

การส่งเสริมอภิปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ:
กรณีศึกษาเชิงผสมผสานวิธี

Promoting tenth-grade students' metacognition using design-based learning:
A mixed-methods case study

ศิริินภา คำหล้าทราย¹ และ ลือชา ลดาชาติ^{2*}

Sirinapa Khamlarsai¹ and Luecha Ladachart^{2*}

¹หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา, sirinapa.khamlar@gmail.com
(Master's degree in curriculum and instruction, School of Education, University of Phayao)

²วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา, ladachart@gmail.com
(School of Education, University of Phayao)

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลของกรณีศึกษาเชิงผสมผสานวิธีที่ศึกษาอภิปัญญาของนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง ก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณด้วยแบบสอบถามอภิปัญญาที่เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ จำนวน 12 ข้อ ซึ่งวัดอภิปัญญา 3 ด้าน ได้แก่ การวางแผนกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง การติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง และการกำกับตนเองในระหว่างการเรียนรู้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการบันทึกเสียงของนักเรียนในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้และการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างรายกลุ่ม ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีการทางสถิติ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยปรากฏว่า เมื่อพิจารณาในภาพรวมทั้ง 3 ด้าน นักเรียนไม่ได้พัฒนาอภิปัญญาอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาแยกเป็นรายด้าน นักเรียนพัฒนาอภิปัญญาด้านการติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเองอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ฟันเฮียง สะเต็มศึกษา อภิปัญญา

ABSTRACT

This article presents results of a mixed-methods case study that examined metacognition of six female tenth-grade students, who were purposefully selected, before and after engaging in design-based learning activities. The researchers gathered quantitative data using a five-point Likert scale comprising 12 items measuring three aspects of metacognition (i.e., planning, monitoring, and self-regulation). Moreover,

the researchers collected qualitative data by audio recording the students' verbal interactions during the learning activities and conducting semi-structured interviews with the students. The researchers analyzed the quantitative data using statistical methods and then analyzed the qualitative data using a method of content analysis. The research results revealed that, when considering all three aspects together, the students did not significantly developed metacognition. However, when considering each aspect of metacognition separately, the students significantly developed the aspect regarding monitoring their own learning.

KEYWORDS: Design-based learning, Inclined planes, Metacognition, STEM education

**Corresponding author, E-mail: ladachart@gmail.com โทร. 054 466 666 ต่อ 1376*

Received: 25 November 2021 / Revised: 24 January 2022 / Accepted: 26 January 2022 / Published online: 1 September 2022

บทนำ

การพัฒนาประเทศตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2580) มุ่งเน้นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561) โดยยุทธศาสตร์หนึ่งในการพัฒนาประเทศคือการส่งเสริมสะเต็มศึกษา (STEM education) ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560) ทั้งนี้สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในลักษณะที่มีการบูรณาการศาสตร์เหล่านั้นเข้าด้วยกัน (Kelly & Knowles, 2016) เพื่อให้เยาวชนมีความรู้ ทักษะ และเจตคติด้านสะเต็ม ตลอดจนมีศักยภาพในการเป็นกำลังคนที่สร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่มีมูลค่าเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมของชาติได้ (Promboon, Finley, & Kawekijmanee, 2018)

ตามนโยบายสะเต็มศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบัน หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560) โดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การระบุปัญหา (2) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (4) การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (5) การทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ (6) การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ม.ป.ป.)

อย่างไรก็ตาม ฤฎาภา ลดาชาติ และลือชา ลดาชาติ (2563) ตั้งข้อสังเกตว่า ขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ตามที่ สสวท. กำหนดไว้ มีข้อจำกัดสำคัญในแง่ของญาณวิทยาของการได้มาซึ่งความรู้ (Epistemology) โดยนักเรียนถูกคาดหวังให้เกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนที่ 2 และนำความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์นั้นไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ในขั้นตอนที่ 3 โดยปราศจากความตระหนักว่า นักเรียนอาจมีความเข้าใจเดิมที่คลาดเคลื่อน ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคต่อการสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ข้อจำกัดนี้จึง

สะท้อนสิ่งที่ Promboon et al. (2018) ย้ำเตือนว่า สะเต็มศึกษาในประเทศไทยไม่ควรยึดติดอยู่กับแนวทางใดแนวทางหนึ่งเท่านั้น การศึกษาแนวทางอื่น ๆ ที่มีศักยภาพจึงเป็นเรื่องจำเป็น

ในต่างประเทศ นักการศึกษาได้พัฒนาแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งมีชื่อที่แตกต่างกัน เช่น วิทยาศาสตร์บนฐานการออกแบบ (Design-based science) (Fortus, Dershimer, Krajcik, Marx, & Mamlok-Naaman, 2004) การเรียนรู้โดยการออกแบบ (Learning by design) (Kolodner, et al., 2003) การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ (Design-based learning) (Korur, Efe, Erdogan, & Tunc, 2017) โดยผลการวิจัยเหล่านี้เปิดเผยว่า แนวทางเหล่านี้ส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ งานวิจัยอีกจำนวนหนึ่งยังเปิดเผยด้วยว่า การเรียนรู้บนฐานการออกแบบยังมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีกว่าการเรียนรู้บนฐานการสืบเสาะอีกด้วย (Marulcu & Barnett, 2016; Mehalik, Doppelt, & Schunn, 2008)

