การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

The Development of Scientific Creative Thinking Using STEAM Education by Producing Workpieces from Waste Materials

ประภาพร เทียมเพ็ง สุมาลี ชูกำแพง และ บังอร แถวโนนงิ้ว[3]
Prapaporn Tiampeng,[1] Sumalee Chookhampaeng[2] and Bungorn Thawnon-ngiw[3]

Article History
Receive: April 24, 2023
Revised: May 26, 2023
Accepted: May 26, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช โดยใช้การวิจัยเชิงทดลอง ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม จำนวน 654 คน และกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 จำนวน 42 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 เวลาที่ใช้สอนทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ จำนวน 2 แผน และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพรรณนา ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.14/81.08 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ; การจัดการเรียนรู้ ; สะตีมศึกษา ; ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ; ประสิทธิภาพ

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาชีววิทยาศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, Master's Degree Student, Biology Education, Faculty of Science, Mahasarakham University
[2,3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, Assistant Professor, Faculty of Science, Mahasarakham University

NPU JOURNAL

ABSTRACT

The objectives of this research were to study the efficiency of the learning management plans based on the STEAM education by producing workpieces from waste materials entitled the living of plant for Matthayomsuksa 1 students compares to the 80/80 criteria, and to compare the scientific creative of Matthayomsuksa 1 students before and after being taught by STEAM education learning management by producing workpieces from waste materials entitled the living of plant. This research was an experimental research. The populations were 654 Matthayomsuksa 1 students who were studying at the secondary school under the Office of Secondary Educational Service Area Ofiice Maha Sarakham and the samples were 42 Matthayomsuksa 1/2 students who were studying in the first semester of academic year of 2022. The duration of this research was 12 hours. The research instruments consisted of 2 lesson STEAM education learning management plans by producing workpieces from waste materials, and scientific creative thinking assessment form. The percentage, mean, standard deviation, and t-test were employed to analyze the data. The research results were as follows: 1) the learning management plans based on the STEAM education by producing workpieces from waste materials was effective equivalent to 82.14/81.08 which was along with the defined criteria of 80/80. 2) The scientific creative thinking scores of students that were managed the learning using the STEAM education by producing workpieces from waste materials was significantly higher than before at the .05 level.

Keywords : Scientific Creative Thinking ; Learning Management ; STEAM Education ; Producing Workpieces from Waste Materials ; Efficiency

บทนำ

การดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในศตวรรษที่ 21 นั้น มีความคาดหวังให้พลเมืองในศตวรรษนี้เป็นผู้มีความรอบรู้ เป็นนักคิด และนักแก้ปัญหา สามารถนำความรู้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม และทันท่วงที ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้สอนจึงจำเป็นต้องออกแบบ และวางแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในด้านต่างๆ ทั้งด้านองค์ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะการคิดระดับสูงด้านทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 และด้านทักษะอื่นๆ ตลอดจนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเป็นนักเรียนรู้ นักคิด เชื่อมั่นยึดถือ และศรัทธาในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่นอย่างมีคุณธรรม เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศชาติ ตลอดจนเป็นพลเมืองของโลกที่ดำรงชีวิตในสังคมแห่งศตวรรษที่ 21 อย่างมีคุณค่า (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2017) ซึ่งการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์จะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพการศึกษาของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานไว้ในมาตรฐานการศึกษาชาติ คุณภาพผู้เรียน มาตรฐานที่ 4 คือ ผู้เรียนจะต้องมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ มีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรอง และมีวิสัยทัศน์ ความคิดสร้างสรรค์เป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในการขับเคลื่อนความเจริญก้าวหน้าของประเทศชาติ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์สามารถส่งเสริมหรือพัฒนาได้ (Puwipadawan, 1992) กล่าวได้ว่าทักษะความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะที่มีความจำเป็นอย่างมากในศตวรรษที่ 21 ที่จะทำให้เราสามารถผลิตงานเชิงสร้างสรรค์หรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตได้ (Dachakup, 2014) โดยในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จะต้องคำถึงถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผลการสังเกตสภาพการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปที่ 3 โรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูยังเป็นผู้ที่คอยกำหนดขั้นตอนในการปฏิบัติกิจกรรมเป็นส่วนใหญ่ และใช้วิธีการสอนในรูปแบบเดิมๆ ซ้ำๆ ทำให้นักเรียนไม่เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งนักเรียนไม่กล้าแสดงออก ไม่มีความกระตือรือร้นในการพยายามหาคำตอบด้วยตัวเอง ขาดทักษะในการคิดริเริ่มการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ และขาดทักษะในการสร้างสรรค์ผลงาน ดังนั้นการที่จะส่งเสริม และพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

