

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดและตัวแทนความคิด เรื่อง
ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

Effects of Learning Management According to the Stem Education Approach to
Develop Conceptual Understanding and Mental Representation on the Relationships
Between Earth, Moon, and Sun for Mathayomsuksa 3 Students

นิชากร มาลาล้ำ

เทพพร โลมารักษ์

เบญจพร วรณูปถัมภ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Nichakorn Malalum

Thepporn Lomarak

Benchaporn Wannupatamp

Buriram Rajabhat University

Email: nichakorn.mal@bru.ac.th

Email: tepporn.lm@bru.ac.th

Email: benjaphorn.wn@bru.ac.th

วันที่รับบทความ: 28 พฤศจิกายน 2566; วันที่แก้ไขบทความ 13 ธันวาคม 2566; วันที่ตอบรับบทความ: 15 ธันวาคม 2566

Received: November 28, 2023; Revised: December 13, 2023; Accepted: December 15, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้านความรู้ความเข้าใจแนวคิด เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ก่อนเรียนและหลังเรียน และเพื่อเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้านตัวแทนความคิดของนักเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน 2) แบบวัดความเข้าใจแนวคิดแบบ 2 ทาง จำนวน 8 ข้อ 3) แบบศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติ t - test

ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีความรู้ความเข้าใจแนวคิด เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีตัวแทนความคิดหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา; ความเข้าใจโน้มนมติ; ตัวแทนความคิด

Abstract

The aim of this research is to compare the results of learning management according to STEM education. In terms of knowledge and Conceptual Understanding on the relationship between the Earth, the Moon and the Sun before class and after class and to compare the results of learning management according to STEM education in terms of student mental representations. On the relationship between the earth, moon and sun after studying with the criteria of 80 percent of Mathayom 3 students, the sample groups are: Mathayom 3/2 students at Prasatwittayakarn School, Prasat District, Surin Province, Semester 1, Academic Year 2023, totaling 35 people. The research tools include: 1) 4 lesson plans 2) 2-way conceptual understanding test, 8 items 3) Study of thinking representatives Statistics used in data analysis are percentage, mean, standard deviation and t - test statistics.

The results of the research found that 1) students who received learning according to STEM education had a higher Conceptual Understanding regarding the relationship between the earth, the moon and the sun after studying than before. Statistically significant at the .05 level. 2) Students who received learning management according to STEM education had a mental representations after learning higher than the criteria of 80 % , with statistical significance.

Keywords: STEM education; Conceptual Understanding; mental representations

บทนำ

ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตคนเราอยู่ตลอดเวลา เช่น การเกิดกลางวันกลางคืน ข้างขึ้นข้างแรม การเกิดฤดูกาล แม้ปรากฏการณ์เหล่านี้ ตัวผู้เรียนจะสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน แต่ก็ยังไม่สามารถอธิบายการเกิดปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ได้ เนื่องจากธรรมชาติของการศึกษาปรากฏการณ์ทางด้านดาราศาสตร์นั้นยากต่อการทำความเข้าใจ เนื่องจากต้องอาศัยการทำความเข้าใจจากหลายส่วนทั้งองค์ประกอบรวมมาสู่องค์ประกอบย่อยและเชื่อมโยงกับสิ่งที่ผู้เรียนพบเห็นในชีวิตประจำวัน เช่นการเกิดข้างขึ้นข้างแรมที่ไม่ได้มีแค่ดวงจันทร์เป็นองค์ประกอบแต่ยังมีดวงอาทิตย์และโลกที่มีความสัมพันธ์กันและทำให้เกิด

ปรากฏการณ์เหล่านั้นขึ้นมา โดยในการทำความเข้าใจโน้มนั้นเราสามารถให้การจำแนกการแสดงผลเพื่อดูตัวแทนความคิดในการอธิบายความรู้ความเข้าใจปรากฏการณ์ ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ตัวแทนความคิด (Johnstone,1993 อ้างถึงในโซติกุล รินลา และสายรุ้ง ชาวสุภา, 2562 : 68-87)

โดยที่ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และเก็บข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาด้านโน้มนทางวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีโน้มนที่คลาดเคลื่อนเป็นอย่างมากสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jansri, S, & Ketpichainarong, W, (2014) ที่ได้ศึกษาความเข้าใจคลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวกับแนวการขึ้นตกของดวงอาทิตย์ที่ประเทศไทยในช่วงฤดูต่าง ๆ ซึ่งการที่นักเรียนจะสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น สิ่ง ที่เรียนต้องมีการเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน (Barnett.et al,2005) การจัดการเรียนการสอนดาราศาสตร์ในประเทศไทยยังขาดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีการสังเกตหรือเก็บข้อมูลจากการสังเกตท้องฟ้าจริงรวมถึงการเลือกใช้สื่อการสอนที่ไม่ถูกต้อง เช่น นักเรียนส่วนใหญ่เชื่อว่าดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตกทุกวันแบบเดิมเสมอ จึงทำให้ความเข้าใจคลาดเคลื่อนขึ้น