แต่กระนั้นก็ตาม แม้งานวิจัยบ่งชี้ตรงกันถึงการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนผ่านการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ แต่ประเด็นที่ยังไม่ชัดเจนคือว่า นักเรียนสามารถพัฒนาอภิปัญญา (Metacognition) ด้วยหรือไม่ โดยอภิปัญญา หมายถึง “ความรู้ ความตระหนักรู้ และการควบคุมความคิดและกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง” (Thomas, 2003, p. 175) ซึ่งมีได้หลายมิติ (Zohar & Barzilai, 2013) ไม่ว่าจะเป็นการวางแผนกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง (Planning) การติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง (Monitoring) และการกำกับตนเองในระหว่างการเรียนรู้ (Self-regulation) เป็นต้น (Berger & Karabenick, 2016) โดยการทบทวนงานวิจัยก่อนหน้านี้บ่งชี้ตรงกันว่า อภิปัญญาเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งของความสำเร็จในการแก้ปัญหา (Mayer, 1998)

เนื่องจากการเรียนรู้บนฐานการออกแบบเป็นประเภทหนึ่งของการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา (Ellefson, Brinker, Vernacchio, & Schunn, 2008) อภิปัญญาจึงมีบทบาทสำคัญในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ (Kavousi, Miller, & Alexander, 2020a; 2020b) โดยผลการวิจัยของ Lawanto (2010) กับนักศึกษาจากคณะวิศวกรรมศาสตร์เปิดเผยว่า การทำโครงการด้านการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ช่วยพัฒนาความสามารถทางอภิปัญญาได้อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเช่นเดียวกันนี้กับนักเรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานยังไม่มีปรากฏ การศึกษาว่าการเรียนรู้บนฐานการออกแบบสามารถส่งเสริมความสามารถทางอภิปัญญาของนักเรียนได้หรือไม่และในด้านใดจึงจะให้แนวทางในการส่งเสริมความสามารถทางอภิปัญญาของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบอภิปัญญาของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบหมายถึงการจัดการเรียนรู้เรื่องพื้นเอียงตามแนวทางของ Apedoe, Reynolds, Ellefson, & Schunn (2008) ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การออกแบบชิ้นงาน (2) การประเมินชิ้นงาน (3) การให้เหตุผล (4) การทดสอบความคิด (5) การวิเคราะห์ผล (6) การสร้างข้อสรุปทั่วไป และ (7) การเชื่อมโยงกับแนวคิดหลัก โดยนักเรียนจะถูกท้าทายให้ออกแบบทางลาดสำหรับผู้พิการที่นั่งรถเข็น เพื่อให้ผู้พิการออกแรงน้อยที่สุดในการขึ้น

รถเข็นภายใต้ข้อจำกัดของพื้นที่ในการสร้างทางลาดและความสูงของทางลาด กิจกรรมการเรียนรู้ใช้เวลา 8 คาบ คาบละ 50 นาที โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกนักเรียนในการเรียนรู้

2. อภิปัญญาหมายถึงความสามารถในการวางแผนกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง การติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง และการกำกับตนเองในระหว่างการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยวัดด้วยแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ซึ่งผู้วิจัยแปลมาจากแบบสอบถามของ Berger & Karabenick (2016)

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษาเชิงผสมผสานวิธี (Creswell & Plano Clark, 2018) ซึ่งเป็นประเภทหนึ่งของการวิจัยเชิงผสมผสานวิธีที่มุ่งใช้ทั้งวิธีการเชิงปริมาณและวิธีการเชิงคุณภาพในการศึกษาปรากฏการณ์เดียวกัน (Creswell and Plano Clark, 2011) โดย Merriam (1998) ระบุว่า ลักษณะที่เป็นนิยามของงานวิจัยใด ๆ ที่เป็นกรณีศึกษาก็คือการกำหนดขอบเขตของสิ่งที่ผู้วิจัยศึกษา โดยกรณีศึกษานี้มีขอบเขตอยู่ที่ห้องเรียน 1 ห้อง ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนหญิง 6 คน ทั้งนี้เป้าหมายของกรณีศึกษาไม่ใช่เพื่อสร้างผลการวิจัยที่สามารถถูกนำไปอ้างอิงในบริบทอื่น ๆ ได้ หากแต่เพื่อสร้างความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับปรากฏการณ์เฉพาะใด ๆ เนื่องจากกรณีศึกษาไม่มีการเจาะจงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลหรือการวิเคราะห์ข้อมูล (Merriam, 1998) กรณีศึกษานี้จึงใช้การวิจัยแบบผสมผสานวิธีที่มีการออกแบบแบบฝังตัว (Embedded Design) โดยวิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลัก และวิธีการเชิงคุณภาพเป็นวิธีการรอง

นักเรียน

นักเรียนที่เข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงราย โรงเรียนแห่งนี้เป็นโรงเรียนขนาดเล็ก ซึ่งมีนักเรียนทั้งหมดไม่ถึง 120 คน และมีครูทั้งหมดเพียง 11 คน โรงเรียนนี้มีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้อง ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนชาย 2 คน และนักเรียนหญิง 7 คน โดยนักเรียนบางส่วนมีแนวโน้มที่จะออกจากการศึกษากลางคัน อันเนื่องมาจากปัญหาทางการเรียน สภาพเศรษฐกิจ และการระบาดของไวรัสโคโรนา ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีนักเรียนที่เข้าร่วม 6 คน ซึ่งเป็นนักเรียนหญิงทั้งหมด นักเรียนเหล่านี้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (Purposeful Sampling) ตามเกณฑ์ความสะดวก (Convenient sampling) ซึ่ง Patton (2002) ระบุว่า เกณฑ์นี้เหมาะสมกับการการวิจัยที่ผู้วิจัยมีข้อจำกัดด้านเวลาและ/หรือทุนวิจัย

เครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามอภิปัญญา ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ โดยผู้วิจัยนำแบบสอบถามนี้มาจากงานวิจัยของ Berger & Karabenick (2016) แบบทดสอบนี้ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 13 ข้อ ซึ่งมุ่งวัดการวางแผนกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง (5 ข้อ) การติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง (4 ข้อ) และการกำกับตนเองในระหว่างการเรียนรู้ (4 ข้อ) ในการนี้ ผู้วิจัยได้แปลคำถามเป็นภาษาไทย จากนั้น ผู้วิจัยส่งแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงและความถูกต้องของภาษา หลังจากการปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ผู้วิจัยนำแบบวัดนี้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 127 คน จากนั้น ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจเพื่อให้แน่ใจว่าแบบสอบถามยังคงมีโครงสร้างที่สอดคล้องกับแบบสอบถามต้นฉบับ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแบบสอบถามฉบับภาษาไทยด้วยโปรแกรม JASP (Goss-Sampson, 2020) ปรากฏดังตารางที่ 1 ซึ่งข้อความแทบทั้งหมดอยู่ในองค์ประกอบที่ตรงตามองค์ประกอบของแบบสอบถามต้นฉบับ ยกเว้นเพียงแต่ข้อความที่ 5 ซึ่งเดิมอยู่ในองค์ประกอบด้านการวางแผนกระบวนการเรียนรู้ของตนเองในแบบสอบถามต้นฉบับ แต่กลับไม่อยู่ในองค์ประกอบใดเลยในแบบสอบถามฉบับภาษาไทย ผลที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนของการแปลข้อความเป็นภาษาไทย ผู้วิจัยจึงตัดข้อความที่ 5 ออกจากการวิจัย ดังนั้น แบบสอบถามในการวิจัยครั้งนี้จึงมีเพียง 12 ข้อ ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับอยู่ที่ 0.92 โดยค่าความเชื่อมั่นด้านการวางแผนกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ด้านการติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง และด้านการกำกับตนเองในระหว่างการเรียนรู้อยู่ที่ 0.88, 0.89, และ 0.82 ตามลำดับ

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจของแบบสอบถาม

องค์ประกอบของ อภิปัญญา	ข้อความ	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Uniqueness
การติดตาม กระบวนการ เรียนรู้ของตนเอง	8. เมื่อฉันเรียนวิทยาศาสตร์ ฉันจะตรวจสอบตนเองว่า ฉันเข้าใจสิ่งที่ได้เรียนหรือไม่	0.915			0.238
	9. ฉันจะตรวจสอบตนเองว่า ฉันเข้าใจสิ่งที่ฉันกำลังเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์หรือไม่	0.837			0.324
	7. ในขณะที่เรียนวิทยาศาสตร์ ฉันจะลองตัดสินตนเองว่า ฉันเรียนรู้ได้มากน้อยแค่ไหน	0.836			0.267
	6. เมื่อฉันเรียนวิทยาศาสตร์ ฉันจะถามตนเองเพื่อให้แน่ใจว่า ฉันเข้าใจสิ่งที่ตัวเองกำลังเรียนรู้	0.742			0.406
การวางแผน กระบวนการ เรียนรู้ของตนเอง	1. ฉันวางแผนก่อนว่า ฉันจะเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องใหม่ได้อย่างไร		0.932		0.229
	3. ก่อนเรียนวิทยาศาสตร์ ฉันวางแผนว่า ฉันจะต้องใช้เวลาเท่าใดในการเรียนรู้หัวข้อนั้น		0.832		0.381
	2. ก่อนเรียนวิทยาศาสตร์ ฉันคิดว่า ฉันจะได้เรียนรู้อะไรและเรียนรู้อย่างไร		0.733		0.337
	4. เมื่อฉันเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องใหม่ ฉันคิดก่อนว่า ฉันจะเรียนรู้เรื่องนั้นได้ดีที่สุดด้วยวิธีใด		0.696		0.451
การกำกับตนเอง ในระหว่างการเรียนรู้	11. ถ้าเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ฉันกำลังเรียนเป็นเรื่องยาก ฉันจะค่อย ๆ เรียนรู้และใช้เวลากับเรื่องนั้นให้มากขึ้น			1.007	0.230
	12. ถ้าฉันยังแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์ไม่ได้ ฉันจะลองหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหานั้นด้วยวิธีการอื่น ๆ			0.653	0.491

องค์ประกอบของ อภิปัญญา	ข้อความ	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Uniqueness
	13. ถ้าฉันไม่เข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ดีพอ ฉันจะต้องทำความเข้าใจเรื่องนั้นให้เข้าใจ เสียก่อน ก่อนที่จะเรียนเรื่องถัดไป			0.636	0.423
	10. ถ้าฉันไม่เข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังเรียนรู้ ฉันจะย้อนกลับไปทำความเข้าใจมันอีกครั้ง			0.410	0.574
การวางแผน กระบวนการ เรียนรู้ของตนเอง	5. ก่อนเรียนวิทยาศาสตร์ ฉันจะกำหนด เป้าหมายในการเรียนเพื่อช่วยให้ตนเองเกิด การเรียนรู้ในหัวข้อนั้น				0.469