ให้เจริญก้าวหน้าจำเป็นต้องอาศัยการวางรากฐานทางการศึกษาให้มีคุณภาพ ปัจจัยที่ช่วยให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เกิดประสิทธิผลตามจุดมุ่งหมาย คือ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ต้องมีความรู้ในด้านเนื้อหา และมีการปรับเปลี่ยนวิธีการสอนจากการถ่ายทอดความรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางอย่างแท้จริง (The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2003) ซึ่งจากการศึกษาแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM Education) พบว่าเป็นรูปแบบการศึกษาที่ได้รับการพัฒนาจากวิชาวิทยาศาสตร์แบบดั้งเดิม เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ มีการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการซึ่งมีรากฐานมาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) ประกอบด้วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Arts) บนพื้นฐานการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดย “A” หรือวิชากลุ่มศิลปะที่บูรณาการเพิ่มเข้ามาหมายรวมถึง ศิลปกรรม ภาษาวรรณกรรม ปรัชญา จิตวิทยา สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ด้วย ซึ่งสามารถจัดโครงสร้างเป็นกรอบโดยการวางแผนหลักสูตรบูรณาการ (Yakman, 2008)

การจัดการศึกษาแบบบูรณาการสะตีมศึกษา STEAM Education เป็นการเรียนรู้ที่สอดประสานสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ไว้อย่างลงตัว สะท้อนให้เห็นถึงองค์ความรู้ความเข้าใจ การสื่อสาร ทักษะกระบวนการคิด กระบวนการทำงาน เน้นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการแก้ปัญหาผ่านการค้นคว้าหาข้อมูล การคิด การวางแผนการร่วมมือ และแก้ไขปัญหาผ่านการลงมือปฏิบัติจริงในประเด็นปัญหาที่สร้างสรรค์ ท้าทาย แปลกใหม่ และกระตุ้นให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ผลงานและผลผลิตตลอดจนนวัตกรรมออกมาเพื่อแก้ปัญหานั้นๆ (Orapiriyakul, 2019) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Henriksen (2014) กล่าวว่าสะตีมศึกษาจะกลายเป็นกระบวนทัศน์ที่จำเป็นสำหรับความคิดสร้างสรรค์ และศิลปะการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ ผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป นักเรียนมีความสามารถระดับดีขึ้นไป ในทุกองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม (Intavimolsri, 2019) และในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงผ่านการศึกษาเสื้อผ้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถสร้างความตระหนักในเรื่องสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น เนื่องจากผู้เรียนได้รับรู้ถึงปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม มีส่วนร่วมในการเรียนรู้จำแนก และสามารถทดสอบสมบัติของเส้นใยเสื้อผ้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Chaopreecha, 2019)

จากความเป็นมาและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น จึงนำมาสู่การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เพื่อเป็นการเลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สะตีมศึกษา

แนวคิดสะตีมศึกษา เป็นรูปแบบการศึกษาที่ได้รับการพัฒนาจากวิชาวิทยาศาสตร์แบบดั้งเดิม เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ มีการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการซึ่งมีรากฐานมาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) ประกอบด้วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Arts) บนพื้นฐานการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดย “A” หรือวิชากลุ่มศิลปะที่บูรณาการเพิ่มเข้ามาหมายรวมถึง ศิลปกรรม ภาษาวรรณกรรม ปรัชญา จิตวิทยา สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ด้วย ซึ่งสามารถจัดโครงสร้างเป็นกรอบโดยการวางแผนหลักสูตรบูรณาการ (Yakman, 2008) ได้ให้คำจำกัดความ และการจำแนกองค์ประกอบของสะตีมศึกษาไว้ 5 องค์ประกอบดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science) คือ การเรียนรู้สิ่งที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติและได้มีการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ในสาขาต่างๆ คือ ฟิสิกส์ ชีววิทยา เคมี ธรณีศาสตร์ วิทยาศาสตร์อวกาศ และชีวเคมี

2. เทคโนโลยี (Technology) คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นสังคมการออกแบบซึ่งเป็นความสามารถสำหรับโลกแห่งเทคโนโลยี

3. วิศวกรรม (Engineering) คือ การใช้ความคิดสร้างสรรค์ และตรรกะที่ใช้ในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีเป็นตัวแทนในการเชื่อมโยงเพื่อสร้างผลงานให้กับโลก

