

**การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา:
วิธีการ ความหวัง และความท้าทาย**
**MATHEMATICS LEARNING BASED ON STEM EDUCATION:
APPROACH, EXPECTATION, AND CHALLENGE**

วนินทร สุภาพ^{1*}
Wanintorn Supap^{1*}

¹คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

¹Faculty of Education, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

Corresponding Author, E-mail: wsupap@gmail.com

บทคัดย่อ

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปแก้ปัญหาต่างๆ ในชีวิตจริง และช่วยให้ผู้เรียนตระหนักในคุณค่าของการเรียนรู้แต่ละวิชา การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในประเทศไทยยังขาดความชัดเจนและเอกลักษณ์ตามลักษณะและธรรมชาติของวิชาคณิตศาสตร์ไป ดังนั้น การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นวิชาคณิตศาสตร์เป็นแกนของเรื่องจึงนับว่าเป็นภารกิจที่ท้าทาย ในขณะเดียวกันก็เป็นความหวังอีกทางหนึ่งในการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนใช้แนวคิดและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการออกแบบทางวิศวกรรมตามที่มาของแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอไว้ในบทความนี้ รวมถึงตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา การเรียนรู้คณิตศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้

Abstract

STEM education is an interdisciplinary approach to integrate four disciplines of science, technology, engineering design process, and mathematics into learning experience for students to learn and realize the importance of subjects. In Thailand, STEM-based mathematics learning is still ambiguous the properties of mathematics and its nature are needed to be clarified in the learning design. Therefore, STEM-based mathematics learning is a challenge for teachers and should be further developed the approach of integrating mathematical process skills to science, technology and engineering design process. This article proposed the approach of STEM-based mathematics learning design and activities, as well as, examples of STEM-based mathematics learning activities in primary and secondary education.

Keywords: STEM Education, Mathematics Learning, Learning Activity

บทนำ

เมื่อพูดถึงคณิตศาสตร์คนทั่วไปมักจะเข้าใจว่าเป็นเรื่องของตัวเลขและการคำนวณ ซึ่งเป็นความหมายของคณิตศาสตร์อย่างแคบๆ แต่ที่จริงแล้วคณิตศาสตร์ยังเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความเป็นเหตุเป็นผล ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลายและมีความน่าสนใจภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์เอง (The American Association for the Advancement of Science: AAAS, 2009) การมองความหมายหรือความสำคัญของคณิตศาสตร์นั้นก็อาจแตกต่างกันไปตามมุมมอง สำหรับนักคณิตศาสตร์ ความสำคัญของคณิตศาสตร์นั้นอยู่ที่ความสวยงามในเนื้อหาคณิตศาสตร์และความท้าทายทางสติปัญญา และสำหรับนักวิทยาศาสตร์หรือวิศวกร คุณค่าสูงสุดของคณิตศาสตร์อยู่ที่การนำไปประยุกต์ใช้กับศาสตร์อื่น ซึ่งในปัจจุบันคณิตศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์กับหลากหลายสาขาวิชา ได้แก่ เศรษฐศาสตร์ อุตสาหกรรม ดนตรี ประวัติศาสตร์ การเมือง การกีฬา การแพทย์ เกษตรกรรม วิศวกรรม สังคม และวิทยาศาสตร์ การประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นนั้นมีทั้งระดับพื้นฐานที่เป็นการใช้งานของจำนวนและการดำเนินการพื้นฐานและระดับประยุกต์ใช้ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น แม้ความหมายและขอบเขตของคณิตศาสตร์จะเปลี่ยนแปลงไปตามมุมมองของมนุษย์ในแต่ละยุคสมัย แต่ลักษณะและธรรมชาติของคณิตศาสตร์ที่ยังคงเป็นจริงในทุกยุคสมัยมีดังนี้ (Makanong, 2014)

1. คณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นนามธรรม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ในการสื่อความหมาย เช่น การใช้จำนวนในการสื่อปริมาณว่ามากน้อยเพียงใด การใช้เครื่องหมายบวก (+) แทนการรวมกันของสิ่งของ
2. คณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ไม่มีเหตุมีผลและสามารถพิสูจน์ได้ เช่น การพิสูจน์ว่า ผลรวมของขนาดของมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมเป็น 180 องศา
3. คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์แห่งความรู้ที่เป็นระบบ มีโครงสร้าง และแบบแผนที่ชัดเจน เช่น ระบบจำนวนเป็นระบบที่ประกอบด้วยจำนวนประเภทต่างๆ โดยมีโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของจำนวนชัดเจน
4. คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ การคิด และการแก้ปัญหา เช่น การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา
5. คณิตศาสตร์มีความเป็นสากล สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เช่น คำอธิบายเกี่ยวกับจุด เป็นที่เข้าใจตรงกันทั่วโลก วิธีแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่ใช้กันเป็นสากลทั่วไป

การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์จึงควรเน้นให้ความสำคัญกับลักษณะและธรรมชาติของคณิตศาสตร์เพื่อให้เข้าในคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง ดังนั้นผู้เรียนควรได้รับการพัฒนาองค์ความรู้คณิตศาสตร์ควบคู่ไปกับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ วิทยาการต่างๆ และเทคโนโลยี ควรได้รับการฝึกปฏิบัติการคิดเชิงคณิตศาสตร์และมีความคุ้นเคยกับแนวคิด ทักษะและกระบวนการที่สำคัญทางคณิตศาสตร์ ส่งผลต่อการพัฒนากระบวนการคิด ความเป็นเหตุเป็นผล และเป็นรากฐานของการพัฒนาทักษะอื่นๆ ที่สำคัญในการดำรงชีวิตต่อไป

ความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

คณิตศาสตร์ถือว่าเป็นรากฐานสำหรับการเรียนรู้วิชาอื่นๆ ในกลุ่มสะเต็มศึกษาไม่ว่าจะเป็นวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) หรือวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ซึ่งล้วนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ได้ทั้งสิ้น

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสัมพันธ์กับคณิตศาสตร์อย่างใกล้ชิดมายาวนาน เนื้อหาวิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจ ขวนให้นาสารตรวจสอบ และคณิตศาสตร์ก็เป็นเครื่องมืออันทรงประสิทธิภาพของวิทยาศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่คิดค้นและพัฒนาโดยนักคณิตศาสตร์แล้วภายหลังก็กลายเป็นประโยชน์กับวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ยังพยายามค้นหาแบบรูปและความสัมพันธ์อื่นๆ ร่วมกัน (AAAS, 2009) องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้สนับสนุนการศึกษาวิทยาศาสตร์ในหลายๆ ขั้นตอน ไม่ว่าจะเป็นการวัดปริมาณพื้นฐานต่างๆ ทั้งความยาว มวล เวลา อุณหภูมิ ปริมาณสารออกมาเป็นจำนวนเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่างๆ รวมถึงการเขียนและการเปลี่ยนหน่วยต่างๆ เหล่านี้ซึ่งต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาเกี่ยวข้องและการทำการทดลองวิทยาศาสตร์ก็จำเป็นต้องมีการรวบรวมข้อมูลและประมวลผลข้อมูลต่างๆ โดยใช้กระบวนการทางสถิติอีกด้วย (Maiduang, 2014)

คณิตศาสตร์ยังเปรียบเหมือนเป็นภาษาหลักในการสื่อสารหรือถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสัญลักษณ์หรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นมีคุณค่าอย่างมากกับการอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้กระจ่างชัด เช่น $a = F/m$ ไม่เพียงแต่เป็นสัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์อย่างสั้นๆ ในการอธิบายว่าความเร่งของวัตถุขึ้นอยู่กับแรงที่กระทำต่อมวลเท่านั้น แต่ยังเป็นความแม่นยำของการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ยิ่งไปกว่านั้นคณิตศาสตร์ยังเป็นเหมือนหลักภาษาหรือไวยากรณ์สำหรับวิทยาศาสตร์ คือเป็นกฎในการวิเคราะห์แนวคิดและข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ อีกด้านหนึ่งคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ยังมีรูปแบบหรือคุณสมบัติเหมือนกัน เช่น การให้ความสำคัญกับลำดับวิธีการ ความสัมพันธ์ระหว่างจินตนาการและการให้เหตุผล แนวคิดเกี่ยวกับความเที่ยงตรงและเปิดกว้างของข้อมูล มีความเป็นสากล และการพัฒนาการใช้เทคโนโลยีเพื่อเปิดประตูสู่ความรู้ใหม่ๆ

คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีก็มีการพัฒนาความรู้ที่เป็นประโยชน์ร่วมกัน การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในเรื่องของการสร้างระบบที่มีการเชื่อมโยงและมีสัมพันธ์กันเชิงตรรกศาสตร์ เช่น การพัฒนาฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์ และเทคนิคการโปรแกรมต่างๆ ใช้อธิบายระบบที่มีความซับซ้อนของคอมพิวเตอร์ ในการสร้างหรือการออกแบบแบบจำลอง หรือการดำเนินการเชื่อมต่อที่สามารถทำได้หลากหลายวิธีในการหารูปแบบที่มีความคุ้มค่าหรือมีประสิทธิภาพมากที่สุด เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เป็นอีกสาขาหนึ่งที่ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ทั้งการพิสูจน์แนวคิดต่างๆ และการแก้ปัญหาแบบต่อเนื่อง อีกแง่หนึ่งเทคโนโลยีเป็นการนำทรัพยากรที่มีมาสร้างสิ่งของ เครื่องใช้ ผลิตภัณฑ์ผ่านการทำงานอย่างเป็นกระบวนการ เพื่อช่วยแก้ปัญหาของมนุษย์และเพิ่มความสามารถในการทำงานและการดำรงชีวิตให้มีความสะดวกสบาย รวดเร็วและปลอดภัย จะเห็นว่าเทคโนโลยีมีการพัฒนาอยู่เรื่อยๆ โดยมีเป้าหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้สูงขึ้น ซึ่งประสิทธิภาพในการสร้างสรรค์เทคโนโลยีสามารถแสดงได้ด้วยความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ (Maiduang, 2014)

วิศวกรรมศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับการออกแบบและปรับปรุงอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรและเทคโนโลยีที่บรรลุความต้องการ สภาพปัญหาหรือข้อจำกัดต่างๆ เนื่องจากการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์นั้น มุ่งเน้นผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ได้จริง ดังนั้นวิศวกรจึงต้องมีกระบวนการทำงานอย่างเป็นระบบ ใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือร่วมกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหา ในการพัฒนาออกแบบ วิเคราะห์และหาทางแก้ปัญหาที่ยั่งยืน และปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์มักจะมีวิธีการแก้ปัญหาได้หลายวิธี วิศวกรจึงจำเป็นต้องเป็นผู้รอบรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพื่อให้นำความรู้เหล่านั้นมาใช้แก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย

