

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม*

อนงค์นาฏ คุณรัมย์¹ อนุพร มีสวัสดิ์² นิภาพร ช่วยธานี³ ภกวรรณ คงจันทร์⁴

(วันที่รับบทความ: 10 ธันวาคม 2566; วันที่แก้ไขบทความ: 28 มีนาคม 2567; วันที่ตอบรับบทความ: 10 เมษายน 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนเมืองตลุงพิทยาสรรพ์ จำนวน 113 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) จำนวน 3 แผน 2) แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม และ 3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ ความแปรปรวน และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการศึกษาพบว่า จิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนพัฒนาขึ้น เมื่อเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา ที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม และนอกจากนี้ผลการถอดความบทสนทนา การทำกิจกรรมการเรียนรู้ และผลการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 คน โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา พบจิตนิสัยทางสะเต็มทั้ง 6 ลักษณะ โดยเรียงลำดับการเกิดจิตนิสัยทางสะเต็มจากมากไปน้อยคือ ความสนใจใฝ่รู้, ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ มีความถี่เท่ากับ การยอมรับในเหตุและผล, การคิดแบบบูรณาการ, การสร้างนวัตกรรม และความสามารถในการสื่อสาร

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา, จิตนิสัย, จิตนิสัยทางสะเต็ม, การสร้างข้อโต้แย้ง

* การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2566

¹ ดร. ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ, E-mail: Anongnat@mtp.ac.th

² อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, E-mail: na.meesawat@gmail.com

³ อาจารย์ ดร., คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, E-mail: nipaporn.c@rmuts.ac.th

⁴ อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชภัฏราชบุรี, E-mail: tassawan.kon@rru.ac.th

The Effect of Implementing the Stem Education Integrated Argumentation (6E+A) to Enhance the Stem Habits of Mind*

Anongnat Karunram¹ Nataporn Meesawat² Nipaporn Chuaytanee³ Phakawan Kongchantree⁴

(Received: December 10, 2023; Revised: March 28, 2024; Accepted: April 10, 2024)

Abstract

This objective of this research aimed to study the effects of implementing STEM education integrated argumentation (6E+A) to enhance the STEM habits of mind among twelfth-grade secondary school students. The sample group consisted of 113 students from the twelfth grade in the first semester of the academic year 2023 at Mueangtalungpittayasan School. The research tools were including: 1) Three STEM Education integrated argumentation (6E+A) lesson plans, 2) the STEM habits of mind evaluation form and 3) Student interview questionnaire. Statistical used for data analysis included mean, standard deviation, variance analysis, and content analysis.

The study found that STEM habits of mind in student were enhanced when implementing STEM education integrated argumentation (6E+A). Furthermore, the analysis of learning activity interpretations and student interviews with a sample group of 5 students using content analysis revealed the presence of all 6 characteristics of STEM habits of mind. These characteristics were ranked in 5 descending order of frequency as follows: Curiosity, Careful Making decision and Recognizing cause and effect were equal, Integrative thinking, Innovative ability and Communicative ability.

Keywords: STEM Education, Habits of Mind, STEM Habits of Mind, Argumentation

* The study was funded by Office of the Basic Education Commission, 2023

¹ Dr, Teacher, Senior Professional Level Teachers, E-mail: Anongnat@mtp.ac.th

² Instructor, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, E-mail: na.meesawat@gmail.com

³ Dr. Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, E-mail: nipaporn.c@rmutsv.ac.th

⁴ Instructor, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Rajanagarindra University, E-mail: tassawan.kon@rru.ac.th

