



**การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่องโมเมนตัม และการชน**

**The Development of Problem-Based Learning in Accordance with the STEM Education
Approach for Improving Scientific Explanation for Matthayomsuksa 4 Students**

มนต์คง โลหะมาต¹ และทรงศักดิ์ ภูศรีอ่อน²

Munkong Lohamat¹ and Songsak Phusee-orn²

ภาควิชาการวิจัยและพัฒนา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม^{1,2}

Department of Educational Research and Development, Faculty of Education, Maha Sarakham University^{1,2}

Corresponding author, E-mail: 63010558013@msu.ac.th¹, Songsak.p@msu.ac.th²

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 40 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัม และการชน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐานใช้สถิติ One sample t-test

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่องโมเมนตัม และการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.29/78.23 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์จำแนกรายด้าน และโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา, ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



ABSTRACT

The objectives of this research were to 1) develop problem-based learning activities in accordance with the STEM education approach to meet the efficiency criteria of 75/75. 2) to compare the ability to create scientific explanations through problem-based learning in accordance with the STEM education approach among Grade 10 students with the benchmark of 70% of the total score, and 3) to compare the academic achievement of Grade 10 students who participated in problem-based learning in accordance with the STEM education approach with the benchmark of 70% of the total score. The sample group for this research was 40 students from Grade 10/6 at Kalasinpittayasan School, Mueang Kalasin District, Kalasin Province, during the second semester of the 2023 academic year. The sample was selected through cluster random sampling. The research tools included : Six problem-based learning lesson plans in accordance with the STEM education approach, focusing on the physics topic "Momentum and Collision" for Grade 10 students. Ability assessment for scientific explanations. And an achievement test on the topic "Momentum and Collision". The data analysis statistics included the mean, percentage, standard deviation, and hypothesis testing through the One-sample t-test.

The results were as follows: 1) The developed problem-based learning activities in accordance with the STEM education approach on the topic of momentum and collision for Grade 10 students achieved an efficiency score of 77.29/78.23, which is higher than the set criterion of 75/75, 2) Students who participated in problem-based learning in accordance with the STEM education approach had score of ability to create scientific explanations significantly higher than the benchmark of 70%, both in individual aspects and overall, at the statistical significance level of .05. and 3) Students who participated in problem-based learning in accordance with the STEM education approach had academic achievement score significantly higher than the benchmark of 70% at the statistical significance level of .05.

Keywords: STEM Problem-Based Learning, Scientific Explanation Ability, Learning achievement



บทนำ

ในยุคศตวรรษที่ 21 เป็นยุคที่การเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ เป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านของความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นรากฐานที่ก่อให้เกิดการความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ดังจะเห็นได้ว่าเหล่าประเทศมหาอำนาจที่มีความมั่นคงในเชิงเศรษฐกิจจะให้ความสำคัญกับการศึกษาการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายในประเทศเป็นอย่างมาก จึงถือได้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้ประเทศนั้นขับเคลื่อนในการพัฒนาต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างยิ่งในการเตรียมเยาวชนให้สามารถดำเนินชีวิตในโลกปัจจุบันที่มีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อทุกชีวิตในทุกระดับ ทั้งในด้านตัวบุคคล และในการใช้ชีวิตประจำวัน (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 19) โดยบุคคลที่รู้เรื่องวิทยาศาสตร์จะสามารถสื่อสารพูดคุยในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างเป็นเหตุเป็นผล โดยใช้สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มาจากการ การประเมิน การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การแปลความหมายข้อมูล และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ทำให้บุคคลนั้นสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตในโลกปัจจุบันที่มีวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับปรัชญาวิทยาศาสตร์ ที่ว่า “วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการของการแสวงหาความรู้” การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรเน้นกระบวนการเป็นหัวใจสำคัญ และส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้มีบทบาทโดยตรง (Active Role) ในกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้า ทดลอง เก็บข้อมูล หาหลักฐานหรือประจักษ์พยานเพื่อตีความแปลความจนนำไปสู่การสร้างคำอธิบาย และลงข้อสรุปเป็นความรู้ แนวคิดหรือหลักการตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้ทั้งความรู้วิทยาศาสตร์ และพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (สุณีย์ คล้ายนิล, 2555, น. 5) ซึ่งการเรียนวิทยาศาสตร์จะต้องทำความเข้าใจในองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี และ