อย่างไรก็ดี การแก้ปัญหาทางวิศวกรรมในส่วนของระดับศึกษานั้น ไม่จำเป็นจะต้องเป็นปัญหาระดับสูงที่วิศวกรมีหน้าที่แก้ปัญหาในการทำงานจริง แต่อาจเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันซึ่งสามารถใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ช่วยในการแก้ปัญหา โดยในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมนั้นอาจไม่

จำเป็นต้องใช้ความรู้ทั้งทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี พร้อมกันทั้งหมด แต่อาจเลือกใช้เพียงบางด้านก็ได้ ดังนั้น นักเรียนก็สามารถแก้ปัญหาทางวิศวกรรมได้ หากมีการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีมาช่วยในการแก้ปัญหาอย่างมีกระบวนการ โดยไม่ได้ใช้วิธีลองผิดลองถูกแต่เพียงอย่างเดียว กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้น ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก (NRC, 2012) คือ 1) การกำหนดขอบเขตของปัญหา เงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ 2) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ที่มีหลายหลากวิธีการ และควรมีกระบวนการเพื่อหาวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุด ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ และ 3) การทำให้วิธีการแก้ปัญหา มีความคุ้มค่ามากที่สุด ควรมีกระบวนการที่วิธีการแก้ปัญหาจะถูกตรวจสอบอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้วิธีการทำสุดที่พัฒนาหรือปรับปรุงแล้วมีประสิทธิภาพที่สุด

สะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ 4 สาขาวิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงสู่สถานการณ์ปัญหาในชีวิตหรือเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ของผู้เรียน (Vasquez, et al., 2013) ซึ่งลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วยหลักการ 5 ข้อ คือ ผู้สอนจะต้อง (1) เน้นการบูรณาการ (Focus on Integration) ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะของ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ในระหว่างการเรียนรู้ ตั้งแต่ 2 สาขาวิชาขึ้นไป (2) สร้างความเชื่อมโยง (Establish Relevance) สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพของผู้เรียนในอนาคต (3) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (Emphasize Twenty-First-Century Skills) ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ (4) มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด (Challenge Your Students) และ (5) จัดกิจกรรมที่หลากหลาย (Mix It Up) เน้นกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น (active learning) ของผู้เรียน

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาความรู้ ความคิดคิด ทักษะกระบวนการ และเจตคติผ่านกิจกรรมที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2016b) ซึ่งมีหลายรูปแบบทั้งในรูปแบบของการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา (Problem-based Learning) การทำโครงการ (Project-based Learning) การทำวิจัย (Research-based Learning) การสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ การเชื่อมโยงความรู้ที่เรียนกับปัญหาในชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพ การเรียนรู้จากผู้ประกอบอาชีพสะเต็ม หรือที่เรียกว่า ทูตสะเต็ม (STEM Ambassador) รวมถึงการเรียนรู้อย่างเข้มข้นในวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบการบูรณาการไปได้ตามความเหมาะสมของเนื้อหาหรือตามบริบทสภาพแวดล้อมและความสอดคล้องที่เป็นจริงในโรงเรียน โดยสิ่งที่คำนึงจากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้เรียน มีดังนี้ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2016a)

1. จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด
 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมต่างๆ ให้หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมทำงานด้วยกัน
 3. จัดประสบการณ์ตรงให้แก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นจริงหรือเกิดขึ้นจริงในชีวิต และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้
 4. จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าในการแสดงออก โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่ม และในชั้นเรียนสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนในการกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา
 5. ปลุกฝังจิตสำนึก ค่านิยมและจริยธรรม ที่ถูกต้องและดีงาม โดยสอดแทรกในกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะความถูกต้องและดีงามในการดำรงชีวิตในสังคมได้
- การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จึงเป็นการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ไปสู่วิทยาศาสตร์อื่นอย่างมีความหมาย

การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์

จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการใช้แนวคิดและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผสมผสานกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ และเห็นว่าคณิตศาสตร์นั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ในชีวิตประจำวัน โดยมีเป้าหมายหลักในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้คณิตศาสตร์ (math literate) คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกันรวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี ซึ่งการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้นอาจไม่จำเป็นต้องบูรณาการให้ครบทุกรายวิชา (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2016a) แต่ต้องมีจุดเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะต่างๆ ในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยทักษะสำคัญที่ต้องเน้นได้แก่ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งประกอบด้วย ทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยี ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร

การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาถือเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้สอนคณิตศาสตร์ได้จัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมายและน่าดึงดูดใจผู้เรียน ซึ่งอาจจะไม่ใช่ของใหม่สำหรับผู้สอนบางท่านที่เน้นการบูรณาการคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นอย่างสม่ำเสมอ ปัจจุบันทุกโรงเรียนได้มีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา แต่สำหรับผู้สอนคณิตศาสตร์ที่พยายามจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยความที่มุ่งเน้นการบูรณาการและให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นๆ จึงทำให้พลาดแนวคิดสำคัญทางคณิตศาสตร์ไป หรือแนวคิดสำคัญทางคณิตศาสตร์ถูกลดความสำคัญลงไป จนใช้เพียงแนวคิดพื้นฐาน เช่น การบวก การลบ การคูณ และการหาร ซึ่งนอกจากผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ผ่านการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแล้วอุปนิสัยในการคิด (Habit of mind) ที่ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญที่ควรปลูกฝังให้กับผู้เรียนก็เกิดขึ้นด้วย (Hefty, 2015) ด้วยการทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์เมื่อเริ่มเรียนคณิตศาสตร์เนื้อหาใหม่ การบูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการประยุกต์ใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง และเป็นการทำให้บทเรียนมีความน่าสนใจ และส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้คือหลักฐานที่มีการเชื่อมโยงระหว่างหลักสูตร การให้โอกาสผู้เรียนฝึกให้เหตุผลกับปัญหาที่มีความซับซ้อน วิเคราะห์คำตอบอย่างหลากหลาย และสื่อสารถึงแนวคิดและผลลัพธ์ที่ได้ จัดเป็นการฝึกอุปนิสัยการคิดร่วมกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ หรืออีกนัยหนึ่งอาจเรียกเป็นจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์(Mathematical habit of mind) และยังช่วยเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอีกด้วย

การออกแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (Robert, 2013 as cited in Kijkuakul, 2015; Chanprasert, 2015) มีขั้นตอน ดังนี้

1. เลือกมาตรฐานและตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้หลัก ในที่นี้คือ สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ผู้สอนต้องวิเคราะห์หลักสูตร พิจารณาเลือกมาตรฐานและตัวชี้วัดที่สามารถบูรณาการความรู้ไปใช้แก้ปัญหา สร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรม เพื่อให้ได้ขอบเขตของสาระการเรียนรู้แกนกลางหรือเนื้อหาหลัก และนำไปสู่จุดประสงค์การเรียนรู้ และอาจกำหนดให้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และ/หรือกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาอังกฤษและเทคโนโลยี เป็นสาระการเรียนรู้รอง
2. เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน เพื่อพัฒนาคำถาม ระบุประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้ในชั้นที่ 1 ซึ่งควรเป็นเรื่องที่ท้าทายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง หรืออิงเข้ากับบริบทหรือปัญหาทางสังคม เช่น การสร้างของเล่นอย่างง่าย การคิดภาษี อัตราการแลกเปลี่ยนเงิน เป็นต้น
3. เลือกสาระการเรียนรู้รอง ที่สนับสนุนสาระการเรียนรู้หลัก ในที่นี้ผู้สอนจะต้องเลือกกว่ามีสาระการเรียนรู้รองเรื่องใดที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้หลักที่กำหนดไว้ในชั้นที่ 1 อาทิ สาระการเรียนรู้หลักเกี่ยวกับ เลขยกกำลัง สาระการเรียนรู้รองอาจเป็นสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการแบ่งตัวของเซลล์ที่เรีย และสาระการเรียนรู้ภาษาอังกฤษและเทคโนโลยีเกี่ยวกับการสร้างภาพจำลอง
4. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ การจัดการเรียนรู้ต้องยึดสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นสำคัญ สำหรับสาระการเรียนรู้รองให้จัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหา สามารถนำเนื้อหาเหล่านี้ไปใช้ให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หลัก
5. ออกแบบการประเมินผลการเรียนรู้ จะต้องมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์และวิธีการจัดการเรียนรู้ เพื่อการพัฒนาผู้เรียนให้เต็มศักยภาพโดยมีกระบวนการที่สามารถสร้างสรรค์ผลลัพธ์ได้อย่างยอดเยี่ยม การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้นเน้นการประเมินผลในสภาพจริง และสิ่งที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน เช่น หัวข้อในการประเมินได้แก่ กระบวนการออกแบบ ความสำเร็จของงาน ประสิทธิภาพของผลงาน การนำเสนอผลงานและการสื่อสาร รวมถึงการทำงานร่วมกันของผู้เรียน

รูปแบบและกระบวนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

แนวคิดสะเต็มศึกษาจะเน้นการส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถดำเนินการได้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีหลายรูปแบบ อาทิ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ NRC (2012) ประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของ

สถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป ซึ่งแนวคิดของ NRC (2012) ก็เป็นแนวคิดที่ สสวท. ใช้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในปัจจุบัน ดังแสดงในภาพ 1



ภาพ 1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2016a, p. 17

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ Billiar, et al. (2014) ได้เสนอไว้ 8 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ระบุปัญหา/ความต้องการ คือทำความเข้าใจปัญหาให้ชัดเจน 2) ศึกษาวิจัย จัดลำดับเป้าหมายและข้อจำกัด คือ รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์บริบทเพื่อจัดลำดับความสำคัญของเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสภาพปัญหา 3) หาวิธีการแก้ปัญหาที่จะเป็นไปได้ คือ การรวบรวมแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดภายใต้ข้อจำกัด 4) เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัด คือ เลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าที่สุด 5) สร้าง

ต้นแบบหรือโมเดลของการแก้ปัญหา คือ ดำเนินการพัฒนาต้นแบบตามวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดที่เลือกไว้ 6) ทดสอบ/ประเมินผลการแก้ปัญหา คือการทดสอบโดยนำไปใช้จริง 7) นำเสนอ/สื่อสารผลการประเมิน คือ การนำเสนอและอภิปรายผลเพื่อรับการสะท้อนผลและคำแนะนำ และ 8) ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบของการแก้ปัญหา คือการปรับปรุงแก้ไขตามผลการประเมิน การสะท้อนผลและคำแนะนำ

ถึงแม้ว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะมีหลายรูปแบบ แต่ก็มีส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่

