



แบบรายงานผล การดำเนินงาน

ผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้
CAL-5E MODEL ต่อการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์
เรื่อง การเตรียมสารละลาย ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



นางสาวชวัลลักษณ์ วงศ์พิทักษ์
ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนนาบุญวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากำแพงเพชร

คำนำ

การเสนอผลงานเพื่อคัดเลือกรับรางวัล KPPE Awards ปีการศึกษา ๒๕๖๘ เพื่อยกย่องเชิดชูเกียรติ แก่บุคลากรในหน่วยงานการศึกษาและสถานศึกษาที่ปฏิบัติงานจนมีผลสำเร็จเป็นที่ประจักษ์ และส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพการศึกษา ประกอบกับแผนการพัฒนาศึกษาจังหวัดกำแพงเพชร (พ.ศ.๒๕๖๗-๒๕๗๐) กำหนดวิสัยทัศน์ให้ “คนกำแพงเพชรเป็นคนมีคุณภาพและคุณธรรม ดำรงชีวิต สอดคล้องกับหลักปรัชญาของ เศรษฐกิจพอเพียงและการเปลี่ยนแปลงของโลกศตวรรษที่ ๒๑” ยุทธศาสตร์ที่ ๓ การพัฒนาคุณภาพการศึกษา ทุกระดับให้เป็นไปตามมาตรฐานการศึกษา กลยุทธ์ที่ ๒ พัฒนาหลักสูตร กระบวนการจัดการเรียนรู้ และการนิเทศ ติดตามที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง ของโลกศตวรรษที่ ๒๑ ข้าพเจ้าจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาทักษะ กระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ วิชา เคมี ๒ เรื่อง ผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ CAL-5E Model ต่อ การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การเตรียมสารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชาณุ วิทยา อำเภอชาณุวรลักษบุรี จังหวัดกำแพงเพชร

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนชาณุวิทยา รองผู้อำนวยการ คณะครู และทุกคนที่ได้อนุเคราะห์ให้ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะในการจัดทำเอกสารฉบับนี้ ขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

ชวัลลักษณ์ วงศ์พิทักษ์

ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ

แบบรายงานผลการดำเนินงาน

การเสนอผลงานเพื่อคัดเลือกรางวัล KPPE Awards ปีการศึกษา ๒๕๖๘ เรื่อง ผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ CAL-5E Model ต่อการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การเตรียมสารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้เสนอผลงานจัดทำรายงานผลการดำเนินงาน โดยเขียนอธิบายตามเกณฑ์ดังนี้

1. เหตุผลและความจำเป็นของปัญหา / ความต้องการพัฒนา

การจัดการเรียนรู้ เรื่อง “ความเข้มข้นของสารละลาย” ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นเนื้อหาสำคัญที่เป็นพื้นฐานต่อการเรียนรู้เคมีในหัวข้อที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น เช่น ปริมาณสารสัมพันธ์ การเตรียมสารละลาย การคำนวณสารในการทดลอง และการวิเคราะห์เชิงปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการเคมี แม้เนื้อหาที่มีความสำคัญสูง แต่จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนพบว่า ผู้เรียนจำนวนมากยังประสบปัญหาในการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ โดยเฉพาะการแปลงหน่วย การเลือกสูตร การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร และการวางลำดับขั้นตอนการคำนวณอย่างเป็นระบบ

นอกจากนี้ ผู้เรียนยังขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ การอธิบายเชิงเหตุผล และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริง เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้เดิมส่วนใหญ่เน้นการบรรยาย การทำแบบฝึกหัดตามตัวอย่าง หรือการให้สูตรสำเร็จมากกว่าการกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจด้วยตนเอง ส่งผลให้ผู้เรียนจำขั้นตอนเพียงผิวเผิน ไม่สามารถอธิบายที่มาที่ไปของการคำนวณหรือวิเคราะห์ผลลัพธ์ได้อย่างมีเหตุผล ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การสื่อสารเชิงวิทยาศาสตร์ และการร่วมมือทำงานเป็นกลุ่ม

