

แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โครงการสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะ
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

Best Practices for STEM Project-based Learning to Enhance Grade 9
Students' Engineering Design Process Skills

สุรารส อินสำราญ* ศศิเทพ ปิติพรเทพิน** และสหารัฐ ยกย่อง***

* โรงเรียนบางบัว (เฟ่งตั้งตรงจิตรวิทยาคาร)

** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*** โรงเรียนสิริรัตนาร

Sutarose Insumram*, Sasithev Pitipornatapin** and Saharad Yokyong***

* Bangbua School (Phengtangtrongchitwittayakarn)

** Science Education Division, Faculty of Education, Kasetsart University

*** Sirirattanathom School

บทคัดย่อ

งานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โครงการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 32 คน ของโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ฉันทิเก็บรวบรวมข้อมูลจากบันทึกหลังสอนของฉันทิ อนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง แบบบันทึกการสังเกต การจัดการเรียนรู้และแบบประเมินทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรม ฉันทิวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย โดยฉันทิพบว่าแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โครงการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนมีดังนี้ 1) การทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสภาพปัญหาช่วยให้นักเรียนระบุปัญหาที่จะทำโครงการสะเต็มศึกษาได้ชัดเจนขึ้น 2) การเชิญผู้เชี่ยวชาญมาในห้องเรียน

ร่วมกับการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีทำให้นักเรียนได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวางแผนการทำโครงการสะเต็มศึกษา 3) การใช้โปรแกรมออกแบบชิ้นงานสามมิติ พร้อมทั้งใช้คำถามกระตุ้นคิดทำให้นักเรียนสร้างนวัตกรรมได้ตรงตามที่ต้องการ 4) การจัดทำรายการอุปกรณ์ที่จำเป็นและตรวจสอบรายละเอียดของอุปกรณ์ทำให้นักเรียนดำเนินการสร้างนวัตกรรมอย่างราบรื่น และ 5) การเขียนแผนผังความคิดที่ให้นักเรียนเห็นภาพรวมของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทุกขั้นตอนช่วยให้นักเรียนนำเสนอโครงการสะเต็มศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โครงการสะเต็มศึกษา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

Abstract

This classroom action research aimed to find best practices for STEM Project-based Learning by engineering design process to enhance the engineering design process skills for 32 grade 9 students in an Opportunity expansion school in Bangkok. I collected data from my journal entries

after learning management, students' reflective journals, semi-structured interviews, observation logs, and evaluation forms of students' engineering design process skills. Qualitative data were analyzed by inductive analysis. I found that best practices for STEM Project-based Learning by engineering design process to enhance grade 9 students' engineering design process skills were 1) Making students receiving directed experience to students clearly problem identification of STEM Project-based Learning; 2) Inviting experts in the classroom and using technology-based data searching to increase the correct and clear planning of the project; 3) Using the three dimension modeling programs and the stimulating question to help students creating innovation consistency with their plans; 4) Doing a list of the essential equipment and check the details of equipment for creating innovations to implement innovations completely, and 5) Creating mind map helping the students have the overview of engineering design process that lead to the effective presentation.

Keywords: STEM Project-based Learning, Engineering design process, Engineering design process skills

บทนำ

“ประเทศไทย 4.0” เป็นวิสัยทัศน์เชิงนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยที่เสนอโดยรัฐบาลปัจจุบัน เพื่อต้องการพัฒนาประเทศไทยในปัจจุบันที่กำลังเผชิญกับปัญหา “กับดักประเทศรายได้ปานกลาง” (Middle Income Trap) มาเป็นระยะเวลายาวนาน เนื่องจากการพัฒนาเศรษฐกิจแบบดั้งเดิมที่เน้นการเกษตรและอุตสาหกรรมเป็นฐานการผลิต รัฐบาลจึงมีความพยายามที่จะขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทยไปสู่ระบบเศรษฐกิจที่เน้นการสร้างมูลค่า (Value - based

Economy) ที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม เทคโนโลยี และความคิดสร้างสรรค์โดยมีเป้าหมายทั้งหมด 4 มิติ ดังนี้ 1) ความมั่นคงทางเศรษฐกิจ 2) ความอยู่ดีมีสุขทางสังคม 3) การยกระดับคุณภาพคน คุณค่ามนุษย์ และ 4) การรักษาสິงแวดล้อม เพื่อก้าวไปสู่การเป็น “ประเทศที่มีรายได้สูง” และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจระดับนานาชาติ และขับเคลื่อนประเทศไทยไปสู่ “ประเทศในโลกรุ่นที่หนึ่ง” ภายในปี พ.ศ. 2575 (Division of Research Management and Quality Assurance in Education, 2016) แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังขาดแคลนบุคลากรและแรงงานที่มีความเชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ในการคิดค้นและสร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยี ทั้งนี้เพื่อให้ตอบสนองนโยบายดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นภาคการศึกษาจึงนับว่าเป็นฟันเฟืองหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการเตรียมความพร้อมและบ่มเพาะเยาวชนให้มีการเรียนรู้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด มีความพร้อมและศักยภาพที่สามารถสร้างสรรค์นวัตกรรม (Puncreobutr, 2016) เพื่อก้าวสู่เป็นคนไทย 4.0 ได้เร็วมากขึ้น

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นเป้าหมายการจัดการศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบัน ที่สามารถขับเคลื่อนนโยบาย “ประเทศไทย 4.0” ให้บรรลุเป้าหมายตามที่คาดหวังไว้ได้ (Office of the Permanent Secretary Ministry of education, Thailand, 2016) ซึ่งสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำงานและลงมือปฏิบัติร่วมกันเป็นกลุ่มโดยบูรณาการความรู้และกระบวนการทั้ง 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) เทคโนโลยี (Technology) และวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) มาประยุกต์ใช้เพื่อดำเนินการแก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริงภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหา (Kelley & Knowles, 2016) ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาทำให้เกิดการออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยีสู่สังคม

