

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน

Developing Critical Thinking Skills of Mathayomsuksa 4 Students

through STEM–Problem Based Learning on the Topic of Work and Energy

กัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์¹ และกันยารัตน์ สอนสุภาพ²

Kanyarat Suwannatrai¹ and Kanyarat Sonsupap²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารัตนาธิปัตย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 17 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 6 แผน 2) แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ 4) แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ที่ 54.88 จากคะแนนเต็ม 80 คิดเป็นร้อยละ 68.60 โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 58.82 วงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 62.29 ของคะแนนเต็ม 80 คิดเป็นร้อยละ 77.86 ซึ่งมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 100

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สะเต็มศึกษา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

¹นิสิตปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, M.Ed. Student, Curriculum and Instructional Development, Faculty of Education, Mahasarakham University

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, Asst. Prof. Dr., Faculty of Education, Mahasarakham University

*ผู้ติดต่อ, อีเมล: กัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์, Kkanyarat0940@gmail.com

วันที่รับบทความ (Received) 18 พฤศจิกายน 2568 วันที่แก้ไขบทความ (Revised) 29 มกราคม 2568 วันที่ตอบรับบทความ (Accepted) 30 มกราคม 2568

ABSTRACT

This research aimed to enhance students' critical thinking skills through STEM–Problem Based Learning to achieve a critical thinking score of at least 70 percent. The target group consisted of 17 Mathayomsuksa 4/3 from Princess Chulabhorn Science High School during the second semester of the 2024 academic year, selected by purposive sampling. The research instruments included: 1) six STEM–Problem Based Learning lesson plans on the topic of Work and Energy, 2) a critical thinking test, 3) a critical thinking behavior observation form, and 4) an interview form. Data were analyzed using percentage, mean, and standard deviation.

The results revealed that in Action Research Cycle 1, students who learned through STEM–Problem Based Learning had a mean critical thinking score of 54.88 out of 80, equivalent to 68.60 percent. Ten students met the 70 percent criterion, representing 58.82 percent of the participants. In Action Research Cycle 2, the average score increased to 62.29, or 77.86 percent, and all 17 students met the 70 percent criterion, accounting for 100 percent of the participants.

Keywords: Problem–Based Learning, STEM Education, Critical Thinking

ภูมิหลัง

ปัจจุบันโลกของเราอยู่ในยุคโลกาภิวัตน์ที่มีการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ เช่น ทางเศรษฐกิจ การเมือง เทคโนโลยี และวัฒนธรรม เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีนั้นยังส่งผลต่อเนื่องหาสาระของหลักสูตร ฉะนั้นเพื่อให้การจัดการศึกษาเท่าทันต่อโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 นั้นเนื้อหาสาระของหลักสูตรจำเป็นต้องพัฒนาทักษะใหม่ ๆ ที่จำเป็นต่อผู้เรียนและกลวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ (ฐิตินันท์ ดาวศร, 2561, หน้า 60) ด้วยเหตุนี้โรงเรียนและหลักสูตรจึงจำเป็นต้องปรับปรุงและเปิดโอกาสให้มีการสร้างหลักสูตรใหม่ กระทรวงศึกษาธิการจึงปรับปรุงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อมุ่งเน้นการพัฒนาต่าง ๆ ของผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับสากล

การพัฒนาความสามารถทางการคิดนับเป็นจุดมุ่งหมายสำคัญของการจัดการศึกษาในยุคปัจจุบัน เนื่องจากความสามารถด้านนี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่านั้น แต่ยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญต่อการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 11) โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณใน

ฐานะสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ซึ่งการจัดการเรียนการสอนควรมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้สามารถคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างสร้างสรรค์ และคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเอง และสังคมได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะในยุคที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี ที่ขับเคลื่อนเข้าสู่สังคมแห่งข้อมูลข่าวสาร การรับรู้ การกลั่นกรอง และการใช้ข้อมูลอย่างมีวิจารณญาณจึงกลายเป็นทักษะจำเป็นสำหรับทุกคน เนื่องจากข้อมูลจากแหล่งเดียวอาจไม่ครอบคลุมหรือแม่นยำเพียงพอ ดังนั้นผู้เรียนจึงต้องพัฒนาทักษะในการพิจารณา เลือกร และประยุกต์ใช้ข้อมูลที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ศักดิ์ริน บินหริม, 2564, หน้า 100) นอกจากนี้ การคิดอย่างมีวิจารณญาณยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนานักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่อง (เจริญพงศ์ ชมพูนุช, 2563, หน้า 41) นักเรียนจะสามารถแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ใช้เหตุผลได้หลากหลาย วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล ประเมินหลักฐาน แปรและสรุปผลอย่างมีประสิทธิภาพ และสร้างแนวทางการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ได้อย่างเป็นระบบและสร้างสรรค์ (Kay & Greenhill, 2011, p. 1) ทั้งหมดนี้คือคุณลักษณะที่ควรได้รับการปลูกฝังในตัวผู้เรียนอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง สะท้อนให้เห็นว่าทักษะ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่ใช่เพียงแค่ “ทักษะ” แต่เป็นพื้นฐานสำคัญในการดำรงชีวิตและพัฒนาอย่างยั่งยืนในสังคมยุคใหม่

