

การส่งเสริมความเข้าใจโมเดลการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย

ศตพร สุหนทรวิสัย¹ และจันทร์จิรา จูมพลหล้า^{2*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อุดรธานี 41000;

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อุดรธานี 41000

*E-mail: chanchira659@gmail.com

รับบทความ: 7 เมษายน 2569 แก้ไขบทความ: 18 พฤษภาคม 2569 ยอมรับตีพิมพ์: 26 พฤษภาคม 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาโมเดลเรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) และ 2) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโมเดลการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังจากการเรียนรู้แบบ POE ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนประถมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดอุดรธานี จำนวน 17 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบ POE จำนวน 4 แผน รวม 12 ชั่วโมง และแบบทดสอบความเข้าใจโมเดลการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารแบบ 2 ระดับ (two-tier test) จำนวน 16 ข้อ ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ การทดสอบทีแบบไม่อิสระกัน และการทดสอบแมกนีมาร์ (McNemar test) ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ POE มีคะแนนความเข้าใจโมเดลหลังเรียน (\bar{X} = 36.10) สูงกว่าก่อนเรียน (\bar{X} = 16.20) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจโมเดลที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 82.40 แต่หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ POE นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 80.14

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงโมเดล สถานะของสสาร การจัดการเรียนรู้แบบ POE

Enhancing Grade 5 Students' Conceptual Understanding of Changes in the State of Matter through Predict–Observe–Explain Learning Approach

Sataphon Soonthonwisai¹ and Chanchira Joomphonla^{2*}

¹Science Education Program, Graduate School, Udon Thani Rajabhat University, Udonthani 41000, Thailand;

²Science Program, Faculty of Education, Udon Thani Rajabhat University, Udonthani 41000, Thailand

*E-mail: chanchira659@gmail.com

Received: 7 April 2026 Revised: 18 May 2026 Accepted: 26 May 2026

Abstract

This study aimed to: 1) investigate Grade 5 students' conceptual understanding of changes in the states of matter before and after implementing the Predict–Observe–Explain (POE) approach, and 2) examine their conceptual changes resulting from this instructional method. The participants comprised 17 Grade 5 students from a primary school in Udon Thani Province. The research instruments included four POE–based lesson plans totaling 12 hours of instruction, and a 16–item two–tier conceptual understanding test with a reliability coefficient of 0.90. Data were analyzed using frequency, mean, standard deviation, percentage, dependent samples *t*–test, and McNemar's test. The results revealed that students taught through the POE approach achieved a significantly higher posttest mean score ($\bar{X} = 36.10$) than their pretest mean score ($\bar{X} = 16.20$) at the .05 statistical significance level. Furthermore, prior to the intervention, the majority of students (82.40%) held misconceptions or alternative conceptions inconsistent with scientific principles. However, after experiencing the POE approach, the proportion of students demonstrating scientifically correct conceptions increased substantially to 80.14%.

Keywords: Conceptual understanding change, State of matter, POE learning approach

บทนำ

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา-
ศึกษาถือเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาผู้เรียน
ให้มีทักษะกระบวนการคิดและทักษะชีวิต โดย

เป้าหมายหลักมิใช่เพียงการจดจำทฤษฎี แต่เป็น
การส่งเสริมให้นักเรียนสามารถใช้กระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการแสวงหา
ความรู้และแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่าง

มีเหตุผล (Bureau of Academic Affairs and Educational Standards, 2017) สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่เน้นย้ำว่าการสร้างความเข้าใจโมเมนต์ (conceptual understanding) ที่ถูกต้องและลึกซึ้ง เป็นเงื่อนไขสำคัญของการเรียนรู้ที่มีความหมาย อันเป็นรากฐานสู่การเรียนรู้ที่คงทน การส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูง และการถ่ายโยงความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาคนและประเทศชาติ ดังนั้นหลายประเทศจึงนำวิทยาศาสตร์เป็นวิชาบังคับในหลักสูตรการเรียนการสอน การรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้คนทราบและเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัว บุคคลที่มีความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มในการประกอบอาชีพที่มั่นคงในอนาคต อย่างไรก็ตามในปัจจุบันพบว่าการจัดสภาพแวดล้อมด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ไม่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่อยู่รอบตัวผู้เรียนทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ (Narjaikaew, 2015) ผลการวิจัยด้านเกี่ยวกับโมเมนต์ทางวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนทั้งระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน อุดมศึกษา หรือแม้กระทั่งครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ยังคงมีโมเมนต์วิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนถึงแม้ว่าจะได้รับการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเหล่านั้น (Wohankla and Narjaikaew, 2018) โมเมนต์ทางวิทยาศาสตร์คือความคิดที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นโมเมนต์ที่ได้รับการยอมรับในชุมชนวิทยาศาสตร์ ในการเรียนรู้โมเมนต์ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยกระบวนการสร้างองค์ความรู้ที่ได้จากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมหรือจากประสบการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