1) ปัญหาหรือความต้องการ 2) แนวทางการแก้ปัญหา 3) การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา และ 4) การทดสอบและประเมินผล (Thongchai, 2013) ซึ่งเป็นเพียงกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มาซึ่งชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ต้องมีการทดสอบปรับปรุงแก้ไข คิดค้นแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะคล้ายกันกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีปัญหาหรือข้อสงสัย การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการลงข้อสรุป จึงมีผู้นำเสนอการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E (Chanprasert, 2015) อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ยังสามารถใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้เช่นเดิม เพียงแต่ในชั้นเรียนควรให้มีการปฏิบัติด้วยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ซึ่งอาจเป็นลักษณะของโครงการ (project-based learning) การใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem-based learning) ให้มากขึ้นและเน้นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง และยึดถือแนวปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ ที่เน้นความสำคัญของการใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน (Vasquez, et al., 2013) ดังนี้

1. ทำความเข้าใจและพยายามแก้ปัญหา คือ ผู้เรียนที่มีความชำนาญทางคณิตศาสตร์จะเริ่มต้นด้วยการอธิบายถึงความหมายของปัญหานั้น และหาจุดที่นำไปสู่คำตอบ จะมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้และคอยถามตนเองว่าคำตอบนั้นเป็นไปได้หรือไม่

2. ใช้ตัวเลขในการให้ความหมายหรือเหตุผล คือ ผู้เรียนจะตรวจสอบข้อมูลที่มีอยู่และความสัมพันธ์ของข้อมูล รู้จักวิธีการที่จะจัดการกับสมบัติที่แตกต่างกันของตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์และสิ่งที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา

3. สร้างข้อโต้แย้งและสามารถวิพากษ์การให้เหตุผลของผู้อื่น คือ ผู้เรียนเข้าใจและใช้เหตุผลในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา สร้างความเชื่อมโยง และความเป็นตรรกะของข้อความต่างๆ เพื่อสนับสนุนความคิด จะฟังและอ่านข้อโต้แย้งของผู้อื่นแล้วตัดสินใจว่าข้อโต้แย้งนั้นสมเหตุสมผลหรือไม่ แล้วจะตั้งคำถามที่คิดว่ามีประโยชน์เพื่อให้ข้อโต้แย้งนั้นกระจ่างหรือไม่

4. ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้างโมเดล คือ ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่รู้อยู่แล้วเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน สังคมหรือการทำงาน

5. ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา คือ ผู้เรียนจะพิจารณาเครื่องมือที่เป็นไปได้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา หรืออาจจะใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีช่วยในการสำรวจหรือเพิ่มความเข้าใจในความคิดรวบยอดของตนมากยิ่งขึ้น

6. ให้ความสำคัญกับความแม่นยำ คือ ผู้เรียนพยายามสื่อสารอย่างแม่นยำกับผู้อื่น คำนวณอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ และอธิบายคำตอบเชิงตัวเลขตามบริบทที่เหมาะสมของสถานการณ์ปัญหา

7. พยายามหาวิธีการและใช้โครงงานในการแก้ปัญหา คือ ผู้เรียนมองเห็นอย่างกระจ่างถึงรูปแบบของปัญหา เห็นองค์ประกอบย่อยๆ หรือแยกแยะองค์ประกอบย่อยของปัญหาได้ เพื่อที่จะเข้าใจถึงขั้นถ้าสถานการณ์ปัญหามีความซับซ้อนขึ้น

8. มองหาและนำเสนอระเบียบวิธีในการให้เหตุผล คือ ผู้เรียนจะสังเกตถ้ามีการคำนวณซ้ำและมองเห็นทั้งวิธีการทั่วไปและวิธีลัดในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น

ผู้สอนสามารถเลือกกระบวนการจัดการเรียนรู้ได้ตามแนวทางที่ผู้สอนเข้าใจและสามารถนำไปปฏิบัติได้ชัดเจนที่สุด

ตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตัวอย่างกิจกรรมต่อไปนี้ เป็นการนำเสนอแนวคิดสำหรับการประยุกต์ใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา

1. กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา

การบูรณาการการเรียนรู้แบบสะเต็มในระดับประถมศึกษา ก่อนข้างจะจัดกิจกรรมได้อย่างหลากหลายและเหมาะที่จะจัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานได้อย่างสูงสุดและมีความหมายเห็นความเชื่อมโยงกันของศาสตร์ต่างๆ คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์จะมีความเกี่ยวเนื่องกันค่อนข้างมาก เมื่อผู้เรียนสืบค้นหรือสืบเสาะหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ มักมีการเปรียบเทียบเรื่องการวัด เช่น พืชต้นใดสูงที่สุด หรือพื้นเอียงอันใดทำให้รถแล่นมาด้วยความเร็วสูงสุด หรือเมื่อผู้เรียนตรวจสอบวัตถุที่พบเห็นในธรรมชาติอย่างใกล้ชิด ก็จะมีส่วนที่เป็นวิชาคณิตศาสตร์อยู่ด้วย เช่น รูปสมมาตร รูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับเทคโนโลยีก็สามารถนำมาบูรณาการกับวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาได้ ผ่านเครื่องมือที่ผู้เรียนใช้สังเกตทดลองและวัด เช่น แนวนขยาย กล้องจุลทรรศน์มีหลายแบบ หรือเครื่องมือเทคโนโลยีที่อาศัยหลักการของเครื่องกลอย่างง่าย เช่น มิตพลาสติก ที่กรองหรือกรวย และผู้เรียนอาจใช้เทคโนโลยีเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ด้วยโดยเฉพาะเรื่องการวัด เครื่องชั่ง เทอร์โมมิเตอร์ กังหันลม ถ้วยตวง ช้อนตวง และนาฬิกาจับเวลา เป็นตัวอย่างเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการสำรวจทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้กล้องสลับลาย (kaleidoscopes) และกระจกช่วยให้ผู้เรียนสร้างภาพที่มีลักษณะสมมาตรได้ (Moomaw, 2015) ตาราง 1 แสดงตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งปรับปรุงมาจาก Hefty (2015)