สามารถสะท้อนความรู้ความเข้าใจผ่านการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะมาสนับสนุนคำอธิบายเหล่านั้นสามารถสะท้อนความรู้ความเข้าใจผ่านการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง

โดยการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นถูกกำหนดไว้ในการประเมินผลการเรียนในระดับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment, PISA) ที่มุ่งเน้นไปสู่การทดสอบความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 3 ประการ คือ 1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (Identify Scientific Issue) 2) การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation of phenomena) และ 3) การใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ (Evidence) จากผลการประเมินของ PISA ในปี ค.ศ. 2022 พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์อยู่ 409 ซึ่งต่ำกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยในระดับนานาชาติเท่ากับ 485 คะแนน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคะแนนในครั้งที่ผ่านมามีพบว่า ด้านวิทยาศาสตร์มีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2022, pp. 2) ซึ่งชี้ให้เห็นว่านักเรียนในประเทศไทยยังขาดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ที่นักเรียนจะต้องนำเอาหลักฐาน (Evidence) มาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Claim) และต้องสามารถให้เหตุผล (Reasoning) ประกอบเพื่อสร้างความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง ซึ่งผลการประเมินนี้ชี้ให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถดึงเอาความรู้ด้านเนื้อหาจากชีวิตประจำวันและความรู้ด้านกระบวนการพื้นฐานมาใช้ตีความข้อมูลและตั้งปัญหาของเรื่อง เพื่อออกแบบการทดลองอย่างง่ายได้ นักเรียนไม่สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปเพื่อบอกข้อสรุปจากข้อมูลชุดที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนขาดความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้หรือวิธีการความรู้เพื่อระบุปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยโรงเรียนที่ผู้วิจัยใช้ในการดำเนินการวิจัยเป็นโรงเรียนประจำจังหวัดที่ผู้ปกครองมีความคาดหวังให้นักเรียนเรียนต่อในระดับอุดมศึกษาในมหาวิทยาลัยที่มีชื่อเสียงจึงเกิดแนวคิดในการเรียนเพื่อเพิ่มเกรดหรือเรียนในสถาบันต่าง ๆ เพื่อมุ่งเน้นในการทำวิธีคิดในการทำข้อสอบมากกว่าจะทำความเข้าใจในตัวหลักการแนวคิดหรือสมการ จากการสอบถามครูผู้สอนประจำรายวิชาฟิสิกส์

พบว่านักเรียนมักตอบคำถามแบบสั้น ๆ ไม่มีการยกเหตุผลมาสนับสนุนคำตอบ ซึ่งชี้ให้เห็นว่านักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทำให้ไม่สามารถนำความรู้มาใช้อธิบายประกอบได้ ซึ่งความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) ถือเป็นหนึ่งในตัวบ่งชี้ถึงความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการอธิบายลักษณะของปรากฏการณ์ โดยมีการให้เหตุผลเชิงตรรกะที่สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์เปรียบเสมือนเป็นการสื่อสารที่บ่งบอกถึงความเข้าใจแนวคิดหรือเนื้อหาของนักเรียน จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ และสอบถามครูวิทยาศาสตร์ภายในโรงเรียนพบว่า การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นมีบทบาทโดยตรงต่อการเรียนรู้ นักเรียนเป็นผู้ตั้งปัญหา และทำการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง และมีการให้เหตุผลโดยการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างปัญหา และข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะจนนำไปสู่การสรุปเป็นแนวคิด หรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของตน

จากการศึกษาข้อมูล แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นความสามารถในการอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ โดยการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มี 3 องค์ประกอบ คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) หลักฐาน (Evidence) และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คือการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คือ 1) การระบุปัญหา 2) ทำความเข้าใจปัญหา และ 3) ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ซึ่งทั้ง 3 ขั้นตอน ดังที่กล่าวมา ทำให้นักเรียนเห็น และยืนยันสรุปปัญหาที่มีอยู่จากสถานการณ์ซึ่งสถานการณ์ปัญหานี้เป็นการระบุข้อกล่าวอ้างเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลตัวหลักฐานเพื่อเตรียมวิธีการแก้ปัญหา (Faizah, et al., 2018, pp. 1-12) ซึ่งในขั้นที่ 4) สังเคราะห์ความรู้ นักเรียนจะต้องนำข้อมูลไปสังเคราะห์เพื่อคัดเลือกข้อมูลที่มี

ความเหมาะสมสำหรับใช้ในการวางแผนหาวิธีแก้ปัญหา ในขั้นนี้เป็นการฝึกให้นักเรียนเชื่อมโยงปัญหา และหลักฐานเพื่อนำไปสรุป และประเมินค่าวิธีในการแก้ปัญหาในขั้นที่ 5) ขั้นสรุป และประเมินค่าเพื่อทดลองถึงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา และเก็บข้อมูลซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการนำเสนอในขั้นที่ 6) ขั้นสุดท้ายที่นักเรียนทำการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาไปจนถึงองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม นักเรียนได้ฝึกพัฒนาการใช้เหตุผลอย่างเหมาะสมโดยการอธิบายการเชื่อมโยงปัญหาที่เป็นข้อกล่าวอ้าง และข้อมูลที่สืบค้นเพื่อใช้สำหรับแก้ปัญหา (Alozie, et al., 2010, pp. 395-427) และการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งสามารถส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยในการประเมินการเรียนรู้เรื่องทางวิทยาศาสตร์ซึ่งวัดทั้งหมด 3 สมรรถนะ 1 ใน 3 สมรรถนะดังกล่าว คือ สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์พบว่าหลังจากการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้น และทำการประเมินผลที่ได้ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นจากเดิมก่อนเรียน 51.84 เป็น 60.81 คะแนน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากการประยุกต์ใช้ความรู้ และบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันมากระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากรู้คิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ และต้องการสำรวจตรวจสอบหาความรู้มาแก้ปัญหาผ่านการทำงานกลุ่ม ทำให้นักเรียนมีการให้เหตุผลโดยการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างปัญหา และข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะจนนำไปสู่การสรุปเป็นแนวคิด หรือองค์ความรู้ที่สามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ (วรณิส ร้อยกรอง, 2562, น. 142) ด้วยเหตุผลนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษาจึงเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ช่วย ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ดังนั้นด้วยปัญหาข้างต้น และจากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการพัฒนากระบวนการเรียนรู้โดยใช้



ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่องโมเมนตัม และการชน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจ และสามารถนำปริมาณที่บ่งบอกถึงผลกระทบจากความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุไปประยุกต์ใช้ผ่านการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ จนสามารถนำมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่างถูกต้อง สมบูรณ์ และมีความเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้มีเกณฑ์ประสิทธิภาพอยู่ในระดับ 75/75
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ขอบเขตงานวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 8 ห้อง รวมทั้งสิ้น 320 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 40 คน ได้มาโดยการแบบสุ่มแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย เป็นเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง โมเมนตัม และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

5. ระยะเวลาในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ในเดือน ธันวาคม 2566 โดยใช้ระยะเวลา 3 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิจัยเบื้องต้น โดยใช้แบบแผนงานวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Only Design) (ไพศาล วรคำ, 2562) โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังนี้

ตารางที่ 1 แบบแผนงานวิจัยแบบ One Group Posttest Only Design

กลุ่ม	ทดสอบก่อน	สิ่งที่ทดลอง	ทดสอบหลัง
E	-	X	O

เมื่อ E หมายถึง กลุ่มทดลอง

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

O หมายถึง การทดสอบหลังเรียน



เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน จำนวน 6 แผน เวลาเรียน 12 ชั่วโมง มีความเหมาะสมในระดับเหมาะสมมาก
2. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.67-1.00 ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.41-0.62 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.30-0.45
3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องโมเมนตัม และการชน เป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.25-0.65 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.23-0.40

