



การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสเต็มศึกษา

Developing Computational Thinking Ability Based on Design-Based Learning Activities Cooperated with STEAM Education

เจษฎา ภารสุวรรณ¹ และอุฤทธิ์ เจริญอินทร์²

Chedsada Parnsuwan¹ and Urit Charoen-In²

ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม¹

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม²

Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, MahaSarakhm University¹

Department of Physics, Faculty of Science, MahaSarakhm University²

Corresponding author, E-mail: Chedsada_p@kkumail.com¹, urit.c@msu.ac.th²

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสเต็มศึกษา ในรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนในจังหวัดมหาสารคาม จำนวน 26 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสเต็มศึกษา เรื่องสมบัติเชิงกลของสาร จำนวน 9 แผนการเรียนรู้ เวลา 12 ชั่วโมง 2) แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 3 ชุด ชุดละ 2 สถานการณ์ และ 3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 19.23 วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 และวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 92.31 สรุปได้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่สูงขึ้น ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้

คำสำคัญ : ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ, การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน, แนวคิดสเต็มศึกษา



ABSTRACT

The purpose of this action research was to develop Grade 11 students' computational thinking ability on the mechanical properties of substances (fluid) to pass the criteria of 70 percent by using Design-Based Learning Activities Cooperated with STEAM Education. This research was action research of 3 cycles operational. The target group consisted of 26 students in Grade 11 at a school in Mahasarakham province by purposive sampling. The research instruments in this study were 1) the 9 Design-Based Learning Activities Cooperated with STEAM Education lesson plans on the topic of the mechanical properties of substances (fluid) with 12 hours of learning, 2) the 3 sets of computational thinking ability tests, comprising 2 scenarios each, and 3) student interviews. The data was analyzed by using mean, percentage, and standard deviation.

The research presented that the 1st operational cycle found 5 students had a score of computational thinking abilities that passed the criteria of 70 percent, representing 19.23 percent. The 2nd operational cycle, developed and improved problems from the 1st operational cycle, found 13 students had a score of computational thinking abilities that passed the criteria of 70 percent, representing 92.31 percent. The 3rd operational cycle, developed and improved problems from the 2nd operational cycle, found 24 students had a score of computational thinking abilities that passed the criteria of 70 percent, representing 92.31 percent. In summary, students who participated in design-based learning activities cooperated with STEAM education had developed computational thinking abilities. Thus, the design-based learning activities cooperated with STEAM education can enhance the computational thinking abilities of the target students.

Keywords: Computational thinking abilities, Design-Based Learning, STEAM education

บทนำ

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ส่งผลให้เทคโนโลยีที่ก้าวหน้าเข้ามามีบทบาทสำคัญในการทำงานแทนมนุษย์เช่น เครื่องจักรสามารถทำงานที่ซ้ำซากแทนมนุษย์ได้ มนุษย์จึงจำเป็นต้องพัฒนาทักษะที่เทคโนโลยีไม่สามารถทดแทนได้ เช่น ทักษะการคิด การแก้ปัญหา และการสื่อสาร การศึกษาจึงต้องมุ่งเน้นให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาตนเอง สร้างทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตในอนาคต การศึกษาในศตวรรษที่ 21 มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทักษะที่จำเป็น เช่น การปรับตัว การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกัน เพื่อเตรียมพร้อมให้คนยุคใหม่รับมือกับการเปลี่ยนแปลงของโลกที่ขับเคลื่อนด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ (วรลักษณ์ คำหวาง และนางลักษณ์ ใจฉลาด, 2560)

การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมต้องยกระดับคุณภาพ การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้ทั่วถึงในทุกระดับ (พิเชฐ ศรีสังข์งาม และชัยยศ เดชสุระ, 2561) นักเรียนจำเป็นต้องพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 เช่น การคิดวิเคราะห์ วิจัยและแก้ปัญหา และการประยุกต์ความรู้เพื่อแก้ปัญหา การคิดเชิงคำนวณ เป็นทักษะสำคัญที่ช่วยเสริมศักยภาพในยุคโลกาภิวัตน์ การศึกษาไทยจึงต้องมุ่งเน้นให้นักเรียนพัฒนาตนเองตามธรรมชาติ และเต็มศักยภาพ โดยมีการสนับสนุนจากหลายภาคส่วนเพื่อพัฒนา การศึกษาให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของโลก ดังที่สถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ทำการ ปรับเปลี่ยนหลักสูตรทางด้านเทคโนโลยี โดยจะเน้นเนื้อหาที่ให้ความ สำคัญในเรื่องการคิด การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา โดยใช้ เทคโนโลยีรวมถึงแนวคิดและกรอบการวางแผน การออกแบบการ สร้างจินตนาการความคิดสร้างสรรค์ การคิดแบบเป็นระบบ การอยู่ ร่วมกับนิเวศน์ดิจิทัลในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง อันผล เนื่องมาจากเทคโนโลยี การใช้สื่อใหม่ การดูแลปกป้องตัวเองใน สังคมดิจิทัล ทั้งนี้เพื่อเตรียมพร้อมเยาวชนให้เป็นกำลังสำคัญในการ พัฒนาตนเองและพัฒนาประเทศในอนาคต (ภาสกร เรืองรอง, 2561) การส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเป็นสิ่งจำเป็น ต่อนักเรียนในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นกระบวนการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อให้ได้แนวทางคำตอบอย่างเป็นขั้นตอนที่สามารถนำไปปฏิบัติ

ได้โดยบุคคลหรือคอมพิวเตอร์อย่างถูกต้อง โดยมีองค์ประกอบที่ใช้ ในการแก้ปัญหาในหลากหลายลักษณะ เช่น การคิดแบบแยก ส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการ พิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองาน ออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการ กับปัญหาได้ง่ายขึ้น การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) เป็นการพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหา และ พิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ใน ปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียด ที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ รวมทั้งการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) ซึ่งเป็นการออกแบบ ขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน วิธีคิดเชิงคำนวณ จะช่วยทำให้ปัญหาที่ซับซ้อนเข้าใจได้ง่ายขึ้น เป็นทักษะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อทุก ๆ สาขาวิชา และทุกเรื่อง ในชีวิตประจำวันซึ่งไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการคิดให้เหมือน คอมพิวเตอร์แต่เป็นกระบวนการคิดแก้ปัญหาของมนุษย์ เพื่อส่งให้ คอมพิวเตอร์ทำงานและช่วยแก้ปัญหาตามที่เรต้องการได้อย่างมี ประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) จะเห็นได้ว่าการคิดเชิงคำนวณช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีวิธี คิดที่เป็นกระบวนการ สามารถแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์และคิดอย่าง มีตรรกะ เป็นระบบและสร้างสรรค์ ซึ่งสามารถนำวิธีคิดเชิงคำนวณ ไปปรับใช้แก้ไขปัญหามิในสาขาวิชาต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง เป็นประโยชน์ในการต่อยอดองค์ความรู้ต่าง ๆ ต่อไป (Wing, 2006)