ในชีวิตประจำวันของนักเรียน การแก้ไขโมเมนต์ของนักเรียนต้องมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวข้องข้อเท็จจริงและการคิดเชื่อมโยงในบริบทหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยต้องตระหนักถึงโมเมนต์เดิมและประสบการณ์ของผู้เรียน (Somprasong and Narjaikaew, 2025) อันจะส่งผลต่อการเรียนรู้ใหม่ที่ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์

ปัญหาสำคัญที่พบจากการศึกษาวิจัยทั้งในและต่างประเทศคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษา มักมีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อน (misconception) ในโมเมนต์ทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเรื่อง “การเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร” ซึ่งเป็นหัวข้อพื้นฐานที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมสำหรับเด็ก ตัวอย่างที่เด่นชัดคือ “นักเรียนมักเข้าใจว่าเมื่อสสารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวจะมีมวลลดลง” หรือ “เมื่อของเหลวระเหยกลายเป็นไอ สสารนั้นจะหายไปในอากาศ” (Driver *et al.*, 1994; Osborne and Cosgrove, 1983 อ้างใน Özcan and Uyanik, 2022) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้ หากไม่ได้รับการแก้ไขอย่างถูกวิธีจะกลายเป็นอุปสรรคสำคัญในการต่อยอดความรู้ในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น

งานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาที่พบว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนแบบปกติทั่วไปนั้นยังมีโมเมนต์คลาดเคลื่อน บางครั้งเรียกว่าโมเมนต์ทางเลือก (alternative conception) ซึ่งอาจมีความทนทานและยากต่อการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการเรียนรู้แบบดั้งเดิม (Sreebua *et al.*, 2015) ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยเห็นความจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เผชิญหน้ากับแนวคิดเดิมของตนเองและสร้างองค์ความรู้ใหม่ผ่านประสบการณ์เชิงประจักษ์ การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (predict-

observe–explain: POE) ตามแนวคิดของ White and Gunstone (1992) จึงเป็นกลยุทธ์การสอนที่เหมาะสม เนื่องจากสอดคล้องกับแนวคิดสร้างองค์ความรู้ (constructivism) ที่มุ่งเน้นการเปลี่ยนมโนคติ (conceptual change) โดยมีกลไกสำคัญ 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การทำนาย (predict) เพื่อตั้งมโนคติเดิมของผู้เรียนออกมา 2) การสังเกต (observe) เพื่อสร้างสภาวะความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) เมื่อผลการสังเกตไม่ตรงกับที่ทำนายไว้ และ 3) การอธิบาย (explain) เพื่อให้ผู้เรียนปรับปรุงโครงสร้างทางปัญญาและสรุปมโนคติที่ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยงานวิจัยของ Özcan and Uyanik (2022) ยืนยันว่าการใช้ POE ช่วยให้ผลสัมฤทธิ์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนสูงกว่าการสอนแบบปกติ Narjaikaew and Jeeravipoonvarn (2014) นำการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย–สังเกต–อธิบายและการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยพบว่าครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา มโนคติวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น Rueangsri *et al.* (2024) ได้จัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบายเสริมด้วยบันทึกการเรียนรู้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร พบว่าหลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจมโนคติเรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารเชิงบวก Liew and Treagust (1998) ดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research) เพื่อศึกษาประสิทธิผลของเทคนิค predict–observe–explain (POE) ภาะงานตามกระบวนการ POE สามารถนำมาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการช่วยให้ครูและนักเรียนสามารถบันทึกผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน รวมทั้งติดตามและสะท้อนพัฒนาการของผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบ

จากหลักการและเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบ POE ต่อการส่งเสริมความเข้าใจมโนคติของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 อย่างไร ผลการวิจัยครั้งนี้ไม่เพียงจะช่วยแก้ไขความเข้าใจคลาดเคลื่อนของนักเรียน แต่ยังเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาวិทยาศาสตร์ในระดับพื้นฐานของประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาและเปรียบเทียบมโนคติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ POE
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนคติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ POE

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ POE มีความเข้าใจมโนคติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ POE มีสัดส่วนของนักเรียนที่มีมโนคติสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ (scientific understanding) ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร มีทิศทางในการเปลี่ยนแปลงเชิงบวกเพิ่มขึ้นหลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและตัวอย่าง: ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนประถมศึกษา ขนาดกลางแห่งหนึ่ง ในอำเภอนายูง จังหวัดอุดรธานี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานีเขต 4 ประจำปีการศึกษา ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้อง จำนวนนักเรียนทั้งหมด 17 คน

ตัวแปรที่ศึกษา: ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบ POE และตัวแปรตาม ได้แก่ ความเข้าใจโมเดลการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย: ผู้วิจัยใช้เนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย: ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมดเป็นเวลา 6 สัปดาห์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน (one-group pretest-posttest design)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบ POE 8 ขั้นตอน โดยเน้นหน้าที่ 3 กระบวนการหลัก คือ P (predict)ให้นักเรียนตั้งมโนมติเดิมนอกมา O (observe) ให้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงเพื่อตรวจสอบความคิด และ E (explain) เพื่อให้เกิดการปรับเปลี่ยน

มโนมติ โดยผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จากหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร 1 หน่วยการเรียนรู้ ครอบคลุมเนื้อหาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ การละลาย การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงแบบผันกลับได้/ไม่ได้ จำนวน 4 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง โดยดำเนินการสอนจำนวน 6 คาบ คาบละ 2 ชั่วโมง โดยแต่ละแผนการสอนใช้เวลา 3 คาบ และมีการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนความเป็นไปได้ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และการวัดและประเมินผลจำนวน 3 คน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนพิจารณาตรวจสอบให้คะแนนตามแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดังในตาราง 1

ตาราง 1 คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	เวลา (ชม.)	ระดับความเหมาะสม
1	การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ	3	4.95 (เหมาะสมมากที่สุด)
2	การละลายของสารในน้ำ	3	4.96 (เหมาะสมมากที่สุด)
3	การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ	3	4.96 (เหมาะสมมากที่สุด)
4	การเปลี่ยนแปลงแบบผันกลับได้และผันกลับไม่ได้	3	4.96 (เหมาะสมมากที่สุด)
รวม		12	

จากตาราง 1 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 4 แผน อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาความเหมาะสมของแผนการจัดการจัดการเรียนรู้และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ นำมาปรับปรุงแก้ไขและได้นำไปปรับในแผนที่เหลือให้เป็นรูปแบบที่เหมือนกัน และนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบความเข้าใจมโนคติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร เป็นแบบ 2 ระดับ (two-tier test) โดยระดับที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และระดับที่ 2 เป็นการให้เหตุผลสนับสนุนในคำตอบที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ละ 4 ข้อ รวม 16 ข้อ โดยในแต่ละข้อมีระดับการให้คะแนน 4 ระดับ คือ 0 1 2 และ 3 ซึ่งปรับใช้เกณฑ์การให้คะแนนของ Coştu *et al.* (2012) โดยแบบทดสอบผ่านการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of item objective congruence: IOC) โดยใช้สูตรการคำนวณจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 คน (กลุ่มเดียวกับที่ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้) แต่ละข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.6–1.0 จากนั้นนำข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญมาทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร โดยใช้สูตรการคำนวณของ Whitney and Sabers (1970) อ้างถึงใน Worakham (2013) ได้ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบอยู่ในช่วง 0.39 ถึง 0.50 และค่าอำนาจจำแนก 0.79 ถึง 1.00 และหาค่าความเชื่อ-

มั่นทั้งฉบับโดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach's alpha coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.90

