



การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้าง
สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

Developing Learning Activities Using an Open Approach Together with Assessment for
Learning to Promote Mathematical Competencies of Ninth Grade Students

อัครพล พรหมตรุษ^{1*} และ สายฝน วิบูลรังสรรค์²

Akkarapon Promtrud^{1*} and Saifon Vibulrangson²

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและหาประสิทธิภาพ 2) ศึกษาผลทดลองใช้ และ 3) ศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การวิจัยและพัฒนา ดำเนินการ 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นสร้างและหาประสิทธิภาพ ประกอบด้วย 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน 2) แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 สถานการณ์ และ 3) เกณฑ์การให้คะแนนรูブリคแบบแยกองค์ประกอบ 2. ขั้นทดลองใช้ โดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 11 คน และ 3. ขั้นศึกษาความคิดเห็นของนักเรียน โดยสอบถามด้วยแบบสอบถามแบบปลายเปิด ผลวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.64, SD = 0.45$) และค่าดัชนีประสิทธิผลทุกสมรรถนะมากกว่า 0.5 2) นักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้นทุกสมรรถนะโดยผ่านกระบวนการ 3 ระยะ ได้แก่ ระยะ 1 สร้างความสามารถ ระยะ 2 เกิดความชำนาญ และระยะ 3 เกิดสมรรถนะซึ่งสมรรถนะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอยู่ในระดับดีเยี่ยม และ 3) ความคิดเห็นของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า เกิดแรงจูงใจภายใน เรียนรู้การทำงานเป็นทีม เรียนรู้วิธีการเรียนรู้ เกิดการพัฒนาตนเอง และความรู้อื่นๆพื้นฐานและเจตคติมีผลต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่

คำสำคัญ: วิธีการแบบเปิด, การประเมินเพื่อการเรียนรู้, สมรรถนะทางคณิตศาสตร์

Article Info: Received 8 June, 2023; Received in revised form 4 October, 2023; Accepted 10 October, 2023

¹ นิสิตมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา ภาควิชาบริหาร วิจัยและพัฒนาวัตกรรมการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Master in Division of Educational Research and Evaluation, Department of Administration, Research and Innovation Development in Education, Faculty of Education, Naresuan University

Email: promtrud.research@gmail.com

¹ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา ภาควิชาบริหาร วิจัยและพัฒนาวัตกรรมการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Lecturer in Division of Educational Research and Evaluation, Department of Administration, Research and Innovation Development in Education, Faculty of Education, Naresuan University

Email: saifonv@nu.ac.th

* Corresponding Author

Abstract

The objectives of this research were to: 1) create and determine the effectiveness, 2) study the experimental results, and 3) examine opinions towards learning activities using an open approach together with assessment for learning to enhance the mathematical competencies of ninth grade students. The research process involved three stages: First, creation and effectiveness stage, which involved six learning activity plans, mathematical competencies test, which involved three situations, and analytic rubrics scoring. Second, trial stage, the research participants included 11 ninth grade students. The research instrument was an open-ended questionnaire was used in the third stage, studying opinion. The research findings indicate that: 1) the learning activities were found to be appropriate at the highest level ($M = 4.64$, $SD = 0.45$), as the effectiveness index for all competencies was greater than 0.5; 2) students demonstrated higher performance in all three phases: Phase 1 - capacity building, Phase 2 – proficiency development, and Phase 3 – competencies building, as the post-learning result was significantly higher than before the experiment at the .05 level of significance and was rated at an excellent level; and 3) the opinions toward the learning activities revealed the students had intrinsic motivation, learning teamwork, learning strategies, self-improvement, basic knowledge, and attitudes toward learning new things.

Keywords: Open Approach, Assessment for Learning, Mathematical Competencies

บทนำ

การสอนคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 จำเป็นจะต้องพัฒนาเยาวชนให้เป็นผู้ที่มีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) ทันกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์ (เกษมา เกิดประสงค์, 2560) จากผลการประเมิน PISA 2018 ด้านคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมิน PISA 2015 กับ PISA 2018 พบว่า มีคะแนนเพิ่มขึ้นประมาณ 3 คะแนน แต่ทางสถิติถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับรอบการประเมินที่ผ่านมา นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 59.58 มีระดับความสามารถอยู่ในระดับ 1 จากระดับความสามารถ 6 ระดับ ซึ่งนักเรียนควรมีผลการประเมินไม่ต่ำกว่าระดับ 2 เพราะเป็นระดับพื้นฐานที่เริ่มแสดงว่ารู้และสามารถใช้ประโยชน์จากความรู้ได้ในชีวิตจริง (สสวท., 2565) ซึ่งการประเมินความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA 2022 นั้นมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (mathematical processes) และความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (fundamental mathematical capabilities) โดยด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ การใช้หลักการ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และการตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ส่วนความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์คือกลุ่มของความสามารถที่ใช้ตอบสนองต่อสถานการณ์ตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งคือสมรรถนะทางคณิตศาสตร์นั่นเอง 2) ด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ (Content) ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา และ 3) ด้านบริบท (Context) ในโลกชีวิตจริง (OECD, 2019) โดยแบบทดสอบของการประเมิน PISA ไม่ได้เน้นวัดความรู้เนื้อหาวิชา

