมอร์ซึ่งอาจใช้คำถามหรือให้นักเรียนยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่พบในชีวิตประจำวันและกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในการศึกษาเกี่ยวกับพอลิเมอร์</li> <li>2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อให้เข้าใจความหมายของพอลิเมอร์และมอนอเมอร์ โดยอาจใช้การต่อลวดเสียบกระดาษเข้าด้วยกัน จากนั้นอภิปรายร่วมกันและลงข้อสรุปว่า พอลิเมอร์คือสารโมเลกุลขนาดใหญ่ที่เกิดจากมอนอเมอร์เชื่อมต่อกัน</li> <li>3. ให้นักเรียนพิจารณารูปภาพหรือผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์บางชนิด เช่น ขวดน้ำ เสื้อผ้า ยางพารา ท่อพีวีซี และใช้คำถามว่าผลิตภัณฑ์ใดเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติหรือพอลิเมอร์สังเคราะห์ แล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการจำแนกพอลิเมอร์โดยใช้แหล่งกำเนิดเป็นเกณฑ์</li> <li>4. ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนว่า ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์เกิดขึ้นได้อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์</li> <li>5. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อศึกษาปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์โดยใช้บทบาทสมมุติ จากนั้นอภิปรายและลงข้อสรุปเกี่ยวกับปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมและแบบควบแน่น</li> <li>6. อภิปรายร่วมกัน เพื่อระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมและแบบควบแน่น โดยพิจารณาจากสูตรโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์ จากนั้นตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยให้ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากตัวอย่างที่กำหนดให้และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</li> <li>7. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับชนิดของพอลิเมอร์จากสูตรโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมและแบบควบแน่น เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับหน่วยซ้ำ พอลิเมอร์เอกพันธ์และพอลิเมอร์ร่วม</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ความหมายของพอลิเมอร์ มอนอเมอร์ ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมและแบบควบแน่น จากการทำกิจกรรม การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจำแนกประเภท จากการทำกิจกรรมและการทำแบบฝึกหัด</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล จากการทำกิจกรรม</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการทำกิจกรรมและการสรุปความรู้</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรมสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้าง จากการทำกิจกรรมสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</p>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>8. ให้นักเรียนสรุปความรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมและแบบควบแน่น จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</p>	

ผลการเรียนรู้ 12. วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. โครงสร้างของพอลิเมอร์</li> <li>2. ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ และการนำไปใช้ประโยชน์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจำแนกประเภท</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> <li>3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามว่า เพราะเหตุใดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์จึงมีสมบัติแตกต่างกัน เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมการศึกษาโครงสร้างของพอลิเมอร์</li> <li>2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อศึกษาโครงสร้างพอลิเมอร์ โดยการต่อลวดเสียบกระดาษเพื่อแสดงโครงสร้างของพอลิเมอร์ 3 แบบ คือ พอลิเมอร์แบบเส้น พอลิเมอร์แบบกิ่ง และพอลิเมอร์แบบร่างแห จากนั้นเปรียบเทียบการจัดเรียงตัวของสายโซ่ของโครงสร้างแต่ละแบบ แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า โครงสร้างแต่ละแบบมีการจัดเรียงตัวของสายโซ่ของสายโซ่พอลิเมอร์แตกต่างกัน</li> <li>3. ใช้คำถามว่า โครงสร้างและการจัดเรียงตัวของสายโซ่พอลิเมอร์มีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์อย่างไร เพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่พบในชีวิตประจำวัน พร้อมระบุชื่อพอลิเมอร์ มอนอเมอร์ โครงสร้างและการจัดเรียงตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ และสมบัติของพอลิเมอร์ เช่น จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น ความเปราะ ความเหนียว ความยืดหยุ่น รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์</li> <li>4. ให้นักเรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูล จากนั้นอภิปรายร่วมกัน เพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ โดยครูอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน</li> <li>5. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>โครงสร้างของพอลิเมอร์ ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ และการนำไปใช้ประโยชน์ จากการอภิปราย ผลงานการสืบค้นข้อมูล การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจำแนกประเภทและการลงความเห็นจากข้อมูล จากการทำกิจกรรมและการอภิปราย</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปราย</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลงานการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็นและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากผลงานการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</li> </ol>



