CMU Journal of Education, Vol. 6 No. 2 2022
ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 2565

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาติพันธุ์ ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในกิจกรรมของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์

Development of Science Process Skills of Ethnic Students Through Engineering Design Process Approach in Scientific Toy Activities

แพรวนภา ไชยวงค์[1*] และ เดชา ศุภพิทยาภรณ์ [2]

Praewnapa Chaiwong [1*] and Decha Suppapittayaporn[2]

[1]คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, Praewa-a@hotmail.com
(Faculty of Education, Chiang Mai University)
[2]คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, decha.suppa@cmu.ac.th
(Faculty of Education, Chiang Mai University)

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาติพันธุ์ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนแห่งหนึ่งใกล้ชายแดนไทย-พม่าในจังหวัดตาก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาติพันธุ์ (ชนเผ่ากะเหรี่ยง) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบอาสาสมัครซึ่งเป็นนักเรียนที่ประสงค์เข้าร่วมกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ที่สอนโดยผู้วิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบไปด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ (IOC > 0.8) ซึ่งใช้ของเล่นที่หาได้ในท้องถิ่นในการจัดการเรียนรู้ ให้นักเรียนพัฒนาของเล่นที่ดีขึ้นหรือมีประสิทธิภาพมากขึ้น และ (2) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ($0.20 < p < 0.80$, $r > 0.10$, KR-20 = 0.79) ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อวัดทักษะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายลงข้อสรุป การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวัดและเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้และพิจารณาค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาติพันธุ์ในภาพรวมเพิ่มขึ้น โดยทักษะการตั้งสมมติฐานมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นมากที่สุด ส่วนทักษะการทดลองมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

คำสำคัญ: กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชาติพันธุ์ ของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

The objective of this study was to study the effect of the Engineering Design Process (EDP) based approach implemented in a scientific toy activity course to develop science process skills of ethnic students. The research was carried out in the first semester of academic year 2019 at a School located near Thai-Burma border, Tak province. The sample group was a total of 20 grade-7 Karen ethnic students who volunteered to participate in the science club activity course taught by the researcher. The research instruments consist of (1) a total of 5 EDS-based lesson plans for the scientific toy activity course (IOC > 0.8) which the local toys were used for engaging. The students were assigned to develop the toys to be the better or more effective toys. and (2) a science process skill test ($0.20 < p < 0.80$, $r > 0.10$, KR-20 = 0.79) developed by the researcher which consists of questions which designed to measure skill of formulating hypothesis, defining operationally, defining and controlling variables, experimenting, and Interpreting data and making conclusion. The data collection and analysis were done by administering pre- and post-intervention test to see the progress through the Effect Size. The result indicates that the EDP-based approach implemented through the scientific toys activity helps develop ethnic students' science process skills. It is seen that the most developed science process skill is the formulating hypotheses skill, and the least is the experimenting skill.

KEYWORDS: Engineering Design Process, Science Process Skills, Ethnic Students, Scientific Toys

---

**Corresponding author, E-mail: Praewa-a@hotmail.com โทร. 080-8484761*

Received: 17 March 2021 / Revised: 23 September 2021 / Accepted: 1 October 2021 / Published online: 23 May 2022

บทนำ

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีแนวคิดพื้นฐานเดียวกับการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐานหรือ Problem Based Learning (Duch, Groh, & Allen, 2001; Guerra, Allen, Crawford & Farmer, 2012; Matusovich, Paretti, Jones & Brown, 2012; Mangold & Robinson, 2013; Denson & Lammi, 2014; Stokholm, 2014) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจากกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งผู้เรียนจะต้องนำความรู้ที่ได้รับในชั้นเรียนมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหา การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจะเน้นกระบวนการสืบสอบ (Inquiry method) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรักติวิสต์ (Constructivism) (ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์ และปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ, 2562) ที่เน้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่ติดตัวมาก่อนเข้าด้วยกัน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีพื้นฐานเริ่มต้นจากการฝึกแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง ปัญหาจะถูกเลือกมาใช้อธิบายตามความคิดรวบยอดของหลักสูตร เนื้อหาวิชาจะเป็นโครงสร้างโดยรอบปัญหา นักเรียนจะสามารถตัดสินใจ และมีอิสระในการกำกับการเรียนรู้ของตนเอง (Cunningham, 2003; Wood, 2013) และเป็นการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการทำงานที่ใช้ตัวปัญหาจะเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้และเป็นตัวกระตุ้นต่อไปในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาหรือทักษะการให้เหตุผล ตลอดจนการสืบค้นข้อมูลที่ต้องการ เพื่อสร้างความเข้าใจในตัวปัญหา รวมทั้งการแก้ปัญหา (De Graaf & Kolmos, 2003) สำหรับกระบวนการเรียนรู้นั้นนักเรียนจะทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อค้นหาวิธีการแก้ปัญหา โดยจะบูรณาการความรู้ที่ต้องการให้นักเรียนได้รับกับการแก้ปัญหาเข้าด้วยกันหรือจัดนักเรียน

ออกเป็นกลุ่มเล็กที่ทำงานร่วมกันสองถึงสามครั้งต่อสัปดาห์ (Gallagher, 1997; Uden & BeauMont, 2006) นอกจากนี้นักเรียนยังต้องใช้การเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อระบุสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจากนั้นจึงใช้ความรู้ใหม่ที่ได้รับกับปัญหาและสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้และประสิทธิภาพของกลยุทธ์ที่ใช้ (Hmelo-Silver, 2004) ปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นมีหลากหลาย อาจจะเป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตประจำวันและมีความสัมพันธ์กับนักเรียน มีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลายหรือเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนซึ่งไม่ได้มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว สามารถเป็นตัวเริ่มกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนได้ (Gallagher, 1997; Barell, 1998; De Graaf & Kolmos, 2003; Hmelo-Silver, 2004)

ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์ และปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ (2562) ได้สังเคราะห์งานวิจัยด้านการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบวิศวกรรมว่า เป็นรูปแบบหนึ่งวิธีการสอนจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นวิธีการที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติ (Active Learning) ที่ใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ให้นักเรียนได้เริ่มต้นด้วยวิธีการกำหนดปัญหา โดย Wendell et al. (2015 อ้างใน ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์ และปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ, 2562) เสนอแนะว่ากระบวนการออกแบบวิศวกรรมจะต้องทำงานกันอย่างเป็นกลุ่มการใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานจะเน้นให้นักเรียนเกิดปฏิสัมพันธ์กันระหว่างนักเรียน จนทำให้เกิดการปฏิบัติและการเรียนรู้ร่วมกัน (Collaborative Learning) นำไปสู่การค้นคว้าหาคำตอบหรือสร้างความรู้ใหม่บนฐานความรู้เดิมที่นักเรียนมีมาก่อนหน้านี้และฝึกให้เกิดทักษะการทำงานอย่างมีส่วนร่วมได้ ซึ่งเรียกว่ามนุษยสัมพันธ์ และ Moore et al. (2014 อ้างใน ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์ และปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ, 2562) ได้กล่าวอีกว่า กระบวนการออกแบบวิศวกรรมทำให้เสริมสร้างและพัฒนานักเรียนให้ต่อยอดความรู้เดิม ขยายไปสู่ความคิดใหม่ๆ โดยวิธีการสอนจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานจะเป็นกลไกในการค้นคว้าเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาทำให้ผู้เรียนแก้ไขปัญหา ได้คิด ทำเป็น และมีการตัดสินใจที่ดี และสามารถรู้จักการทำงานเป็นทีมอีกด้วย

สำหรับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนั้น จะต้องเน้นให้นักเรียนมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหาให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012 อ้างอิงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) มีผู้ออกแบบวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีขั้นตอนแตกต่างกันไป เช่น National Research Council (2012 อ้างอิงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) มี 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) และจากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยนักการศึกษาคนอื่นๆ ก็พบว่า มีขั้นตอนที่แตกต่างกันไปบ้างแต่แนวคิดก็คล้ายๆ กันคือ ให้นักเรียนเริ่มต้นศึกษาปัญหา ศึกษางานที่เกี่ยวข้อง ออกแบบแก้ปัญหา ลงมือแก้ปัญหา จนถึงขั้นการประเมินหรือทดสอบรวมทั้งการสื่อสารผลการแก้ปัญหาให้คนอื่นได้ (เช่น Roderic, 2001; Robert, 2013 อ้างถึงใน สิรินภา กิจเกื้อกูลผล, 2557; Billiar, Hubelbank, Oliva and Camesano, 2014 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) และจะพบว่า นักเรียนจะต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแทบจะทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบการลงมือปฏิบัติ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่สำคัญสำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ในการสอนวิทยาศาสตร์ให้ได้ประสิทธิภาพประสิทธิผลและเป็นปัจจัยสำคัญให้นักเรียนมีความสามารถในการแสวงหาความรู้ตามแนวทางของนักวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางการหาความรู้ที่มีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 14 ทักษะ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำและสื่อความหมาย

ข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การสร้างแบบจำลอง

ของเล่นเป็นอุปกรณ์ที่มีผลต่อการกระตุ้นการเรียนรู้ การคิด และการสื่อความหมายของเด็กได้เป็นอย่างดี ของเล่นที่ดีจะมีคุณค่าต่อกระบวนการสร้างระบบความคิด ความรู้ ความเข้าใจ และกระบวนการที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตได้ นักการศึกษาต่าง ๆ เช่น สุดา ชั้นไพศาลศิลป์ (2543) ประสาท เนืองเฉลิม (2546) สมใจ แจ่มจิราวรรณ (2547) กัลยาณี หนูดำ (2555) ได้ศึกษาและวิจัยการใช้ของเล่นทั่วไปและของเล่นพื้นบ้านในการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ของเล่นจะช่วยนำไปสู่การค้นพบเหตุผลและความคิดสำคัญ นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ การค้นคว้า สำรวจ ทดลอง โดยใช้ประสาทสัมผัสต่าง ๆ ช่วยกระตุ้นความใคร่รู้และใคร่เรียน ช่วยให้เด็กเกิดความสนุกสนานเพลิดเพลินระบายอารมณ์ ลดความตึงเครียดทำให้เกิดความสมดุลทางอารมณ์ นอกจากนี้ของเล่นยังช่วยเชื่อมโยงสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะทางด้านสังคมด้วย