โรงเรียนชั้นมัธยมตอนปลายในจังหวัดมหาสารคาม มีการจัดการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญ ของวิทยาศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการคิด วิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดแก้ปัญหา การคิดอย่าง สร้างสรรค์ การคิดอย่างเป็นระบบ การสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ นอกจากนี้ยังกำหนดสมรรถนะของนักเรียนในโรงเรียน ซึ่งใช้ในการ ประเมินสมรรถนะด้านต่าง ๆ ของนักเรียนประกอบด้วย 1) ความสามารถในการสื่อสาร 2) ความสามารถในการคิด 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการใช้ ทักษะชีวิต และ 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีให้อยู่ใน เกณฑ์ระดับดีหรือคิดเป็นร้อยละ 70 อย่างไรก็ตามจากการ



ปฏิบัติการสอนของผู้วิจัย ในรายวิชาฟิสิกส์ 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า เมื่อถึงคาบเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย ความรู้ร่วมกับการฝึกทำโจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามในส่วนของการรู้ความจำได้ดี วิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ในเบื้องต้นได้ แต่ยังไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่มีความซับซ้อนหรือแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญได้ ขาดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ลึกซึ้งและขาดการคิดเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ เช่น เมื่อครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบทดสอบท้ายคาบเรียน นักเรียนจะคอยถามครูเกี่ยวกับแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาตลอดเวลา ไม่มีความมั่นใจในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถแยกย่อยรายละเอียดของประเด็นปัญหาและลำดับขั้นตอนความสำคัญในการหาคำตอบจากปัญหาที่เหมาะสมได้ ซึ่งปัญหาล้วนส่วนใหญ่ล้วนเกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคำนวณ ในขณะเดียวกัน เมื่อถึงคาบเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม เช่น มีกิจกรรมการทดลอง การสาธิต รวมทั้งศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง พบว่า นักเรียนให้ความสนใจ มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม กล้าลองผิดลองถูก เพื่อเป็นการยืนยันปัญหาการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยได้นำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของศุภมาส แสนโคกและอุฤทธิ์ เจริญอินทร์ (2565) ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์ จำนวน 2 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การย่อยปัญหา การหารูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี มาทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 34 คน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 8 คน ที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีนักเรียนจำนวน 26 คน ที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องจากการคิดเชิงคำนวณมีความหมายและความสอดคล้องกับสมรรถนะของนักเรียนที่กล่าวไปข้างต้น จึงแสดงให้เห็นว่านักเรียนเหล่านี้ควรได้รับการพัฒนาความสามารถการคิดเชิงคำนวณ

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ควรเป็นรูปแบบที่พัฒนาการคิดเชิงคำนวณ โดยให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์จริงที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา เนื่องจากมนุษย์ต้องแก้ปัญหาต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา

ความท้าทายของการคิดเชิงคำนวณอยู่ที่การออกแบบกระบวนการแก้ปัญหาที่คลุมเครือให้เป็นขั้นตอนที่ชัดเจนมากพอที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ (ปราโมทย์ วงศ์คำ, 2561) สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้สอนต้องจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้ออกไปเผชิญปัญหาและการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นการเรียนรู้และการพัฒนา ร่วมกันระหว่างนักเรียนและผู้สอนเพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้จากสถานการณ์จริงเชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในลักษณะที่นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์จริง มีการแยกย่อยปัญหาและจัดกลุ่มของปัญหาที่ซับซ้อนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนด้วยตนเองจะสามารถส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ (ศรายุทธ ดวงจันทร์, 2561) จากงานวิจัยของ Wang, et al. (2022) ได้ศึกษาแนวคิดของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบเป็นฐาน (Design Based Learning, DBL) และวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบเป็นฐานและการคิดเชิงคำนวณ โดยออกแบบกิจกรรมแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Activities) ที่เกี่ยวข้องกับวงจรทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบเป็นฐานด้วยกิจกรรมสหวิทยาการสามารถพัฒนาระดับการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่ากิจกรรมการเขียนโปรแกรมแบบเดิม เนื่องจากการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานเน้นให้นักเรียนได้สร้างความรู้มากกว่าการรับรู้ข้อมูลเพียงอย่างเดียว รวมทั้งยังให้ความสำคัญกับกระบวนการผลิตและการมีส่วนร่วมในการออกแบบผลงาน (Doppelt, 2008) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานจะส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณแต่ก็ประกอบด้วยกิจกรรมการคิดเชิงนามธรรม (Abstract Thinking) การคิดแก้ปัญหา (Problem-Solving Thinking) และการคิดเชิงตรรกะ (Logical Thinking) ของนักเรียนยังต้องการการพัฒนาเพิ่มเติม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bedar and Al-Shboul (2020) ได้ศึกษาเพื่อแสดงให้เห็นว่าแนวทางของ STEAM สามารถพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ โดยเฉพาะ



อย่างยิ่งในด้านการคิดแบบอัลกอริทึม (Algorithmic thinking) และการคิดเชิงนามธรรม

สติมศึกษา (STEAM education) เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้ (สุภัค โอฬารพิริยกุล, 2562) ซึ่งแนวคิดนี้สามารถจัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามรูปแบบวิธีการสอนอื่น ๆ โดยการบูรณาการร่วมกับจุดเด่นหรือธรรมชาติของศาสตร์ทั้ง 5 สาขาวิชา โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี นำความรู้ด้านวิศวกรรมมาออกแบบชิ้นงาน รวมทั้งการนำศาสตร์ด้านศิลปะมาออกแบบสร้างสรรค์ นำมาซึ่งเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) นอกจากนี้แนวคิด STEAM ยังช่วยส่งเสริมกระบวนการแก้ปัญหาและการออกแบบ ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่เป็นลำดับขั้นตอนเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง สอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ (Bedar and Al-Shboul, 2020) จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกแนวคิด STEAM จะช่วยกระตุ้นความอยากรู้และฝึกให้นักเรียนคิด วิเคราะห์ และทดลองซ้ำเพื่อผลลัพธ์ที่ดีที่สุด อีกทั้งส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดและพัฒนาวิธีคิดอย่างมีเหตุผล

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญการคิดเชิงคำนวณ ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา และการบูรณาการองค์ความรู้จาก STEAM เข้าด้วยกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติมศึกษา เพื่อออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนให้เพิ่มสูงขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดสติมศึกษาให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 26 คน ที่เรียนรายวิชาฟิสิกส์ และไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณร้อยละ 70

