ผลของการเรียนรู้บนฐานการออกแบบต่อความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4: กรณีศึกษาในหัวข้อเรื่องพื้นเอียง

Effects of Design-based Learning on Tenth-grade Students' Scientific Understanding and Design-thinking Mindsets: A Case Study on the Topic of Inclined Planes

ศิรินภา คำหล้าทราย (Sirinapa Khamlarsai)[1]* ดร.ลือชา ลดาชาติ (Dr.Luecha Ladachart)**

(Received: *February 21, 2022*; Revised: *May 18, 2022*; Accepted: *June 7, 2021*)

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบต่อความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 คน ซึ่งเป็นเพศหญิงทั้งหมด ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบเลือกตอบ จำนวน 24 ข้อ และแบบวัดชุดความคิดเชิงออกแบบที่เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบเรื่องพื้นเอียง ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติบรรยายและสถิติอนุมาน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในแง่ของชุดความคิดเชิงออกแบบ ($p > 0.05$) ผลการวิจัยนี้จึงบ่งชี้ว่า การพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบเป็นสิ่งที่ท้าทาย งานวิจัยในอนาคตจำเป็นต้องหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียน

ABSTRACT

The purpose of this research was to examine the effects of design-based learning on six female tenth-grade students' scientific understanding and design-thinking mindsets. The researchers collected data using a multiple-choice conceptual test comprising of 24 items and a Likert five-point scale measuring design-thinking mindsets comprising of 30 items before and after the implementation of design-based learning in the topic of inclined planes. The researchers analyzed the data using descriptive and inferential statistics. Research results reveal that the students significantly developed scientific understanding ($p < 0.05$) but did not exhibit a significant change in design-thinking mindsets ($p > 0.05$) These research results indicate that developing design-thinking mindsets is a challenge. Future research is necessary to find an effective way to develop students' design-thinking mindsets.

คำสำคัญ: การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ชุดความคิดเชิงออกแบบ

Keywords: Design-based learning, Scientific understanding, Design-thinking mindsets

[1]*Corresponding author: sirinapa.khamlar@gmail.com*

**นักศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา*

***รองศาสตราจารย์ วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา*

บทนำ

การพัฒนาประเทศตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2580) มุ่งเน้นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม โดยยุทธศาสตร์หนึ่งในการพัฒนาประเทศคือการจัดการศึกษาให้กับเยาวชน [1] ในการที่จะสร้างเยาวชนให้เป็นผู้ที่สามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยีได้ การจัดการศึกษาไม่ควรมุ่งเน้นการพัฒนาให้นักเรียนมีเพียงความรู้และทักษะที่จำเป็นต่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยีเท่านั้น หากนักเรียนยังจำเป็นต้องได้รับการบ่มเพาะให้มีการคิดเชิงออกแบบ (Design thinking) ด้วย Li [2] เน้นย้ำความสำคัญของการคิดเชิงออกแบบในการจัดการศึกษายุคปัจจุบันว่าเป็นสิ่งที่ “สำคัญสำหรับนักเรียนทุกคนที่ต้องพัฒนาและมีในศตวรรษที่ 21” (หน้าที่ 94)

ในปัจจุบัน ตามนโยบายที่ส่งเสริมสะเต็มศึกษา (STEM education) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างและออกแบบเทคโนโลยีด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ [3] โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ 6 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย (1) การระบุปัญหา (2) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (4) การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (5) การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ (6) การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา [4]

อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ตามที่ สสวท. กำหนดไว้ ยังขาดการระบุอย่างชัดเจนว่า ปัญหาในขั้นตอนที่ 1 เป็นปัญหาของใคร ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้การคิดเชิงออกแบบแตกต่างไปจากการแก้ปัญหาทั่วไป ทั้งนี้เพราะการคิดเชิงออกแบบมุ่งเน้นการแก้ปัญหาของผู้อื่น ไม่ใช่ปัญหาของตนเอง [5] ดังนั้น การคิดเชิงออกแบบจึงมักเริ่มต้นด้วยการทำความเข้าอกเข้าใจปัญหาของผู้อื่น [6] ทั้งนี้เพื่อออกแบบและสร้างชิ้นงานที่แก้ปัญหานั้นได้ตามความต้องการของผู้ใช้ [7] ข้อจำกัดนี้จึงอาจทำให้นักเรียนขาดโอกาสในการทำความเข้าอกเข้าใจความต้องการของผู้อื่น ซึ่งเป็นพื้นฐานของการสร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่มีมูลค่าตามความต้องการของตลาด

นอกจากการละเลยการทำความเข้าอกเข้าใจปัญหาของผู้อื่นแล้ว [8] ยังตั้งข้อสังเกตว่า ขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ตามที่ สสวท. กำหนดไว้ อาจมีข้อจำกัดสำคัญในแง่ของญาณวิทยา (Epistemology) ซึ่งนักเรียนถูกคาดหวังให้เกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนที่ 2 และนำความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์นั้นไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ในขั้นตอนที่ 3 โดยปราศจากความตระหนักว่า นักเรียนอาจมีความรู้เดิมหรือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน [9] ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคต่อการสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน [10] ข้อจำกัดเหล่านี้จึงสะท้อนสิ่งที่ Promboon [11] ย้ำเตือนว่า สะเต็มศึกษาในประเทศไทยไม่ควรยึดติดอยู่กับแนวทางใดแนวทางหนึ่งเท่านั้น

ในต่างประเทศ นักการศึกษาได้พัฒนาแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งมีชื่อที่แตกต่างกัน เช่น วิทยาศาสตร์บนฐานการออกแบบ (Design-based science) [12] การเรียนรู้โดยการออกแบบ (Learning by design) [13] การเรียนรู้บนฐานการออกแบบ (Design-based learning) [14] โดยผลการวิจัยเปิดเผยว่า แนวทางเหล่านี้สามารถส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ยิ่งไปกว่านั้นงานวิจัยจำนวนหนึ่งยังเปิดเผยด้วยว่า การเรียนรู้บนฐานการออกแบบมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีกว่าการเรียนรู้บนฐานการสืบเสาะ [15-16] ซึ่งเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการส่งเสริมมาก่อนหน้านี้