คณิตศาสตร์แต่เน้นการนำคณิตศาสตร์มาใช้ในสถานการณ์ของชีวิตจริง นักเรียนต้องสามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงในบริบทต่าง ๆ ที่หลากหลาย (Patamavipat, 2014) ซึ่ง Steen (2001) ได้กล่าวว่า การที่จะมีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ แต่ละบุคคลจำเป็นจะต้องมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ และด้วยเหตุปัจจัยดังกล่าวข้างต้นจึงบ่งชี้ถึงความต้องการจำเป็นในการพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (mathematical competencies) คือ ความสามารถของบุคคลในการตอบสนองต่อความท้าทายทางคณิตศาสตร์ในลักษณะหนึ่ง ๆ จากสถานการณ์ที่ได้รับ อาทิ การคิดคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสร้างรูปแบบ เป็นต้น โดยความสามารถดังกล่าวแสดงออกถึงศักยภาพในการบูรณาการความรู้ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (OECD, 2009; Niss and Jensen¹. 2002; อัมพร ม้าคนอง, 2553; กิตติศักดิ์ ดีพันธ์, 2561) การเผชิญความท้าทายนี้จะประสบความสำเร็จได้มักจะต้องอาศัยเจตคติที่มีต่อคณิตศาสตร์ในการกำกับตน โดยในการจำแนกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการนิยามอย่างแพร่หลายในปัจจุบันเป็นไปตามแนวทางของ Morgens Niss และ Tomas Højgaard (2019) ซึ่งจำแนกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เป็น 8 สมรรถนะ ได้แก่ 1) สมรรถนะทางด้านการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical thinking competency) 2) สมรรถนะเกี่ยวกับการแก้ปัญหา (Problem tackling competency) 3) สมรรถนะทางด้านการสร้างรูปแบบ (Modelling competency) 4) สมรรถนะทางด้านการให้เหตุผล (Reasoning competency) 5) สมรรถนะทางด้านการแสดงแทน (Representing competency) 6) สมรรถนะทางด้านการจัดการสัญลักษณ์และรูปแบบ (Symbol and formalism competency) 7) สมรรถนะทางด้านการสื่อสาร (Communicating competency) และ 8) สมรรถนะในการสร้างเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ (Aids and tools competency) เพื่อให้การพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์สอดคล้องตามกรอบการประเมิน PISA ผู้วิจัยจึงนำสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ 8 สมรรถนะมาจัดกลุ่มใหม่ โดยวิเคราะห์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ถูกกระตุ้นใช้ตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และสมรรถนะที่มีลักษณะโดดเด่นพิเศษจะถูกจัดเป็นกลุ่มแยก ได้แก่ การให้เหตุผล เป็นความสามารถที่ใช้ในทุกกระบวนการทางคณิตศาสตร์ รวมไปถึงการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้วย ทั้งนี้การสังเคราะห์รวมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการออกแบบการประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ผ่านการเผชิญหน้ากับสถานการณ์ปัญหาทั่วไปในชั้นเรียนของนักเรียน สำหรับการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา เป็นสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ถูกกระตุ้นใช้ในกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในส่วนของความคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ กล่าวคือ เป็นความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และแปลงสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในบริบทคณิตศาสตร์ เช่น การจำลองตัวแปรแทนเหตุการณ์หรือเงื่อนไขของสถานการณ์เพื่อสะดวกต่อการทำความเข้าใจ หรือการใช้ภาพวาดจำลองสถานการณ์ปัญหา โดยสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และแปลงปัญหาดังกล่าววางแผนดำเนินการแก้ไขสถานการณ์ปัญหา 2) สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ เป็นสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ถูกกระตุ้นใช้ในกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในส่วนของการใช้หลักการ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา กล่าวคือ เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์รวมถึงตัวช่วยและเครื่องมือ อาทิ การคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข โปรแกรมทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องตามเนื้อหา/หลักการทางคณิตศาสตร์ 3) สมรรถนะการตีความและประเมิน เป็นสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ถูกกระตุ้นใช้ในกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในส่วนของ การตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ กล่าวคือ เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงคำตอบที่ได้ในบริบทคณิตศาสตร์ให้สอดคล้อง

¹ ปัจจุบัน Tomas Højgaard ไม่มีคำว่า Jensen (เดิม Tomas Højgaard Jensen) นักศึกษาปริญญาเอกในการดูแลของ Morgens Niss ณ ขณะนั้น ซึ่งเป็นหนึ่งในคณะกรรมการในการดำเนินโครงการ KOM (The KOM Project) ของประเทศเดนมาร์ก ปัจจุบันเป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยอarhus (Aarhus University)

ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา และสามารถยืนยันความถูกต้องของคำตอบได้อย่างสอดคล้องกับเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา 4) สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการแสดงแนวคิดอ้างอิงการกระทำที่ใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล โดยอาจใช้การพิจารณาด้วยหลักอุปนัยจากสิ่งที่สังเกตเห็น หรือหลักนิรนัยให้ข้อสรุปจากทฤษฎีที่เป็นจริง และ 5) สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์คือ ความสามารถในการถ่ายทอดกระบวนการคิดผ่านการใช้ภาพจำลอง ภาษา หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เขียนแสดงอธิบายวิธีการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง ชัดเจน และเรียบเรียงได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

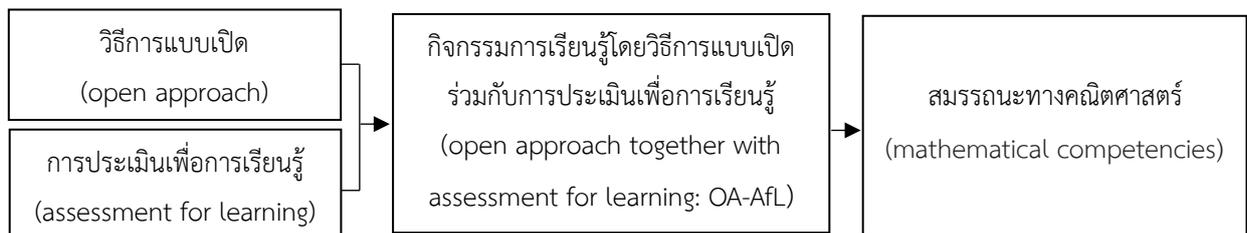
จากการศึกษาวิจัยของ Lu Sun และ Longhai Xiao (2023) พบว่า การส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์มีผลต่อการพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวิธีการแบบเปิด (open approach) เป็นหนึ่งในวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จากการแก้สถานการณ์ปัญหา โดยมีการศึกษาวิจัยวิธีการสอนตามแนวทางของ Inprasitha (2010) มาอย่างต่อเนื่องซึ่งมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิด 2) ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน 3) ขั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน และ 4) ขั้นการสรุปโดยเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ปรากฏในชั้นเรียน อาทิ กฤษฎา ขุนอาจ (2560) ได้ใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สุดาพร ตีบปาละ (2563) ได้ใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับการฝึกเชิงพุทธิปัญญาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์และการคิดวิเคราะห์หอนนา วงศ์พัฒนกิจ (2565) ได้ใช้วิธีการสอนแบบเปิดร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูจะต้องดำเนินควบคู่ไปกับการประเมินผลการเรียนรู้ แต่จะพบว่า ครูมักไม่ได้ประเมินการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาแกนระดับมัธยมศึกษา เนื่องจากต้องจัดการเรียนการสอนเนื้อหาที่มีความยากและซับซ้อน จึงเร่งถ่ายทอดเนื้อหาและทักษะ แล้วประเมินผลการเรียนรู้เพื่อตัดสินเป็นหลัก ทำให้บ่อยครั้งที่จบบทเรียนหรือสิ้นสุดคาบเรียน โดยที่ครูไม่ทราบว่าผู้เรียนคนใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจบทเรียนหรือมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน และต้องการความช่วยเหลืออย่างไรบ้าง (สกลรัตน์ แก้วดี, 2561) อีกทั้งจากรายงานวิจัยของ สดใส ศรีฤตา (2557) ได้ศึกษาการใช้การประเมินระหว่างสอนของครูเพื่อปรับการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนที่ใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด พบว่า การประเมินระหว่างสอนที่พบมีลักษณะที่เป็น การประเมินระหว่างสอนที่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้ามากกว่าการประเมินระหว่างสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ ซึ่งการประเมินระหว่างสอนเชิงปฏิสัมพันธ์นั้น คือ กระบวนการที่ครูใช้การสังเกต (noticing) เพื่อให้ได้ข้อมูลหลักฐานแสดง การคิดและการปฏิบัติของนักเรียน จากนั้นจะใช้การตระหนัก (recognizing) ถึงความสำคัญของข้อมูลหลักฐานที่ได้ว่าจะส่งผลถึงการเรียนรู้ของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร หลังจากนั้นจะใช้การตอบสนอง (responding) ต่อข้อมูลหลักฐานดังกล่าวเพื่อปรับการจัดการเรียนรู้ที่จะส่งผลต่อการ เรียนรู้ของนักเรียนโดยกระบวนการทั้งสามนี้ก็อาศัยเป้าหมาย (purpose) ที่ตั้งไว้เช่นเดียวกันจากการศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดในข้างต้น ยังไม่พบการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดที่มีการบูรณาการการประเมินระหว่างสอนเชิงปฏิสัมพันธ์มาเป็นขั้นตอนส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดสามารถเกิดการประเมินระหว่างสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ได้มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (assessment for learning) ซึ่งมีหลัก 3 ประการ ได้แก่ 1) การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับ และ 3) การสะท้อนการเรียนรู้ เป็นแนวคิดการประเมินความก้าวหน้า (formative assessment) ที่มุ่งเน้นให้ข้อมูลสารสนเทศที่มีคุณค่าซึ่งทำให้ผู้เรียนรู้เป้าหมาย รับรู้ว่าตนเองนั้นเองอยู่ตรงจุดไหน และจะไปถึงเป้าหมายได้อย่างไร (สรัญญา จันทร์ชูสกุล, 2561) มาสังเคราะห์ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 สร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ขั้นที่ 2 นำเสนอปัญหาขั้นที่ 3 การเรียนรู้ด้วย