2. ตัวแปรที่วิจัย

ตัวแปรต้น คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติมศึกษา

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

3. เนื้อหา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์ 3 เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร ประกอบด้วย

วงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 4 ชั่วโมง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความดันในของเหลว แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การประยุกต์ของเครื่องวัดความดัน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎของพาสคัล

วงจรปฏิบัติการที่ 2 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 4 ชั่วโมง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง หลักของอาร์คิมิดีส แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การลอยและการจมของวัตถุ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง แรงพยุงของของเหลว

วงจรปฏิบัติการที่ 3 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 4 ชั่วโมง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง สมการความต่อเนื่อง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง หลักของแบร์นูลลี แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง การประยุกต์หลักแบร์นูลลี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ที่ใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับ



แนวคิดสเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ตามลำดับดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสเต็มศึกษา เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งหมด 12 ชั่วโมง

2. แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์ จำนวน 3 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามย่อย 4 ข้อ ตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 32 คะแนนต่อชุด โดยชุดที่ 1 ใช้ทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1 ชุดที่ 2 ใช้ทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2 และชุดที่ 3 ใช้ทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีค่าความเที่ยงตรง (IOC) เท่ากับ 0.67-1.00

3. แบบสัมภาษณ์นักเรียน ใช้สัมภาษณ์นักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสเต็มศึกษา มีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยสัมภาษณ์เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1990) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ซึ่งดำเนินการทั้งสิ้น 3 วงจรปฏิบัติการ โดยแต่ละวงจรปฏิบัติการดำเนินการ ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

ผู้วิจัยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ชั่วโมง โดยระหว่างเรียนผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน และบันทึกข้อมูลขณะปฏิบัติกิจกรรมลงในใบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ท้ายแผนการจัด การเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ผู้วิจัยได้ให้

นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ชุดที่ 1 หลังจากนั้นนำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ชุดที่ 1 ของนักเรียนมาหาค่าเฉลี่ย และร้อยละ เพื่อนำไปเปรียบเทียบเกณฑ์ร้อยละ 70 และผู้วิจัยนำข้อมูลจากการสะท้อนผลทั้งหมดไปวางแผนและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในการปฏิบัติการในวงจรถัดไป ส่วนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จะเป็นกลุ่มเป้าหมาย และนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จะถูกนำไปพัฒนาในวงจรปฏิบัติการถัดไปด้วย

วงจรปฏิบัติการที่ 2

ผู้วิจัยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-6 เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ชั่วโมง โดยระหว่างเรียนผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน และบันทึกข้อมูลขณะปฏิบัติกิจกรรมลงในใบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ท้ายแผนการจัด การเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ชุดที่ 2 หลังจากนั้นนำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ชุดที่ 2 ของนักเรียนมาหาค่าเฉลี่ย และร้อยละ เพื่อนำไปเปรียบเทียบเกณฑ์ร้อยละ 70 และผู้วิจัยนำข้อมูลจากการสะท้อนผลทั้งหมดไปวางแผนและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในการปฏิบัติการในวงจรถัดไป ส่วนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จะเป็นกลุ่มเป้าหมาย และนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จะถูกนำไปพัฒนาในวงจรปฏิบัติการถัดไปด้วย

วงจรปฏิบัติการที่ 3

ผู้วิจัยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7-9 เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ชั่วโมง โดยระหว่างเรียนผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน และบันทึกข้อมูลขณะปฏิบัติกิจกรรมลงในใบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ท้ายแผนการจัด การเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ชุดที่ 3 หลังจากนั้นนำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ชุดที่ 3 ของนักเรียนมาหาค่าเฉลี่ย และร้อยละ เพื่อนำไปเปรียบเทียบเกณฑ์ร้อยละ 70 และสรุปผล



การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยประเมินให้คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (2) การหารูปแบบของปัญหา (3) การคิดเชิงนามธรรม และ (4) การออกแบบขั้นตอนวิธี ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษา ในแต่ละวงจรปฏิบัติการพิจารณาโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ แบ่งตามองค์ประกอบ ดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	
4	ระบุปัญหาและวิเคราะห์ปัญหาโดยแยกส่วนประกอบของปัญหา แยกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น
3	ระบุปัญหาได้ครบทุกประเด็น แต่ไม่สามารถแยก ส่วนประกอบของปัญหาได้ แยกปัญหาใหญ่ ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น
2	ระบุปัญหาได้แต่ไม่ครบทุกประเด็นแยกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้แต่ยังไม่ครบทุกประเด็น
1	ไม่สามารถระบุและแยกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้
การหารูปแบบของปัญหา	
4	อธิบายรูปแบบของปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด และอธิบายประกอบว่าสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาคได้ครบทุกประเด็น
3	อธิบายรูปแบบของปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด มีการอธิบายประกอบว่าสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาคได้เพียงบางส่วน
2	อธิบายรูปแบบของปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด ไม่มีการอธิบายประกอบว่าสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาคได้
1	ไม่สามารถอธิบายรูปแบบของปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใดและไม่มีการอธิบายประกอบว่าสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาคได้

(ต่อ)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
การคิดเชิงนามธรรม	
4	ระบุส่วนสำคัญ/ไม่สำคัญของปัญหาได้ มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ/ไม่สำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาคได้
3	ระบุส่วนสำคัญ/ไม่สำคัญของปัญหาได้แต่ไม่ครบ อธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาคได้
2	ระบุส่วนสำคัญ/ไม่สำคัญของปัญหาได้ แต่ไม่ครบ ไม่อธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ/ไม่สำคัญ มีแนวทางนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาคได้
1	ไม่สามารถระบุส่วนสำคัญ/ไม่สำคัญของปัญหาได้ ไม่อธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ ไม่สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาคได้
การออกแบบขั้นตอนวิธี	
4	อธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาคได้สร้างวิธีการแก้ปัญหาคเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ สามารถนำวิธีแก้ปัญหาคไปใช้แก้ปัญหาคได้
3	อธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาคได้ สร้างวิธีการแก้ปัญหาคเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ แต่ยังไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาคไปใช้แก้ปัญหาคได้
2	อธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาคได้ ไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาคเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาคไปใช้แก้ปัญหาคได้
1	ไม่สามารถอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาคได้ ไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาคเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาคไปใช้ได้

จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนแต่ละคนมาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากนั้นนำจำนวนนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณมาคำนวณหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียน

2. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยใบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ท้ายแผนการจัดการเรียนรู้



และแบบสัมภาษณ์นักเรียน มาวิเคราะห์สรุปอุปนิสัยจากข้อมูลเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการต่อไป

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดสเต็มศึกษา ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยไว้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสเต็มศึกษา วงจรปฏิบัติการที่ 1