การที่ผู้เรียนจะสามารถเข้าใจเรื่องในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ได้นั้น จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ปรากฏกับการเคลื่อนที่แท้จริงของวัตถุท้องฟ้าเพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ฤดูกาล การโคจรของดวงอาทิตย์ โลก และดวงจันทร์ และทรงกลมท้องฟ้า ซึ่งมีโน้มนด้านดาราศาสตร์มีความซับซ้อนจะต้องใช้จินตนาการเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจด้านมุมมองจากตำแหน่งต่างๆ บนโลกกับมุมมองของวัตถุจากนอกโลก (Plummer et al., 2011) ด้วยเหตุนี้ทำให้ผู้เรียนจำนวนมากมีโน้มนที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิชาดาราศาสตร์และไม่สามารถปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดจากระดับเริ่มต้น (Initial Model) ไปสู่ระดับสังเคราะห์ (Synthetic Model) และระดับโน้มนทางวิทยาศาสตร์ได้ (Vosniadou & Skopeliti, 2017 อ้างถึงในสุวิทย์ คงภักดีและเทพพร โลมารักษ์, 2565 : 4-6)

ซึ่งการที่ครูผู้สอนจะทำการแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนนั้นจะต้องให้เวลากับผู้เรียนในการสังเกตท้องฟ้าจริงและมีการใช้สื่อการสอน เช่น ท้องฟ้าจำลองและสื่อแอนิเมชันที่ถูกต้องมาช่วยในการจัดการเรียนการสอน (Plummer, 2011 อ้างถึงใน Jansri, S, & Ketpichainarong, W, 2020) และเพื่อที่ว่าตัวผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ถูกต้องมากขึ้นเพียงใดจำเป็นต้องมีการศึกษาการแสดงความคิดของนักเรียนในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้ครอบคลุม การประเมินตามสภาพจริง (Formative assessment) เช่น การเขียนคำอธิบาย การวาดภาพ การบรรยายด้วยคำพูด การแสดงท่าทาง การเขียนแผนภาพรูปแบบ ซึ่งล้วนเป็นการแสดงออกถึงตัวแทนความคิด (Mental Representation) ของผู้เรียน (Prain, 2009) สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ครูผู้สอนสามารถศึกษาความคิดความเข้าใจของนักเรียนได้ดีมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นตัวแทนความคิดภายใน (Internal representation) หรือตัวแทนความคิดภายนอก (External representation) ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเข้าใจในปัญหานั้น ๆ และทำให้

ครูผู้สอนเข้าใจความคิดของนักเรียนได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการเตรียมพื้นฐานสำหรับนักเรียนในการจัดโครงสร้างความรู้ตามที่ต้องการจนสามารถแก้ไขโมเดลที่คลาดเคลื่อนได้ (Gilbert, 2009)

นอกจากนี้ การนำคำถามปลายเปิดมาใช้เพื่อดูตัวแทนความคิดของนักเรียนก็จะช่วยให้ครูสามารถเข้าใจโมเดลที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้มากยิ่งขึ้น (Cumhur, Huseyin, Kasim and Nazan, 2015) ซึ่งตัวแทนความคิด (Mental representative) มีหลายความหมายแตกต่างกันออกไป ในบริบททางการศึกษาตัวแทนความคิดเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงความคิดความเข้าใจหรือการรับรู้ของบุคคลที่สร้างขึ้นจากการนำข้อมูลใหม่ (New Knowledge) ที่ได้รับมาผนวกเข้ากับความรู้เดิม (Existing knowledge) เพื่ออธิบายเกี่ยวกับกระบวนการ ปรากฏการณ์ หรือสิ่งที่สนใจ (Bodner, 2007) เป็นข้อความหรือภาพซึ่งแสดงออกถึงความคิดของผู้เรียน เราใช้ตัวแทนความคิดเหล่านี้เพื่อให้เหตุผล อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ได้จากการบูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์โดยเน้นการนำความรู้ไปพัฒนาระบบหรือผลผลิตใหม่เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ไม่เน้นการท่องจำแต่เน้นการสร้างความรู้ความเข้าใจผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา การหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่พร้อมทั้งนำความรู้ความเข้าใจไปใช้บูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ; 2558) นอกจากนี้ในขั้นตอนสุดท้ายของกิจกรรมสะเต็มศึกษายังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำเสนอตัวแทนความคิด (Representation Competence) ของผู้เรียนเองเพื่อแสดงออกถึงวิธีการคิดของผู้เรียนเอง ทำให้ง่ายในการศึกษามโนทัศน์ของนักเรียนด้วย (Kozma, R., & Russell, J. 2005) โดยที่ครูผู้สอนจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนในการเรียนรู้ ซึ่งกระบวนการและวิธีการสอนที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาคือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนจึงจำเป็นต้องมีกิจกรรมทางการเรียนรู้ที่ออกแบบมาเป็นอย่างดีเพื่อให้ นักเรียนสามารถเข้าใจด้วยวิธีการลองผิดลองถูกในการหาวิธีสร้างโมเดลการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงทางอ้อมกับความรู้เชิงแนวคิดและแนวคิดทางเลือกของนักเรียน (Caliskan et al., 2010)