ความสำคัญและปัญหาการวิจัย

ถึงแม้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จะส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียนประยุกต์ร่วมกับความรู้ทางเทคโนโลยีและความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาหรือพัฒนาชิ้นงาน แต่พบว่าประเด็นปัญหาของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และขาดการบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์ ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในกระบวนการแก้ปัญหา (Chuaytane, 2019, p. 2) แต่ในปัจจุบันมีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมนักเรียนให้มีความรู้ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ นักเรียนสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง และพร้อมในการที่จะเผชิญกับสภาพสังคม เศรษฐกิจ และเทคโนโลยีในอนาคต (Karunram, 2018, p.1) การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากรูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนักเรียนได้ออกแบบชิ้นงานหรือออกแบบวิธีการแก้ปัญหา สร้างแบบจำลอง ปรับปรุง และประเมินผลงานในฐานะวิศวกร (Burke, 2014 as cited in Chuaytane, 2019, p. 3) โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ 6E นั้นมีจุดเด่นอยู่ที่ขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เน้นการนำ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงาน และนำมา ผสมผสานการสร้างข้อโต้แย้ง (A: Argumentation) ซึ่งเป็นเทคนิคสำคัญที่จะส่งเสริมให้นักเรียนสามารถ เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ นำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ (NRC, 2013 as cited in Chuaytane, 2019, p. 4) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) สามารถ ส่งเสริมให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้และบูรณาการแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา หรือสร้างชิ้นงานได้

ในการจัดการเรียนรู้เน้นควรพัฒนาให้ครบทั้งด้านความรู้ ทักษะและจิตพิสัย ซึ่งจิตพิสัย (Habits of Mind) เป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งทางจิตพิสัย จิตพิสัย หมายถึง คุณลักษณะของบุคคลที่มีความสามารถในการใช้ ความคิดในการทำงานจนเป็นนิสัย ส่งผลต่อการตัดสินใจ และการแก้ปัญหาในการทำงาน ทำให้สามารถ เผชิญกับปัญหาหรือสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่สามารถรู้คำตอบได้ในทันทีอย่างมีประสิทธิภาพ (Karunram, 2018, p. 3) ในการจัดการเรียนรู้ควรมีการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดจิตพิสัยเนื่องจาก เป็นสิ่งที่แสดงถึงอัจฉริยภาพของบุคคล ที่มีทักษะทางด้านความคิด ความเข้าใจ สามารถเชื่อมโยงไปยังเจตคติ นิสัย และพฤติกรรมที่นักเรียน แสดงออก (Tishman, 2000, p. 50) ดังที่ คอสตา (Costa, 2008, pp. 16-17) กล่าวว่า จิตพิสัยเป็นผลการเรียนรู้ ที่จะทำให้นักเรียน มีคุณลักษณะสำคัญที่มีรูปแบบของพฤติกรรมที่ชาญฉลาดไม่เพียงมีความรู้แต่รวมไปถึง รู้วิธีที่จะจัดการหรือตอบสนองต่อข้อมูลนั้น ดังนั้นจิตพิสัยจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องส่งเสริมและพัฒนา ให้เกิดขึ้น กับนักเรียน

จากจุดเน้นยุทธศาสตร์ของกระทรวงศึกษาธิการ ที่ตระหนักถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา เพื่อให้เป็นนวัตกรรมการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี สำหรับสร้างคนไทยรุ่นใหม่ และสามารถรองรับการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของประเทศได้อย่างเหมาะสมจึงได้มีนโยบายให้จัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในสถานศึกษาขึ้น (Ministry of Education, 2016) และเมื่อมีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จึงควรส่งเสริมให้นักเรียนเกิดจิตนิสัยทางสะเต็ม ซึ่ง จิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habits of Mind) คือ คุณลักษณะทางความคิดของผู้เรียนที่สามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยมีองค์ประกอบคือ 1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ 3) การคิดแบบบูรณาการ 4) การยอมรับในเหตุและผล 5) ความสามารถในการสื่อสาร และ 6) การสร้างนวัตกรรม (Karunram, 2018, p. 69) ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวมีความสำคัญที่ต้องส่งเสริมให้เกิดขึ้นกับนักเรียน สำหรับสังคมที่ต้องการ การอยู่อย่างสร้างสรรค์ และเรียนรู้ตลอดเวลา

จากความสำคัญดังกล่าว จึงมีความสนใจที่จะจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อให้ให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้ กระตุ้นความสนใจ และส่งเสริมให้นักเรียนได้มีคุณลักษณะที่ใช้ความคิดในการทำงานโดยการบูรณาการความรู้เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เป็นการบูรณาการแบบสหวิทยาการ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เป็นการให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิด และทักษะร่วมกัน เพื่อพัฒนานักเรียนทางด้านกระบวนการคิด และการแก้ปัญหาสามารถเชื่อมโยงความรู้เพื่อนำไปใช้แก้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตจริง (Labov, & Yamamoto, 2010, p. 10; Gonzalez, & Kuenzi, 2012, p. 38; Chanprasert, 2013, p. 11; Chulavatnatol, 2013, p. 16)