ผู้วิจัยดำเนินการวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผน ด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ชุดที่ 1 พบว่ามีผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

คนที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				ผลรวม (32 คะแนน)	ร้อยละ 70	แปลผล
	การคิดแบบ แยกส่วน และการย่อย ปัญหา (8 คะแนน)	การหา รูปแบบของ ปัญหา (8 คะแนน)	การคิดเชิง นามธรรม (8 คะแนน)	การออกแบบ ขั้นตอนวิธี (8 คะแนน)			
1	8	4	5	7	24	75.00	ผ่าน
2	5	4	4	6	19	59.38	ไม่ผ่าน
3	4	4	5	6	19	59.38	ไม่ผ่าน
4	5	3	5	7	20	62.50	ไม่ผ่าน
5	4	4	2	2	12	37.50	ไม่ผ่าน
6	7	3	5	6	21	65.63	ไม่ผ่าน
7	8	3	4	6	21	65.63	ไม่ผ่าน
8	4	4	2	2	12	37.50	ไม่ผ่าน
9	5	4	5	6	20	62.50	ไม่ผ่าน
10	4	5	4	4	17	53.13	ไม่ผ่าน
11	4	4	5	6	19	59.38	ไม่ผ่าน

(ต่อ)

ตารางที่ 2 (ต่อ)

คนที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				ผลรวม (32 คะแนน)	ร้อยละ 70	แปลผล
	การคิดแบบ แยกส่วน และการย่อย ปัญหา (8 คะแนน)	การหา รูปแบบของ ปัญหา (8 คะแนน)	การคิดเชิง นามธรรม (8 คะแนน)	การออกแบบ ขั้นตอนวิธี (8 คะแนน)			
12	7	6	5	6	24	75.00	ผ่าน
13	4	4	4	3	15	46.88	ไม่ผ่าน
14	6	3	4	5	18	56.25	ไม่ผ่าน
15	6	3	4	4	17	53.13	ไม่ผ่าน
16	8	7	5	6	26	81.25	ผ่าน
17	5	4	5	6	20	62.50	ไม่ผ่าน
18	7	4	5	7	23	71.88	ผ่าน
19	7	3	4	5	19	59.38	ไม่ผ่าน
20	4	4	4	7	19	59.38	ไม่ผ่าน
21	4	4	5	6	19	59.38	ไม่ผ่าน
22	6	3	5	6	20	62.50	ไม่ผ่าน
23	5	4	4	7	20	62.50	ไม่ผ่าน
24	6	4	5	7	22	68.75	ไม่ผ่าน
25	6	5	5	7	23	71.88	ผ่าน
26	4	4	5	6	19	59.38	ไม่ผ่าน
ข	5.50	4.00	4.42	5.62	19.54	61.06	ไม่ผ่าน

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสเต็มศึกษา ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายจำนวน 26 คน มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 19.23 และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 80.77 เมื่อวิเคราะห์คะแนนรายองค์ประกอบในแต่ละด้าน ซึ่งมีคะแนนรวมด้านละ 8 คะแนน พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนด้านการออกแบบขั้นตอนวิธี มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 5.62 คะแนน รองลงมาคือด้านการคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.50 คะแนน ด้านการคิดเชิงนามธรรม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยด้านการหารูปแบบของปัญหามีค่าต่ำสุด ซึ่งเท่ากับ 4.00 คะแนน

ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย สรุปได้ว่าด้านความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ นักเรียนยังไม่สามารถระบุปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ นักเรียนที่

สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแก้ปัญหาไม่สามารถบอกความสัมพันธ์ของปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันได้ ส่งผลให้การเสนอแนวทางการแก้ปัญหาและการเลือกแนวทางที่ใช้แก้ปัญหามีค่อนข้างจำกัด อีกทั้งยังส่งผลให้การออกแบบและสร้างต้นแบบยังไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

นอกจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้นำผลการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 ซึ่งได้จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และข้อมูลจากการทำแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนบางส่วนให้ความสนใจและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ แต่นักเรียนส่วนมากยังไม่เข้าใจสถานการณ์ที่กำหนด สังเกตได้จากการทำกิจกรรมซึ่งจะมีนักเรียนคนเดิม ๆ ที่ร่วมตอบคำถามในการทำกิจกรรม ในขั้นกำหนดเป้าหมาย นักเรียนบางส่วนสามารถระบุปัญหา กำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนได้ แต่ยังไม่สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดได้ ซึ่งครูคอยให้คำแนะนำในช่วงแรก ในขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล นักเรียนบางคนสามารถรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่นักเรียนบางคนไม่ลงมือปฏิบัติไม่ช่วยเพื่อน ซึ่งครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนกลุ่มนี้ใช้เทคโนโลยีในการรวบรวมและตรวจสอบข้อมูลช่วยเพื่อน ในขั้นเสนอแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนบางคนสามารถเสนอแนวทางการแก้ปัญหาได้ แต่ยังไม่หลากหลาย ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจในสถานการณ์ปัญหา ปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องส่งผลให้ในขั้นการเลือกแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนได้แนวทางที่ใช้แก้ปัญหายังจำกัด ในขั้นการออกแบบและสร้างต้นแบบนักเรียนส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือในการออกแบบและสร้างต้นแบบมีความกระตือรือร้นแต่ยังขาดการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ ทำให้นักเรียนหลายกลุ่มทำไม่ทันในเวลาที่กำหนด และในขั้นประเมินผลงาน นักเรียนส่วนมากยังขาดความมั่นใจในผลงานตัวเอง มีการเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นปรับเปลี่ยนผลงานของกลุ่มตลอดเวลา ทำให้ผลงานไม่เป็นตามที่วางแผนไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่คุ้นเคยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสเต็มศึกษา

ตารางที่ 3 ปัญหาและแนวทางการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถระบุปัญหาที่ชัดเจนได้ รวมทั้งไม่สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้	ครูใช้คำถามนำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาโดยไม่มีถูกผิด เช่น สถานการณ์ดังกล่าวพูดถึงประเด็นอะไรบ้าง?
2. การหารูปแบบของปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้บ้างแต่ครูยังต้องคอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อมูลที่สืบค้น อีกทั้งยังไม่สามารถบอกความสัมพันธ์ของปัจจัยหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	1. ครูแนะนำให้นักเรียนเริ่มค้นหาจากคำสำคัญ (keyword) ที่ได้จากการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา 2. ครูเตรียมแหล่งสื่อและแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนได้ค้นคว้าข้อมูล และในขณะทำกิจกรรมให้ครูมีการชี้แนะแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมให้กับนักเรียน
3. การคิดเชิงนามธรรม พบว่า นักเรียนบางคนไม่กล้าที่จะเสนอแนวคิด เนื่องจากไม่มั่นใจในคำตอบของตนเอง อีกทั้งยังขาดความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา	ครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจ
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี พบว่า นักเรียนขาดการวางแผนการทำงานที่เป็นระบบ อีกทั้งยังไม่สามารถบอกขั้นตอนการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา	1. ครูใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนคิดเชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ปัญหาทากับความรู้ที่ต้องนำมาใช้ เช่น เริ่มต้นจากอะไร แล้วจะทำอะไรต่อจากนี้
5. นักเรียนต้องการเวลาในการทำกิจกรรมเพิ่ม	ปรับกิจกรรมในแต่ละขั้นให้กระชับ กระตุ้นให้นักเรียนในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นด้วยการแสดงเวลาให้นักเรียนเห็น