4. คณิตศาสตร์ (Mathematic) คือ การเรียนรู้ตัวเลข และการดำเนินงานพีชคณิต เรขาคณิตการวัด การวิเคราะห์ข้อมูล ความน่าจะเป็น การแก้ปัญหา การใช้เหตุผลและการพิสูจน์การสื่อสาร (รวมถึงตรีโกณมิติแคลคูลัสและทฤษฎี)

5. ศิลปะ (Art) คือ การเรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาสังคม ผลกระทบ การสื่อสาร และการทำความเข้าใจกับทัศนคติและประเพณีในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต

การเรียนรู้ด้วยแนวคิดสะตีมศึกษามีความเหมาะสมในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยเฉพาะในเรื่องทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ ค่อนข้างมีประสิทธิภาพในการนำไปใช้กับวิชาอื่นๆ (Suganda, et al., 2021) ซึ่ง Riley (2016) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบการสร้างห้องเรียนที่ใช้สะตีมเป็นศูนย์กลาง (STEAM-Centered Classroom) โดยเน้นการดำเนินการแต่ละขั้นตอนไปสู่การหาคำตอบของคำถามสำคัญในบทเรียน (Essential Question) มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) ครู และนักเรียนร่วมกันเลือกคำถามที่สำคัญ เพื่อตอบหรือแก้ไขปัญหาของสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง

2) ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) เป็นขั้นตอนการหาองค์ประกอบที่สนับสนุนปัญหาหรือคำถาม สังเกตความสัมพันธ์กับองค์ประกอบอื่นๆ หรือสาเหตุของปัญหา รวมทั้งทักษะหรือกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถาม

3) ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) คือการลงมือปฏิบัติ ในขั้นตอนนี้นักเรียนศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่จำเป็น หรือวิธีการแก้ปัญหา ครูวิเคราะห์ความรู้ หรือทักษะที่นักเรียนยังขาด เพื่อสอนทักษะกระบวนการเหล่านั้นให้กับนักเรียน

4) ขั้นประยุกต์ใช้ (Application) หลังจากนักเรียนเข้าใจปัญหาหรือคำถามที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา นักเรียนสามารถเริ่มสร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือองค์ประกอบของตนเองโดยใช้ทักษะกระบวนการ และความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า สู่การปฏิบัติสร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเอง

5) ขั้นการนำเสนอ (Presentation) นักเรียนมีการนำเสนอผลงาน แลกเปลี่ยนข้อมูล เพื่อรับฟังความคิดเห็นตามวิธีการแสดงออกของนักเรียนในห้อง ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการให้และรับข้อมูล

6) ขั้นประเมิน และปรับปรุง (Link) นักเรียนสะท้อนความคิดเห็น ข้อเสนอแนะที่ได้จากการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเอง นักเรียนสามารถแก้ไขผลงานได้ตามต้องการ และสร้างสรรค์ให้ดียิ่งขึ้น

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าสะตีมศึกษา (STEAM Education) หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่พัฒนามาจากแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยเพิ่มเนื้อหาวิชาศิลปะร่วมกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งแต่ละเนื้อหาสาระสามารถเชื่อมโยง สนับสนุนซึ่งกันและกัน และสามารถนำไปใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพที่จะนำไปสู่การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่อไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ Taranate (2021) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอนเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และ Wandari, et al (2018) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิด STEAM ที่มีต่อการสร้างองค์ความรู้ และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในการเรียนรู้ เรื่อง แสง และทัศนศาสตร์ พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิด STEAM มีผลอย่างมากต่อการสร้าง องค์ความรู้ และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียน สังเกตได้จากผลคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนที่นัยสำคัญ 0.78 ซึ่งมีพัฒนาการสูง การใช้แนวคิด STEAM เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านเกณฑ์ความคิดสร้างสรรค์จาก Creative Product Semantic Scale (CPSS) ที่พัฒนาโดย O'Quinn และ Bessemer ซึ่งเน้นที่ความแปลกใหม่ ความละเอียด และความประณีต พบว่าความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้านความคิดริเริ่ม เพิ่มขึ้นร้อยละ 76 ความละเอียดลออร้อยละ 78 ในขณะที่ความละเอียดรอบคอบและการสังเคราะห์เพิ่มขึ้นร้อยละ 69 ความคิดสร้างสรรค์ทั้งหมดจัดอยู่ในเกณฑ์ระดับดี

ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ผลรวมของการหาคุณภาพ ทั้งเชิงปริมาณที่แสดงเป็นตัวเลข และเชิงคุณภาพ ที่แสดงเป็นภาษาที่เข้าใจได้เป็นผลที่แสดงถึงผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่ถูกต้องถึงระดับเกณฑ์ที่คาดหวัง (Kitrakarn, 2003) เกณฑ์ประสิทธิภาพประเมินพฤติกรรมผู้เรียนมี 2 ประเภท คือ 1) ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior หรือ E_1) คือ ประเมินผลต่อเนื่องประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลายๆ พฤติกรรม เรียกว่า “กระบวนการ” ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่มและรายบุคคล งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้ และ 2) ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior หรือ E_2) คือ ประเมินผลลัพธ์ของผู้เรียนโดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน การกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการและ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ซึ่งการที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 มีค่าเท่าใดนั้น ผู้สอนจะเป็นผู้พิจารณาโดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งค่าไว้ 80/80, 85/85 และ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจจะตั้งไว้ต่ำกว่านี้เช่น 75/75 เป็นต้น (Pengsawat, 2003) ขั้นตอนการนำแผนการจัดการเรียนรู้ไป เพื่อหาประสิทธิภาพ มีดังนี้ 1) ทดลองกลุ่มที่ไม่เข้ากลุ่มตัวอย่าง ทั้งกับเด็กอ่อน ปานกลาง และเก่ง นำผลที่ได้คำนวณหาประสิทธิภาพเสร็จแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น ปกติคะแนนที่ได้จากการทดลองนี้จะมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาก 2) ทดลองสนาม คือ ทดลองกับผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง นักเรียน 40-100 คน นำผลการทดลองที่ได้คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุงให้สมบูรณ์อีกครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้ ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำกว่าไม่เกินร้อยละ 2.5 ก็ยอมรับ แต่ถ้าหากต่างกันมากต้องปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ต่อไป (Srisaat, 2003)

จากการศึกษาการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง คุณภาพด้านกระบวนการ และผลลัพธ์ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนด โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 มีค่า 80/80 มีความหมาย คือ 80 ตัวแรก หมายถึง คุณภาพด้านกระบวนการ คำนวณจากร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนระหว่างเรียน ได้จากแบบฝึกหัด มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป และ 80 ตัวหลัง หมายถึง คุณภาพด้านผลลัพธ์ คำนวณจากร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียน ได้จากการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ทางด้านวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวทางการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหาโดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นอกจากจะเน้นถึงความคิดริเริ่มในการพัฒนาการเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตใหม่แล้ว ยังเน้นถึงความมีคุณค่าอีกด้วย ผลผลิตจึงเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าใครมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Piltz and Sund, 1969) ความคิดสร้างสรรค์แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ คือ 1) ความคิดคล่องแคล่ว เป็นความสามารถในการคิดได้หลากหลายโดยการตั้งคำถามปลายเปิดและคำถามอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นความคิดทางภาษาหรือท่าทางหรืออาจเป็นความคิดคล่องทางการเชื่อมโยงสัมพันธ์ เพื่อให้นักเรียนสามารถตอบได้อย่างหลากหลาย 2) ความคิดยืดหยุ่น เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายวิธี และสามารถแปลความรู้ที่มีให้เกิดประโยชน์หลายด้านต่อไป และ 3) ความคิดริเริ่ม เป็นความคิดแปลกใหม่ที่ต่างไปจากความคิดปกติหรือเป็นการเชื่อมโยงสัมพันธ์กันมาก่อน (Torrance, 1962) ความคิดสร้างสรรค์ถือว่าเป็นกระบวนทางความคิดที่มีความสำคัญต่อเด็ก ทำให้เด็กสามารถสร้างความคิด สร้างจินตนาการ ไม่จนต่อสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ ความคิดสร้างสรรค์คือพลังทางความคิดที่เด็กๆ ทุกคน มีมาแต่กำเนิด หากได้รับการกระตุ้น การพัฒนาพลังแห่งการสร้างสรรค์จะทำให้เด็กเป็นคนที่มีอิสระทางความคิด มีความคิดที่ฉีกกรอบ และสามารถหาหนทางในการที่จะสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ได้เสมอ (Kumul, 2004)

การเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นในตัวบุคคลเป็นสิ่งที่กระทำได้ทั้งทางตรง เช่น ฝึกอบรม สอนให้ทำกิจกรรม ฯลฯ และทางอ้อม เช่น จัดบรรยากาศให้เป็นอิสระทางความคิดในการเรียนรู้และการกระทำ ดังนั้น พ่อแม่ ผู้ปกครองและครูอาจารย์ จึงควรส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 2 ทาง คือ 1) ทางอ้อม จัดสภาพแวดล้อมและบรรยากาศในครอบครัวและสถานศึกษาให้เป็นอิสระทางความคิดและการกระทำ 2) ทางตรง เลือกจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อฝึกอบรมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์โดยตรง (Abhisit, 2016)

เมื่อพิจารณาความหมาย และความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ที่นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวไว้ สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถของบุคคลที่เกิดกระบวนการคิดที่หลากหลาย นำไปสู่การคิดค้นสิ่งใหม่ๆ และเป็นการคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ รอบตัว และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถของบุคคลในการเรียนรู้

ปัญหาต่างๆ รอบตัวโดยใช้หลักการ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์นำไปสู่ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิท ยาศาสตร์ โดยมีองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ 1) ความคิดริเริ่ม 2) ความคิดคล่องแคล่ว และ 3) ความคิดยืดหยุ่น ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางความคิด ที่ทุกคนมีมาตั้งแต่กำเนิด หากได้รับการกระตุ้น และการพัฒนาจะทำให้เป็นคนที่มีอิสระทางความคิด การสร้างสรรค์ผลงานจะทำให้ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์มีความสุข เกิดความภาคภูมิใจในตนเอง ส่งผลทางอ้อมต่อสังคมคือการปรับตัวเข้ากับสังคมเกิดคุณค่าความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อสังคม ก่อให้เกิดนวัตกรรม สร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ โดยไม่หยุดยั้ง

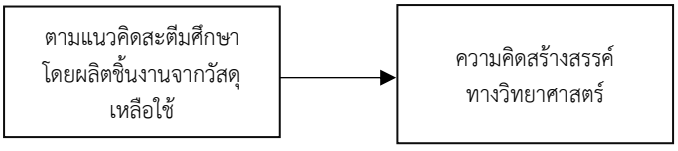
การผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

วัสดุเหลือใช้ หมายถึง วัสดุที่ไม่ได้ใช้แล้ว แต่สามารถนำกลับมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีก (Tantiranpisan, 2002) สามารถจำแนกประเภทของวัสดุเหลือใช้ ได้ดังนี้ 1) วัสดุจากธรรมชาติ เช่น เศษไม้ เปลือกข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง เปลือกไข่ ขนสัตว์ เกล็ดปลา เป็นต้น 2) พลาสติก เช่น ขวดน้ำอัดลม ขวดน้ำเปล่า กระป๋องแป้ง เส้นพลาสติกรัดของถุงห่อขนม ถุง ขวดน้ำยาล้างจาน เป็นต้น 3) แก้ว เช่น ขวดแก้ว เครื่องดื่มบำรุงสุขภาพ เครื่องดื่มชูกำลัง ขวดน้ำปลา เป็นต้น 4) โลหะ เช่น เศษเหล็กเส้นลวด นอต ตะปู สังกะสี กระป๋องนม เป็นต้น 5) กระดาษ เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ วารสาร นิตยสาร กล่องกระดาษ ปฏิทิน เป็นต้น 6) ผ้าหรือเศษด้าย เช่น เศษผ้าไหม เศษผ้ายืด เศษผ้าฝ้าย เป็นต้น และ 7) ประเภทอื่นๆ เช่น โฟม กระดุม เศษกระเบื้อง ขี้เลื่อย เป็นต้น (Wongpanich, 2003)

การเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความท้าทายในการทำกิจกรรมภายใต้เงื่อนไขที่จำกัด สามารถประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ และรู้สึกกระตือรือร้นในการปฏิบัติกิจกรรมจากการลงมือปฏิบัติและศึกษาข้อมูลต่างๆ เพิ่มเติมด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น สามารถนำความรู้ ที่ได้ไปสร้างสรรค์ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ของตนเองได้ ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.92 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.92 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก การเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนเกิดความท้าทายในการทำกิจกรรมภายใต้เงื่อนไขที่จำกัด สามารถประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ และรู้สึกกระตือรือร้นในการปฏิบัติกิจกรรม จากการลงมือปฏิบัติและศึกษาข้อมูลต่างๆ เพิ่มเติมด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น สามารถนำความรู้ที่ได้ไปสร้างสรรค์ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ของตนเองได้ (Koocharoenpisal, Rasrikrit and Semakoon, 2022) การศึกษาเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้มาสร้างสรรค์ หรือผลิตชิ้นงาน ทำให้มีความท้าทายในเงื่อนไขการประยุกต์ใช้วัสดุที่ไม่ได้ใช้แล้วให้เกิดประโยชน์สูงสุดมีคุณค่า และมีมูลค่าเพิ่มขึ้น ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีความคิดที่หลากหลายในการสร้างสรรค์ และผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้งนี้ได้อ้างอิงตามขั้นตอนของ Riley (2016) ในการออกแบบการสร้างห้องเรียนที่ใช้สะตีมเป็นศูนย์กลาง (STEAM-Centered Classroom) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