โรงเรียนที่ผู้วิจัยทำการศึกษาวิจัยเป็นโรงเรียนแห่งหนึ่งที่มีนักเรียนส่วนใหญ่เป็นนักเรียนชาติพันธุ์ ตั้งอยู่บริเวณชายแดนไทย-พม่า สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาตาก เส้นทางคมนาคมเป็นถนนลาดยางตลอดเส้นทางถึงโรงเรียนหลัก สามารถเดินทางได้สะดวกทุกฤดู ในปัจจุบันได้เปิดทำการสอนตั้งแต่ระดับปฐมวัย ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นักเรียนทั้งหมดเป็นชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง นักเรียนใช้ภาษาถิ่นในการสื่อสาร ส่วนใหญ่มีข้อจำกัดในการใช้ภาษาไทยพอสมควร โดยเฉพาะคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การใช้ของเล่นในการจัดการเรียนรู้และนักเรียนชาติพันธุ์ พบว่า มีงานวิจัยต่างๆ เช่น วรรณา รุ่งลักษมีศรี (2551) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ จรูญพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนสามารถพัฒนาสมรรถนะได้อยู่ในระดับปานกลาง คือ นักเรียนสามารถแก้ไขปัญหาได้ เมื่ออยู่ในสภาวะร่วมกลุ่ม แต่พบอุปสรรคเมื่ออยู่ด้วยตนเองดังนั้นการจัดการเรียนรู้จะต้องเน้นบทบาทของสมาชิกให้มีโอกาสแลกเปลี่ยนการเรียนรู้อย่างเท่าเทียมเป็นการแก้ปัญหาแบบกลุ่มภายใต้สถานการณ์จริง ชนกานต์ โฉมงาม (2561) ได้ศึกษา กิจกรรมสร้างชิ้นงานจากกระดาษด้วยโจทย์ที่ให้นักเรียนออกแบบและสร้างโมเดลของกรุงเทพมหานครในอีก 100 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2658) เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนคิด จินตนาการและเมื่อประเมินความคิดเห็นในกิจกรรมแลนด์มาร์ค คะแนนประเมินที่มากที่สุดคือ นักเรียนฝึกการทำงานเป็นทีม และสามารถรับฟังและยอมรับความ คิดเห็นที่แตกต่างของเพื่อนร่วมกลุ่มได้ ภัสสร ติดมา (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่องระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ดี Shields (2006) ได้ศึกษาผลของโครงการ Engineering is Elementary ในโรงเรียนระดับประถมศึกษาพบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและมีความกระตือรือร้นในการเรียนเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งมีความรู้สึกเชิงบวกกับการเรียนทางด้านวิศวกรรม Thompson & Lyons (2008) ได้ทดลองจัดการเรียนการสอนที่เน้นวิศวกรรมในชั้นเรียน โดยทดลองกับนักเรียนเกรด 6 เพื่อศึกษาถึงการรับรู้เกี่ยวกับวิศวกรรมด้วยการใช้ Draw an Engineer Test ซึ่งพบว่า นักเรียนในกลุ่ม

ทดลองมีการรับรู้เกี่ยวกับวิศวกรรมทั้งด้านการออกแบบ การทดลอง การสร้างสิ่งประดิษฐ์สูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม สาลิกา สำเภาทอง (2553) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมพัฒนาผู้เรียนโดยใช้ของเล่นพื้นบ้านเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนโดยใช้ของเล่นพื้นบ้านเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์หลังเรียนดีกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญและความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมโดยภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก สิริวรรณ ใจกระเสน (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกมวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ มยุรี จันทร์สวย (2551) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาทักษะการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีความสามารถด้านทักษะการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ รพีพรรณ พงษ์ปลื้ม และนวลศรี ชำนาญกิจ (2557) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ และมีงานวิจัยที่ค่อนข้างจะเก่าแต่ก็ยังมีคุณค่า ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับนักเรียนชาติพันธุ์ซึ่งได้เสนอแนะแนวทางการจัดการเรียนการรู้สำหรับนักเรียนกลุ่มนี้ไว้ คือ ทักษิณา สมประสงค์ (2539) ได้ศึกษาปัญหาการเรียนการสอนที่เกิดจากอุปสรรคทางภาษาระหว่างครูกับนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงเพื่อศึกษาอุปสรรคทางภาษาระหว่างครูกับนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ครูไม่ได้เตรียมการสอนรวมแยกเตรียมเฉพาะกลุ่ม ครูขาดความสัมพันธ์ที่ดีกับเด็ก และครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนเรียนรู้หรือพัฒนาตามที่ต้องการไม่ได้ วิธีแก้ปัญหาของครู คือ ครูพูดภาษาไทยประกอบท่าทาง ครูให้นักเรียนที่พูดได้ทั้งภาษาไทยและภาษากะเหรี่ยงเป็นล่ามให้ พยายามชมเชยและพูดกระตุ้นเด็กให้ร่วมกิจกรรม ครูจับมือเด็กให้ทำตามที่ครูต้องการ ครูปล่อยให้เด็กค่อย ๆ ปรับตัวไปตามธรรมชาติ ปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียนคือ เด็กไม่เกิดการเรียนรู้ตามที่ต้องการ รู้สึกว่าตนไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของห้องเรียนและสื่อสารกับครูไม่เข้าใจ วิธีแก้ปัญหาของนักเรียน พยายามเป็นส่วนหนึ่งของห้องด้วยการหาวิธีการเรียนรู้อื่นมาช่วย ได้แก่ การพยายามพูดภาษาไทยตามครู การให้เพื่อนที่พูดได้ทั้งภาษาไทยและภาษากะเหรี่ยงเป็นล่ามให้ การให้เพื่อนที่พูดได้ทั้งภาษาไทยและภาษากะเหรี่ยงสอนให้พูดตาม การใช้ภาษากะเหรี่ยงประกอบท่าทางกับครูและการพยายามพูดตามพี่ นที เรือนแก้ว (2539) ได้ศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนภาษาไทยในโรงเรียนประถมศึกษาที่นักเรียนพูดภาษาไทยเป็นภาษาที่สองในจังหวัดเชียงรายเพื่อศึกษาสภาพปัญหาและอุปสรรคของการสอนกลุ่มทักษะภาษาไทยในระดับชั้นประถมศึกษา ผลการวิจัยพบปัญหาที่น่าสนใจข้อหนึ่งคือ หลักสูตรภาษาไทยยังไม่เหมาะสมที่จะใช้สอนนักเรียนที่พูดภาษาไทยเป็นภาษาที่สอง ครูไม่ได้เตรียมการสอนเพราะมีภาระงานสอนมากและมีหน้าที่พิเศษที่ต้องรับผิดชอบ นักเรียนมีปัญหาในการใช้ภาษาไทยสื่อสารและสื่อความหมายอีกทั้งขาดเรียนบ่อย สื่อการเรียนการสอนหายากและมีไม่เพียงพอ ผู้ปกครองไม่เห็นความสำคัญของการเรียนการสอนกลุ่มทักษะภาษาไทย การสอนซ่อมเสริมไม่ต่อเนื่องเพราะครูมีภารกิจอื่นที่ต้องทำ และเยาวพา นันต๊ะภูมิ (2563) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง ตามกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม บูรณาการทั้งเทคนิคกลวิธีการสอนที่หลากหลายให้เหมาะสมกับแนวคิด STSE ของRichardson & Blades (2000) ที่เน้นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในท้องถิ่นของนักเรียน โดยนักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหา จนเกิดการอภิปรายสะท้อนคิดด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นเหตุเป็นผล มีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งช่วยทำให้นักเรียนลดมโนมติที่คลาดเคลื่อนในการเรียนรู้จากการวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนได้อย่างมาก

จากผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น พบว่า ยังไม่มีงานวิจัยที่ใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ของเล่นพื้นบ้านเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาติพันธุ์กะเหรี่ยง ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาประเด็นดังกล่าว

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาติพันธุ์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชาติพันธุ์แห่งหนึ่งในจังหวัดตาก ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนออกแบบปรับปรุงของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ในท้องถิ่น โดยนำรูปแบบการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอนได้แก่ 1) การระบุปัญหา เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ฝึกความต้องการในการพัฒนาของเล่นให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น 2) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ฝึกดำเนินการรวบรวมข้อมูล แนวทางต่างๆ ที่จะต้องใช้ในการแก้ปัญหา 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ฝึกการออกแบบวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง เพื่อฝึกการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและการกำหนดตัวแปร 4) การดำเนินการแก้ปัญหา เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาด้วยตนเองตามวิธีการที่ได้ที่ออกแบบไว้ 5) การทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้เสนอแนวคิดในการปรับปรุงและวิธีการแก้ปัญหา หลังจากทำการทดสอบเพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 6) การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้นำเสนอปัญหา วิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาและการหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นมาใหม่

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการคิดและการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จนเกิดความชำนาญและถูกต้อง โดยจะวัดจากการใช้แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการจากการทำกิจกรรมและจากการทำงานที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 5 ทักษะ ได้แก่ 1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน เป็นทักษะการคิดหาคำตอบของปัญหาล่วงหน้าซึ่งเป็นคำตอบที่รอการพิสูจน์หรือทดลอง 2) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นทักษะความสามารถในการกำหนดความหมายของตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลองให้ชัดเจนและทดลองวัดได้ 3) ทักษะการกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร เป็นทักษะในการบ่งชี้หรือกำหนดสิ่งที่เป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุม 4) ทักษะการทดลอง เป็นทักษะการออกแบบในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบ โดยการควบคุมตัวแปร การปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต้นและดูการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม 5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นทักษะการแปรความหมายข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือทดสอบ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ และลงข้อสรุปว่า ตัวแปรต้นและตัวแปรตามสัมพันธ์กันอย่างไร

3. ของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ของเล่นที่มีอยู่และหาได้ในท้องถิ่น สามารถนำมาใช้ในการศึกษาอธิบายหลักการทำงานเชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์หาข้อบกพร่องและดำเนินการออกแบบ ปรับปรุงพัฒนาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้

4. นักเรียนชาติพันธุ์ หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดตาก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชาวกระเหรี่ยง

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้ทราบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาติพันธุ์ในกลุ่มที่ศึกษา

2. ได้แนวทางสำหรับครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และผู้ที่เกี่ยวข้องที่สนใจนำการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. ได้แนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้นต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร และตัวอย่างการวิจัย

ประชากรเป็นนักเรียนชาติพันธุ์ (ชนเผ่ากะเหรี่ยง) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดตาก ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 4 ห้องเรียน รวมจำนวน 100 คน และกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบอาสาสมัครซึ่งเข้าร่วมเรียนวิชากิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการศึกษาในครั้งนี้มีทั้งหมด 2 รายการ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ และ 2) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบวัดแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมา ประกอบไปด้วยคำถามวัดทักษะ 1) การตั้งสมมติฐาน (3 ข้อ) 2) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (4 ข้อ) 3) การกำหนดและควบคุมตัวแปร (4 ข้อ) 4) การทดลอง (3 ข้อ) และ 5) การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (4 ข้อ) จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่านและการทดลองใช้กับกลุ่มทดลองเครื่องมือ จำนวน 90 คน พบว่าแบบวัดถูกตัดออกไปเหลือ 18 ข้อ โดยค่าความยากอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (0.20 – 0.80) ค่าเฉลี่ยของทั้งฉบับอยู่ที่ 0.51 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าเท่ากับ 0.15 จำนวน 1 ข้อ ส่วนที่เหลือมีค่าอำนาจจำแนกมากกว่า 0.22 ทุกข้อ และค่าความเชื่อมั่น (KR-20) เท่ากับ 0.79 ซึ่งถือว่าเหมาะสมและนำไปใช้ได้ ตัวอย่างแบบวัดทักษะกระบวนการข้อหนึ่งซึ่งเป็นคำถามวัดทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ข้อ 10 ทักษะการกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร

สถานการณ์: *นวลอนงค์ต้องการประดิษฐ์เครื่องบินกระดาษพับขึ้น โดยต้องการให้เครื่องบินกระดาษพับสามารถเคลื่อนที่ให้ได้ระยะเวลานานที่สุด จึงทำการทดลองโดยการพับเครื่องบินด้วยกระดาษ 3 ชนิดที่แตกต่างกัน คือ กระดาษ 100 ปอนด์ กระดาษการ์ดสีและกระดาษ เอ 5 ด้วยรูปแบบการพับที่เหมือนกัน หลังจากนั้นทำการทดลองวัดระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของเครื่องบินกระดาษพับ*

คำถาม: *จากสถานการณ์ข้างต้น ตัวแปรควบคุม คืออะไร*

ตัวเลือก: *ก. ชนิดของกระดาษ*
ข. ขนาดของเครื่องบินกระดาษพับ
ค. รูปแบบของการพับเครื่องบิน
ง. ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของเครื่องบินกระดาษพับ