อย่างไรก็ตาม แม้งานวิจัยบ่งชี้ตรงกันถึงพัฒนาการด้านความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนผ่านการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ แต่ประเด็นที่ยังไม่ชัดเจนคือว่า นักเรียนสามารถพัฒนาการคิดเชิงออกแบบไปพร้อมกับการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ด้วยได้หรือไม่ [17] โดยการคิดเชิงออกแบบเป็นรูปแบบหนึ่งของการคิดที่บุคคลใช้ในกระบวนการออกแบบ [2] ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สถานการณ์ การนิยามปัญหา การจำลองความคิด การสร้างต้นแบบ และการพยากรณ์ผลลัพธ์ เป็นต้น [18] แต่เนื่องจากกิจกรรมเหล่านี้ไม่ได้เกี่ยวข้องเพียงแค่ความคิดเท่านั้น หากยังครอบคลุมไปถึงความเชื่อและพฤติกรรม [19-20] จึงเลือกใช้คำว่า “ชุดความคิดเชิงออกแบบ” (Design thinking mindsets) เพื่อให้มีความหมายที่ครอบคลุมทุกมิติ ไม่ใช่แค่มิติทางสติปัญญาเท่านั้น

เนื่องจากชุดความคิดเชิงออกแบบมีความหมายที่ซับซ้อนและครอบคลุมคุณลักษณะที่หลากหลาย นักวิจัยแต่ละคนจึงระบุจำนวนคุณลักษณะของชุดความคิดเชิงออกแบบที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น Dosi [20] ระบุว่า ชุดความคิดเชิงออกแบบประกอบด้วยคุณลักษณะ 19 ประการ ในขณะที่ Schweitzer [21] ระบุคุณลักษณะของชุดความคิดเชิงออกแบบ 11 ประการ ส่วน Cook and Bush [22] ระบุคุณลักษณะของชุดความคิดเชิงออกแบบเพียง 5 ประการเท่านั้น จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของชุดความคิดเชิงออกแบบกับนักเรียนไทย คุณลักษณะของชุดความคิดเชิงออกแบบ 6 ประการ ได้แก่ 1. ความสบายใจกับปัญหา 2. ความเอาใจใส่ต่อผู้ใช้ 3. ความใส่ใจในกระบวนการ 4. การทำงานร่วมกับผู้อื่น 5. ความปรารถนาที่จะเรียนรู้ และ 6. ความมั่นใจในการสร้างสรรค์ [23]

ด้วยงานวิจัยที่ศึกษาผลของการเรียนรู้บนฐานการออกแบบต่อความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และชุดความคิดเชิงออกแบบยังมีจำกัดในประเทศไทย การวิจัยนี้จึงมีมุ่งศึกษาว่า ในบริบทของการจัดการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียง ซึ่งเป็นเครื่องกลอย่างง่ายประเภทหนึ่ง นักเรียนสามารถพัฒนาทั้งความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงออกแบบไปพร้อมกันในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบได้หรือไม่ ผลการวิจัยนี้จะช่วยสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ที่สามารถพัฒนาได้ทั้งความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงออกแบบ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทรัพยากรบุคคลที่มีความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ต่อไป

คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียงได้อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนได้อย่างไร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจของนักเรียนเรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียงก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ
2. เพื่อเปรียบเทียบชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

จริยธรรมการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่โครงการวิจัย UP-HEC 2.2/041/64 ลงวันที่ 15 กรกฎาคม 2564

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษา (Case study) โดย Merriam [24] ระบุว่า ลักษณะที่เป็นนิยามของงานวิจัยใด ๆ ที่เป็นกรณีศึกษาก็คือการกำหนดขอบเขตของสิ่งที่ผู้วิจัยศึกษา โดยกรณีศึกษานี้มีขอบเขตอยู่ที่ห้องเรียน 1 ห้อง ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนหญิง 6 คน เป็นหน่วยการวิเคราะห์ (Unit of analysis) เป้าหมายของกรณีศึกษาไม่ใช่เพื่อสร้างผลการวิจัยที่สามารถถูกนำไปอ้างอิงในบริบทอื่น ๆ ได้ หากแต่เพื่อสร้างความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยสนใจศึกษา เนื่องจากกรณีศึกษาไม่มีการเจาะจงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลหรือการวิเคราะห์ข้อมูล กรณีศึกษานี้จึงใช้การวิจัยแบบผสมผสานวิธี (Mixed-methods research) ที่มีการออกแบบแบบฝังตัว (Embedded Design) โดยวิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลัก และวิธีการเชิงคุณภาพเป็นวิธีการรอง [25]

1. นักเรียน

นักเรียนที่เข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงราย โรงเรียนแห่งนี้เป็นโรงเรียนขนาดเล็ก ซึ่งมีครูทั้งหมด 12 คน และมีนักเรียนทั้งหมด 90 คน โดยในช่วงปีการศึกษา 2561-2564 นักเรียนบางส่วน (ประมาณร้อยละ 1.77-5.94) มีแนวโน้มที่จะออกจากการศึกษากลางคัน อันเนื่องมาจากปัญหาทางการเรียน สภาพเศรษฐกิจ และการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (Coronavirus disease 2019) โรงเรียนนี้มีห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์เพียงห้องเดียว ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนหญิง 6 คน นักเรียนเหล่านี้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (Purposeful Sampling) ตามเกณฑ์ความสะดวก (Convenient sampling) [26]

2. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบในการวิจัยนี้เป็นไปตามแนวทางของ [14] ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การออกแบบชิ้นงาน 2. การประเมินชิ้นงาน 3. การให้เหตุผล 4. การทดสอบความคิด 5. การวิเคราะห์ผล 6. การสร้างข้อสรุปทั่วไป และ 7. การเชื่อมโยงกับแนวคิดหลัก แนวทางนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมในการออกแบบชิ้นงานก่อน จากนั้น นักเรียนจึงมีโอกาสได้ทดสอบชิ้นงานที่ตนเองออกแบบ ซึ่งจะนำไปสู่การให้เหตุผลและตั้งสมมติฐานว่า เหตุใดบางชิ้นงานจึงมีประสิทธิภาพมากกว่าชิ้นงานอื่น ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การทดสอบสมมติฐานนั้นด้วยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เมื่อนักเรียนทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แล้ว นักเรียนจึงมีโอกาสได้สร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นในการปรับปรุงการออกแบบชิ้นงานของตนเองอีกครั้ง

ผู้วิจัยเริ่มต้นกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบโดยการท้าทายให้นักเรียนออกแบบทางลาดสำหรับผู้พิการที่นั่งรถเข็น ดังภาพที่ 1 โจทย์นี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานว่า นักเรียนจะได้ออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาให้กับผู้อื่น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการคิดเชิงออกแบบ [5] และยังไม่ปรากฏชัดเจนในแนวทางของ สสวท. [4] นอกจากนี้ โจทย์นี้ยังเป็นสิ่งใกล้ตัวที่นักเรียนสามารถตระหนักถึงการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน [27] โดยโจทย์นี้มีการกำหนดทั้งสิ่งที่นักเรียนต้องออกแบบ (ซึ่งก็คือทางลาดสำหรับผู้พิการ) ข้อจำกัด (ซึ่งก็คือพื้นที่และความสูงของทางลาด) และเกณฑ์ที่บ่งชี้ความสำเร็จในการออกแบบ (ซึ่งก็คือการใช้แรงน้อยที่สุด) สิ่งที่ปรากฏในโจทย์เหล่านี้จึงสะท้อนลักษณะสำคัญของธรรมชาติของการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ [28] ในการนี้ ผู้วิจัยกำหนดให้ต้นแบบทางลาดของนักเรียนมีอัตราส่วนเท่ากับ 10 เซนติเมตรต่อทางลาดจริง 1 เมตร การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบเกิดขึ้นในช่วงเวลา