2. แนวคิดเกี่ยวกับจิตนิสัยทางสะเต็ม คือ คุณลักษณะการคิดบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน จิตนิสัยทางสะเต็มประกอบด้วย 6 ลักษณะ คือ ความสนใจใฝ่รู้ ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ การคิดแบบบูรณาการ การยอมรับในเหตุและผล ความสามารถในการสื่อสาร และการสร้างนวัตกรรม (Karunram, et al., 2018, pp. 63-74)

3. แนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้มี

ความสามารถในการทำความเข้าใจประเด็นปัญหาโดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และร่วมกันโต้แย้ง เพื่อประเมินทางเลือกให้ได้มาซึ่งวิธีการที่สามารถนำไปแก้ปัญหาที่ดีหรือเหมาะสมที่สุด ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation) 2) ขั้นสำรวจและ ค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นการโต้แย้ง (Argumentation for the Best Solution) 5) ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) 6) ขั้นขยายความรู้ (Enrich) และ 7) ขั้นประเมิน (Evaluation) (Chuaytancee, 2019, pp. 49-54)

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ดำเนินการวิจัยเชิงทดลอง การศึกษาจิตนัยทางสะสม ใช้แบบแผนวิจัย แบบอนุกรมเวลา (Time Series Design)

ประชากร/กลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเมืองตลุงพิทยาสรรพ์ อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 10 ห้องเรียน รวม 379 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนเมืองตลุงพิทยาสรรพ์ อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวน 113 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจาก เป็นห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ จัดการเรียนรู้แบบสะสมศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A)

ตัวแปรตาม คือ จิตนัยทางสะสม

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะสมศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) จำนวน 3 แผน เป็นเครื่องมือที่พัฒนามาจาก แผนการจัดการเรียนรู้ของ นิภาพร ช่วยธานี (Chuaytancee, 2019, pp. 77-78) โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 กิจกรรม เรื่อง สไลเดอร์ส่งของ จำนวน 5 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กิจกรรม เรื่อง กระเช้าลอยฟ้า จำนวน 5 ชั่วโมง และ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 กิจกรรม เรื่อง การยกน้ำ ด้วยล้อและเพลลา จำนวน 5 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 15 ชั่วโมง ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ดังตาราง 1

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง 6E+A

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้
1. ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม	- นำเสนอสถานการณ์ ประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ด้วยภาพข่าว หรือวิดีโอ หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม
2. ขั้นสำรวจและค้นหา	- สร้างข้อมูล/หลักฐาน ผ่านการทำกิจกรรม หรือการทดลอง และสืบค้นข้อมูล ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- การลงข้อสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องร่วมกัน
4. ขั้นการโต้แย้ง	- นำเสนอสถานการณ์หรือประเด็นปัญหา - นักเรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์หรือประเด็นปัญหา - สร้างข้อโต้แย้งจากข้อมูล/หลักฐาน ที่แนวทางการแก้ปัญหา - ทำการโต้แย้งเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม
5. ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา	- กำหนดลำดับขั้นตอนของการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหาที่ได้ - ประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการที่เหมาะสม - ทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา และนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหา
6. ขั้นขยายความรู้	- นักเรียนได้ยืนยันและขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจ - เปิดโอกาสให้นักเรียนนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน
7. ขั้นประเมิน	- นักเรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเองระหว่างการจัดการเรียนรู้

2. แบบประเมินจิตินัยทางสะเต็ม เป็นเครื่องมือที่พัฒนามาจาก แบบประเมินจิตินัยทางสะเต็ม (Karunram, 2018, pp. 233-237) ซึ่งเป็นแบบประเมินแบบมาตราส่วน 4 ระดับ จำนวน 42 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.80-1.00

3. แบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นเครื่องมือที่พัฒนามาจากแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างโดยสัมภาษณ์เชิงลึกที่มีประเด็นคำถามเพื่อศึกษาจิตินัยทางสะเต็มในขณะทำกิจกรรม (Karunram, 2018, pp. 101-102) จำนวน 2 ข้อคำถาม มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาจิตินัยทางสะเต็ม โดยใช้แบบแผนวิจัยแบบอนุกรมเวลา ดำเนินการดังนี้

1) นำแบบประเมินจิตนิตยทางสะเต็มไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โดยนักเรียนทำการประเมินตนเอง ในสัปดาห์แรกของภาคเรียนที่ 1 เพื่อเก็บข้อมูลจิตนิตยทาง สะเต็มของนักเรียน ครั้งที่ 1 เป็นการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง 2) เว้นระยะห่างจากการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งแรกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ เก็บข้อมูลจิตนิตยทางสะเต็มของนักเรียนครั้งที่ 2 ก่อนการดำเนินการทดสอบ 3) ดำเนินการทดลอง โดยการจัดการเรียนรู้ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยมีการบันทึกวิดีโอและบันทึกเสียงในขณะ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และทำการสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 5 คน หลังการดำเนินการจัดการเรียนรู้ทุกแผน 4) เมื่อดำเนินการทดลองเสร็จสิ้นตามกำหนด นำแบบประเมิน จิตนิตยทางสะเต็ม (ชุดเดียวกันกับครั้งที่ 1 และ 2) ไปใช้กับนักเรียนครั้งที่ 3 ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลหลังการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการครั้งนี้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลมีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยได้มีการนำข้อมูลมาจัดกระทำดังนี้

ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล จากแบบประเมินจิตนิตยทางสะเต็ม การถอดความจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสัมภาษณ์นักเรียน มีขั้นตอนดังนี้

1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์คะแนนแบบประเมินจิตนิตยทางสะเต็มของกลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 3 ครั้ง โดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แปลผลคะแนนเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์การตัดสิน (The Institute for the promotion of teaching science and technology, 2012, p. 130)

คะแนนเฉลี่ย 3.26 - 4.00 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับในระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51 - 3.25 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.76 - 2.50 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.75 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับไม่เด่นชัดหรือไม่มีการปฏิบัติ

จากนั้นทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของจิตนิตยทางสะเต็มของกลุ่มเป้าหมาย ระหว่างการทดสอบ ครั้งที่ 1, 2 และ 3 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Repeated Measure ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS for Windows 2) นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงคุณภาพ และอภิปรายถึงความสอดคล้องหรือความขัดแย้งของผลการทดลองที่เกิดขึ้น

2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์จากการถอดความการทำกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา ใช้กรอบแนวคิดของจิตนิตยทางสะเต็ม ประกอบด้วย 1) ความสนใจใฝ่รู้ มีพฤติกรรมบ่งชี้ 6 ข้อ 2) ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ หมายถึง มีพฤติกรรมบ่งชี้ 5 ข้อ 3) การคิดแบบบูรณาการ มีพฤติกรรมบ่งชี้ 4 ข้อ 4) การยอมรับในเหตุผลและผล มีพฤติกรรมบ่งชี้ 5 ข้อ 5) ความสามารถในการสื่อสาร มีพฤติกรรมบ่งชี้ 3 ข้อ และ 6) การสร้างนวัตกรรม มีพฤติกรรมบ่งชี้ 4 ข้อ (Karunram, 2018, pp. 116-122) เพื่อจัดกลุ่มคำสำคัญที่บ่งชี้ จิตนิตยทางสะเต็ม ของนักเรียนที่เกิดขึ้น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่มีต่อคุณลักษณะจิตนิสัยทางสะเต็ม ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ผลการประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนครั้งที่ 1, 2 และ 3