เฉลย: *ค. รูปแบบการพับเครื่องบิน*

คำอธิบาย: *การกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร เป็นการบ่งชี้หรือกำหนดสิ่งที่เป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุม ตัวแปรควบคุม คือ สิ่งที่จัดขึ้นให้เหมือนกัน ซึ่งในสถานการณ์นี้นวลอนงค์ต้องการให้สิ่งที่เหมือนกัน คือ รูปแบบของการพับเครื่องบิน*

2. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 แผน ใช้เวลาแผนละ 4 ชั่วโมง รวม 20 ชั่วโมง ผ่านการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน (IOC มีค่า 0.80 – 1.00) ประกอบไปด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ (1) เรื่อง ปืนไม้ไผ่ (2) เรื่อง ลูกข่าง (3) เรื่อง จักจั่นเสียงใส (4) เรื่อง เรือบรรทุก (5) เรื่อง รถแข่งพลังลูกโป่ง ซึ่งแต่ละแผนประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวการออกแบบวิศวกรรม เรื่อง ปืนไม้ไผ่

ขั้นการระบุปัญหา *ครูแบ่งกลุ่มให้นำปืนไม้ไผ่ของนักเรียนที่ยิงแล้วเสียงไม่ค่อยดัง มาสังเกต วัดขนาดและส่วนประกอบต่าง ๆ มาวิเคราะห์ อภิปรายร่วมกัน ระบุปัญหาและหาแนวทางปรับปรุงปืนให้เสียงดังมากขึ้น โดยตั้งเป็นสมมติฐานและนำเสนอแลกเปลี่ยนแนวความคิดในการหาคำตอบของปัญหาร่วมกัน*

ขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา *ครูให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ในการปรับปรุงปืนไม้ไผ่ พร้อมทั้งนำเสนอ โดยระบุแหล่งข้อมูลที่นักเรียนสืบค้น*

ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา *ครูให้นักเรียนระบุตัวแปรตามสมมติฐานและนิยามความหมายของปริมาณต่าง ๆ พร้อมให้นักเรียนออกแบบปืนไม้ไผ่ใหม่ วิธีการทดสอบความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปร*

ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา *ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติทำตามวิธีทดลองที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อทดสอบสมมติฐานแต่ละข้อ โดยบันทึกข้อมูลในรูปของตารางหรือกราฟ ให้การลงความเห็นหรือข้อสรุปจากข้อมูล และครูเดินดูแต่ละกลุ่มและเสนอแนวทางแก้ปัญหาหากนักเรียนแก้ปัญหาไม่ได้ระหว่างการลงมือปฏิบัติ*

ขั้นการทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน *ครูให้นักเรียนผลการทดสอบการยิงปืนไม้ไผ่ที่ประดิษฐ์ขึ้นมา เพื่อประเมินผลและหาข้อบกพร่อง พร้อมทั้งนำเสนอวิธีการปรับปรุง*

ขั้นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน *ครูให้นักเรียนนำเสนอผลงานกลุ่มตั้งแต่การตั้งปัญหา ระบุสมมติฐาน การออกแบบวิธีแก้ปัญหา การทดสอบ การปรับปรุง โดยนำเสนอในชั่วโมงถัดไป เพื่อให้นักเรียนไปเตรียมตัววางแผนและซักซ้อมการนำเสนอ ใช้ภาษาที่ถูกต้องและสื่อสารให้เข้าใจได้*

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 แผน รวม 20 ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปืนไม้ไผ่ ผู้สอนได้จัดการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

3. ภายหลังการเรียนรู้ตามกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นลง ให้นักเรียนทำแบบทดสอบแบบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4. นำคะแนนจากการทำแบบวัดทักษะทางวิทยาศาสตร์ ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนไปทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ หาค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า Effect Size (d)

$$d = \frac{post - pre}{\sqrt{\frac{SD_{pre}^2 + SD_{post}^2}{2}}}$$

โดยที่ post เป็นคะแนนเฉลี่ยทั้งห้องหลังเรียน pre เป็นคะแนนเฉลี่ยทั้งห้องก่อนเรียน SD_{pre}^2 เป็นความแปรปรวนของคะแนนรวมก่อนเรียน SD_{post}^2 เป็นความแปรปรวนของคะแนนรวมก่อนเรียน

และถ้า d = 0.8 แสดงว่าค่า Effect Size อยู่ในระดับสูง ถ้า d = 0.5 แสดงว่า ค่า Effect Size อยู่ในระดับปานกลาง และ ถ้า d = 0.2 แสดงว่า Effect Size อยู่ในระดับต่ำ (Cohen, 1988)

ผลการวิจัย

ผลการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล แสดงไว้ตามตาราง 1

ตาราง 1 คะแนน ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนและค่า Effect Size ของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	การทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย (SD)	ร้อยละ	Effect Size (d)
1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	3	ก่อนเรียน	1.35 (0.88)	45.0	0.68
		หลังเรียน	1.95 (0.89)	65.0	
2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	4	ก่อนเรียน	1.60 (1.05)	40.0	0.85
		หลังเรียน	2.40 (0.82)	60.0	
3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	4	ก่อนเรียน	1.70 (1.03)	42.5	0.67
		หลังเรียน	2.40 (1.05)	60.0	
4. ทักษะการทดลอง	3	ก่อนเรียน	1.35 (0.75)	45.0	0.35
		หลังเรียน	1.60 (0.68)	53.5	
5.ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	4	ก่อนเรียน	1.80 (0.95)	45.0	0.38
		หลังเรียน	2.15 (0.88)	53.8	
โดยรวม	18	ก่อนเรียน	7.80 (1.67)	43.3	1.52
		หลังเรียน	10.5 (1.88)	58.3	

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่า ผลการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาติพันธุ์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชาติพันธุ์แห่งหนึ่ง ในจังหวัดตาก ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยรวมเพิ่มขึ้นในระดับสูง แต่เมื่อพิจารณารายทักษะพบว่า ทักษะการตั้งสมมติฐานเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการเพิ่มขึ้นในระดับสูง ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง ทักษะการทดลองเพิ่มขึ้นในระดับต่ำ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเพิ่มขึ้นในระดับต่ำ