นอกจากแบบสอบถามอภิปัญญาแล้ว ผู้วิจัยยังเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพด้วย ทั้งจากการบันทึกการจัดการเรียน การสอน การสนทนาภายในกลุ่มของนักเรียน และชิ้นงานสุดท้ายของนักเรียน นอกจากนี้ ผู้วิจัยมีการสัมภาษณ์นักเรียนเป็น รายกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสะท้อนความคิดในการออกแบบชิ้นงาน โดยการสัมภาษณ์เป็นแบบกึ่งโครงสร้าง (ลือชา ลดาชาติ, 2558) ซึ่งประกอบด้วยคำถามดังนี้ (1) นักเรียนมีกระบวนการออกแบบอย่างไร ตั้งแต่แรกเริ่มต้นจนกระทั่งนักเรียน ได้ชิ้นงานในที่สุด (2) ในการออกแบบชิ้นงาน นักเรียนตัดสินใจเลือกวิธีการอย่างไร (3) ในระหว่างการออกแบบ นักเรียนพบ อุปสรรคอะไรบ้าง แล้วนักเรียนจัดการกับอุปสรรคเหล่านั้นอย่างไร และ (4) นักเรียนคิดว่า ปัจจัยอะไรที่ทำให้กลุ่มของนักเรียน ออกแบบได้ประสบผลสำเร็จ

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

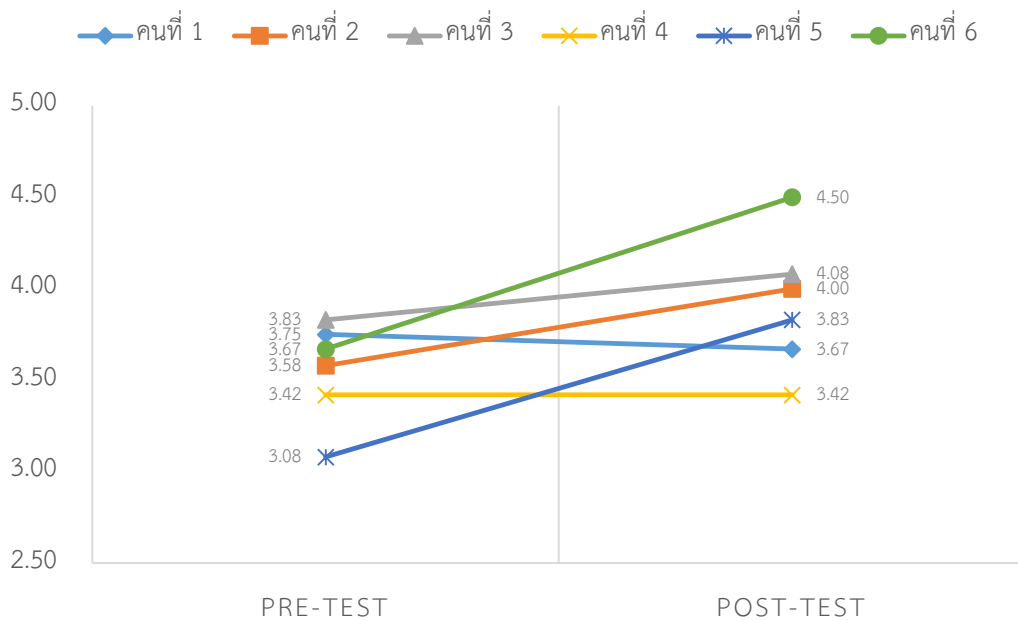
ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบสอบถามอภิปัญญาก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ โดยนักเรียน ใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที จากนั้น ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม JASP (Goss-Sampson, 2020) เพื่อหา ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแต่ละชุด ทั้งในภาพรวมทุกด้านและในรายด้านแต่ละด้าน เนื่องจากนักเรียนที่ ให้ข้อมูลในการวิจัยนี้มีเพียง 6 คน ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการ Wilcoxon Signed Ranks Test ในการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ในส่วนของข้อมูลเชิงคุณภาพที่ผู้วิจัยได้บันทึกเสียงสนทนา ระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนและการสัมภาษณ์หลังจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์ เนื้อหา โดยการให้รหัสข้อมูลส่วนที่นักเรียนกล่าวถึงกระบวนการคิดของตนเองและ/หรือกระบวนการทำงานภายในกลุ่ม

ผลการวิจัย

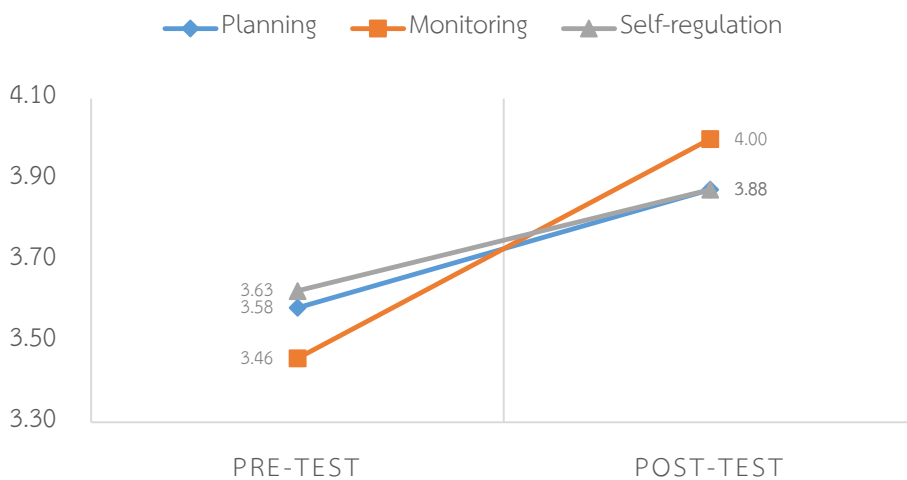
กรณีศึกษาเชิงผสมผสานวิธีครั้งนี้มุ่งตอบคำถามวิจัยที่ว่า นอกจากการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์แล้ว (ศิริ ภา คำหล้าทราย, 2565) การเรียนรู้บนฐานการออกแบบสามารถพัฒนาอภิปัญญาของนักเรียนด้วยหรือไม่ และในด้านใด เนื่องจากนักเรียนที่เข้าร่วมในการวิจัยมีทั้งหมด 6 คน ซึ่งเป็นเพศหญิงทั้งหมด ผู้วิจัยจึงใช้ตัวเลข 1-6 แทนชื่อและนามสกุลของ นักเรียน เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับนักเรียน โดยในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ นักเรียนคนที่ 1-3 อยู่กลุ่มที่ 1 และนักเรียนคนที่ 4-6 อยู่กลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นการแบ่งกลุ่มตามความสมัครใจของนักเรียน ในการนี้ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยเชิงปริมาณก่อน จากนั้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอผลการวิจัยเชิงคุณภาพ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลการวิจัยเชิงปริมาณ

จากผลการวิเคราะห์คำตอบในแบบสอบถามอภิปัญญาในภาพรวมทั้ง 3 ด้าน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบมีค่าเท่ากับ 3.56 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.27) และคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบมีค่าเท่ากับ 3.92 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.37) ซึ่งสูงขึ้นจากเดิมเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเหล่านี้ ผลปรากฏว่า นักเรียนไม่ได้มีอภิปัญญาสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($W = 1.000, p = 0.106$) จากการวิเคราะห์นักเรียนเป็นรายบุคคล ดังภาพที่ 1 แม้นักเรียนส่วนใหญ่ (คนที่ 2 คนที่ 3 คนที่ 5 และคนที่ 6) มีอภิปัญญาเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นนี้ไม่ได้เกิดขึ้นกับนักเรียนบางคน (คนที่ 4) มีหน้าซ้ำ นักเรียนบางคนกลับมีอภิปัญญาที่ลดลงอีกด้วย (คนที่ 1)



ภาพ 1 อภิปัญญาในภาพรวมของนักเรียนแต่ละคนก่อนและหลังกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ



ภาพ 2 คะแนนเฉลี่ยของอภิปัญญาแต่ละด้านของนักเรียนก่อนและหลังกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

เพื่อความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาอภิปัญญาของนักเรียนที่ลึกซึ้งมากขึ้น ผู้วิจัยจึงพิจารณาการพัฒนาอภิปัญญาแต่ ละด้านของนักเรียน ผลปรากฏว่า ในด้านการวางแผนกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนเพิ่มขึ้นจาก 3.58 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.47) เป็น 3.88 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.59) ในด้านการติดตามกระบวนการเรียนรู้ของ ตนเอง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนเพิ่มขึ้นจาก 3.46 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.29) เป็น 4.00 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.35) และในด้านการกำกับตนเองในระหว่างการเรียนรู้ คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนเพิ่มขึ้นจาก 3.63 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.21) เป็น 3.88 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.59) ดังภาพที่ 2 อย่างไรก็ตาม เฉพาะด้านการติดตามกระบวนการเรียนรู้ของ ตนเองเท่านั้นที่มีการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$) ดังตารางที่ 2

ตาราง 2 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

อภิปัญญาของนักเรียน	W	df	p	Effect size
การวางแผนกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง	3.000	5	0.584	-
การติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง	0.000	5	0.035	1.00
การกำกับตนเองในระหว่างการเรียนรู้	3.500	5	0.341	-
ภาพรวมทุกด้าน	1.000	5	0.106	-

ผลการวิจัยเชิงคุณภาพ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐาน การออกแบบ ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มใช้วิธีการลองผิดลองถูกในการออกแบบทางลาดสำหรับผู้พิการ ดังเช่นคำพูด ของนักเรียนในกลุ่มที่ 1 ที่ว่า “เราคิดไว้แล้ว เราทำไปเลย เดี่ยวค่อยไปแก้ปัญหาค่ะ” และคำพูดของนักเรียนคนที่ 4 ที่ว่า “เริ่มแรก ออกแบบเป็นทางลาดที่เป็นเส้นตรงไปเลยคะ” คำพูดเหล่านี้บ่งบอกว่า ในตอนเริ่มต้น นักเรียนทั้งสองกลุ่ม ขาดการวางแผนในการออกแบบชิ้นงานอย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม เมื่อเวลาผ่านไป หลังจากที่นักเรียนแต่ละกลุ่มพบว่า ความคิดแรกเริ่มของตนเองยังมีข้อจำกัด นักเรียนแต่ละกลุ่มก็มีการวางแผนที่ละเอียดมากขึ้น ดังคำพูดของนักเรียนคนที่ 1 และนักเรียนคนที่ 4 ต่อไปนี้

“ตอนแรกประชุมปรึกษากันก่อนว่าจะทำอย่างไรดี แล้วก็พอกันเสร็จ แล้วมีการเถียงกันเล็กน้อย” (นักเรียนคนที่ 1)

“ก็มีปรึกษากัน ก็ตามวิธีของแต่ละคนคะว่า อยากได้วิธีไหน พอทำวิธีนั้นไม่สำเร็จ ก็ใช้วิธีสำรอง...” (นักเรียนคนที่ 4)