ที่มีการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา และใช้เวลา 8 คาบ คาบละ 50 นาที โดยนักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดผ่านการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ดังรายนามในกิตติกรรมประกาศ

ในการอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนที่มีความพิการที่ต้องใช้รถเข็นในการเดินทาง เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ทางเดินสำหรับผู้พิการได้ โรงเรียนได้มีนโยบายตาม “กฎกระทรวง: กำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคารสำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพ และคนชรา พ.ศ. 2548” ว่าด้วยการสร้างทางลาดสำหรับผู้พิการเพื่ออำนวยความสะดวก โรงเรียนต้องสร้างทางลาดบริเวณทางเข้าอาคารเรียนด้วยพื้นที่จำกัด (กว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร) และทางเข้าอาคารเรียนมีความสูงจากพื้น 1 เมตร นักเรียนจะออกแบบทางลาดสำหรับนักเรียนผู้พิการอย่างไรให้เป็นไปตามกฎกระทรวงฯ และสามารถให้นักเรียนผู้พิการออกแรงในการเข็นรถเข็นของตนเองโดยใช้แรงน้อยที่สุด

ภาพที่ 1 โจทย์ในการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ 2 ชิ้นในเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ เครื่องมือที่ 1 คือแบบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียง ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เป็นแบบเลือกตอบคำถาม 2 ชั้น โดยแต่ละข้อจะมีคำถาม 2 คำถาม ซึ่งคำถามที่ 2 มีความต่อเนื่องมาจากคำถามที่ 1 โดยให้บอกเหตุผลของคำถามที่ 1 จำนวน 24 ข้อ ผู้วิจัยแปลมาจากงานวิจัยของ Chini [29] ในการนี้ ผู้วิจัยได้แปลคำถามเป็นภาษาไทย และส่งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงและความถูกต้องของภาษา หลังจากการตรวจสอบและปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ผู้วิจัยนำแบบวัดนี้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนใกล้เคียงที่นักเรียนมีภูมิหลังคล้ายกันกับนักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัย จำนวน 30 คน โดยค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 0.89 และค่าความยากง่ายโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 0.38 จากนั้น ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนทำแบบวัดนี้ก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

เครื่องมือที่ 2 คือแบบสอบถามชุดความคิดเชิงออกแบบ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด) โดยผู้วิจัยนำแบบสอบถามนี้มาจากงานวิจัยของ Ladachart [23] ซึ่งพัฒนามาจากงานวิจัยของ Dosi [21] อีกทอดหนึ่ง แบบทดสอบนี้ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 30 ข้อ ซึ่งมุ่งวัดชุดความคิดเชิงออกแบบทั้งหมด 6 ด้าน ได้แก่ 1. ความสบายใจกับปัญหา (6 ข้อ) 2. ความเอาใจใส่ต่อผู้ใช้ (4 ข้อ) 3. ความใส่ใจในกระบวนการ (3 ข้อ) 4. การทำงานร่วมกับผู้อื่น (5 ข้อ) 5. ความปรารถนาที่จะเรียนรู้ (4 ข้อ) และ 6. ความมั่นใจในการสร้างสรรค์ (8 ข้อ) เนื่องจากแบบสอบถามนี้ได้ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบกับนักเรียนไทย จำนวน 890 คน ตามลำดับมาแล้ว ผู้วิจัยจึงไม่จำเป็นต้องนำแบบสอบถามนี้ไปทดลองใช้อีกครั้ง

นอกจากเครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณแล้ว ผู้วิจัยยังเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยทั้งจากการบันทึกการจัดการเรียนการสอน การสนทนาภายในกลุ่มของนักเรียน และชิ้นงานสุดท้ายของนักเรียน นอกจากนี้ ผู้วิจัยมีการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสะท้อนความคิดในการออกแบบชิ้นงานโดยการสัมภาษณ์เป็นแบบกึ่งโครงสร้าง [30] ซึ่งประกอบด้วยคำถามดังนี้ 1. นักเรียนมีกระบวนการออกแบบอย่างไรตั้งแต่แรกเริ่มต้นจนกระทั่งนักเรียนได้ชิ้นงานในที่สุด 2. ในการออกแบบชิ้นงาน นักเรียนตัดสินใจเลือกวิธีการอย่างไร 3. ในระหว่างการออกแบบ นักเรียนพบอุปสรรคอะไรบ้าง แล้วนักเรียนจัดการกับอุปสรรคเหล่านั้นอย่างไร และ 4. นักเรียนคิดว่า ปัจจัยอะไรที่ทำให้กลุ่มของนักเรียนออกแบบได้ประสบผลสำเร็จ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจะขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูล โดยผู้วิจัยจะใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ในเบื้องต้น ผู้วิจัยคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อแสดงภาพรวมของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และชุดความคิดเชิงออกแบบแต่ละด้านของนักเรียนก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ จากนั้น ผู้วิจัยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบด้วยวิธี Wilcoxon Signed Ranks Test [31] ทั้งนี้เพราะจำนวนนักเรียนในกรณีศึกษาครั้งนี้มีน้อยและข้อมูลบางส่วนไม่มีการแจกแจงปกติ [32] เฉพาะในกรณีของความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยใช้การหาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (Learning gains) ของ Hake [33] เพื่อแสดงจำนวนนักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน

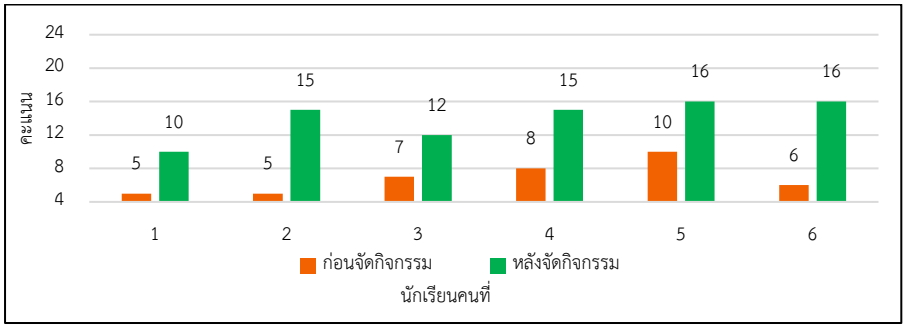
ในส่วนของข้อมูลเชิงคุณภาพจากการบันทึกการจัดการเรียนการสอน การสนทนากลุ่มของนักเรียน และการสัมภาษณ์นักเรียน ผู้วิจัยใช้วิธีการอุปนัยเชิงวิเคราะห์ (Analytical induction) [34] ผู้วิจัยเริ่มต้นจากการจัดระบบข้อมูลทั้งหมดโดยการทำดัชนีข้อมูล เช่น เวลา ผู้ให้ข้อมูล และวิธีการได้มาซึ่งข้อมูล จากนั้นทำการถอดข้อมูลทั้งหมดออกเป็นข้อความเอกสารแบบคำต่อคำ (Verbatim transcription) จากนั้น ผู้วิจัยจะอ่านข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบข้อความเอกสารซ้ำหลายรอบเพื่อให้รหัสข้อมูล (Coding) เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และ/หรือการคิดเชิงออกแบบ โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจะแสดงให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบช่วยพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และชุดความคิดเชิงออกแบบอย่างไร

ผลการวิจัย

กรณีศึกษาครั้งนี้มุ่งตอบคำถามวิจัย 2 ข้อ โดยผู้วิจัยใช้ตัวเลข 1-6 แทนชื่อและนามสกุลของนักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัย เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับนักเรียน โดยในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ นักเรียนคนที่ 1-3 อยู่กลุ่มที่ 1 และนักเรียนคนที่ 4-6 อยู่กลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นการแบ่งกลุ่มตามความสมัครใจของนักเรียนเอง ในการนี้ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยเชิงปริมาณที่ตอบคำถามวิจัยแต่ละข้อก่อน จากนั้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอผลการวิจัยเชิงคุณภาพ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

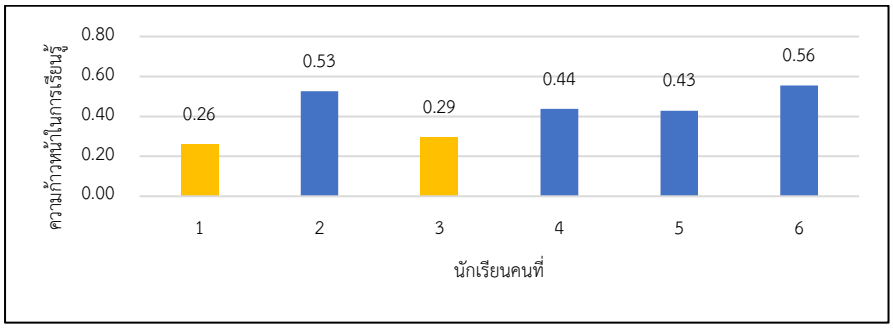
คำถามวิจัยข้อที่ 1: ความเข้าใจเรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียงก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

จากผลการวิเคราะห์คำตอบในแบบวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบมีค่าเท่ากับ 6.83 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.94) และคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบมีค่าเท่ากับ 14.00 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 2.45) เมื่อพิจารณาคะแนนของนักเรียนแต่ละคน นักเรียนทุกคนทำคะแนนได้สูงขึ้นหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ดังภาพที่ 2 ในการนี้ ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนและหลังการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบโดยใช้วิธีการ Wilcoxon Singed Ranks Test ผลปรากฏว่านักเรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียงสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($p = 0.018$) โดยค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size) อยู่ที่ 1.00



ภาพที่ 2 คะแนนความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

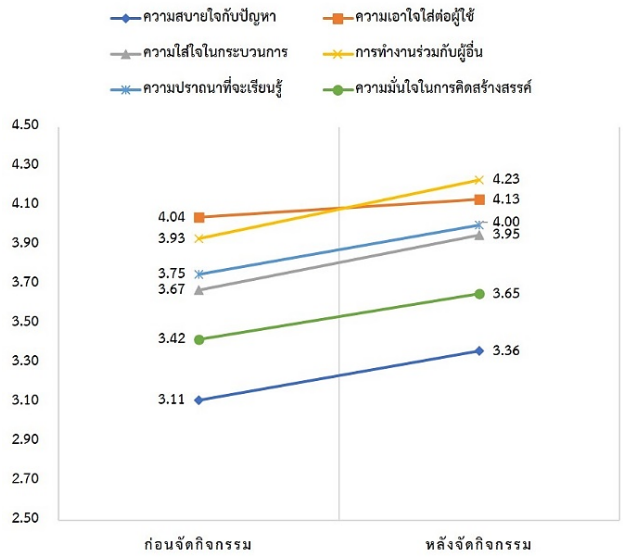
ยิ่งไปกว่านั้น จากการคำนวณหาค่าความก้าวหน้าในการเรียนรู้ตามสูตรของ Hake [33] ผลการวิจัยยืนยันว่านักเรียนทุกคนมีความก้าวหน้าหน้าในการเรียนรู้ โดยค่าความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนอยู่ในช่วง 0.29 – 0.56 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งหมดจึงอยู่ในระดับปานกลาง (0.42) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายบุคคล นักเรียน 2 คน (คนที่ 1 และคนที่ 3) มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ระดับต่ำ (0.00-0.29) นักเรียนอีก 4 คน (คนที่ 2 คนที่ 4 คนที่ 5 และคนที่ 6) มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ระดับปานกลาง (0.30-0.69) และไม่มีนักเรียนคนใดมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ระดับสูง (0.70 ขึ้นไป) ข้อสังเกตที่น่าสนใจประการหนึ่งคือว่า นักเรียนทั้งสองคนที่มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ระดับต่ำอยู่กลุ่มเดียวกัน



ภาพที่ 3 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนอันเนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