ตาราง 1 ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในระดับอนุบาลและประถมศึกษา

ชั้น	กิจกรรมการเรียนรู้	ข้อจำกัดของกิจกรรม	ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์
อนุบาล	ตัวการ์ตูนหัวไข่โตดลงผนังอย่างปลอดภัย	การทำให้ไข่ตกในระยะความสูง 1 เมตรโดยไม่แตก	การวัดความสูง
ป.1	หอคอย LEGO®	การต่อเลโก้ที่มีความสูง 50-60 ซม. ด้วยรูปแบบสีต่างกัน ที่ทนต่อแรงลมพัด	- แบบรูป - การวัดความสูง
ป.2	เครื่องหย่อนลูกหิน	การปล่อยลูกหินให้กลิ้งไปโดยเปลี่ยนแปลงทิศทางอย่างน้อย 3 ครั้ง และมีระยะความสูงที่ปล่อยอย่างน้อย 1 เมตร	- การวัดความสูง - การวัดมุม - การบอกเวลา
ป.3	แสงเลเซอร์วากวน	- แสงเดินทางจากเลเซอร์ไปยังเป้าหมาย	- การวัดความสูง - การวัดมุม

ชั้น	กิจกรรมการเรียนรู้	ข้อจำกัดของกิจกรรม	ความคิดรวบยอดทาง คณิตศาสตร์
ป.4	รถ 4 ล้อ	- แสงสะท้อนอย่างน้อย 3 ครั้ง รถที่เคลื่อนที่ได้ด้วยยางวงและ พลังงาน	- การวัดระยะทาง - การบอกระยะเวลา - การวัดความเร็ว
ป.5	สะพาน	- สะพานที่ทนต่อแรง 5 นิวตัน - ความคุ้มค่า	- การวัดแรง - การวิเคราะห์ราคาและต้นทุน
ป.6	แผนที่บ้าน	แผนที่บ้านภายในกระดาษ A4	- การบอกตำแหน่งโดยใช้ทิศ - มาตราส่วน

เมื่อตั้งเป้าหมายเป็นกระบวนการหรือชิ้นงานแล้ว การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้สถานการณ์หรือบริบทใดก็ตามสามารถทำได้หลากหลายมาก ขึ้นอยู่กับความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความพยายามของผู้สอน ในบทความนี้จะขออธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากที่ยกตัวอย่างในตารางข้างต้น เช่น รถ 4 ล้อ ที่สามารถเชื่อมโยงไปได้ในรูปแบบต่างๆ และทุกสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สถานการณ์: ผู้เรียนต้องการสร้างรถเป็นของเล่น จากวัสดุที่หาง่ายหรือวัสดุเหลือใช้ภายในบ้าน เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายหรือสามารถหารายได้พิเศษในช่วงเวลาว่าง และอาจจะมีการแข่งขันเพื่อเพิ่มความสุขสนุกสนาน และมีส่วนร่วมกับเพื่อนๆ ในชั้นเรียน

ข้อจำกัด: สร้างรถที่วิ่งได้ระยะทางอย่างน้อย 1 เมตร หรือ สร้างรถที่วิ่งได้เร็วที่สุดภายในระยะเวลาการสร้างที่จำกัด หรือ สร้างรถที่แข่งขันกับเพื่อนแล้ววิ่งได้เร็วที่สุด หรือ สร้างรถที่มีค่าใช้จ่ายประหยัดที่สุดและวิ่งได้

รูปแบบกิจกรรม: การให้ผู้เรียนสร้างรถจากวัสดุที่กำหนดให้ อาจจะเป็นแผ่นยางหรือพลาสติกเหลือใช้ โดยผู้เรียนจะได้ออกแบบรถด้วยการวาดเป็นแบบร่างก่อน ให้มีองค์ประกอบและโครงสร้างอย่างรถในชีวิตจริง แล้วเลือกใช้วัสดุเพื่อทำการสร้างรถ คำนวณค่าใช้จ่ายและความคุ้มค่าของการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ คำนึงถึงการใช้พลังงานให้รถเคลื่อนที่ได้ มีการสร้างรถ ทดลองวิ่ง ปรับปรุงแบบร่าง เปลี่ยนแปลงวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ดำเนินการสร้างและทดลองวิ่ง ปรับปรุงจนได้รถที่วิ่งได้ และมีการบันทึกระยะทาง เวลาเพื่อหาอัตราเร็วของรถที่เปลี่ยนไป หรือที่แตกต่างกันในแต่ละการทดลองวิ่ง

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์: สามารถเชื่อมโยงไปได้ทุกสาระ

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ: การนับสิ่งของต่างๆ เช่นวัสดุอุปกรณ์ หรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เช่น การคำนวณค่าใช้จ่าย หรือเศษส่วนและทศนิยมจากการจำแนกจำนวนวัสดุต่างๆ

สาระที่ 2 การวัด: การวัดมวลน้ำหนักของรถ วัดระยะทาง การบอกระยะเวลา การเลือกใช้เครื่องมือในการวัดระยะทางให้แม่นยำ เลือกหน่วยการวัดที่เหมาะสม