NPU JOURNAL

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มุ่งพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

ประชาการและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ทั้งหมด 17 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/1, 1/2 และ 1/17 จำนวนห้องเรียนละ 30 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/3-1/12 จำนวนห้องเรียนละ 42 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/13-1/16 จำนวนห้องเรียนละ 36 คน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 654 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12 โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ทั้งหมด 1 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม แล้วสุ่มห้องเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่าง รวมนักเรียนทั้งสิ้น 42 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 แผน แผนที่ 1 เรื่อง การสืบพันธุ์ และการขยายพันธุ์พืช และแผนที่ 2 เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช แต่ละแผนใช้เวลาดำเนินกิจกรรม จำนวน 6 ชั่วโมง ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง โดยผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อให้ข้อเสนอแนะและประเมินความเหมาะสมโดยใช้แบบประเมิน ตามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert's Method) และพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ (Srisaat, 2010)

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ทดลองใช้ (Tryout) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/8 จำนวน 42 คน พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสืบพันธุ์และการขยายพันธุ์พืช $\overline{X}$ = 4.67 และ S.D. = 0.40 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช $\overline{X}$ = 4.91 และ S.D. = 0.17 แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นทั้ง 2 แผน มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นข้อสอบแบบอัตนัย 1 ชุด ใช้ทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน จำนวน 3 ข้อ เวลาทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 30 นาที คะแนนเต็มทั้งฉบับ 12 คะแนน มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด การตรวจให้คะแนนปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Torrance โดยผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทั้งหมด 6 ข้อ หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) คัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีอยู่ระหว่าง 0.50-1.00 (Pattiyathanee, 2008) ซึ่งเลือกใช้จริง จำนวน 3 ข้อ หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ และหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) (Srisaat, 2010) ทดลองใช้ (Tryout) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/8 ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.30–0.61 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.87

NPU JOURNAL

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างวันที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ.2565 ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2565 มีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

1.1 ก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับการขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

1.2 ผู้วิจัยดำเนินการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช จำนวน 2 แผน แต่ละแผนใช้เวลาดำเนินกิจกรรม จำนวน 6 ชั่วโมง ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง และนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/8 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เพื่อปรับปรุง

1.3 ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนรู้ และปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ เก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12

1.4 ผู้วิจัยทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด 3 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ Torrance ได้แก่ 1) ความคิดคล่องแคล่ว 2) ความคิดยืดหยุ่น และ 3) ความคิดริเริ่มหลังสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/12

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

1.1 สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1.2 วิเคราะห์เนื้อหาสาระสำคัญ และผลการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 เพื่อออกแบบเนื้อหาวิชาให้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้

1.3 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้านความคิดสร้างทางวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนทั้งหมด และคะแนนผลการทดสอบวัดความคิดสร้าสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน โดยวิธีการคำนวณค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย หาค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้สถิติพรรณนา ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ t-test (Dependent Samples)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

n = 42

คะแนน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	$\overline{X}$	S.D.	ร้อยละ
ระหว่างเรียน (E_1)	3,780	3,105	73.93	6.67	82.14
หลังเรียน (E_2)	1,512	1,226	29.19	3.68	81.08
ประสิทธิภาพของกระบวนการ E_1/E_2 = 82.14/81.08					

