การใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

USING THE SCIENTIFIC MODELS TO PROMOTE ANALYTICAL THINKING ABILITY AND LEARNING ACHIEVEMENT OF THE SOLAR SYSTEM OF 9th GRADE STUDENTS

นิตยา ทันใจ[1] วิษณุ สุทธิวรรณ[2] และธัญวรัตน์ ปิ่นทอง[3]

Nittaya Thanjai[1] Wissanu Sutthiwan[3] and Tanwarat Pinthong[4]

[1] สาขาวิชาชีววิทยาและวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
Bachelor of Education Program in Biology and General Science Faculty of Education
Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

[2,3] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
Bachelor of Education Program in Science Faculty of Education
Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage
E mail: tanwarat@vru.ac.th

Received : 2021 January 13 Revised : 2021 June 29 Accepted : 2021 June 30

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ระบบสุริยะ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 80 และศึกษาระดับพัฒนาการของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังการเรียนรู้ด้วยวิธีการดังกล่าว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่มเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 49 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพฯ ซึ่งผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นครูผู้สอนในภาคการศึกษาที่ 2/2562 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ที่มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .81 และ .84 ค่าความยากง่ายระหว่าง .47 – .79 และ .51 - .80 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง .45 - .73 และ .43 - .73 ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาคะแนนรายบุคคล ความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และค่าคะแนนพัฒนาการ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ผลวิจัยพบว่า หลังเรียนโดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 1) นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 91.83) มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 25.36±3.27 คะแนน ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80 (24 คะแนน) และมีคะแนนร้อยละของพัฒนาการของคะแนนเท่ากับ 76.55 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับสูงมาก และ 2)

นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 71.42) มีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์เฉลี่ยเท่ากับ 25.97±1.48 คะแนน ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80 (24 คะแนน) และมีคะแนนร้อยละพัฒนาการของคะแนนดังกล่าวเท่ากับ 78.70 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับสูงมาก

คำสำคัญ: แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ABSTRACT

This study aimed to: compare students' analytical thinking ability and learning achievement on the solar system after using the scientific models with the 80-percent criterion, and to explore their development of analytical thinking ability and learning achievement after learning by using these models. The sample were obtained by cluster random sampling of 49 ninth-grade students at the secondary public school in Bangkok, where the researcher was working as an in-service teacher in the 2nd semester in the academic year 2019. The data were collected using the learning achievement test and the analytical thinking ability test which the reliability was .81 and .84, the difficulty was . 47 – .79 and .51 - .80, and the discrimination was .45 - .73 and .43 - .73, respectively. The data were completed analyzed by a total score of each student, mean score, standard deviations, percentages, and the relative gain scores. The results of this study revealed that by the end of using the scientific models: 1) most students (91.83 percent) had learning achievement scores at an average of 25.36±3.27 with higher than the specified criteria of 80 percent (24 scores), and they indicated a high level of learning's relative gain scores (76.55 percent), and 2) most students (71.42 percent) had analytical thinking ability scores at an average of 25.97±1.48 with higher than the specified criteria of 80 percent (24 scores), and they indicated a high level of analytical thinking ability's relative gain scores (78.70 percent).

Keywords: Scientific Models, Learning Achievement, Analytical Thinking Ability

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

นโยบายทางการศึกษาของไทย ให้ความสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนตั้งแต่ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เนื่องจากเป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้ การใช้เหตุผล และเกี่ยวข้องโดยตรงกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในบุคคลและเชาวน์ปัญญาเพื่อการดำเนินชีวิต (Saenprasit, Ardkaew and Srijumnong, 2017; The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2018) ผู้เรียนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์จะต้องสามารถบ่งชี้ปัญหา ใช้เหตุผลและความละเอียดถี่ถ้วนในการพิจารณาข้อมูล รูปแบบข้อมูล แนวคิด ลักษณะ หรือจำแนกความเหมือนหรือความแตกต่าง จัดหมวดหมู่ของสิ่งต่าง ๆ ระบุข้อผิดพลาดและบอกเหตุผลของการเกิด จนสามารถสร้างความรู้หรือหลักการต่างๆ จากข้อมูลที่มี และนำไปประยุกต์ใช้หรือคาดการณ์ผลที่อาจเกิดขึ้นโดยสรุปเป็นหลักการเฉพาะได้ (Marzano and Kendall,2007) ดังนั้น การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนจึงเป็นเป้าหมายประการหนึ่งของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Office of the Basic Education Commission [OBEC], 2017)