การเก็บรวบรวมข้อมูล: มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้ 1) ส่งหนังสือขอความร่วมมือในการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่งในจังหวัดอุดรธานี เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยด้วยตนเอง 2) ทดสอบก่อนเรียน (pretest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบวัดมโนคติโลกและการเปลี่ยนแปลงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแล้วเก็บรวบรวมข้อมูลที่ไว้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป 3) ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบ POE พร้อมเก็บรวบรวมข้อมูลและคะแนนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ 4) เมื่อการสอนเสร็จสิ้นลง ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดมโนคติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปทดสอบหลังเรียน (posttest) โดยใช้ข้อสอบฉบับเดิม และ 5) นำแบบวัดมโนคติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร มาวิเคราะห์และตรวจให้เป็นคะแนนหลังเรียน โดยตัดสินคะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนของ Coştu *et al.* (2012) (ตาราง 2) และทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล: นำข้อมูลความเข้าใจมโนคติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร ที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบ POE เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เก็บรวบรวมด้วยเครื่องมือต่าง ๆ มาวิเคราะห์ตามเกณฑ์ นำคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และร้อยละ (%) เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดสอบที่แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน และพิจารณาจาก

ความเข้าใจโมเมนต์ที่สอดคล้องและมโนคติที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนของ Coştu *et al.* (2012)

ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	การแปลผล	คะแนน
✓	✓	มีความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ (sound understanding: SU)	3
✗	✓	มีความเข้าใจบางส่วน (partial understanding: PU)	2
✓	ไม่ตอบ/ไม่ตรงแต่ไม่ผิด	มีความเข้าใจบางส่วน (partial understanding: PU)	2
✓	✗	มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (specific misconception: SM)	1
✗	ไม่ตอบ	ไม่มีความเข้าใจ (no understanding: NU)	0
✗	✗	ไม่มีความเข้าใจ (no understanding: NU)	0
ไม่ตอบ	ไม่ตอบ	ไม่ตอบ (no response: NR)	0

ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลมโนคติเรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารระหว่างก่อนเรียน

ตาราง 3 เปรียบเทียบมโนคติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ POE

ทดสอบ	n	\bar{X}	SD	ร้อยละ	t	p
หลังเรียน	17	36.12	9.22	75.25	10.4	<.001
ก่อนเรียน	17	16.18	2.88	33.70		

ตาราง 4 ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีมโนคติในระดับ NU SM PU SU ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนข้อ 1

หมายเลข	ก่อนเรียน			หลังเรียน		
	ระดับ	เลือก	เหตุผล	ระดับ	เลือก	เหตุผล
นร.001	NU	การเกิดสนิมเหล็ก (✓)	สีของสารเปลี่ยนไป	PU	การหลอมเหลวน้ำแข็ง (✓)	มีสารใหม่เกิดขึ้น
นร.009	SM	การหลอมเหลวน้ำแข็ง (✓)	มีสารใหม่เกิดขึ้น	SU	การหลอมเหลวน้ำแข็ง (✓)	เปลี่ยนสถานะ แต่ยังเป็นสารเดิม

และหลังเรียน (ตาราง 3) พบว่า จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 16.2 ($SD = 2.88$) คิดเป็นร้อยละ 33.70 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 36.12 ($SD = 9.22$) คิดเป็นร้อยละ 75.25 เมื่อเปรียบเทียบด้วยการทดสอบทีแบบไม่อิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนคติเฉลี่ยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < .05$)

เมื่อพิจารณามีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจมโนคติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารก่อนและหลังเรียน พบว่า ความถี่ของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติแต่ละระดับ (SU PU SM NU) จากแบบวัดมโนคติทั้ง 16 ข้อ (ตาราง 4) และเมื่อเปรียบเทียบความถี่ของมโนคติที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SU และ PU) และมโนคติที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SM และ NU) จากก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการทดสอบแมกนีมาร์แสดงในตาราง 5

ตาราง 4 ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีมโนคติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารข้อ 1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนข้อ 1 (ต่อ)

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมโนคติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารข้อ 1 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ POE

ก่อนเรียน	หลังเรียน			รวม	ทิศทางการเปลี่ยนแปลง		
	SM	PU	SU		+	0	-
NU	1	1	0	2	2	0	0
SM	1	3	11	15	14	1	0
รวม	2	4	11	17	16	1	0

ตาราง 5 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนคติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียน

ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน		รวม	χ^2	P
		สอดคล้อง	ไม่สอดคล้อง			
1	สอดคล้อง	3 (17.60%)	0 (0.00%)	3 (17.60%)	12.00	<.001
	ไม่สอดคล้อง	12 (70.60%)	2 (11.80%)	14 (82.40%)		
	รวม	15 (88.20%)	2 (11.80%)	17 (100.00%)		
2	สอดคล้อง	3 (17.60%)	0 (0.00%)	3 (17.60%)	12.00	<.001
	ไม่สอดคล้อง	12 (70.60%)	2 (11.80%)	14 (82.40%)		
	รวม	15 (88.20%)	2 (11.80%)	17 (100.00%)		
3	สอดคล้อง	6 (35.30%)	0 (0.00%)	6 (35.30%)	10.00	0.002
	ไม่สอดคล้อง	10 (58.80%)	1 (5.90%)	11 (64.70%)		
	รวม	16 (94.10%)	1 (5.90%)	17 (100.00%)		
4	สอดคล้อง	1 (5.90%)	0 (0.00%)	1 (5.90%)	15.00	<.001
	ไม่สอดคล้อง	15 (88.20%)	1 (5.90%)	16 (94.10%)		
	รวม	16 (94.10%)	1 (5.90%)	17 (100.00%)		
5	สอดคล้อง	3 (17.60%)	0 (0.00%)	3 (17.60%)	12.00	<.001
	ไม่สอดคล้อง	12 (70.60%)	2 (11.80%)	14 (82.40%)		
	รวม	15 (88.20%)	2 (11.80%)	17 (100.00%)		
6	สอดคล้อง	8 (47.10%)	0 (0.00%)	8 (47.10%)	8.00	0.005
	ไม่สอดคล้อง	8 (47.10%)	1 (5.90%)	9 (52.90%)		
	รวม	16 (94.10%)	1 (5.90%)	17 (100.00%)		
7	สอดคล้อง	2 (11.80%)	0 (0.00%)	2 (11.80%)	11.00	<.001
	ไม่สอดคล้อง	11 (64.70%)	4 (23.50%)	15 (88.20%)		
	รวม	13 (76.50%)	4 (23.50%)	17 (100.00%)		
8	สอดคล้อง	6 (35.30%)	1 (5.90%)	7 (41.20%)	7.36	0.007
	ไม่สอดคล้อง	10 (58.80%)	0 (0.00%)	10 (58.80%)		
	รวม	16 (94.10%)	1 (5.90%)	17 (100.00%)		
9	สอดคล้อง	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	13.00	<.001
	ไม่สอดคล้อง	13 (76.47%)	4 (23.53%)	17 (100.00%)		
	รวม	13 (76.53%)	4 (23.53%)	17 (100.00%)		
10	สอดคล้อง	2 (11.80%)	2 (11.80%)	4 (23.50%)	4.45	0.035
	ไม่สอดคล้อง	9 (52.90%)	4 (23.50%)	13 (76.50%)		
	รวม	11 (64.70%)	6 (35.30%)	17 (100.00%)		

ตาราง 5 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจโนมติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียน (ต่อ)

ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน		รวม	χ^2	p
		สอดคล้อง	ไม่สอดคล้อง			
10	สอดคล้อง	2 (11.80%)	2 (11.80%)	4 (23.50%)	4.45	0.035
	ไม่สอดคล้อง	9 (52.90%)	4 (23.50%)	13 (76.50%)		
	รวม	11 (64.70%)	6 (35.30%)	17 (100.00%)		
11	สอดคล้อง	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	15.00	<.001
	ไม่สอดคล้อง	15 (88.24%)	2 (11.76%)	17 (100.00%)		
	รวม	15 (88.24%)	4 (11.76%)	17 (100.00%)		
12	สอดคล้อง	6 (35.30%)	0 (0.00%)	6 (35.30%)	7.00	0.008
	ไม่สอดคล้อง	7 (41.20%)	4 (23.50%)	11 (64.70%)		
	รวม	13 (76.50%)	4 (23.50%)	17 (100.00%)		
13	สอดคล้อง	5 (29.40%)	1 (5.90%)	6 (35.30%)	4.50	0.034
	ไม่สอดคล้อง	7 (41.20%)	4 (23.50%)	11 (64.70%)		
	รวม	12 (70.60%)	5 (29.40%)	17 (100.00%)		
14	สอดคล้อง	2 (11.80%)	1 (5.90%)	3 (17.60%)	7.36	0.007
	ไม่สอดคล้อง	10 (58.80%)	4 (23.50%)	14 (82.40%)		
	รวม	12 (70.60%)	5 (29.40%)	17 (100.00%)		
15	สอดคล้อง	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	9.00	0.003
	ไม่สอดคล้อง	9 (52.94%)	8 (47.06%)	17 (100.00%)		
	รวม	9 (52.94%)	8 (47.06%)	17 (100.00%)		
16	สอดคล้อง	3 (17.60%)	0 (0.00%)	3 (17.60%)	8.00	0.005
	ไม่สอดคล้อง	8 (47.10%)	6 (35.30%)	14 (82.40%)		
	รวม	11 (64.70%)	6 (35.30%)	17 (100.00%)		
รวม	สอดคล้อง	3.125 (18.38%)	0.3125 (1.84%)	3 (17.60%)	9.73	0.012
	ไม่สอดคล้อง	10.5 (61.77%)	3.0625 (18.02%)	14 (82.40%)		
	รวม	13.625 (80.14%)	3.5 (19.86%)	17 (100.00%)		