จากตารางที่ 1 พบว่า การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านกระบวนการจากคะแนนความคิดสร้างสรรค์ในการปฏิบัติกิจกรรมตามใบงาน ระหว่างเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แผน พบว่า $\overline{X}$ = 73.93 คะแนน S.D. = 6.67 และคิดเป็นร้อยละ 82.14 เมื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ จากคะแนนการทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน พบว่า $\overline{X}$ = 29.19 คะแนน S.D. = 3.68 และคิดเป็นร้อยละ 81.08 ดังนั้น ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ และผลลัพธ์ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช วิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (E_1/E_2) มีค่าเท่ากับ 82.14/81.08 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ก่อนเรียนและหลังเรียน

n = 42

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t	Sig
ก่อนเรียน	36	13.24	2.84	25.32**	.00
หลังเรียน	36	28.90	3.72		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน $\overline{X}$ = 13.24 และหลังเรียน $\overline{X}$ = 28.90 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการวิจัยในการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านกระบวนการจากคะแนนความคิดสร้างสรรค์ในการปฏิบัติกิจกรรมตามใบงานในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แผนการจัดการเรียนรู้ และวิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ จากคะแนนการทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) วิเคราะห์ปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผน และดำเนินการ 5) ทดสอบ และนำเสนอ และ 6) ประเมิน และปรับปรุง แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

1. ระบุปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นปัญหา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช และร่วมกันระบุปัญหา เงื่อนไขจากสถานการณ์ที่ครูนำเสนอ

2. วิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล แนวคิดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ ข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสม เพื่อนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม และเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และเชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะ ในการออกแบบนวัตกรรม โดยออกแบบชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

4. วางแผน และดำเนินการ เป็นการกำหนดขั้นตอนในการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหา โดยกำหนดเป้าหมาย ระยะเวลาในการดำเนินงาน จากนั้นดำเนินการออกแบบ และพัฒนาต้นแบบของชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ เพื่อใช้ทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ และนำเสนอ เป็นขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพวิธีการแก้ปัญหา และให้นักเรียนได้นำเสนอผลการทดสอบ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล รับฟังความคิดเห็นของนักเรียนในห้องเรียน

6. ประเมิน และปรับปรุง เป็นการจัดแสดงต้นแบบของชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ที่ได้พัฒนาขึ้นในการแก้ปัญหา เพื่อประเมินผลการใช้งาน โดยนักเรียนสะท้อนความคิดเห็น และข้อเสนอแนะ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสอดคล้องกับขั้นตอนการออกแบบการสร้างห้องเรียนที่ใช้สะตีมเป็นศูนย์กลาง (STEAM-Centered Classroom) โดยเน้นการดำเนินการแต่ละขั้นตอนไปสู่การหาคำตอบของคำถามสำคัญในบทเรียนในการจัดการเรียนรู้ (Riley, 2016) และสอดคล้องกับผลการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาของ Chanintarapum (2020) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน หรือ 6Ds คือขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Define) ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูล (Discover) ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Distribute) ขั้นที่ 4 พัฒนา (Develop) ขั้นที่ 5 การทดสอบ และประเมินผล (Decision) แลขั้นที่ 6 การนำเสนอผลลัพธ์ (Display) พบว่ารูปแบบการเรียนการสอน “6Ds Model” มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.08/85.58 หลังใช้รูปแบบ 6Ds นักเรียนมีทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมทางเทคโนโลยีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ผลการวิจัยของ Phengnoi (2020) พบว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา มีประสิทธิภาพ 80.83/80.00 ตามเกณฑ์ร้อยละ 80/80 ผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 75.50

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ด้านความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่น (Torrance, 1962) ผู้วิจัยได้สอดแทรกไว้ในกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการฝึกให้นักเรียนคิดสร้างสรรค์ ทั้งรายบุคคล และรายกลุ่ม โดยเฉพาะขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะในการออกแบบนวัตกรรม โดยออกแบบชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดี Triampo (2016) กล่าวว่าหลักสูตร STEM+A เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์โดยเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่พบจริง เพื่อนำความรู้ไปแก้ปัญหา วิเคราะห์ สังเคราะห์ และต่อยอดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Intavimolsri (2019) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป นักเรียนมีความสามารถระดับดีขึ้นไปในทุกองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Taranate (2021) ได้จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สรุปผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากการจัดการเรียนรู้ 2 แผน ได้แก่ 1) การสืบพันธุ์ และการขยายพันธุ์ และ 2) การเจริญเติบโตของพืช มีคะแนนประสิทธิภาพด้านกระบวนการ เท่ากับ 82.14 คะแนนประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ เท่ากับ 81.08 ประสิทธิภาพรวมด้านกระบวนการและผลลัพธ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 82.14/81.08 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. นักเรียนได้นำความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

2. ครูผู้สอนมีแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยผลิตชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้

3. โรงเรียนสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในกรวางนโยบายทางการศึกษา เพื่อพัฒนาผู้เรียนต่อไป