(Duangpummes & Kaewurai, 2017) สะเต็มศึกษา (STEM Education) จึงเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนานักเรียนให้มีทักษะกระบวนการและสมรรถนะที่สอดคล้องกับการดำเนินชีวิตที่ต้องเผชิญกับสภาพปัญหาที่มีความท้าทายในศตวรรษที่ 21 (Chanprasert, 2014)

ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สามารถจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project – Based Learning: PBL) ในลักษณะโครงงานสะเต็มศึกษา (STEM Project-based Learning) ที่มีการบูรณาการความรู้และกระบวนการทั้ง 4 ศาสตร์ของสะเต็มศึกษา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) เทคโนโลยี (Technology) และวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริงภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหา ซึ่งการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวทำให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคุณภาพมาก (Kennedy & Odell, 2014)

ด้วยเหตุนี้ฉันจึงเป็นผู้วิจัยหลักในงานวิจัยนี้จึงนำโครงงานสะเต็มศึกษาเข้ามาจัดการเรียนรู้ในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ที่ฉันได้รับมอบหมาย เนื่องจากในปีการศึกษาที่ผ่านมา ฉันพบว่าแม้ว่าฉันให้นักเรียนลงมือปฏิบัติโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทสิ่งประดิษฐ์ด้วยตนเองผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E Learning Cycle Model) ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) (Bybee, 2015) แต่อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ฉันพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริงได้อย่างเป็นระบบและนักเรียนไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในหลายศาสตร์มาดำเนินการออกแบบและสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ของตนเองภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหาอีกทั้งไม่มีการปรับแก้สิ่งประดิษฐ์ให้มีความ

เหมาะสมกับการแก้ปัญหาด้วยเหตุนี้ส่งผลให้สิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างสรรค์ไม่เป็นนวัตกรรม ดังนั้นฉันจึงคิดว่านักเรียนของฉันทักทายทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรม

จากการตรวจเอกสารงานวิจัย ฉันพบว่ามึนักการศึกษาหลายคนใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกลวิธีการสอน (Pedagogical Strategy) ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (Hafiz & Ayop, 2019) และผลการวิจัยของ Kruatong & Leesuksam (2020) พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องไฟฟ้า มีคะแนนทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chuadda (2017) พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้อายุศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีผลการประเมินทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอยู่ในระดับดีมาก

สำหรับรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ของฉันในการวิจัยครั้งนี้ฉันจึงจัดการเรียนรู้โครงงานสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามกรอบแนวคิดของ The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) (2018) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานและ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ฝึกคิด

เชิงสังเคราะห์ในการรวบรวมข้อมูลและนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Karimi, 2018) โดยแต่ละขั้นตอนจะฝึกฝนให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

อย่างไรก็ตามนักเรียนที่ฉันรับผิดชอบจัดการเรียนรู้ไม่มีประสบการณ์การใช้ทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์มาก่อน ฉันทจึงทำงานร่วมกับเพื่อนผู้วิพากษ์ซึ่งคือผู้ร่วมวิจัยของฉัน ในการศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โครงงานสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์

คำถามของการวิจัย

แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โครงงานสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ควรเป็นอย่างไร

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้โครงงานสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (PBL) ที่มีการบูรณาการความรู้และกระบวนการทั้ง 4 ศาสตร์ของสะเต็มศึกษา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) เทคโนโลยี (Technology) และวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริงภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหาโดยฉันใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามกรอบแนวคิดของ IPST (2018) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา

หรือชิ้นงานและ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทั้งนี้แต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถสลับกันหรือย้อนกลับได้เพื่อปรับปรุงแก้ไขจนกระทั่งได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหา

ทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

หมายถึง ความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกถึงกระบวนการแก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริงภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามกรอบแนวคิดของ IPST (2018) ซึ่งมี 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานและ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานวัดได้จากแบบประเมินทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียน

แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โครงงานสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง การปฏิบัติของครูในการจัดการเรียนรู้โครงงานสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ วัดได้จากบันทึกหลังสอน อนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างและแบบบันทึกการสังเกตการจัดการเรียนรู้

ระเบียบวิธีการศึกษาการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยฉันเลือกใช้กระบวนการวิจัยที่เป็นวงจร PAOR ตามกรอบแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1998) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act)

ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวเน้นการสะท้อนความคิดจากการปฏิบัติของผู้วิจัยเองในการจัดการเรียนรู้ทุกครั้งตามวงจร PAOR เพื่อหาคำตอบของแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โครงการสะสมเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเพื่อให้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงใช้คำว่า “ฉัน” ในการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในห้องเรียนของฉันอันนำมาสู่การหาคำตอบของการวิจัยครั้งนี้ดังนี้

ขั้นวางแผน (Plan) ฉันสำรวจและวิเคราะห์ปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนของฉัน แล้ววิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของรายวิชาโครงการวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ร่วมกับศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะสมเต็มศึกษาและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากนั้นฉันจึงดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โครงการสะสมเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามกรอบแนวคิดของ IPST (2018) และฉันยังดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่บันทึกหลังสอนของฉัน อนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง บันทึกการสังเกต และแบบประเมินทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรม แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาตรวจสอบคุณภาพความตรง (Validity) และนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา แล้วนำมาปรับปรุงจนกว่าจะได้แผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีคุณภาพ

ขั้นปฏิบัติการ (Act) ฉันได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพไปใช้ในการจัดเรียนรู้อในห้องเรียนของฉัน จำนวน 4 แผน เป็นเวลาทั้งหมด 20 ชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2561 ถึง วันที่ 18 กันยายน พ.ศ. 2561 โดยฉันได้บันทึกวีดิทัศน์ในการจัดการเรียนรู้ของฉัน

ทุกครั้ง พร้อมทั้งทำการบันทึกหลังการสอนของฉันทุกครั้งหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) ฉันได้ทำการสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลักฐานสิ่งที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ฉันจัดการเรียนรู้ โดยฉันทำการบันทึกข้อมูลสิ่งที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนของนักเรียน รวมถึงพฤติกรรมของฉันระหว่างการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนและเมื่อเสร็จสิ้นแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ฉันยังให้นักเรียนเขียนอนุทินบันทึกการเรียนรู้ และดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนแบบกึ่งโครงสร้างเพื่อตรวจสอบผลของการจัดการเรียนรู้ของฉันว่าเป็นไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ พฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างไร เพื่อนำไปสู่การสะท้อนความคิดในขั้นตอนถัดไป

ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) หลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน ฉันจะทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการสังเกตหรือจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้ หลังจากนั้นฉันนำผลที่ได้ไปปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไป โดยฉันดำเนินการเช่นนี้ต่อเนื่องเป็นวงจร จนกระทั่งจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 4 แผน จากนั้นฉันทำการรวบรวมผลการปฏิบัติงานทั้งหมดและวิเคราะห์แนวปฏิบัติที่ดีที่ฉันพบระหว่างการจัดการเรียนรู้โครงการสะสมเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในรายวิชาโครงการวิทยาศาสตร์

บริบทการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

ฉันดำเนินการวิจัยในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ฉันรับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาโครงการวิทยาศาสตร์ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียนทั้งหมด 32 คน ประกอบด้วย นักเรียนชาย

จำนวน 16 คน และนักเรียนหญิงจำนวน 16 คน ซึ่งทั้งหมดเป็นนักเรียนที่ได้รับการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) จากความสนใจในการให้ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

เนื้อหาที่สอน

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โครงงานสะเต็มศึกษา จำนวน 4 แผน จำนวน 20 ชั่วโมง ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 5 เรื่อง ดังนี้ 1) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงงานสะเต็มศึกษา 2) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 3) การลำดับขั้นตอนการทำโครงงานสะเต็มศึกษา 4) การปฏิบัติการและการเขียนรายงานโครงงานสะเต็มศึกษา และ 5) การแสดงผลงานและการประเมินโครงงานสะเต็มศึกษา

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

จากคำถามวิจัยของฉันทันเกี่ยวกับแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โครงงานสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ฉันจึงเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ฉันพัฒนาขึ้นโดยก่อนเริ่มการเก็บรวบรวมข้อมูล ฉันชี้แจงวัตถุประสงค์ และรายละเอียดของการวิจัยของฉันทันในครั้งนี้ให้นักเรียนทราบทุกครั้งที่มีการจัดการเรียนรู้ จากนั้นฉันจึงจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้สร้างขึ้น โดยหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแต่ละคาบฉันให้นักเรียนเขียนอนุทินบันทึกการเรียนรู้เพื่อสะท้อนความคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของฉันทัน และฉันได้ทำแบบบันทึกหลังสอน โดยเป็นการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับจุดเด่นและจุดด้อยของฉันทัน ปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้ รวมถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหาเพื่อใช้ในคาบเรียนถัดไป อีกทั้งฉันยังประเมินทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนก่อนและหลังการวิจัยเรื่องนี้อีกด้วย นอกจากนี้หากมีประเด็นอะไรที่ฉันทันสงสัย ฉันจะทำการนัดนักเรียนนอกเวลาเรียนเพื่อทำการสัมภาษณ์แบบกึ่ง

โครงสร้าง โดยระหว่างการสัมภาษณ์ฉันได้ทำการบันทึกเสียงของนักเรียนด้วยจากนั้นฉันได้นำข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่หลากหลายรูปแบบมาตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีอุปนัย (Inductive Analysis) ซึ่งฉันได้ตีความข้อมูล จำแนกเป็นกลุ่มข้อมูล และเชื่อมโยงข้อมูลดังกล่าวเพื่อจัดเป็นแก่นเรื่อง (Theme) ของแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ของฉันทันอีกทั้งฉันยังตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ของฉันทันร่วมกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มที่ศึกษาเพื่อนผู้วิพากษ์ (Critical friends) ซึ่งคือ ผู้ร่วมวิจัยของฉันทันเพื่อให้ผลการวิจัยของฉันทันมีคุณภาพ (Faikhamta et al., 2016)

ผลการวิจัย

ฉันทันพบแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โครงงานสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ดังนี้

แนวปฏิบัติที่ 1 การทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสภาพปัญหาช่วยให้นักเรียนระบุปัญหาที่จะทำโครงงานสะเต็มศึกษาได้ชัดเจนขึ้น

ฉันทันเริ่มต้นจัดการเรียนรู้ในชั้นระบุปัญหาโดยให้นักเรียนระบุปัญหาที่จะนำมาทำโครงงานสะเต็มศึกษา โดยให้นักเรียนสังเกตภาพที่สะท้อนปัญหาที่พบในชุมชน เช่น ขยะ น้ำเน่าเสีย สภาพบ้านเรือนในชุมชนฉันทันพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถระบุปัญหาจากภาพดังกล่าวได้ เนื่องจากภาพที่ฉันทันนำมานั้นไม่ได้แสดงรายละเอียดให้นักเรียนเห็นสภาพปัญหาอย่างชัดเจน ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างโดยนักเรียนระบุว่า “ภาพที่ครูให้ดูเห็นแค่ชุมชนบางส่วนยังไม่เห็นรายละเอียดที่ชัดเจนและภาพที่ครูให้ดูไม่ชัดมันออกจะมัว ๆ ภาพไม่ชัดด้วยค่ะ” ด้วยเหตุนี้ฉันทันจึงแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยเปิดวิดีโอทัศนสภาพปัญหาในชุมชนให้นักเรียนศึกษา เนื่องจาก