จิตนิสัยทางสะเต็ม	N	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
		$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ความสนใจ ใฝ่รู้	113	2.86	0.49	ปานกลาง	2.92	0.37	ปานกลาง	3.42	0.32	มาก
2. ความละเอียด รอบคอบ ในการตัดสินใจ	113	2.93	0.49	ปานกลาง	2.84	0.37	ปานกลาง	3.45	0.33	มาก
3. การคิดแบบบูรณาการ	113	2.68	0.40	ปานกลาง	2.70	0.29	ปานกลาง	3.35	0.37	มาก
4. การยอมรับในเหตุและผล	113	2.99	0.44	ปานกลาง	2.91	0.35	ปานกลาง	3.49	0.32	มาก
5. ความสามารถในการสื่อสาร	113	2.63	0.44	ปานกลาง	2.60	0.30	ปานกลาง	3.43	0.35	มาก
6. การสร้างนวัตกรรม	113	2.67	0.41	ปานกลาง	2.73	0.28	ปานกลาง	3.48	0.32	มาก
ค่าเฉลี่ย	113	2.77	0.72	ปานกลาง	2.79	0.60	ปานกลาง	3.43	0.58	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียน ในภาพรวม ครั้งที่ 1 สัปดาห์แรกภาคเรียนที่ 1 อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.77$, S.D. = 0.72) ครั้งที่ 2 ก่อนการดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.79$, S.D. = 0.60) และครั้งที่ 3 หลังการดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.43$, S.D. = 0.58)

จากนั้นทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียน ทั้ง 3 ครั้ง โดยใช้สถิติ Repeated Measure ANOVA ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนครั้งที่ 1, 2 และ 3 ($n = 113$)

แหล่งความแปรปรวน	ss	df	ms	F	p-value
ภายในกลุ่ม					
ช่วงเวลา	32.31	1.76	18.35	88.19*	0.000
ความคลาดเคลื่อน	41.03	197.22	0.21		

* Greenhouse-Geisser, $p < 0.05$

จากตารางที่ 3 พบว่าคะแนนจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั้ง 3 ครั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F_{41.03, 197.22} = 88.19, p < 0.05$) แสดงว่าคะแนนจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ด้วยวิธีการทดสอบ แบบ Bonferroni ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ของคะแนนเฉลี่ยจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6 ครั้งที่ 1,2 และ 3 ($n = 113$)

การทดสอบ	$\bar{X}$	สัปดาห์แรก ภาคเรียนที่ 1	ก่อนการดำเนินการ ทดสอบ	หลังการดำเนินการ ทดสอบ
สัปดาห์แรกภาคเรียนที่ 1 (ครั้งที่ 1)	2.77	-	1.00	.000*
ก่อนการดำเนินการทดสอบ (ครั้งที่ 2)	2.79	-	-	.000*
หลังการดำเนินการทดสอบ (ครั้งที่ 3)	3.43	-	-	-

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ครั้งที่ 3 ($\bar{X} = 3.43$) สูงกว่า คะแนนเฉลี่ยจิตนิสัยทางสะเต็ม ครั้งที่ 1 ($\bar{X} = 2.77$) และครั้งที่ 2 ($\bar{X} = 2.79$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ครั้งที่ 1 ไม่แตกต่างจากครั้งที่ 2 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียน จำนวน 5 คน โดยการถอดความบทสนทนาจากวิดีโอ และแถบบันทึกเสียงระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งหมด 3 แผน และการสัมภาษณ์นักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่าในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มได้ทุกลักษณะ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงความถี่ของจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่ปรากฏในระหว่างการจัดการเรียนรู้

จิตนิสัยทางสะเต็ม	ความถี่ของจิตนิสัยทางสะเต็มในแผนการจัดการเรียนรู้			รวม
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	
ความสนใจใฝ่รู้	5	8	6	19
ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ	4	3	7	14
การคิดแบบบูรณาการ	4	3	4	11
การยอมรับในเหตุและผล	4	7	3	14
ความสามารถในการสื่อสาร	4	2	2	8
การสร้างนวัตกรรม	3	3	4	10

จากตารางที่ 5 จะเห็นว่าในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ทุกลักษณะ จากความถี่เรียงลำดับการเกิดจิตนิสัยทางสะเต็มจากความถี่มากไปน้อย โดยปรากฏความถี่ เรียงลำดับ 5 ลำดับ คือ ความสนใจใฝ่รู้, ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ มีความถี่เท่ากับ การยอมรับ ในเหตุและผล, การคิดแบบบูรณาการการสร้างนวัตกรรม และ ความสามารถในการสื่อสาร

