การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Developing Scientific Literacy using Engineering Design Process on STEM Education Approach in Light and Visual Instrument Topic for 11th Grade Students

พัทธดนย์ อุดมสันติ[1], ธิติยา บงกชเพชร[2], ทนงศักดิ์ โนไชยา[3]
Pattadon Udomsanti[1], Thitiya Bongkotphet[2], Thanongsak Nochaiya[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ และเพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 49 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือในการเก็บข้อมูลได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ใบกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ได้แก่ การวิเคราะห์ด้านเนื้อหา และการหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีลักษณะดังนี้ ขั้นการระบุปัญหา นักเรียนจะต้องพิจารณาปัญหาและระบุปัญหาได้โดยผู้วิจัยควรใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ในการระบุปัญหาด้วยตัวเอง ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง นักเรียนจะต้องพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด โดยจะต้องเป็นแนวคิดที่มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นการวางแผนและพัฒนา นักเรียนจะต้องนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการดำเนินงาน และกำหนดขั้นตอนการแก้ไขปัญหาหรือขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจน ขั้นการทดสอบและ

[1] นิสิตระดับปริญญาโท สาขาฟิสิกส์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[2, 3] คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[1] M. Ed., Department of Education, Faculty of Education, Naresuan University
[2, 3] Faculty of Education, Naresuan University

ประเมินผล นักเรียนทดสอบและประเมินผลชิ้นงานในการแก้ปัญหาของนักเรียนด้วยตัวเอง โดยผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น และขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ นักเรียนจะต้องนำเสนอผลงานต่อผู้วิจัยและนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยการนำเสนอข้อมูลควรจะเป็นข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ การจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถช่วยพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์มากที่สุด (ร้อยละ 71.83) สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 66.67) และสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 56.99) ตามลำดับ

คำสำคัญ: กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ สะเต็มศึกษา การรู้วิทยาศาสตร์ แสงและทัศนอุปกรณ์

Abstract

This research aimsed to develop the engineering design process on STEM education approach and study the scientific literacy in light and visual instrument topic of 11th grade students. The research was the classroom action research. The participants were 11th grade students 49 students. They were selected by purposive sampling. Research instruments comprised the learning observation form, student learn record form, worksheet and scientific literacy test. The data were analyzed by using qualitative data analysis and quantitative data analysis, which were content analysis, mean, percentage and standard deviation. The results showed that the engineering design process on STEM education approach by following Identify a challenge step, students need to consider the problem and identify the problem. Teacher should use questions to encourage students for practice scientific thinking in identifying problems. Explore ideas step, students need to consider all ideas or knowledges that can be used to solve problems and write down. Plan and develop step, students need to apply scientific knowledge for the operational plan, and determine the problem-solving process or procedure for creating a work piece to solve the problem. Test and evaluate step, students need to test and evaluate work piece for solve problems by themselves. The results of the tests and evaluations may be used to improve and develop the work piece to more effectively solve the problem. Present the solution step, students need to present their work piece to teacher and students. Presentation should be simplified to understand and interesting. Teacher must summarize the activities and knowledge for students. Engineering design process on STEM education approach found that the students developed the scientific literacy, the evaluate and design scientific enquiry competency is the most developed (71.83), the interpret data and evidence scientifically

competency (66.67) and explain phenomena scientifically competency (56.99) has developed respectively.

Keywords: Engineering design, STEM education, scientific literacy, light and visual instrument

บทนำ

การรู้วิทยาศาสตร์เป็นความสามารถของบุคคลในการแยกแยะข้อมูลที่พบเจอในชีวิตประจำวัน และบอกได้ว่าข้อมูลใดเป็นวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงหรือข้อมูลใดเป็นวิทยาศาสตร์เทียม และมีความสำคัญต่อการใช้ชีวิตในศตวรรษที่ 21 โดยการรู้วิทยาศาสตร์จะสามารถทำให้เข้าใจประเด็นทางสังคมที่วิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องและสามารถตัดสินใจได้โดยใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน นอกจากนี้ยังมีทรรศนะจากนักวิชาการที่กล่าวว่าการรู้วิทยาศาสตร์จะทำให้บุคคลมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปพัฒนาประเทศได้ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2557) การรู้วิทยาศาสตร์มีการจัดประเมินขึ้นทุก ๆ 3 ปีโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ในโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ในนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพระบบการศึกษาของประเทศว่าได้เตรียมความพร้อมให้แก่เยาวชนในการใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ดีเพียงใด

แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของโครงการ PISA พบว่าการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยใน PISA 2000 จนถึง PISA 2015 ยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD คือ 501 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ซึ่งผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ปีล่าสุดพบว่า PISA 2015 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 421 คะแนน จะเห็นได้ว่าจากผลการประเมิน PISA 2015 คุณภาพการศึกษาของไทยยังคงห่างไกลเมื่อเทียบจากคะแนนกับประเทศเอเชียตะวันออก นอกจากผลการประเมินระดับนานาชาติที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก โดยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ แบบทดสอบการรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า ด้านสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถดึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนไม่สามารถอธิบายข้อดี/ข้อเสียของการผลิตพลังงานลมได้ และไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำในรอยแตกของหินไปเร่งการแตกร้าวของหินได้อย่างไรได้ ด้านสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถระบุปัญหาที่สามารถตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ได้ กล่าวคือในกรณีที่นักเรียนเจอสถานการณ์ปัญหาเกิดขึ้น นักเรียนไม่มีความสามารถในการระบุที่มาของปัญหาได้ ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนไม่สามารถระบุได้ว่าคำถามใดสามารถตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ได้ของการผลิตพลังงานลมได้ และด้านสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนไม่สามารถแปลความหมายจากหลักฐานประจักษ์พยานได้อย่างเหมาะสมเมื่อมีข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะหาความรู้

ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถตอบได้ว่า กราฟใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและการผลิตกำลังไฟฟ้าจากข้อมูลที่ให้ได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดสมรรถนะทั้ง 3 ด้าน ดังนั้นจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการจัดรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนมีการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถช่วยพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ได้ โดยผู้เรียนจะได้มีโอกาสนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ไขปัญหา และยังมุ่งเน้นให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมในการสร้างคำอธิบายอย่างสมเหตุสมผล (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558: 129) ซึ่งสอดคล้องกับการแสดงสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (OECD, 2016) ทั้งนี้ผู้วิจัยยังพบว่าแนวทางในการจัดการเรียนรู้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะมีขั้นตอนในการระบุปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องพิจารณาปัญหา ร่วมระบุและอธิบายปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งมีความสอดคล้องกับสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และขั้นตอนการวางแผนและพัฒนาเป็นขั้นที่นักเรียนวางแผนการดำเนินงาน โดยนักเรียนนำความรู้ที่ได้ศึกษามาแปลงเป็นข้อมูลที่ง่ายต่อความเข้าใจ ซึ่งอาจจะเกิดจากการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปความรู้ที่ได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2557: 40)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการที่จะศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่จะช่วยพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

2. เพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสงและ ทัศนอุปกรณ์จากการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิด สะเต็มศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบงานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการวิจัยตาม ชมัค (Schmuck, 2006) ซึ่งมีขั้นตอนกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการจำนวน 3 วงจร โดยมีลำดับดังต่อไปนี้ การหักเห ของแสง เลนส์บาง และ ทัศนอุปกรณ์

กลุ่มตัวอย่างและบริบทของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 49 คน ซึ่งเป็นนักเรียนสายวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้เริ่มทำการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ณ โรงเรียนมัธยมขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก มีห้องเรียนจำนวน 72 ห้อง มีจำนวนนักเรียนเฉลี่ยต่อห้องเรียนประมาณ 50 คน ในห้องเรียนมีอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และสื่อการจัดการเรียนรู้อย่างครบครัน ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โปรเจคเตอร์ เป็นต้น โดยปกติในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์จะใช้การบรรยายและการสาธิตการทดลองเป็นหลัก