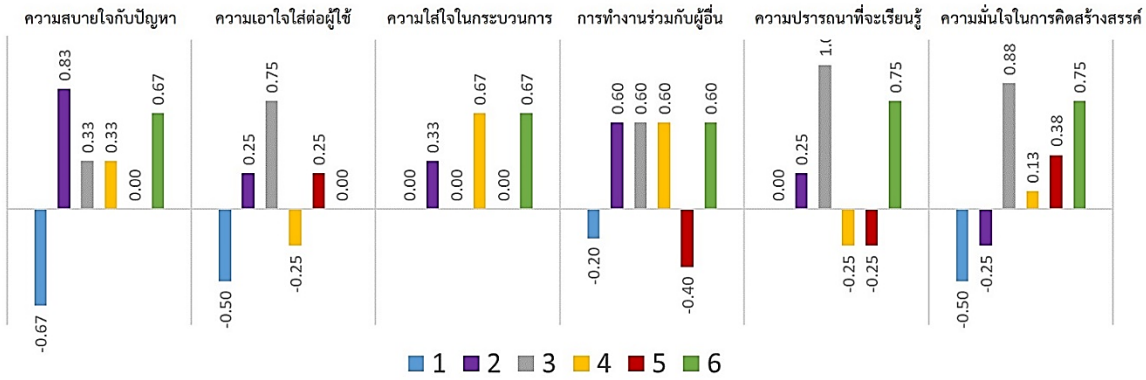
คำถามวิจัยข้อที่ 2: ชุดความคิดเชิงออกแบบก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียน ผลการวิจัยปรากฏดังภาพที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนแต่ละด้าน ผลการวิจัยปรากฏว่า ด้านที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดคือด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น (ผลต่าง = 0.30) รองลงมาคือด้านความใส่ใจในกระบวนการ (ผลต่าง = 0.28) ด้านความสบายใจกับปัญหา (ผลต่าง = 0.25) ด้านความปรารถนาที่จะเรียนรู้ (ผลต่าง = 0.25) และด้านความมั่นใจในการสร้างสรรค์ (ผลต่าง = 0.23) ทั้งนี้ด้านที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุดคือด้านการเอาใจใส่ผู้ใช้ (ผลต่าง = 0.09) ซึ่งเป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดก่อนการจัดกิจกรรมบนฐานการออกแบบ แต่เมื่อผู้วิจัยทดสอบการเพิ่มขึ้นของชุดความคิดเชิงออกแบบเหล่านี้ด้วยวิธี Wilcoxon Singed Ranks Test ผลการวิจัยปรากฏว่า การเพิ่มขึ้นเหล่านี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4 ชุดความคิดเชิงออกแบบแต่ละด้านของนักเรียนก่อนและหลังกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ

การเพิ่มขึ้นของชุดความคิดเชิงออกแบบอย่างไม่มีนัยสำคัญเป็นเพราะว่า นักเรียนบางคนไม่ได้พัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบบางด้าน ดังเช่นที่ปรากฏในภาพที่ 6 ถึงแม้ว่าจะมีนักเรียนคนที่ 3 และคนที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงเชิงบวกทุกด้าน แต่การเปลี่ยนแปลงเชิงบวกเหล่านี้ในภาพรวมจึงไม่ได้มีนัยสำคัญ



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงชุดความคิดเชิงออกแบบแต่ละด้านของนักเรียนแต่ละคน

มุมมองจากข้อมูลเชิงคุณภาพ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มใช้วิธีการลองผิดลองถูกในการออกแบบทางลาดสำหรับผู้พิการ [35-36] ดังเช่นคำพูดของนักเรียนในกลุ่มที่ 1 ที่ว่า “เราคิดไว้แล้ว เราทำไปเลย เดี๋ยวค่อยไปแก้ปัญหาทีหลัง ทำดูก่อน” และ “ลองก่อน แล้วค่อยแก้” อย่างไรก็ตาม การลองผิดลองถูกให้ประสบการณ์แก่นักเรียนว่า สิ่งที่ตนเองคิดในตอนแรกช่วยให้การออกแบบประสบผลสำเร็จตามเงื่อนไขหรือไม่ ดังเช่นที่คำพูดของนักเรียนในกลุ่มที่ 2 ที่ว่า “ตอนคิดกับตอนทำ คนละเรื่องเลย” ในกระบวนการนี้ นักเรียนในแต่ละกลุ่มจึงเกิดความตระหนักถึงข้อจำกัดของความคิดแรกของตนเอง และเริ่มพิจารณาความคิดใหม่ที่มีศักยภาพมากขึ้น ดังเช่นที่นักเรียนคนที่ 1 พูดสะท้อนในระหว่างการสัมภาษณ์ว่า

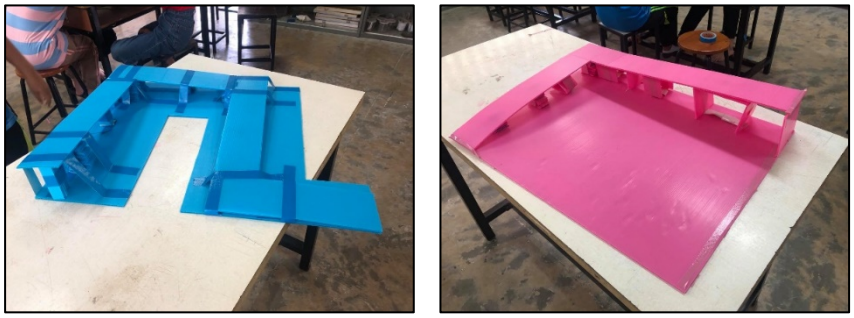
“ตอนที่ทำนะคะ หนูเป็นคนบอกเพื่อนว่า ถ้าระยะ(ทางลาด)มันยิ่งสั้น มันจะทำให้เขา(ผู้พิการ)ออกแรงน้อยลง หรือเหนื่อยน้อยลง แต่ที่จริงไปหาสูตรมาแล้ว มันไม่ใช่เลยค่ะ ก็เลยรู้ว่า ระยะ(ทางลาด)สั้นไป ก็ไม่ได้ช่วยให้เขาออกแรงน้อยลงค่ะ”

นอกจากนี้ การอภิปรายร่วมกันยังเปิดโอกาสให้นักเรียนภายในกลุ่มส่งเสริมการเรียนรู้ของกันและกัน ดังเช่นคำขอร้องของนักเรียนคนหนึ่งในกลุ่มที่ 1 ที่ว่า “[ชื่อเล่นของเพื่อน]มาอธิบายหน่อย กลับมาที่กลุ่มได้แล้ว [เพื่อนกลับมาที่กลุ่มของตนเอง] เราทำไม่ได้อะ ฟิสิกส์ เพื่อนอธิบายมาสิ” ซึ่งเพื่อนคนนั้นก็อธิบายว่า “sin37 = 3/5 อันนี้ข้าม อันนี้ฉาก” ในทำนองเดียวกัน นักเรียนในกลุ่มที่ 2 ก็มีการช่วยเหลือและส่งเสริมการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ดังเช่นคำขอร้องของนักเรียนในกลุ่มที่ 2 ที่ว่า “หาความสูงยังไง ต้องหา h” ซึ่งทำให้เธอได้รับคำอธิบายจากเพื่อนในกลุ่มว่า “มุม 37 องศากับแนวระดับ” จนกระทั่งเธอตระหนักถึงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นในการแก้ปัญหา ดังคำพูดที่ว่า “อ๋อ พีทาโกรัส” นอกจากนี้ คำแนะนำของครูในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ก็ส่งผลต่อการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยเช่นกัน