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ชี้แจงข้อตกลงในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยอธิบายถึงความสำคัญในการจัดการเรียนรู้ที่เจตจุดประสงค์การเรียนรู้ บทบาทของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ เกณฑ์การวัดและประเมินผล
2. ดำเนินการทดลอง โดยใช้จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง โมเมนตัม และการชน กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 6 แผน รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง
3. ทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียน (Post-Test) หลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาครบทุกแผนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
4. ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (Post-Test) หลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิด

สะเต็มศึกษาครบทุกแผนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย จำนวน 20 ข้อเพื่อตรวจสอบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้

5. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อสรุปผลการทดลองตามความมุ่งหมายของงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิเคราะห์เรื่อง โมเมนตัม และการชน โดยใช้สูตรวิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ E_1 / E_2 (ปิยะธิดา ปัญญา, 2562) โดยเกณฑ์ 75 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ ได้แก่ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ได้ประเมินจากใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อยท้ายบทเรียน ในทุกบทเรียนสัดส่วน 50:50 ตามลำดับ ที่มีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 และเกณฑ์ 75 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ ซึ่งได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75
2. วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมบ่งชี้	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ข้อกล่าวอ้างและสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง

(ต่อ)



ตารางที่ 2 (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
หลักฐาน	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่ระบุหลักฐานหรือระบุหลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่เพียงพอ	ไม่ระบุการให้เหตุผลหรือระบุการให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

หมายเหตุ. ดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008)

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มโดยใช้สถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติวิเคราะห์แบบ one sample t-test

ผลการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนากระบวนการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัม และการชน ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นกำหนดปัญหา 2) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 3) ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า 4) ขั้นสังเคราะห์ความรู้ 5) ขั้นสรุปและประเมินค่าชิ้นงาน และ 6) ขั้นนำเสนอผู้วิจัยได้วิเคราะห์หา

ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน หลังการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ผลปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คะแนน			E ₁ /E ₂
E ₁	ใบกิจกรรม (60 คะแนน)	แบบทดสอบ (60 คะแนน)	77.29/78.23
รวม	120		
เฉลี่ย	92.75		
ร้อยละ	77.29		
E ₂	สร้างคำอธิบาย วิทยาศาสตร์ (48 คะแนน)	ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน (20 คะแนน)	
รวม	68		
เฉลี่ย	53.2		
ร้อยละ	78.23		

จากตารางที่ 3 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) คือ คะแนนใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อยหลังแผนการจัดการเรียนรู้คะแนนเต็ม 120 คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 92.75 ร้อยละเท่ากับ 77.29 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) คือ คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเต็ม 68 คะแนนเฉลี่ยเท่ากับเท่ากับ 53.2 ร้อยละเท่ากับ 78.23 ดังนั้น E_1/E_2 เท่ากับ 78.89/77.24 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา



กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยวิธีการทางสถิติวิเคราะห์แบบ One Sample t-test ผลปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ชาย	หญิง	รวม	t	p
กล่าวอ้าง	16	12.72	79.38	7.16*	.00
หลักฐาน	16	12.53	78.31	5.51*	.00
การให้เหตุผล	16	11.73	73.31	2.52*	.00
ผลรวม	48	36.98	77	5.06*	.00

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดนแบ่งตามองค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้างมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.72 คิดเป็นร้อยละ 79.38 2) หลักฐานมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.53 คิดเป็นร้อยละ 78.31 และ 3) การให้เหตุผลมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 73.31 โดยผลรวมของทั้ง 3 องค์ประกอบเท่ากับ 36.98 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77 เมื่อใช้วิธีการทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลแบบ One Sample t-test พบว่าค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่าคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกจำแนกตามองค์ประกอบ และโดยรวมของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 7 ของคะแนนเต็ม

ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ที่วัดได้จากการประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้บนพฤติกรรมด้านพุทธิ

