



การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์
เรื่อง โลกและธรณีพิบัติภัย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

The Development of Learning Activities Based on Engineering Design
Process and Model-Based Learning in Earth and Geohazard Supporting
Scientific Literacy for Grade 12 Students

นงคราญ โสดาลี^{1*} ปริญญา ปริพุฒ² และ ภควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา³

Nongkran Sodalee^{1*} Pariya Pariput² and Pakkawat Wongwanwattana³

¹ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

² คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

³ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

* ผู้ประสานงาน : nongkran.sG64@ubru.ac.th

¹ M.Ed. Student in Curriculum and Instructional Development
Ubon Ratchathani Rajabhat University

² Faculty of Education Ubon Ratchathani Rajabhat University

³ Faculty of Science Ubon Ratchathani Rajabhat University

* Corresponding Author: nongkran.sG64@ubru.ac.th

(Received: 2023-05-30; Revised: 2023-06-20; Accepted: 2023-06-26)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ 2) เปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ครั้ง 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวิจิตรวาทิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 37 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็น

ฐาน เรื่อง โลกและธรณีพิบัติภัย จำนวน 3 หน่วย ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.83 - 1.00, แบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 15 ข้อ IOC อยู่ระหว่าง 0.73 - 1.00 และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.22 - 0.87 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.96 มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.93 - 1.00 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบที การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐานมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.64, SD=0.18$) 2) ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โลกและธรณีพิบัติภัย พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์, กิจกรรมการเรียนรู้, แนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน

Abstract

The objectives of research were 1) to develop the learning activities based on engineering design process and model-based learning supporting scientific literacy, 2) to compare each scientific literacy of all 3 times, and 3) to compare learning achievements before and after employing the learning activities. The sample group used in the research was 37 numbers of the 12th grade students at Vichitraphittaya School, who were studying in semester 2 in the academic year 2022. They were randomly selected by using cluster random sampling. The research instruments consisted of: (1) three lesson plans of learning activities based on engineering design process and model-based learning with the IOC of 0.83-1.00, (2) the 15 items of scientific literacy test with the IOC of 0.73-1.00, and (3) the 30 items of learning achievement test with the correlation between 0.22-0.87, the reliability coefficient at

0.96, and the IOC of 0.93 - 1.00. The statistics used in data analysis were percentage, mean, standard deviation, t-test statistics and one-way repeated measures ANOVA.

The results showed that:

1. the quality evaluation results of the learning activities based on engineering design process and model-based learning in earth and geohazard supporting scientific literacy was at the highest level with an average of 4.64 and a standard deviation is 0.18

2. research findings on the scientific literacy of students studying the learning activities based on engineering design process and model-based learning for three times were significantly different at the .05 level.

3. the learning achievements of students studying the learning activities based on engineering design process and model-based learning was higher than before learning with the significance of .05

Keywords: Scientific Literacy, Learning Activities, Engineering Design Process and Model-Based Learning

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นสังคมแห่งความรู้ในโลกสมัยใหม่ ทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้เข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เพื่อนำผลของความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิต ศึกษาต่อและประกอบวิชาชีพ ตลอดจนเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น การพัฒนาผู้เรียนในปัจจุบันจึงต้องเน้นให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะ แก้ปัญหา พัฒนางานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) เพื่อเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Learning, 2019) สอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ.2560 – 2579) ที่เน้นการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศไทย เพื่อเร่งพัฒนาเยาวชนให้ทันต่อโลกที่มีอัตราการแข่งขันสูง และความก้าวหน้าของสื่อเทคโนโลยีดิจิทัล (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2559) ดังนั้น เป้าหมายสำคัญของ

การศึกษาคือพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตัวเอง และสังคม (สำนักงานเลขาธิการ สภาการศึกษา 2560)

โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) เป็นโครงการที่องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้นักเรียนมีความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง เรียกว่า “ความฉลาดรู้” (Literacy) ซึ่งเป็นความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียนจะต้องเป็นบุคคลที่สามารถสื่อสารหรือโต้แย้งอย่างเป็นเหตุเป็นผล ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต การพัฒนาและการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) ผลการประเมิน PISA 2018 นักเรียนไทยมีคะแนนวิทยาศาสตร์ 426 คะแนน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD (489 คะแนน) และมีนักเรียน 56% ที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไป กล่าวคือ รู้คำอธิบายที่ถูกต้องของปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ และใช้ความรู้ระบุประเด็นต่าง ๆ ได้ในกรณีที่คุ้นเคยไม่ซับซ้อน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) และจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินัยพื้นฐาน (O-NET) รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาอุบลราชธานี อำนาจเจริญ ปีการศึกษา 2562-2564 มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากปี 2562 ผลต่างเปรียบเทียบ 3.56 ในขณะที่โรงเรียนวิจิตรพิทย ในปีการศึกษา 2562-2564 พบว่ามีค่าเฉลี่ยผล O-NET อยู่ที่ 23.46 25.39 และ 23.52 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ในระดับประเทศ (โรงเรียนวิจิตรพิทย, 2565) จากการประเมินผลทั้งระดับโลกและระดับชาติ สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนยังขาดการเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงควรมีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ “ที่เป็นวิทยาศาสตร์” มากขึ้น เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด ปฏิบัติ อภิปราย ให้เหตุผลและสร้างความรู้ที่สอดคล้องกับบริบทจริง (ลือชา ลดาชาติ, 2561) สอดคล้องกับงานวิจัยของจารุพันธ์ พากัฏี (2563) ที่ได้พัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์และนลพรรณ ไชยชนะ (2564) พัฒนาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ โดยการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์สู่บริบทที่คุ้นเคยในชีวิตจริง

จากปัญหาดังกล่าว สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้มีแนวทางให้ครูเน้นให้ผู้เรียนได้เกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยนำการออกแบบเชิง

วิศวกรรมมาเข้าร่วมในการจัดกิจกรรมการ ซึ่งช่วยส่งเสริมให้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อสร้างและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์สู่การแก้ปัญหาสถานการณ์จริง ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีกระบวนการกำหนดปัญหา ตัวแปร การวิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับสมรรถนะของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านการแปลความหมายของข้อมูล การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของหลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ จึงต้องมีการเชื่อมโยงความรู้ที่เป็นนามธรรมให้อยู่ในรูปธรรม เครื่องมือที่จะส่งเสริมผู้เรียนนั้นคือ แบบจำลองวิทยาศาสตร์ (ลฎาภา ลดาชาติ, 2561; Gibert et al, 2000) ซึ่งสามารถใช้ในการทำนายและพยากรณ์ปรากฏการณ์ธรรมชาติ อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างสมมติฐาน เพื่อนำไปทดสอบกับหลักฐานเชิงประจักษ์นำไปสู่การยืนยันสมมติฐาน รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning) จึงเป็นแนวคิดที่ทำให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ พัฒนาแบบจำลองผ่าน 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้าง 2) การใช้ (ทดสอบ) 3) การปรับปรุงแก้ไข และ 4) การขยายแบบจำลอง ครุจึงมีบทบาทในการกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม ค้นหาคำตอบ สร้าง นำความรู้เชื่อมโยงสู่ชีวิตประจำวัน (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2563; Gobert and Buckley, 2000; Rea-Ramirez, Clement and Nunez-Oviedo, 2008) สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐพล กวดไทย (2563), ณภัทร สุขนฤเศรษฐกุล (2564) และศศิมน ศรีกุลวงศ์ (2564) ที่ได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมความคงทนในการเรียนรู้ โดยอาศัยความเข้าใจและกระบวนการแปลความหมายของข้อมูล เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

อย่างไรก็ดีเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยังคงสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้และทักษะในวิชาหลักไปใช้ในบริบทชีวิตจริง ผลการเรียนรู้ PISA ระบุว่ามีความสัมพันธ์กับการเรียนรู้ตลอดชีวิต สร้างเป็นนวัตกรรมแนวคิด สื่อสารและโต้แย้งด้วยความเข้าใจเป็นบุคคลที่มีความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (OECD, 2022) สำหรับแนวทางการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเพื่อบรรลุเป้าหมายการจัดการเรียนรู้ นักการศึกษาจึงได้นำแนวคิดการออกแบบ (Design) มาเป็นบริบทในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Kelly & Knowles, 2016) เพื่อเอื้อให้เกิดการสืบเสาะและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประยุกต์นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบเพื่อสร้างนวัตกรรมในการเชื่อมโยงชีวิตจริง สู่แนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) (ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา ลดาชาติ, 2561) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wendell & Rogers (2013) ระบุว่า ผู้เรียนมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น จากกิจกรรม