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนยังมีปัญหาในการพัฒนาความสามารถการคิดเชิงคำนวณในหลายด้าน ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การสืบค้นข้อมูลอย่างเป็นระบบ การกระตุ้นให้เกิดการแสดงความคิดเห็น และการบริหารเวลากิจกรรมให้เหมาะสม เพื่อช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น



2. ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษา วงจรปฏิบัติการที่ 2

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากผลการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 แล้วนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยคอยกระตุ้นนักเรียนให้อ่านสถานการณ์ปัญหาให้ละเอียดเพื่อทำความเข้าใจปัญหาในกลุ่มตนเอง ยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ใช้ภาพประกอบเป็นสื่อเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพแล้วกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหาและปัจจัยที่นักเรียนคิดว่าเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนได้นำปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ไปใช้ในการสืบค้นข้อมูลหาความสัมพันธ์ต่าง ๆ ได้ ผู้วิจัยได้มีการรวบรวมสื่อและแหล่งข้อมูลที่สำคัญเพิ่มเติมสำหรับนำมาใช้ในกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้เลือกใช้ในการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าถึงสื่อได้เร็วและกระชับเวลาในการทำกิจกรรมได้ ชี้แจงนักเรียนเพิ่มเติมถึงความสำคัญของการร่วมกันเสนอแนวทางแก้ปัญหาและการตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหา เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนในการออกแบบและสร้างต้นแบบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา อีกทั้งในขั้นประเมินผล หลังจากที่นักเรียนนำเสนอ ครูและนักเรียนจะร่วมกันสรุปเชื่อมโยงเกี่ยวกับเนื้อหารายวิชาเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจอย่างถูกต้อง

ผู้วิจัยดำเนินการวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผน ด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ชุดที่ 2 พบว่ามีผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน

กลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

คะแนน	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				ผลรวม (32 คะแนน)	ร้อยละ 70	แปลผล
	การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา (8 คะแนน)	การหา รูปแบบของ ปัญหา (8 คะแนน)	การคิดเชิงนามธรรม (8 คะแนน)	การออกแบบ ขั้นตอนวิธี (8 คะแนน)			
2	5	5	4	6	20	62.50	ไม่ผ่าน
3	7	5	5	6	23	71.88	ผ่าน
4	7	4	6	7	24	75.00	ผ่าน
5	5	4	2	4	15	46.88	ไม่ผ่าน
6	8	5	6	6	25	78.13	ผ่าน
7	8	5	4	6	23	71.88	ผ่าน
8	5	4	2	3	14	43.75	ไม่ผ่าน
9	6	4	5	5	20	62.50	ไม่ผ่าน
10	5	5	4	4	18	56.25	ไม่ผ่าน
11	5	4	5	5	19	59.38	ไม่ผ่าน
13	5	4	4	3	16	50.00	ไม่ผ่าน
14	8	6	4	5	23	71.88	ผ่าน
15	6	4	4	4	18	56.25	ไม่ผ่าน
17	5	4	5	6	20	62.50	ไม่ผ่าน
19	6	4	4	5	19	59.38	ไม่ผ่าน
20	5	5	4	6	20	62.50	ไม่ผ่าน
21	8	6	5	5	24	75.00	ผ่าน
22	6	4	5	6	21	65.63	ไม่ผ่าน
23	7	6	4	7	24	75.00	ผ่าน
24	8	4	4	5	21	65.63	ไม่ผ่าน
26	8	6	4	7	25	78.13	ผ่าน
$\bar{x}$	6.33	4.67	4.29	5.29	20.57	64.29	ไม่ผ่าน

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษา โดยกลุ่มเป้าหมายจำนวน 21 คน พบว่า มีนักเรียนที่มีคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 8 คน และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน เมื่อวิเคราะห์คะแนนรายองค์ประกอบในแต่ละด้าน ซึ่งมีคะแนนรวมด้านละ 8 คะแนน พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้านการคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.33 คะแนน รองลงมาคือด้านการออกแบบขั้นตอนวิธี มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.29 คะแนน ด้านการหา รูปแบบของ ปัญหา มีคะแนน

เฉลี่ยเท่ากับ 4.67 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยด้านการคิดเชิงนามธรรมมีค่าต่ำสุด ซึ่งเท่ากับ 4.29 คะแนน

ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติมศึกษา สามารถสรุปได้ว่า ในด้านความสามารถในการคิดเชิงคำนวณนักเรียนเริ่มที่จะระบุปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ นักเรียนมีการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแก้ปัญหาสามารถบอกความสัมพันธ์ของปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันได้บ้าง ส่งผลให้การเสนอแนวทางการแก้ปัญหาและการเลือกแนวทางที่จะใช้แก้ปัญหามีมากขึ้นแต่ก็ยังขาดเหตุผลหลักการที่สนับสนุนแนวทางแก้ปัญหาเหล่านั้น ๆ ทำให้นักเรียนยังไม่สามารถแยกส่วนที่ไม่สำคัญออกจากส่วนสำคัญได้ ในขณะที่ยังไม่สามารถสร้างต้นแบบมีสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา อีกทั้งยังบอกขั้นตอนวิธีการทำงานได้เป็นส่วนใหญ่

นอกจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้นำผลการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-6 ซึ่งได้จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะที่ยังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และข้อมูลจากการทำแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจและกระตือรือร้นในการร่วมทำกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น มีการพูดคุยสอบถามกันภายในกลุ่มมากขึ้น ในขั้นกำหนดเป้าหมายนักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุปัญหา กำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนได้ สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดได้ ในขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล นักเรียนส่วนใหญ่มีการแบ่งหน้าที่กันสืบค้นข้อมูล สามารถรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็ว โดยครูคอยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แต่ก็ยังมีนักเรียนส่วนน้อยที่ยังไม่ได้รับบทบาทหน้าที่ช่วยเพื่อนในกลุ่ม ในขั้นเสนอแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเสนอแนวทางการแก้ปัญหาได้ มีความหลากหลายมากขึ้น ส่งผลให้ในขั้นการเลือกแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนได้แนวทางที่จะใช้แก้ปัญหาเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีเหตุผลสนับสนุนการตัดสินใจด้วย ในขั้นการออกแบบและสร้างต้นแบบ นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือในการออกแบบและสร้างต้นแบบ มีความกระตือรือร้น วางแผนการทำงานเป็นระบบ โดยครูคอยเตือนโดยใช้นาฬิกาจับเวลาตลอดเวลา ทำให้นักเรียนหลายกลุ่มทำงานทันในเวลาที่กำหนด และในขั้น