ในส่วนของทักษะการตั้งสมมติฐาน คะแนนโดยรวมเพิ่มขึ้นเท่ากับทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการแต่การกระจายของคะแนนทำให้ค่า Effect Size ขึ้นในระดับปานกลาง นักเรียนได้ฝึกการตั้งสมมติฐานด้วยตนเองจากการทำกิจกรรมในทกๆ กิจกรรม โดยผู้สอนให้นักเรียนนำของเล่นที่จะปรับปรุงมาทำการวิเคราะห์การวัดขนาดและส่วนประกอบต่าง ๆ โดยละเอียด ให้เพื่อระบุปัญหา คาดเดาหรือตั้งสมมติฐานหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขของเล่นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจากนั้นแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมาอภิปรายนำเสนอสมมติฐาน จากการทำกิจกรรมนี้แต่ละกลุ่ม พบว่า ในช่วงแรกๆ นักเรียนไม่เข้าใจคำว่า “สมมติฐาน” ว่าหมายถึงอะไร บางคนสื่อสารไม่เป็น เข้าใจแต่ไม่สามารถเขียนสมมติฐานให้ถูกต้องได้ ครูต้องคอยชี้แนะ ยังมีนักเรียนบางส่วนมีปัญหาเกี่ยวกับภาษาไทยที่ครูต้องพยายามสื่อสารและการให้เพื่อนนักเรียนแปลภาษาไทยให้เป็นภาษากะเหรี่ยงก็ไม่สามารถแปลได้เพราะไม่มีคำในภาษากะเหรี่ยงหรืออาจจะเป็นเพราะนักเรียนที่แปล ไม่สามารถหาคำมาอธิบายได้

ในส่วนของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ นักเรียนมีการพัฒนาขึ้นมากที่สุดเมื่อพิจารณาค่า Effect Size ซึ่งอยู่ในระดับสูงกว่าทักษะอื่นๆ จากการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน สังเกตได้ว่า การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการเป็นทักษะที่พัฒนาได้ง่ายกว่าทักษะอื่น เพราะเป็นการกำหนดความหมายและขอบเขตของตัวแปรต่างๆ ซึ่งจากการที่ผู้สอนให้นักเรียนทดลอง

กำหนดความหมายและขอบเขตของตัวแปรต่างๆ ที่อยู่ในสมมติฐาน นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถนิยามความหมายของตัวแปรให้สอดคล้องกับสถานการณ์ได้ดีขึ้นตามลำดับ เมื่อได้รับการฝึกฝนมากขึ้นในแต่ละกิจกรรม อย่างไรก็ตาม ยังมีนักเรียนจำนวนพอสมควร (ประมาณร้อยละ 40) ยังมีปัญหาในการเขียนภาษาไทย ผู้สอนจะต้องชี้แนะอย่างต่อเนื่อง

ในส่วนทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรที่พิจารณาค่า Effect Size แล้ว พบว่านักเรียนมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง จากการสังเกตในการจัดการเรียนการสอนก็พบว่า เป็นทักษะที่นักเรียนเรียนรู้และทำความเข้าใจได้ดีพอสมควรสำหรับนักเรียนที่ทำความเข้าใจภาษาไทยได้ดี แต่ก็เป็นปัญหาสำหรับนักเรียนที่ไม่สามารถเข้าใจความสัมพันธ์ของสองสิ่งเป็นภาษาไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้สอนยังต้องคอยให้คำแนะนำอย่างต่อเนื่อง

ในส่วนของทักษะการทดลอง ซึ่งรวมตั้งแต่การออกแบบวิธีการทดลองจนกระทั่งลงมือทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง ค่า Effect Size อยู่ในระดับที่ต่ำ สัมพันธ์กับสิ่งที่สังเกตได้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน ที่พบว่า ในกิจกรรมแรกๆ นักเรียนเกือบจะทั้งหมดไม่สามารถออกแบบการทดลองเองได้ ผู้สอนต้องแนะหรือถึงขั้นต้องบอกวิธีการ ออกแบบการทดลอง การลงมือทดลอง การวัด การออกแบบตารางและการบันทึกผล พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลของการทำการทดลองในการตรวจสอบคำตอบหรือสมมติฐานอย่างช้าๆ และนักเรียนแสดงความสนใจ ตั้งใจฟังอย่างมาก ในกิจกรรมที่ 3 เป็นต้นไป นักเรียนเริ่มที่จะทำเองได้ ปรึกษากันเองได้ แต่เป็นส่วนน้อยที่สามารถออกแบบได้เองและยังมีข้อบกพร่อง ผู้สอนต้องชี้แนะตลอดเวลา ในการฝึกและพัฒนาทักษะนี้ อาจจะต้องใช้เวลามากกว่านี้และต้องฝึกทำกิจกรรมลักษณะนี้อีกมาก อย่างไรก็ตาม หลังจากผ่านกระบวนการออกแบบแล้ว เมื่อถึงเวลาของการลงมือปฏิบัติตามวิธีการที่ได้ออกแบบไว้ นักเรียนทุกคนแสดงให้เห็นว่า รู้สึกสนุกสนานกับการลงมือทำ การวัด การใช้แอพพลิเคชันวัดความดังของเสียงปืนไม้ไผ่ การทดสอบเรือบรรทุก การเล่นรถพลังลูกโป่ง และแสดงความพยายามในการแก้ปัญหา

ในส่วนของทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ค่า Effect Size แสดงให้เห็นว่า ทักษะของนักเรียนเพิ่มขึ้นในระดับต่ำ ซึ่งก็สัมพันธ์กับการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ที่นักเรียนตีความหมายผลการวัดได้น้อย ยังต้องการกิจกรรมและเวลาในการฝึกฝนอย่างมาก ประกอบการกับใช้ภาษาที่นักเรียนบางคนพูดออกมาไม่ได้หรือไม่ถูกต้อง สื่อสารในสิ่งที่ตัวเองอยากสื่อสารออกมาไม่ได้ อย่างไรก็ตาม การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเป็นทักษะที่ดูเหมือนยากที่สุดสำหรับนักเรียนชาติพันธุ์กลุ่มนี้