ตัวอย่างจากการถอดความจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่แสดงถึง การยอมรับในเหตุและผล อาทิเช่น พฤติกรรมบ่งชี้ข้อที่ 4 ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ของบุคคลอื่นในกระบวนการต่าง ๆ หรือ การแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ ดังตัวอย่างในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ในการทำกิจกรรมทดสอบสไลด์เดอร์ ดังบทสนทนา

G5 : เราต้องให้มันเคลื่อนที่ได้เร็วนะ เราเปลี่ยน เป็น แผ่นยาง น๊ย

G4 : แผ่นยาง มันฝืดน้อ

G2 : ใช่ ถ้าจะเคลื่อนที่ได้เร็ว ต้องใช้วัสดุที่เรียบและลื่น จะได้ลดแรงเสียดทาน

G1 : เออ ถูกต้องจ้า เราต้องทำให้สไลด์เดอร์ เคลื่อนที่ได้เร็ว

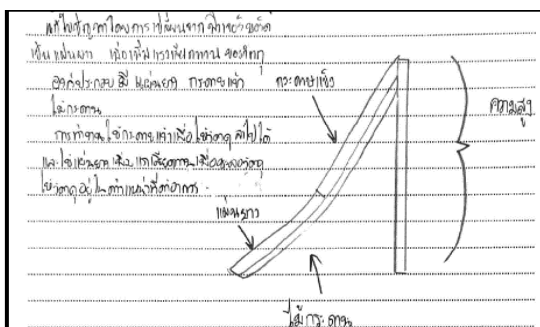
G2 : ก็ต้องให้มีความฝืดน้อย หรือ มีแรงเสียดทานน้อย

G5 : ออ ใช่ละ พิวเจอร์บอร์ด ลื่นกว่า แผ่นยาง นะ แรงเสียดทานก็ น้อยกว่า แผ่นยาง

G1 : ok นะ ทุกคน

ผลการสัมภาษณ์ ถ้าสมาชิกแต่ละคนมีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน นักเรียนจะอย่างไร และมีแนวทางในการเลือกใช้อย่างไร พบว่า นักเรียน ซึ่งจะเลือกข้อมูล/แนวคิดที่มีความเป็นไปได้ และเป็นความคิดเห็นของสมาชิกส่วนใหญ่

ตัวอย่างจากการถอดความจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่แสดงถึง ความสามารถในการสร้าง นวัตกรรม อาทิเช่น พฤติกรรมบ่งชี้ข้อที่ 2 สร้างภาพร่างแนวคิด หรือแบบจำลอง เพื่อสะท้อน ถึงการนำความรู้ ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา พฤติกรรมบ่งชี้ ข้อที่ 3 สร้างและดำเนินการตามที่ออกแบบ และมีการปรับปรุง แก้ไข ดังตัวอย่างใน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สไลด์เดอร์ส่งของ ดังภาพประกอบ



ภาพที่ 1 แสดงภาพร่างแนวคิด การสร้างและดำเนินการตามที่ออกแบบสไลด์เดอร์ส่งของ

ผลการสัมภาษณ์ ในการสร้าง หรือพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ที่มีประสิทธิภาพ นักเรียนจะอย่างไรบ้าง พบว่า นักเรียน ดำเนินการสร้างตามแบบที่ร่างไว้และเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสม และจะมีการทดสอบ ชิ้นงาน เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