การร่วมมือกันในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบไม่เพียงแค่ช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับหลักการทำงานของพื้นเอียงเท่านั้น หากยังช่วยพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนด้วยเช่นกัน ดังหลักฐานที่ปรากฏในบทสนทนาของนักเรียนภายในกลุ่มที่ 1 ที่ว่า “เราไม่เก่งประดิษฐ์ แต่เราทำได้อยู่นะ ถ้าเราตั้งใจอะ” ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนมีความสบายใจในการแก้ปัญหามากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสิ่งที่นักเรียนคนที่ 4 พูดสะท้อนในระหว่างการสัมภาษณ์ว่า “ได้ความอดทนค่ะ หนูความอดทนต่ำ” นอกจากนี้ ในระหว่างการสัมภาษณ์ นักเรียนบางคนยังสะท้อนด้วยว่า ตนเองตระหนักถึงความต้องการของผู้ใช้ชิ้นงานที่ตนเองออกแบบมากขึ้น ดังเช่นที่นักเรียนคนที่ 3 ที่กล่าวว่า “ได้เข้าใจว่า ... การใช้ชีวิต(ของผู้พิการ)ลำบากขนาดไหน เราก็ได้ออกแบบ และทำให้ผู้พิการได้ใช้สะดวกค่ะ”

เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบครั้งนี้มีการกำหนดข้อจำกัดในการสร้างทางลาด (พื้นที่สำหรับการสร้างทางลาดและความสูงของทางลาด) ซึ่งเป็นผลที่สืบเนื่องมาจากข้อจำกัดทางด้านร่างกายของผู้พิการ นักเรียนทั้งสองกลุ่มจึงให้ความสำคัญกับข้อจำกัดเหล่านี้อย่างจริงจัง ดังเช่นที่นักเรียนคนที่ 2 กล่าวในระหว่างการสัมภาษณ์ว่า “จะพูดตลอดเลยค่ะว่า ห้ามผู้พิการออกแรงมากและเหนื่อย” ซึ่งก่อให้เกิดความใส่ใจกับทุกความคิดและการตัดสินใจในระหว่างการออกแบบทางลาด ความใส่ใจในกระบวนการออกแบบปรากฏในคำพูดของนักเรียนคนที่ 4 ที่พูดสะท้อนว่า “ปรึกษากันก่อน ก็ตามวิธีของแต่ละคนว่าอยากได้วิธีไหน พอทำวิธีนั้นไม่สำเร็จ ก็จะใช้วิธีสำรองที่ถามเพื่อนคนอื่น ๆ มาแล้วค่ะ ถ้าหากว่าไม่สำเร็จอีก ก็ใช้วิธีของคนอื่น” ซึ่งบ่งชี้ว่า นักเรียนติดตามและประเมินกระบวนการทำงานของตนเองเป็นระยะ ๆ

แต่กระนั้นก็ตาม ธรรมชาติของการทำงานกลุ่มมักก่อให้เกิดความคิดที่ไม่ตรงกัน ดังเช่นที่นักเรียนคนที่ 1 เล่าในระหว่างการสัมภาษณ์ว่า “ตอนแรกประชุมปรึกษากันก่อนว่าจะทำอย่างไรดี แล้วก็พอคุยกันเสร็จ แล้วมีการเถียงกันเล็กน้อย” ซึ่งหากปราศจากวิธีการจัดการที่ดี ความขัดแย้งนี้สามารถก่อให้เกิดปัญหาในการทำงานร่วมกันในกลุ่มนักเรียนได้ อย่างไรก็ตาม นักเรียนคนที่ 4 ระบุว่า “การปรับความเข้าใจกัน” เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้กลุ่มของตนเองออกแบบชิ้นงานได้สำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับนักเรียนคนที่ 2 ที่ระบุว่า การมี “เพื่อนร่วมงานที่ดี” เป็นกุญแจที่พากลุ่มของตนเองสู่ความสำเร็จ ในการนี้ นักเรียนคนที่ 3 ระบุว่า สมาชิกในกลุ่มของตนเอง “ช่วยกันพยายามทำให้สำเร็จ พวกเราก็เลยภูมิใจ” ทั้งหมดนี้บ่งชี้ว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มสามารถจัดการกับความคิดเห็นที่ไม่ตรงกันได้เป็นอย่างดี จนกระทั่งพวกเขาประสบความสำเร็จ ดังภาพที่ 6



(ก) กลุ่มที่ 1 (ข) กลุ่มที่ 2

ภาพที่ 6 ผลงานสุดท้ายของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

นอกจากนี้ เนื่องจากการเรียนรู้บนฐานการออกแบบมักท้าทายให้นักเรียนต้องออกแบบชิ้นงานใด ๆ ภายใต้ข้อจำกัด ซึ่งนักเรียนมักไม่ประสบความสำเร็จตั้งแต่ครั้งแรก ในทางตรงกันข้าม นักเรียนจำเป็นต้องอาศัยความอดทน ความพยายาม และการเรียนรู้จากผลการทดสอบชิ้นงานของตนเอง ซึ่งไม่ใช่นักเรียนทุกคนจะชอบหรือปรารถนาที่จะเรียนรู้ผ่านวัฏจักรการออกแบบ การสร้างต้นแบบ การทดสอบต้นแบบ และการปรับปรุงต้นแบบซ้ำ ๆ เป็นเวลานาน ในการนี้ นักเรียนคนที่ 4 ระบุอย่างชัดแจ้งว่า ตนเองเกิด “ความสนุก” จากการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ในขณะที่นักเรียนคนอื่นๆ ไม่ได้กล่าวถึงความรู้สึกนี้โดยตรง ในทำนองเดียวกัน เฉพาะนักเรียนคนที่ 5 เท่านั้นได้กล่าวถึงความตระหนักถึงประโยชน์ของความคิดสร้างสรรค์อย่างชัดเจน ส่วนนักเรียนคนอื่น ๆ ไม่ได้ระบุถึงความคิดสร้างสรรค์ที่ตนเองใช้ในการออกแบบ

การอภิปรายผล

ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2580) มุ่งเน้นการพัฒนากำลังคนด้านสะเต็มเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม [1] สะเต็มศึกษาจึงไม่ควรมุ่งพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็มของนักเรียนเพียงอย่างเดียว หากยังต้องพัฒนาให้นักเรียนมีการคิดเชิงออกแบบด้วย [2] ทั้งนี้เพราะการคิดเชิงออกแบบมีบทบาทสำคัญในกระบวนการออกแบบและสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ [12] การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาว่า การจัดการเรียนรู้บนฐานการออกแบบสามารถช่วยพัฒนาทั้งความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และชุดความคิดเชิงออกแบบไปพร้อมกันได้หรือไม่ โดยการวิจัยนี้มีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 คนจากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงรายเป็นผู้ให้ข้อมูล