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจโมเดลและตัวแทนความคิด เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างถูกต้องต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้านความรู้ความเข้าใจโมเดล เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

2. เพื่อเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้านตัวแทนความคิดของนักเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 80

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ความเข้าใจ มโนคติ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยด้านตัวแทนความคิด เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากร นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุรินทร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

2. กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุรินทร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 35 คน ได้มาด้วยวิธีการแบบด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ จำนวน 4 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง

3.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนคติชนิดเลือกตอบแบบ 2 ทาง จำนวน 8 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกและแบบอัตนัยเพื่อให้เห็นเหตุผลในการเลือกตอบ

3.3 แบบศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ

4. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

4.1 กำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้ ได้แก่ ชื่อหน่วยการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้สาระสำคัญ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด โดยได้จากการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดในหลักสูตร

4.2 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 4 แผน

4.3 นำแผนการเรียนรู้ที่ได้รับการแก้ไขบกพร่องตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความสอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

4.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลอง (Try-Out) หาประสิทธิภาพ โดยใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 แล้วนำแผนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบอีกครั้งแล้วนำมาปรับปรุงเพื่อให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เพื่อนำใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4.5 สร้างแบบวัดความเข้าใจโนมิตี เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบวัดความเข้าใจโนมิตีชนิดเลือกตอบ แบบ 2 ทาง จำนวน 8 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบอัตนัยเพื่อให้แสดงผลในการเลือก

4.6 นำแบบวัดความเข้าใจโนมิตีที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและได้เคยเรียนเนื้อหาที่ผ่านมาแล้วและนำฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4.7 สร้างแบบวัดตัวแทนความคิดของนักเรียนเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์โดยมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ โดยศึกษางานวิจัยและทฤษฎีและวิธีการสร้างแบบวัดตัวแทนความคิดวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้หลังจากนั้นจึงนำแบบทดสอบไปหาคุณภาพตามลำดับต่อไป

4.8 นำแบบวัดตัวแทนความคิดที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นหลังทำการปรับปรุงข้อสอบตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำแบบทดสอบไปหาคุณภาพกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร จำนวน 35 คน

5. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนเรียนโดยนำแบบวัดความเข้าใจโนมิตีเรื่อง ความสัมพันธ์ ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ให้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากนั้นทำการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนตามเกณฑ์รูปแบบการทำความเข้าใจโนมิตี โดยใช้กรอบแนวคิดของเวสต์บรูกและมาเรค (Westbrook; & Marek.1992 : 54 อ้างถึงใน สุวิทย์ คงภักดี 2566 : 135-145) ซึ่งได้แบ่งระดับความเข้าใจโนมิตีของนักเรียน

ออกเป็น 5 ระดับดังนี้ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete understanding: CU) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial understanding: PU) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding misconception : PS) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอย่างชัดเจน (Specific misconception: SM) และความไม่เข้าใจ (No understanding: N)

5.2 จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และแบ่งกลุ่มโนมตีของผู้เรียนและนับค่าความถี่และร้อยละของแต่ละกลุ่มคำตอบจากนั้นคัดเลือกตัวแทนนักเรียนเพื่อสัมภาษณ์เพิ่มเติมโดยเลือกนักเรียนที่มีประเด็นการตอบคำถามที่น่าสนใจและผู้วิจัยต้องการที่จะทำการศึกษาในเชิงลึกเพื่อสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างและนำบทสัมภาษณ์มาวิเคราะห์

5.3 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาจำนวน 4 แผนซึ่งใช้เวลารวม 12 ชั่วโมง จากนั้นดำเนินการเก็บข้อมูลหลังเรียนแบบวัดความเข้าใจโนมตีของและแบบศึกษาตัวแทนความคิดเรื่อง ความสัมพันธ์ ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์แล้วนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

5.4 ศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลโดยนักเรียนทำแบบศึกษาตัวแทนความคิดหลังเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์ ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์หลังเรียน จากนั้นนำคำตอบของนักเรียนที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนตามเกณฑ์ของจอห์นสโตน (Johnstone,1993 อ้างถึงในโชติกุล รินลาและสายรุ้ง ชาวสุภา, 2562: 68-87)

สรุปผล

การวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาตัวแทนความคิด เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้านความรู้ความเข้าใจโนมตีเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้านความรู้ความเข้าใจโนมตี เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