สรุปผลการวิจัย

จิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียน เมื่อเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการ การสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น ผลการถอดความบทสนทนาการทำกิจกรรมการเรียนรู้ และ จากการสัมภาษณ์นักเรียน พบจิตนิสัยทางสะเต็ม ทั้ง 6 ลักษณะ คือ ความสนใจใฝ่รู้ ความละเอียดรอบคอบ ในการตัดสินใจ การคิดแบบบูรณาการ การยอมรับในเหตุและผล ความสามารถในการสื่อสาร และ การสร้างนวัตกรรม ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่าจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียน มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น และ พบจิตนิสัยทางสะเต็มทุกลักษณะในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ขออภิปรายผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม มีการใช้สถานการณ์ปัญหา ที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นสิ่งที่จุดประเด็นสำคัญ เพื่อกระตุ้นความสนใจ ชั่วๆ หรือท้าทาย พบว่านักเรียนให้ความสนใจ เป็นอย่างมาก สอดคล้องกับ สิรินุช เข้มคง (Khemkong, 2017, pp. 139) พบว่าการยกสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ในชีวิตประจำวัน ร่วมกับการตั้งคำถาม จะกระตุ้นให้เกิดข้อคำถาม เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางการแก้ปัญหา จึงนับเป็นการส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มด้านความสนใจใฝ่รู้ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา เมื่อให้นักเรียน ได้ค้นพบปัญหาแล้ว มีการวางแผนในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล อย่างละเอียด จะทำให้นักเรียน ได้ลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้อย่างหลากหลาย เพื่อหาหลักฐาน นำมาใช้ในการตัดสินใจ สอดคล้องกับ คาลิก และ คอลล (Calik and Coll, 2012, p. 1922) พบว่ากรณีที่นักเรียน ได้มีการสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต เลือกข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือได้อย่างเพียงพอก่อนที่จะตัดสินใจ จึงนับเป็นการส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มด้านความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ 3) ขั้นอธิบายและ ลงข้อสรุป เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมการแก้ปัญหา ทำให้สามารถนำแนวคิดต่าง ๆ มาเชื่อมโยงความสัมพันธ์ สามารถมองเห็นแนวทางที่นำไปสู่การแก้ปัญหา สอดคล้องกับ สถาบันวิศวกรรมแห่งชาติในสหราชอาณาจักร (Royal Academy Engineering, 2014, p. 16) การที่นักเรียนได้วิเคราะห์ หาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ มีการวิเคราะห์สังเคราะห์เพื่อระบุเกี่ยวกับองค์ความรู้ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถ ในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา จึงนับเป็นการส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

ด้านการคิดแบบบูรณาการ 4) ขั้นการโต้แย้ง ในการร่วมกันหาแนวทางแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องมีการรับฟังแนวคิดหรือคำอธิบายของสมาชิก หรือการอธิบายให้เหตุผลในข้อโต้แย้งที่ตนเองสร้างขึ้นจากข้อมูลที่มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล สอดคล้องกับ คาลิก และ คอลล (Calik and Coll, 2012, p. 1921) ในการที่นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ยอมรับฟังคำอธิบายที่มีเหตุผล มีการตรวจสอบความถูกต้อง โดยหาข้อมูลที่เชื่อถือมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงความมีเหตุผล จึงนับเป็นการส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มด้านการยอมรับในเหตุและผล 5) ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา ในขณะที่นักเรียนร่วมกันปรึกษาและหาแนวทางในการแก้ปัญหา ต้องมีการอธิบายเพื่อแสดงความคิดเห็น แนวทางหรือวิธีการ และวิธีการนำเสนอที่มีความเหมาะสม สามารถอธิบายขั้นตอนกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน สามารถใช้สัญลักษณ์ การให้เหตุผลประกอบการอธิบายและการนำเสนอได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการบรรยาย อธิบาย หรือมีการสื่อสารเกิดขึ้น สอดคล้องกับ นิลวรรณ วานิชสุขสมบัติ (Wantisuksombut, 2004, pp. 58-59) ได้ศึกษาพบว่า การที่นักเรียนได้เกิดการสื่อสารแนวคิด ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่ม เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดกับบุคคลอื่น จึงนับเป็นการส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มด้านความสามารถในการสื่อสาร 6) ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน ได้มีการกำหนดลำดับขั้นตอนออกแบบเพื่อหาวิธีการหรือแนวทางในการแก้ปัญหา มีการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันนั้น นักเรียนได้มีแนวทางที่แตกต่างจากสมาชิกภายในกลุ่ม มีความสามารถประดิษฐ์ คิดค้นสิ่งต่าง ๆ โดยมีการแสดงออกเป็นภาพร่างหรือแบบจำลอง มีการดำเนินการสร้างเครื่องมือ พร้อมทั้งสามารถประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบ ทำให้นักเรียนได้มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของความรู้ที่นำมาใช้ สอดคล้องกับ ศศิมา สุขสว่าง (Suksawang, 2018) พบว่าการส่งเสริมให้นักเรียนได้มีกระบวนการสร้างความคิดใหม่ ๆ การแก้ปัญหาแนวทางใหม่ ๆ ที่แตกต่างกันไป เพื่อพัฒนาหรือประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ ที่มีคุณค่า และมีประโยชน์ต่อบุคคลอื่น จึงนับเป็นการส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มด้านความสามารถในการสร้างนวัตกรรม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. กิจกรรมการเรียนรู้ควรเป็นกิจกรรมแบบปลายเปิด และเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ซึ่งสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดจิตนิสัยทางสะเต็ม
2. กิจกรรมการเรียนรู้ควรเป็นหัวข้อที่มีความท้าทาย เหมาะสมกับช่วงวัย ระดับชั้น และความรู้พื้นฐานของนักเรียน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากผลการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ในการทำกิจกรรมกลุ่มในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ควรกระตุ้นให้นักเรียนได้มีการปรับเปลี่ยนบทบาทหน้าที่
2. จากผลการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ พบว่าในขั้นการสร้างข้อโต้แย้ง เป็นขั้นที่สามารถส่งเสริมให้เกิดจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่หลากหลาย