จากปัญหาดังกล่าว จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึก และทักษะการคำนวณของผู้เรียนอย่างเป็นขั้นตอน นวัตกรรม “CAL-5E Model” (Concentration Analytical Learning with 5E Model) ได้รับการออกแบบขึ้นเพื่อตอบโจทย์ดังกล่าว โดยผสมผสานหลักการคิดวิเคราะห์เข้ากับกิจกรรมสืบเสาะแบบ 5E ได้แก่ Engage, Explore, Explain, Elaborate และ Evaluate เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง ตั้งคำถาม ทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล สรุปความเข้าใจด้วยตนเอง และต่อยอดความคิดไปสู่การแก้ปัญหาใหม่ ๆ

การนำนวัตกรรมนี้มาใช้คาดว่าจะช่วยลดความสับสนของผู้เรียนในการคำนวณ เพิ่มความเข้าใจเชิงโครงสร้างของหน่วยความเข้มข้น พัฒนาทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์ และสร้างการเรียนรู้ที่มีความหมายยั่งยืน สอดคล้องกับแนวทาง Active Learning ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและร่วมสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2. วัตถุประสงค์ของการพัฒนานวัตกรรม

- 2.1 เพื่อพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์และการมีส่วนร่วมของผู้เรียน
- 2.2 เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในรูปแบบต่าง ๆ
- 2.3 เพื่อส่งเสริมทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน
- 2.4 เพื่อสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่ช่วยลดปัญหาความสับสนของผู้เรียนในการคำนวณด้านเคมี

3. เป้าหมายของการดำเนินงาน

3.1 เป้าหมายเชิงคุณภาพ

- 1) ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ “CAL-5E Model” ที่มีโครงสร้างชัดเจน นำไปใช้ได้จริง และสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้
- 2) ผู้เรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการคำนวณได้อย่างมีเหตุผล และเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง
- 3) ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น มีส่วนร่วม และทำงานร่วมกับเพื่อนอย่างมีประสิทธิภาพ
- 4) ผู้เรียนมีความคลาดเคลื่อนและความสับสนในขั้นตอนคำนวณลดลงอย่างเห็นได้ชัด

3.2 เป้าหมายเชิงปริมาณ

- 1) ผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 40 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นตามเกณฑ์ที่กำหนด
- 2) ร้อยละไม่น้อยกว่า 80% ของผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนรู้ในระดับ “ดี” ขึ้นไป
- 3) ร้อยละไม่น้อยกว่า 85% ของผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดคำนวณได้ถูกต้อง
- 4) ร้อยละไม่น้อยกว่า 80% ของผู้เรียนพัฒนาทักษะคิดวิเคราะห์และทักษะการเรียนรู้ศตวรรษที่ 21 ในระดับที่ดีขึ้น

4. ขั้นตอนการดำเนินงานและการพัฒนานวัตกรรม “CAL-5E Model”

(Concentration Analytical Learning with 5E Model)

การพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ “CAL-5E Model” ได้ดำเนินการตามกระบวนการเชิงระบบ (Systematic Development Process) โดยอ้างอิงแนวคิดการออกแบบการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ (Constructivism) และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ของ Bybee เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการเรียนรู้เชิงรุกของผู้เรียน รวมถึงการลดความสับสนในการคำนวณด้านเคมี โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการ (Analysis Stage)

1.1 ศึกษาสภาพปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 40 คน พบว่านักเรียนมีความสับสนในการคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย ไม่เข้าใจความหมายของหน่วยและความสัมพันธ์ของตัวแปร ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการคำนวณ

1.2 วิเคราะห์ผลการเรียนย้อนหลัง แบบฝึกหัด และการสังเกตพฤติกรรมพบว่าผู้เรียนขาดทักษะการคิดวิเคราะห์และการจัดลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา

1.3 วิเคราะห์ความต้องการพัฒนา (Needs Assessment) เพื่อหาแนวทางจัดการเรียนรู้ที่ช่วยเสริมทักษะด้านการคิด การคำนวณ และทักษะศตวรรษที่ 21

1.4 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น

- ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory)
- แนวคิด Active Learning
- โมเดลการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E
- แนวคิด Problem-Solving และการเรียนรู้จากสถานการณ์จริง (Context-based Learning)

1.5 สรุปความจำเป็นในการออกแบบนวัตกรรมที่ช่วยพัฒนาความเข้าใจ การคิดวิเคราะห์ และการคำนวณอย่างเป็นระบบ