ฉันคิดว่าวิดิทัศน์สามารถให้รายละเอียดของสภาพปัญหา ได้ดีกว่าการศึกษาปัญหาจากภาพสองมิติเท่านั้น ฉันพบว่านักเรียนสามารถระบุปัญหาได้จำนวนมากขึ้นดังตัวอย่างการตอบคำถาม โดยนักเรียนระบุว่า “จากวิดิทัศน์ทำให้รู้ว่าเราต้องหาวิธีการที่ทำให้น้ำไม่เน่าเสีย” อย่างไรก็ตามมีนักเรียนเกินครึ่งห้องยังไม่สามารถระบุปัญหาที่จะทำโครงการงานสะเต็มศึกษาได้

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อมาฉันจึงตัดสินใจพานักเรียนไปสำรวจสภาพชุมชนรอบบริเวณโรงเรียนและสอบถามสภาพปัญหาจากชาวบ้าน ฉันพบว่าวิธีการดังกล่าวทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีประสบการณ์ตรงกับสภาพปัญหาของชุมชน ทำให้นักเรียนเข้าใจสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชนดังกล่าวมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาไปสู่หัวข้อในการทำโครงการงานสะเต็มศึกษาออกมาได้ชัดเจนถูกต้องยิ่งขึ้นดังตัวอย่างการตอบคำถาม โดยนักเรียนระบุว่า “ระบุได้ว่าโครงสร้างของสะพานไม่ดี จึงทำให้น้ำหนักมาก ๆ ไม่ได้” สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยนักเรียนระบุว่า “ผมคิดว่าการทิ้งขยะทำให้น้ำเน่าเสีย กลุ่มของผมคิดว่าจะทำเรือเก็บขยะ” ด้วยเหตุนี้ฉันจึงได้เรียนรู้ว่าการทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงกับสภาพปัญหาช่วยให้นักเรียนระบุปัญหาที่จะทำโครงการงานสะเต็มศึกษาได้ชัดเจนขึ้น

แนวปฏิบัติที่ 2 การเชิญผู้เชี่ยวชาญมาในห้องเรียนร่วมกับการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีทำให้นักเรียนได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวางแผนการทำโครงการงานสะเต็มศึกษา

ฉันจัดการเรียนรู้ในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวางแผนการทำโครงการงานสะเต็มศึกษาฉันพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ได้ใช้ข้อมูลจากหนังสือเรียนเป็นแหล่งสืบค้นข้อมูลเท่านั้น ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างโดยนักเรียนระบุว่า “ครูคะ หนูอ่านจากหนังสือเท่านั้นคะ ... ทำให้มีข้อมูลไม่มาก”

ด้วยเหตุนี้ฉันจึงแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยฉันอนุญาตให้นักเรียนใช้โทรศัพท์มือถือในการสืบค้นข้อมูลเพื่อใช้ในการวางแผนการทำโครงการงานสะเต็มศึกษาซึ่งฉันพบว่านักเรียนจำนวนเพิ่มขึ้นสามารถรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวางแผนการทำโครงการงานได้อย่างเหมาะสม โดยมีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และข้อมูลมีความเกี่ยวข้องกับปัญหาที่จะศึกษามากขึ้นอย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางส่วนที่หาข้อมูลมาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่จะศึกษาจึงส่งผลให้นักเรียนวางแผนการทำโครงการงานได้ไม่ชัดเจนโดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เช่น นักเรียนระบุเพียงว่าต้องสร้างสะพานอย่างไร แต่ไม่ได้คำนึงถึงการทดสอบประสิทธิภาพของสะพานที่สร้างขึ้น

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อมา ฉันจึงแก้ปัญหาด้วยการเชิญผู้เชี่ยวชาญจากคณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ของมหาวิทยาลัยที่อยู่ไม่ไกลจากโรงเรียนมาเป็นพี่เลี้ยงให้นักเรียนของฉันโดยมีบทบาทให้ความรู้คำปรึกษาและประสบการณ์ตรงจากการทำงานด้านวิศวกรรมเพื่อให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการทำงานของวิศวกรมากยิ่งขึ้นร่วมกับการให้นักเรียนใช้โทรศัพท์มือถือในการสืบค้นข้อมูลเพื่อวางแผนการทำโครงการงานสะเต็มศึกษา ฉันพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถใช้ความรู้จากคณาจารย์ประกอบกับข้อมูลในอินเทอร์เน็ตที่น่าเชื่อถือมาใช้ในการวางแผนการทำโครงการงานสะเต็มศึกษาได้อย่างเหมาะสม ดังตัวอย่างอนุทินบันทึกการเรียนรู้โดยนักเรียนระบุว่า “หนูใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ ที่ครูแนะนำว่าน่าเชื่อถือและมีอาจารย์จากมหาวิทยาลัยช่วยแนะนำตั้งแต่ออกแบบ ทดสอบ ประสิทธิภาพ และแก้ไขเล่มมันใจในการทำโครงการงานมากขึ้นคะ”

แนวปฏิบัติที่ 3 การใช้โปรแกรมออกแบบชิ้นงานสามมิติพร้อมทั้งใช้คำถามกระตุ้นคิดทำให้นักเรียนสร้างนวัตกรรมได้ตรงตามที่ออกแบบไว้มากขึ้น