อย่างไรก็ดี จากรายงานผลการประเมินโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ พ.ศ. 2558 (TIMSS 2015) พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศเท่ากับ 459 คะแนน จัดอยู่ในกลุ่มระดับต่ำ ซึ่งเป็นระดับต่ำที่สุดจากกลุ่มผู้เรียนทั้งหมด 4 ระดับ ยิ่งไปกว่านั้น เมื่อจำแนกคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ ตามการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้รายด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ การใช้เหตุผล พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้น้อยที่สุดในด้านการใช้เหตุผล ซึ่งผลการประเมินระดับนานาชาติดังกล่าว บ่งชี้ให้เห็นว่า นักเรียนไทยมีความรู้พื้นฐานในเนื้อหาวิชา แต่ไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทต่างๆ และสถานการณ์ชีวิตประจำวันที่มีความซับซ้อน รวมถึงไม่สามารถสื่อสารเพื่อแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดหลักของวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ (IPST, 2018) สะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ยังไม่สามารถเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์และเผชิญสถานการณ์ปัญหาเฉพาะหน้าได้อย่างเข้มแข็ง สามารถใช้เหตุผลจากหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบและแก้ปัญหาเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างปกติสุข

การจัดการเรียนรู้รายวิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ มีสาระสำคัญที่การศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลก และในอวกาศ อาทิ การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ การเกิดฤดูกาล ข้างขึ้นข้างแรม น้ำขึ้นน้ำลงและการเปลี่ยนแปลงเวลาขึ้นและตกของดวงจันทร์ (OBEC, 2017) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับมหภาค

มีความซับซ้อน ไม่สามารถสร้างปรากฏการณ์ขึ้นในห้องปฏิบัติการให้เห็นเชิงประจักษ์ได้โดยตรง (Faikhamta and Supatchaiyawong, 2014) ทำให้ครูผู้สอนส่วนใหญ่เลือกใช้การจัดการเรียนรู้เชิงบรรยายมากกว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้คิดวิเคราะห์และลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างองค์ความรู้ นอกจากนี้งานวิจัยหลายฉบับรายงานว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดาราศาสตร์ที่ไม่เอื้อให้ผู้เรียนได้อภิปรายแสดงความคิดเห็นและเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ ส่งผลให้ผู้เรียนทำความเข้าใจแนวคิดเรื่องดาราศาสตร์ได้ยาก มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องระบบสุริยะต่ำกว่าเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องอื่นหรือต่ำกว่าเกณฑ์เป้าหมายของโรงเรียนที่ร้อยละ 70 (Aimanan and Insombat, 2018; Bongkotphet, 2009; Jumnongsuk, Baowthongkm and Phanprayoon, 2019; Mekiyanon, Singlop, Chauvatcharin and Mekiyanon, 2019) อย่างไรก็ดี Gillbert and Boulter (2000) และ Harrison and Treagust (2000) ระบุว่า การจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติแทนการศึกษาจากปรากฏการณ์จริงช่วยพัฒนาการคิดและความเข้าใจในเนื้อหา เนื่องจากแบบจำลองช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น และช่วยให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ คือ ได้สำรวจตรวจสอบผ่านแบบจำลอง ได้ค้นพบข้อความรู้ สร้างความเข้าใจและสื่อสารความรู้ด้วยการวาดภาพ กราฟ หรือข้อความเพื่ออธิบายความเข้าใจของตนเอง

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจนำแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการขั้นสูงเชิงระบบ (GPAS 5 Steps) ซึ่งเป็นวิธีการสอนปกติของโรงเรียน เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนดาราศาสตร์ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

โจทย์วิจัย/ปัญหาวิจัย

1. หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ระบบสุริยะ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 หรือไม่

2. ระดับพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ระบบสุริยะ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 80