การออกแบบและสร้างบ้านจำลอง โดยผู้เรียนสามารถสร้าง ทดสอบและตัดสินใจเลือกสมบัติวัสดุได้ สะท้อนให้เห็นถึงการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีการพัฒนาและใช้แบบจำลอง วางแผนและลงมือสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฌักทร วอนศิริ (2565) ได้นำสถานการณ์วิกฤตน้ำท่วมจังหวัดอุบลราชธานี มาเป็นบริบทในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สร้างแบบจำลองย่อยกปลาที่ช่วยผ่อนแรงผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีความมุ่งหมายให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ในห้องเรียนไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และศิริินนาถ ทับทิมใส (2563) ที่ระบุว่า ผู้เรียนได้เชื่อมโยงการนำองค์ความรู้จากการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติผ่านการสร้างชิ้นงาน นำแนวคิดไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นและผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเป็นผู้ฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientifically Literate Person) ไม่เพียงแต่สอนเนื้อหา แต่จำเป็นต้องพัฒนางมือปฏิบัติผ่านการสืบเสาะและเชื่อมโยงกับบริบทชีวิตจริง (ลือชา ลดาชาติ, 2561) นำองค์ความรู้และทักษะผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สร้างแบบจำลองสู่ชิ้นงานในการอธิบายปรากฏการณ์ แปลความหมายของข้อมูลชิ้นงานที่ได้เพื่อตั้งสมมติฐานและพยากรณ์ข้อมูล แต่ทั้งนี้งานวิจัยของฌักทร วอนศิริ (2565) ได้ให้ข้อเสนอแนะจากการวิจัยว่าผู้เรียนไม่ให้ความสำคัญกับการวางแผนและออกแบบ เร่งทำชิ้นงาน และนำไปทดสอบส่งผลต่อประสิทธิภาพของชิ้นงาน กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจึงจำเป็นต้องร่วมพัฒนากับการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อให้ให้นักเรียนสร้างชิ้นงานได้อย่างสัมพันธ์และเข้าใจปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์จากเหตุผลและความจำเป็นดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบจำนวน 3 ครั้ง โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้จากการพัฒนากิจกรรมที่ผสมผสานแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องโลกและธรณีพิบัติภัย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทำให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นเพื่อพัฒนาตนเองและท้องถิ่นต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกและธรณีพิบัติภัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

2. เพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ครั้ง โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โลกและธรณีพิบัติภัย

3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องโลกและธรณีพิบัติภัย

สมมติฐานการวิจัย

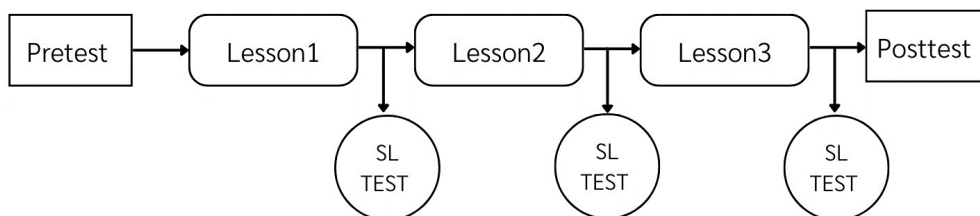
1. ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในการวัดแต่ละครั้งแตกต่างกัน

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการทดลองนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับประยุกต์แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลหลายครั้งก่อนและหลังการทดลอง จำนวน 3 ครั้ง (One Group Time Series Design) (อพนันต์ พูลพุทธา, 2565) โดยทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 1 ครั้ง หลังจากนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ในทุก ๆ 4 ชั่วโมง วัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบพัฒนาการทั้ง 3 ครั้ง และทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 1 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังเรียน เรื่องโลกและธรณีพิบัติภัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วิธีดำเนินการวิจัย

2. ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – ภาควิชาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนวิจิตรวิทย์ มี 2 ห้องเรียน จำนวน 62 คน ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนจำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 37 คน ที่ได้มาโดยการเลือกแบบสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster or Area Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ขั้น (EARTH Model) จำนวน 3 หน่วย เรื่อง โครงสร้างโลก การแปรสัณฐานของแผ่นธรณีและธรณีพิบัติภัยตามลำดับ ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมี $\bar{X} = 4.64$, $SD = 0.18$ ค่า IOC จากการวิเคราะห์อยู่ระหว่าง 0.83 - 1.00 จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน

3.2 แบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 สมรรถนะ ได้แก่ สมรรถนะที่ 1 การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะที่ 2 สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสมรรถนะที่ 3 สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์สมรรถนะละ 5 ข้อ รวมจำนวน 15 ข้อ เป็นแบบทดสอบอัตนัยวัดจำนวน 3 ครั้ง จากแบบทดสอบฉบับเดียวกัน โดยใช้เกณฑ์การประเมินสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564) 4 ระดับ ซึ่งมี ความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมี $\bar{X} = 4.38$, $SD = 0.42$ ค่า IOC มีค่าอยู่ระหว่าง 0.73 - 1.00 จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน

3.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ เรื่องโลกและธรณีพิบัติภัย โดยมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.93 - 1.00 จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22 - 0.87 ค่าความยากง่าย เท่ากับ 0.54 - 0.80 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (α) เท่ากับ 0.96 ซึ่งทำการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้ศึกษาเนื้อหาเรื่องโลกและธรณีพิบัติภัยแล้ว จำนวน 62 คน

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐานดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีขั้นตอน ดังนี้ 1) ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 2) ดำเนินการจัดกิจกรรม

เรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน โดยวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังจบหน่วยการเรียนรู้ ทุก ๆ 4 คาบ จากทั้งหมด 12 คาบ

3) ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกและธรณีพิบัติภัย ด้วยการประเมินความเหมาะสมกิจกรรมการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ 6 ท่าน

5.2 เปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โลกและธรณีพิบัติภัย ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ จำนวน 3 ครั้ง ทดสอบด้วยการวิเคราะห์แปรปรวนทางเดียว แบบวัดซ้ำ (One-way repeated measure ANOVA) และเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีการ Bonferroni ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564) ที่กำหนดเกณฑ์ 4 ระดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564)

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4	3	2	1
C1 ระบุง้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	นักเรียนสามารถระบุง้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ได้ครบถ้วน ถูกต้อง และชัดเจน	นักเรียนสามารถระบุง้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ได้ครบถ้วน ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน	นักเรียนสามารถระบุง้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ได้บางส่วน และถูกต้อง	นักเรียนสามารถระบุง้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ได้บางส่วน และ ไม่ถูกต้อง

5.3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้สถิติทดสอบที (Paired Samples T-Test)

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน 3 หน่วยการเรียนรู้ หน่วยละ 2 แผน จำนวน 6 แผน โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ สังเคราะห์เป็น (EARTH Model) 5 ขั้นตอน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับ

แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (EARTH Model)

พฤติกรรมของตัวชี้วัด ที่แสดงถึงPISA การออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน 5 ขั้นตอน	ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์															รวม
	การอธิบายปรากฏการณ์ใน เชิงวิทยาศาสตร์					การประเมินและออกแบบ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์					การแปลความหมายข้อมูล และการใช้ประจักษ์พยาน ใน เชิงวิทยาศาสตร์					
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5	
ขั้นที่ 1 Engage กระตุ้นและระบุปัญหา			√			√										2
ขั้นที่ 2 Action สืบเสาะ และออกแบบเชิง วิศวกรรม		√					√	√			√	√				5
ขั้นที่ 3 Reaction อธิบายและลงข้อสรุป เพื่อ พัฒนาแบบจำลอง	√								√	√						3
ขั้นที่ 4 Translation ขยายแบบจำลอง ทดสอบและ ปรับปรุง				√									√	√		3
ขั้นที่ 5 How to learn นำเสนอชิ้นงาน ประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน					√										√	4
รวม	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15