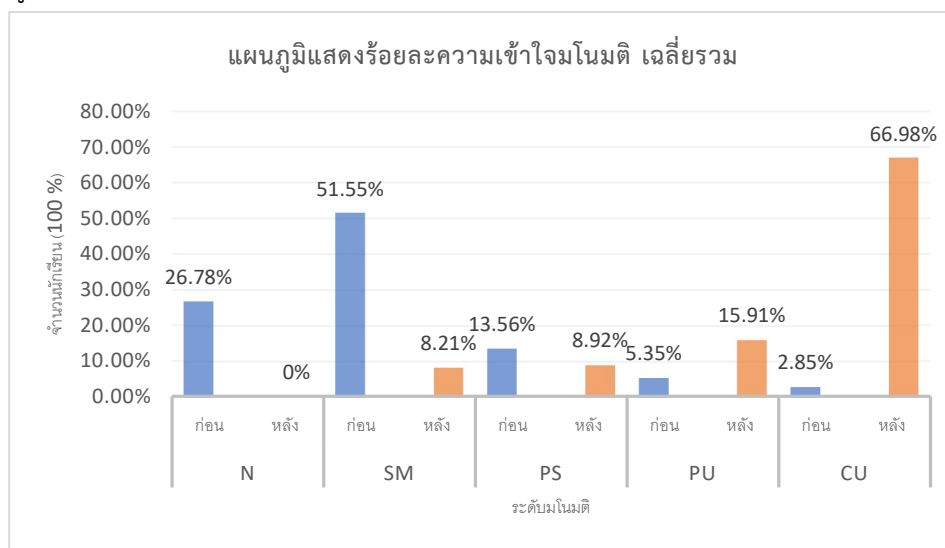
การทดสอบ	N	$\bar{x}$	S.D.	df	t	P
ก่อนเรียน	35	6.43	3.70	34	19.47*	.000
หลังเรียน	35	24.91	5.78			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 พบว่าผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้านความรู้ความเข้าใจโมเดล เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนตามแนวสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระดับความเข้าใจโมเดลของผู้เรียนในทุกข้อแบ่งกลุ่มเป็นโมเดล เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ ทำการหาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และเปรียบเทียบโมเดล ก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อวิเคราะห์ระดับโมเดลเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากเกณฑ์การประเมินผลเพื่อจำแนกระดับโมเดล เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดโมเดลเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ ก่อนเรียนและหลังเรียนแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนามโนคติแสดงเป็นแผนภูมิร้อยละได้ดังนี้



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงร้อยละระดับโมเดลของนักเรียนเฉลี่ยรวม

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ระดับโมเดลของนักเรียนเฉลี่ยรวมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีความรู้ความเข้าใจโมเดล เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยก่อนเรียนนักเรียนมีความเข้าใจโมเดลถูกต้องบางส่วน (PU) 5.35% ความเข้าใจโมเดลที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) 13.56% ความเข้าใจโมเดลที่คลาดเคลื่อน (SM) 51.55% หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลที่ถูกต้อง (CU) 66.98% ความเข้าใจโมเดลที่ถูกต้องบางส่วน (PU) 15.91% ความเข้าใจโมเดลที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) 8.92%

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้านตัวแทนความคิดของนักเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้านตัวแทนความคิดของนักเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 80

การทดสอบ	N	$\bar{x}$	S.D.	df	t	P
ตัวแทนความคิด	35	17.54	1.93	34	4.729*	.000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่าผลการจัดการเรียนรู้ ตามแนวสะเต็มศึกษาด้านตัวแทนความคิด เรื่อง ความสัมพันธ์ ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้ ตามแนวสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระดับตัวแทนความคิด(Mental Representation) ของนักเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์โดยวิเคราะห์จากแบบศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียน และจากการนำเสนอผลงานโดยวิเคราะห์รูปแบบคำตอบ แล้วนำตัวแทนความคิดเหล่านั้นไปวิเคราะห์และจัด กลุ่มของตัวแทนความคิดของนักเรียนตามเกณฑ์ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังแสดงได้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินสมรรถนะในการนำเสนอตัวแทนความคิด

สมรรถนะในการนำเสนอตัวแทนความคิด	คำอธิบาย
ระดับที่ 1 การแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับมหภาค (macroscopic representation)	เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า เช่น การเกิดกลางวันกลางคืน ฤดูกาล ข้างขึ้นข้างแรม น้ำขึ้นน้ำลง
ระดับที่ 2 การแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับกึ่งจุลภาค (submicroscopic representation)	เป็นการอธิบายในระดับที่บ่งบอกว่าปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์
ระดับที่ 3 การแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์	เป็นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการใช้สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การอธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ ด้วยแรงโน้มถ่วงจากสมการแบบจำลอง การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ แบบจำลองการเกิดฤดูกาล แบบจำลองการขึ้นตกของ

สมรรถนะในการนำเสนอตัวแทนความคิด	คำอธิบาย
	ดวงอาทิตย์แบบจำลองการเกิดข้างขึ้นข้างแรมและ แบบจำลองการเกิดน้ำขึ้นน้ำลง

เมื่อนำตัวแทนความคิดเหล่านั้นไปวิเคราะห์และจัดกลุ่มของตัวแทนความคิดของนักเรียนตามเกณฑ์ได้คะแนนแสดงระดับการนำเสนอตัวแทนความคิดหลังเรียน โดยพัฒนาการในด้านสมรรถนะในการนำเสนอตัวแทนความคิดในเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ หลังจากจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาตัวแทนความคิด พบว่า คำตอบนักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 30 คน คิดเป็น 84.28% อยู่ในระดับที่ 3 คือมีการแสดงผล ตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ (symbolic representation) โดยสามารถอธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วงจากสมการแบบจำลองการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ได้ รวมถึงสามารถนำสมการมาใช้ในการอธิบาย และสามารถอธิบายที่มาของสมการได้ แต่ยังมีนักเรียนส่วนน้อยจำนวน 5 คน คิดเป็น 15.71% ที่ยังมีตัวแทนความคิดอยู่ในระดับที่ 2 คือมีการแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับกึ่งจุลภาค (submicroscopic representation)