แต่สามารถมีการเรียนปฏิบัติการได้ตามความเหมาะสม

ตัวแปรที่ศึกษา

1. การจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ที่มีทั้งหมด 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นค้นคว้าแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นวางแผนและพัฒนา ขั้นทดสอบและประเมินผล และขั้นนำเสนอผลลัพธ์ โดยจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผน ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ แผนที่ 1 มีเนื้อหาเรื่องการหักเหของแสง แผนที่ 2 มีเนื้อหาเรื่องเลนส์บาง และแผนที่ 3 มีเนื้อหาเรื่องทัศนอุปกรณ์ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้แผนละ 4 ชั่วโมง รวมระยะเวลาเรียนทั้งหมด 12 ชั่วโมง

2. การรู้วิทยาศาสตร์ โดยอ้างอิงจากกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนว PISA 2015 โดยจะประกอบด้วยสมรรถนะ 3 สมรรถนะ ได้แก่ สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้มีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจร ผลการสังเกตพฤติกรรมจะอธิบายว่าการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร โดยแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้เป็นแบบเขียนบรรยายเชิงพฤติกรรม ในประเด็นดังต่อไปนี้ ครูมีการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนดึงความรู้มาอธิบายหรือไม่ อย่างไร กิจกรรมในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ได้หรือไม่อย่างไร ครูได้มีการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ อย่างไร

2. แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน มีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยหลังจากนักเรียนได้เข้าร่วมการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยนักเรียนจะเป็นผู้บันทึกเขียนตอบแบบอิสระตามความเป็นจริง เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้และความต้องการเพิ่มเติมอื่นๆ ของนักเรียน ได้แก่ หัวข้อดังต่อไปนี้ สิ่งที่ได้เรียนรู้ในครั้งนี้คืออะไร สิ่งที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัญหาในการจัดกิจกรรมครั้งนี้ และ นักเรียนคิดว่าระยะเวลามีความเหมาะสมในการจัดกิจกรรมครั้งนี้หรือไม่ เพราะเหตุใด เป็นต้น

3. ใบกิจกรรมการเรียนรู้ มีจุดประสงค์เพื่อใช้วัดการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากการตอบคำถามของนักเรียนในการแสดงพฤติกรรมของการรู้วิทยาศาสตร์ โดยใบกิจกรรมการเรียนรู้ได้แก่ ใบกิจกรรมเรื่องการหักเหของแสงที่มีสถานการณ์เกี่ยวกับการออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาสร้างแว่นขยาย ใบกิจกรรมเรื่องเลนส์บางที่มีสถานการณ์เกี่ยวกับการออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหาสร้างแว่นตาสำหรับคนสายตาสั้น และใบกิจกรรมเรื่องทัศนอุปกรณ์ที่มีสถานการณ์เกี่ยวกับการออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาสร้างกล้องโทรทรรศน์

4. แบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ มีจุดประสงค์เพื่อใช้วัดการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อสอบจำนวน 19 ข้อ รูปแบบของข้อสอบเป็นแบบเขียนตอบ แบบเลือกตอบ และเลือกตอบแบบเชิงซ้อนที่นักเรียนสามารถเลือกตอบได้มากกว่าหนึ่งคำตอบ โดยแบ่งออกเป็นข้อสอบที่วัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 8 ข้อ ข้อสอบที่วัด

สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ และข้อสอบที่วัดสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 ข้อ