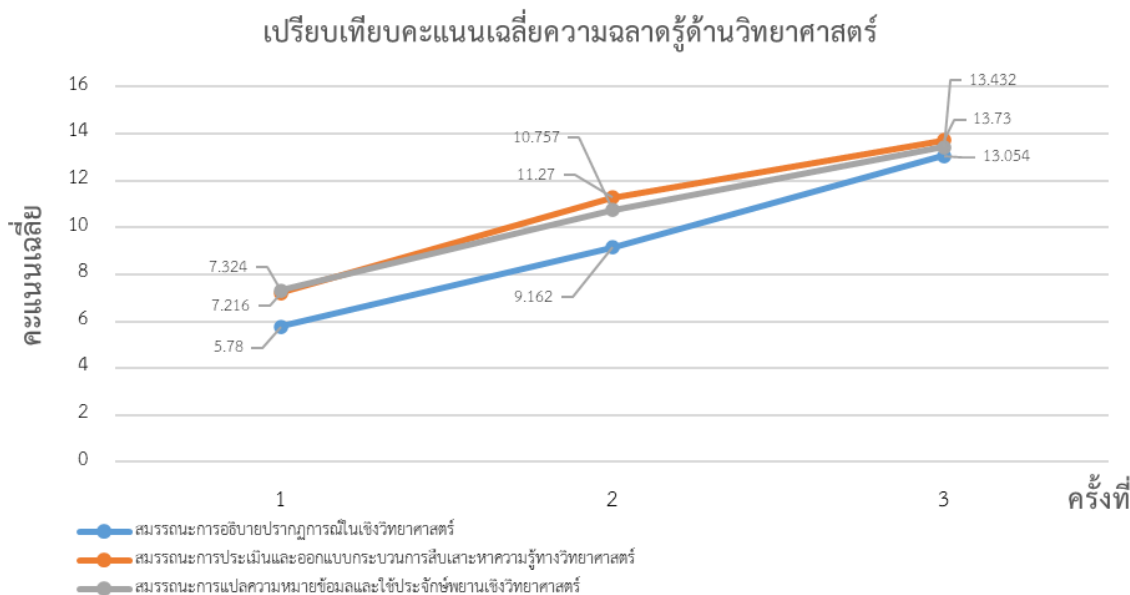
จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้วิจัยได้วิเคราะห์พฤติกรรมบ่งชี้ของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมเพื่อให้เกิดความสัมพันธ์ของสมรรถนะทุกด้าน จากการวิเคราะห์ผลการประเมินความเหมาะสมกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 6 ท่าน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเหมาะสมกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้เชี่ยวชาญ 6 ท่าน

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม		
	$\bar{X}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. สำคัญ	5.00	0.00	มากที่สุด
2. มาตรฐานและตัวชี้วัดการเรียนรู้	4.50	0.76	มาก
3. จุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.47	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	4.83	0.37	มากที่สุด
5. สื่อการเรียนรู้	4.50	0.76	มาก
6. การวัดและประเมินผล	4.67	0.47	มากที่สุด
รวม	4.64	0.18	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่า โดยภาพรวมผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่า กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่า $\bar{X} = 4.64$ ($SD=0.18$)

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐานทั้ง 3 ครั้ง ในแต่ละสมรรถนะ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์

จากภาพที่ 2 พบว่าคะแนนเฉลี่ยพัฒนาการของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ สูงขึ้นทั้ง 3 ครั้ง โดยผู้วิจัยได้เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย 3 ครั้ง ทดสอบด้วยการวิเคราะห์แปรปรวนทางเดียว แบบวัดซ้ำ (One way repeated measure ANOVA) พบว่า คะแนนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 4) ดังนั้นจึงเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีการ Bonferroni เพื่อหาความแตกต่างแต่ละครั้ง พบว่า 1) คะแนนเฉลี่ยของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 สมรรถนะ ครั้งที่ 2 สูงกว่าครั้งที่ 1, ครั้งที่ 3 สูงกว่าครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 3 สูงกว่าครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐานในแต่ละครั้ง จำนวน 3 ครั้ง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์					
สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	2	979.477	489.739	410.702	.000*
ความคลาดเคลื่อน	72	85.856	1.192		
สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	2	800.559	400.279	310.646	.000*
ความคลาดเคลื่อน	72	92.775	1.289		
สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์	2	693.748	346.874	276.723	.000*
ความคลาดเคลื่อน	72	90.252	1.254		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐานในแต่ละครั้ง เป็นรายคู่ โดยวิธีการ Bonferroni

ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	$\bar{X}$	5.784	9.162	13.054
ครั้งที่ 1	5.784	-	3.378*	7.270*
ครั้งที่ 2	9.162		-	3.892*
ครั้งที่ 3	13.054			-
สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		7.216	11.270	13.730
ครั้งที่ 1	7.216	-	4.054*	6.514*
ครั้งที่ 2	11.270		-	2.459*
ครั้งที่ 3	13.730			-
สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์		7.324	10.757	13.432
ครั้งที่ 1	7.324	-	3.432*	6.108*
ครั้งที่ 2	10.757		-	2.676*
ครั้งที่ 3	13.432			-

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบ
เชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โลกและธรณีพิบัติภัย

คะแนน	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	t	P
ก่อนเรียน	37	30	9.92	3.45	16.53	.000*
หลังเรียน	37	30	20.70	4.86		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องโลกและธรณีพิบัติภัย มีคะแนนผลสัมฤทธิ์เฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 9.92 ($SD=3.45$) และหลังเรียนเท่ากับ 20.70 ($SD=4.86$) ซึ่ง คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การอภิปรายผล

1. ผลการประเมินคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกและธรณีพิบัติภัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาได้ผ่านขั้นตอน ศึกษาหลักสูตร แนวคิดและทฤษฎีและวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับพฤติกรรมบ่งชี้เพื่อให้ นักเรียนได้รับการพัฒนาสมรรถอย่างต่อเนื่อง สังเคราะห์เป็น EARTH Model 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 กระตุ้นและระบุปัญหา ขั้นที่ 2 สืบเสาะและออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป ขั้นที่ 4 ขยายแบบจำลอง ทดสอบและปรับปรุง และขั้นที่ 5 นำเสนอชิ้นงาน ประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน ทั้ง 5 ขั้นนี้นักเรียนได้เกิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามแนวคิดสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560), Johnstone et al. (2018) และ Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (2015) ที่เน้นการประยุกต์หาแนวทางการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้ในชีวิตจริงซึ่งพบในขั้นที่ 1, 2 และ 5 นักเรียนได้สร้างชิ้นงานจากปัญหาที่ได้กำหนด นำไปใช้และพัฒนานวัตกรรม อย่างไรก็ตามนักเรียนจะสร้างชิ้นงานต้องมีการออกแบบ โดยอาศัยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการสืบเสาะ (ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ, 2561) ผู้วิจัยจึงได้ทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ตามแนวคิดของชาตรี ฝ่ายคำตา (2563), Gobert and Buckley (2000) และ Rea-Ramirez, Clement

and Nunez-Oviedo (2008) ร่วมกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งขั้นที่ 2, 3 และ 4 ได้เน้นให้นักเรียนได้สร้าง ใช้ ทดสอบ ปรับปรุง เกิดขึ้นงานนำไปขยาย แปลความหมายข้อมูล เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติในเชิงวิทยาศาสตร์ (Gibert et al, 2000) เมื่อผู้วิจัยได้วิเคราะห์คุณภาพความเหมาะสมของกิจกรรมผ่านผู้เชี่ยวชาญ 6 ท่านโดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด $\bar{X} = 4.95$ คะแนน ($SD = 0.15$) จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ สามารถทำให้นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติเชิงวิทยาศาสตร์ เกิดกระบวนการสืบเสาะและนำหลักฐานที่ได้แปลความหมายข้อมูล ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัย (ณภัทร วอนศิริ, 2565; ศรายุทธ รูปโหม, 2564; ลฎาภา ลดาชาติ, 2561; อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2559)

2. ผลการเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 2 สูงกว่าครั้งที่ 1 และครั้งที่ 3 สูงกว่าครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้เรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐาน (EARTH Model) ที่เน้นพฤติกรรมบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้น โดยหลังจากนำเสนอสถานการณ์ปัญหา (ขั้นที่ 1) ตัวอย่างเช่น โครงสร้างโลกบ้านช่างหม้อ อุทยานธรณีวิทยาอุบลราชธานีและการแก้ปัญหาภัยน้ำท่วม นักเรียนมีความคุ้นเคยและสามารถกำหนดปัญหา สร้างสมมติฐาน และนำความรู้ที่ได้ออกแบบจำลองและสร้างชิ้นงาน (ขั้นที่ 2, 3) นำไปสู่การพัฒนาสมรรถนะที่ 1 การอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนนำผลที่ได้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน (ลฎาภา ลดาชาติ, 2561) ทั้งนี้ในขั้นที่ 2 การออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้รับการพัฒนาสมรรถนะที่ 2 การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนได้รับการกระตุ้นให้วางแผนการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ (ขั้นที่ 1) หลังจากการสืบเสาะและพัฒนาต่อเนื่องทำให้นักเรียนสามารถแยกแยะได้ว่าวิธีการใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นไปตามแนวทางการปฏิบัติในการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ อภิสิทธิ์ ธงไชย (2559) ที่ระบุว่าการจัดการเรียนรู้ที่ลงมือปฏิบัติการสืบเสาะ ใช้ความรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้ นักเรียนสร้างชิ้นงานอย่างเข้าใจวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงกับชีวิตจริงได้เมื่อนักเรียนได้รับการพัฒนาสมรรถนะที่ 3 การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เมื่อนักเรียนได้เกิดการโต้แย้ง

ทางวิทยาศาสตร์และประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล (ขั้นที่ 4) ซึ่งต้องอาศัยหลักฐานจากการสืบเสาะจึงจะสามารถพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวหรือชิ้นงานที่สร้างขึ้น เช่น แปลผลกราฟระดับน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2566 เพื่อสร้างกระสอบทรายกันน้ำ ทั้งนี้ นักเรียนสามารถนำชิ้นงานไปขยายผลหรือใช้ในการโต้แย้งสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน (Wendell & Rogers, 2013) สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเป็น “ผู้ที่มีความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์” ได้ ซึ่งมีพัฒนาการที่เพิ่มสูงขึ้นในการวัดหลังหน่วยการเรียนรู้จำนวน 3 ครั้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ จารุพันธ์ พากัฏฐิ (2563) นลพรรณ ไชยชนะ (2564) และ พิมพ์ลอย ตามตระกูล (2564)

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลัง พบว่าผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ เนื่องจากกิจกรรมนี้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับแนวคิดของ ภพ เลหาไพบุลย์ (2552) ผลสัมฤทธิ์สามารถวัดได้จากความสามารถของผู้เรียน โดยครูมีหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ทำให้นักเรียนมีทักษะในการแสวงหาความรู้ เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม ส่งผลให้สามารถระบุปัญหาและเชื่อมโยงตัวแปรต่าง ๆ จึงทำให้สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของชิ้นงานได้อย่างเข้าใจ ในเนื้อหา เพราะการสร้างแบบจำลองนั้นต้องอาศัยความเข้าใจและส่งผลต่อกระบวนการแปลความหมายของข้อมูลเชื่อมโยงการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ทั้งนี้การสร้างแบบจำลองโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ลงมือปฏิบัติผ่านการสร้างชิ้นงาน สามารถนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ (สุคนธ์ สินธพานนท์, 2553), (ณภัทร วอนศิริ , 2565), (ณัฐพล กวดไทย, 2563) และ (ศิริินนาถ ทับทิมใส, 2563) ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับนัยสำคัญ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐานมีหลายขั้นตอน ครูผู้สอนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน เนื่องจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่มีพฤติกรรมบ่งชี้ได้แก่การกำหนดปัญหา การออกแบบ สร้างชิ้นงาน แปลข้อมูล เมื่อนักเรียนเข้าใจขั้นตอนอาจจะทำให้สามารถพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากการศึกษาพบว่าความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์มีการพัฒนาขึ้นแต่ สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ 2 ควรมีการใช้เครื่องมือการสังเกตพฤติกรรม เนื่องจากเป็นสมรรถนะที่เป็นกระบวนการ จะทำให้วิเคราะห์ผลได้อย่างแม่นยำ