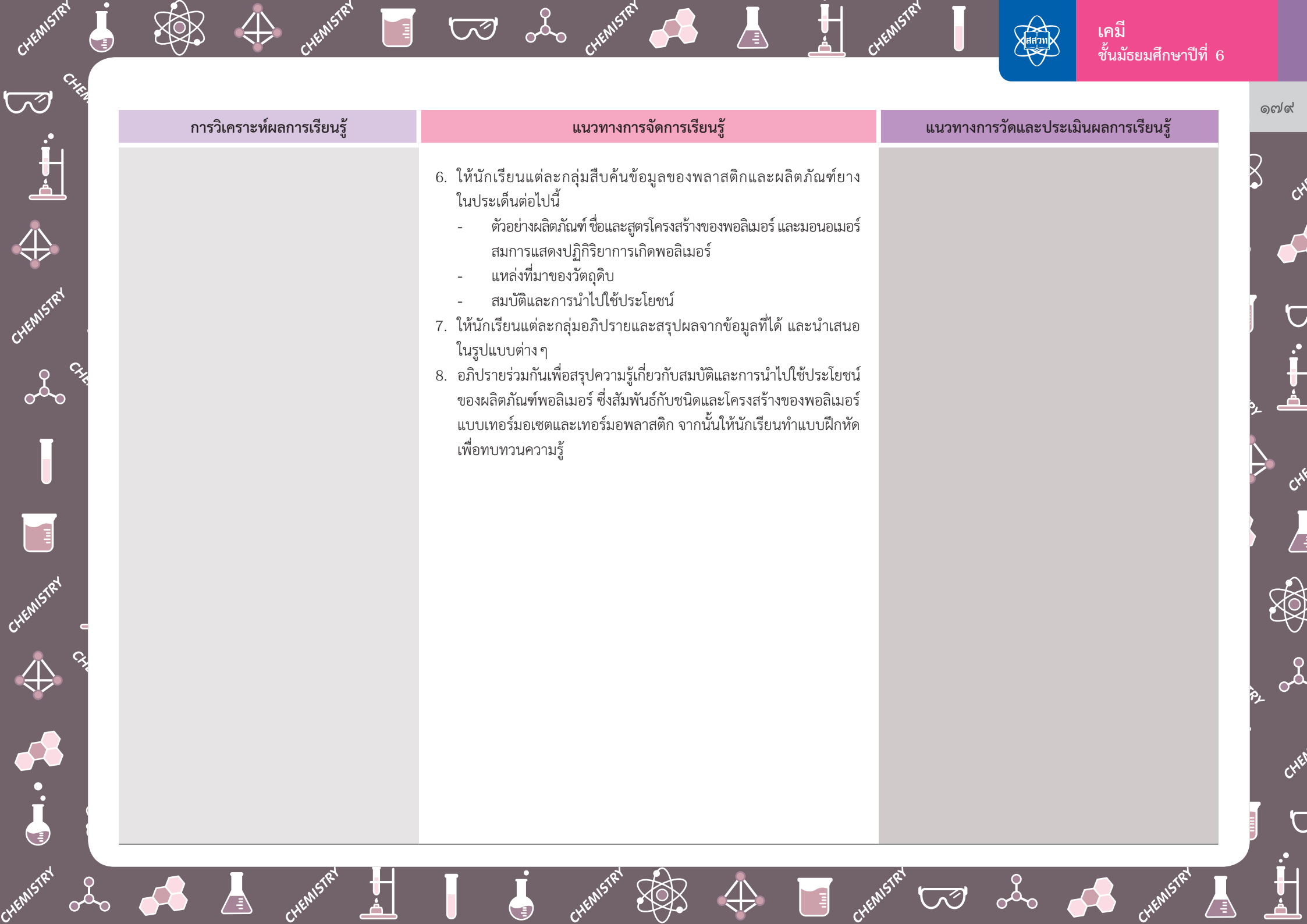


### ผลการเรียนรู้ 13. ทดสอบและระบุประเภทของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์

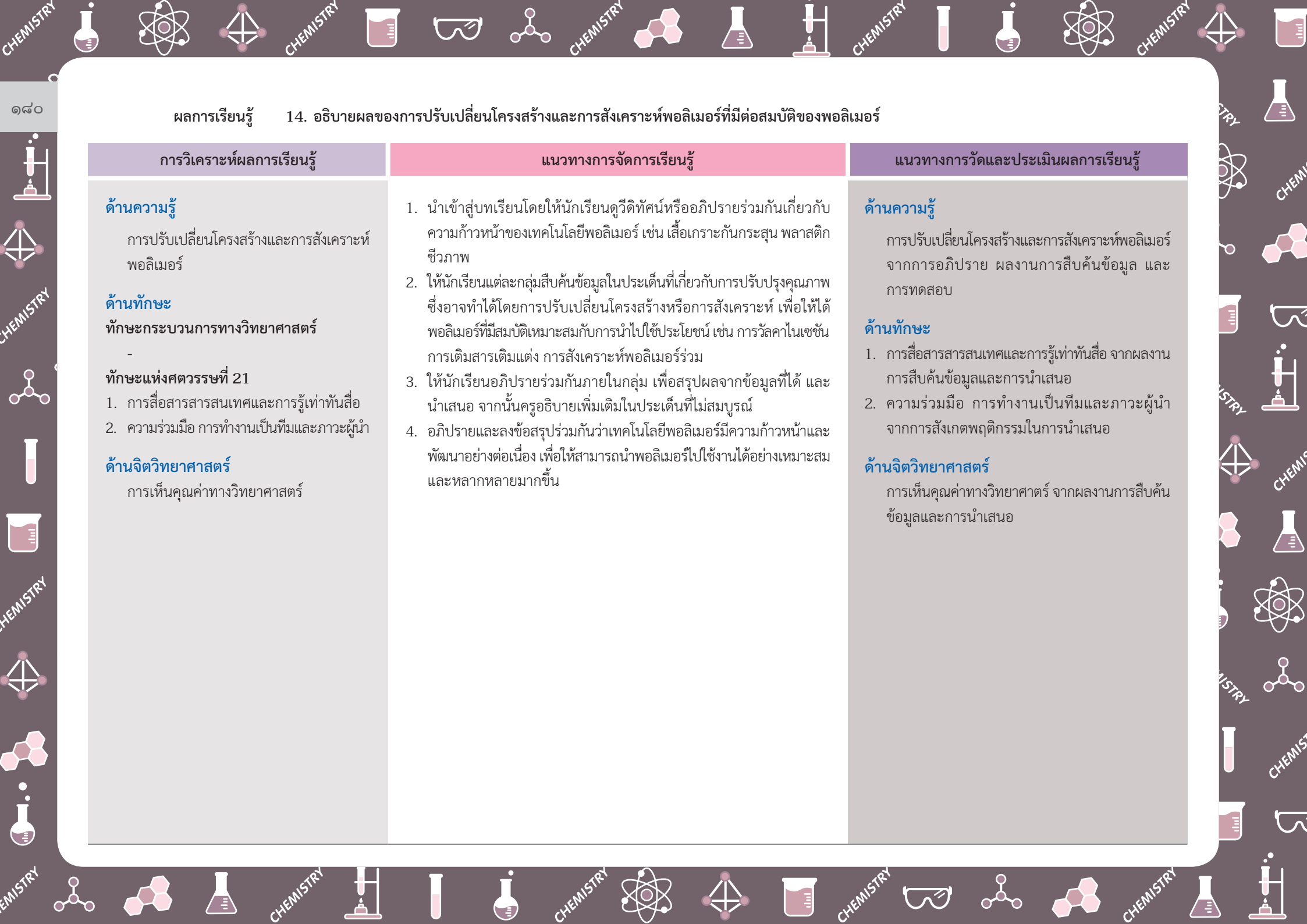
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. พอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติก</li> <li>2. พอลิเมอร์เทอร์มอเซต</li> <li>3. ประโยชน์ของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การจำแนกประเภท</li> <li>3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้ทบทวนเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ เช่น ความแข็ง ความเปราะ ความเหนียว ความขุ่น ความใส ความยืดหยุ่น จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ทั้งพลาสติกและยางที่ใช้ในชีวิตประจำวัน แล้วใช้คำถามว่า เมื่อผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ได้รับความร้อน สมบัติจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม</li> <li>2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อศึกษาประเภทของพอลิเมอร์ โดยพิจารณา ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบอาจเป็นขวดพลาสติก ยางลบ ภาชนะเมลามีน ยางพื้นรองเท้า บัตรเครดิต ถุงพลาสติกใส่อาหาร หูหม้อ แผ่นซีดี ถุงมือยาง ยางรถยนต์ กล่องพลาสติกใส่อาหาร</li> <li>3. อภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปว่า การจำแนกพอลิเมอร์โดยใช้ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน แบ่งได้ 2 ประเภท คือ พอลิเมอร์ที่ได้รับความร้อนแล้วอ่อนตัว สามารถนำกลับมาหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ เรียกว่า พอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติก ส่วนพอลิเมอร์ที่ได้รับความร้อนแล้วไม่อ่อนตัว