วิชาฟิสิกส์ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นวิชาที่ใช้ตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่นำไปสู่การพัฒนาทางเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานได้บรรจุเนื้อหาฟิสิกส์ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสาระหนึ่งใน 8 สาระการเรียนรู้ที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หลักการกฎ และทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ สามารถนำหลักการทางฟิสิกส์ไปแก้ปัญหาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ แต่สภาพการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ที่ผ่านมาครูยังคงต้องสอนในรูปแบบที่เน้นครูเป็นศูนย์กลาง เน้นการสอนบรรยายและการแก้ปัญหาโจทย์ การใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนจดจำสมการและการนำไปใช้ จึงทำให้นักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจในโมเดลทางฟิสิกส์ ซึ่งสภาพดังกล่าวสอดคล้องกับ ชุตติมา พันธุมาตร (2562, หน้า 301) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่มีจุดเน้นในเรื่องแนวคิดวิทยาศาสตร์และทักษะการสำรวจตรวจสอบ ทักษะการทดลอง แต่ยังไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง และครูบางคนสอนโดยการเน้นความจำมากกว่าการคิดขั้นสูง ในขณะที่ครูบางคนได้เน้นกระบวนการคิดในการสอนแต่ยังไม่ได้นั้นกระบวนการคิดในการประเมิน โดยปัจจุบันการจัดการเรียนรู้ส่วนใหญ่ควรเพิ่มกิจกรรมที่ครูมีการแนะแนวทางและเปิดโอกาสให้นักเรียนออกแบบกิจกรรมด้วยตนเอง และเน้นให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ทั้งนี้จากการศึกษาที่มีความเชื่อว่าการคิดเป็นคุณสมบัติเบื้องต้นและเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาความสามารถทางสติปัญญาต่าง ๆ ที่ต้องเผชิญในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ ยังพบประเด็นเรื่องความยากในวิชาฟิสิกส์ที่มาจากการแก้ปัญหาโจทย์ ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงสถานการณ์ที่แสดงปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์การนำนิยาม หลักการ กฎ และทฤษฎีมาใช้ อีกทั้งยังพบว่านักเรียนไม่สามารถเริ่มแก้ปัญหาโจทย์ปัญหาด้วยตัวเองได้ และไม่มีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้องอย่างเพียงพอ

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ยังมีข้อจำกัดในการระบุประเด็นปัญหา การตีความสารสนเทศ การสืบค้นและรวบรวมข้อมูล ตลอดจนการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาอย่างมีขั้นตอน สังเกตจากผู้เรียน

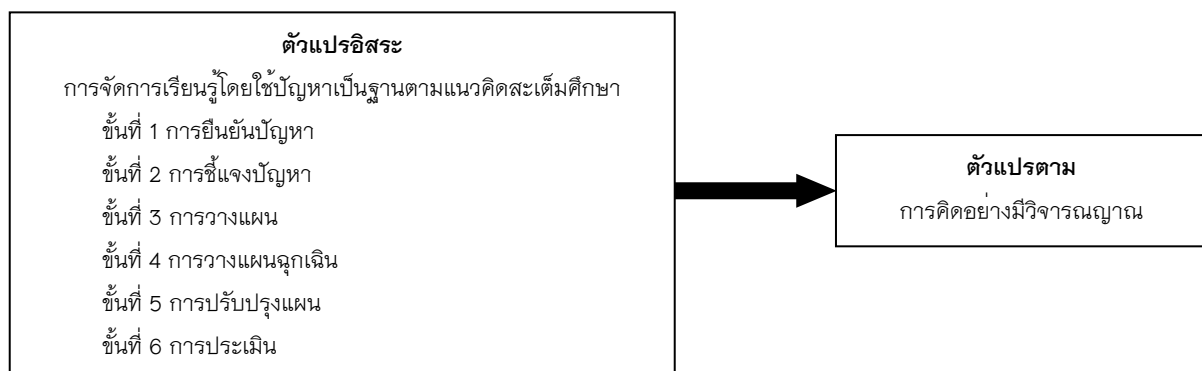
มักไม่สามารถแยกแยะปัญหาหลักออกจากข้อมูลรอง มีความคลุมเครือตามความเข้าใจส่วนตัวโดยขาดเหตุผลและหลักฐานสนับสนุน อีกทั้งยังขาดการวางแผนอย่างเป็นระบบ จึงมักใช้วิธีแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกมากกว่าการใช้เหตุผลเชิงตรรกะซึ่งทักษะดังกล่าวเป็นองค์ประกอบสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ตามแนวคิดของ Watson & Glaser (1964, p. 10) ประกอบด้วย ความสามารถในการทำความเข้าใจและกำหนดปัญหา การตีความข้อมูลอย่างมีเหตุผล การใช้ข้อมูลและหลักฐานประกอบการตัดสินใจ ตลอดจนการวางแผนและประเมินผลการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ดังนั้น การขาดทักษะในด้านดังกล่าวย่อมส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถดำเนินการกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้อย่างครบถ้วนเพื่อประเมินระดับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนจึงได้นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่พัฒนาโดย หัสวันส เพ็งสันเทียะ (2563, หน้า 247) มาใช้โดยแบบทดสอบดังกล่าวเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ออกแบบในลักษณะสถานการณ์ จำนวน 4 สถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์มีข้อคำถาม 5 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามกรอบแนวคิดของ Watson & Glaser (1964, p. 26) รวมจำนวนทั้งสิ้น 20 ข้อ ทำการทดสอบกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ในปีการศึกษา 2567 จำนวน 24 คน เพื่อทดสอบกลุ่มเป้าหมายโดยผลการประเมิน พบว่า นักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 70.84 มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อันเป็นเกณฑ์ผ่านที่กำหนด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ยังมีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่ำ การที่ผู้เรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในระดับต่ำส่งผลกระทบต่อกระบวนการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากผู้เรียนอาจขาดความสามารถในการวิเคราะห์และตีความข้อมูลอย่างลึกซึ้ง ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้จากหลายแหล่งเพื่อสร้างข้อสรุปที่มีเหตุผล และอาจไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาในบริบทจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นครูผู้สอนจำเป็นต้องออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเสริมสร้างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างเป็นระบบ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM-Problem Based Learning) เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยการจัดการเรียนรู้นี้จะเน้นสถานการณ์

ปัญหาตามแนวการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานมารวมกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานจะใช้สถานการณ์ปัญหาจริงหรืออาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนได้เผชิญมาเป็นบริบทของการเรียนรู้และการแก้ปัญหาผ่านการทำงานเป็นกลุ่ม รวมถึงฝึกทักษะการคิดขั้นสูง เกิดทักษะกระบวนการแก้ปัญหา และทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่น (สายชล สุกร, 2562, หน้า 19) นอกจากนี้แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559, หน้า 6) เมื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างวิจรรณญาณสามารถช่วยส่งเสริมการเรียนรู้การสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ วรณิสรา ร้อยกรอง (2562, หน้า 144) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ โดยการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และกำหนดสถานการณ์/ปัญหาที่เหมาะสมแก่ผู้เรียน เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยเพิ่มทักษะต่าง ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในระหว่างดำเนินกิจกรรม ได้แก่ การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ออกแบบแนวทางการแก้ไขปัญห กำหนดตัวแปรทดลอง สรุปผลการทดลอง ประเมินและปรับปรุง

กรอบแนวคิดของการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจรรณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิด ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ กรอบแนวคิดของการวิจัย

แก้ไขชิ้นงาน ซึ่งสอดคล้องกับ Lou, Shih, Diez, & Tseng (2011, p. 199) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการสืบเสาะ ลงมือสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้า ทดลอง เก็บข้อมูลหลักฐาน หรือประจักษ์พยานเพื่อตีความแปลความ นำไปสู่การสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุปเป็นความรู้แนวคิดหรือหลักการ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนคิดเป็นทำเป็นและแก้ปัญหาเป็นจากการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจอยากรู้คิดอย่างมีเหตุมีผล และต้องการสำรวจตรวจสอบหาความรู้มาแก้ปัญหาผ่านการทำงานกลุ่มในขณะที่ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวให้นักเรียน โดยทั้งหมดจะทำให้ผู้เรียนเกิดการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์และการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและยั่งยืน

จากหลักการและเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจรรณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจรรณญาณของนักเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis (1988) ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการวิจัย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan : P) ขั้นปฏิบัติ (Act : A) ขั้นสังเกต (Observe : O) และขั้นสะท้อนผล (Reflect : R) ดำเนินการเช่นนี้ไปอย่างต่อเนื่องซ้ำกันเป็นวงจร

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย มุกดาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 17 คน ซึ่งเป็นห้องเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบในการจัดการเรียนการสอน โดยคัดเลือกการนำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ หัสวนัส เพ็งสันเทียะ (2563, หน้า 247) ได้สร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีลักษณะเป็นสถานการณ์จำนวน 4 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์จะมีคำถามที่สร้างขึ้นตามองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Watson & Glaser (1964, p. 26) สถานการณ์ละ 5 ข้อ ข้อละ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มาทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 24 คน พบว่า นักเรียนจำนวน 17 คน มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 70.84 จากนักเรียนทั้งหมด

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 12 ชั่วโมง ที่ได้รับการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน และนำมาหาค่าเฉลี่ยได้ค่าระหว่าง 3.60–5.00 ซึ่งมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปเก็บข้อมูลวิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

2.2 แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยหรือแบบความเรียง ให้ทดสอบหลังจากสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยมีจำนวน 8 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์จะมีคำถามที่สร้างขึ้นตามองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตามแนวคิดของ Watson & Glaser (1964, p. 26) โดยสถานการณ์

ละ 5 ข้อ จึงเนื้อหาตามสาระการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยแบ่งเป็นวงจรละ 4 สถานการณ์ (20 ข้อ) ได้รับการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน และนำมาหาค่าเฉลี่ยได้ค่าระหว่าง 4.00–4.20 ซึ่งมีความเหมาะสมในระดับมาก