ตนเอง ชั้นที่ 4 อภิปราย/ขยายแนวคิดและประเมินผลงานในชั้นเรียน และชั้นที่ 5 สรุปและสะท้อนการเรียนรู้ เพื่อให้เกิดการให้ข้อมูลกระตุ้นการเรียนรู้และข้อมูลย้อนกลับอย่างสอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้และได้รับข้อมูลย้อนกลับในการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดกระบวนการเรียนรู้ นับว่าเป็นการเพิ่มจุดเน้นในการการประเมินด้านกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนมากยิ่งขึ้น

ดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (research and development) และหวังว่าจะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจศึกษาต่อไป

ภาพ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย



วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อศึกษาผลทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นวิจัยและพัฒนา (research and development) ซึ่งดำเนินการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1.1) ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการแบบเปิดและการประเมินเพื่อการเรียนรู้เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยครอบคลุมมาตรฐานและตัวชี้วัด เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จำนวน 6 แผน แผนละ 2 คาบ (คาบละ 50 นาที) ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสม จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 3 ท่าน ด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา จำนวน 1 ท่าน และด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน พิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (rating scale)

1.2) ผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แล้วนำกิจกรรมดังกล่าวไปทดสอบประสิทธิภาพ (effectiveness index: E.I.) เพื่อพิจารณาพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียนที่ได้รับ

กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยนำไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนยางซ้ายพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 13 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มทดลองใช้จริง โดยได้จากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) ด้วยการพิจารณานักเรียนที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มทดลองใช้จริง เก็บข้อมูลด้วยแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยมีสถานการณ์ปัญหา 3 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์มีข้อความวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ จำนวน 8 ข้อ ผลการหาคุณภาพของแบบวัด พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of consistency: IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 - 1.00 ค่าความยาก (P) อยู่ระหว่าง 0.21 - 0.68 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.22 - 0.40 และค่าความเชื่อมั่นโดยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.77 และประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้วยเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบแยกองค์ประกอบ (analytic rubric scoring) คะแนน 5 ระดับ ได้แก่ ดีมาก (4 คะแนน) ดี (3 คะแนน) พอใช้ (2 คะแนน) ปรับปรุง (1 คะแนน) กรณีไม่เขียนหรือเขียนแสดงแนวคิดไม่เกี่ยวข้องให้ 0 คะแนน ผลการหาคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนรูบริก พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of consistency: IOC) เท่ากับ 1.00 ทุกประเด็น โดยค่าความเหมาะสมของคำอธิบายคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.98, SD = 0.05$) ความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันเท่ากับ 0.97 (Sig. < .01) และความเที่ยงแบบวัดซ้ำ โดยเว้นระยะเวลาประเมินซ้ำ 2 สัปดาห์ มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันเท่ากับ 0.99 (Sig. < .01)

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ หลังจากได้ทำการทดสอบประสิทธิผลทำให้ได้ทราบข้อบกพร่องเพื่อมาปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองใช้จริง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา 2 อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ ผ่านการสังเกตและจดบันทึกภาคสนามและผลงานนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) และศึกษาพัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ผ่านการวิเคราะห์คะแนนการประเมินก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ด้วยสถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) 2) เปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยสถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน (paired sample t-test) และ 3) เปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังเรียนกับเกณฑ์ประเมินดังตาราง 1 (ปรับปรุงจาก อนุวัติ คุณแก้ว, 2565)

ตาราง 1

เกณฑ์การประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

รายการ	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน
เกณฑ์การประเมินจำแนกในแต่ละสมรรถนะทางคณิตศาสตร์	ดีมาก/ผ่านขั้นสูง	มีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป
	ดี/ผ่าน	มีคะแนนระหว่างร้อยละ 40 - 74
	ปรับปรุง	มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 40

ตาราง 1 (ต่อ)

เกณฑ์การประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

รายการ	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน
เกณฑ์การประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์รวม	ดีเยี่ยม	มีผลการประเมินในระดับดี/ผ่าน ครบทั้ง 5 สมรรถนะ
	ดี	มีผลการประเมินในระดับดี/ผ่าน ครบทั้ง 4 สมรรถนะ
	พอใช้	มีผลการประเมินในระดับดี/ผ่าน ครบทั้ง 3 สมรรถนะ

ถึงแม้กลุ่มทดลองมีขนาดเล็กเสี่ยงต่อการคลาดเคลื่อนในการใช้สถิติเพื่อทดสอบ เมื่อทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นด้วยสถิติ Shapiro-Wilk พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติ (Sig. > .05)

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ เมื่อได้ทำการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มทดลองใช้จริงครบตามจำนวนชั่วโมงทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มทดลองใช้เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นแบบปลายเปิด (ไม่ระบุชื่อผู้ให้ข้อคิดเห็น) ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of consistency: IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 - 1.00 และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis)

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้

1.1) ผลการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังตาราง 2 โดยผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.64, SD = 0.45$) เมื่อพิจารณารายด้านทุกด้านมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ประกอบด้วย ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ($M = 4.80, SD = 0.45$) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ($M = 4.60, SD = 0.61$) ด้านสื่อที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ ($M = 4.80, SD = 0.45$) และด้านการวัดและประเมินผล ($M = 4.55, SD = 0.55$)

ตาราง 2

รายละเอียดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่	กระบวนการ	ระยะเวลาที่ใช้	ลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอน
1	สร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้	10 นาที	1. ครูสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้โดยให้นักเรียนตั้งข้อสังเกตโดยเชื่อมโยงผ่านสิ่งรอบตัว เหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือกิจกรรมก่อนหน้า 2. กำหนดพฤติกรรมเป้าหมายหรือความก้าวหน้าที่นักเรียนพึงปฏิบัติ
2	นำเสนอปัญหา	10 นาที	1. ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหา โดยใช้การซักถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและสร้างความเข้าใจต่อสถานการณ์ปัญหา

ตาราง 2 (ต่อ)

รายละเอียดการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่	กระบวนการ	ระยะเวลาที่ใช้	ลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอน
3	การเรียนรู้ด้วยตนเอง	30 นาที	1. นักเรียนระดมสมองเพื่อแก้ปัญหาโดยไม่จำกัดแหล่งเรียนรู้และวิธีการ 2. ครูสังเกตและรวบรวมวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียน เพื่อพิจารณาปัญหาและอุปสรรค รวมถึงประเด็นการแก้ปัญหาที่น่าสนใจโดดเด่น หากพบนักเรียนที่กำลังเผชิญกับอุปสรรคครูจะสะท้อนให้นักเรียนเข้าใจปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่และพยายามผ่านอุปสรรคนั้นด้วยตนเอง
4	อภิปราย/ขยายแนวคิดและประเมินผลงานในชั้นเรียน	30 นาที	1. นักเรียนแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหา และครูเชื่อมโยงวิธีการแก้ปัญหาผ่านการอภิปรายการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างเป็นลำดับขั้นตอน 2. ครูให้นักเรียนประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ผ่านชิ้นงาน
5	สรุปและสะท้อนการเรียนรู้	20 นาที	1. ครูให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่พบระหว่างแก้สถานการณ์ปัญหา 2. ครูให้นักเรียนสะท้อนข้อผิดพลาดและวิธีการปรับปรุง

1.2) ผลการหาประสิทธิผล โดยนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนยางซ้ายพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 13 คน พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าขึ้นทุกสมรรถนะมากกว่า 0.5 ดังตาราง 3 ผู้วิจัยได้นำผลการหาประสิทธิผลมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงก่อนนำไปทดลองใช้ โดยจากค่าดัชนีประสิทธิผลจะเห็นว่าสมรรถนะการตีความและประเมินมีความก้าวหน้าน้อยสุดจึงได้มีการเสริมให้นักเรียนได้ประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ผ่านชิ้นงานของตนเอง

ตาราง 3

ผลการคำนวณค่าดัชนีประสิทธิผล (efficiency index: E.I.) ของกิจกรรมการเรียนรู้ (N = 13)

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนรวมก่อนเรียน	คะแนนรวมหลังเรียน	E.I.
1. สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา	12	71	136	0.765
2. สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์	12	2	95	0.604
3. สมรรถนะการตีความและประเมิน	12	3	93	0.588
4. สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	12	2	102	0.649
5. สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	12	8	106	0.662
รวม	60	86	532	0.643

2. ผลการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ โดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวรรค์อนันต์วิทยา 2 อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 คน รายละเอียดดังนี้

2.1) ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้และพัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ผลปรากฏดังนี้

1) ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียน พบว่า พฤติกรรมการเรียนรู้อันเป็นกระบวนการเกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์มี 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 สร้างความสามารถทางคณิตศาสตร์ ระยะที่ 2 เกิดความชำนาญในการใช้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ และระยะที่ 3 เกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ รายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 สร้างความสามารถทางคณิตศาสตร์ เป็นระยะที่นักเรียนเกิดความสามารถในการใช้องค์ความรู้ ในระยะแรกของการเรียนรู้ผ่านการแก้สถานการณ์ปัญหา นักเรียนจะพยายามสร้างความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยจะรับรู้การมีความสามารถของตนเองในการใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผ่านความสำเร็จจากการใช้ กล่าวคือ เมื่อนักเรียนพยายามสร้างความรู้ความเข้าใจต่อชุดความสามารถใหม่ นักเรียนจะพยายามทดลองใช้ความสามารถนั้นจนรู้ว่าสิ่งที่ตนกระทำนั้นถูกต้อง

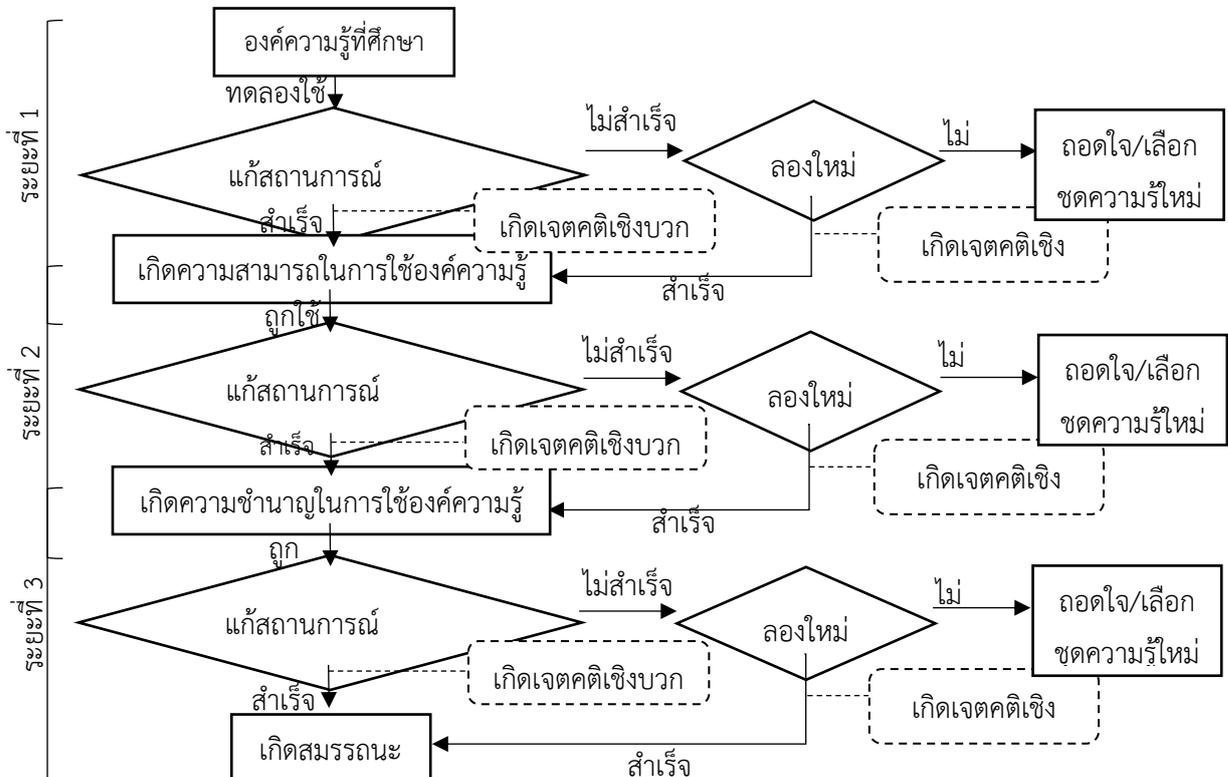
ระยะที่ 2 เกิดความชำนาญในการใช้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ เป็นระยะที่นักเรียนสามารถใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ตนรับรู้ผ่านความสำเร็จจากการใช้ความสามารถนั้นนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงได้ กล่าวคือ เมื่อนักเรียนรับรู้การมีอยู่ของความสามารถของตนเองในการใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เมื่อได้รับการต่อเติมประสบการณ์ผ่านสถานการณ์ปัญหาใหม่ นักเรียนจะปรับขยายความคล่องแคล่วของการใช้ความสามารถนั้น