2. ขั้นออกแบบนวัตกรรม (Design Stage)

ออกแบบนวัตกรรม “CAL-5E Model” โดยอิงแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ออกแบบโครงสร้างนวัตกรรมบนฐานทฤษฎี

- ใช้กระบวนการ 5E เป็นกรอบในการออกแบบกิจกรรม

- ผสานแนวคิด Active Learning ให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านการลงมือทำและการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

- ใช้ทักษะศตวรรษที่ 21 เป็นตัวชี้้นำการออกแบบกิจกรรม (Critical Thinking, Communication, Collaboration, Creativity)

2.2 ออกแบบสื่อและเครื่องมือนวัตกรรม

- ใบกิจกรรม “CAL–Learning Sheet” ช่วยจัดลำดับขั้นตอนการคำนวณ
- แบบจำลองภาพช่วยอธิบายหน่วยความเข้มข้นและความสัมพันธ์ของตัวแปร
- ใบประเมินทักษะคิดวิเคราะห์และทักษะศตวรรษที่ 21
- แบบทดสอบวัดความเข้าใจและความสามารถในการคำนวณ

2.3 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

- จัดชุดกิจกรรมตามกระบวนการ 5E เช่น

- 1) Engage: ปัญหาสถานการณ์จริง เช่น การผสมน้ำยาฆ่าเชื้อ การทำสเปรย์
- 2) Explore: ทดลองคำนวณจากตัวอย่างจริง วัดปริมาตร-มวลสาร
- 3) Explain: ใช้แผนภาพขั้นตอน (Step-by-step Thinking Map) เพื่ออธิบายการคำนวณ
- 4) Elaborate: แก๊งโจทย์สถานการณ์ซับซ้อน มีหลายหน่วยความเข้มข้น
- 5) Evaluate: แบบประเมินทักษะคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบหลังเรียน

3. ขั้นพัฒนานวัตกรรม (Development Stage)

- 3.1 สร้างต้นแบบกิจกรรม 5E ฉบับสมบูรณ์
- 3.2 พัฒนาชุดสื่อประกอบ ได้แก่ ใบกิจกรรม แผนผังคิด ตัวอย่างโจทย์สถานการณ์ และสื่อดิจิทัล
- 3.3 ตรวจสอบความถูกต้องทางวิชาการโดยผู้เชี่ยวชาญสาขาเคมีและการจัดการเรียนรู้
- 3.4 ปรับปรุงนวัตกรรมตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ (Expert Validation)
- 3.5 เตรียมเครื่องมือประเมิน เช่น

- แบบทดสอบวัดความสามารถในการคำนวณ
- แบบประเมินทักษะคิดวิเคราะห์
- แบบประเมินทักษะศตวรรษที่ 21
- แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้เชิงรุก

4. ขั้นตอนทดลองใช้และดำเนินการสอน (Implementation Stage)

ดำเนินการสอนจริงกับนักเรียน ม.4/2 จำนวน 40 คน ตามช่วงเวลา 4–5 คาบเรียน โดยใช้กระบวนการตามโมเดล

4.1 การนำนวัตกรรมไปใช้ตามกระบวนการ 5E

4.1.1 Engage (กระตุ้นความสนใจ)

- นำเสนอปัญหาในชีวิตประจำวัน
- ตั้งคำถามกระตุ้นการคิด

4.1.2 Explore (สำรวจและค้นหา)

- ผู้เรียนทำกิจกรรมทดลอง
- ทำแบบบันทึกข้อมูล (Data Sheet)
- แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม

4.1.3 Explain (อธิบายและสร้างความเข้าใจ)

- ครูชี้แนะแนวคิดหลักการคำนวณ
- ผู้เรียนอธิบายกระบวนการคิดด้วยการนำเสนอผลงาน
- ใช้แผนภาพ “CAL Thinking Map” เพื่ออธิบายสูตรและตัวแปร

4.1.4 Elaborate (ขยายความรู้และประยุกต์ใช้)

- นำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาสถานการณ์จริง
- ฝึกคำนวณหลายหน่วย เช่น %w/w, %w/v, molarity, ppm
- การทำงานเป็นทีม (Collaboration)