2. เพื่อศึกษาระดับพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ที่กำลังศึกษาในภาคการศึกษาที่ 2/2562 จำนวน 712 คน ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) เพื่อให้ได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/10 จำนวน 49 คน เป็นนักเรียนชาย 19 คน และนักเรียนหญิง 30 คน มีลักษณะการจัดผู้เรียนแบบคละความสามารถทางการเรียนของนักเรียน คือ ระดับเก่ง ปานกลาง และอ่อน อยู่ในห้องเดียวกัน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยเลือกหัวข้อระบบสุริยะ ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดรายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ครอบคลุมแนวคิดเกี่ยวกับการกำเนิดและองค์ประกอบของระบบสุริยะ การจำแนกดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ และอิทธิพลของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ที่มีต่อโลก มาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง โดยทำการวิเคราะห์เนื้อหาและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดขั้นสูงเชิงระบบ (GPAS 5 Steps) ซึ่งเป็นวิธีการสอนปกติที่โรงเรียนใช้ ผู้วิจัยสอดแทรกแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบสุริยะในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งสืบค้นมาจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) แบบจำลองต้องสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้ 2) แบบจำลองต้องเหมาะสมกับระดับชั้นและระดับความสามารถของผู้เรียน 3) แบบจำลองต้องมาจากแหล่งการเรียนรู้ที่ได้รับการยอมรับและเชื่อถือได้ โดยมีรายละเอียด ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ หลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	วัตถุประสงค์ หลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้
ขั้นเก็บรวบรวมและเลือกข้อมูล (gathering)	กิจกรรมในขั้นนี้มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนได้สังเกต วางแผนและเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐาน เพื่อค้นหาคำตอบ และสามารถเลือกข้อมูลที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนได้ โดยครูผู้สอนบอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ตั้งคำถามเกี่ยวกับระบบสุริยะเพื่อกระตุ้นความสนใจและกำหนดประเด็นให้ผู้เรียนสืบค้นครอบคลุมแนวคิดเกี่ยวกับการกำเนิดและองค์ประกอบของระบบสุริยะ การจำแนกดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ และอิทธิพลของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ที่มีต่อโลกเพื่อช่วยให้ผู้เรียนทำกิจกรรมอย่างมีเป้าหมาย จากนั้นผู้เรียนวางแผนการสำรวจและสืบค้นข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย (4-5 คน) โดยมีการแบ่งบทบาทหน้าที่ในการสืบค้น	จำแนกดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ: https://eyes.nasa.gov/eyes-on-the-solar-system.html การโคจรของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ: https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/our-solar-system/overview/ อิทธิพลของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ที่มีต่อโลก: https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_th.html
ขั้นการจัดกระทำข้อมูล (processing)	กิจกรรมในขั้นนี้มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ไตร่ตรองข้อมูลด้วยเหตุผล สรุปเชื่อมโยงเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ตามประเด็นที่กำหนดและสร้างเป็นชิ้นงาน โดยในขั้นนี้ครูผู้สอนจะเน้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเห็น วิเคราะห์ตรวจสอบและเปรียบเทียบข้อมูลที่สมาชิกในกลุ่มได้ทำการสืบค้น เพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายในประเด็นที่กำหนด โดยในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะสร้างชิ้นงานคือแบบจำลองทางความคิดที่เป็นคำอธิบายตามความเข้าใจของกลุ่ม จากนั้นจึงให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอและแสดงความเห็นร่วมกันทั้งชั้นเรียน โดยครูผู้สอนช่วยเพิ่มเติมความรู้ให้กับผู้เรียนเพื่อให้ครอบคลุมตามหลักสูตร โดยใช้การบรรยายสั้นๆ การถามคำถามและอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้เกิดเป็นข้อสรุปของชั้นเรียน	

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	วัตถุประสงค์ หลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้
การประยุกต์ใช้ความรู้หรือการปฏิบัติจริงเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ (applying and constructing the knowledge)	กิจกรรมในขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้องค์ความรู้ที่สร้างขึ้นประเมินสถานการณ์ปัญหาใหม่ที่พบ ตัดสินใจเลือกทางเลือกหรือแนวทางการปฏิบัติ/แก้ปัญหา และนำความรู้ไปปรับใช้เพื่อปฏิบัติ/แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาใหม่ เช่น จะเกิดอะไรขึ้นกับวิถีการโคจรหากมวลของโลกเปลี่ยนไป จะเกิดอะไรขึ้นกับการหมุนของโลก หากโลกของเราอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์มากกว่าเดิม โดยในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ ประเมินสถานการณ์และนำความรู้ในขั้นก่อนหน้ามาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาที่ครูกำหนดโดยใช้แบบจำลอง จากนั้นสรุปเป็นองค์ความรู้ใหม่ โดยชิ้นงานในขั้นนี้คือการวิเคราะห์ผลที่อาจเกิดขึ้น การออกแบบแนวปฏิบัติ/แนวทางการแก้ปัญหา และการสรุปความรู้ที่ได้หลังการปฏิบัติ	กิจกรรมจะเกิดอะไรขึ้นกับวิถีการโคจรหากมวลของโลกเปลี่ยนไป: https://phet.colorado.edu/th/simulation/legacy/my-solar-system กิจกรรมจะเกิดอะไรขึ้นกับการหมุนของโลกหากโลกของเราอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์มากกว่าเดิม: https://phet.colorado.edu/th/simulation/legacy/my-solar-system กิจกรรมตามหาโลกใบที่ 2: ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ: https://eyes.nasa.gov/eyes-on-exoplanets.html
ขั้นสื่อสารและนำเสนอ (applying the communication skill)	กิจกรรมในขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลการวิเคราะห์ แลกเปลี่ยนและแสดงความเห็นร่วมกันทั้งชั้นเรียน โดยในขั้นนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องออกแบบและนำเสนอผลการวิเคราะห์และนำความรู้ประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ โดยมีครูผู้สอนช่วยเพิ่มเติมความรู้ให้กับผู้เรียนเพื่อให้ครอบคลุมตามหลักสูตร ผ่านการถาม-ตอบ-แสดงความคิดเห็นเพื่อวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกัน จนเกิดเป็นข้อสรุปของชั้นเรียน	
ขั้นการตกผลึกภายในตัวผู้เรียนหรือการประเมินตนเองเพื่อเพิ่มคุณค่า (self-regulating)	กิจกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนสะท้อนคิดผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติของตนเองต่อเรื่องที่เรียน ซึ่งข้อสรุปที่ได้จะสะท้อนความรู้ ทักษะ/การปฏิบัติ รวมถึงเจตคติหรือคุณลักษณะของผู้เรียน นอกจากนี้ ประโยชน์โดยอ้อมของกิจกรรมนี้ คือ ช่วยให้ผู้สอนทราบแนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้	