ประเมินผลงาน ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลงาน ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความกระตือรือร้นอยากที่จะนำผลงานของกลุ่มตัวเองไปปรับปรุงให้ดีขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนเริ่มคุ้นเคยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติมศึกษา

ตารางที่ 5 ปัญหาและแนวทางการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. นักเรียนบางคนเข้าห้องเรียนช้า เมื่อรู้ว่าครูจะมีการจัดการเรียนการสอนเป็นกลุ่มอีก	ให้เพื่อนในกลุ่มช่วยตาม และครูนัดหมายนักเรียนเป็นรายบุคคล
2. ใช้เวลาในการเตรียมและนำเสนอผลงานนานเกินไป	ครูให้นักเรียนลูกชิ้นนำเสนอที่โต๊ะนักเรียนแทนการออกมานำเสนอหน้าห้องเรียน

จากตารางที่ 5 พบว่า ปัญหาส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการเวลาและการมีส่วนร่วมของนักเรียน ดังนั้น แนวทางการแก้ไขจึงเน้นไปที่การจัดการเวลาให้กระชับขึ้น และการกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้น

3. ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติมศึกษา วงจรปฏิบัติการที่ 3

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากผลการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 2 แล้วนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยครูยังคงกระตุ้นนักเรียนให้อ่านสถานการณ์ปัญหาให้ละเอียด เพื่อทำความเข้าใจปัญหาในกลุ่มตนเอง กระตุ้นให้นักเรียนสังเกตหาความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผ่านการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าถึงสื่อได้เร็ว และกระชับเวลาในการทำกิจกรรมได้ ครูกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

ผู้วิจัยดำเนินการวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผน



ด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ชุดที่ 3 พบว่ามีผล
ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน
กลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 3

คนที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				ผลรวม (32 คะแนน)	ร้อยละ 70	แปลผล
	การคิดแบบ แยกส่วน และการย่อย ปัญหา (8 คะแนน)	การหา รูปแบบของ ปัญหา (8 คะแนน)	การคิดเชิง นามธรรม (8 คะแนน)	การออกแบบ ขั้นตอนวิธี (8 คะแนน)			
2	6	6	6	6	24	75.00	ผ่าน
5	8	5	5	6	24	75.00	ผ่าน
8	8	5	6	4	23	71.88	ผ่าน
9	8	5	6	6	25	78.13	ผ่าน
10	8	6	6	6	26	81.25	ผ่าน
11	6	6	6	5	23	71.88	ผ่าน
13	6	4	5	4	19	59.38	ไม่ผ่าน
15	6	4	4	5	19	59.38	ไม่ผ่าน
17	8	6	6	4	24	75.00	ผ่าน
19	8	5	4	6	23	71.88	ผ่าน
20	6	6	6	6	24	75.00	ผ่าน
22	8	4	5	6	23	71.88	ผ่าน
24	8	6	6	5	25	78.13	ผ่าน
๕	7.23	5.23	5.46	5.31	23.23	72.60	ผ่าน

จากตารางที่ 6 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้
โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสเต็มศึกษา
โดยกลุ่มเป้าหมายจำนวน 13 คน มีนักเรียนที่มีคะแนนจากแบบวัด
ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน
11 คน และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน
เมื่อวิเคราะห์คะแนนรายองค์ประกอบในแต่ละด้าน ซึ่งมีคะแนน
รวมด้านละ 8 คะแนน พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
ด้านการคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด
เท่ากับ 7.23 คะแนน รองลงมาคือด้านการคิดเชิงนามธรรม
มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.46 คะแนน ด้านการออกแบบขั้นตอนวิธี
มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.31 คะแนน ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยด้านการ
หารูปแบบของปัญหามีค่าต่ำสุด ซึ่งเท่ากับ 5.23 คะแนน

ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการ
จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิด
สเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาและปัจจัย
ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ สามารถบอกความสัมพันธ์ของ
ปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันได้ ส่งผลให้การเสนอแนวทางการ
แก้ปัญหาและการเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่มีมากขึ้น มีนักเรียน
ส่วนน้อยยังขาดเหตุผลหลักการที่สนับสนุนแนวทางแก้ปัญหานั้น ๆ
ทำให้ยังไม่สามารถแยกส่วนที่ไม่สำคัญออกจากส่วนสำคัญได้
ในขั้นตอนการออกแบบและสร้างต้นแบบสอดคล้องกับสถานการณ์
ปัญหา อีกทั้งยังบอกขั้นตอนวิธีการทำงานได้

นอกจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้นำผลการบันทึกหลังแผนการ
จัดการเรียนรู้ที่ 7-9 ซึ่งได้จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนใน
ขณะที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และข้อมูลจากการทำแบบบันทึก
กิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจและ
กระตือรือร้นในการร่วมทำกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น มีการพูดคุย
สอบถามกันภายในกลุ่มมากขึ้น ในขั้นกำหนดเป้าหมายนักเรียน
สามารถระบุปัญหา กำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนได้ สามารถระบุปัจจัย
ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดได้ ในขั้นสำรวจและรวบรวม
ข้อมูล นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่กันสืบค้นข้อมูล สามารถรวบรวม
ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็ว มีการนำข้อมูลที่
สืบค้นได้มาแบ่งปันกันภายในกลุ่ม ในขั้นเสนอแนวทางแก้ปัญหา
นักเรียนสามารถเสนอแนวทางการแก้ปัญหาได้หลากหลายมากขึ้น
มีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ส่งผลให้ในขั้นการเลือกแนวทาง
แก้ปัญหา นักเรียนได้แนวทางที่จะใช้แก้ปัญหาที่สอดคล้องกับการ
แก้ปัญหา รวมทั้งมีเหตุผลสนับสนุนการตัดสินใจด้วย ในขั้นการ
ออกแบบและสร้างต้นแบบ นักเรียนให้ความร่วมมือในการออกแบบ
และสร้างต้นแบบ มีความกระตือรือร้น มีการวางแผนการทำงาน
อย่างเป็นระบบ ทำให้นักเรียนหลายกลุ่มทำงานทันในเวลาที่กำหนด
และในขั้นประเมินผลงาน ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลงาน
นักเรียนมีการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อดี ข้อเสีย ข้อควร
ปรับปรุงเกี่ยวกับผลงานของกลุ่มตนเองมากขึ้น