4.1.5 Evaluate (ประเมินผล)

- ทดสอบหลังเรียน
- ประเมินทักษะคิดวิเคราะห์

- สะท้อนผลการเรียนรู้ (Reflection Sheet)

5. ขั้นประเมินผลและสรุปผล (Evaluation Stage)

5.1 ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน-หลังเรียน

5.2 ประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ผ่านแบบประเมินเชิงพฤติกรรม

5.3 ประเมินทักษะศตวรรษที่ 21 ผ่านแบบประเมินตนเอง เพื่อนประเมิน และครูประเมิน

5.4 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ

5.5 สรุปผลว่าการใช้นวัตกรรม CAL-5E Model ช่วยลดปัญหาความสับสนในการคำนวณ เพิ่มความเข้าใจ เพิ่มทักษะคิดวิเคราะห์ และยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6. ขั้นเผยแพร่และพัฒนาต่อเนื่อง (Dissemination & Continuous Improvement)

6.1 เผยแพร่ผลการใช้นวัตกรรมในรูปแบบรายงาน บทความ หรือการประชุมวิชาการ

6.2 จัดทำคู่มือการใช้นวัตกรรมสำหรับครูผู้สอนรายวิชาเคมี

6.3 ปรับปรุงนวัตกรรมตามข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานจริง

6.4 ขยายการใช้นวัตกรรมไปยังหน่วยการเรียนรู้อื่นในรายวิชาเคมี เช่น โมล การเจือจาง การไทเทรต เป็นต้น

5. วิธีการประเมินผล

การใช้เครื่องมือวัดและประเมินผล

การประเมินผลการพัฒนานวัตกรรม “CAL-5E Model” ดำเนินการโดยใช้เครื่องมือที่มีความเที่ยงตรง (Validity) ความเชื่อมั่น (Reliability) และความหลากหลายของวิธีการประเมิน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องครอบคลุม และสะท้อนผลการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างแท้จริง โดยการประเมินแบ่งเป็น เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ พร้อมกระบวนการประเมินอย่างต่อเนื่อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. เครื่องมือวัดและประเมินผลเชิงปริมาณ (Quantitative Assessment Tools)

1.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Pre-test / Post-test)

- ใช้เพื่อประเมินความรู้และความสามารถในการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในรูปแบบต่าง ๆ
- ออกแบบแบบทดสอบให้ครอบคลุมตัวชี้วัดและวัตถุประสงค์การเรียนรู้
- ตรวจสอบ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity: IOC ≥ 0.67) โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

- ตรวจสอบ ความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha)
- วิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.2 แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม 5E (Performance Assessment Checklist)

- ใช้ประเมินความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล การทดลอง การคิดเป็นขั้นตอน และการแก้ปัญหาเชิงคำนวณ
- จัดทำเป็นแบบรูบริก (Rubric) ที่มีเกณฑ์ประเมิน 4 ระดับ
- ประเมินความตรงตามสภาพจริง (Authentic Assessment)

2. เครื่องมือวัดและประเมินผลเชิงคุณภาพ (Qualitative Assessment Tools)

2.1 แบบสังเกตพฤติกรรมความคิดวิเคราะห์และการเรียนรู้เชิงรุก (Observation Form)

- ใช้สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในกระบวนการ Engage–Explore–Explain–Elaborate
- ประเมินความสามารถในการตั้งคำถาม วิเคราะห์ปัญหา เสนอแนวคิด และสรุปผล
- จัดทำเป็นรายการตรวจสอบ พร้อมเกณฑ์ให้คะแนน
- ใช้วิธีการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity)

2.2 แบบประเมินทักษะศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills Assessment)

- ครอบคลุมทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking), การสื่อสาร, ความร่วมมือ และการแก้ปัญหา
- ใช้การประเมินหลายแหล่ง (Multiple Sources):
 - การประเมินตนเอง
 - เพื่อนประเมินเพื่อน
 - ครูประเมินผู้เรียน
- ใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริกเพื่อให้ผลประเมินมีความน่าเชื่อถือ

2.3 แบบสัมภาษณ์และสะท้อนการเรียนรู้ (Reflection & Interview Form)