จึงไม่สามารถนำกลับมาหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ เรียกว่า พอลิเมอร์เทอร์มอเซต</li> <li>4. อภิปรายร่วมกันเพื่อระบุประเภทของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง จากผลการทดสอบ จากนั้นลงข้อสรุปร่วมกันว่า พลาสติกมีทั้งที่เป็นพอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติกและพอลิเมอร์เทอร์มอเซต ส่วนผลิตภัณฑ์ยางเป็นพอลิเมอร์เทอร์มอเซตเท่านั้น</li> <li>5. ใช้คำถามว่า โครงสร้างของพอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติกและพอลิเมอร์-เทอร์มอเซตแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร เพื่อเชื่อมโยงกับโครงสร้างของพอลิเมอร์ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างที่แตกต่างกันของพอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติก และพอลิเมอร์เทอร์มอเซต ซึ่งทำให้มีสมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ต่างกัน</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ประเภทของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง จากการทำกิจกรรม การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</li> <li>2. สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง จากการนำเสนอ การอภิปราย ผลงานจากการสืบค้นข้อมูล การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต จากการทำกิจกรรม</li> <li>2. การจำแนกประเภท และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม และการอภิปราย</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลงานการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากผลงานการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</p>







การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>6. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ภายในประเด็นต่อไปนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ชื่อและสูตรโครงสร้างของพอลิเมอร์ และมอนอเมอร์</li> <li>- สมการแสดงปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์</li> <li>- แหล่งที่มาของวัตถุดิบ</li> <li>- สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์</li> </ul> <p>7. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายและสรุปผลจากข้อมูลที่ได้ และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ</p> <p>8. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับสมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ ซึ่งสัมพันธ์กับชนิดและโครงสร้างของพอลิเมอร์แบบเทอร์โมเซตและเทอร์โมพลาสติก จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้</p>	

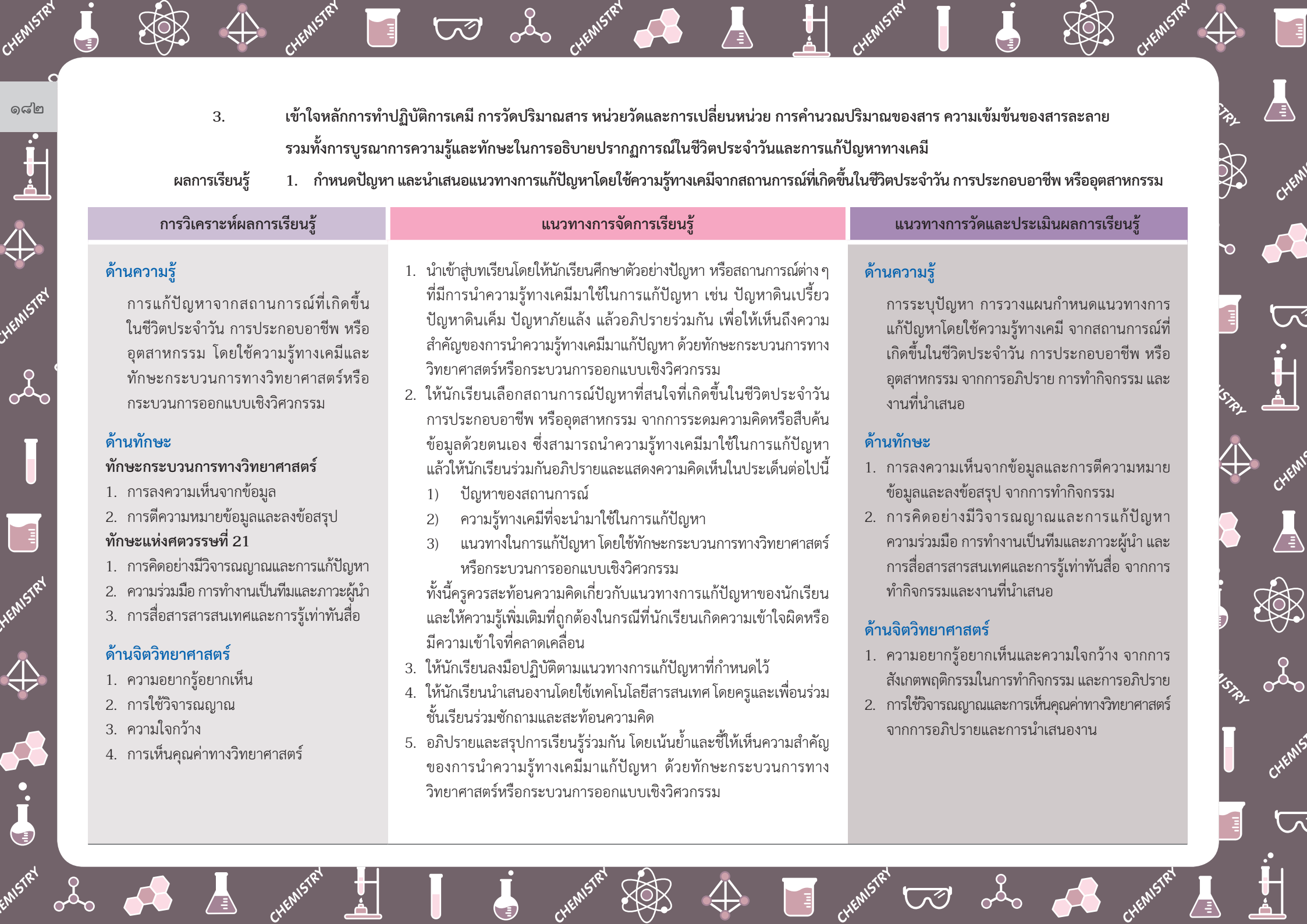


ผลการเรียนรู้ 14. อธิบายผลของการปรับเปลี่ยนโครงสร้างและการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติของพอลิเมอร์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การปรับเปลี่ยนโครงสร้างและการสังเคราะห์พอลิเมอร์</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนดูวิดีโอทัศน์หรืออภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีพอลิเมอร์ เช่น เสื้อเกราะกันกระสุน พลาสติกชีวภาพ</li> <li>2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพซึ่งอาจทำได้โดยการปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือการสังเคราะห์ เพื่อให้ได้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติเหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การวัลคาไนเซชัน การเติมสารเติมแต่ง การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วม</li> <li>3. ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม เพื่อสรุปผลจากข้อมูลที่ได้ และนำเสนอ จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมในประเด็นที่ไม่สมบูรณ์</li> <li>4. อภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกันว่าเทคโนโลยีพอลิเมอร์มีความก้าวหน้าและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถนำพอลิเมอร์ไปใช้งานได้เหมาะสมและหลากหลายมากขึ้น</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การปรับเปลี่ยนโครงสร้างและการสังเคราะห์พอลิเมอร์จากการอภิปราย ผลงานการสืบค้นข้อมูล และการทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลงานการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการนำเสนอ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากผลงานการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ</p>

ผลการเรียนรู้ 15. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์และแนวทางแก้ไข

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ และแนวทางแก้ไข</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การลงความเห็นจากข้อมูล</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> <li>4. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> <li>4. คุณธรรมและจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้ยกตัวอย่างการนำผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์โดยเฉพาะพลาสติกไปใช้ประโยชน์ แล้วใช้คำถามว่า การใช้พลาสติกในชีวิตประจำวันมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมอย่างไร</li> <li>2. ให้นักเรียนดูสื่อวีดิทัศน์หรือรูปภาพเกี่ยวกับปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลาสติก แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า การใช้พลาสติกปริมาณมากก่อให้เกิดปัญหาขยะพลาสติกที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการย่อยสลายพลาสติกใช้ระยะเวลานาน นอกจากนี้การใช้อย่างไม่เหมาะสมอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต</li> <li>3. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับสารตั้งต้นในการผลิตเม็ดพลาสติกที่ได้จากปิโตรเลียมซึ่งเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป เพื่อสร้างความตระหนักและเล็งเห็นความสำคัญของทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิตพลาสติกในอนาคต</li> <li>4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ พร้อมทั้งเสนอแนวทางการแก้ปัญหา โดยต้องคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม</li> <li>5. ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม เพื่อสรุปผลจากข้อมูลที่ได้มาและนำเสนอ</li> <li>6. อภิปรายร่วมกัน เพื่อสรุปข้อดีและข้อเสียของแต่ละแนวทางการแก้ปัญหา และให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีพอลิเมอร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา เช่น พลาสติกชีวภาพ การเติมสารเติมแต่งที่ทำให้พลาสติกย่อยสลายได้เร็วขึ้น การนำกลับมาใช้ใหม่</li> <li>7. ให้นักเรียนจัดทำสื่อเพื่อสร้างความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาขยะพลาสติกและแนวทางแก้ไข ในรูปแบบต่างๆ เช่น โปสเตอร์ แผ่นพับ ป้ายรณรงค์</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ และแนวทางแก้ไข จากการอภิปราย ผลงานการสืบค้นข้อมูล และสื่อสร้างความตระหนัก</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การลงความเห็นจากข้อมูล จากการอภิปราย</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลงานการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และการจัดทำสื่อสร้างความตระหนัก</li> <li>3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอและการจัดทำสื่อสร้างความตระหนัก</li> <li>5. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาและการจัดทำสื่อสร้างความตระหนัก</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้างและการใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ และคุณธรรมและจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ จากผลงานการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และผลงานสื่อสร้างความตระหนัก</li> </ol>