อภิปรายผลการวิจัย

1. จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีความรู้ความเข้าใจ มโนคติเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ระหว่าง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($\bar{X} = 6.43$, S.D. = 3.70) โดยก่อนเรียน นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติถูกต้องบางส่วน (PU) 5.35% ความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) 13.56% ความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อน (SM) 51.55% หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้อง (CU) 66.98% ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องบางส่วน (PU) 15.91% ความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) 8.92% หากวิเคราะห์ความเข้าใจมโนติ ก่อนเรียนจะพบว่าการเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่จะมีมโนคติในระดับ มโนคติที่คลาดเคลื่อนและไม่มีมโนคติ แต่เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ ผู้เรียนมีมโนคติหลังเรียนเปลี่ยนไปอยู่ในระดับความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องมากขึ้น

เมื่อวิเคราะห์จากการสัมภาษณ์เชิงโครงสร้างและจากแบบวัดมโนติส่วนหนึ่งพบว่า ก่อนเรียน นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ แต่หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา นักเรียนส่วนใหญ่มีการปรับเปลี่ยนมโนติเกี่ยวกับเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ไปในแนวคิดที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยเรื่องที่ผู้เรียนมีการปรับ เปลี่ยนมโนติมากที่สุดคือเรื่อง ปรากฏการณ์การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง โดยก่อนเรียนนักเรียน

มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนสูงถึง 48.57% แต่หลังจากได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนามโนคติพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการปรับเปลี่ยนมโนคติไปในแนวคิดที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น เนื่องจากยังมีนักเรียนเพียงส่วนน้อยที่ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วนเกี่ยวกับปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง เช่น นักเรียนสามารถบอกรูปแบบการเกิดน้ำขึ้นน้ำลงได้ แต่ไม่สามารถบอกถึงเวลาการเกิดได้ เนื่องจากต้องมีความรู้สัมพันธ์ในเรื่องของการเกิดข้างขึ้นข้างแรมด้วย และเรื่องที่คุณเรียนมีการปรับเปลี่ยนมโนคติน้อยที่สุดคือเรื่อง ปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรม โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีมโนคติ (N) ไม่ตอบ ถึง 57.13% รองลงมาคือ มีมโนคติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรม 37.14% แต่หลังจากได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนามโนคติพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการปรับเปลี่ยนมโนคติไปในแนวคิดที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น คิดเป็นร้อยละ 61.23 แต่ยังมีนักเรียนเพียงส่วนน้อยที่ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรม เนื่องจากจากการสัมภาษณ์นักเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้เรียนเรียนปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรมมาก่อนในระดับประถมศึกษา ทำให้นักเรียนไม่มีความรู้เรื่องการเกิดข้างขึ้นข้างแรมเลย ทำให้นักเรียนไม่ตอบและเว้นคำตอบว่างไว้เป็นส่วนมากทำให้ผลการวิเคราะห์ระดับมโนติก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีมโนคติ (N) ไม่ตอบ ถึง 57.13% ส่วนในเรื่อง การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ ฤดูกาลและการเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่ยังมีนักเรียนจำนวนน้อยที่ยังมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับว่า เมื่อมีระยะห่างระหว่างดาวเคราะห์เพิ่มมากขึ้นแรงดึงดูดระหว่างมวลก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นในเรื่องฤดูกาลและการเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ ยังคงมีนักเรียนส่วนน้อยที่ยังมีความสับสนเกี่ยวกับตำแหน่งขึ้นตกของดวงอาทิตย์ในแต่ละฤดูกาล

ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนนั้น จะต้องมีการใช้สื่อการสอนที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่นักเรียนเห็นในชีวิตจริงกับสิ่งที่นักเรียนเห็นในห้องเรียนทั้งหมดในที่นี่ ทุกแผนการสอนผู้วิจัยได้ใช้ สื่อการสอน PhET, Astro และ javalab มาใช้ร่วมกับการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจและสามารถเชื่อมโยงความรู้ทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน ผสมกับการใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติมากขึ้นและได้ลงมือสร้างแบบจำลองด้วยตัวเองก็จะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี เพราะการเรียนบางเรื่องนักเรียนไม่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง เมื่อให้สถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนออกแบบแบบจำลองการน้ำขึ้นน้ำลงเพื่อดูเวลาขึ้นและตกของดวงจันทร์ นักเรียนสามารถใช้ simulation จำลองการเกิดน้ำขึ้นน้ำลงทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นถึง 74.28% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอุสวาตุน ฮาซานะห์ (Uswatun Hasanah, 2020 : 5-13) ที่ได้กล่าวว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษาสามารถแก้ไขมโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

2. จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีตัวแทนความคิดหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\bar{X} = 17.54$, S.D. = 1.93) ส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ 3 คือมี

การแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ ถึง 84.28% รองลงมาคือ ระดับที่ 2 มีการแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับกึ่งจุลภาค 15.71% และไม่มีการแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับมหภาค หากวิเคราะห์จากแบบวัดตัวแทนความคิดจะพบว่า ทุกเรื่องมีการเปลี่ยนแปลงระดับตัวแทนความคิด โดยเรื่องที่มีพัฒนาการในด้านสมรรถนะในการนำเสนอตัวแทนความคิดในเรื่องมากที่สุดคือ เรื่องปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง พัฒนาการในด้านสมรรถนะในการนำเสนอตัวแทนความคิดในเรื่อง ปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง หลังจากจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาตัวแทนความคิด เมื่อใช้คำถามที่ให้นักเรียนอธิบายผลกระทบจากแรงไทดัล ที่มีผลต่อการเกิดน้ำขึ้นน้ำลง โดยใช้แบบจำลองและวาดภาพประกอบพร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงน้ำขึ้นน้ำลงที่สัมพันธ์กับการเกิดข้างขึ้นข้างแรม พบว่า คำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 91.42 อยู่ในระดับที่ 3 คือมีการแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ (symbolic representation) โดยสามารถอธิบายการเกิดปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลงที่สัมพันธ์กับการเกิดข้างขึ้นข้างแรม ได้ถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนเรียนเรื่องข้างขึ้นข้างแรมมาแล้วในเรื่องที่ผ่านมาทำให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ของดวงจันทร์ในตำแหน่งที่สัมพันธ์กับการเกิดน้ำขึ้นน้ำลงจึงเป็นผลให้นักเรียนมีคะแนนตัวแทนความคิดสูงกว่าเรื่อง อื่นแต่ยังมีนักเรียนส่วนน้อยจำนวน 3 คน คิดเป็น 8.57% ที่ยังมีตัวแทนความคิดอยู่ในระดับที่ 2 คือ มีการแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับกึ่งจุลภาค (submicroscopic representation) เนื่องจาก การสัมภาษณ์นักเรียนหลังจากนำเสนอในระหว่างเรียน พบว่า มีนักเรียนยังสับสนเกี่ยวกับตำแหน่งของวันขึ้น 15 ค่ำ วันแรม 15 ค่ำ และเวลาของการเกิดน้ำขึ้นน้ำลงที่เปลี่ยนไปในแต่ละวัน ส่วนในเรื่องที่มีพัฒนาการในด้านสมรรถนะในการนำเสนอตัวแทนความคิดในเรื่องน้อยที่สุด คือ เรื่องการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ โดยหลังจากจัดการเรียนก่อนสอนตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาตัวแทนความคิด พบว่า คำตอบนักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 27 คน คิดเป็น 77.14% อยู่ในระดับที่ 3 คือ มีการแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ (symbolic representation) โดยสามารถอธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วงจากสมการแบบจำลองการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ได้ รวมถึงสามารถนำสมการมาใช้ในการอธิบาย และสามารถอธิบายที่มาของสมการได้ แต่ยังมีนักเรียนส่วนน้อยจำนวน 8 คน คิดเป็น 22.85% ที่ยังมีตัวแทนความคิดอยู่ในระดับที่ 2 คือ มีการแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับกึ่งจุลภาค (submicroscopic representation)

ในเรื่องพัฒนาการในด้านสมรรถนะในการนำเสนอตัวแทนความคิดในเรื่อง การเกิดข้างขึ้นข้างแรม หลังจากจัดการเรียนก่อนสอนตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาตัวแทนความคิด เมื่อใช้คำถามที่ให้นักเรียนอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรมโดยใช้แบบจำลองและวาดภาพประกอบพร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงเวลาขึ้นตกของดวงจันทร์ในรอบ 1 เดือน พบว่า คำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 30 คน คิดเป็น 85.71 % อยู่ในระดับที่ 3 คือ มีการแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ (symbolic representation) โดยสามารถอธิบายการเกิดข้างขึ้นข้างแรม รวมถึงเวลาขึ้นตกของดวงจันทร์ได้ถูกต้อง แต่ยังมี