ระยะที่ 3 เกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ กล่าวคือ เกิดความสามารถในการบูรณาการชุดความสามารถทางคณิตศาสตร์ เมื่อผ่านการแก้สถานการณ์ปัญหาอย่างหลากหลาย นักเรียนจะมีความเข้าใจเชิงมีนทัศน์ต่อความสามารถและความชำนาญในการใช้ความรู้ต่าง ๆ ที่ผ่านมา โดยจะสามารถรับรู้ได้ถึงเงื่อนไขและบริบทการใช้ชุดความสามารถนั้น

สมรรถนะพัฒนาจากการใช้ความรู้ได้ถูกต้องสู่การสร้างศักยภาพในการใช้ความรู้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีข้อสังเกตว่าทุกความสำเร็จส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติเชิงบวก สรุปลักษณะภาพกระบวนการเกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ภาพ 2

กระบวนการเกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน



ทั้งนี้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาพฤติกรรมทางสมรรถนะจะถูกกระตุ้นทั้ง 5 สมรรถนะในขั้นที่ 3 โดยจะเกิดกระบวนการเรียนรู้และสะสมความสามารถในขั้นที่ 4 และขั้นที่ 5 ซึ่งมีขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 เป็นสิ่งกระตุ้นการจดจำต่อการเรียนรู้ ตัวอย่างพฤติกรรมการเรียนรู้จากบันทึกการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง พื้นที่กรวย พอสั่งแบบนี้

ขั้นที่ 1 สร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ครูกล่าวถึงการสรุปและสะท้อนการเรียนรู้ในกิจกรรมก่อนหน้า ตัวอย่างบทสนทนา ครู : “กิจกรรมที่แล้วเราได้เรียนรู้อะไรบ้างครับ” นักเรียน ก: “เรารู้ว่าจะหาความจุของรูปทรงที่คล้ายกรวยได้ยังไงคะ” นักเรียน ข: “ต้องดูเงื่อนไขของโจทย์ซ้ำ ๆ จนเข้าใจและค่อยตรวจสอบคำตอบให้ตรง” ครู : “เยี่ยมมากเลย วันนี้ถ้าเราพบปัญหาเกี่ยวกับรูปทรงกรวยแต่เราอยากรู้พื้นที่ผิวรอบ ๆ ของมันล่ะ เช่น ถ้าครูอยากจะระบายสีของกรวยจรรยาครูจะต้องใช้สีปริมาณเท่าไร”

ขั้นที่ 2 นำเสนอปัญหา ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหา โดยใช้การซักถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและสร้างความเข้าใจต่อสถานการณ์ปัญหา เช่น “ปัญหานี้ต้องการทราบอะไร” “สิ่งที่กำหนดให้มีอะไรบ้าง”

ขั้นที่ 3 การเรียนรู้ด้วยตนเอง ครูให้นักเรียนระดมสมองเพื่อแก้ปัญหา ตัวอย่างการสนทนาในการสร้างการเรียนรู้กับสถานการณ์ นักเรียน ก: “ทำไมเขาไม่ให้สูงเอียงเรามา” จากนั้นนักเรียนวาดภาพจำลองจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียน ข: “เราก็กทำอย่างอื่นไปก่อน ค่อยมาหาสูงเอียง” จากนั้นหยิบโทรศัพท์ค้นหาสูตรที่ใช้ในการหาพื้นที่ผิวกรวย แล้วนำความรู้ที่ได้นั้นมาทดลองใช้กับสถานการณ์ปัญหาขีดเขียนลงบนกระดาษ โดยระหว่างการแก้ปัญหาเมื่อพบข้อผิดพลาด/ครูจะเข้าไปให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนไม่หนีห่างจากเป้าหมายของการเรียนรู้ เช่น นักเรียน ก: “พลาดตรงไหนไปนะ” นักเรียน ข: “ก็หาสูงเอียงโดยใช้พีทาโกรัสแล้วหนิ” ครู : “ตอนนี้หนูติดปัญหาอะไร” นักเรียน ก: “หาสูงเอียงไม่ได้คะ” นักเรียนอธิบายที่ละขั้นตอน ครูพิจารณาเห็นว่า จริง ๆ แล้วนักเรียนสามารถใช้ความรู้เรื่องพีทาโกรัสได้อย่างถูกต้อง แต่นักเรียนติดตรงส่วนสุดท้าย คือ การหารากที่สองของ 7,300 โดยครูชี้แจงความรู้ที่ใช้ช่วยในการแก้อุปสรรคนี้แล้วนักเรียนศึกษาต่อด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 อภิปราย/ขยายแนวคิดและประเมินผลงานในชั้นเรียน ครูให้นักเรียนแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหา อภิปรายการแก้ปัญหา และประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ผ่านชิ้นงาน ตัวอย่างบทสนทนา



นักเรียน ก: “ผิดตรงไหน ๆ”

นักเรียน ข: “บรรทัดนี้ลองดูดี ๆ”

นักเรียน ก: “อ้อ รู้ละ เรายรวมฐานร่างด้วยใช้ไหมของเธอคิดตรงนี้ปะ”

นักเรียน ข: “เราคิดกันแค่ $\pi r l$ ไม่คิดฐานร่าง”

นักเรียน ก: “อ้อ โอเค ไม่ต้องเพิ่ม πr^2 เพราะคิด แค่พื้นที่ผิวข้าง ตรงฐานกรวยระบายสีไม่ได้ ดูเงื่อนไขของโจทย์ไม่ตีอึกละ รอบนี้ประเมินการตีความและประเมินเท่าเดิม (หัวเราะ) ครั้งหน้ารอบครอบกว่านี้”

ขั้นที่ 4 สรุปและสะท้อนการเรียนรู้ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะสะท้อนสิ่งที่ตนได้เรียนรู้และต้องปรับปรุงในการทำกิจกรรมครั้งถัดไป เช่น “อ่อนเรื่องสมการต้องไปฝึกเพิ่ม” “รอบครอบในวิเคราะห์เงื่อนไขของโจทย์”

2) ผลการศึกษาพัฒนาการสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้น รายละเอียดดังนี้

เมื่อทำการเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนทดลอง ระหว่างทดลอง และหลังทดลอง พบว่า สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนทดลอง ระหว่างทดลอง และหลังทดลอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตาราง 4

ตาราง 4

การเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง (N=11)

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้งหมด	SS	df	MS	F	Sig.
ความแปรปรวนร่วม	1722.840	1	1722.840	23.533*	0.001

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อทดสอบเปรียบเทียบรายคู่ พบว่า มีพัฒนาการสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตาราง 5

ตาราง 5

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11)

ตัวแปร	ตัวแปรที่จับคู่	MD	SE	Sig.
ก่อนเรียน	ประเมินครั้งที่ 1	3.169*	0.884	0.005
	ประเมินครั้งที่ 2	6.097*	1.707	0.005
	หลังเรียน	9.896*	2.002	0.001
ประเมินครั้งที่ 1	ประเมินครั้งที่ 2	2.927*	1.040	0.018
	หลังเรียน	6.726*	1.401	0.001
ประเมินครั้งที่ 2	หลังเรียน	3.799*	1.164	0.009

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า สมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตาราง 6

ตาราง 6

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้อ (N=11)