เครื่องมือวิจัยทั้งหมดได้รับการตรวจสอบการผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน และครูประจำการที่มีประสบการณ์การสอนฟิสิกส์มาแล้ว 32 ปี จำนวน 1 ท่าน จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำตามความเหมาะสม โดยมีรายระเอียดดังนี้แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ ได้ปรับปรุงรูปแบบของการสังเกตการจัดการเรียนรู้ โดยให้ผู้สังเกตสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการเขียนบรรยาย และปรับปรุงข้อคาถามให้มีความสอดคล้องต่อการแสดงแนวทางการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ได้ปรับหัวข้อในการบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ให้นักเรียนได้บันทึกข้อมูลที่แสดงถึงการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นการสอนของผู้วิจัยด้วย และเน้นให้นักเรียนสะท้อนปัญหาที่เกิดขึ้นขณะจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ปรับปรุงข้อคำถามให้ชัดเจนและสอดคล้องกับการแสดงสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และปรับรูปแบบใบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความน่าสนใจต่อผู้เรียน และแบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก้ไขข้อคำถามให้สอดคล้องกับ การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ โดยปรับแก้ประโยคของคำถามให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น เพื่อให้นักเรียนเข้าใจถึงการแสดงพฤติกรรมที่เป็นตัวบ่งชี้ของการแสดงสรรถนะต่างๆ ของ การรู้วิทยาศาสตร์ รวมถึงการดำเนินการแก้ไขเนื้อหาตามหลักวิชาการให้มีความถูกต้อง จากนั้นปรับปรุงให้เป็นแบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ฉบับสมบูรณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลตามระเบียบวิธีวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นการวางแผน สำรวจปัญหาและค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องในเรื่องการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และการรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาออกแบบการจัดการเรียนรู้ ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติทำการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ โดยในแต่ละวงจรปฏิบัติการผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้ใบกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นที่ 3 ขั้นการสังเกตสังเกตผลการจัดการเรียนรู้ โดยการเก็บข้อมูลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ จะใช้เครื่องมือแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน และ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยผู้สังเกตคือครูประจำการที่มีประสบการณ์การสอนฟิสิกส์และตัวผู้วิจัยเอง ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล นำข้อมูลที่ได้มาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เพื่อใช้พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ หลังจากนั้นผู้วิจัยดำเนินตามขั้นตอนวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนซ้ำในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ หลังจากการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจร ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์เก็บข้อมูลเป็นรายบุคคล โดยใช้เวลา 60 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้และแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา โดยอ่านข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน จัดจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่ม จากนั้นสรุปข้อมูลที่ได้โดยการเขียนบรรยายในลักษณะความเรียง

2. ใบกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยทำการอ่านข้อมูลเพื่อตีความและสรุปข้อมูลที่ได้ว่านักเรียนมีการแสดงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับแต่ละสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ โดยการให้คะแนนแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ 1 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถเขียนคำตอบที่เกี่ยวข้องกับคำสำคัญที่มีการแสดงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับแต่ละสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วนทั้งหมด และ 0 คะแนนเมื่อนักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบคำถามไม่ถูกต้อง

3. แบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด ในแต่ละพฤติกรรมของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเกณฑ์การตรวจตามลักษณะของข้อสอบ ดังนี้ รูปแบบข้อสอบแบบเขียนตอบจะวิเคราะห์เนื้อหาจากคำสำคัญตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 1 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถเขียนคำตอบที่เกี่ยวข้องกับคำสำคัญได้อย่างถูกต้องทั้งหมด 0.5 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถเขียนคำตอบที่เกี่ยวข้องกับคำสำคัญได้อย่างถูกต้องบางส่วน และ 0 คะแนน เมื่อนักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบคำถามไม่ถูกต้อง รูปแบบข้อสอบแบบเลือกตอบและเลือกตอบเชิงซ้อน จะวิเคราะห์จากการเลือกคำตอบของนักเรียนจากตัวเลือกที่กำหนด โดยแบ่งเกณฑ์ให้คะแนนออกเป็น 2 ระดับคะแนน โดยนักเรียนจะได้ 1 คะแนน เมื่อสามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้องทั้งหมด และได้ 0 คะแนน เมื่อนักเรียนตอบได้เพียงคำตอบใดคำตอบหนึ่งหรือนักเรียนเลือกคำตอบไม่ถูกต้อง จากนั้นรวบรวมคะแนนของนักเรียนแต่ละคน และข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีการยืนยันความน่าเชื่อถือของงานวิจัย โดยการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้าด้านเครื่องมือวิจัย ได้แก่ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลสรุปของการดำเนินงานว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่ตรงกันหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ และวิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล ผู้วิจัยจะใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้กับผู้ให้ข้อมูล 2 แหล่งด้วยกัน ได้แก่ ตัวผู้วิจัยเอง และครูประจำการที่มีประสบการณ์การสอนฟิสิกส์ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลสรุปของการดำเนินงานว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่ตรงกันหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ หากไม่สอดคล้องกันจะมีการอภิปรายในประเด็นดังกล่าวเพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันต่อไป

ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

จากการดำเนินการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในเนื้อหาเรื่องแสง และทัศนอุปกรณ์ ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางในการเรียนรู้ได้ 5 ขั้น มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการระบุปัญหา ผู้วิจัยแสดงตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องในเรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์โดยจะต้องมีความเหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน เช่น สถานการณ์ที่มีปัญหาเกี่ยวข้องกับการใช้กล้องโทรทรรศน์ในการดูดาว และให้นักเรียนออกแบบการสร้างกล้องโทรทรรศน์โดยผู้วิจัยจะใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ในการระบุปัญหาด้วยตัวเอง เช่น “จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่นักเรียนจะต้องแก้ไขคืออะไร” จากการตั้งคำถามผู้วิจัยพบว่า “นักเรียนมีความสนใจเป็นอย่างมากเมื่อกล่าวถึงสถานการณ์เกี่ยวกับการสร้างชิ้นงาน และเมื่อนักเรียนเห็นอุปกรณ์ในการเรียนการสอนในชั้นเรียนจริง เช่น แว่นขยาย เลนส์ นักเรียนให้ความสนใจเป็นอย่างมาก” (แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้) จากนั้นนักเรียนจะต้องพิจารณาปัญหา และระบุปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดได้ จะเห็นได้ว่าลักษณะของคำถามในขั้นการระบุปัญหาที่ดีควรเป็นคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจและสามารถตรวจสอบได้ทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันที่นักเรียนเคยพบเห็นมาก่อน

ขั้นที่ 2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจะกระตุ้นนักเรียนโดยเน้นย้ำให้นักเรียนค้นคว้าและเก็บรวบรวมข้อมูลแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ในการค้นหาแนวคิดที่นักเรียนจะต้องพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด โดยจะต้องเป็นแนวคิดที่มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ (แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้) โดยแหล่งข้อมูลที่นักเรียนค้นคว้าจะมาจากอินเทอร์เน็ต เอกสารประกอบการเรียนที่ผู้วิจัยแจก และหนังสือเรียน (แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้)

ขั้นที่ 3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา ผู้วิจัยจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนตะหนัก ถึงความสำคัญของการวางแผนและการออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ดีที่สุด ผู้วิจัยควรอธิบายบอกเงื่อนไขการสร้าง และเกณฑ์การประเมินชิ้นงานเพื่อให้นักเรียนทราบแนวทางในการออกแบบชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง โดยนักเรียนจะต้องนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการดำเนินงาน โดยนักเรียนจะต้องกำหนดขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาหรือขั้นตอนการแก้ไขปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจน โดยอาจจะมีการวาดแผนภาพที่ เพื่อนำไปใช้ในการปฏิบัติจริง เช่น ในกิจกรรมการสร้างกล้องโทรทรรศน์ นักเรียนจะต้องออกแบบและวาดแผนภาพองค์ประกอบของกล้องโทรทรรศน์ที่สามารถใช้ได้จริง (แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้)

ขั้นที่ 4 ขั้นการทดสอบและประเมินผล ผู้วิจัยควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดสอบและประเมินผลชิ้นงานในการแก้ปัญหาของนักเรียนด้วยตัวเอง โดยให้นักเรียนส่งตัวแทนในแต่ละกลุ่มออกมาเพื่อเป็นผู้ประเมินชิ้นงานและทดสอบชิ้นงาน เพราะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความสนใจในกิจกรรม และสนุกสนานไปกับการทดสอบชิ้นงานที่นักเรียนในแต่ละกลุ่มเป็นคนออกแบบและสร้างชิ้นงาน (แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน) โดยผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ นักเรียนจะต้องนำเสนอผลงานต่อผู้วิจัยและนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่