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก ครอบคลุมแนวคิดเรื่อง ระบบสุริยะ ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดรายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบ จำนวน 35 ข้อ นำเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน คือครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสต์ศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของแบบทดสอบ ซึ่งแบบทดสอบมีค่า Index of Item objective Congruence (IOC) ระหว่าง .67 - 1.00 จากนั้นนำไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน แล้วจึงนำแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิดให้ 0 คะแนน จากนั้นวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบรายข้อ โดยข้อสอบมีค่าความยากง่ายระหว่าง .47 – .79 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง .45 - .73 โดยผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่ได้เกณฑ์มาตรฐานไว้จำนวน 30 ข้อ จากนั้นหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson Reliability) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .81 แล้วจึงนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.3 แบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์

แบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เกี่ยวกับเรื่องระบบสุริยะ รายการข้อคำถามสร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดของมาร์ซาโน (Marzano’s Taxonomy) ที่แบ่งกระบวนการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 5 ด้าน คือ ด้านการจับคู่ (matching) การจัดหมวดหมู่ (classification) การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (error analysis) การสรุปเป็นหลักเกณฑ์ทั่วไป (generalizing) และการสรุปหลักเกณฑ์เฉพาะ (specifying) (Marzano and Kendall, 2007) ดังแสดงในตารางที่ 2 จากนั้น ใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเช่นเดียวกับการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยแบบทดสอบมีค่าความยากง่ายระหว่าง .51 –.80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .43 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .84

ตาราง 2 ประเภทและตัวชี้วัดของการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของมาร์ซาโน และตัวอย่างข้อคำถามในแบบทดสอบ

ประเภทของความสามารถในการคิดวิเคราะห์	ตัวชี้วัด	ตัวอย่างข้อคำถามในแบบทดสอบ
การจับคู่หรือการจำแนก (Matching)	ผู้เรียนสามารถระบุลักษณะสำคัญ เพื่อบอกหรือเปรียบเทียบความคล้ายและความต่างของข้อมูล (information) กระบวนการทางปัญญา (mental procedure) หรือกระบวนการปฏิบัติ (psychomotor procedure) ได้อย่างแม่นยำ	1) ระบบสุริยะคืออะไร และมีองค์ประกอบอะไรบ้าง 2) ข้อใดอธิบายความแตกต่างระหว่างดาวฤกษ์และดาวเคราะห์ในระบบสุริยะได้ถูกต้องที่สุด
การจัดหมวดหมู่ (classifying)	ผู้เรียนสามารถประมวลความรู้เพื่อจัดกลุ่ม จัดลำดับและจัดประเภทของข้อมูล กระบวนการทางปัญญา หรือกระบวนการปฏิบัติที่เหมือนกันได้อย่างมีหลักเกณฑ์ โดยสามารถระบุเกณฑ์หรือเหตุผลของการจัดหมวดหมู่ได้ พร้อมทั้งสามารถระบุและอธิบายความสัมพันธ์ของหมวดหมู่ที่จัดกับหมวดหมู่	1) หากนักเรียนจำแนกดาวเคราะห์โดยใช้ลักษณะทางกายภาพเป็นเกณฑ์จะแบ่งได้กี่ประเภท อะไรบ้าง 2) เกณฑ์ที่ใช้จำแนกดาวเคราะห์ในระบบสุริยะออกเป็นดาวเคราะห์วงในและดาวเคราะห์วงนอกในข้อใดถูกต้อง