สาระที่ 3 เรขาคณิต: รูปเรขาคณิตสามมิติขององค์ประกอบต่างๆ ของรถ

สาระที่ 4 ฟิสิกส์: สมการความเร็วของรถ ความสัมพันธ์ของระยะทางและเวลา

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น: การเก็บและรวบรวมข้อมูลที่ได้ การบันทึกข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การแก้ปัญหาในการสร้างรูป การให้เหตุผล ประกอบข้อมูลต่างๆ เช่น ความคุ้มค่า การหาอัตราเร็ว การนำเสนอข้อมูลระยะทางและเวลาที่บันทึกได้

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: ประเภทและสมบัติของวัสดุพื้นผิวประเภทต่างๆ เช่น ยาง พรม กระเบื้อง คอนกรีต การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน และพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่รถ

สาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี: การเลือกใช้วัสดุเหลือใช้ การประดิษฐ์สิ่งของ เศรษฐกิจพอเพียง หรือการสืบค้นข้อมูลต่างๆ

2. กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา

การบูรณาการการเรียนรู้แบบสะเต็มในระดับมัธยมศึกษา จะเน้นการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ซับซ้อนขึ้น และใช้ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาต่างๆ อาจมีความกังวลสำหรับผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษามากกว่าระดับ ประถมศึกษา เนื่องจากความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้จะไม่ใช่อันดับพื้นฐานหรืออย่างง่าย เช่น การนับจำนวน การบวกลบคูณหารระยะคน ดังนั้นกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษาจะต้องตระหนักถึงตัวชี้วัดในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นสำคัญ ตาราง 2 แสดงตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาของ สสวท. (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2016b)

ตาราง 2 ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในระดับมัธยมศึกษา

ชั้น	กิจกรรมการเรียนรู้	ข้อจำกัดของกิจกรรม	ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์
ม.1	ศรลมชวนคิด	ศรลมที่หมุนได้คล่อง	การหาพื้นที่รูปเรขาคณิตสองมิติ
ม.2	กลไกช่วยได้	รถจำลองที่แล่นได้บนทางเรียบ ด้วยระบบเฟือง	อัตราส่วน
ม.3	พลังน้ำ	แบบจำลองกังหันน้ำ จากวัสดุ อุปกรณ์ที่มีอยู่	การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบ ตาราง แผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูป วงกลม กราฟเส้น
ม.4	บันจิจัมป์	บันจิจัมป์ที่ทำให้ถุงทรายตกลงใกล้ พื้นมากที่สุดและไม่กระทบพื้น	อัตราส่วนตรีโกณมิติ
ม.5	ถุงประคบร้อน	เลือกผลิตภัณฑ์ที่จะทำถุงประคบ ร้อน และพิจารณาลักษณะของถุง ประคบร้อนให้คงความร้อนได้ใน ระยะเวลาที่กำหนด	เรขาคณิตเพื่อการออกแบบ
ม.6	สัญญาณกันขโมย	ออกแบบอุปกรณ์สัญญาณกันขโมย เป็นภาพวาดหรือภาพร่าง 3 มิติ โดยคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรอย่าง ประหยัด	การหาค่าความจริงของประพจน์

กิจกรรมการเรียนรู้จะดึงดูดความสนใจของผู้เรียนมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับการออกแบบกิจกรรม และความสนใจของผู้เรียน ในที่นี้จะขออธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากที่ยกตัวอย่างในตารางข้างต้น คือ ถุงประคบร้อน ที่สามารถเชื่อมโยงไปได้กับทุกสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สถานการณ์: ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน อาจจะมีการเจ็บป่วยเล็กน้อยเกิดขึ้นได้ เช่น การปวดเมื่อยตามร่างกาย หรือ อุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้กับร่างกาย เช่น ข้อเท้าแพลง เคล็ด ฟกช้ำ ซึ่งการประคบร้อนจะช่วยบรรเทาอาการต่างๆ ได้ ซึ่งผู้เรียนสามารถทำถุงประคบร้อนสำหรับใช้เอง หรือใช้ภายในครอบครัวได้ ด้วยอุปกรณ์ที่มีส่วนกับการออกแบบเพื่อการใช้งานอย่างเหมาะสมและปลอดภัย

ข้อจำกัด: ทำถุงประคบร้อนโดยเลือกผลิตภัณฑ์ ลักษณะและวิธีการที่ทำให้ถุงประคบร้อนมีอุณหภูมิและคงความร้อนได้ในระยะเวลาที่กำหนด

รูปแบบกิจกรรม: การให้ผู้เรียนออกแบบถุงประคบร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียสและคงความร้อนได้นานอย่างน้อย 15 นาที โดยเริ่มต้นจากการเลือกใช้สารเคมีต่างๆ ที่มีในบ้านด้วยสัดส่วนที่เหมาะสม เช่น น้ำส้มสายชูผสมโซดาไฟ และออกแบบผลิตภัณฑ์บรรจุจากวัสดุต่างๆ เช่น ถุงพลาสติก ลูกโป่ง ผ้า หรือโฟม โดยผู้เรียนต้องวาดภาพร่างออกแบบถุงประคบร้อนพร้อมระบุส่วนประกอบต่างๆ และดำเนินการวางแผนและลงมือทำถุงประคบร้อนตามแนวคิดและวิธีการที่ออกแบบไว้ ทำการวัดอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อน พร้อมตรวจคุณภาพถุงประคบร้อน ปรับปรุงแก้ไข จนได้ถุงประคบร้อนตามเงื่อนไขที่กำหนดและอภิปรายแลกเปลี่ยนกับเพื่อนกลุ่มอื่นๆ