- ใช้วัดความเข้าใจเชิงลึก ทักษะคิด และประสบการณ์เรียนรู้ของผู้เรียน
- ใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสรุปประเด็นสำคัญ
- ช่วยประเมินผลการเปลี่ยนแปลงด้านเจตคติและกระบวนการคิด

3. ขั้นตอนการประเมินอย่างต่อเนื่อง (Continuous Assessment Process)

เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของนวัตกรรม ดำเนินการประเมินผลตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 ก่อนการจัดการเรียนรู้ (Pre-Assessment)

- ประเมินพื้นฐานความรู้ด้านความเข้มข้นของสาระลาย
- เก็บข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาในการคำนวณและความเข้าใจของผู้เรียน

3.2 ระหว่างการเรียนรู้ (Formative Assessment)

- ใช้การสังเกต การประเมินการปฏิบัติงาน และการสนทนากลุ่ม
- ติดตามพัฒนาการด้านทักษะคิดวิเคราะห์ การคำนวณ และทักษะศตวรรษที่ 21

3.3 หลังการจัดการเรียนรู้ (Summative Assessment)

- เปรียบเทียบคะแนนก่อน-หลังเรียน
- ประเมินชิ้นงาน กลุ่มกิจกรรม และผลการแก้ปัญหา
- วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ และสรุปผลการใช้นวัตกรรม

4. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของนวัตกรรม

เครื่องมือประเมินช่วยวัดผลตามวัตถุประสงค์ดังนี้

วัตถุประสงค์	เครื่องมือประเมินที่ใช้
1. พัฒนาทักษะคิดวิเคราะห์และการมีส่วนร่วม	แบบสังเกตพฤติกรรม, Performance Checklist, Rubric
2. พัฒนาความสามารถในการคำนวณความเข้มข้น	แบบทดสอบ Pre-Post, งานฝึกคำนวณ, ใบกิจกรรม 5E
3. ส่งเสริมทักษะศตวรรษที่ 21	แบบประเมินทักษะ 21st Century Skills (ตนเอง-เพื่อน-ครู)
4. ลดปัญหาความสับสนในการคำนวณ	แบบทดสอบหลังเรียน, สัมภาษณ์สะท้อนคิด

5. ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น และคุณภาพของเครื่องมือ

- ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญอย่างน้อย 3 คน
- ตรวจสอบความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ($\alpha \geq 0.70$)
- ใช้วิธีการประเมินหลายรูปแบบ (Multiple Assessment Methods)
- ใช้ข้อมูลจากหลายแหล่ง (Triangulation) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผล
- ดำเนินการประเมินด้วยความโปร่งใสและเป็นระบบ

6. ผลสำเร็จของการดำเนินงานจากการนำนวัตกรรมไปใช้

จากการนำนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน พบว่ามีผลสำเร็จที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของผู้เรียนอย่างชัดเจน ดังนี้

6.1 ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

ผลการทดสอบก่อน-หลังเรียน (Pre-Post Test) แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนว่าผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น และพัฒนาความรู้ตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่ตั้งไว้ มีหลักฐานประกอบ ได้แก่ ผลการวิเคราะห์คะแนน ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และกราฟเปรียบเทียบพัฒนาการของผู้เรียน

6.2 ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการคิดและสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

จากแบบประเมินทักษะ 4 ด้าน ได้แก่ การตั้งคำถามและออกแบบการทดลอง การสืบค้นข้อมูล การอธิบายผลการทดลอง และการใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ พบว่าผู้เรียนมีระดับคุณภาพเพิ่มขึ้นในทุกด้าน สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาสมรรถนะ มีหลักฐาน เช่น แบบประเมินทักษะ, Rubric, ภาพกิจกรรม และตัวอย่างชิ้นงานผู้เรียน

6.3 ผู้เรียนมีความสนใจ แรงจูงใจ และเจตคติต่อการเรียนดีขึ้น

ผลจากแบบสอบถามความพึงพอใจและการสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน พบว่าผู้เรียนมีความกระตือรือร้น เข้าร่วมกิจกรรมเต็มใจมากขึ้น กล้าแสดงความคิดเห็น ทำงานเป็นทีมได้ดี และมีความมั่นใจในการเรียนรู้ มีหลักฐานประกอบ เช่น แบบสอบถามความพึงพอใจ บันทึกหลังการสอน และภาพกิจกรรม