จากการวิเคราะห์ด้วยการทดสอบแมกนีย์-มาร์ (ตาราง 5) โดยใช้ค่า Chi-square พบว่า ระดับโนมติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ POE ก่อนเรียนและหลังเรียนมีการเปลี่ยนแปลง ($p < .05$) โดยหลังเรียนนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโนมติที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปสู่ความเข้าใจที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

อภิปรายผล

จากการศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจโนมติการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารของชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ POE ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านความเข้าใจโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร โดยก่อนเรียนรู้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 33.70 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจ (NU) เป็นส่วนใหญ่ แต่ภายหลังจากการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่ม-

ขึ้นเป็นร้อยละ 75.25 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากศึกษาเปรียบเทียบและศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโมเดลการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ POE จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปได้ดังนี้ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงระดับมโนคติรายข้อพบว่าในเรื่อง การหลอมเหลว การกลายเป็นไอ และการควบแน่น นักเรียนสามารถเปลี่ยนแปลงระดับจากความเข้าใจคลาดเคลื่อนไปสู่ระดับความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ (SU) ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการสอนนี้สามารถปรับ เปลี่ยนแนวคิดเดิมที่ไม่ถูกต้องของนักเรียนให้สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนสูงในเรื่อง การหลอมเหลว การกลายเป็นไอ และการควบแน่น เช่น นักเรียนเชื่อว่าเมื่อต้มน้ำจนเดือด น้ำจะหายไปเฉย ๆ หรือเมื่อน้ำแข็งละลายน้ำหั่นจะหายไปแต่ภายหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนสามารถย้ายระดับความเข้าใจไปสู่ระดับความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ (SU) ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของกลุ่มตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าการใช้แบบทดสอบสองระดับ (two-tier test) ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถประเมินเหตุผลสนับสนุนคำตอบของนักเรียนได้อย่างลึกซึ้ง และยืนยันได้ว่านักเรียนมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาจากการได้รับประสบการณ์ตรงผ่านการทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Costu *et al.* (2012) ที่ระบุว่าจัดการการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเปลี่ยนมโนคติ (conceptual change)

มีประสิทธิภาพอย่างยิ่งในการสอนเรื่องการระเหย และการเปลี่ยนแปลงสถานะ

การที่นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลเรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนมีความเข้าใจโมเดลในระดับความเข้าใจสมบูรณ์ (SU) และความเข้าใจบางส่วน (PU) เพิ่มขึ้น และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) รวมถึงไม่เข้าใจโมเดล (NU) ลดลงอย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการที่นักเรียนได้เป็นผู้สร้างความรู้และสรุปความคิดรวบยอดผ่านกระบวนการที่เชื่อมโยงระหว่างมโนคติเดิมกับประสบการณ์ใหม่เชิงประจักษ์ โดยอาศัยขั้นตอนสำคัญของกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้แบบ POE ในขั้นการทำนาย (predict) นักเรียนได้ตั้งมโนคติเดิม (prior knowledge) ออกมาเพื่อคาดคะเนผลของปรากฏการณ์ ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมตามกฎการเรียนรู้ของ Thorndike (1932) และเป็นโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม จากนั้นในขั้น การสังเกต (observe) นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการรวบรวมข้อมูลจากประจักษ์พยานผ่านการทดลองและการสังเกตปรากฏการณ์จริง ทำให้เห็น "รูปแบบ (pattern)" ของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ซึ่งขั้นตอนนี้มักก่อให้เกิดสภาวะความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) เมื่อผลที่สังเกตได้ไม่ตรงกับที่ทำนายไว้ นำไปสู่ขั้นการอธิบาย (explain) ที่นักเรียนต้องวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล เปรียบเทียบเหตุและผล (cause and effect) เพื่อลงข้อสรุปเป็นมโนคติที่ถูกต้องสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์องค์ความรู้ (constructivism) ของ Piaget ที่อธิบายว่าผู้เรียน

มีกระบวนการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมผ่านกลไกพื้นฐาน 2 อย่าง คือ การดูดซึมเข้าสู่โครงสร้าง (assimilation) และการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) ในกรณีที่นักเรียนพบว่าโมเดลเดิมของตน (ความเข้าใจคลาดเคลื่อน) ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ นักเรียนจะเกิดการปรับโครงสร้างเพื่อหาวิธีหรือคำอธิบายใหม่มาแก้ปัญหาจนเกิดความสมดุลทางปัญญา นอกจากนี้ในระหว่างทำกิจกรรม นักเรียนยังได้ร่วมมือกันอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี social constructivism ของ Vygotsky ที่เน้นว่าปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาพุทธิปัญญา โดยเฉพาะในส่วนของพื้นที่รอยต่อความรู้ (zone of proximal development: ZPD) การที่นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อนและได้รับการชี้แนะจากครูผู้สอนผ่านการใช้คำถามกระตุ้น (scaffolding) ช่วยให้นักเรียนสามารถก้าวข้ามข้อจำกัดของโมเดลเดิมไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

การที่นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยเฉพาะในแบบทดสอบข้อที่ 1 2 9 และ 11 ซึ่งสัดส่วนของนักเรียนที่เปลี่ยนจากโมเดลคลาดเคลื่อน (SM) ไปสู่ความเข้าใจที่ถูกต้อง (SU) เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด สามารถอธิบายผลตามกลไกทฤษฎีการเปลี่ยนแนวคิด (conceptual change model) ผ่าน 3 ขั้นตอนของจัดการเรียนรู้แบบ POE ได้ดังนี้ 1) ขั้นทำนาย (predict) การกระตุ้นและเผยตัวโมเดลคลาดเคลื่อน (activate misconception): การให้ผู้เรียนเขียนคำทำนายพร้อมระบุเหตุผลสนับสนุนในสถานการณ์จำลอง ทำหน้าที่ตั้งความคิดและกระตุ้นให้ผู้เรียน

ต้องตั้งแนวคิดเดิมหรือความเชื่อที่คลาดเคลื่อนออกมาแสดงตัวอย่างเป็นรูปธรรม (White and Gunstone, 1992) ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมตามกฎการเรียนรู้ของ Thorndike (1932) 2) ขั้นสังเกต การสร้างภาวะความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict): เมื่อนักเรียนลงมือทดลองและบันทึกผลเชิงประจักษ์อย่างเป็นระบบ ผลการสังเกตจริงที่ไม่ตรงกับคำทำนายเดิมจะทำหน้าที่เป็นสิ่งที่สร้าง “ภาวะความขัดแย้งทางปัญญา” (cognitive conflict) ส่งผลให้นักเรียนเกิดความไม่พึงพอใจในแนวคิดเดิม (dissatisfaction) ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ขับเคลื่อนให้พร้อมเปิดรับคำอธิบายใหม่ (Posner *et al.*, 1982) 3) ขั้นอธิบาย (explain) การปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (cognitive restructuring): ในขั้นสุดท้าย ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นควบคู่กับการนำแบบจำลองอนุภาค (particle model) เข้ามาช่วยอธิบายปรากฏการณ์ในระดับโมเลกุล การสรุปที่สมเหตุสมผลนี้ช่วยให้นักเรียนยอมรับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพในการอธิบายได้ดีกว่า จึงเกิด “การปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา” สามารถละโมเดลคลาดเคลื่อนและสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องอย่างคงทน (Coştu *et al.*, 2012; Liew and Treagust, 1998) กระบวนการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาในขั้นอธิบายนี้ สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรคองค์ความรู้ของ Piaget ที่อธิบายว่าผู้เรียนมีกระบวนการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมผ่านกลไกการดูดซึมเข้าสู่โครงสร้าง และการปรับโครงสร้างทางปัญญาเพื่อกลับคืนสู่ภาวะสมดุล นอกจากนี้ในระหว่างทำกิจกรรม นักเรียนยังได้ร่วมมือกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น สอดคล้องกับทฤษฎี social constructivism ของ Vygotsky ที่เน้นปฏิสัมพันธ์ทาง