2.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐานควรมีสถานการณ์ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับชุมชนตนเองเพื่อให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ได้อย่างสัมพันธ์

2.3 การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแบบจำลองเป็นฐานสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาทักษะและความสามารถอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการโต้แย้ง ความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- จารุนันท์ พากิตติ. (2563). *การพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสารคาม.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2563). *กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เคมี*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นลพรรณ ไชยชนะ. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามที่ส่งผลต่อความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *Journal of Graduate Research*, 12(2), 31-44.
- พิมพลอย ตามตระกูล. (2564). *การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด -เบส ด้วยการจัดการเรียนรู้ แบบใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. การค้นคว้าอิสระ การศึกษามหาบัณฑิตมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ณภัทร วอนศิริ. (2565). การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผ่านการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. *Journal of Education Naresuan University*, 24(3), 147-157.

- ณภัทร สุขนฤเศรษฐกุล. (2564). การพัฒนาการด้านสมรรถนะในการนำเสนอตัวแทนความคิดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในหัวข้อเซลล์เคมีไฟฟ้า ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *Journal of Education Khon Kaen University*, 44(4), 84-89.
- ณัฐพล กวดไทย. (2563). การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสารคาม.
- ลฎาภา ลดาชาติ. (2561). แบบจำลองกับการศึกษาวิทยาศาสตร์. *Silpakorn University Journal*, 38(4), 133-159.
- ลือชา ลดาชาติ. (2561). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ ประวัติศาสตร์ ปรัชญา และการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ. (2561). จากการรู้วิทยาศาสตร์และการสืบเสาะสู่สะเต็มศึกษา และการออกแบบ. *Journal of Education Naresuan University*, 20(1), 246-260.
- ศรายุทธ รูปโถม. (2564). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กรด-เบส โดยจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *Journal of Education Naresuan University*, 23(1), 308-320.
- ศศิมน ศรีกุลวงศ์. (2564). การใช้แบบจำลองและการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *CMU Journal of Education*, 5(1), 12-27.
- ศิริินนาถ ทับทิมใส. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สุคนธ์ สินธพานนท์. (2553). *นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2)*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิควรรีนตั้ง.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พรทิพวรรณกราฟฟิค.
- อพนันท์ พูลพุทธา. (2565). *การวิจัยทางการศึกษา*. ตักสิลาการพิมพ์.
- อภิสิทธิ์ ชงไชย. (2559). ความสำคัญของวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *Journal of Kasetsart Educational Review*, 31(3), 48-53.
- โรงเรียนวิจิตรภาพิทยา. (2564). *รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติดิขึ้นพื้นฐานระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวิจิตรภาพิทยา ปีการศึกษา 2562-2564*. อุบลราชธานี: โรงเรียนวิจิตรภาพิทยา.
- Gobert, J. D. and B. C. Buckley. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.
- Gilbert et al. *Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education*. In *Developing Models in Science Education*. Natherland: Kruwer academic publishers.
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2015). *Basic Knowledge about STEM Education*. (online) 2015 (cited 20 August 2022). from <http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/newIntro-to-STEM.pdf>.
- Johnson, C. C., Walton, J. B., and Peters-Burton, E. (2018). *STEM Road Map for High School*. Virginia: National Science Teacher Association.

- Kelly, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1-11.
- OECD. (2022). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing, (online) 2019 (cited 20 August 2022). from <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>.
- Partnership for 21st Century Learning. (2019). *FRAMEWORK FOR 21st CENTURY LEARNING DEFINITIONS*. Battelle for kids.
- Rea-Ramirez, M. A., Clement, J. and Nunez-Oviedo, M. C. (2008). *An instructional model derived from model construction and criticism theory*, In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.). *Model Based Learning and Instruction in Science*, Netherlands: Springer.
- Wendell, K. B. and Rogers, C. (2013). Engineering Design-Based Science, Science Content Performance, and Science Attitudes in Elementary School. *Journal of Engineering Education*, 102(4), 513-540.