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษา โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 26 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องสมบัติเชิงกลของสาร ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการ 3 วงจรปฏิบัติการ เพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติการ และนำมาปรับปรุงแก้ไขในแต่ละวงจร ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษา จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 19.23

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษา จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00

วงจรปฏิบัติการที่ 3 ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษา จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 92.31

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนครั้งนี้ พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณพัฒนาขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการตามลำดับ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษาเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของนักเรียนในการพัฒนาและการสร้างสรรค์ผลงาน โดยใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นตัวกลางในการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะต้องออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน 6 ขั้นตอน ได้แก่ กำหนดเป้าหมาย สำรวจและรวบรวมข้อมูล เสนอแนวทางแก้ปัญหาเลือกแนวทางแก้ปัญหา ออกแบบและสร้างต้นแบบ และประเมินผลงาน ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้จะเน้นให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา แล้วค้นคว้าหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา โดยอาศัยการประมวลผลความรู้ทางทฤษฎีมาใช้ในการทำงานเกี่ยวกับการ

สร้างสรรค์ผลงาน นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ ผ่านวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ (Puente, et al., 2013) นอกจากนี้ยังอาศัยแนวคิดสติศึกษา ซึ่งเน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยนำความรู้ หลักการ และทฤษฎีมาประยุกต์ใช้เพื่อวางแผน ออกแบบ และสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา (Yakman, 2012) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษา จึงสามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้นได้โดยมีรายละเอียดดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษา พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 19.23 โดยที่องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณที่มีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีเพียงด้านเดียว คือ การออกแบบขั้นตอนวิธี ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษา โดยเฉพาะในขั้นที่ 5 การออกแบบและสร้างต้นแบบ เป็นกิจกรรมที่ฝึกให้นักเรียนได้วางแผนและออกแบบแนวทางแก้ปัญหาจากสถานการณ์ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความสามารถในการออกแบบขั้นตอนวิธี (วิสูตร โพธิ์เงิน, 2560) สอดคล้องกับ Bedar และ Al-Shboul (2020) พบว่าแนวทางการบูรณาการเนื้อหาจากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ทำให้การแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายและสร้างสรรค์มากขึ้น ในขณะที่มีองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณอีก 3 ด้าน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้แก่ การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา การหารูปแบบของปัญหา และการคิดเชิงนามธรรม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 1-4 เช่น การไม่คุ้นเคยกับการวิเคราะห์ปัญหา ความกังวลต่อคำตอบ และการขาดประสบการณ์ในการค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม นอกจากนี้ การใช้เวลาสืบค้นข้อมูลมากเกินไป และการขาดความสามารถในการแยกแยะข้อมูลที่สำคัญส่งผลต่อการพัฒนาในด้านอื่น ๆ ของการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยแก้ไขด้วยการแนะนำให้นักเรียนเริ่มค้นหาคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา ชี้แนะแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมให้กับนักเรียน ทั้งนี้สอดคล้องกับ McNicol (2011) ที่ระบุว่าการใช้คำสำคัญช่วย



ให้นักเรียนเลือกข้อมูลได้เหมาะสม อีกทั้งร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายผลงานร่วมกับนักเรียน ให้นักเรียนมองเห็นข้อดีและข้อเสียของแนวทางแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการแยกแยะสาระสำคัญจากข้อมูลรอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของคิริพันธ์ คิริพันธ์ และยุพาวรรณ ศรีสวัสดิ์ (2554) ที่ชี้ให้เห็นว่าการแยกแยะข้อมูลและสรุปสาระสำคัญเป็นหัวใจของการเรียนรู้เชิงลึก

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เมื่อทำการแก้ไขปัญหา ปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 แสดงให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้มีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่เพิ่มมากขึ้น โดยที่องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณที่มีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คือ การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา และการออกแบบขั้นตอนวิธี ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษาโดยเฉพาะในขั้นที่ 1 การกำหนดเป้าหมาย ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคยมากขึ้นและมีความใกล้เคียงกับชีวิตประจำวัน เปิดโอกาสให้นักเรียนลงระบุนปัญหาและปัจจัยที่คิดว่าเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาโดยไม่มีถูกผิด ส่งผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ที่จะหาแนวทางแก้ปัญหาสอดคล้องกับ Srithi, et al. (2018) ที่ระบุว่าสถานการณ์ที่คุ้นเคยมีผลต่อการเรียนรู้ในขณะเดียวกันในขั้นที่ 5 การออกแบบและสร้างต้นแบบ นักเรียนมีความคุ้นเคยจากการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาทำให้นักเรียนมีการแบ่งบทบาทหน้าที่ในการทำงาน ทำงานเป็นระบบมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมากขึ้น นักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกลำดับขั้นตอนแนวทางแก้ปัญหาได้ ในขณะที่ยังมีองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ 2 ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คือ การหารูปแบบของปัญหา และการคิดเชิงนามธรรม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 2-4 ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดจากข้อจำกัดในขั้นสำรวจข้อมูลและขึ้นเสนอแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนยังขาดทักษะในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล และยังไม่สามารถเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้ แม้ว่าจะเริ่ม

มีความกล้าที่จะเสนอความคิดเห็นมากขึ้น แต่ยังเลือกแนวทางที่ง่ายและไม่ประยุกต์ใช้ความรู้ที่ค้นคว้ามา ผู้วิจัยแก้ไขโดยใช้วิธีการอภิปรายผลงานของนักเรียน วิเคราะห์ข้อดีข้อเสีย พร้อมช่วยชี้แนะแนวทางการปรับปรุง และเน้นการแยกแยะส่วนสำคัญจากส่วนที่ไม่จำเป็น เพื่อให้สามารถเลือกแนวทางสร้างสรรค์ชิ้นงานให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหามากขึ้น (Bedar, et al., 2020)