ฉันจัดการเรียนรู้ในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยให้นักเรียนออกแบบตัวตนแบบนวัตกรรม โดยวาดรูป

ในกระดาษและใช้คำถามชักถามเกี่ยวกับตัวตนแบบนวัตกรรมของนักเรียนที่ออกแบบไว้ ฉันพบว่าการออกแบบของนักเรียนส่วนใหญ่เป็นภาพสองมิติและเน้นไปที่ความสวยงาม และจากการให้นักเรียนสร้างตัวตนแบบนวัตกรรมเป็นนวัตกรรมขึ้นมาจริง ฉันพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สร้างนวัตกรรมไม่ตรงตามตัวตนแบบนวัตกรรมที่ออกแบบไว้จากปัญหาที่พบดังกล่าวฉันจึงสัมภาษณ์นักเรียนแบบกึ่งโครงสร้าง ฉันพบว่านักเรียนตระหนักถึงการร่างแบบสามมิติโดยนักเรียนระบุว่า “ถ้าหนูเขียนแบบให้มีความลึกด้วย เพื่อนของหนูก็คงสร้างได้ตรงกับที่หนูต้องการ”

ด้วยเหตุนี้ฉันจึงให้นักเรียนแก้ไขตัวตนแบบนวัตกรรมโดยให้วาดรูปในกระดาษให้มีลักษณะสามมิติและฉันพบว่านักเรียนสามารถสร้างเป็นนวัตกรรมขึ้นมาจริงได้ตรงตามแบบมากขึ้น แต่นักเรียนส่วนใหญ่ก็ยังคงสร้างนวัตกรรมขึ้นมาจริงไม่ตรงตามแบบที่ออกแบบไว้ ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนไม่ได้คำนึงถึงรายละเอียดของตัวตนแบบนวัตกรรม เช่น ความยาว ความสูง ฉันจึงพยายามศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ใหม่ให้กับนักเรียนของฉันจนสุดท้ายฉันปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนออกแบบตัวตนแบบนวัตกรรมโดยใช้โปรแกรม Tinkercad ซึ่งเป็นโปรแกรมออกแบบชิ้นงานสามมิติส่งผลให้นักเรียนสามารถใส่รายละเอียดลงในตัวตนแบบนวัตกรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น พร้อมทั้งนักเรียนสามารถคำนวณรายละเอียดของตัวตนแบบนวัตกรรมที่ต้องการออกแบบได้เป็นอย่างดีและถูกต้องตามการเขียนแบบของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมดังตัวอย่างการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยนักเรียนระบุว่า “ครูคะ การออกแบบในโปรแกรมนี้ทำให้เห็นแบบภาพเป็น 3 มิติได้อย่างชัดเจนไม่ต้องมาคำนวณในการวาดแบบหรือเทียบอัตราส่วน หนูชอบมากค่ะ”

แนวปฏิบัติที่ 4 การจัดทำรายการอุปกรณ์ที่จำเป็นและตรวจสอบรายละเอียดของอุปกรณ์ทำให้นักเรียนดำเนินการสร้างนวัตกรรมอย่างราบรื่น

ฉันได้จัดการเรียนรู้ในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาโดยให้นักเรียนลงมือดำเนินการสร้างสรรค์

นวัตกรรมของกลุ่มตนเองในช่วงโม่งเรียนและนอกเวลาเรียน ฉันจะให้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการของโรงเรียนให้กับนักเรียนในการสร้างนวัตกรรมของกลุ่มตนเอง แต่พบว่า นักเรียนได้รับอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการที่ไม่สอดคล้องกับการสร้างนวัตกรรมของนักเรียนและอุปกรณ์บางตัวใช้ไม่ได้ทำให้ฉันพบปัญหาในการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ ฉันจึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำรายการอุปกรณ์ที่จำเป็นและสอดคล้องกับการสร้างนวัตกรรมของแต่ละกลุ่มที่ใช้ว่ามีอะไรบ้างที่จะต้องใช้ในการทำโครงการสะเต็มศึกษา จากการสัมภาษณ์นักเรียนมีนักเรียนจำนวน 18 คน ที่พบปัญหาดังตัวอย่างการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยนักเรียนระบุว่า “ครูคะอุปกรณ์มอเตอร์ของกลุ่มหนูใช้ขนาดใหญ่ ที่ครูให้มีแต่ขนาดกลางและขนาดเล็กเองคะครู”

ด้วยเหตุนี้ฉันจึงปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้ใหม่โดยให้นักเรียนทำรายการอุปกรณ์ของแต่ละกลุ่มให้กับฉัน เมื่อนักเรียนได้รับอุปกรณ์ไปสร้างนวัตกรรมแล้วยังพบปัญหาในการสร้างนวัตกรรมของนักเรียนอีกครั้งเป็นจำนวน 12 คน ซึ่งอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการบางตัวเมื่อมองจากสภาพภายนอกอยู่ในสภาพดีแต่เมื่อนักเรียนนำไปใช้จริงพบว่าอุปกรณ์ไม่ทำงานทำให้นักเรียนเกิดปัญหาในการสร้างนวัตกรรมและต้องแก้ไขนวัตกรรมอีกครั้ง ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยนักเรียนระบุว่า “ครูคะกลุ่มหนูเจออีกแล้วหลอดไฟ LED ไฟไม่ติด หนูต้องรื้อถอดออกคะ” และ “ครูคะสายไฟหนูเอาตัวที่อยู่ในถุงที่มาใหม่มีบางเส้นมันน่าจะขาดเพราะตอนต่อกับมอเตอร์ปอกสายไฟหลอดทองแดงมันหลุดง่ายมากและบางเส้นหลอดทองแดงในสายสีแดงและสีดำไม่เท่ากันนะคะหนูคิดว่ามันน่าจะใช้ได้ไม่มีปัญหาอะไร”