ผลการวิจัยปรากฏว่า หลังจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ซึ่งท้าทายให้นักเรียนออกแบบทางลาดสำหรับผู้พิการที่ใช้รถเข็นเป็นเวลาทั้งสิ้น 8 คาบ นักเรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เรื่องหลักการทำงานของพื้นเอียงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยหลายเรื่องก่อนหน้านี้ [12-15] ซึ่งบ่งชี้ตรงกันว่า การเรียนรู้บนฐานการออกแบบส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนี้ เนื่องจากนักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้หญิงทั้งหมด ซึ่งเป็นกลุ่มที่บอบบางต่อการได้รับผลกระทบจากภาพตัวแทน (Stereotype) ของผู้ประกอบอาชีพด้านสะเต็ม [37] ผลการวิจัยนี้จึงยืนยันว่า นักเรียนหญิงสามารถได้ประโยชน์จากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมบนฐานการออกแบบ [16]

สาเหตุที่การเรียนรู้บนฐานการออกแบบสามารถส่งผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้มีได้หลายประการ ประการที่ 1 คือว่า การเรียนรู้บนฐานการออกแบบครั้งนี้เป็นไปตามแนวทางของ Apedoe [14] ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมของตนเองในการออกแบบชิ้นงานก่อน จากนั้น เมื่อนักเรียนทดสอบชิ้นงานของ

ตนเอง นักเรียนจึงเกิดความตระหนักถึงข้อจำกัดของความรู้เดิมนั้น ซึ่งจะนำไปสู่การให้เหตุผล การตั้งสมมติฐาน และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ กระบวนการนี้อาจทำให้นักเรียนทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมายมากขึ้น ดังที่ปรากฏในการสัมภาษณ์นักเรียน คำอธิบายนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Schnittka and Bell [38] ที่พบว่า การสาธิตเพื่อท้าทายความรู้เดิมของนักเรียนก่อนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ช่วยยกระดับการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

สาเหตุประการที่ 2 คือการร่วมมือกันของนักเรียนภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นแนวโน้มที่ปรากฏบ่อยในกลุ่มนักเรียนหญิงมากกว่าในกลุ่มนักเรียนชาย [39] ดังที่ปรากฏในข้อมูลเชิงคุณภาพว่า นักเรียนภายในกลุ่มมีการแลกเปลี่ยนความคิดและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ทั้งนี้เพื่อทำความเข้าใขแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และออกแบบชิ้นงานให้ประสบผลสำเร็จ คำอธิบายนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยทั้งของ Apedoe และ Kolodner [13-14] ที่ให้ความสำคัญเป็นอย่างมากต่อกระบวนการและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของนักเรียน นอกจากนี้ คำอธิบายนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chusinkunawat [40] ที่พบว่า การส่งเสริมให้นักเรียนสื่อสารระหว่างกันและร่วมมือกันในระหว่างการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ช่วยยกระดับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

อย่างไรก็ตาม หลังจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ นักเรียนไม่ได้แสดงการพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบอย่างมีนัยสำคัญ แต่จากการวิเคราะห์นักเรียนเป็นรายบุคคล รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพอย่างน้อยที่สุด นักเรียนบางคนมีการพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบของตนเองไปในทิศทางที่ดีขึ้นบางด้าน ซึ่งเป็นสัญญาณที่ดีและสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Ladachart [23] ที่พบว่า หลังจากการเรียนรู้ตามแนวทางวิศวกรรมศาสตร์ย้อนกลับ (Reverse engineering) นักเรียนพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบที่ดีขึ้น 2 ด้าน ได้แก่ ความเอาใจใส่ต่อผู้ใช้และความมั่นใจในการคิดสร้างสรรค์ ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Wangka และ Ladachart [41] ที่พบว่านักเรียนมีแนวโน้มที่จะเปิดรับการทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วย

สาเหตุบางประการอาจทำให้นักเรียนพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบไม่ปรากฏเด่นชัดและมีนัยสำคัญ สาเหตุประการที่ 1 คือจำนวนนักเรียนที่น้อยเพียงแค่ 6 คนในการวิจัยครั้งนี้ แม้นักเรียน 3-4 คนแสดงการพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบ แต่การเปลี่ยนแปลงชุดความคิดเชิงออกแบบไปในเชิงลบของนักเรียน 1-2 คนก็ส่งผลต่อผลการวิจัยในภาพรวมได้ สาเหตุประการที่ 2 คือว่า ชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนต้อง “อาศัยเวลาในการบ่มเพาะ” [42] ดังนั้น ช่วงเวลาเพียง 8 คาบอาจยังไม่เพียงพอที่จะส่งผลต่อการพัฒนาชุดความคิดของนักเรียนบางคนอย่างชัดเจน สาเหตุประการที่ 3 คือว่า ธรรมชาติของกิจกรรมการเรียนรู้และพลวัตที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มของนักเรียนอาจส่งผลต่อการพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียน [23]

จากการส่งเสริมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน [17] พบว่า การคิดเชิงออกแบบสามารถส่งเสริมการเรียนรู้เนื้อหาวิชาได้ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้กลับเปิดเผยว่า การพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และการพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบไม่จำเป็นต้องเป็นไปในทิศทางเดียวกันเสมอไป หรืออย่างน้อยที่สุด การเปลี่ยนแปลงของผลการเรียนรู้ทั้งสองด้านนี้อาจยังไม่ปรากฏชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญ แต่ด้วยจำนวนนักเรียนที่จำกัดในการวิจัยครั้งนี้ การวิจัยในอนาคตจำเป็นต้องทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และชุดความคิดเชิงออกแบบกับนักเรียนจำนวนที่มากขึ้น ผลการวิจัยในอนาคตจะให้มุมมองต่อแนวทางการพัฒนาทั้งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และชุดความคิดเชิงออกแบบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.มีชัย เทพนุรัตน์ ดร.สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ และครูสายสุนีย์ ฝั้นก้อ ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจทาน และชี้แนะข้อบกพร่องเพื่อนำมาพัฒนาและปรับปรุงงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Royal Thai Government Gazette. National Strategy (B.E. 2561 – 2580). [Internet]. Bangkok: Government Gazette; 2018 [cited 2021 December 14]. Available from: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2561/A/082/T_0001.PDF.
2. Li Y, Schoenfeld AH, Disessa AA, Graesser AC, Benson LC, English LD, et al. Design and design thinking in STEM education. Journal of STEM Education Research. 2019; 2(2): 93-104.
3. Bureau of Academic Affairs and Educational Standards. Indicators and core learning content in science according to the basic education core curriculum B.E. 2551 (revised version B.E. 2560). Bangkok: Press of the Agricultural Co-operative Federation of Thailand; 2017.
4. Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) [Internet]. Bangkok: [publisher unknown]; [date unknown]. STEM education and engineering design process. [cited 2021 November 13]. Available from: http://designtechnology.ipst.ac.th/?page_id=1082.
5. Dym CL, Agogino AM, Eris O, Frey DD, Leifer LJ. Engineering design thinking, teaching, and learning. Journal of Engineering Education. 2005: 94(1): 103-120.
6. Institute of Design at Stanford [Internet]. Stanford: Hasso Plattner Institute of Design; c2020. An introduction to design thinking process guide; 2019; [cited 2021 November 13]. Available from: https://web.stanford.edu/~mshanks/MichaelShanks/files/509554.pdf.
7. Lammi M, Becker K. Engineering design thinking. Journal of Technology Education 2013; 24(2): 55-77.
8. Ladachart L, Ladachart L. Please mind the gap between science and design. Suranaree Journal of Social Sciences. 2020; 14(2): 118-132.
9. Schauble L. Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. Journal of Experimental Child Psychology. 1990; 49(1): 31-57.
10. Dankenbring C, Capobianco BM. Examining elementary school students' metal models of Sun-Earth relationships as a result of engaging in engineering design. International Journal of Science and Mathematics Education. 2016; 14(5): 825-845.
11. Promboon S, Finley FN, Kaweekijmanee K. The evolution and current status of STEM education in Thailand: Policy directions and recommendations. Education in Thailand: An old elephant in search of a new mahout. 2018. p. 423-459.
12. Fortus D, Dershimer RC, Krajcik J, Marx RW, Mamlok-Naaman R. Design-based science and student learning. Journal of Research in Science Teaching. 2004; 41(10): 1018-1110.