เมื่อพิจารณาภาพรวม แม้ว่า คะแนนรวมก่อนเรียนมีค่าประมาณร้อยละ 43 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 58 ซึ่งถือว่า เพิ่มขึ้นไม่มาก แต่เมื่อพิจารณาการกระจายของคะแนนซึ่งทำให้ค่า Effect Size สูงขึ้นในระดับสูง ถือว่า นักเรียนมีพัฒนาการขึ้นที่ดีมาก เมื่อเทียบกับก่อนเรียน เมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ จะพบว่า ยังไม่มีงานวิจัยที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยพัฒนาปรับปรุงของเล่นให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นโดยตรง แต่มีงานวิจัยที่ให้นักเรียนประดิษฐ์ของเล่น เช่น สาริกา สำเภาทอง (2553) ซึ่งได้ทำการวิจัยโดยการให้นักเรียนประดิษฐ์ของเล่นต่าง ๆ ได้แก่ คอปเตอร์ไม้ไผ่ ป่องแป่ง หนังสติ๊ก ลูกข่าง อีโบ๊ะ สัตว์กะลา มาจัดเป็นกิจกรรมให้ครอบคลุม 13 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ สิริวรรณ ใจกระเสน สอนโดยใช้เกมและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ในขณะที่งานวิจัยอื่น ๆ เช่น มยุรี จันทร์สวย (2551) ที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ รพีพรรณ พงษ์ปลื้ม และนวลศรี ชำนาญกิจ (2557) ที่ใช้ชุดการสอน ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และก็ไม่มีการศึกษากับนักเรียนชาติพันธุ์ด้วย อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลการวิจัยโดยพิจารณาคะแนนในตาราง 1 แล้วก็พบว่า ยังมีช่องว่างที่ต้องพัฒนานักเรียนชาติพันธุ์กลุ่มนี้ให้ดีขึ้นกว่านี้อีกในทุกทักษะ และจากการสังเกตระหว่างการจัดกิจกรรมของผู้วิจัยในงานวิจัยนี้ก็พบว่า ภาษาสำหรับการสื่อสารโดยเฉพาะในเชิงของวิชาวิทยาศาสตร์ ยังเป็นปัญหาอยู่พอสมควร ตามที่ ทักษิณา สมประสงค์ (2539) และ นที เรือนแก้ว (2539) ได้ให้ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ไว้ อย่างไรก็ตาม การทำงานในทางปฏิบัติตามข้อเสนอแนะของทั้งสองท่านก็ไม่ง่ายนัก นักเรียนควรจะได้รับการพัฒนาการใช้ภาษาไทยและคุ้นเคยกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นก่อนหน้านี้มามากกว่านี้ และเมื่อพิจารณาในส่วนของรูปแบบและวิธีการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ชื่นชอบ อยากจะลงมือทำ อยากจะแก้ปัญหาให้ได้ผลงานที่ดี

ขึ้น อยากให้ปืนไม้ไผ่มีเสียงดังขึ้น พยายามจะทำให้รถลูกโป่งเคลื่อนที่ได้ไกลขึ้น คล้ายกับผลของ Shields (2006) ที่จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งมีความรู้สึกเชิงบวกกับการเรียนทางด้านวิศวกรรมมากขึ้น รวมทั้งกระบวนการทำงานเป็นทีมของนักเรียนในการทำกิจกรรมซึ่งมองในภาพรวมแล้ว นักเรียนชาติพันธุ์กลุ่มนี้แสดงความร่วมมือร่วมใจในการเรียนรู้ รวมทั้งงานของ วรรณา รุ่งลักษมีศรี (2551) ที่วิจัยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้น ในส่วนของการแก้ปัญหาระหว่างการทำกิจกรรม ก็พบว่า นักเรียนชาติพันธุ์กลุ่มนี้ทำได้ไม่ดีเท่ากลุ่มนักเรียนของ จรูญพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ที่ได้จัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่นักเรียนสามารถแก้ไขปัญหาได้ เมื่ออยู่ในสภาวะร่วมกลุ่ม ทั้งนี้อาจจะเป็นเป็นผลมาจากการสื่อสารทางด้านภาษา ส่งผลให้ทักษะกระบวนการของนักเรียนพัฒนาไม่ได้เท่าที่ควร การให้นักเรียนโดยเฉพาะนักเรียนชาติพันธุ์ได้รับรู้เกี่ยวกับวิศวกรรมเป็นสิ่งที่ควรจะดำเนินการอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับที่ Thompson & Lyons (2008) และ Shields (2006) ที่ศึกษาการรับรู้และสร้างความรู้สึกเชิงบวกต่อวิศวกรรมของนักเรียนในยุคของนวัตกรรม

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

กิจกรรมที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือทำงานเชิงวิทยาศาสตร์และเชิงวิศวกรรมอย่างเป็นระบบเช่นนี้ ช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีมากและเป็นที่สนใจของนักเรียนโดยเฉพาะนักเรียนชาติพันธุ์เป็นอย่างยิ่ง นักเรียนช่วยกันทำงานและพยายามเรียนรู้กิจกรรมในลักษณะนี้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากการสังเกตในการทำกิจกรรม พบว่า นักเรียนมีความสนใจในการทำกิจกรรมการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของของเล่นให้ดีขึ้นเป็นอย่างมาก ควรจะมีการทำวิจัยเพื่อศึกษาการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั่วไปในวงกว้าง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และแนวทางในการทำวิจัย ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ตรวจสอบ แก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ที่ทำให้เครื่องมือนำไปใช้ในการวิจัยครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณภาพยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนที่ผู้วิจัยดำเนินการเก็บ รวมรวมข้อมูล อาจารย์กลุ่มสาระกรเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกต่างๆ และขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เลือกเรียนวิชากิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์และให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กัลยาณี หนูดำ. (2555). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

จรูญพงษ์ ชลสินธุ์. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์*. รายงานสืบเนื่องในการประชุมวิชาการเวทีวิจัยมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2559 “เอกภาพและความหลากหลายในมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์”. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชนกานต์ โฉมงาม. (2561). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นทีมผ่านกระบวนเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของนักเรียนห้องเรียนวิศว์-วิทย์ (โครงการ วมว.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. *วารสารศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, *2*(1), 33-55.

ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์ และปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ. (2562). การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับรูปแบบกิจกรรมการสอนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, *18*(1), 22-31.

ดวงจันทร์ แก้วกงพาน (2552). *การใช้เกมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่3* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ทักษิณา สมประสงค์.(2539). *การศึกษาปัญหาการเรียนการสอนที่เกิดจากอุปสรรคทางภาษาระหว่างครูกับนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นเด็กเล็กในโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษา จังหวัดกาญจนบุรี* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นที เรือนแก้ว. (2539). *สภาพการจัดการเรียนการสอนภาษาไทยในโรงเรียนประถมศึกษา ที่นักเรียนพูดภาษาไทยเป็นภาษาที่สอง ในจังหวัดเชียงราย* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2546). ของเล่นกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. *วารสารวิชาการ*, *6*(3), 70-72.

มยุรี จันทร์สวย. (2551). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาทักษะการคิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

รพีพรรณ พงษ์ปลื้ม และนวลศรี ชำนาญกิจ. (2557). การพัฒนาชุดการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ*, *4*(7), 11-24.

วรรณา รุ่งลักษมีศรี. (2551). *ผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่ มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิต* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัสสร ติดมา. (2558). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เยาวพา นันต๊ะภูมิ. (2563). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นตามกรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, *4*(3), 15-28.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูทศวรรษที่ 21*. เพชรบูรณ์: จุลดิสการพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ ฉบับอนาคต (ออนไลน์)*. เข้าถึงจาก http://www.ipst.ac.th/files/curriculum2556 /ManualScienceM1.pdf.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ความรู้เบื้องต้น สะเต็ม* (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุดา ชั้นไพศาลศิลป์. (2543). *การเปรียบเทียบการเลือกของเล่นของเด็กชายอายุ 5 ปี ที่พ่อมีบทบาททางเพศต่างกัน* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมใจ แจ่มจิราวรรณ. (2547). *การศึกษาการเล่นของเด็กตอนปลาย ชั้นป.4-6 ในจังหวัดนครปฐม*. สารนิพนธ์.กศ.ม.(จิตวิทยาพัฒนาการ). กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

สาลิกา สำเภาทอง (2553). *การพัฒนากิจกรรมพัฒนาผู้เรียน โดยใช้ของเล่นพื้นบ้าน เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สิริวรรณ ใจกระเสน. (2554). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกมวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหนองบัว จังหวัดลำพูน.* ใน *การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชครั้งที่ 2* (น.52). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

Barell , J. (1998). *PBL an Inquiry Approach*. Illinois: Skylight Training and Publishing.

Cohen, J. (1988). *Statistical power* analysis *for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillside, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Cunningham, W.G. (2003). *Educational leadership: a problem-based approach*. Boston: Allyn and Bacon.

De Graaf, E., & Kolmos, A. (2003). Characteristics of problem-based learning. *International Journal of Engineering Education*, *19*(5), 657-662.

Denson, C., & Lammi, M. D. (2014, June), A Conceptual Framework for Engineering Design Experiences in High School. Paper presented at *2014 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 24-37). Indianapolis, Indiana.: American Society for Engineering Education.

Duch, B. J., Groh, S. E., & Allen, D. E. (2001). *The power of problem-based learning: a practical" how to" for teaching undergraduate courses in any discipline*. Sterling, Va.: Stylus Publishing, LLC.

Gallagher, S. A. (1997). Problem-Based Learning: Where did it come from, What does it do, and Where is it going?. *Journal for the Education of the Gifted*, *20*(4), 332 – 362.

Guerra, L., Allen, D. T., Crawford, R. H., & Farmer, C. (2012). *A unique approach to characterizing the engineering design process. In 2012 ASEE Annual Conference & Exposition (pp. 25-118).*

Hmelo-Silver, C. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?. *Educational Psychology Review*, *16*(3), 235-266.

Mangold, J., & Robinson, S. (2013, June), The engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms. Paper presented at *2013 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 23-1196). Atlanta, Georgia: American Society for Engineering Education.

Matusovich, H. M., & Paretti, M. C., & Jones, B. D., & Brown, P. R. (2012, June). How Problem-based Learning and Traditional Engineering Design Pedagogies Influence the Motivation of First-year Engineering Students. Paper presented at 2012 *ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 25-702). San Antonio, Texas: American Society for Engineering Education.

Shields C. (2006). *Engineering our future New Jersey elementary school* [online]. Retrieved from http://www.ciese.org/papers/2006/ASEE_paper_G.doc.

Stokholm, M. (2014). Problem based Learning versus Design Thinking in Team based Project work. In E. Bohemia, A. Eger, W. Eggink, A. Kovacevic, B. Parkinson, & W. Wits (Eds.), *Design Education and Human Technology Relations : Proceedings of the E&PDE 2014 16th International conference on Engineering and Product Design* (pp. 268-274). Netherlands: University of Twente.

Thompson, S & Lyons, J. (2008). Engineers in the Classroom: Their Influence on African American Students' Perceptions of Engineering. *Sch Sci Math*, *108*(5), 197-211.

Uden, L., & Beaumont, C. (2006). *Technology and Problem-based learning*. USA.: IGI Global.

Wood, D. F. (2003). Problem based learning. *British Medical Journal*, *326*(7384), 328-330.