2.3 แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมที่ใช้สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมและการทำแบบฝึกหัดของนักเรียนระหว่างจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะประกอบไปด้วยพฤติกรรมที่สังเกตได้ 5 พฤติกรรม ได้แก่ พฤติกรรมการสรุปอ้างอิง พฤติกรรมการระบุข้อตกลงเบื้องต้น พฤติกรรมการนิรนัย พฤติกรรมการตีความ และพฤติกรรมการประเมินข้อโต้แย้ง ได้รับการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน และนำมาหาค่าเฉลี่ยได้ค่าระหว่าง 4.60–4.80 ซึ่งมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

2.4 แบบสัมภาษณ์นักเรียน

แบบสัมภาษณ์นักเรียน มีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ประกอบด้วย ประเด็นคำถาม 3 ด้าน คือ ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดเห็นต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และความคิดเห็นต่อผู้สอนซึ่งได้รับการประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามในแต่ละด้านจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน และนำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งพบว่าแบบสัมภาษณ์นักเรียนมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.80–1.00

3. การรวบรวมข้อมูล

3.1 ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยทำการศึกษารูปแบบ ลักษณะ และขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทุกรูปแบบจากวารสารงานวิจัยต่าง ๆ ศึกษามาตรฐาน และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ของระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษา ศึกษาเนื้อหาเรื่อง แรงและพลังงาน จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 2 หนังสือคู่มือครู เอกสารประกอบการสอนและหนังสืออ่านประกอบอื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนการเรียนรู้

จากนั้นศึกษาและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ รวมถึงเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน โดยได้มาซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน

3.2 ขั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 งานและกำลัง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พลังงาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 งานและพลังงานจลน์ และในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 งานและพลังงานศักย์โน้มถ่วง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 กฎการอนุรักษ์พลังงาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เครื่องกล

โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลา จำนวน 2 คาบ พร้อมทั้งทำการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้เมื่อจัดกิจกรรมเสร็จสิ้น

3.3 ขั้นสังเกต

3.1 สังเกตพฤติกรรมนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ บันทึกปัญหาและอุปสรรคที่พบหลังแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.2 ทดสอบนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการครบทุกแผน โดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3.3 สัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่ำกว่าร้อยละ 70 โดยใช้แบบสัมภาษณ์นักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.4 ขั้นสะท้อนผล

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสัมภาษณ์นักเรียน และผลการทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อประเมินผลและตรวจสอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงกระบวนการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ หากไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ผู้วิจัยต้องหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป และดำเนินการวิจัยต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยประเมินจากแบบทดสอบที่นักเรียนทำจากนั้นใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวิเคราะห์ว่านักเรียนผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลหลังจบการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการ

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบสังเกตพฤติกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยเก็บข้อมูลจากพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมาขณะทำกิจกรรมและบันทึกไว้หลังจบแต่ละวงจรปฏิบัติการ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกไว้ว่าสอดคล้องและเป็นไปตามองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณหรือไม่ อย่างไร และสอดคล้องกับข้อมูลเชิงปริมาณหรือไม่ อย่างไร

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัย

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 54.88 คิดเป็นร้อยละ 68.60 โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 58.82 และมีนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 41.18 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 17 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 62.29 คิดเป็นร้อยละ 77.86 ซึ่งมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 17 คน ดังแสดงในตาราง 1 และตาราง 3

ตาราง 1 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำแนกตามองค์ประกอบ

องค์ประกอบการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	วงจรปฏิบัติการที่ 1		
	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ร้อยละ
การสรุปอ้างอิง	11.47	1.58	71.69
การระบุข้อตกลงเบื้องต้น	10.59	1.09	66.19
การนิรนัย	11.82	1.38	73.88
การตีความ	10.82	1.50	67.63
การประเมินข้อโต้แย้ง	10.18	1.58	63.63
รวม	54.88	3.14	68.60
จำนวนนักเรียน ที่ผ่านเกณฑ์	10 คน		

หมายเหตุ: องค์ประกอบละ 16 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 80 คะแนน

จากตาราง 1 พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวนทั้งสิ้น 10 คน จากนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 58.82 โดยคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้าน พบว่า ด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ และด้านการประเมินข้อโต้แย้ง เท่ากับ 11.47, 10.59, 11.82, 10.82 และ 10.18 จากข้อมูล จะพบว่า ด้านการประเมินข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด และด้านการนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด เมื่อพิจารณาารวมกับข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนไปในแนวโน้มเดียวกัน

จากการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถพิจารณาสถานการณ์โดยรวมทั้งหมดเนื่องจากยังไม่คุ้นชินกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และยังพบปัญหาด้านการศึกษาข้อมูลเพื่อชี้แจงปัญหามาอธิบายในส่วนของ STEM แล้วนำมาวิเคราะห์หาคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์นั้นได้เมื่อพบกับปัญหาที่ซับซ้อนที่ต้องใช้การคิดพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อระบุข้อตกลงเบื้องต้นให้ถูกต้อง อีกทั้งนักเรียนไม่สามารถวางแผนลูกเงินเพื่อคาดการณ์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทดลอง ส่งผลต่อการประเมินข้อโต้แย้งของสถานการณ์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการประเมินข้อโต้แย้งของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดสำหรับ

ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการแก้ปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหา
ด้านการจัดกิจกรรม - นักเรียนไม่คุ้นเคยกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ - นักเรียนมีปัญหาด้านการศึกษาข้อมูลเพื่อชี้แจงปัญหามาอธิบายในส่วนของ STEM - ผู้เรียนไม่เห็นถึงความสำคัญของการวางแผนลูกเงิน หรือ Plan B เพราะมันไม่ได้ทำการทดลองก่อนแล้วก็ไม่เคยทำมาก่อนเลยทำไมโดยรวมไปถึงไม่มีการบันทึกผลการทดลอง - นักเรียนไม่มีความกระตือรือร้นที่จะทำการสรุปและสะท้อนผลการทดลองหลังจากกิจกรรม	- ครูต้องมีการแนะนำและชี้แจงว่าให้สืบค้นเพื่ออะไร รวมถึงคอยช่วยเหลือ ชี้ทางและแนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ - ครูอธิบายถึงความสำคัญของขั้นตอนวางแผนลูกเงิน การคาดการณ์หรือปัจจัยใดบ้างที่อาจจะส่งผลต่อการทดลอง พร้อมทั้งแนะนำแนวทางการออกแบบการเก็บผลการทดลอง - ครูชี้แจงกับนักเรียนถึงเกณฑ์การให้คะแนนว่า การสรุปและสะท้อนผลการทดลองมีผลต่อคะแนนของนักเรียน
ด้านครูผู้สอน - คำอธิบายของครูและการยกตัวอย่างหรือยังไม่ชัดเจนทำให้นักเรียนจินตนาการไม่ออก	- ครูควรอธิบายปัญหาให้ชัดเจนขึ้น โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและสอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน และเลือกตัวอย่างที่ชัดเจนเป็นรูปธรรม และสอดคล้องกับเนื้อหาหรือสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคย

ตาราง 3 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน
ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จำแนกตามองค์ประกอบ

องค์ประกอบการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ร้อยละ
การสรุปอ้างอิง	13.18	0.92	82.38
การระบุข้อตกลงเบื้องต้น	14.35	0.97	89.69
การนิรนัย	12.47	0.61	77.94
การตีความ	11.12	0.83	69.50
การประเมินข้อโต้แย้ง	11.18	1.25	69.88
รวม	62.29	1.23	77.86
จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์	17 คน		

หมายเหตุ: องค์ประกอบละ 16 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 80 คะแนน

จากตาราง 3 พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 17 คน ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ทุกคน คิดเป็นร้อยละ 100 โดยเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยในด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ และด้านการประเมินข้อโต้แย้ง เท่ากับ 13.18, 14.35, 12.47, 11.12 และ 11.18 ตามลำดับ จากข้อมูล พบว่า ด้านตีความคะแนนเฉลี่ยที่น้อยที่สุด ส่วนด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ทั้งนี้คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ด้าน เมื่อพิจารณาพร้อมกับข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเมื่อครบทั้ง 2 วงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนมีแนวโน้มจะแสดงพฤติกรรมด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นอย่างชัดเจนมากที่สุด ขณะที่พฤติกรรมด้านการนิรนัยปรากฏน้อยที่สุด ทั้งนี้พฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านต่าง ๆ ของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 2 วงจรปฏิบัติการ

จากการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายสามารถตีความพิจารณาสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นและระบุข้อตกลงเบื้องต้นของปัญหาได้ อีกทั้งนักเรียนยังมีการวางแผนลูกเงินเพื่อคาดการณ์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทดลอง สอดคล้องกับการประเมินข้อโต้แย้งที่มีความเป็นเหตุเป็นผลในการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผลเพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยต้องการพัฒนาครบทุกด้าน ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการสัมภาษณ์และคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีค่าเฉลี่ยที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกด้านสำหรับปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการแก้ปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหา	แนวทางการแก้ปัญหา
ด้านการจัดกิจกรรม - นักเรียนไม่สามารถสะท้อน ปัญหาเชื่อมโยงกับผลการทดลอง - อุปกรณ์ชำรุดขณะทำการ ทดลองทำให้เสียเวลาในการซ่อม	- ครูกระตุ้นพร้อมยกตัวอย่าง สถานการณ์และเชื่อมโยงปัจจัย ที่ส่งผลต่อการทดลอง พร้อมสรุป กิจกรรมและความรู้ทั้งหมด ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้นักเรียน มีความเข้าใจที่ถูกต้องและ เป็นการเสริมความรู้ที่ขาดให้แก่ นักเรียน - เตรียมอุปกรณ์สำรองให้เพียงพอ
ด้านครูผู้สอน ผู้สอนยกตัวอย่างไม่เพียงพอ	ผู้สอนนำตัวอย่างมาเพิ่ม ในการทำกิจกรรม

อภิปรายผล

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 58.82 และในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 17 คน แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวช่วยให้นักเรียนทุกคนสามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด การพัฒนาที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้จากธรรมชาติของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นกระบวนการที่เน้นการบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผน ออกแบบ และสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง กิจกรรมลักษณะนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ ทดลอง เก็บรวบรวมและตีความข้อมูล เพื่อสร้างคำอธิบายและข้อสรุปเชิงหลักการ ซึ่งสอดคล้องกับ Lou, et al. (2011, p. 199) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติจริง อันจะนำไปสู่การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และการประยุกต์ใช้ความรู้ได้