เอกสารอ้างอิง

- Callick, M., & Coll, R.K. (2012, August). Investigating Socioscientific Issue via Scientific Habits of Mind: Development and Validation of the Scientific Habits of Mind Survey. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1909-1930.
- Chanprasert, S. (2013). Science Learning Management and the 21st Century Skill. *IPST Magazine*, 42(185), 10-13. (In Thai).
- Chuaytancee, N. (2019). *The Development of STEM Education Integrated Argumentation Learning Model (6E+A) to Enhance STEM Problem Solving Skills of Undergraduate Students*. Doctoral dissertation, Ed.D., Srinakharinwirot University, Bangkok. (In Thai).
- Chulavatnatol, M. (2013). STEM Education Thailand and STEM Ambassadors. *IPST Magazine*. 42(185), 14-18. (In Thai).
- Costa, A. L. (2008). Describing the Habits of Mind. In Costa, A. L. and Kallick, B. (Eds.), *Learning and Leading with Habits of Mind*, (pp. 15-38). USA: ASCD.
- Gonzalez, H. B. and Kuenzi, J. J. (2012). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer*. Retrieved June 10, 2014, from, www.fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf
- Karunram, A. (2018). *Development of the STEM Learning Model to Enhance the STEM Habits of Mind among Seventh Grade Students*. Doctoral dissertation, Ed.D., Srinakharinwirot University, Bangkok. (In Thai).
- Karunram, A., Khumwong, P., Boonprakob, M. and Prakobpol, T. (2018). STEM Habits of Mind; It's Meaning and Component. *Journal of Graduate Studies in Northern Rajabhat Universities*, 8(15), 63-76. (In Thai).
- Khemkong, S. (2017). *The Development of Grade 11th Student's scientific Reasoning Ability by using Inquiry-Based Learning*. Master thesis, M.Ed., Kasetsart University, Bangkok. (In Thai).

- Labov, J. B., Reid, A. H. and Yamamoto, K. R. (2010, March). Integrated Biology and Undergraduate Science Education: a new biology education for the 21st Century?. *CBE Life Science Education*, 9(1), 10-16.
- Ministry of Education. (2016). *STEM Education*. Retrieved August 31, 2016, from <https://www.moe.go.th>
- Royal Academy of Engineering. (2014). *Thinking Like an Engineer Implication for The Education System*. Retrieved October 20, 2015, from www.raeng.org.uk/think.likeengineer
- Suksawang, S. (2018). *Different Between Creativity and Innovation*. Retrieved April 20, 2018, from <https://www.sasimasuk.com/>
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2012). *Measurement and Evaluation in Science*. Bangkok: SE-Education.
- Tishman, S. (2000). Why Teach Habits of Mind?. In Costa, A. L., & Kallick, B. (Eds.), *Discovering & Exploring Habits of Mind*, (pp. 41-51). USA: ASCD.
- Wantisuksombut, N. (2004). *The Development of Computer Instructional Model Based on Constructivist Approach using Problem Solving Learning Management for the Second Key Stage Students According to Basic Education Curriculum B.E. 2544*. Master thesis, M.Ed., Chulalongkorn University, Bangkok. (In Thai).