6.4 คุณภาพของงาน/ชิ้นงานผู้เรียนพัฒนาดีขึ้นและตรงตามเกณฑ์คุณภาพที่ตั้งไว้

การประเมินด้วย Rubric แสดงให้เห็นว่าชิ้นงานผู้เรียนมีความถูกต้อง ครบถ้วน สะท้อนความเข้าใจในเนื้อหาและกระบวนการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น พร้อมหลักฐานประกอบ เช่น ชิ้นงานจริง เวิร์กชีต ใบกิจกรรม และสรุปคะแนนตามตัวชี้วัด

6.5 เกิดการพัฒนาการเรียนรู้ที่มีความต่อเนื่องและยั่งยืนด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์

การเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพอย่างเป็นระบบ ตลอดกระบวนการดำเนินงาน ทำให้สามารถสรุปผลได้อย่างมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งประกอบด้วย หลักฐานข้อมูล เช่น ตารางคะแนน รายงานสรุปผล ภาพกิจกรรม วิดีทัศน์ และใบสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน

7. แนวทางการต่อยอดและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา

เพื่อให้การนำนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้เกิดประสิทธิผลสูงสุด และสามารถขยายผลให้กว้างขึ้น จึงกำหนดแนวทางการต่อยอดและพัฒนานวัตกรรมอย่างเป็นระบบ ดังนี้

7.1 การพัฒนาและปรับปรุงนวัตกรรมให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขั้นตอน/วิธีการ

- 1) เก็บข้อมูลผลการใช้จริงจากผู้เรียน ครูผู้สอน และผู้เกี่ยวข้อง เพื่อระบุจุดเด่น-จุดที่ควรปรับปรุง
- 2) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อหาข้อบกพร่องของสื่อ/กิจกรรม
- 3) ปรับเนื้อหา ใบงาน ใบกิจกรรม แบบประเมิน และสื่อประกอบให้เหมาะสมกับความแตกต่างของผู้เรียน
- 4) ทดลองใช้ในรอบต่อไป (Cycle ต่อไป) เพื่อตรวจสอบคุณภาพ และประเมินความถูกต้องของการปรับปรุง

7.2 การขยายผลการใช้งานนวัตกรรมในระดับห้องเรียน/ระดับกลุ่มสาระ

ขั้นตอน/วิธีการ

- 1) จัดอบรม/แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (PLC) เพื่อถ่ายทอดแนวคิด วิธีใช้ และขั้นตอนดำเนินงานให้ครูผู้สอนรายอื่น
- 2) พัฒนาคู่มือการใช้ (Manual) และตัวอย่างแผนการสอนมาตรฐาน เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้อย่างเป็นระบบ
- 3) ทดลองใช้นวัตกรรมในหลายห้องเรียน และเปรียบเทียบผลลัพธ์เพื่อประเมินประสิทธิผล
- 4) รวบรวมข้อเสนอแนะจากครูผู้ใช้งาน เพื่อนำไปปรับปรุงรอบถัดไป

7.3 การพัฒนาระบบติดตาม ประเมิน และยืนยันคุณภาพนวัตกรรม

ขั้นตอน/วิธีการ

- 1) สร้างระบบติดตามผลแบบต่อเนื่อง เช่น แบบประเมินก่อน-หลังเรียน แบบสังเกตพฤติกรรม แบบประเมินทักษะ และแบบสอบถามความพึงพอใจ
- 2) วิเคราะห์ผลและจัดทำรายงานการพัฒนาเป็นรายภาคเรียน เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการตัดสินใจ ตรวจสอบความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น และความเหมาะสมของเครื่องมือวัดในทุกครั้งที่ปรับปรุง

3) ทำรายงานคุณภาพนวัตกรรม (Quality Assurance) เพื่อเตรียมใช้ในการเผยแพร่ระดับโรงเรียนหรือเขตพื้นที่