พิสัยของบลูม แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้ และระดับการวิเคราะห์โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมหน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง โมเมนตัม และการชน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ จากนั้นเรียบเทียบคะแนนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยวิธีการทางสถิติวิเคราะห์แบบ One Sample t-test ผลปรากฏดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

คะแนนเต็ม	$\bar{X}$ (40 คน)	คะแนนเฉลี่ย	S.D.	t	p
20	15.35	77.65	1.67	4.93*	.00

จากตารางที่ 5 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.35 คิดเป็นร้อยละ 77.65 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.67 และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติแบบ One Sample t-test พบว่า p มีค่าน้อย .05 แสดงว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัม และการชน ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียน



ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพตาม 77/78.23 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ 75/75 หมายความว่าประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยคะแนนได้จากคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดของจากไปกิจกรรมในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบย่อยของทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำคะแนนที่ได้มาทำการรวมกันในอัตราส่วน 50:50 และทำการหาค่าเฉลี่ยไปคำนวณหาค่า E_1 พบว่ามีค่าเท่ากับ 77.29 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ โดยคะแนนได้จากการนำคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งหมดมาทำการรวมกันในเพื่อหาค่าเฉลี่ยและนำไปคำนวณหาค่า E_2 พบว่ามีค่าเท่ากับ 78.23 จึงกล่าวได้ว่าแผนจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ถูกสร้างขึ้นโดยตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ในการดำเนินกิจกรรมนั้นครูเป็นเพียงผู้ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ และให้คำแนะนำเพื่อให้การทำกิจกรรมบรรลุเป้าหมายสำเร็จตามจุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนเป็นผู้มีบทบาทโดยตรงในกระบวนการเรียนรู้ตลอดการทำกิจกรรมนั้นนักเรียนเป็นผู้ระบุปัญหา สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ อภิปรายภายในกลุ่ม และสังเคราะห์มาเพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่ใช้ในการออกแบบ สร้างชิ้นงานตามหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาทดลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง เป็นการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างองค์ความรู้กับปัญหา ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาได้ลึกซึ้งกว่าการท่องจำตัวหลักการหรือสมการในการคำนวณที่ครูเป็นผู้บรรยายจากหน้าห้องเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมพิชชา ศาสตราชัย (2562, น. 46-47) ซึ่งทำการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรง และความดัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าประสิทธิภาพกระบวนการ/ผลลัพธ์มีค่าเท่ากับ 90.54/87.40 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบ และโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีกิจกรรมที่สอดแทรกให้มีการระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีขั้นตอนการทำกิจกรรมที่ให้นักเรียนเป็นผู้ดำเนินการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ที่มีเกี่ยวข้องกับ เรื่อง โมเมนตัม และการชน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอ่านทำความเข้าใจสถานการณ์ และทำการอภิปรายภายในกลุ่มของตนเพื่อลงข้อสรุปว่าสิ่งใดคือ ปัญหา และต้องสร้างชิ้นงานลักษณะใดถึงจะแก้ปัญหาดังกล่าวได้ จากนั้นจึงบันทึกลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการสร้างความสนใจให้แก่นักเรียนด้วยการใช้สถานการณ์ที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นความต้องการในการแก้ปัญหาของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น และเกิดจินตนาการถึงความเป็นไปได้ในการสร้างชิ้นงานต่าง ๆ ที่จะเป็คำตอบในการมาแก้ไขปัญห โดยผ่านหลักการ หรือทฤษฎีที่สืบค้นมา อีกทั้งนักเรียนยังสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากชิ้นสังเคราะห์ความรู้ ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องนำความรู้ที่ได้จากขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า มาทำการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม และสรุปเป็นองค์ความรู้ จากนั้นสมาชิกภายในกลุ่มจะนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในการวาดภาพหรือเขียนแบบร่างชิ้นงานขึ้น พร้อมทั้งระบุปริมาณทางกายภาพต่าง ๆ ที่ผ่านการคำนวณตามทฤษฎีหรือองค์ความรู้ นั้น เช่น มวล น้ำหนัก และความเร็ว เป็นต้น จากกระบวนการดังกล่าว เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง หลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานหรือข้อกล่าวอ้างที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น รวมถึงนำไปอธิบายปรากฏการณ์



ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง และเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้นซึ่งเป็นแบบฉบับที่กิจกรรมที่แจกให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้บันทึกขณะทำกิจกรรมที่ถูกออกแบบให้มีข้อความของการระบุข้อกล่าวอ้าง การระบุหลักฐาน และการให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องตลอดการทำกิจกรรม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านการนำหลักฐานที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้เป็นหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และสนับสนุนแบบร่างที่ต้องการสอดคล้องกับคำกล่าวของ (Faizah, et al., 2018, pp. 1-12) กล่าวว่าในขั้นการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้การระบุปัญหา และทำความเข้าใจปัญหาเพื่อตีกรอบข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้อง และดำเนินการศึกษาค้นคว้า โดยมีปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลตัวหลักฐานเพื่อเตรียมวิธีการแก้ปัญหา การนำข้อมูลข้อมูลที่หลากหลายไปสังเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการวางแผนการแก้ปัญหาทำให้นักเรียนได้ฝึกการเขียนเชื่อมโยง รวมถึงการสรุป ซึ่งการนำเสนอคือการนำเสนอทุกกระบวนการของการทำกิจกรรมตั้งแต่วิธีการแก้ไขปัญหาไปจนถึงองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม ซึ่งทุกการกระทำต่าง ๆ จะต้องมีความที่ไปมีเหตุผลรองรับการกระทำ ทำให้นักเรียนได้ฝึกพัฒนาการใช้เหตุผลอย่างเหมาะสมโดยการอธิบายการเชื่อมโยงระหว่างปัญหาที่เป็นข้อกล่าวอ้าง และข้อมูลที่สืบค้นเพื่อใช้สำหรับแก้ปัญหา (Alozie, et al., 2010, pp. 395-427) แต่จากตารางการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านข้อกล่าวอ้าง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.72 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.38 คะแนน ด้านหลักฐาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.53 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.31 ด้านการให้เหตุผล 11.73 คิดเป็นร้อยละ 73.31 จะเห็นได้ว่าด้านการให้เหตุผลมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด เนื่องจากการให้เหตุผลนั้นนักเรียนจะต้องนำเอาหลักฐานมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และต้องสามารถให้เหตุผลประกอบเพื่อสร้างความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างซึ่งอิทธิพลที่ส่งผลต่อการเขียนให้เหตุผล

คือความรู้เดิมของนักเรียน หากนักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องนักเรียนจะสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือสามารถให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างที่สอดคล้องกับคำถาม (พัฒน์ดา มีลา และร่วมเหล่า อาจเดช, 2560, น.12) การเขียนอธิบายเพื่อให้เหตุผลที่ได้นั้นควรแสดงถึงการอธิบายจากหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ต้องการ ซึ่งจากการการตรวจแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างได้อย่างชัดเจน และตรงประเด็นเป็นต้นว่านักเรียนไม่สามารถระบุหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าหลักฐานที่ให้นั้นสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Primo, et al, (2010, pp. 583-608) ที่ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ซึ่งมีนักเรียนเพียงร้อยละ 18 ที่สามารถเขียนคำอธิบายได้ถูกต้องครบถ้วนทั้ง 3 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นด้วยเหตุผลดังกล่าวการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นด้วยเหตุผลดังกล่าวการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ Berland and Reiser (2009, pp. 26-55) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยการออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูลหลักฐาน วิเคราะห์ สังเคราะห์ แล้วนำความรู้ไปใช้ในการอธิบายหรือลงข้อสรุปต่าง ๆ โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นเหตุเป็นผล จะส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกองค์ประกอบ และสอดคล้องกับงานวิจัยของวรวิศา ร้อยกรอง และจิตติยา บงกชเพชร (2562, น. 144) ที่ได้ศึกษาแนวทางจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ และเพื่อศึกษาการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยนำเสนอสถานการณ์ที่มีปัญหาชัดเจน และเน้นให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ บูรณาการความรู้ทำงานเป็นทีม ลงมือปฏิบัติจริง จากผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้