อย่างเหมาะสม อีกทั้งผลการวิจัยในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nurazmi (2021, p. 70) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ STEM-Problem Based Learning พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการบูรณาการสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต่อการพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 1 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่าด้านการประเมินข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีปัญหาในด้านการศึกษาข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ได้มาบูรณาการและอธิบายในส่วนของ STEM เพื่อชี้แจงปัญหา สังเกตได้จากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมักเดินเข้ามาสอบถามครูอยู่ตลอดเวลาเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงาน เช่น ต้องทำอย่างไร เชื่อมโยงข้อมูลอย่างไร หรือควรเริ่มต้นจากจุดใด อีกทั้งยังสอดคล้องกับพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ได้เพียงบางส่วน ซึ่งยังไม่ครอบคลุมข้อมูลทั้งหมดที่ปรากฏในสถานการณ์ รวมถึงยังไม่เห็นถึงความสำคัญของการวางแผน เช่น ในขณะการออกแบบชิ้นการวางแผนการผูกเงิน นักเรียนในกลุ่มไม่สามารถวางแผนสำรองเพื่อแก้ปัญหาหรือคาดการณ์ถึงแผนสำรองได้ แล้วสรุปผลข้อมูลการทดลองที่ได้กับปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการทดลอง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่ามีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังที่ สุนทร สันธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี สันธพานนท์ (2555, หน้า 29) กล่าวว่าวิธีการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการปรับเปลี่ยนกระบวนการสอนที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างเป็นระบบ ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนรู้จักคิดในสิ่งที่เรียน รู้จักคิดในแง่การตีความหมายในรายละเอียด รู้จักขยายผลของสิ่งที่คิดและปรับสิ่งที่ได้จากการคิดดังกล่าวไปใช้ในสถานการณ์ที่กำหนด อีกทั้งพฤติกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่แสดงออกในด้านต่าง ๆ มีการแสดงออกมากไปหาน้อย ได้แก่ ด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ ด้านการประเมินข้อโต้แย้ง

และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น โดยพฤติกรรมด้านการสรุปอ้างอิงเป็นด้านที่นักเรียนแสดงออกมากที่สุด เนื่องจากผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการระบุปัญหา วิเคราะห์สาเหตุ และกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็น โดยอ้างอิงจากข้อมูลที่กำหนดได้อย่างเหมาะสม ในขณะที่พฤติกรรมด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นเป็นด้านที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากนักเรียนยังไม่มีประสบการณ์เพียงพอในการเรียนรู้ด้วยกระบวนการใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทำให้ยังไม่สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ เพื่อใช้ในการชี้แจงและแก้ไขปัญหาตามบริบทของสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เมื่อทำการปรับปรุงและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่า ด้านการตีความมีคะแนนเฉลี่ยที่น้อยที่สุด ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากนักเรียนบางส่วนสามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้แต่ไม่สามารถสะท้อนผลสรุปข้อมูลการทดลองที่คาดเคลื่อน โดยที่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใด ส่วนด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นเป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด เพราะครูผู้สอนได้ทำการกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนที่ต่อเนื่องจากชิ้นการยืนยันปัญหา เช่น ในการแก้ปัญหานั้นนักเรียนควรมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้าง เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนสืบค้นข้อมูลในการระบุความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่เป็นองค์ความรู้ของ STEM ร่วมกัน ดังที่ จำรัส อินทลาภาพร (2558, หน้า 66) กล่าวว่าผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และท้าทายการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ด้าน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชรพร บุญกิตติ (2564, หน้า 54-67) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสอดแทรกผนวกกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานภายใต้กรอบแนวคิดสะเต็ม (STEM-PBL)

เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการวิจัยพบว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณพัฒนาขึ้นในทุกองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lou, et al. (2011, p. 199) ที่พบว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ที่ใช้การบูรณาการในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ช่วยส่งเสริมนักเรียนให้แก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ละขั้นตอน นำไปสู่ความสำเร็จ ช่วยเพิ่มความสามารถประสบการณ์การบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนได้ อีกทั้งพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่แสดงออกจากรายงานได้น้อย ได้แก่ ด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อดกของเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการประเมินข้อโต้แย้ง และด้านการตีความ โดยด้านการสรุปอ้างอิงยังคงเป็นด้านที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมได้มากที่สุด แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการในการสังเคราะห์ข้อมูลและแสดงความคิดเห็นบนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้รับ ขณะที่พฤติกรรมด้านการตีความเป็นด้านที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งสะท้อนว่านักเรียนบางส่วนแม้จะสามารถวิเคราะห์และสรุปผลได้ แต่ยังขาดทักษะในการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างสาเหตุและผลของการทดลองได้อย่างสมบูรณ์และครอบคลุม ส่งผลให้การตีความผลลัพธ์ของสถานการณ์ยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร อันเป็นประเด็นสำคัญที่ควรได้รับการส่งเสริมเพิ่มเติมในการจัดการเรียน เมื่อพิจารณาพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในทั้งสองวงจรปฏิบัติการ พบว่า พฤติกรรมที่มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ ด้านการระบุข้อดกของเบื้องต้น ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถของนักเรียนที่เพิ่มขึ้นในการพิจารณาและตัดสินข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนด โดยนักเรียนสามารถอ้างอิงข้อมูลจากสถานการณ์ เพื่อนำมาวิเคราะห์และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกในกลุ่ม และนำไปสู่การสรุปสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องอย่างมีระบบมากยิ่งขึ้น สาเหตุของการพัฒนาดังกล่าวอาจเกิดจากการที่นักเรียนเริ่มคุ้นเคยกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังที่ วรรณิสร้อยกรอง (2562, หน้า 156) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการสืบเสาะลงมือสำรวจตรวจสอบค้นคว้าทดลองเก็บข้อมูลหลักฐานหรือประจักษ์พยานเพื่อตีความแปลความนำไปสู่การสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุปเป็นความรู้แนวคิด