มีนักเรียนส่วนน้อยจำนวน 5 คน คิดเป็น 14.28 % ที่ยังมีตัวแทนความคิดอยู่ในระดับที่ 2 คือ มีการแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับกึ่งจุลภาค (submicroscopic representation) โดยปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรม นักเรียนระบุเพศของดวงจันทร์ได้แต่ยังไม่สามารถบอกเวลาขึ้นตกของดวงจันทร์ได้และในเรื่องพัฒนาการในด้านสมรรถนะในการนำเสนอตัวแทนความคิดในเรื่อง การเกิดฤดูกาลและการเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ หลังจากจัดการเรียนก่อนสอนตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาตัวแทนความคิด เมื่อใช้คำถามที่ให้นักเรียนอธิบายการเกิดฤดูกาลโดยใช้แบบจำลองและวาดภาพประกอบพร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงเวลาขึ้นตกของดวงอาทิตย์ใน 1 ปี พบว่าคำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 32 คน คิดเป็น 91.42 % อยู่ในระดับที่ 3 คือ มีการแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ (symbolic representation) โดยสามารถอธิบายการเกิดฤดูกาลได้รวมถึงบอกเส้นทางเดินของดวงอาทิตย์ได้ถูกต้อง แต่ยังมีนักเรียนส่วนน้อยจำนวน 3 คน คิดเป็น 8.57% ที่ยังมีตัวแทนความคิดอยู่ในระดับที่ 2 คือ มีการแสดงผลตัวแทนความคิดในระดับ กึ่งจุลภาค (submicroscopic representation) โดยเมื่อวิเคราะห์จากการสัมภาษณ์นักเรียนพบว่า นักเรียนสามารถอธิบายการที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ว่า เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวล สามารถบอกปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างมวลได้ แต่มีนักเรียนบางส่วนที่ไม่ได้อธิบายถึงที่มาในการเกิดแรงดึงดูดระหว่างมวลนั้น

โดยจากผลการวิจัยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถช่วยแก้ปัญหาทางด้านเนื้อหาการเรียนวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดีสอดคล้องกับงานวิจัยของฮอลล์สตรอมและชอนบอร์น (Hallstrom, J., & Schonborn, K. J., 2019 : 1-10) ได้กล่าวว่าการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องที่คลาดเคลื่อนทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดีรวมถึงการนำเสนอด้วยตัวแทนความคิดมีบทบาทสำคัญในการยกระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้สูงขึ้น โดยการที่ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้หาวิธีการเรียนรู้ได้ลองผิดลองถูกในการหาวิธีสร้างโมเดลนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนทั้งจากการเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในส่วนตัวของผู้เรียนเองและการที่ผู้เรียนได้รับสื่อความรู้ที่ไม่ถูกต้องทำให้ความเข้าใจผิดนั้นถูกสั่งสมมาและไม่ได้รับการแก้ไข จึงเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนที่จะต้องออกแบบการสอนที่ให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียน ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้นด้วยตนเอง เพื่อปรับโครงสร้างภายในให้ถูกต้องได้ปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดจากระดับเริ่มต้น (Initial Model) ไปสู่ระดับสังเคราะห์ (Synthetic Model) และระดับโมเดลทางวิทยาศาสตร์ได้ (Vosniadou & Skopeliti, 2017 อ้างถึงในสุวิทย์ คงภักดีและเทพพร โลมารักษ์, 2565 : 4-6) ก็จะแก้ไขข้อบกพร่องที่คลาดเคลื่อนนั้นได้

นอกจากนี้ ในขั้นตอนสุดท้ายของกิจกรรมสะเต็มศึกษาเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำเสนอตัวแทนความคิด (Representation Competence) ของผู้เรียนเองเพื่อแสดงออกถึงวิธีการคิดของผู้เรียนเอง ซึ่งในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนออกมาแนะนำเสนอเป็นกลุ่ม ซึ่งบางครั้งนักเรียนได้มีการวิพากษ์เกี่ยวกับคำถามกันในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่มเพื่อน รวมถึงมีการที่เพื่อนสอนกันเองกันในกลุ่ม ส่งผลต่อการ

คงทนของความรู้ที่มากยิ่งขึ้นและนักเรียนได้ภาพวาดแบบจำลองลงไปแบบวัตถุตัวแทนความคิดเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงตัวแทนความคิดของนักเรียนได้เป็นอย่างดี สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ครูผู้สอนสามารถศึกษาความคิดความเข้าใจของนักเรียนได้มากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นตัวแทนความคิดภายใน (Internal representation) หรือตัวแทนความคิดภายนอก (External representation) ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเข้าใจในปัญหานั้น ๆ และทำให้ครูผู้สอนเข้าใจความคิดของนักเรียนได้

ในการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาตัวแทนความคิด พบว่า ตัวผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ถูกต้องมากยิ่งขึ้นทั้งในการศึกษาการแสดงความคิดของนักเรียนในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งในห้องเรียน การสร้างแบบจำลอง การนำเสนองาน และการที่นักเรียนได้มีการสังเกตท้องฟ้ายามค่ำคืนแล้วบอกได้ถูกต้องว่าเป็นวันขึ้นหรือแรมกี่ค่ำ สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นการแสดงออกถึงตัวแทนความคิด (Mental Representation) ไม่ว่าจะเป็นตัวแทนความคิดภายใน (Internal representation) หรือตัวแทนความคิดภายนอก (External representation) ของผู้เรียน สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ครูผู้สอนสามารถเก็บมาศึกษาความคิดความเข้าใจของนักเรียน และสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาตัวแทนความคิดของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีหลายขั้นตอน ซึ่งใช้เวลามากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรแยกเวลาในการให้นักเรียนเตรียมอุปกรณ์บางกิจกรรมนอกเวลาเพื่อให้เหลือเวลาเพียงพอในการทำกิจกรรมและการนำเสนอและในขั้นตอนการนำเสนอหากใช้เวลามาก ครูผู้สอนอาจยืดหยุ่นโดยหากลุ่มอาสาสมัครเพื่อเสนอ