โดยใช้ปัญหาเป็นฐานคะแนนหลังเรียนเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกสมรรถนะดังต่อไปนี้ สมรรถนะแปลความหมายข้อมูล และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 64.90 รองลงมาเป็นสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 44.49 และสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 60.81 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Laksmi, et al., (2021, pp. 532-540) ที่ทำการวิจัยเพื่อศึกษาถึงผลการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานต่อการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 34 คน ซึ่งมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ และทำจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จากนั้นทำการเก็บข้อมูลจากแบบทดสอบอัตนัย แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ เป็นต้น ผลการวิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานทำให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนักเรียนมีในทุกองค์ประกอบดังนี้

- 1) ข้อกล่าวอ้าง 61%
- 2) หลักฐาน 53% และ
- 3) การให้เหตุผล 51%

3. นักเรียนที่รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีลักษณะเด่นคือ เป็นการจัดรูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ มีการนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูยกตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่แสดงถึงปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการทำกิจกรรม ช่วยกันสังเกตและทำความเข้าใจปัญหาพร้อมทั้งแสดงความคิดเห็น และเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม ส่งผลให้บรรยากาศในการเรียนการสอนไม่เบื่อหน่าย และนักเรียนแต่ละกลุ่มได้ฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจตรวจสอบ การจัดการทำข้อมูลและสามารถนำความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะมาสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อไปสู่ขั้นตอนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

(Schwarz and Gwekwerere, 2006, pp. 158-186) โดยการสร้างแบบจำลองนั้นถือเป็นหนึ่งในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นการนำเสนอแนวคิดทางกายภาพหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ให้สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยในการเรียนวิชาฟิสิกส์มีเนื้อหาในส่วนที่เป็นนามธรรม ซับซ้อน เมื่อใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้จะทำให้คำอธิบายหรือปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรมกลายเป็นรูปธรรม สังเกตได้จากกรณีที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเมื่อสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เสร็จแล้วจะสามารถนำแบบจำลองไปอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากตัวอย่างสถานการณ์ในชั้นกำหนดปัญหา ส่วนครูมีการใช้คำถามเป็นตัวกระตุ้นนักเรียนให้เกิดคำถามเกิดการระดมความคิด การลงมือสำรวจตรวจสอบและทำให้นักเรียนรู้จักการใช้เหตุผลมาประกอบการพิจารณาการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ได้ดี

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

- 1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ครูควรเน้นย้ำถึงการเขียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ลงในใบกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อให้อยู่ในกรอบเนื้อหาที่เรียน

- 1.2 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ใช้เวลาในการสอนมากกว่าการสอนแบบทั่วไป เพื่อให้กระบวนการเรียนการสอนสัมฤทธิ์ผล ครูผู้สอนควรวางแผนเวลาในการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสม

- 1.3 ครูผู้สอนควรพิจารณาเนื้อหาบทเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน จัดเรียงเนื้อหาตามลำดับความเหมาะสมของเนื้อหาที่เหมาะสมกับการสร้างชิ้นงานต่าง ๆ ของนักเรียน และให้นักเรียนได้มีโอกาสในการเลือกใช้วัสดุ และสร้างชิ้นงานที่หลากหลายตามความเหมาะสม

- 1.4 ในตอนเริ่มต้นนักเรียนอาจไม่คุ้นเคยกับการนำความรู้ที่ตนมีไปประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา ครูผู้สอนจึงควรมีการเตรียมความพร้อมก่อนเรียน เช่น อาจมีการอธิบายหรือแสดงตัวอย่างชิ้นงานต่าง ๆ จากวัสดุที่หลากหลายเพื่อเป็นแนวทางสำหรับนักเรียนในการสร้างและเลือกใช้วัสดุได้อย่างเหมาะสม