เข้าใจง่ายและน่าสนใจ โดยผู้วิจัยอาจจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบายผลการนำเสนอมากขึ้น จากการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการอภิปราย (แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้) และผู้วิจัยจะต้องสรุปกิจกรรมและองค์ความรู้ที่นักเรียนได้ในแต่ละขั้นตอน พร้อมทั้งมีการพูดคุยซักถามนักเรียนและอธิบายเพื่อทบทวนความเข้าใจของนักเรียนว่าสิ่งที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ นักเรียนได้รับความรู้มากน้อยเพียงใด เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนและอาจจะเสริมความรู้ในกรณีที่นักเรียนได้รับความรู้ไม่ครบถ้วน (แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน)

ตอนที่ 2 การศึกษาการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์

การรู้วิทยาศาสตร์ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่านักเรียนมีการแสดงสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ร้อยละ 53.46 โดยนักเรียนสามารถที่จะใช้ความรู้เนื้อหาเรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์มาอธิบายได้ เช่น ผู้วิจัยทำการสอนเรื่องการสร้างกล้องโทรทรรศน์ โดยนักเรียนสามารถแสดงพฤติกรรมการเสนอสมมติฐานเกี่ยวกับการใช้กล้องโทรทรรศน์มองวัตถุในระยะไกลในเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสที่ต่างกันได้อย่างครบถ้วนตามที่กำหนด โดยมีการเสนอสมมติฐานในประเด็นที่เกี่ยวกับการมองเห็นจากกล้องโทรทรรศน์ คือ เมื่อนักเรียนมองวัตถุผ่านเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสน้อยกว่า จะทำให้สามารถมองเห็นวัตถุได้ชัดเจนในระยะที่สั้นกว่า เมื่อเทียบกับการมองวัตถุผ่านเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสมากกว่า (ใบกิจกรรมการเรียนรู้) ในสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีการแสดงสมรรถนะดังกล่าวร้อยละ 54.08 โดยนักเรียนสามารถระบุปัญหาและเสนอวิธีการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ เช่น การสอนเรื่อง การหักเหของแสง นักเรียนสามารถนำเสนอวิธีการมองวัตถุให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้โดยการใช้น้ำมาช่วยในการขยายภาพ ซึ่งมาจากความรู้ของหลักการการหักเหของแสง เป็นต้น (ใบกิจกรรมการเรียนรู้) และ สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนสามารถแสดงสมรรถนะได้ร้อยละ 58.37 โดยนักเรียนสามารถแปลความหมายจากข้อความที่นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลมาให้อยู่ในรูปของแผนภาพได้ เช่น มีการแปลงข้อมูลจากหลักการเกิดภาพของเลนส์ให้เป็นรูปแบบของแผนภาพอธิบายได้อย่างถูกต้องครบถ้วน ชัดเจน สามารถเข้าใจได้ง่าย (ใบกิจกรรมการเรียนรู้) และหลังจากการจัดการเรียนรู้นี้ พบว่าผลคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังดำเนินการจัดการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.23 มีรายละเอียดดังตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์

การรู้วิทยาศาสตร์	ค่าสถิติพื้นฐาน		
	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (8 คะแนน)	4.56	56.99	1.23
สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (5 คะแนน)	3.33	66.67	1.09
สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (6 คะแนน)	4.31	71.83	0.84
คะแนนรวม (19 คะแนน)	**12.20**	**64.23**	**1.93**

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการรู้วิทยาศาสตร์ออกเป็นรายสมรรถนะ พบว่านักเรียนมีสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์มากที่สุด (71.83) และมีสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (66.67) และสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (56.99) รองลงมาตามลำดับ

อภิปรายผล

จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เกิดขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ เพราะกระบวนการจัดการเรียนรู้มีส่วนช่วยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ออกมา โดยในขั้นการระบุปัญหา ผู้วิจัยได้กระตุ้นให้นักเรียนแสดงการระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนได้มีโอกาสระบุปัญหา และนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมมาสร้างเป็นนวัตกรรมหรือวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยการจัดการเรียนรู้นี้จะช่วยให้นักเรียนมีความอยากรู้และอยากทดสอบวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง สถานการณ์ปัญหาจะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้และต้องการที่จะใช้ความรู้ที่มีในการแก้ไขปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับบทความของทิศนา แขมมณี (2557) และงานวิจัยของ Strimel (2014) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นการคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการที่จะค้นคว้าหาคำตอบและสอดคล้องกับสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องจะเป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นคว้าอย่างอิสระจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เช่นข้อมูลจากหนังสือเรียน เอกสารประกอบการเรียนรู้ต่าง ๆ รวมไปถึงข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ทั้งในรูปแบบของคลิปวิดีโอ และบทความต่าง จากนั้นนำข้อมูลและความรู้ที่ได้จากการค้นคว้ามาสรุปเป็นองค์ความรู้รวมมาใช้ในการวางแผนและออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาต่อไป และสามารถเสนอวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ ซึ่งกฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ (2557) กล่าวว่า

การแก้ไขปัญหาโดยวิธีการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะเน้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหา จากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ด้วยวิธีการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ และนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์และสรุปเป็นวิธีการแก้ปัญหา ดังนั้นในขั้นนี้ จะส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมการ แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (OECD, 2016)

ในขั้นการวางแผนและพัฒนา โดยขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนวิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูลที่ได้หามาจากการสืบค้นข้อมูลก่อนหน้านี้และสามารถบรรยายวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบนวัตกรรม อีกทั้งยังฝึกให้นักเรียนออกแบบ และวาดโครงร่างของการสร้างนวัตกรรมของนักเรียนอีกด้วย ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ จากการแปลงข้อมูลที่ได้จากความเรียงมานำเสนอเป็นรูปภาพที่ทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ (2557) กล่าวว่าขั้นการแวงแผนและพัฒนาจะเป็นขั้นที่ส่งเสริมให้นักเรียนออกแบบโดยถ่ายทอดความรู้หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับวิธีการแก้ไขปัญหา ทั้งนี้ Morgan, Capraro and Capraro (2013) ก็ยังกล่าวว่า การที่ขั้นกิจกรรมเน้นให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างชิ้นงานจะส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพ เพราะสามารถดึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในเชิงทฤษฎีมาใช้ในการปฏิบัติจริงให้เป็นรูปชิ้นงานได้ ในขั้นการทดสอบและประเมินผลจะสอดคล้องกับ (กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2557 ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) ที่กล่าวว่ากระบวนการทดสอบและปรับปรุงแก้ไข จะเป็นกระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนทดสอบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อหาจุดบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไข ซึ่งเป็นกระบวนการที่ส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ในสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ในการให้นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมในการวิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์แล้วลงข้อสรุปเพื่อให้ได้องค์ความรู้ในการนำมาแก้ไขปรับปรุงชิ้นงาน และสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ช่วยพัฒนาให้นักเรียนทดสอบชิ้นงานและนำความรู้มาพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ ของชิ้นงานที่นักเรียนได้ออกแบบ พร้อมทั้งให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลได้ (OECD, 2016) และขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ จะเป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำเสนอและอภิปรายผลลัพธ์ เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งจะสอดคล้องกับ รักษพล ธนานุวงศ์ (2556) และ Morgan, Capraro and Capraro (2013) ที่กล่าวไว้ว่า การนำเสนอผลลัพธ์จะทำผู้เรียนได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายจากผู้เรียนอื่น ๆ เพราะการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมนั้น จะเป็นการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ไม่มีวิธีการแก้ไขที่ตายตัว การรับฟังความคิดของผู้อื่นจะทำให้เรา ดังนั้น ชิ้นงานหรือวิธีการที่นักเรียนได้สร้างสรรค์หรือคิดค้นมาก็จะได้มาจากองค์ความรู้ของนักเรียนทั้งนั้น จะเห็นได้ว่าในการจัดการเรียนรู้ขั้นนี้ จะช่วยให้นักเรียนพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ในสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างคำอธิบายที่ใช้ในการออกแบบชิ้นงานได้อย่างสมเหตุสมผล

ทั้งนี้ พบว่านักเรียนมีการแสดงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์มากที่สุด เนื่องจากในการ

จัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะมุ่งเน้นใน ขั้นการวางแผนและพัฒนาและ ขั้นการทดสอบและประเมินผลเป็นอย่างมาก เพราะเป็นขั้นที่สำคัญที่สุดในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยขั้นตอนทั้งสองนี้จะช่วยให้นักเรียนวิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูลที่ได้ทำการค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งที่มาที่หลากหลายและสามารถบรรยายวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบชิ้นงาน อีกทั้งยังฝึกให้นักเรียนออกแบบและวาดโครงร่างของการสร้างวิธีการแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงานของนักเรียนอีกด้วย ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการแสดงสมรรถนะนี้ได้ จากการแปลงข้อมูลที่ได้จากความเรียงมานำเสนอเป็นรูปภาพหรือกราฟที่ทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยผลการวิจัยครั้งนี้มีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยของพลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) และพรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) ได้กล่าวไว้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ และสามารถช่วยพัฒนาให้นักเรียนนำทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นสูงมาวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับและแปลความหมายของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ให้ออกมาเป็นองค์ความรู้ของตนเอง แล้วลงข้อสรุปได้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหา ซึ่งมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีการแสดงพฤติกรรมของการรู้วิทยาศาสตร์ในสมรรถนะนี้น้อยที่สุด โดยนักเรียนจะเกิดสมรรถนะนี้ได้ในขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ เนื่องจากเป็นการให้นักเรียนได้ นำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล และสามารถนำความรู้มาสร้างเป็นนวัตกรรมเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยขั้นตอนนี้จะกระตุ้นให้นักเรียนดึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายหลักการ หรือสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ แต่ในเวลาการทำกิจกรรมในขั้นตอนนี้มักไม่เพียงพอ ทำให้เวลานักเรียนที่ได้รับการฝึกฝนพฤติกรรมของการรู้วิทยาศาสตร์ในสมรรถนะนี้ลดน้อยลงไปด้วย

ข้อเสนอแนะการวิจัย

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผู้วิจัยควรกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่มีความสนใจในเหตุการณ์ปัจจุบันเพราะจะส่งเสริมให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมการรู้วิทยาศาสตร์ออกมาได้เป็นอย่างดี และยังช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนมากขึ้น ซึ่งเหตุการณ์ที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตจริงจะส่งเสริมให้นักเรียนดึงความรู้ของตัวเองมาใช้แก้ไขปัญหาได้ดี

2. ผู้วิจัยควรจัดเตรียมแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และสะดวกต่อการสืบค้นของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสามารถค้นคว้าและเก็บรวบรวมข้อมูลในขอบเขตที่ผู้วิจัยกำหนด อีกทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหา กรณีที่นักเรียนบางคนไม่สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

สำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไปควรทำการศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนจากการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เนื่องจากผู้วิจัยพบว่านักเรียนเกิดกระบวนการแก้ไขปัญหาได้ดียิ่งขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ เช่น นักเรียนมีการระบุปัญหาหรือวิธีการแก้ไขปัญหาได้ในขั้นตอนการระบุปัญหาซึ่งเป็นขั้นตอนส่วนหนึ่งในกระบวนการจัดการเรียนรู้

เอกสารอ้างอิง

กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ. (2557). กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมคืออะไร?. *นิตยสาร สสวท. 42* (190): 37-41.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง.* กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2557). *การรู้วิทยาศาสตร์.* สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2559, จาก http://edu.stou.ac.th/EDU

ทิศนา แขมมณี. (2557). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* พิมพ์ครั้งที่ 18. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย ประสาท เนืองเฉลิม และปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร (Executive journal), 33*(2): 49-56.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์, 9*(3): 401-418.

รักษพล ธนานุวงศ์. (2556). เรียนรู้สภาวะโลกร้อนด้วย STEM Education แบบบูรณาการ. *นิตยสาร สสวท, 41*(182): 15-20.

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2558). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมแห่งศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: บอสส์การพิมพ์.

Morgan, J.R., Capraro, M.M. and Caprara, R.M. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach.* Rotterdam: Sense.

OECD. (2016). *PISA 2015 Assessment and analytical framework*. Paris: OECD.

Strimel, G. (2014). Shale gas extraction: Drilling into current issues and making STEM connections. *Resource in Technology and Engineer*, 12: 16-24

Schmuck, R. (2006). *Practical Action Research for Change*. 2nd ed. California: Corwin Press.