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	Sig.	Effect Size
	M	SD	M	SD			
1. สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา	4.200	2.561	9.200	2.561	7.692*	0.000	1.952
2. สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์	0.100	0.300	6.200	4.813	4.314*	0.002	1.306
3. สมรรถนะการตีความและประเมิน	0.000	0.000	6.200	4.813	4.273*	0.002	1.288
4. สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	0.000	0.000	6.600	4.800	4.560*	0.001	1.375
5. สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	0.100	0.300	6.300	4.920	4.282*	0.002	1.298
รวม	4.400	2.835	34.500	21.560	5.032*	0.001	1.483

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังเรียนกับเกณฑ์การประเมิน พบว่า นักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในภาพรวมอยู่ระดับดีเยี่ยม โดยสมรรถนะการคิด/แปลงปัญหาอยู่ในระดับดีมาก ดังตาราง 6

ตาราง 6

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังกับเกณฑ์คุณภาพ (N=11)

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์	หลังเรียน		ร้อยละ	แปลผล
	M	SD		
1. สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา	9.200	2.561	76.667	ดีมาก
2. สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์	6.200	4.813	51.667	ดี
3. สมรรถนะการตีความและประเมิน	6.200	4.813	51.667	ดี
4. สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	6.600	4.800	55.000	ดี
5. สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	6.300	4.920	52.500	ดี

3. ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า หลังได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ 1) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้เกิดแรงจูงใจภายใน 2) กิจกรรมกลุ่มส่งเสริมให้เรียนรู้การทำงานเป็นทีม 3) การได้เรียนรู้ด้วยตนเองทำให้เรียนรู้วิธีการเรียนรู้ 4) การสะท้อนการเรียนรู้กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาตนเอง และ 5) ความรู้พื้นฐานอ่อนและเจตคติเชิงลบเป็นสิ่งปิดกั้นการเรียนรู้สิ่งใหม่ รายละเอียดดังนี้

1) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้เกิดแรงจูงใจภายใน นักเรียนรู้สึกมีแรงจูงใจโดยอยากที่ประสบความสำเร็จในการเรียน แต่ประสบการณ์การเรียนรู้ก่อนหน้านี้ที่ล้มเหลวเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ ดังตัวอย่างข้อคิดเห็นที่ว่า “รู้สึกอยากเรียนคณิตได้เก่งกว่านี้ อยากจะทำให้ได้ งานก็พอทำได้ อยู่ ครูก็สอนดีมาก ๆ แต่น่าจะเป็นเพราะก่อนหน้านี้หนูไม่ค่อยได้ตั้งใจเรียนคณิต”

2) กิจกรรมกลุ่มส่งเสริมให้เรียนรู้การทำงานเป็นทีม นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความถนัดหรือความเชี่ยวชาญของตนเพื่อช่วยให้กลุ่มบรรลุความสำเร็จในการทำงาน ดังตัวอย่างข้อคิดเห็นที่ว่า “ได้ทำงานกันเป็นกลุ่มช่วยกันในกลุ่มคนไหนถนัดเรื่องอะไรก็จะช่วยกันเรื่องนั้น มีการช่วยกันคิด มีการสอนกันภายในกลุ่ม มีการช่วยกันอภิปรายตอบคำถามที่ครูถามกันในกลุ่มด้วย” นอกจากนี้ การเรียนแบบกลุ่มส่งเสริมให้เกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีคิดซึ่งกันและกัน ดังตัวอย่างข้อคิดเห็นที่ว่า “การได้ทำงานกลุ่มกับเพื่อนได้แลกเปลี่ยนความคิดกันทำให้มีความรู้มากขึ้น”

3) การได้เรียนรู้ด้วยตนเองทำให้เรียนรู้วิธีการเรียนรู้ การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองทำให้มีความพยายามลองผิดลองถูกและเผชิญหน้ากับความผิดพลาดขณะแก้ไขปัญหา โดยจะเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ผ่านข้อผิดพลาดหรือความสำเร็จขณะแก้ไขปัญหา ดังตัวอย่างข้อคิดเห็นที่ว่า “กิจกรรมนี้ทำให้หนูมีความพยายามที่จะหาคำตอบและมีการเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อเป็นพื้นฐานในการใช้ชีวิต” ทั้งนี้ วิธีการที่ใช้ในการเรียนรู้นั้นคือการสร้างข้อโต้แย้งภายในตนเอง ดังข้อคิดเห็นที่ว่า “หนูรู้สึกได้รับความรู้ไปเต็มสมอง ได้เสียงกับตัวเอง สนุกดี”

4) การสะท้อนการเรียนรู้กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาตนเอง โดยทำให้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่จะนำมาปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเอง ดังตัวอย่างข้อคิดเห็นที่ว่า “ตอนก่อนเรียนไม่ทราบอะไรเลย แต่!! พอทำแบบฝึกหัดทุกคาบก็ใช้ได้ดีขึ้น อาจมีผิดพลาดบ้าง แต่ครูก็ช่วยกระตุ้นให้เข้าใจ และพอครั้งต่อ ๆ ไป ก็เอาจุดผิดมาแก้ไขก็ทำได้ดีขึ้น ค้าบผม”

5) ความรู้พื้นฐานอ่อนและเจตคติเชิงลบเป็นสิ่งปิดกั้นการเรียนรู้สิ่งใหม่ การเรียนรู้สิ่งใหม่ต้องอาศัยความรู้ และทักษะพื้นฐานเดิมในการสร้างองค์ความรู้ โดยเจตคติเป็นสิ่งที่ประคับประคองให้การเรียนรู้สิ่งใหม่สำเร็จซึ่งหากขาดเจตคติที่ดีแม้จะพยายามทำความเข้าใจก็มักไม่ประสบความสำเร็จ ดังตัวอย่างข้อคิดเห็นที่ว่า “หนูไม่ได้สนใจคณิตศาสตร์เลย เลยทำให้หนูไม่ศึกษาอย่างจริงจังตั้งแต่เด็ก ฟังจะมาศึกษาจริง ๆ กับนี้ พอไม่เข้าใจก็ไม่ได้ถามใครหาในยูทูปอย่างเดียว หนูก็เลยยังงอยู่เลยว่าต้องเอาสูตรไปทำต่ออย่างไร”

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยสามารถอภิปราย ดังนี้

1) การสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน พบว่า ความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนีประสิทธิผลที่แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ก้าวหน้าขึ้นในทุกสมรรถนะ โดยมากกว่า 0.5 แสดงว่า นักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 50 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการตกผลึกความรู้จากการแก้ปัญหาด้วยการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ดังที่ อัครพล พรหมตรุษ (2565) กล่าวว่า การส่งเสริมการคิดของนักเรียนผ่านปัญหาปลายเปิดช่วยกระตุ้นให้นักเรียนพยายามใช้โมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ในการแก้สถานการณ์ปัญหา เกิดการปรับสภาวะสมดุลทางความคิดจึงก่อให้เกิดการก่อตัวของโมโนทัศน์ใหม่ขึ้นมา และเมื่อใช้หลักการประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับวิธีการแบบเปิดช่วยให้นักเรียนเกิดการกำกับตนเอง โดยจะตระหนักถึงเป้าหมายและรับรู้ความก้าวหน้าของตนเองผ่านการให้ข้อมูลย้อนกลับและการสะท้อนการเรียนรู้ สอดคล้องกับ สุชีรา จันครา บุญเรียง ขจรศิลป์ และชานนท์ จันทร (2561) ได้ใช้การประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับกระบวนการ GPAS ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่า การสะท้อนข้อมูลจากการประเมินไปยังนักเรียนด้วยวิธีการต่าง ๆ ทำให้นักเรียนได้ข้อมูลสารสนเทศที่เป็นประโยชน์กับตัวเองในการนำข้อมูลต่าง ๆ ไปปรับปรุงแก้ไขการทำงานของนักเรียนได้ดีขึ้น

2) ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียนพบว่า นักเรียนมีกระบวนการเกิดสมรรถนะ 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 สร้างความสามารถ ระยะที่ 2 เกิดความชำนาญ และระยะที่ 3 เกิดสมรรถนะ เนื่องจากการเกิดสมรรถนะเป็นการพัฒนาขีดความสามารถของนักเรียน โดยกระบวนการ 3 ระยะดังกล่าวสะท้อนถึงการพัฒนาขีดความสามารถของนักเรียนจากการทำงานจนเชี่ยวชาญสู่การบูรณาการข้ามกลุ่มความสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังที่ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และพรเทพ จันทรากฤษฏ์ (2566) กล่าวว่า การสร้างสมรรถนะ คือ การบ่มเพาะหรือพัฒนาให้บุคคลประยุกต์การเรียนรู้ในการปฏิบัติงานในสถานการณ์ใหม่ให้สำเร็จได้ผลผลิตตามภาระงาน อันสะท้อนขีดความสามารถ หรือศักยภาพหรือสมรรถนะของบุคคลนั้น นอกจากนี้ ผลวิจัยพบว่าพัฒนาการในแต่ละสมรรถนะสูงขึ้น โดยสอดคล้องกับผลหลังเรียนที่มีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเทียบกับเกณฑ์พบว่าอยู่ระดับดีมาก ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนได้รับประสบการณ์จากการแก้สถานการณ์ปัญหาซึ่งจะกระตุ้นพฤติกรรม 5 สมรรถนะในขั้นที่ 3 โดยจะเกิดกระบวนการเรียนรู้และสะสมความสามารถในขั้นที่ 4 และขั้นที่ 5 โดยมีขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 เป็นสิ่งกระตุ้นการจจจต่อการเรียนรู้ การที่นักเรียนได้เรียนรู้การแก้สถานการณ์ปัญหาด้วยตนเองเป็นการเสริมสร้างประสบการณ์ให้กับนักเรียนในการบูรณาการความสามารถทางคณิตศาสตร์โดยตรง ซึ่ง Lu Sun and Longhai Xiao (2023) พบว่า การเรียนรู้จากประสบการณ์

เสริมสร้างการมีส่วนร่วมทางการเรียนรู้ เจตคติต่อคณิตศาสตร์ และการรับรู้ความสามารถของตนทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งที่สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์อันเป็นผลต่อการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์

3) ความคิดเห็นของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า (1) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้เกิดแรงจูงใจภายใน ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนได้รับรู้เป้าหมายและจุดที่ตนเองกระทำต่างจากเป้าหมายเล็กน้อยเพียงใด จึงสามารถกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้ ดังที่ กษมา เกิดประสงค์ (2560) อภิปรายว่า การกำหนดเป้าหมายเป็นการชี้แจงถึงวิธีการวัดและเกณฑ์การประเมินผลให้ผู้เรียนทราบการเริ่มเรียนเพื่อให้สามารถกำหนดเป้าหมายที่เหมาะสมในการพัฒนาตนเอง การวางแผนและประเมินความสำเร็จเพื่อให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าในสิ่งที่จะเรียน (2) กิจกรรมกลุ่มส่งเสริมให้รู้จักเรียนรู้การทำงานเป็นทีม ซึ่งการทำงานเป็นทีมจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนและเรียนรู้ร่วมกัน ดังที่ หนึ่งฤทัย มะลาไวย์, อรพินร์ ชูชม และนริศรา พิงโพธิ์สภ (2565) กล่าวว่า การทำงานเป็นทีมเป็นการรวมบุคคลที่มีความแตกต่างกันทั้งความรู้ความสามารถและศักยภาพในตัวบุคคลมีขอบเขตที่จำกัดมารวมเข้าด้วยกันทำให้สามารถปฏิบัติงานที่บุคคลเพียงคนเดียวไม่สามารถทำได้ เพราะนอกจากจะได้ร่างกายแข็งแรงเพิ่มขึ้นแล้วยังจะได้ความคิดหลายแง่หลายมุมมาผสมผสานกัน ทำให้ศักยภาพแฝงที่แต่ละคนมีอยู่ถูกนำมาใช้ได้มากขึ้น (3) การให้เรียนรู้ด้วยตนเองทำให้เกิดการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้เป็นคุณลักษณะที่สำคัญของนักเรียนที่อยู่ในยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงทางสังคมอย่างรวดเร็ว ดังที่ คัมภีร์ภาพ คงสำราจ, ชนาธิป ศรีโท, แก่นเพชร แผงสีพล, ธนกร ชูสุขเสริม และวิบูล ทาชา (2565) กล่าวถึง ลักษณะของผู้ที่มีการเรียนรู้ด้วยตนเองที่จะนำตนเองให้ประสบผลสำเร็จข้อหนึ่งว่า รู้ “วิธีการที่จะเรียน” (Know how to Learn) นั่นคือ ผู้เรียนควรทราบขั้นตอนการเรียนรู้ของตนเอง รู้ว่าเขาจะไปสู่จุดที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างไร (4) การสะท้อนการเรียนรู้กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาตนเอง โดยการสะท้อนการเรียนรู้เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดทบทวนถึงสิ่งที่ตนกระทำจึงทำให้ทราบถึงจุดเด่นและจุดที่ต้องพัฒนา ดังที่ สรัญญา จันทรชูสกุล (2561) กล่าวว่า การสะท้อนการเรียนรู้เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนให้ติดตามสะท้อนการเรียนรู้ และสื่อสารเกี่ยวกับความก้าวหน้าของตนเอง กิจกรรมทุกกิจกรรมควรให้ผู้เรียนได้สะท้อนว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร แบ่งปันความก้าวหน้าทั้งในเรื่องของสิ่งที่ได้เรียนรู้ และพัฒนาตนเองในฐานะผู้เรียน และ (5) ความรู้พื้นฐานอ่อนและเจตคติเชิงลบเป็นอุปสรรคต่อการสร้างการเรียนรู้ใหม่ ทั้งนี้เพราะการขาดความรู้พื้นฐานจะทำให้ไม่สามารถย้อนกลับไปนำความรู้เดิมมาสร้างความรู้ใหม่ได้ ดังที่ กิตติศักดิ์ ดีพันธ์ (2561) ได้อธิบายว่า นักเรียนที่มีพื้นฐานดีจะส่งผลต่อคะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยพบว่า ผลการเรียนรู้เฉลี่ยคณิตศาสตร์มีอิทธิพลทางตรงต่อสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ด้วยขนาดอิทธิพล 0.593