7.4 การพัฒนาบทเรียนและสื่อดิจิทัลที่รองรับหลายรูปแบบ

ขั้นตอน/วิธีการ

- 1) นำกิจกรรมและสื่อในนวัตกรรมมาพัฒนาสู่รูปแบบ ออนไลน์/ไฮบริด เช่น วิดีโอ แบบทดสอบออนไลน์ E-Worksheet
- 2) พัฒนาแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม เช่น Infographic, Interactive Worksheet, Simulation
- 3) เชื่อมโยงนวัตกรรมกับแพลตฟอร์มการเรียนรู้ เช่น Google Classroom, LMS ของโรงเรียน
- 4) ทดสอบใช้งานและเก็บข้อเสนอแนะจากผู้เรียนหลายกลุ่ม เพื่อปรับปรุงให้เข้าถึงง่ายและตอบสนองหลากหลายรูปแบบการเรียนรู้

8. การเผยแพร่และยกระดับสู่ผลงานวิชาการ/นวัตกรรมระดับเขตพื้นที่

ขั้นตอน/วิธีการ

- 1) จัดทำเอกสารเผยแพร่นวัตกรรมในรูปแบบบทความวิชาการ/บทความนวัตกรรม
- 2) นำเสนอผลงานในกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระดับโรงเรียน ระดับเขตพื้นที่ หรือเวทีวิชาการอื่น ๆ
- 3) จัดทำคลังสื่อนวัตกรรม (Innovation Repository) ของโรงเรียน เพื่อให้ครูอื่นสามารถเข้าถึงได้
- 4) สรุปผลการพัฒนาและเตรียมยื่นขอประเมินผลงานครู ตามหลักเกณฑ์ วPA หรืออื่น ๆ หากมีความ

พร้อม

ภาคผนวก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว31222

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2/2568 เวลาเรียน 1.5 หน่วยกิต จำนวน 60 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ชื่อหน่วย สารละลาย เรื่อง การเตรียมสารละลาย เวลา 1 ชั่วโมง

วันที่.....ใช้สอนห้อง.....เวลา.....

วันที่.....ใช้สอนห้อง.....เวลา.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

สาระเคมี

1. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมีการวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและ การเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ผลการเรียนรู้

6. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด

2. สาระสำคัญ

การเตรียมสารละลายเป็นกระบวนการสำคัญทางเคมีที่ต้องอาศัยความเข้าใจเรื่องตัวถูกละลาย ตัวทำละลาย และความเข้มข้นของสารละลาย การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ CAL-5E Model ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์เชิงปริมาณ ผ่านการทดลอง การคำนวณ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้

1. อธิบายวิธีการคำนวณหาปริมาณสารที่ใช้ในการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ และการเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้นได้ (K)

3.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ

2. เตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์และการเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้นได้ (P)

3.3 ด้านเจตคติ

3 . มีความรับผิดชอบ รอบคอบ และปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย (A)

4. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- มุ่งมั่นในการทำงาน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ความสามารถในการแก้ปัญหา $\Rightarrow$ การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความเข้มข้นของสารละลาย

6. สาระการเรียนรู้

- 4.1 การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์
- 4.2 การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น

7. ชิ้นงาน/ภาระงาน

ใบกิจกรรมที่ 15 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

8. การจัดกระบวนการเรียนรู้

(การออกแบบหน่วยการเรียนรู้สอดคล้องกับบริบท และผู้เรียน และมีกิจกรรมการเรียนรู้ตาม CAL-5E Model)

8.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

ครูนำสถานการณ์ใกล้ตัว เช่น เครื่องดื่มที่มีรสหวานต่างกัน ให้นักเรียนสังเกตและอภิปราย

ตั้งคำถามกระตุ้นการคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับความเข้มข้นของสารละลาย

8.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

8.2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน โดยละความสามารถของนักเรียน จากนั้นสมาชิกในกลุ่มแบ่งหน้าที่กันทำงาน

8.2.2 ครูให้ความรู้เรื่องการหาความเข้มข้นหรือปริมาตรของสารละลายที่ได้จากการทำสารละลายเข้มข้น ให้เจือจาง โดยใช้วิธีคำนวณจากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$ พร้อมทั้งแสดงการคำนวณ ตามตัวอย่าง 13 และ 14

8.2.3 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับปริมาตร สามารถนำไปใช้คำนวณปริมาตรและความเข้มข้นของสารละลายเดิมหรือของสารละลายที่เตรียมได้ โดย C_1 กับ C_2 จะต้องเป็นหน่วยความเข้มข้นเดียวกันและ V_1 กับ V_2 จะต้องเป็นหน่วยปริมาตรเดียวกัน