1.5 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่เน้นนักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูผู้สอนจึงทำหน้าที่อำนวยความสะดวก เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ และใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดมากกว่าการบอกคำตอบโดยตรง เพื่อให้นักเรียนได้รู้จักคิด และกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น

1.6 ในขั้นที่นักเรียนต้องสร้างชิ้นงานขึ้น ครูผู้สอนควรกำหนดขอบเขตหรือกำหนดประเด็นในการสร้างชิ้นงานให้ชัดเจน เพราะในระหว่างการสร้างชิ้นงานนักเรียนอาจคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น การใช้เวลามากจนเกินไปกับการตกแต่งชิ้นงานให้สวยงามมากกว่าความเหมาะสม และความถูกต้องตามหลักการ

1.7 ควรพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้มีการเตรียมอุปกรณ์การทดสอบต่าง ๆ ที่มีความเที่ยงตรง เพื่อให้การทดสอบชิ้นงานต่างๆ ของนักเรียนมีความถูกต้องเป็นไปตามทฤษฎีที่มีความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาตัวแปรอย่างเช่นความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เนื่องจากการสร้างชิ้นงานของนักเรียนนั้นนักเรียนหลายกลุ่มมีความคิดริเริ่มสิ่งที่จะสร้างสิ่งแปลกใหม่ มีความคิดที่หลุดออกจากกรอบ และมองเห็นความเชื่อมโยงของสิ่งของรอบตัวที่จัดเตรียมไว้ให้ ทำให้สามารถสร้างชิ้นงานที่มีความหลากหลาย และสวยงามมากเกินกว่าเหมาะสม และความถูกต้องตามหลักการ

2.2 ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจใช้ระเบียบวิธีวิจัยประเภทวิจัยเชิงปฏิบัติการที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายให้ดีขึ้น และใช้วิธีการที่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลในเชิงลึกกว่านี้ เช่น แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ เพื่อศึกษาพัฒนาการความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นระยะๆ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่ง จากอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยและอาจารย์ประจำหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขตลอดตามการวิจัยครั้งนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการและคณะครูโรงเรียนกาฬสินธุ์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่อนุญาตให้ดำเนินการทำวิจัย และขอขอบใจนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โครงการ PISA ประเทศไทย. (2556). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ปิยะธิดา ปัญญา. (2562). สถิติสำหรับการวิจัย. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- พนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช. (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมการสร้างคามหมายในชั้นเรียน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, 19(3), 12
- พิมพ์ชชา ศาสตราชัย (2562). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทักษะการทำงานเป็นทีม แลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วารสารบัณฑิตศึกษา, 18(81), 46-47



- ไพศาล วรคำ. (2562). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 9). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- วรรณิสา ร้อยกรอง และธิดิยา บงกชเพชร. (2562). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การสำรวจและการผลิตปิโตรเลียมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท)*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สุนีย์ คล้ายนิล. (2555). *การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย: การพัฒนาและภาวะถดถอย*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- Alozie, N. M., Moje, E. B., & Krajcik, J. S. (2010). An Analysis of The Supports and Constraints for Scientific Discussion in High School Project-Based Science. *Science Education*, 94(3), 395-427
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making Sense of Argumentation and Explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.
- Faizah, L. , Probosari, R. M. , & Karyanto, P. (2018). Penerapan Problem Based Learning to Improve The Oral Argumentation Skills of Class Xi Students in Biology Learning. *JurnalBiotek*, 6(2), 1-12.
- McNeil, K.L., & Krajcik, J. (2008). Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating The Effects of teacher's Instructional Practices on Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 53-78.
- Primo, R. A. M., & al., e. (2010). Testing One Premise of Scientific Inquiry in Science Classrooms: Examining Students' Scientific Explanations and Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 583-608.
- Laksmi, M. L., Sari, D. P., Rinanto, Y., & Sapartini, R. R. (2021). Implementation of Problem Based Learning to Increase Scientific Explanation Skill in Biology Learning about the Enviroment. *Journal of Learning for Development*, 8(3), 532-540
- Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2006). Using A Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preservice K-8 Science Teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.