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1) จากข้อค้นพบกระบวนการเกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะตามขั้นตอนดังนี้ (1) กำหนดความสามารถหลักในบทเรียน (2) เสริมสร้างความรู้ชำนาญ และ (3) กระตุ้นการบูรณาการข้ามความสามารถผ่านการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย

2) จากข้อค้นพบสมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์และสมรรถนะการตีความและประเมินมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนน้อยที่สุด ทั้งนี้เพราะความรู้และทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์มีผลสำคัญต่อการพัฒนาสมรรถนะด้านนี้ ดังนั้น ควรมี

การทดสอบความรู้พื้นฐานที่สำคัญในบทเรียนและจัดชั่วโมงเสริมความรู้และทักษะพื้นฐานให้อยู่ในระดับเพียงพอต่อการเรียนรู้

3) สถานการณ์ปัญหาสำหรับใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้นำไปใช้ควรระบุความสามารถที่นักเรียนพึงปฏิบัติได้จากสถานการณ์นั้น จะช่วยให้การสังเกตการเรียนรู้ด้วยตนเองในชั้นที่ 3 มีประเด็นในการวิเคราะห์ข้อมูลไปปรับปรุงนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ทันทั่วถึงและตรงประเด็นจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาตามกรอบที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) จากผลวิจัยทราบว่าในการแก้สถานการณ์ปัญหาพฤติกรรมทางสมรรถนะจะถูกกระตุ้นทั้ง 5 สมรรถนะ ในชั้นที่ 3 โดยจะเกิดกระบวนการเรียนรู้และสะสมความสามารถในชั้นที่ 4 และชั้นที่ 5 ซึ่งมีชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 เป็นสิ่งกระตุ้นการจذبต่อการเรียนรู้ ซึ่งจะเห็นว่า การกระตุ้นความสามารถในการจذبเป็นสิ่งสำคัญต่อชั้นที่ 3, 4 และ 5 ดังนั้น จึงควรศึกษาเทคนิควิธีการในการเพิ่มความสามารถในการจذبต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

2) จากผลวิจัยที่พบว่า ความรู้พื้นฐานอ่อนและเจตคติเชิงลบเป็นสิ่งปิดกั้นการเรียนรู้สิ่งใหม่ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ที่สำคัญ ดังนั้น จึงควรศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนรวมที่มีนักเรียนพื้นฐานอ่อนมากจนเกิดความต่างทางความสามารถในชั้นเรียนสูง หรือในชั้นเรียนที่นักเรียนมีพื้นฐานไม่เพียงพอต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่

3) จากผลเรทพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้เป็นคุณลักษณะที่สำคัญของนักเรียนที่อยู่ในยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงทางสังคมอย่างรวดเร็ว ดังนั้น จึงควรศึกษาเทคนิควิธีการในการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถรับรู้วิธีการเรียนของตนเองและส่งเสริมให้นักเรียนสามารถปรับปรุงและพัฒนาในวิธีการเรียนรู้ของตนเองได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- เกษมา เกิดประสงค์. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 10(3), 2121-2137.
- กฤษฎา ขุนอาจ. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กิตติศักดิ์ ดีพันธ์. (2561). สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 (ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- คัมภีร์ภาพ คงสำราจ, ชนาธิป ศรีโท, แก่นเพชร แผงสีพล, ธนกร ชูสุขเสริม และวิทูล ทาษา. (2565). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองหลังยุคโรคอุบัติใหม่ด้วยโซเซียลมีเดีย. *Journal of Buddhist Sociology*, 7(3), 142-154.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และพรเทพ จันทราอุกฤษฏ์. (2566). การเรียนรู้เชิงรุกเสริมสร้างสมรรถนะ. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สกลรัชต์ แก้วดี. (2561). การพัฒนาผู้เรียนด้วยการประเมินเพื่อการเรียนรู้. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 46(2), 394-409.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (24 มิถุนายน 2565). PISA 2022 กับ การประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์. PISA Thailand. <https://pisathailand.ipst.ac.th/infographics-pisa2022-math-framework/>.
- สร้อยญา จันทร์ชูสกุล. (2561). แนวคิด หลักการ และยุทธวิธีวิธีการประเมินเพื่อการเรียนรู้. วารสารการวัดผลการศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 24(1), 14-28.
- สุชีรา จันครา บุญเรียง ขจรศิลป์ และชานนท์ จันทรา. (2561). การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ GPAS และการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดดอนเมือง (ทหารอากาศอุทิศ) สังกัดกรุงเทพมหานคร. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20(1), 196-210.
- สุดาพร ตีบบาละ. (2563). ผลการใช้รูปแบบการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับการฝึกเชิงพุทธิปัญญาที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ (การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองการศึกษามหาบัณฑิต). พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา.
- สดใส ศรีฤตา. (2557). การใช้การประเมินระหว่างสอนของครูเพื่อปรับการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนที่ใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- หนึ่งฤทัย มะลาไวย์, อรพินทร์ ชูชม และนริสรา พิงโพธิ์สภ. (2565). การทำงานเป็นทีมของนักเรียน: ปัจจัยเชิงสาเหตุ ข้อเสนอแนะในการวิจัย. Journal of Roi Kaensarn Academi, 7(3), 425-438.
- อนุวัติ คุณแก้ว. (2565). การทดสอบ การวัดผล และประเมินผลการศึกษาแนวใหม่. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัครพล พรมตรุษ. (2565). การพัฒนาความเข้าใจโมทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการแบบเปิด: การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน. ศึกษาสารธรรมมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 6(2), 61-75.
- อรรณา วงศ์พัฒนกิจ. (2565). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีการสอนแบบเปิดร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อัมพร ม้าคนอง. (2553). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Inprasitha, M. (2010). "One Feature of Adaptive Lesson Study in Thailand-Designing Unit". In C. S. Cho, S. G. Lee, & Y. H. Choe (Eds.), Proceeding of the 45th Korean National Meeting of Mathematics Education(pp.193-206). Korea: Dongkook University, Gyeongju.
- Niss, M., & Højgaard, T. (2019). Mathematical competencies revisited. Educational Studies in

- Mathematics, 102(1), 9–28. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-09903-9>
- Niss, M. & Jensen, T. H. (2002). *Competencies, Skills, and Assessment*. The Ministry of Education, Copenhagen Denmark.
- Steen, L.A. (2001). *Mathematics and democracy: The case for quantitative literacy*. Princeton, NJ: National Council on Education and the Disciplines.
- Sun, L., & Xiao, L. (2023). *An SEM Model of Learning Engagement and Basic Mathematical Competencies Based on Experiential Learning*. *Applied Sciences*, 13(6), 3650.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2009). *Measuring Student Knowledge and Skills –A new Framework for Assessment*. OECD PUBLICATION: France.
- _____. (2019), “PISA 2018 Mathematics Framework”, in PISA 2018 Assessment and Analytical Framework, OECD Publishing, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/13c8a22c-en>.
- Patamavipat, S. (2014). *Assessment of mathematical literacy of PISA 2015*. *IPST Magazine*, 42(188), 35-39. [in Thai]