1.2 บางกิจกรรมที่นักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานอาจใช้เวลาก่อนทำกิจกรรมจริงในการอธิบายเพิ่มเติมให้กับนักเรียน เช่น การดูวันพระวันข้างขึ้นข้างแรมกับคำศัพท์ภาษาอังกฤษเพื่อให้เข้าใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.3 การเลือกใช้สื่อ Simulation มาช่วยในการจัดการเรียนรู้ควรเลือกสื่อที่นักเรียนสามารถเชื่อมโยงจากสิ่งที่นักเรียนเห็นเข้ากับสื่อได้เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพองค์รวมทั้งหมด และควรเลือกสื่อที่ไม่ทำให้นักเรียนเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนมากขึ้น เช่น สื่อที่วาดระยะห่างระหว่างดวงอาทิตย์และโลกไม่ถูกต้องและสื่อข้างขึ้นข้างแรมที่ดวงอาทิตย์อยู่คนละทิศเพราะอาจทำให้นักเรียนเกิดความสับสนได้

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาในหัวข้อเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถนำไปบูรณาการกับสาระอื่น ๆ ได้ ในหัวข้อที่มีการให้นักเรียนได้ออกแบบชิ้นงานที่จับต้องได้หรือการออกแบบชิ้นงานออนไลน์

2.2 ในด้านการศึกษานิยมติของนักเรียนควรเลือกหัวข้อที่มีประเด็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่มาก เพื่อมาทำการปรับเปลี่ยนนิมติให้ถูกต้อง

2.3 ตัวแทนความคิดของนักเรียนนอกจากจะศึกษาระดับสมรรถนะในการนำเสนอตัวแทนความคิดได้แล้ว ยังสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในรายละเอียดนิมติในตัวแทนความคิดที่นักเรียนยังคงมีประเด็นที่เข้าใจผิดอยู่

รายการอ้างอิง

- โชติกุล รินลา, & สายรุ้ง ขาวสุภา. (2562). ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีที่มีต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียน มัธยมศึกษาตอนปลาย. *Journal of Education Studies*, 47(Suppl. 2), 68-87.
- ศูนย์สะเต็ม ศึกษาแห่งชาติ.(2558). *คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ:สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *คู่มือจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3*. กรุงเทพฯ: องค์การค้าของ สกสค.
- สุวิทย์ คงภักดีและเทพพร โลมารักษ์. (2565). การพัฒนานิคมติเรื่อง ฤดูกาลและการเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์โดยใช้โปรแกรม Stellarium ร่วมกับ Class Action. *วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, 17(1), 135-145.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Barnett, M., & Morran, J. (2002). Addressing children's alternative frameworks of the moon's phases and eclipses. *International journal of science education*, 24(8), 859-879.
- Bodner, G., & Orgill, M. (2007). *Theoretical frameworks for research in chemistry/science education* (pp. 3-27).
- Caliskan, S., Selcuk, G.S., & Erol, M. (2010). Effects of the problem solving strategies instruction on the students' physics problem solving performances and strategy usage. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 2239-2243.

- Cumhur, H. and Kasim, N. (2015). Elementary school students' mental models about formation of seasons: **A cross sectional study**. *Journal of Education and Learning*, 5(1), 7-30.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: **Key models in chemical education. Multiple representations in chemical education**, 1-8.
- Hallstrom, J., & Schonborn, K. J. (2019). Models and modelling for authentic STEM education: Reinforcing the argument. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1-10.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). STEM Integration in K-12 Education: Status, **Prospects, and an Agenda for Research**. Retrieved from: <https://www.pdfsemanticscholar.org/bac5/69ca108d7ac7c96574826419074316150060.pdf>.
- Jansri, S., & Ketpichainarong, W. (2020). Investigating In-Service Science Teachers Conceptions of Astronomy, and Determine the Obstacles in Teaching Astronomy in Thailand. *International Journal of Educational Methodology*, 6(4), 745-758.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of chemical education*, 70(9), 701.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. *Visualization in science education*, 121-145.
- Prain, V., Tytler, R., & Peterson, S. (2009). Multiple representation in learning about evaporation. *International Journal of Science Education*, 31(6), 787-808.
- Plummer, J. D., Waskoa, K. D., & Slagle, C. (2011). Children learning to explain daily celestial motion: Understanding astronomy across moving frames of reference. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1963-1992.
- Vosniadou, S., & Skopeliti, I. (2017). Is it the Earth that turns or the Sun that goes behind the mountains Students' misconceptions about the day/night cycle after reading a science text. *International Journal of Science Education*, 39(15), 2027-2051.
- Wendell, K.B., & Rogers, C. (2013). Engineering design-based science, science content performance, and science attitudes in elementary school. *Journal of Engineering Education*, 102(4), 513-540.

Westbrook, S. L., & Marek, E. A. (1992). A cross-age study of student understanding of the concept of homeostasis. **Journal of Research in Science Teaching**, 29(1), 51-61.