3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ผลการเรียนรู้ 1. กำหนดปัญหา และนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางเคมีจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรือ อุตสาหกรรม โดยใช้ความรู้ทางเคมีและ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. ความใจกว้าง</li> <li>4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างปัญหา หรือสถานการณ์ต่างๆ ที่มีการนำความรู้ทางเคมีมาใช้ในการแก้ปัญหา เช่น ปัญหาดินเปรี้ยว ปัญหาดินเค็ม ปัญหาภัยแล้ง แล้วอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้เห็นถึงความสำคัญของการนำความรู้ทางเคมีมาแก้ปัญหา ด้วยทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม</li> <li>2. ให้นักเรียนเลือกสถานการณ์ปัญหาที่สนใจที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม จากการระดมความคิดหรือสืบค้น ข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งสามารถนำความรู้ทางเคมีมาใช้ในการแก้ปัญหา แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นในประเด็นต่อไปนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ปัญหาของสถานการณ์</li> <li>2) ความรู้ทางเคมีที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา</li> <li>3) แนวทางในการแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม</li> </ol> <p>ทั้งนี้ครูควรสะท้อนความคิดเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียน และให้ความรู้เพิ่มเติมที่ถูกต้องในกรณีที่นักเรียนเกิดความเข้าใจผิดหรือ มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน</p> </li> <li>3. ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้</li> <li>4. ให้นักเรียนนำเสนองานโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ โดยครูและเพื่อนร่วม ชั้นเรียนร่วมซักถามและสะท้อนความคิด</li> <li>5. อภิปรายและสรุปการเรียนรู้ร่วมกัน โดยเน้นย้ำและชี้ให้เห็นความสำคัญ ของการนำความรู้ทางเคมีมาแก้ปัญหา ด้วยทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การระบุปัญหา การวางแผนกำหนดแนวทางการ แก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางเคมี จากสถานการณ์ที่ เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรือ อุตสาหกรรม จากการอภิปราย การทำกิจกรรม และ งานที่นำเสนอ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การลงความเห็นจากข้อมูลและการตีความหมาย ข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ และ การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการ ทำกิจกรรมและงานที่นำเสนอ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็นและความใจกว้าง จากการ สังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม และการอภิปราย</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณและการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการอภิปรายและการนำเสนองาน</li> </ol>

ผลการเรียนรู้ 2. แสดงหลักฐานถึงการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับสาขาวิชาอื่น รวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับสาขาวิชาอื่น โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>3. การพยากรณ์</li> <li>4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> <li>5. การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> <li>3. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>4. ความมุ่งมั่นอดทน</li> <li>5. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการนำเสนอสถานการณ์หรือประเด็นปัญหาที่มีการนำความรู้วิชาเคมีมาบูรณาการร่วมกับวิชาอื่นเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อให้นักเรียนเห็นว่าการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ หรือการสร้างนวัตกรรมส่วนใหญ่ต้องใช้ทักษะหรือความรู้ในหลายศาสตร์</li> <li>2. ให้นักเรียนเลือกสถานการณ์ปัญหาที่สนใจจากการระดมความคิดหรือสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งอาจเป็นสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม โดยการแก้ปัญหาจำเป็นต้องมีการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับสาขาอื่น รวมทั้งใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม</li> <li>3. ชี้แจงขั้นตอน เงื่อนไข และระยะเวลาในการทำกิจกรรม รวมทั้งกำหนดเกณฑ์ในการประเมินผล</li> <li>4. ให้นักเรียนทำกิจกรรม โดยแต่ละกลุ่มวิเคราะห์สถานการณ์ร่วมกัน วางแผนและออกแบบวิธีการหรือแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้</li> <li>5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอร่างแนวทางการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ</li> <li>6. ร่วมกันอภิปรายสะท้อนความคิดต่อร่างแนวทางการแก้ปัญหาที่นักเรียนออกแบบไว้ ให้คำชี้แนะ ทั้งนี้อาจให้มีการทบทวนหรือแก้ไข</li> <li>7. ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางการแก้ปัญหาที่ร่างไว้ให้สำเร็จ ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนอาจมีการแก้ไขแนวทางหรือขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ ทั้งนี้ควรให้นักเรียนบันทึกการแก้ไขนั้นด้วย</li> <li>8. ให้นักเรียนส่งผลงานหรือรายงานที่แสดงถึงที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ การบูรณาการหลักการหรือทฤษฎีในการแก้ปัญหา ขั้นตอนการดำเนินงาน และผลการแก้ปัญหา จากนั้นครูสะท้อนความคิดเพื่อให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขและเตรียมการนำเสนอต่อไป</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้วิชาเคมีร่วมกับสาขาวิชาอื่น และการออกแบบตามกระบวนการเชิงวิศวกรรม จากแบบร่างแนวทางการแก้ปัญหา และรายงาน</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม</li> <li>2. การสร้างแบบจำลอง จากผลงานหรือรายงาน</li> <li>3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ และการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการทำกิจกรรมและผลงาน</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็นและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายและการทำกิจกรรม</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณและความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา และผลงาน</li> <li>3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการออกแบบการแก้ปัญหาและการแสดงความคิดเห็นในการอภิปราย</li> </ol>



ผลการเรียนรู้ 3. นำเสนอผลงานหรือชิ้นงานที่ได้จากการแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการและรูปแบบการนำเสนอผลงานหรือชิ้นงาน โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</li> <li>3. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>4. การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. ความซื่อสัตย์</li> <li>3. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นว่าหลังจากที่นักเรียนได้แก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ชิ้นงานแล้ว นักเรียนจะมีวิธีการหรือรูปแบบของการนำเสนอผลงานให้น่าสนใจได้อย่างไร มีวิธีการ รูปแบบหรือเครื่องมือใดที่ช่วยให้การนำเสนองานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น</li> <li>2. ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการหรือรูปแบบของการนำเสนอผลงานอย่างมีประสิทธิภาพ และร่วมกันกำหนดเกณฑ์ในการประเมินการนำเสนอผลงาน</li> <li>3. ให้นักเรียนออกแบบวิธีการนำเสนอผลงานหรือผลงานของกลุ่ม โดยมีการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อร่วมด้วย</li> <li>4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลงานหรือชิ้นงานที่ได้จากการแก้ปัญหาในกิจกรรมที่ผ่านมา โดยอาจจัดห้องเรียนให้เสมือนเป็นเวทีเสนอผลงานของนักเรียน</li> <li>5. ให้นักเรียนได้ซักถามและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างที่มีการนำเสนอของเพื่อนร่วมชั้นเรียน รวมทั้งอาจมีส่วนร่วมในการประเมินการนำเสนอผลงาน และผลงาน โดยการประเมินผลงานควรใช้เกณฑ์ที่นักเรียนสามารถประเมินได้ เช่น การบูรณาการความรู้ ประสิทธิภาพของผลงาน การออกแบบตามกระบวนการเชิงวิศวกรรม ความคิดสร้างสรรค์ โดยครูควรชี้ให้เห็นความสำคัญ และตระหนักถึงการประเมินอย่างซื่อสัตย์</li> <li>6. ให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดต่อสิ่งที่ได้เรียนรู้ จากการทำกิจกรรมและการนำเสนอผลงาน</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>วิธีการและรูปแบบการนำเสนอผลงานหรือชิ้นงาน โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ จากการนำเสนอผลงาน ซึ่งอาจเป็นงานหรือชิ้นงาน</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และการสร้างแบบจำลอง จากงานที่นำเสนอ</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล จากการซักถามและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการประเมินการนำเสนอผลงาน</li> <li>3. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารสารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอผลงาน</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และการนำเสนอผลงาน</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง จากการนำเสนอผลงาน การซักถามและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น</li> <li>2. ความซื่อสัตย์ จากการนำเสนอผลงานและการประเมินการนำเสนอผลงาน</li> <li>3. การใช้วิจารณญาณ จากการซักถามและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น</li> <li>4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการนำเสนอผลงานและการเขียนสะท้อนความคิด</li> </ol>