หลังจากการได้สร้างต้นแบบแล้ว นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีการพิจารณาและประเมินว่า ต้นแบบของตนเองประสบ ผลสำเร็จตามเงื่อนไขของการออกแบบหรือไม่ และควรได้รับการปรับปรุงในส่วนใด นอกจากนี้ นักเรียนยังมีการติดตามด้วยว่า ตนเองมีความเข้าใจสำหรับการออกแบบอย่างเพียงพอหรือไม่ ดังเช่นที่นักเรียนคนที่ 1 เล่าให้ฟังว่า “ตอนที่ทำนะคะ หนูเป็น คนบอกเพื่อนว่า ถ้าระยะ(ทางลาด)มันยิ่งสั้น มันจะทำให้เขา(ผู้พิการ)ออกแรงน้อยลง หรือเหนื่อยน้อยลง แต่ที่จริงไปหาสูตร มาแล้ว มันไม่ใช่เลยคะ ก็เลยรู้ว่า ระยะ(ทางลาด)สั้นไป ก็ไม่ได้ช่วยให้เขาออกแรงน้อยลงคะ” ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถ พัฒนาความเข้าใจให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้เล่ากระบวนการทำงานของตนเอง นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีการระบุถึงการติดตามความคิดและกระบวนการทำงานของตนเองอยู่เสมอ ดังคำพูดต่อไปนี้ที่ว่า

“จะพูดตลอดเลยคะว่า ห้ามผู้พิการออกแรงมากและเหนื่อย” (นักเรียนคนที่ 2)

“ปัญหาในแต่ละเส้นทางคะ พวกเราเจอปัญหา ก็จะแก้ใหม่ ช่วยกัน พยายามทำให้สำเร็จ” (นักเรียนคนที่ 3)

คำพูดเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีการติดตามและประเมินกระบวนการทำงานของตนเองเป็นระยะ ๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยเชิงปริมาณที่บ่งชี้ว่า นักเรียนรับรู้ว่าคุณภาพของการติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1) แต่กระนั้นก็ตาม ข้อมูลเชิงคุณภาพที่บ่งชี้ถึงการกำกับตนเองของนักเรียนในระหว่างการเรียนรู้มีจำกัด ซึ่งส่วนนี้อาจเป็นผลมาจากการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องออกแบบชิ้นงานให้สำเร็จภายในเวลาที่จำกัด ดังเช่นที่นักเรียนคนที่ 1 ระบุว่า “ส่วนมากจะทำงานกันช้า หนูจะชอบบ่นเพื่อนว่าช้า” นักเรียนบางคนจึงขาดโอกาสในการหยุด ชะลอ หรือแม้กระทั่งทำซ้ำกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ผลการวิจัยส่วนนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยเชิงปริมาณที่บ่งชี้ว่า นักเรียนไม่ได้รับรู้ถึงการพัฒนาความสามารถในการกำกับการเรียนรู้ของตนเองอย่างมีนัยสำคัญ

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

ด้วยนโยบายด้านสะเต็มศึกษาที่ได้รับการส่งเสริมมากขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา (Promboon et al., 2018) การเรียนรู้บนฐานการออกแบบได้กลายเป็นแนวทางหลักในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม (Kelly & Knowles, 2016) ทั้งนี้เพราะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์สามารถเชื่อมโยงศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มได้เป็นอย่างดี (Quinn, Reid, & Gardner, 2020) งานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวนมากจึงมุ่งศึกษาเพื่อให้แน่ใจว่า นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ผ่านการเรียนรู้บนฐานการออกแบบได้ (Apedoe, et al., 2008; Fortus, et al., 2005; Kolodner, et al., 2003; Korur et al., 2017; Marulcu & Barnett, 2016; Mehalik et al., 2008) แต่กระนั้นก็ตาม งานวิจัยกลับมีจำนวนน้อยที่ศึกษาว่า นอกจากความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์แล้ว นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถทางอภิปัญญาด้วยหรือไม่

การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาว่า หลังจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบแล้ว นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถพัฒนาความสามารถทางอภิปัญญาหรือไม่ และในด้านใด โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้กับนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัยเปิดเผยว่า ความสามารถทางอภิปัญญา มีบทบาทสำคัญต่อความสามารถด้านการออกแบบ โดยเฉพาะในกระบวนการสร้างและพัฒนาความคิดเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นงาน (Kavousi, Miller, & Alexander, 2020a) ด้วยเหตุนี้ นักศึกษาที่มีอภิปัญญาสูงจึงมีความสามารถด้านการออกแบบมากกว่านักศึกษาที่มีอภิปัญญาต่ำ (Kavousi, Miller, & Alexander, 2020b) การวิจัยครั้งนี้ให้มุมมองเพิ่มเติมว่า การได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบช่วยพัฒนาความสามารถทางอภิปัญญาของนักเรียนด้วยกัน ถึงแม้ว่าการพัฒนาความสามารถทางอภิปัญญาของนักเรียนอาจเกิดขึ้นเพียงแค่บางด้านเท่านั้น

งานวิจัยหลายเรื่องก่อนหน้านี้บ่งชี้ว่า อภิปัญญาเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดว่า นักเรียนจะประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาหรือไม่ (Mayer, 1998) ดังนั้น การเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาสามารถพัฒนาความสามารถทางอภิปัญญาได้ (Downing, Kwong, Chan, Lam, & Downing, 2009) ทั้งนี้เพราะนักเรียนจำเป็นต้องใช้อภิปัญญาในการวางแผน ติดตาม และกำกับตนเองเพื่อแก้ปัญหาให้สำเร็จ เนื่องจากการเรียนรู้บนฐานการออกแบบเป็นประเภทหนึ่งของการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา (Ellefson et al., 2008) มันจึงเป็นเรื่องสมเหตุสมผลที่การเรียนรู้บนฐานการออกแบบช่วยพัฒนาความสามารถทางอภิปัญญาของนักเรียน อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้ให้หลักฐานเชิงประจักษ์ว่า หากปราศจากการส่งเสริมความสามารถทางอภิปัญญาอย่างชัดเจน การเรียนรู้บนฐานการออกแบบอาจพัฒนาความสามารถทางอภิปัญญาของนักเรียนได้เพียงบางด้าน