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในคาบถัดมา ฉันจึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจัดทำรายการอุปกรณ์ที่จำเป็นและช่วยกันตรวจสอบรายละเอียดของอุปกรณ์ในการสร้างนวัตกรรมของกลุ่มตนเองเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในระหว่างการทำโครงการสะเต็มศึกษาซึ่งพบว่าการทำงานเช่นนี้เมื่อนักเรียนลงมือสร้างนวัตกรรมแล้วก็สามารถดำเนินการสร้างนวัตกรรมได้อย่างราบรื่นไม่สะดุดเพราะขาดอุปกรณ์

ดังตัวอย่างอนุทินบันทึกการเรียนรู้ โดยนักเรียนระบุว่า “หนูรู้สึกว่าการทำโครงการราบรื่นกว่าทุกครั้ง เวลาจะใช้อุปกรณ์ไหนก็มี”

แนวปฏิบัติที่ 5 การเขียนแผนผังความคิดที่ให้นักเรียนเห็นภาพรวมของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทุกขั้นตอนช่วยให้นักเรียนนำเสนอโครงการเพิ่มเติมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ฉันได้จัดการเรียนรู้ในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานโดยให้นักเรียนนำเสนอผลของโครงการเพิ่มเติมศึกษาของกลุ่มตนเองพร้อมกับนวัตกรรม โดยที่ฉันไม่ได้ให้คำแนะนำในการนำเสนอที่ชัดเจนซึ่งฉันเข้าใจว่านักเรียนคงมีประสบการณ์นำเสนอมาเป็นอย่างดีแล้วฉันพบว่าการนำเสนอในงานในช่วงแรกนักเรียนมักนำเสนอตามหัวข้อต่าง ๆ ตามที่ตนเองเข้าใจไม่มีการเรียงเรียงความรู้เป็นลำดับขั้นตอนและแบบที่นำเสนอไม่เห็นภาพกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ชัดเจนรวมทั้งไม่สะท้อนว่าจะทำอะไรทำอะไร นักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 18 คนไม่นำเสนอตามขั้นตอน พุดตามความรู้สึกไม่ได้พุดตามหลักฐานหรือกระบวนการทำของตนเอง ทั้งนี้ปัญหาส่วนหนึ่งมาจากการที่นักเรียนไม่มีกรอบในการนำเสนอ ดังตัวอย่างอนุทินบันทึกการเรียนรู้ โดยนักเรียนระบุว่า “หนูตื่นเต้น เนื้อหาที่นำเสนอก็มีมากเลยไม่รู้จะเริ่มจากตรงไหนก่อน”

ด้วยเหตุนี้ฉันจึงปรับวิธีการจัดการเรียนรู้ใหม่ให้กับนักเรียนโดยให้ประเด็นการนำเสนอครอบคลุมทุกขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเป็นการรอบการนำเสนอให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อให้การนำเสนอแต่ละครั้งกระชับเวลาและครอบคลุมทุกขั้นตอนกระบวนการทำโครงการเพิ่มเติมศึกษา นักเรียนหลายกลุ่มสามารถถ่ายทอดได้ดีขึ้นเป็น จำนวน 24 คน อย่างไรก็ตามปัญหาที่พบคือนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงการนำเสนอแต่ละประเด็นได้ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยนักเรียนระบุว่า “ผมนำเสนอตามหัวข้อที่ครูให้ พอครูถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของแต่ละหัวข้อผมเลยงง”

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อมา ฉันเลยให้นักเรียนช่วยกันสรุปสิ่งที่จะนำเสนอในรูปแบบแผนผังความคิดเพื่อให้เห็นภาพรวมของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทุกขั้นตอน ซึ่งฉันพบว่านักเรียนส่วนใหญ่เป็นจำนวน 30 คน สามารถนำเสนอโครงการเพิ่มเติมศึกษาของกลุ่มตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งนักเรียนเข้าใจภาพรวมของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ที่ใช้ขับเคลื่อนในการทำโครงการเพิ่มเติมศึกษาเป็นอย่างดี ดังตัวอย่างอนุทินบันทึกการเรียนรู้ โดยนักเรียนสะท้อนว่า “การทำแผนผังความคิดทำให้ผมเห็นภาพรวมของสิ่งที่ทำ เมื่อก่อนไม่ได้สนใจความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ มาก่อน”

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

ฉันพบแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โครงการเพิ่มเติมศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

แนวปฏิบัติที่ 1 การทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสภาพปัญหาช่วยให้นักเรียนระบุปัญหาที่จะทำโครงการเพิ่มเติมศึกษาได้ชัดเจนขึ้น เนื่องจากสถานการณ์ปัญหาในบริบทชีวิตจริงเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการเรียนรู้โครงการเพิ่มเติมศึกษา เริ่มต้นครูควรนำเสนอสถานการณ์ปัญหาในรูปแบบที่น่าสนใจ นั่นคือการทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์เชิงรุกกับสภาพปัญหาของชุมชนจริงมากกว่าการใช้ภาพหรือสื่อวีดิทัศน์ในห้องเรียนของตนเอง ซึ่งวิธีนี้จะกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตและเข้าใจสภาพปัญหาได้อย่างครอบคลุมทำให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาในการทำโครงการเพิ่มเติมศึกษาได้ชัดเจนมากขึ้นสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Kruawong (2018) ที่กล่าวว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษา ครูควรให้นักเรียนสังเกตบริบทสิ่งแวดล้อมหรือชุมชนที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน เช่น น้ำเสียในคลอง ซึ่งจะช่วยเหลือให้นักเรียนมีสมรรถนะในด้านการระบุประเด็นปัญหาที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ส่วนแนวปฏิบัติที่ 2 การเขียน