ผลการเรียนรู้ 4. แสดงหลักฐานการเข้าร่วมการสัมมนา การเข้าร่วมประชุมวิชาการ หรือการแสดงผลงานสิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. รูปแบบของงานวิชาการประเภทต่างๆ (งานนิทรรศการ การสัมมนา การประชุมวิชาการ)</li> <li>2. วิธีการที่เหมาะสมในการแลกเปลี่ยนและแสดงความคิดเห็น</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <p>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> <li>3. การเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์</li> <li>4. ความสนใจในวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวทางการเข้าร่วมงานวิชาการประเภทต่างๆ เช่น การสัมมนา การเข้าร่วมประชุมวิชาการ การแสดงผลงานหรือสิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ รวมทั้งการเรียนรู้วิธีการที่เหมาะสมในการแลกเปลี่ยนและแสดงความคิดเห็น</li> <li>2. จัดนิทรรศการแสดงผลงาน การสัมมนา หรือการประชุมวิชาการ ซึ่งอาจเป็นงานในระดับชั้นเรียน โรงเรียน หรือกลุ่มโรงเรียน</li> <li>3. ให้นักเรียนเข้าร่วมหรือนำเสนอผลงาน ในงานนิทรรศการ การสัมมนา หรือการประชุมวิชาการ</li> <li>4. นำเสนอบันทึกหรือรายงาน เพื่อเป็นหลักฐานแสดงถึงการเข้าร่วมหรือนำเสนอผลงานในงานนิทรรศการ การสัมมนา หรือการประชุมวิชาการ</li> <li>5. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคของการเข้าร่วมหรือนำเสนอผลงานในงานนิทรรศการ การสัมมนา หรือการประชุมวิชาการ</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>รูปแบบของงานวิชาการประเภทต่างๆ และวิธีการที่เหมาะสมในการแลกเปลี่ยนและแสดงความคิดเห็นจากการอภิปราย</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากบันทึกหรือรายงานการเข้าร่วมหรือนำเสนอผลงาน</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายและบันทึกหรือรายงานการเข้าร่วมหรือนำเสนอผลงาน</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็นและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการเข้าร่วมหรือนำเสนอผลงาน</li> <li>2. การเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์และความสนใจในวิทยาศาสตร์ จากบันทึกหรือรายงานการเข้าร่วมงานวิชาการ</li> </ol>





## เอกสารอ้างอิง

- ธนาวดี ลีจากภัย. (2544). หนังสือวัสดุ ชุดที่ 2 เรียนรู้โพลิเมอร์จากการทดลอง. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค).
- มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์. (2546). เคมีโพลิเมอร์. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2554) *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3. (พิมพ์ครั้งที่ 1).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.*
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2. (พิมพ์ครั้งที่ 2).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 4. (พิมพ์ครั้งที่ 2).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5. (พิมพ์ครั้งที่ 2).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1. (พิมพ์ครั้งที่ 3).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3. (พิมพ์ครั้งที่ 7).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 4. (พิมพ์ครั้งที่ 9).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5. (พิมพ์ครั้งที่ 6).  
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). หนังสือเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อเสริมศักยภาพวิทยาศาสตร์ ชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 เคมี เล่ม 1. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). หนังสือเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อเสริมศักยภาพวิทยาศาสตร์ ชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 เคมี เล่ม 2. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). หนังสือเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อเสริมศักยภาพวิทยาศาสตร์ ชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 เคมี เล่ม 3. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1. (พิมพ์ครั้งที่ 9).  
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2. (พิมพ์ครั้งที่ 9).  
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันพลาสติกแห่งประเทศไทย. (2554). สมบัติทั่วไปของยางสังเคราะห์. สืบค้นเมื่อ 4 กรกฎาคม 2559, จาก <http://thaiplastics.org/>

Averill, B. and Eldredge, P. (2007). *Chemistry: Principles, Patterns, and Applications*. San Francisco: Benjamin Cummings.

Atkins, P.W and Jones, L.L. (2004). *Chemistry: Principles : The Quest for Insight (3<sup>rd</sup> ed)*. New York: W.H. Freeman and Company.

Brown, T.L. and et al. (2012). *Chemistry: the central science*. (12<sup>th</sup> ed). Illinois: Prince-Hall Inc.

Chang, R. (2010). *Chemistry (10<sup>th</sup> ed)*. New York: The McGraw-Hill.

Cheng, E.; Chow, J.;Kai, A. and Lai, K.K. (2005). *Chemistry: A Model View*. North Point: Aristo Educational Press.