ดังที่ปรากฏในผลการวิจัยครั้งนี้ นักเรียนพัฒนาความสามารถทางอภิปัญญาเฉพาะแค่ด้านการติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเองเท่านั้น โดยนักเรียนเหล่านี้ไม่ได้แสดงการพัฒนาด้านการวางแผนกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง คำอธิบายที่เป็นไปได้คือว่า ในระหว่างกระบวนการออกแบบทางลาดเพื่อแก้ปัญหาให้กับผู้พิการที่นั่งรถเข็น นักเรียนจำเป็นต้องติดตามความคิดและกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง(และของเพื่อนในกลุ่ม)อยู่เสมอ เพื่อให้ทางลาดที่กลุ่มของตนเองออกแบบเป็นไปตามเงื่อนไขและข้อกำหนด อาทิ พื้นที่ ความชัน และความสูงของทางลาด ในการนี้ ถึงแม้ว่าครูให้เวลานักเรียนพอสมควร

แต่นักเรียนก็อาจไม่ได้ใส่ใจเรื่องการวางแผนกระบวนการเรียนรู้ของตนเองมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับสิ่งที่ Crismond (2013) สังเกตว่า นักเรียนที่เพิ่งหัดออกแบบมักขาดการวางแผนในการออกแบบและสร้างชิ้นงานของตนเอง

นอกจากนี้ นักเรียนในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้แสดงพัฒนาการด้านการกำกับตนเองในระหว่างการเรียนรู้ด้วยเช่นกัน ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า แม้นักเรียนเหล่านี้มีการกำกับตนเองเพื่อให้ตนเองออกแบบชิ้นงานได้สำเร็จตามเงื่อนไขและข้อจำกัด (ซึ่งหนึ่งในนั้นคือเวลา) แต่นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้แสดงพัฒนาการด้านการกำกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง คำอธิบายหนึ่งคือว่า การกำกับกระบวนการทำงานอาจแตกต่างไปจากการกำกับกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งตรงกับข้อสังเกตของ Schauble, Klopfer, & Raghavan (1991) ที่พบว่า นักเรียนอาจรับรู้ว่าเป็นเป้าหมายของกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบคือการออกแบบชิ้นงานให้สำเร็จ ไม่ใช่การเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงอาจจดจ่อกับการออกแบบชิ้นงานให้สำเร็จมากกว่าการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะท้อนผ่านการกำกับตนเองของนักเรียน

เนื่องจากนักเรียนเพียงบางคนมีความสามารถทางอภิปัญญาที่ดีขึ้นหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางคนไม่ได้แสดงพัฒนาการนี้ออย่างชัดเจน ดังนั้น นอกจากกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบแล้ว ปัจจัยบางประการอาจส่งผลกระทบต่อการพัฒนาความสามารถทางอภิปัญญาของนักเรียนแต่ละคน ในการนี้ Lawanto (2010) พบว่า ปัจจัยภายใน (เช่น การประเมินความซับซ้อนของภาระงาน การประเมินความสามารถของตนเอง และความกังวลเกี่ยวกับความสำเร็จของภาระงาน) สามารถส่งผลกระทบต่อพัฒนาความสามารถทางอภิปัญญาของนักเรียน นอกจากนี้ วีรยารัตนอุทัยกุล และลฎาภา ลดาชาติ (2565) ยังพบว่า ความสามารถด้านภาษาก็อาจส่งผลกระทบต่อพัฒนาความสามารถทางอภิปัญญาของนักเรียนด้วยเช่นกัน

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ครูสามารถนำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบไปใช้ในการพัฒนาอภิปัญญาของนักเรียนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง
2. ครูควรให้ความสำคัญกับการส่งเสริมความสามารถทางอภิปัญญาของนักเรียนในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการวางแผนการเรียนรู้และการกำกับกระบวนการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษาที่มีจำนวนนักเรียนผู้ให้ข้อมูลจำกัด ผลการวิจัยนี้จึงไม่อาจครอบคลุมนักเรียนอื่น ๆ (Merriam, 1998) การวิจัยในอนาคตจึงควรมีการศึกษาเกี่ยวกับนักเรียนจำนวนเพิ่มขึ้นและมีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อตรวจสอบและยืนยันว่า ผลการวิจัยกับนักเรียนเหล่านั้นจะสอดคล้องกับผลการวิจัยครั้งนี้หรือไม่ และมากน้อยเพียงใด
2. นอกเหนือจากการวางแผนการเรียนรู้ของตนเอง การติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง และการกำกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง (Berger & Karabenick, 2016) ความสามารถทางอภิปัญญาไม่ได้มากกว่า 3 ลักษณะ (Anderson & Nashon, 2007) ดังนั้น การวิจัยในอนาคตจึงควรมีการศึกษาความสามารถทางอภิปัญญาที่มีมิติที่หลากหลายมากขึ้น
3. เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นความพยายามแรกในการศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบต่อความสามารถทางอภิปัญญาของนักเรียนในภาพรวม ซึ่งยังไม่มีการศึกษาว่า แต่ละขั้นของกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบส่งผลกระทบต่อความสามารถทางอภิปัญญาด้านใด การวิจัยในอนาคตอาจศึกษาประเด็นนี้ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลรพี ทุมมาพันธ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลฎาภา ลดาชาติ, และ ดร.วรรณกร พรประเสริฐ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามที่วัดความสามารถ

ทางอภิปัญญาของนักเรียน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวัลย์ โพธิ์ทอง ซึ่งช่วยเรื่องการนำแบบสอบถามนี้ไปทดลองใช้กับนักเรียน อนึ่ง งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่โครงการวิจัย UP-HEC 2.2/041/64 โดยงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่สัญญา FF65-RIM152 จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.)