ประเภทของความสามารถในการคิดวิเคราะห์	ตัวชี้วัด	ตัวอย่างข้อคำถามในแบบทดสอบ
	ระดับที่สูงกว่า (superordinate) หรือหมวดหมู่ระดับย่อย (subordinate) ได้	
การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (analyzing errors)	ผู้เรียนสามารถระบุตรรกะ ความสมเหตุสมผล หรือความถูกต้องของข้อมูล กระบวนการทางปัญญา หรือกระบวนการปฏิบัติ พร้อมทั้งสามารถระบุข้อผิดพลาด/ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น หรือบอกข้อผิดพลาดอันเกิดจากการใช้ เพื่อให้สามารถปรับปรุงแก้ไขได้	1) เพราะเหตุใดดาวเคราะห์แคระจึงไม่ถูกจัดเป็นดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ 2) คำอธิบายการเกิดปรากฏการณ์สุริยุปราคาหรือจันทรุปราคาข้อใดไม่ถูกต้อง
การสรุปเป็นหลักเกณฑ์ทั่วไป (generalizing)	ผู้เรียนสามารถคาดคะเนได้อย่างมีหลักการ โดยไม่ต้องตั้งสมมติฐาน และสามารถสร้างข้อสรุป รูปแบบหรือหลักการทั่วไปขึ้นใหม่บนฐานของข้อมูล กระบวนการทางปัญญา หรือกระบวนการปฏิบัติที่มีหรือที่ได้จากการสังเกต สำรวจ หรือสืบเสาะหาความรู้	1) นักเรียนสามารถสรุปหลักการเกิดหางของดาวหางเมื่อเคลื่อนที่เข้าใกล้ดวงอาทิตย์ได้อย่างไร 2) เพราะเหตุใดคนบนโลก จึงมองเห็นดวงจันทร์เพียงด้านเดียว
การสรุปเป็นหลักเกณฑ์เฉพาะ (specifying)	ผู้เรียนสามารถระบุผลในเชิงตรรกะ (logical consequences) จากข้อมูล กระบวนการทางปัญญา หรือกระบวนการปฏิบัติที่มี เพื่อการคาดการณ์ผลที่ตามมาหรือสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้น และสามารถประยุกต์ความรู้หรือหลักการไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด	1) นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับคำกล่าวที่ว่า *"อาจมีหรือเคยมีสิ่งมีชีวิตอยู่บนดาวอังคาร"* เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น 2) ถ้าวันจันทร์ ดวงจันทร์ขึ้นเวลา 18.00 น. อีก 3 วันถัดไปดวงจันทร์จะขึ้นเวลาใด

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นครูผู้สอน ดำเนินการจัดการเรียนรู้เรื่อง ระบบสุริยะ ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/10 ในภาคการศึกษาที่ 2/2562 และทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงเป้าหมาย ขั้นตอนและบทบาทของนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ และวิธีทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์แก่นักเรียน จากนั้นทำการเก็บข้อมูลก่อนเรียนโดยการทำแบบทดสอบก่อนเรียน (pretest) ใช้เวลาในการเก็บข้อมูล 60 นาที ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทั้งหมด 3 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง ครอบคลุมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จำนวน 3 แนวคิด ได้แก่ การกำเนิดและองค์ประกอบของระบบสุริยะ การจำแนกดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ และอิทธิพลของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ที่มีต่อโลก ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียน (posttest) โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับในชั่วโมงสุดท้ายของการจัดการเรียนรู้ เมื่อทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของคำตอบในเครื่องมือทั้งสองแล้ว พบว่ามีความสมบูรณ์ทุกฉบับ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และแบบประเมินความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียนโดยคำนวนคะแนนของนักเรียนรายบุคคล หาค่าความถี่ และร้อยละของนักเรียน แล้วหาคะแนนเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนสอบ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูล จากนั้นเทียบค่าร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่คำนวนได้กับเกณฑ์ของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้เกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป หรือระดับดีเยี่ยมจากแนวการให้ระดับผลการเรียน 5 ระดับ เป็นเกณฑ์มาตรฐาน หมายถึง กลุ่มตัวอย่างจะต้องได้คะแนน 24 คะแนนขึ้นไปจากคะแนนเต็ม 30 คะแนนจึงจะผ่านเกณฑ์

ผู้วิจัยนำคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียนมาวิเคราะห์หาค่าคะแนนพัฒนาการ (growth scores) ด้วยวิธีวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score) ที่เสนอโดย Kanjanawasee (2013) โดยมีสูตรและวิธีการคำนวน คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน = 100x[(คะแนนหลังเรียน - คะแนนก่อนเรียน)/(คะแนนเต็ม – คะแนนก่อนเรียน)] จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของ Kanjanawasee (2013) ดังนี้ หากมีคะแนนระหว่าง 0–25 แสดงว่า มีพัฒนาการระดับต้น 26 –50 คะแนน แสดงว่ามีพัฒนาการระดับกลาง 51 –75 แสดงว่า มีพัฒนาการระดับสูง และคะแนนระหว่าง 76–100 แสดงว่ามีพัฒนาการระดับสูงมาก

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ระบบสุริยะ ก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/10 แสดงผลดังตารางที่ 3 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนทุกคน (ร้อยละ 100) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ร้อยละ 80 ที่ตั้งไว้ หรือได้คะแนนต่ำกว่า 24 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยมีผลคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 10.21±3.87 คะแนน และภายหลังการเรียนโดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 91.83) มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 25.36±3.27 คะแนน ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80 แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในแนวคิดเรื่องระบบสุริยะมากขึ้น และเมื่อพิจารณาแบบทดสอบเป็นรายข้อ พบว่า ข้อคำถามที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิด ได้แก่ รายการข้อคำถามที่ถามว่า *“วันหนึ่งในเวลา 6.00 น. มองเห็นดวงจันทร์ตรงศีรษะพอดี (มุมเงยประมาณ 90o) ในวันนั้นควรเป็นวันขึ้นหรือแรมกี่ค่ำ” “หากน้ำทะเลขึ้นครั้งแรกเมื่อเวลา 23.00น. น้ำทะเลจะขึ้นอีกครั้งประมาณเวลาใด” และ “เพราะเหตุใดเศษที่เหลือจากการรวมตัวเป็นดาวเคราะห์หินจึงไม่สามารถจับตัวกันให้มีให้มีขนาดใหญ่ได้”*