Earl, B. and Wilford, D. (2013). *GCSE Chemistry*. (2<sup>th</sup> ed) Dubai: Hodder Education.

Harwood, R. and Lodge, I. (2011). *Cambridge IGCSE Chemistry Workbook*. (3<sup>th</sup> ed). Cambridge: Cambridge University Press.



- Hilton, T. (1992). *Recycling Cities Making Use of Science and Technology*. (1st ed). The National Science Learning Centre.
- Jenkins, F; Kessel, H.V; Davies, L.; Lantz, O.; Thomas, P. and Tompkins, D. (2002). *Nelson Chemistry 11*. Ontario: Nelson.
- Kessel, H.V.; Jenkins, F; Davies, L; Plumb, D; Giuseppe, M.d.; Lantz, O. and Tompkins, D. (2003). *Nelson Chemistry 12*. Ontario: Nelson
- Phillips, J.S.; Stozak, V.S. and Wistrom, C. (2005). *Glencoe Science : Chemistry Concept and Applications*. Ohio: Glencoe/ McGraw-Hill.
- Robert, B. (2014). *Conductivity*. Retrieved May 11, 2016. from: <https://www.gvsu.edu>
- Russo, T. (2014). *Chemistry Concept and Application Laboratory Manual Student Edition*. Retrieved March 8, 2016. from: <http://www.glencoe.com>
- Silberberg; M. S.; *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*. (5<sup>th</sup> ed). New york: McGraw-Hill.
- SkooG, D.A.; West, D.M.; Holler, FJ and Crouch , S.R. (2004). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (8<sup>th</sup> ed). California: Brooks/Cole.
- Talbot, C.; Harwood, R. and Coates, C. (2010). *Chemistry for the IB Diploma*. (1<sup>st</sup> ed). London: Hodder Education.
- Toon, T. Y.; Kwong, C. L.; Sadler, J. and Sadler, E. (2013). *Chemistry Matters GCE "O" Level*. (2nd ed) Saingapore: Marshall Cavendish Education.
- Yunusa, Umar. (2014). Polymer basics: classroom activities manipulating paper clips to introduce the structures and properties of polymers. *Journal of Chemical Education*, 91, 1667-1670.
- Zumdahl, S.S. (1995). *Chemistry Principles* (2nd ed). Massachusetts: D.C. Heath and Company.

## คณะผู้จัดทำ

### คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

#### คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาลินิทธิ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง	นักวิชาการอิสระ
ดร.สุพรรณิ ขาญประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสุทธาทิพย์ หวังอำนาจพร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางกมลวรรณ พุฒินันท์กุล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวศิริรัตน์ พริกสี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.สนธิ พลชัยยา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายชาญณรงค์ พูลเพิ่ม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายเดชทัต เรืองธรรม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ปุณิกา พระพุทธคุณ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายศุภวิริยะ สรณารักษ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

#### ที่ปรึกษา

ดร.พรพรรณ ไวยางกูร	ผู้อำนวยการ
	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	ผู้ช่วยผู้อำนวยการ
	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

#### คณะกรรมการพิจารณาคู่มือการใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง)

รศ.ดร.สุกฤษ ดันตราวงศ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.ดร.กุลยา โอภาส	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
รศ.กรรพล พันธุ์แพ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
รศ.ดร.ชาติรี ฝ่ายคำหา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ธีระชาติ ลีประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นางสาวจิตรลดา เพชรโพธิ์ศรี	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา กทม.
นายเด่นชัย เขตบุญไสย	โรงเรียนศรีอยุธยาในพระอุปถัมภ์ กทม.
นายสาริน ผดุงสวัสดิ์	โรงเรียนเซนต์คาเบรียล กทม.
นายรัชพล เตชะยะ	โรงเรียนสตรีวิทยา กทม.
นางสาวทองใบ สุขประเสริฐชัย	โรงเรียนคณะราษฎรบำรุง จ.ปทุมธานี
นางกัลยาณี พันโบ	โรงเรียนสตรีรัตนบุรี จ.นนทบุรี
นายสรรพลสิทธิ์ โกศล	โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย จ.อยุธยา
นางสาวรพีพรรณ ธนบดีวิวัฒน์	โรงเรียนศรีธาดูปิทยาคม จ.อุดรธานี
นางสาววิจิตรา จิตสุภา	โรงเรียนอุดรดีดัดดุณี จ.อุดรดีดัด
นางสาวพิชญ์กานต์ นวลแก้ว	โรงเรียนเขาย้อยสน จ.พัทลุง
ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง	นักวิชาการอิสระ
รศ.อัจฉนา วงศ์ชัยสุวรรณ	นักวิชาการอิสระ
นางสาวศศิณี อังกานนท์	นักวิชาการอิสระ
นางสาวสมศรี เขียวสาด	นักวิชาการอิสระ
ดร.สุพรรณิ ขาญประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสุทธาทิพย์ หวังอำนาจพร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางกมลวรรณ พุฒินันท์กุล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวศิริรัตน์ พริกสี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.สนธิ พลชัยยา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายชาญณรงค์ พูลเพิ่ม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายเดชทัต เรืองธรรม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ปุณิกา พระพุทธคุณ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายศุภวิริยะ สรณารักษ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

#### คณะบรรณาธิการ

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาลินิทธิ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.จรรยา ดาสา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง	นักวิชาการอิสระ
ดร.สุพรรณิ ขาญประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสุทธาทิพย์ หวังอำนาจพร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางกมลวรรณ พุฒินันท์กุล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวศิริรัตน์ พริกสี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.สนธิ พลชัยยา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



## คณะผู้จัดทำ

คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์  
เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

### คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาลินิทธิ์  
ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง  
ดร.สุพรรณิ ขาญประเสริฐ  
นางสุทธาทิพย์ หวังอำนาจพร  
นางกมลวรรณ พุดฉินันทกุล  
นางสาวศิริรัตน์ พริกสี  
ดร.สนธิ พลชัยยา  
นายชาญณรงค์ พูลเพิ่ม  
นายเดชทัต เรืองธรรม  
ดร.ปุณิกา พระพุทธคุณ  
นางสาวณัฐริกา งามกิจภิญโญ  
นายศุภวีริยะ สรณารักษ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
นักวิชาการอิสระ  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

### ที่ปรึกษา

ดร.พรพรรณ ไวยางกูร  
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์

ผู้อำนวยการ  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
ผู้ช่วยผู้อำนวยการ  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

### คณะกรรมการพิจารณาคู่มือการใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง)

นางสาวรัชก ศรีเปี่ยม  
นางสาวอัญชานา นิมนุสรณ์กุล  
นางสาวรัชณี สมทรัพย์  
นางสาวภูษา รักชาติ  
นายสุชากรณ์ พงทอง  
นางภขพอน ประภา  
จ.ส.ด.ปวัน ศรีสนิท  
นางพวงลดา วรสาร  
นางศุภลักษณ์ ขุนสังวาลย์  
นางสุภาภรณ์ ย่าพรหม  
นางสาวณัฐฉิษา กุลทัศน์  
ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง  
นางสาวสมศรี เขี้ยกสอด  
นางกัญญารัตน์ องค์กริษฐ์  
นายสมชาย คุณวัฒน์  
ดร.สุพรรณิ ขาญประเสริฐ  
นางสุทธาทิพย์ หวังอำนาจพร  
นางกมลวรรณ พุดฉินันทกุล  
นางสาวศิริรัตน์ พริกสี  
ดร.สนธิ พลชัยยา  
นายชาญณรงค์ พูลเพิ่ม  
นายเดชทัต เรืองธรรม  
ดร.ปุณิกา พระพุทธคุณ  
นางสาวณัฐริกา งามกิจภิญโญ  
นายศุภวีริยะ สรณารักษ์

โรงเรียนจันทร์ประดิษฐารามวิทยาคม กทม.  
โรงเรียนสวนกุหลาบ วิทยาลัย กทม.  
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา กทม.  
โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี กทม.  
โรงเรียนปากเกร็ด จ.นนทบุรี  
โรงเรียนเทพศิรินทร์ นนทบุรี จ.นนทบุรี  
โรงเรียนวัดห้วยจรเข้วิทยาคม จ.นครปฐม  
โรงเรียนกมลลาไสย จ.กาฬสินธุ์  
โรงเรียนสรวงหญิง จ.สุพรรณบุรี  
โรงเรียนบ้านค่าย จ.ระยอง  
โรงเรียนบ้านลาดวิทยา จ.เพชรบุรี  
นักวิชาการอิสระ  
นักวิชาการอิสระ  
นักวิชาการอิสระ  
นักวิชาการอิสระ  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

### คณะบรรณาธิการ

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาลินิทธิ์  
ผศ.ดร.จรรยา ดาสา  
ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง  
ดร.สุพรรณิ ขาญประเสริฐ  
นางสุทธาทิพย์ หวังอำนาจพร  
นางกมลวรรณ พุดฉินันทกุล  
นางสาวศิริรัตน์ พริกสี  
ดร.สนธิ พลชัยยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
นักวิชาการอิสระ  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## คณะผู้จัดทำ

### คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

#### คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาลินธิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง	นักวิชาการอิสระ
ดร.สุพรรณิ ขาญประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสุทธาทิพย์ หวังอำนวยการ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางกมลวรรณ พุฒินันทกุล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวศิริรัตน์ พริกสี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.สนธิ พลชัยยา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายชาญณรงค์ พูลเพิ่ม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายเดชทัต เรืองธรรม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ปณิกา พระพุทธคุณ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวณัฐริกา งามกิจภิญโญ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายศุภวิริยะ สรณารักษ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

#### ที่ปรึกษา

ดร.พรพรรณ ไทยางกูร	ผู้อำนวยการ
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
	ผู้ช่วยผู้อำนวยการ
	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

#### คณะกรรมการพิจารณาคู่มือการใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง)

นายดิเรก หุ่นสุวรรณ	โรงเรียนเทพศิรินทร์ กทม.
นางสาวมาลี จิระธนวิทย์	โรงเรียนอนันตบุรีวรเทพพิถารักษ์ กทม.
นางวราสนา กุซัว	โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม กทม.
นางอรุณี ชูทัย	โรงเรียนเศรษฐบุตราบำเพ็ญ กทม.
นางสาวทองใบ สุขประเสริฐชัย	โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุง จ.ปทุมธานี
นางฉวีวัลย์ พันธุ์พงศ์	โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว จ.สมุทรปราการ
นางสาวมณีวรรณ แสงลับ	โรงเรียนบ้านฉากกาญจนกุลวิทยา จ.ระยอง
นางรศมณี วรรณดัด	โรงเรียนท่าโพธิ์ศรีพิทยา จ.อุบลราชธานี
นางสุภาพ เมืองเหนือ	โรงเรียนชนบทศึกษา จ.ขอนแก่น
นางสาวศศิณี อังกานนท์	นักวิชาการอิสระ กทม.
ดร.สุพรรณิ ขาญประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสุทธาทิพย์ หวังอำนวยการ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางกมลวรรณ พุฒินันทกุล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวศิริรัตน์ พริกสี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.สนธิ พลชัยยา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายชาญณรงค์ พูลเพิ่ม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายเดชทัต เรืองธรรม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ปณิกา พระพุทธคุณ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวณัฐริกา งามกิจภิญโญ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายศุภวิริยะ สรณารักษ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

#### คณะบรรณาธิการ

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาลินธิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.จรรยา ดาสา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง	นักวิชาการอิสระ
ดร.สุพรรณิ ขาญประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสุทธาทิพย์ หวังอำนวยการ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางกมลวรรณ พุฒินันทกุล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวศิริรัตน์ พริกสี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.สนธิ พลชัยยา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