เอกสารอ้างอิง

- ลฎาภา ลดาชาติ และลือชา ลดาชาติ. (2563). โปรตใช้ความระมัดระวังขณะสอนวิทยาศาสตร์โดยการออกแบบ. *วารสารเทคโนโลยีศรนาารี (สังคมศาสตร์)*, 14(2), 118-132.
- ลือชา ลดาชาติ. (2558). *การวิจัยเชิงคุณภาพสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีรยา รัตนอุทัยกุล และลฎาภา ลดาชาติ. (2565). ทักษะการคิดอภิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มชาติพันธุ์. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 6(1), 72-86.
- ศิริณา คำล้าทราย. (2565). *การเรียนรู้บนฐานการออกแบบเพื่อการคิดเชิงออกแบบและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เรื่องหลักการทํางานของพื้นเอียงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4: กรณีศึกษาของโรงเรียนคยองงามวิทยาคม (การศึกษาอิสระ)*. ภาควิชาการศึกษา สาขาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.). *สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม*. เข้าถึงจาก http://designtechnology.ipst.ac.th/?page_id=1082.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2561). *ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580 (ฉบับประกาศราชกิจจานุเบกษา)*. เข้าถึงจาก https://www.nesdc.go.th/download/document/SAC/NS_PlanOct2018.pdf.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. เข้าถึงจาก <http://academic.obec.go.th/newsdetail.php?id=75>.
- Anderson, D. & Nashon, S. (2007). Predators of knowledge construction: Interpreting students' metacognition in an amusement park physics program. *Science Education*, 91(2), 298-320.
- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 454-465.
- Berger, J-L. & Karabenick, S. A. (2016). Construct validity of self-reported metacognitive learning strategies. *Educational Assessment*, 21(1), 19-33.
- Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2011). *Designing and conducting mixed methods research (Second edition)*. California: SAGE Publications.

- Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research (Third edition)*. California: SAGE Publications.
- Crismond, D. (2013). Design practices and misconceptions. *The Science Teacher*, 80(1), 50-54.
- Downing, K., Kwong, T., Chan, S-W., Lam, T-F., & Downing, W-K. (2009). Problem-based learning and the development of metacognition. *Higher Education*, 57(5), 609-621.
- Ellefson, M. R., Brinker, R. A., Vernacchio, V. J., & Schunn, C. D. (2008). Design-based learning for biology: Genetic engineering experience improves understanding of gene expression. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 36(4), 292-298.
- Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1018-1110.
- Goss-Sampson, M. A. (2020). *Statistical analysis in JASP: A guide for students*. Retrieved from <https://jasp-stats.org/wp-content/uploads/2020/11/Statistical-Analysis-in-JASP-A-Students-Guide-v14-Nov2020.pdf>.
- Kavousi, S., Miller, P. A., & Alexander, P. A. (2020a). Modelling metacognition in design thinking and design making. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(4), 709-735.
- Kavousi, S., Miller, P. A., & Alexander, P. A. (2020b). The role of metacognition in the first-year design lab. *Educational Technology Research and Development*, 68(6), 3471-3494.
- Kelly, T. R. & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework of integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, Article No. 11.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, C. D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design™ into practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495-547.
- Korur, F., Efe, G., Erdogan, F., & Tunc, B. (2017). Effects of toy crane design-based learning on simple machines. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(2), 251-271.
- Lawanto, O. (2010). Students' metacognition during an engineering design project. *Performance Improvement Quarterly*, 23(2), 117-136.

- Marulcu, I, and Barnett, M. (2016). Impact of an engineering design-based curriculum compared to an inquiry-based curriculum on fifth graders' content learning of simple machines. *Research in Science and Technological Education, 34*(1), 85-104.
- Mayer, R. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science, 26*(1-2), 49-63.
- Mehalik, M. M., Doppelt, Y., & Schunn, C. D. (2008). Middle-school science through design-based learning versus scripted inquiry: Better overall science concept learning and equity gap reduction. *Journal of Engineering Education, 97*(1), 71-85.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*. California: SAGE Publications.
- Promboon, S., Finley, F. N., & Kaweejijmanee, K. (2018). The evolution and current status of STEM education in Thailand: Policy directions and recommendations. In Fry, G. W. (Ed.). *Education in Thailand: An old elephant in search of a new mahout* (pp. 423-459). Singapore: Springer.
- Quinn, C. M., Reid, J. W., & Gardner, G. E. (2020). S + T + M = E as a convergent model for the nature of STEM. *Science & Education, 29*(4), 881-898.
- Schauble, L., Klopfer, L. E., & Raghavan, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(9), 859-882.
- Thomas, G. P. (2003). Conceptualisation, development and validation of an instrument for investigating the metacognitive orientation of science classroom learning environments: The Metacognitive Orientation Learning Environment Scale – Science (MOLES-S). *Learning Environments Research, 6*(2), 175-197.
- Zohar, A. & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education: Current and future directions. *Studies in Science Education, 49*(2), 121-169.