ผู้เชี่ยวชาญมาในห้องเรียนร่วมกับการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีทำให้นักเรียนได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวางแผนการทำโครงการเพิ่มเติมศึกษาเนื่องจากนักเรียนจะได้รับข้อมูลเชิงลึกและประสบการณ์ตรงจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมศาสตร์ในการออกแบบและสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาภายใต้ข้อจำกัดและเงื่อนไขของปัญหาเพิ่มเติมจากการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีเท่านั้น นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมศาสตร์ยังสามารถสะท้อนธรรมชาติในการทำงานของวิศวกรให้กับนักเรียนเห็นว่าการสร้างสรรค์นวัตกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มในระหว่างทำโครงการเพิ่มเติมศึกษามักมีปัญหาหรือความล้มเหลวเกิดขึ้นเป็นเรื่องธรรมดาเช่นเดียวกับการทำงานของวิศวกรในโลกแห่งการทำงานจริง เพื่อให้นักเรียนมองเห็นโอกาสที่จะได้เรียนรู้และมีแรงผลักดันในการปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมของกลุ่มตนเองให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Janhorm *et al.*, 2018)

สำหรับแนวปฏิบัติที่ 3 การใช้โปรแกรมออกแบบชิ้นงานสามมิติพร้อมทั้งใช้คำถามกระตุ้นคิดทำให้นักเรียนสร้างนวัตกรรมได้ตรงตามที่ต้องการออกมาเป็นแบบที่นักเรียนมีความยากลำบากในการสื่อสารความคิดของตนเองเพื่อออกแบบตัวต้นแบบนวัตกรรมที่อยู่ในความคิดของตนเอง การใช้โปรแกรมออกแบบชิ้นงานสามมิติทำให้นักเรียนสามารถสื่อสารความคิดออกมาเป็นแบบที่ครอบคลุมหลายมิติและมีความสมจริงมากขึ้นตามขนาดและรูปร่างที่ต้องการและทำให้ทุกคนในกลุ่มเข้าใจจุดมุ่งหมายของการสร้างนวัตกรรมได้เหมือนกัน ส่งผลให้การดำเนินงานการสร้างสรรค์นวัตกรรมได้ชัดเจนและตรงตามที่ต้องการได้สอดคล้องกับผลวิจัยของ Janhorm *et al.* (2018) การใช้โปรแกรมออกแบบชิ้นงาน 3 มิติดีกว่าการวาดรูปในกระดาษทำให้นักเรียนสามารถสื่อสารความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรมได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้หากในห้องปฏิบัติการของนักเรียนมีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการพิมพ์แบบ 3 มิติ (3D Printing Technology) ที่สามารถพิมพ์วัตถุที่มีรูปทรงแสดงให้เห็นความกว้าง ความยาว และความสูง จะช่วยให้นักเรียนสามารถผลิต

นวัตกรรมได้อย่างมีคุณภาพและผลิตได้เร็วกว่าการสร้างด้วยตนเอง (Wongjumba, 2017) ดังนั้นการใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ จะทำให้นักเรียนเข้าใจและมองเห็นภาพการทำงานของวิศวกรในโลกการทำงานจริงมากยิ่งขึ้น และแนวปฏิบัติที่ 4 การจัดทำรายการอุปกรณ์ที่จำเป็นและตรวจสอบรายละเอียดของอุปกรณ์ทำให้นักเรียนสามารถดำเนินการสร้างนวัตกรรมอย่างราบรื่นเนื่องจากการสร้างนวัตกรรมค่อนข้างที่จะใช้เวลานานพอสมควร เวลาในช่วงเรียนอาจจะไม่เพียงพอ ส่งผลให้นักเรียนต้องทำงานนอกเวลาเรียนอีกด้วย ดังนั้นก่อนลงมือดำเนินการสร้างนวัตกรรม ครูควรให้นักเรียนจัดทำรายการอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการของโรงเรียนที่จำเป็นในการสร้างนวัตกรรมและตรวจสอบรายละเอียดของอุปกรณ์ดังกล่าวมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับการนำไปใช้งานในการสร้างนวัตกรรมของกลุ่มตนเองเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการใช้อุปกรณ์ในระหว่างทำงาน ดังนั้นการที่ครูสามารถจัดการเวลาในการดำเนินการสร้างนวัตกรรมของนักเรียนด้วยการจัดทำรายการอุปกรณ์และตรวจสอบรายละเอียดของอุปกรณ์ เป็นการทำงานตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สอดคล้องกับการทำงานจริงของวิศวกรที่ต้องอาศัยความเร็วในการดำเนินการสร้างนวัตกรรมที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขของเวลาที่กำหนดไว้ อีกทั้งแนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังช่วยลดเวลาในห้องเรียนได้เพื่อแก้ปัญหาว่าครูไม่มีเวลาเพียงพอในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษาและแนวปฏิบัติสุดท้ายที่ฉันทพบ คือ การเขียนแผนผังความคิดที่ให้นักเรียนเห็นภาพรวมของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทุกขั้นตอนช่วยให้นักเรียนนำเสนอโครงการเพิ่มเติมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเนื่องจากแผนผังความคิดเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้นักเรียนถ่ายทอดและเชื่อมโยงความสัมพันธ์แต่ละความคิดได้อย่างเป็นระบบ สามารถนำเสนอข้อมูลได้อย่างเป็นรูปธรรมทำให้นักเรียนมองเห็นภาพรวมของการดำเนินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทุกขั้นตอนในการทำโครงการเพิ่มเติมศึกษาและสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Pongphoka & Songserm (2015) เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการแก้ปัญหา