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์: สามารถเชื่อมโยงไปได้ทุกสาระ

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ: เศษส่วน ทศนิยม อัตราส่วนหรือสัดส่วนจากส่วนประกอบของสารเคมีหรือวัสดุต่างๆ และการแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนต่างๆ

สาระที่ 2 การวัด: การวัดอุณหภูมิ การเปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิ การทวงสาร การเลือกใช้อุปกรณ์การตวงที่เหมาะสม

สาระที่ 3 เรขาคณิต: รูปร่างและรูปเรขาคณิตสามมิติของถุงประคบร้อน เช่น ทรงกลม พีระมิด การหาปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติต่างๆ

สาระที่ 4 พืชคณิต: ความสัมพันธ์ระหว่างสารเคมีต่างๆ ความร้อนกับระยะเวลา หรือสมการปฏิกิริยาเคมี

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น: การเก็บและรวบรวมข้อมูลที่ได้ การบันทึกข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย เช่น กราฟแสดงอุณหภูมิและระยะเวลา

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การแก้ปัญหาในการทำถุงประคบร้อนโดยคำนึงถึงลักษณะของถุงประคบร้อน การให้เหตุผลประกอบข้อมูลต่างๆ เช่น การผสมสารเคมี การนำเสนอข้อมูลอุณหภูมิและเวลาที่บันทึกได้

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: พลังงานจากปฏิกิริยาเคมี การถ่ายโอนความร้อน

สาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี: การเลือกใช้วัสดุ เทคโนโลยีการเก็บรักษาความร้อน การสื่อค้นข้อมูลต่างๆ

สรุป

การจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันจำเป็นต้องบูรณาการองค์ความรู้ต่างๆ ให้เข้ากับเหตุการณ์จริงในสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นตัวอย่างหนึ่งของการบูรณาการความรู้ต่างๆ แต่ในข้อเท็จจริงแล้วยังมีผู้สอนจำนวนมากยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องนี้ โดยเฉพาะผู้สอนคณิตศาสตร์ที่ยังไม่สามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้มีความชัดเจนในความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ได้ ประกอบกับสะเต็มศึกษามีเอกลักษณ์อยู่ที่วิทยาศาสตร์มากกว่าคณิตศาสตร์ สภาพเช่นนี้อาจส่งผล

ให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไม่สามารถส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษา การผลิตและพัฒนาผู้สอน อาจารย์และบุคลากรทางการศึกษา จึงควรให้ความช่วยเหลือ ส่งเสริมให้ผู้สอนในทุกระดับการศึกษามีความรู้ความเข้าใจและได้เรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้ให้มากขึ้น เพื่อให้ทุกฝ่ายร่วมมือกันพัฒนาผู้เรียนไปตามเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ของประเทศไทย

การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาต้องอาศัยความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความมุ่งมั่นของผู้สอน สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือตัวชี้วัดหรือจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญหรือความคิดรวบยอดที่ผู้เรียนจะต้องมีอย่างเพียงพอที่จะเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ การเลือกกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ก็เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ ท้ายที่สุดคือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่เน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงและสิ่งที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้ อาจจะแตกต่างไปจากสิ่งที่ผู้สอนเคยทำ แต่เพื่อสะท้อนผลให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองอย่างเต็มศักยภาพ ให้ผู้สอนได้ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สิ่งเหล่านี้เป็นองค์ประกอบร่วมกันที่จะให้ผู้สอนออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาและทำให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนคณิตศาสตร์ว่าเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน

References

- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2009). *The Nature of Mathematics*. Retrieved August 8, 2017, from <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap2.htm>
- Billiar, K, Hubelbank, J., Oliva, T., & Camesano, T. (2014). Teaching STEM by design. *Advance in Engineering Education*, 4(1), 1-21.
- Bybee, Rodger, W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. Arlington, Virginia: National Science Teachers Association, NSTA Press.
- Chanprasert, S. (2015). Designing Learning based on STEM Education and 21st Century Skills. *IPST Magazine*, 43(192), 14-20. (in Thai)
- Hefty, L. J. (2015). STEM Gives Meaning to Mathematics. *Teaching Children Mathematics*, 21(7), 422-429
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2016a). *The Introduction to STEM Education in Primary and Secondary Education Level*. Bangkok: BOWT Printing House. (in Thai)
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2016b). *Handbook for STEM Education Activities in Secondary Education Level: Book 1*. Bangkok: BOWT Printing House. (in Thai)
- Kijkuakul, S. (2015). STEM Education. *Journal of Education Naresuan University*, 17(3), 201-207. (in Thai)
- Maiduang, A. (2014). Mathematics in STEM Education. *IPST Magazine*, 42(186), 16-20. (in Thai)

- Makanong, A. (2014). *Mathematics for Secondary School Teachers*. Bangkok: Chulalongkorn University Printing. (in Thai)
- Moomaw, S. (2015). *Teaching STEM in the early years* [Tanwannarak, S., Trans]. Bangkok: Nanmeebooks Publications. (in Thai)
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for school Mathematics*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- National Research Council (NRC). (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Retrieved June 2, 2016, from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Thongchai, A. (2013). Technology and Engineering in STEM Education. *IPST Magazine*, 42(185), 35-37. (in Thai)
- Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.