หรือหลักการซึ่งจะทำให้ผู้เรียนคิดเป็นทำเป็นและแก้ปัญหาได้อีกทั้งผู้วิจัยเน้นย้ำให้นักเรียนสะท้อนปัญหาและเชื่อมโยงข้อมูลกระตุ้นพร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์เชื่อมโยงข้อมูลและปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสถานการณ์หรือผลของการทดลองที่ได้ ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนบูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อแก้ไขปัญหาที่อยู่ในบริบทจริง นักเรียนได้ฝึกฝนการใช้ทักษะการสรุปอ้างอิงจากข้อมูล การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น การนิรนัยข้อมูลอย่างมีเหตุผล และการวางแผนฉุกเฉินในกรณีที่เกิดเหตุที่ไม่สามารถดำเนินการได้ นอกจากนี้ นักเรียนยังมีพัฒนาการในการตีความสถานการณ์ตามข้อเท็จจริง และสามารถประเมินข้อโต้แย้งได้อย่างมีเหตุผลโดยอิงจากข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังที่ วาณิช สิริเศนา ณ อยุธยา (2559, หน้า 45) ระบุว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางที่สามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านการเผชิญปัญหาที่มีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริง และใช้ความรู้จากหลายศาสตร์ในการหาทางออก ซึ่งเป็นกระบวนการที่กระตุ้นให้เกิดการคิดอย่างมีระบบและเป็นเหตุเป็นผล

จากการอภิปรายผลในวงจรปฏิบัติการทั้ง 2 วงรอบ ทำให้เห็นพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอาจเป็นผลมาจากนักเรียนได้ศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้เคียง รู้จักการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม พร้อมทั้งได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในกลุ่ม ดังที่ วลัยลักษณ์ เหลี่ยมสิงขร (2562, หน้า 95) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้ สนใจ เพื่อให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้และทำการศึกษา ค้นคว้าจนพบคำตอบด้วยตนเองและรู้จักการทำงานร่วมกันภายในกลุ่มแล้วนำความรู้ที่ได้มา ร่วมกันอภิปราย ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา นอกจากนี้นักเรียนยังได้บูรณาการความรู้ STEM นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบแก้ปัญหาในรูปแบบการออกแบบชิ้นงานการทดลอง เพื่อได้มาซึ่งการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด ดังที่ สรวิทย์ นาคเกษม (2563, หน้า 114) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา

หรือสถานการณ์ปัญหา เป็นตัวกระตุ้นในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา โดยเน้นให้ผู้เรียนแสวงหาและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยบูรณาการความรู้ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา ทำให้เกิดประสิทธิภาพและเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมและพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนได้ เนื่องจากคะแนนพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณนักเรียนแต่ละวงจรปฏิบัติการมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากนักเรียนจะพบว่า การที่นักเรียนมีพัฒนาการอย่างต่อเนื่องนั้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ให้นักเรียนมีความสนุกสนานและให้ความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีอิสระในการค้นหาข้อมูลในการหาข้อมูลทฤษฎีต่าง ๆ ได้ เพื่อนำความรู้ที่ได้มาออกแบบวางแผนการทดลองเพื่อแก้ปัญหาที่ได้พบเจอ นอกจากนี้ในการจัดกิจกรรมยังส่งเสริมการทำงานเป็นทีมยอมรับในการตัดสินใจของเพื่อนร่วมกลุ่มและร่วมมือกันแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย มีการช่วยเหลือกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม และสามารถนำเสนอผลงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลงานวิจัยไปใช้

1. ผู้สอนควรส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคุ้นเคยกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา อาจใช้ระยะเวลาในช่วงบทเรียนก่อนหน้าเพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นหาปัญหา และเรียนรู้กระบวนการที่เกี่ยวข้อง อันจะนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนมากยิ่งขึ้น
2. ผู้สอนควรเน้นย้ำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการวางแผนและนำเอาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ STEM มาบูรณาการในการแก้สถานการณ์ปัญหา เนื่องจากการมีแผนที่ชัดเจนจะช่วยให้ นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาและ

ปรับปรุงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถนำแผนที่ได้วางไว้มาประยุกต์ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงได้ทันตามเวลาที่กำหนด

3. ผู้สอนควรสรุปกิจกรรมและองค์ความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องให้นักเรียนภายหลังจากการสะท้อนผลหรือการอภิปรายข้อโต้แย้งเสร็จสิ้น เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องและชัดเจนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามข้อสงสัย ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างองค์ความรู้และเติมเต็มประเด็นที่นักเรียนอาจยังขาดหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน

4. ผู้สอนควรดำเนินการตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ให้มีความเพียงพอต่อการใช้งาน รวมถึงจัดเตรียมอุปกรณ์สำรองไว้ในกรณีที่อยู่อุปกรณ์หลักเกิดความชำรุดระหว่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการเสียเวลาในการซ่อมแซมซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน

5. ควรมีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยอย่างรอบด้าน โดยเฉพาะการหาค่าความสอดคล้องของข้อคำถามหรือแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญให้มีความเหมาะสมในแต่ละด้าน เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องมือมีความเหมาะสมและวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปบูรณาการร่วมกับรายวิชาอื่นที่มีลักษณะเหมาะสม ได้แก่ รายวิชาที่สามารถเชื่อมโยงกับปัญหาในชีวิตจริง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ความรู้จากหลายสาขาวิชาเพื่อต่อการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม เช่น รายวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ โลกศาสตร์ ทั้งนี้ เพื่อเสริมสร้างความเชื่อมโยงขององค์ความรู้ระหว่างรายวิชา เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และพัฒนาทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน อาทิ ทักษะการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์เชิงระบบ และทักษะความร่วมมือระหว่างผู้เรียน ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้มีความหลากหลายและลึกซึ้งมาก

2. ควรมีการปรับปรุงแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยลดการอ้างอิงเนื้อหาสาระจากการจัดการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจงมากเกินไป และเพิ่มสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันและประเด็นสถานการณ์โลกเพื่อนำไปสู่การส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- เจริญพงศ์ ชมพูนุช. (2563). ปัจจัยที่ส่งผลต่อทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์. *วารสารครุศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร*, 6(11), 39-55. เข้าถึงได้จาก https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/62063/97514
- จรัส อินทลาภพร. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *วารสาร Veridian e-journal ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์และศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 8(1), 62-74. เข้าถึงได้จาก <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/view/29290/30066>
- จิตินันท์ ดาวศร. (2561). แนวทางการจัดการเรียนรู้ของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21. *วารสารวิชาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 11(1), 60-74. เข้าถึงได้จาก file:///C:/Users/Namfon-PC/Downloads/%E0%B9%81%E0%B8%99%E0%B8%A
- ชุตินา พันธุมมาตร. (2562). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ และจิตวิทยาาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงออกแบบ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 19(2), 288-305. เข้าถึงได้จาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/suedujournal/article/view/247615/171375>
- พัชรพร บุญกิตติ. (2564). การจัดการเรียนรู้แบบสอดแทรกผนวกกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานภายใต้กรอบแนวคิดสะเต็มใน (STEM-PBL) เนื้อหาเรื่องกรด-เบส เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับชั้นมัธยมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น* 44(4), 54 -67. เข้าถึงได้จาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDKKUJ/article/view/250417/170978>
- วรรณิสา ร้อยกรอง. (2562). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การสำรวจและการผลิตปิโตรเลียมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 14(3), 135-148. เข้าถึงได้จาก <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/JSSRA/article/view/187142/162145>
- วัลย์ลักษณ์ เหลี่ยมสิงขร. (2562). *การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตและระบบประสาท ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. เข้าถึงได้จาก <https://fulltext.rmu.ac.th/fulltext/2562/M126846/Limsingkon%20Walailuk.pdf>
- วดีนิส อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). *เรื่อนำรู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา)*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศักดิ์ริน ปินทริม. (2564). การพัฒนาแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุวิชา. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. เข้าถึงได้จาก <https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2016/17834/1/6320120255.pdf>
- สรวิทย์ นาคเกษม. (2563). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา. เข้าถึงได้จาก <https://ir.buu.ac.th/dspace/bitstream/1513/212/1/61920127.pdf>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2559). *คู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษา (ม.1-ม.6)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

- สายชล สุกร. (2562). การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร. เข้าถึงได้จาก http://www.edu.nu.ac.th/th/news/docs/download/2020_06_11_15_43_28.pdf
- สุนันท์ ลินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี ลินธพานนท์. (2555). พัฒนาศักยภาพการคิด ตามแนวปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพรินต์.
- หัตสนัส เพ็งสันเทียะ. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. เข้าถึงได้จาก <http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1306/1/gs601130142.pdf>
- Kay, K. & Greenhill, V. (2011). *Twenty-First Century Students Need 21st Century Skills*. In Wan, G. & Gut, D. M. (Eds.). *Bringing Schools into the 21st century*. New York: Springer.
- Lou, S. J., Shih, R. C., Diez, C. R. & Tseng, K. H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: An exploratory study among female Taiwanese senior high school student. *International Journal of Technology and Design Education*, 10798(21), 199. DOI:10.1007/s10798-010-9114-8
- Nurazmi. (2021). Integrated STEM-Problem Based learning Model : Its Effect on Students' Critical Thinking. *Kasuari : Physics Education Journal*, 4(2), 70-77. Retrieved from <https://journalfkipunipa.org/index.php/kpej/article/view/219>
- Watson G. & Glaser, E. M. (1964). *Watson Glaser Critical Thinking Appraisal Manual*. New York: Harcourt Brace and Word.