13. Kolodner JL, Camp PJ, Crismond CD, Fasse B, Gray J, Holbrook J, et al. 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. 2003; 12(4): 495-547.
14. Apedoe XS, Reynolds B, Ellefson MR, Schunn CD. Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. Journal of Science Education and Technology. 2008; 17(5): 454-465.
15. Marulcu I, Barnett M. 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. 2016; 34(1): 85-104.
16. Mehalik MM, Doppelt Y, Schunn CD. Middle-school science through design-based learning versus scripted inquiry: Better overall science concept learning and equity gap reduction. Journal of Engineering Education. 2008; 97(1): 71-85.
17. Carroll M, Goldman S, Britos L, Koh J, Royalty A, Hornstein M. Destination, imagination and the fires within: Design thinking in a middle school classroom. International Journal of Art and Design Education. 2010; 29(1): 37-53.
18. Sung E, Kelly TR. Identifying design process patterns: A sequential analysis study of design thinking. International Journal of Technology and Design Education. 2019; 29(2): 283-302.
19. Paparo M, Dosi C, Vignoli M. Towards a DT Mindset Tool Evaluation: Factors identification from theory and practice. Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design: 2017 August 21-25; Vancouver, Canada. p. 367-376.
20. Dosi C, Rosati F, Vignoli M. Measuring design mindset. Proceedings of the 15th International Design Conference: 2018 May 21-24; Dubrovnik: Croatia. p. 1991-2002.
21. Schweitzer J, Groeger L, Sobel L. The design thinking mindset: An assessment of what we know and what we see in practice. Journal of Design, Business and Society. 2016; 2(2): 71-94.
22. Cook KL, Bush SB. Design thinking in integrated STEAM learning: Surveying the landscape and exploring exemplars in elementary grades. School Science and Mathematics. 2018; 118(3-4): 93-103.
23. Ladachart L, Cholsin J, Kwanpet S, Teerapanpong R, Dessi A, Phuangsuwan L, et al. Ninth-grade students' perceptions on the design-thinking mindset in the context of reverse engineering. International Journal of Technology and Design Education [Internet]. 2021 [cited 2021 December 14]. Available from: https://doi.org/10.1007/s10798-021-09701-6.
24. Merriam SB. Qualitative research and case study applications in education. San Francisco: Jossey-Bass Publishers; 1998.
25. Creswell JW, Plano Clark VL. Designing and conducting mixed methods research. California: SAGE Publications; 2011.
26. Patton MQ. Qualitative research and evaluation methods. California: SAGE Publications; 2002.

27. Sadler PM, Coyle HP, Schwartz M. Engineering competitions in the middle school classroom: Key elements in developing effective design challenges. The Journal of the Learning Science. 2000; 9(3): 299-327.
28. Pleasants J, Olson JK. What is engineering? Elaborating the nature of engineering for K-12 education. Science Education. 2019; 103(1): 145-166.
29. Chini JJ. Comparing the scaffolding provided by physical and virtual manipulatives for students' understanding of simple machines [Dissertation Ph.D.]. Kansas: Kansas State University; 2010.
30. Ladachart L. Qualitative research for science teachers. Bangkok: Chulalongkorn University Press; 2015.
31. Morgan GA, Leech NL, Gloeckner GW, Barrett KC. IBM SPSS for introductory statistics. New York: Routledge; 2013.
32. De Winter JCF. Using the student's t-test with extremely small sample sizes. Practical Assessment Research and Evaluation [Internet]. 2013 [cited 2021 December 14]. Available from: https://doi.org/10.7275/e4r6-dj05.
33. Hake RR. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics. 1998; 66(1): . 64-74.
34. Erickson F. Qualitative research methods for science education. In Fraser BJ, Tobin K, McRobbie CJ, editors. Second international handbook of science education. Springer, Dordrecht; 2012. p. 1451-1469.
35. Apedoe XS, Schunn CD. Strategies for success: Uncovering what makes students successful in design and learning. Instructional Science. 2013; 41(4): 773-791.
36. Park DY, Park MH, Bates AB. Exploring young children's understanding about the concept of volume through engineering design in a STEM activity: A case study. International Journal of Science and Mathematics Education. 2018; 16(2): 275-294.
37. Brotman JS, Moore FM. Girls and science: A review of four themes in the science education literature. Journal of Research in Science Teaching. 2008; 45(9): 971-1002.
38. Schnittka C, Bell R. Engineering design and conceptual change in science: Addressing thermal energy and heat transfer in eighth grade. International Journal of Science Education. 2011; 13(1): 1861-1887.
39. Stump GS, Hilpert JC, Husman J, Chung WT, Kim W. Collaborative learning in engineering students: Gender and achievement. Journal of Engineering Education. 2011; 100(3): 475-497.
40. Chusinkunawut K, Henderson C, Nugultham K, Wannagatesiri T, Fakcharoenphol W. Design-based science with communication scaffolding results in productive conversations and improved learning for secondary students. Research in Science Education. 2020; 51(4): 1123-1140.

41. Wangka K. Ladachart L. Exploring Thai Seventh Grade Students' Understandings of Design Thinking. Journal of Physics: Conference Series. 2021; 1835(012011): 1-4.
42. Goldman S, Zielezinski MB, Vea T, Baschas-Daunert S, Kabayadondo Z. Capturing middle school students' understandings of design thinking. In Goldman S, Kabayadondo Z, editors. Taking design thinking to school. New York: Routledge; 2006. p. 76-93.