อนาคตร่วมกับแผนผังความคิดเพื่อศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า การนำเสนอความคิดของกลุ่มตนเองโดยใช้แผนผังความคิดช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงทุกขั้นตอนของการแก้ปัญหาอนาคตอย่างเป็นระบบที่ชัดเจนตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1) ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยของฉันทน์พบว่า การให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสภาพปัญหาชุมชนช่วยให้นักเรียนระบุปัญหาในการทำโครงการสะเต็มศึกษาได้ชัดเจนขึ้น ดังนั้น ครูควรออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานอกห้องเรียน (Outdoor STEM Education) โดยพานักเรียนศึกษาสภาพปัญหาจริงจากนอกห้องเรียนเพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จริงมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการสะเต็มศึกษาได้อย่างลึกซึ้งมากขึ้น นอกจากนี้จากผลการวิจัยที่พบว่านักเรียนของฉันทน์ใช้โปรแกรมออกแบบชิ้นงาน 3 มิติ แต่ไม่ได้พิมพ์นวัตกรรมโดยใช้เครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติทำให้นักเรียนดำเนินการสร้างนวัตกรรมใช้เวลาค่อนข้างมาก และนวัตกรรมที่สร้างขึ้นด้วยตนเองไม่สอดคล้องกับที่ออกแบบไว้บางลักษณะ ดังนั้น ครูควรใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมได้อย่างมีคุณภาพและผลิตได้เร็วมากขึ้น สิ่งนี้จะทำให้นักเรียนมองเห็นภาพการทำงานของวิศวกรในโลกการแห่งความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

2) ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากงานวิจัยนี้เน้นการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูเกี่ยวกับแนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้โครงการสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรวิจัยที่ผลการเรียนรู้ของนักเรียนเชิงลึกเกี่ยวกับทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โครงการสะเต็มศึกษา

References

- Burke, B. N. (2014). THE ITEEA 6E Learning by DeSIGN™ Model: Maximizing Informed design and inquiry in the integrative STEM classroom. *Technology and Engineering Teacher* 73(6): 14-19.
- Bybee, R.W. (2015). *The BSCS 5E instructional model: Creating teachable moments*. Virginia: National Science Teacher Association Press.
- Chanprasert, S. (2014). STEM education in 21st century learning. *IPST Magazine*, 42(186), 3-5. [in Thai].
- Chuadda, M. (2017). *The study of engineering design process of grade 9th students on dissolved oxygen after conducting a STEM education activity* (Master's Thesis). Retrieved from http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/56920136.pdf. [in Thai].
- Division of Research Management and Quality Assurance in Education. (2016). *The Blueprint of Thailand 4.0 model leading Thailand towards stability, prosperity and sustainability*. Retrieved from <https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2017/20171114-draeqa-blueprint.pdf>. [in Thai]
- Duangpummes, W, & Kaewurai, W. (2017). Learning management in Thailand 4.0 with active learning. *Humanities and Social Sciences Journal of Graduate School, Pibulsongkram Rajabhat University*, 11(2), 1-14. [in Thai]
- Faikhamta, C., Charoensuk, C., Srinakharin, D. & Boriboon, P. (2016). *Action research in science classroom*. Bangkok: Institute of Academic Development (IAD). [in Thai].

- Hafiz, N. R. M., & Ayop, S. K. (2019). Engineering design process in STEM education: A systematic review. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 9(5), 676–697.
- Janhorm, C., Ketsing, J. & Thongseenuch, J. (2018). How can I develop of grade 9 students' creativity and innovation of 21st century skill by learning STEM education approach? In S. Ugsonkid, K. Boonchaythanasit, S. Sumalee & C. Juntra (Eds.). *The collection of classroom research, Faculty of Education, Kasetsart University*. Bangkok: Vista Interprint Co., Ltd. [in Thai].
- Karimi, S. (2018). The engineering design process to enhance creativity and problem-solving skills, part 2. *IPST Magazine*, 46(210), 44-49. [in Thai].
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kennedy, T., & Odell, M. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.
- Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988). *The action research planner*. 3rd ed. Gee-long, Victoria: Deakin University.
- Kruatong, S. & Leesuksam, N. (2020). The study of engineering design process skills using STEM education on electricity of grade 9 students. *Journal of Education and Human Development Sciences*, 4(1), 78-91. [in Thai].
- Kruawong, T. (2018). Development of upper secondary school students' environmental literacy using Green STEM Education approach (Master's Thesis). Retrieved from <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/63368>. [in Thai].
- Office of the Permanent Secretary Ministry of education, Thailand. (2016). 12th *educational development plan of the Ministry of Education (2017–2021)*. Retrieved from <http://www.mua.go.th/users/bpp/main/download/plan/EducationPlan12.pdf>. [in Thai].
- Pongphoka, S. & Songserm, U. (2015). The development of problem-solving thinking ability of grade 12 students by future problem-solving technique and mind mapping. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts)*, 8(2), 1223-1237. [in Thai].
- Puncreobutr, V. (2016). Education 4.0: New challenge of learning. *St. Theresa Journal of Humanities and Social Sciences*, 2(2), 92-97.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2018). *The teacher's guidebook for additional science and technology: Biology for grade 10 students, book 1*. Retrieved from <https://www.scimath.org/ebook-biology/item/8111-bioteacherguide-4-1>. [in Thai].
- Wongjumba, S. (2017). 3D printing: Innovative 3D printing technology (Part 1). *IPST Magazine*, 45(207), 50-54. [in Thai].