สังคมในพื้นที่รอยต่อความรู้ (ZPD) โดยได้รับการชี้แนะจากครูผู้สอนผ่านการใช้คำถามกระตุ้น (scaffolding) ช่วยให้นักเรียนก้าวข้ามข้อจำกัดของมโนคติเดิมไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

ผลการการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Özcan และ Uyanik (2022) ที่พบว่ากลยุทธ์ POE ช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้เนื่องจากผู้เรียนได้ฝึกฝนการคิดเชิงเหตุผลอย่างมีระบบ และ Rueangsri *et al.* (2024) ที่ศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารในระดับประถมศึกษาปีที่ 5 และพบว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะสามารถแก้ไขความเข้าใจคลาดเคลื่อนและยกระดับมโนคติวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โครงการวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาและการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เลขที่รับรองโครงการ อว 0622.7/075

เอกสารอ้างอิง

Bureau of Academic Affairs and Educational Standards. (2017). **Indicators and Core Learning Content: Science Learning Area (Revised Edition B.E. 2017) according to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2008**. Bangkok: Agricultural Co-operative Federation of Thailand.

Coştu, B., Ayas, A., and Niaz, M. (2012). Promoting conceptual change in first year students' understanding of evaporation. **Chemistry Education Research and Practice** 13(1): 5–16.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., and Wood-Robinson, V. (1994). **Making Sense of Secondary Science: Support Materials for Teachers**. London: Routledge.

Liew, C. W., and Treagust, D. F. (1998). The effectiveness of predict-observe-explain tasks in diagnosing students' understanding of science and in identifying their levels of achievement. **Proceedings of the Annual Meeting of the American Educational Research Association** (pp. 1–20). San Diego, CA: American Educational Research Association.

Narjaikaew, P. (2015). An alternative model represented relationship between time of moonrise/moonset and Thai time unit of Mong-Chao, Mong-Yen, Toom and Tee. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 6(1): 106–115. (in Thai)

Narjaikaew, P., and Jeeravipoonvarn, W. (2014). Using inquiry-based learning supplemented with predict-observe-explain and analogy teaching strategies enhancing electric DC circuit conceptions of elementary school teachers. **Journal of Research Unit on Science, Techno-**

- logy and Environment for Learning** 5(1): 1–10. (in Thai)
- Osborne, R. J., and Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. **Journal of Research in Science Teaching** 20(9): 825–838.
- Özcan, H., and Uyanık, G. (2022). The effect of predict–observe–explain strategy on students' achievement and retention in science course. **Journal of Science Education Research** 8(2): 55–72.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., and Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education** 66: 211–227.
- Rueangsri, N., Choomponla, C., Bojukrapan, S., and Deenang, E. (2024). Using predict–observe–explain learning approach supplemented with learning log to promote conceptual understanding of changes in substances among grade 5 students. **Journal of Asian Language Teaching and Learning** 5(3): 337–344.
- Somprasong, M., and Narjaikaew, P. (2025). Model-based learning to enhance conceptual understanding of the changing earth of grade 8 novice monk students. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 16(2): 187–197. (in Thai)
- Sreebua, L., Jeeravipoolvarn, W., and Narjaikaew, P. (2015). Comparison of work and energy concepts and science process skills of grade 10 students between using 7Es learning circle supplemented with science activities and traditional teaching method. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 6(2): 141–155. (in Thai)
- Thorndike, E. L. (1932). **The Fundamentals of Learning**. New York: Teachers College.
- White, R. T., and Gunstone, R. F. (1992). **Probing Understanding**. London: Falmer.
- Wohankla, O., and Narjaikaew, P. (2018). Force and motion conception of grade 10 students learning through inductive instructional model supplemented with Polya's problem solving process. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 9(1): 76–92. (in Thai)
- Worakham, P. (2013). **Educational Research**. 6th ed. Mahasarakham: Taksila. (in Thai)