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ระบบสุริยะ พบว่า ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีคะแนนร้อยละของพัฒนาการเท่ากับ 76.55 ซึ่งอยู่เกณฑ์มีพัฒนาการระดับสูงมาก แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนของนักเรียน

ตาราง 3 ระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ระบสุริยะ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/10 (n = 49)

การทดสอบ	ช่วงคะแนน	ระดับผลสัมฤทธิ์ตามเกณฑ์ร้อยละ 80	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	mean	S.D.	คะแนนร้อยละของพัฒนาการ	ระดับพัฒนาการ
ก่อนเรียน	24 - 30	ผ่านเกณฑ์	0	0	10.21	3.87	76.55	สูงมาก
	0 - 23	ไม่ผ่านเกณฑ์	49	100				
หลังเรียน	24 - 30	ผ่านเกณฑ์	45	91.83	25.36	3.27		
	0 - 23	ไม่ผ่านเกณฑ์	4	8.16				

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) มีผลคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 11.08±3.46 คะแนน แต่ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง นักเรียนร้อยละ 71.42 มีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 25.97±1.48 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับผลคะแนนพัฒนาการของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่พบว่า นักเรียนมีคะแนนร้อยละของพัฒนาการเท่ากับ 78.70 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มีพัฒนาการระดับสูงมาก

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาแบบประเมินเป็นรายข้อ พบว่า ข้อคำถามที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิด 3 ลำดับแรก คือ *“นักเรียนเห็นด้วยกับคำกล่าวที่ว่า อาจมีหรือเคยมีสิ่งมีชีวิตอยู่บนดาวอังคาร เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น”* *“หากนักเรียนต้องการไปชมปรากฏการณ์แสงเหนือ นักเรียนควรไปยังสถานที่และโอกาสใดต่อไปนี้”* และ *“หากนักเรียนจะค้นหาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่มีสภาวะเอื้ออำนวยต่อสิ่งมีชีวิต เพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัยของมนุษย์ ดาวเคราะห์ดวงใดบ้างมีความเป็นไปได้มากที่สุด เมื่อกำหนดให้ ดาวเคราะห์ A ได้รับพลังงานจากดาวฤกษ์พอเหมาะ ไม่ร้อนมากและไม่หนาวเย็นเกินไป และมีโมเลกุลของน้ำในชั้นบรรยากาศ ดาวเคราะห์ B มีพื้นผิวชัดเจน พบหลักฐานของธารน้ำแข็ง และมีชั้นบรรยากาศหนาแน่น ดาวเคราะห์ C เป็นดาวเคราะห์หินที่มีของเหลวอยู่บนพื้นผิว และได้รับรังสีจากดาวฤกษ์ค่อนข้างมาก”*

ตารางที่ 4 ระดับคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่อง ระบบสุริยะ และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/10 (n = 49)

การทดสอบ	ช่วงคะแนน	ระดับการคิดวิเคราะห์ ตามเกณฑ์ร้อยละ 80	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	mean	S.D.	คะแนนร้อยละของพัฒนาการ	ระดับพัฒนาการ
ก่อนเรียน	24 - 30	ผ่านเกณฑ์	0	0	11.08	3.46	78.70	สูงมาก
	0 - 23	ไม่ผ่านเกณฑ์	49	100				
หลังเรียน	24 - 30	ผ่านเกณฑ์	35	71.42	25.97	1.48		
	0 - 23	ไม่ผ่านเกณฑ์	14	28.57				

อภิปรายผลการวิจัย

1. ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ระบบสุริยะ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80 หรืออยู่ในเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และเกิดความเข้าใจแนวคิดเรื่องระบบสุริยะมากขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Gillbert and Boulter (2000) ที่ระบุว่า การจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติแทนการศึกษาจากปรากฏการณ์จริงช่วยพัฒนาการคิดและความเข้าใจในเนื้อหา เนื่องจากแบบจำลองช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น ถึงแม้ว่าเรื่องระบบสุริยะจะเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับมหภาคที่ไม่สามารถสร้างปรากฏการณ์ขึ้นในห้องปฏิบัติการให้เห็นเชิงประจักษ์ได้โดยตรง แต่การศึกษาครั้งนี้ ใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ประเภทแบบจำลองสถานการณ์ที่ผู้เรียนต้องเข้าไปอยู่ในสถานการณ์ที่ต้องตัดสินใจ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดผ่านการลงมือปฏิบัติ ได้ระดมความคิดและอภิปรายแสดงความเห็นกับเพื่อนสมาชิกผ่านกระบวนการกลุ่มโดยอาศัยความรู้หลักการ และทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามหรือประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหา สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ Harrison and Treagust (2000) ที่ระบุว่า แบบจำลองต้องช่วยให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ คือ ได้สำรวจตรวจสอบผ่านแบบจำลอง ได้ค้นพบข้อความรู้ สร้างความเข้าใจและสื่อสารความรู้เพื่ออธิบายความเข้าใจของตนเอง เช่นเกี่ยวกับข้อเสนอแนะของ Penthong (2012) ที่ระบุว่าแบบจำลองต้องช่วยให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ คือ ได้สำรวจตรวจสอบผ่านแบบจำลอง