วงจรปฏิบัติการที่ 3 เมื่อทำการแก้ไขปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษาจากวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 92.31 แสดงให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้มีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า ทุกองค์ประกอบผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยเฉพาะในด้านการหารูปแบบของปัญหาและการคิดเชิงนามธรรมที่เคยเป็นจุดอ่อนในวงจรปฏิบัติการก่อนหน้า ผู้วิจัยได้ปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษาด้วยการเน้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรสำคัญ เช่น สมการหรือกราฟแนวโน้มเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลช่วยส่งเสริมให้นักเรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ดีขึ้น (Wang, et al., 2022) อีกทั้งการช่วยนักเรียนตรวจสอบข้อมูล ซึ่งจะช่วยลดข้อผิดพลาดในการใช้ข้อมูลรวมทั้งการกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายในชั้นประเมินผลงาน ด้วยการประเมินข้อดีและข้อเสียของผลงาน ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้จากความผิดพลาด และนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการคิด ซึ่งสอดคล้องกับ Tidma, et al. (2015) ที่ระบุว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาควรให้นักเรียนคำนึงถึงการร่างภาพ และระบุรายละเอียดวิธีการสร้างให้ครบตามองค์ประกอบนั้น ๆ เพื่อให้ได้ชิ้นงานตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถด้านการพิจารณาสาระสำคัญของปัญหาของนักเรียน ภายหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 3 ยังมีนักเรียนจำนวน 2 คน ที่ยังมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องจากนักเรียนขาดเรียนบ่อย ทำให้นักเรียนไม่ได้รับการจัดการเรียนรู้ต่อเนื่อง ส่งผลให้นักเรียนตามไม่ทัน

จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ เพราะเป็นการจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้สถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์จริง มีการแยกย่อยปัญหาและจัดกลุ่มของปัญหาที่ซับซ้อนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนด้วยตนเอง ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะช่วยส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ (ศรายุทธ ดวงจันทร์, 2561) ทั้งนี้ การนำสถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตจริงมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้คิดออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงานด้วยการบูรณาการร่วมกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ (STEAM) ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีการวางแผนการทำงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนักเรียนได้ทดสอบชิ้นงาน จะช่วยให้นักเรียนได้เห็นข้อผิดพลาด ปรับปรุงแก้ไขด้วยการแยกแยะสิ่งสำคัญและตัดสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปได้ ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณให้กับนักเรียนได้ สอดคล้องกับ Sabkerd (2016) ที่ระบุว่า การฝึกฝนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสามารถใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เนื่องจากอยู่บนพื้นฐานของการใช้ปัญหาเป็นฐาน มีการกำหนดสถานการณ์ปัญหาเพื่อท้าทายการคิดและสร้างความสนใจให้กับนักเรียน นำไปสู่การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

ครูวิทยาศาสตร์ที่ต้องการนำผลวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษาไปใช้ ควรให้ความสำคัญกับเรื่องต่อไปนี้

1.1 ครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับสถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ โดยคำนึงถึงความยากง่ายหรือความซับซ้อนของสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาในบทเรียนมาใช้ในการออกแบบแนวทางแก้ปัญหาได้

1.2 ครูผู้สอนควรเตรียมสื่อ วัสดุอุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้ให้พร้อมก่อนการทำกิจกรรม เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าถึงสื่อได้เร็ว และสามารถกระชับเวลาในการทำกิจกรรมได้

1.3 ครูผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง โดยการใช้คำถามให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอย่างต่อเนื่องทุกขั้นตอน เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดอยู่เสมอ

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสติศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ แต่ยังพบว่าบางองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณยังมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น ๆ โดยเฉพาะการคิดเชิงนามธรรม ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรศึกษาเทคนิคหรือกระบวนการที่พัฒนาองค์ประกอบดังกล่าวให้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยและอาจารย์ประจำหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขติดตามการวิจัยครั้งนี้ให้สมบูรณ์ อีกทั้ง ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการและคณะครูในโรงเรียน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่อนุญาตให้ดำเนินการทำวิจัย และขอขอบใจนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ปราโมทย์ วงศ์คำ. (2561). *ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Active Learning เรื่องแนวคิดเชิงคำนวณการแก้ปัญหาและขั้นตอนวิธี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 38.



- พิเชฐ ศรีสังข์งาม และชัยศ เดชสุระ. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารวิจัยราชภัฏกรุงเก่า*, 8(2), 107-114.
- ภาสกร เรืองรอง. (2561). Computational Thinking กับการศึกษาไทย. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, 10(3), 322-330.
- วิสูตร โพธิ์เงิน. (2560). STEAM ศิลปะเพื่อสะเต็มศึกษา: การพัฒนาการรับรู้ความสามารถและแรงบันดาลใจให้เด็ก. *Journal of Education Studies*, 45(1), 320-334.
- วรลักษณ์ คำหว่าง และนงลักษณ์ ไฉนลาด. (2560). แนวทางพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 สังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในจังหวัดพิษณุโลก. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 6(1), 129-138.
- ศรายุทธ ดวงจันทร์. (2561). ผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทยานิพนธ์ ค.ม.). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริพันธุ์ ศิริพันธุ์ และยุพารอน ศรีสวัสดิ์. (2554). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: วิธีการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 3(1): 104-112
- ศุภมาส แสนโคก และอุฤทธิ์ เจริญอินทร์ (2565). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 16(2), 156-170.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *แนวคิดเชิงคำนวณ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2566 จาก <https://www.scimath.org/lesson-technology/>
- สุภัค โอฬารพิริยกุล. (2562). STEAM EDUCATION: innovative education integrated into learning management. *Journal of Research and Curriculum Development*, 9(1), 1-16. and *Instruction*, 11(4), 149-171.
- Bedar, R. A. H., & Al-Shboul, M. (2020). The effect of using STEAM approach on developing computational thinking skills among high school students in Jordan.
- Doppelt, Y., Mehalik, M. M., Schunn, C.D., Silk, E., & Krysinski, D. (2008). Engagement and achievements: A case study of design-based learning in a science context. *Journal of technology education*, 19(2), 22-39.
- Kemmis, S & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planer*. Victoria: Deakin University.
- McNicol, M. (2011). *Investigating the Information Literacy Skills of Students and the Role of Library Instruction in Supporting Student Research*. *Australasian Journal of Educational Technology*.
- Puente, S. M. G., Van Eijck, M., & Jochems, W. (2013). Empirical validation of characteristics of design-based learning in higher education. *International Journal of Engineering Education*, 29(2), 491-503.
- Sabkerd, S. (2016). *Development of learning activities to enhance computational thinking with focus on STEM education learning management of the programming & application course for mathayomsuksa IV students of Anukoolnaree School* (Master thesis). Maha Sarakham: Rajabhat Mahasarakham University.
- Srithi, K., Supap, W., & Viriyapong, R. (2018). Action research on developing problem-based learning activities to enhance mathematical literacy in conic sections topic of students in grade 10. *Social Sciences Research and Academic Journals*, 13(37), 105-118.



- Tidma, P., Nakkuntod, M., & Kijkuakul, S. (2015). STEM education in topic of human systems to promote creative thinking of grade 8 students. *Ratchaphruek Journal*, 13(3), 71-76.
- Wang, D., Luo, L., Luo, J., Lin, S., & Ren, G. (2022). Developing Computational Thinking: Design-Based Learning and Interdisciplinary Activity Design. *Applied Sciences*, 12(21), 11033.
- Wing, J.M. (2006) Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49, 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072-1086.