8.2.3 ครูให้ความรู้นักเรียน เรื่อง การเตรียมสารละลาย โดยมีทั้งวิธีการเตรียมสารละลาย จากสารละลายบริสุทธิ์ และการเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น โดยจะชี้แจงให้เห็นข้อแตกต่างรวมทั้งหน่วยของปริมาณตัวละลายแต่ละวิธี และให้นักเรียนสรุปประเด็นความรู้ที่สำคัญลงในสมุด

8.2.4 ทำการทดลองเตรียมสารละลายตามความเข้มข้นที่กำหนด ชั่งมวล วัดปริมาตร บันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ตัวแปร

8.3 ขั้นตอนอธิบายและสร้างความรู้(Explanation)

8.3.1 ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนการหาความเข้มข้นหรือปริมาตรของสารละลายที่ได้จากการทำสารละลายเข้มข้นให้เจือจาง โดยใช้วิธีคำนวณจากสูตร $M_1V_1 = M_2V_2$

8.3.2 ผู้เรียนอธิบายผลการทดลอง ครูสรุปแนวคิด ทฤษฎี และสูตรการคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย

8.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

- ผู้เรียนแก้โจทย์สถานการณ์จริง วิเคราะห์และออกแบบการเตรียมสารละลายให้เหมาะสมกับโจทย์ที่กำหนด

7.5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

7.5.1 นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 15 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

7.5.2 ครูตรวจใบงานที่ 15 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

7.5.3 ครูประเมินพฤติกรรมการรายบุคคลตามแบบประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

7.5.4 ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาเรื่องที่จะเรียนในชั่วโมงต่อไปไว้ล่วงหน้า (ใบความรู้ที่ 6 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย และเนื้อหาในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมเคมี 2)

9. สื่อ/แหล่งเรียนรู้

9.1 สื่อ

9.1.1 อุปกรณ์การทดลองเคมีพื้นฐาน

9.1.2 ใบความรู้ที่ 6 เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆ

9.1.3 ใบงานที่ 15 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

8.2 แหล่งการเรียนรู้

9.2.1 ห้องปฏิบัติการเคมี

10. การวัดและประเมินผล

	วิธีวัดและ ประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและ ประเมินผล	เกณฑ์การวัดและ ประเมินผล
1. ด้านความรู้ - อธิบายวิธีการเตรียมสารละลาย จากสารบริสุทธิ์ และการเตรียม สารละลายจากสารละลายเข้มข้น ได้ (K)	-ทำใบกิจกรรม15 เรื่อง การเตรียม สารละลาย	- ใบกิจกรรม15 เรื่อง การ เตรียมสารละลาย	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 85
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ - เตรียมสารละลายจากสาร บริสุทธิ์และการเตรียมสารละลาย จากสารละลายเข้มข้นได้ (P)	-ทำใบกิจกรรม15 เรื่อง การเตรียม สารละลาย	- ใบกิจกรรม15 เรื่อง การ เตรียมสารละลาย	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 85
3. ด้านเจตคติ มีความรับผิดชอบ รอบคอบ และ ปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย (A)	- สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม	มีระดับคุณภาพ ระดับดีขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะอันพึง ประสงค์ - มุ่งมั่นในการทำงาน	- สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม	มีระดับคุณภาพ ระดับดีขึ้นไป
4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	- สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม	มีระดับคุณภาพ ระดับดีขึ้นไป

ภาพประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้
เรื่อง การเตรียมสารละลาย



นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคำนวณหาปริมาณสารเพื่อชั่งสาร



นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือปฏิบัติการทดลอง ชั่งสารตัวอย่างเพื่อเตรียมสารละลายบริสุทธิ์

ภาพประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้
เรื่อง การเตรียมสารละลาย



ปรับปริมาตรสารละลายเข้มข้น เพื่อใช้เตรียมสารละลายเจือจาง



นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลอง ทำใบกิจกรรมที่ 15 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

ภาพประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้
เรื่อง การเตรียมสารละลาย



แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน



ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการทดลอง เรื่อง การเตรียมสารละลาย