ได้ค้นพบข้อความรู้ สร้างความเข้าใจและสื่อสารความรู้เพื่ออธิบายความเข้าใจของตนเอง เช่นเกี่ยวกับข้อเสนอแนะของ Penthong (2012) ที่ระบุว่า การใช้สื่อดิจิทัลในการจัดการเรียนรู้ไม่ควรเน้นให้ผู้เรียนรับข้อมูลเพียงฝ่ายเดียว แต่ควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สนับสนุนให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกัน สื่อสารความเข้าใจและได้สร้างชิ้นงานโดยมีสื่อและแหล่งเรียนรู้ที่มีคุณภาพเป็นส่วนช่วย ดังนั้น แบบจำลองจึงเป็นสื่อกลางที่ผู้เรียนสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ตีความและอธิบายปรากฏการณ์ และช่วยให้ครูผู้สอนเข้าถึงวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนต่อสิ่งที่เรียนรู้ได้

2. ผลการศึกษาคะแนนร้อยละของพัฒนาการด้านการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีความในระดับสูงมาก (ร้อยละ 78.70 และ 76.55 ตามลำดับ) นั้นอาจเป็นเพราะครูผู้สอนเสนอแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนโดยเริ่มจากระดับง่ายไปยาก คือ เริ่มต้นจากครูใช้แบบจำลองที่เป็นตัวแทนบางส่วนของปรากฏการณ์ในขั้นการเก็บรวบรวมและเลือกข้อมูล และขั้นจัดกระทำข้อมูล เพื่อให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐาน ทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและสรุปเป็นองค์ความรู้ของปรากฏการณ์นั้นๆ ก่อน จากนั้นในขั้นการประยุกต์ใช้ความรู้หรือการปฏิบัติจริงเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ครูเริ่มท้าทายผู้เรียนโดยใช้คำถามปลายเปิดที่มีคำตอบแบบกว้างถึงสถานการณ์ปัญหาใหม่ที่ยากขึ้น ให้ผู้เรียนกระหายใคร่รู้ แล้วเปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองผ่านแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ใช้ต้องกระบวนการคิดวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในขั้นก่อนหน้ามาอธิบายหรือแก้ปัญหา แต่อย่างไรก็ดี ผลการศึกษาพบว่ารายการข้อคำถามที่นักเรียนมักตอบผิดเกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ประเภทการสรุปเป็นหลักเกณฑ์เฉพาะ ซึ่งเป็นความสามารถในการนำหลักการทั่วไปที่มีอยู่แล้วไปสรุปเป็นหลักการใหม่ที่เฉพาะเจาะจง สะท้อนให้เห็นว่า การเรียนรู้ผ่านแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยนี้ ช่วยสนับสนุนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้กับผู้เรียนทั้งในเรื่องที่เป็นความรู้ ทักษะและการปฏิบัติบนฐานของข้อมูลที่มี ช่วยให้ผู้เรียนสรุปแนวคิดพื้นฐานหรือสร้างหลักการทั่วไปเกี่ยวกับระบบสุริยะ แต่ผู้เรียนยังมีข้อจำกัดในการนำแนวคิดหรือหลักการทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับเรื่องระบบสุริยะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ที่มีความเฉพาะเจาะจง หรือทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่สัมพันธ์กับหลักการหรือแนวคิดเรื่องระบบสุริยะ ซึ่ง Orlich และคณะ (2010) ได้ให้ข้อเสนอแนะที่สอดคล้องกับผลการศึกษาดังกล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ขั้นสูง เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยทักษะการคิดขั้นพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจความหมาย และตีความเพื่อนำไปสู่การเชื่อมโยงเหตุผลต่างๆ สร้างทางเลือกในการตัดสินใจและแก้ปัญหา ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จึงช่วยให้ครูผู้สอนได้ทราบแนวทางการจัดการเรียนรู้และบริบทที่ช่วยส่งเสริมแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องระบบสุริยะและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ รวมถึงข้อจำกัดในการพัฒนาระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ผลการวิจัยครั้งนี้ สะท้อนให้เห็นถึงแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ว่า ครูผู้สอนควรเสนอแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนจากระดับง่ายไปยาก เพื่อให้ผู้เรียนใช้ทักษะการคิดขั้นพื้นฐานทำความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนผ่านแบบจำลอง เกิดความรู้ความเข้าใจ ความมั่นใจและความพร้อมที่จะเรียนรู้ จนนำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ในสถานการณ์ปัญหาใหม่ที่ยากขึ้นซึ่งต้องใช้ต้องกระบวนการคิดวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในขั้นก่อนหน้ามาทำความเข้าใจความหมาย และตีความเพื่อนำไปสู่การเชื่อมโยงเหตุผลต่างๆ การอธิบายหรือการแก้ปัญหา

2. ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นสถานการณ์จำลองช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์อย่างมาก โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้ในขั้นการประยุกต์ใช้ความรู้หรือการปฏิบัติจริงเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ดังนั้น ครูผู้สอนสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ การคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาร่วมกัน

3. การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยไม่ได้ออกแบบและพัฒนาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เอง แต่ใช้การสืบค้นจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งบางสื่อผู้ใช้ต้องดาวน์โหลดแอพพลิเคชั่นในคอมพิวเตอร์หรือในมือถือก่อน ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมและเพียงพอกับความต้องการของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการวิเคราะห์แบบทดสอบเป็นรายข้อ ผู้วิจัยพบว่า รายการข้อคำถามที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิดนั้น ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ประเภทการสรุปเป็นหลักเกณฑ์เฉพาะ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปควรวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 5 ประเภท รวมทั้งคะแนนพัฒนาการรายบุคคลเพื่อให้ครูผู้สอนสามารถพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสมยิ่งขึ้นและสามารถส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนเป็นรายบุคคล

2. การทำวิจัยครั้งต่อไป ควรเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน และจากแบบฝึกหัดระหว่างเรียนควบคู่ไปกับการใช้แบบทดสอบ

บรรณานุกรม

Aimanan, S. and Insombat, B. (2018). The Effectiveness of using the Solar System Instructional Package in Teaching Science and the Attitudes of Grade 4 Students Towards Learning Science. **Social Sciences Research and Academic Journal**. 13(39), 113-126. [in Thai]

Bongkotphet, T. (2009). From Research to Effective Astronomy Teaching at Primary Education Level. **Journal of Education Naresuan University**. 13(3), 197 – 212. [in Thai]

Faikhamta, C. and Supatchaiyawong, P. (2014). **Model-Based Learning**. 29(3), 86 – 99.

Gilbert, J.K., & Boulter, C.J. (2000). **Developing models in science education**. New York: Kluwer Academic Publishers.

Harrison, A. G., and Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. **International Journal of Science Education**, 22(9), 1011-1026.

Jumnongsuk, L., Baowthongkm, N. and Phanprayoon, O. (2019). Effect of Active Learning for science concepts about the solar system of grade 9th Students. **The Golden Teak: Humanity and Social Science Journal** (GTHJ.). 25(3), 102-113. [in Thai]

Kanjanawasee, S. (2013). **Classical Test Theory** (7th Ed.). Bangkok, Chulalongkorn Publication. [in Thai]

Marzano, R.J. and Kendall, J. S. (2007). **The New Taxonomy of Educational Objectives** (2nd Ed.). Thousand Oaks: Corwin Press, SAGE Publication.

Mekiyanon, A., Singlop, S., Chauvatcharin, N. and Mekiyanon, M. (2019). Effect of The Inquiry Cycle (5Es) Learning Method with The Cooperative Learning: Group Investigation (GI) of The Solar System on Learning Achievement and Group Work Behavior for 4th Grade Students. **Academic Journal of Mahamakut Buddhist University Isan Campus (Saeng Isan)**. 16(2), 84-100. [in Thai]

Office of the Basic Education Commission [OBEC]. (2017). **Science learning standards and indicators revised version B.E.2560 (2017), Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (2008)**. Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand. Limited. [in Thai]

Orlich, D. C., Harder, R. J., Callahan, R. C., Trevisan, M. S., and Brown, A. H. (2010). Teaching Strategies: **A Guide to Effective Instruction**. Boston, MA: Wadsworth.

Penthong, S. (2012). **Multi-experience of an Applying Digital Media for Education**. IT SWU Symposium. Retrieved May 3, 2020,fromhttp://it.cc.swu.ac.th/Portals/126/document/session5_multiexperience_Educ.pdf. [in Thai]

Saenprasit, K., Ardkaew, J., and Srijumnong, J. (2017). The development a causal model of factors influencing the analytical thinking abilities of the Prathomsuksa 6 students of schools under Loei Primary Educational Service Area Office 1: Multiple group analysis. **Journal of Education Naresuan University**, 19(2), 167-175. [in Thai]

The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2018). **The results of the 2015 Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)**. Bangkok, The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. pp.94. [in Thai]