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปปรับใช้กับผู้เรียนที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ได้ โดยผู้นำไปใช้ควรศึกษาขั้นตอนในแผนการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติเพื่อสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ครูผู้สอนจัดบรรยากาศการเรียนรู้ที่มีความยืดหยุ่นในการทำกิจกรรมกลุ่มของนักเรียน ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาควรเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดนอกกรอบ และมีความหลากหลายตามความสนใจของนักเรียน เพื่อฝึกให้นักเรียนได้มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และขั้นตอนการระบุปัญหา สถานการณ์การเรียนรู้ที่ใช้กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ควรมีความแปลกใหม่ น่าสนใจ สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน และเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวนักเรียน

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

2. ควรมีการร่วมพัฒนาและร่วมออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ กับครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะตีมศึกษาเพื่อให้เกิดความหลากหลายและมีประสิทธิภาพในการออกแบบกิจกรรมมากขึ้น

ข้อจำกัดการวิจัย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การสร้างชิ้นงานในบางขั้นตอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อาจไม่สามารถทำด้วยตนเองได้ ต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ปกครอง

References

Abhisit, T. (2016). *Kitc̆hakamsongsœ̄mkhwāmkhitsāngsansamrapdeklæyaowachon [Creative activities for children and youth].* Bangkok : Chulalongkorn University Printing House.

Chaopreecha, C. (2019). Kan̄ʻo̜kbǣpkitc̆hakamkan̄rīanrūphu̱asa̱ngkhwāmtranakru̱angsingwǣtlo̜mkhoṇngnakrīan radapchanmatthayomsuksat̄o̜ntondoīchaithaksakrabu̱ankan̄thā̄ngwitthayāsāt̄khansūngphan̄kan̄suksāsu̱aphāthīpenmittoṣingwǣtlo̜m [designing a learning activity to raise awareness of the environment among junior high school students by integrating scientific process skills into the study of eco-friendly clothing]. *Journal of Education Khon Kaen University*. 42(2),51-64.

Chanintarapum, A. (2020). *Kan̄phatthanārūpbǣpkan̄rīankan̄soṇtām̄nǣokhit STEAM phu̱asongsœ̄mthaksa kan̄sa̱ngsan Nawatkamthā̄ngthēknolōyīkhoṇngnakrīanchanmatthayomsuksā [The Development of Instructional Model Base on STEAM to Enhance Technological Innovation Creativity Skills of Secondary Students].* Nakhon Pathom, Silpakorn University, Thailand.

Dachakup, P. (2014). *Kan̄c̆hatkan̄ rīanru̱ nai satawat thī̄ yīsip ʻet [Learning Management in the 21st Century].* Bangkok : Chulalongkorn University.

Wandari, G. A., Wijaya, A. F. C. and Agustin, R. R. (2018). The Effect of STEAM-Based Learning on Students' Concept Mastery and Creativity in Learning Light and Optics. *Journal of Science Learning*. 2(1),26-32.

Henriksen, D. (2014). Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices. *The STEAM Journal*. 1(2),1-7. https://doi.org/10.5642/steam.20140102.15.

Intavimolsri, S. (2019). Phonkhoṇngkan̄chainǣokhi tsatīmasuksāNaiwichach īwa wittha ya thīmīto̜k hwām khitsa̱ngsanthā̄ngwitthayāsāt̄læphonsumritthā̄ngkan̄rīankhoṇngnakrīanchanmatthayomsuksāpīt hīSī. [Effects of Using the STEAM Education Approach in Biology on Scientific Creativity and Learning Achievement of Tenth Grade Students]. *Journal of Education Studies*. 47(2),410-429.

Kitrakarn, P. (2003). *Effectiveness index*. Mahasarakham: Faculty of Education University Maha Sarakham.

NPU JOURNAL

Koocharoenpisal, N., Rasrikrit, A. and Semakoon, S. (2022). Kānphatthanāchutkitkamkānrīanrūtām nǣothān gsate msuksā (STEM EDUCATION) phūasongsœ̄mkhwām khitsāngsankhoṇngnakrīanchanpra thomsu ksapīthī HaRūangkānpraditsing khoṇngchа̌ kwatdulūachai [Development of Learning Activity Packages Based on STEM Education to Improve Creative Thinking for 5th Grade Students on Invention from Waste Materials]. *Journal of Silpakorn University*. 20(2),196-213.

Kumul, S. (2004). *Konlayutkānsoṇkidsāngsan [Strategy of creative teaching].* Bangkok : Parbpim Limited Partnership.

Orapiriyakul, S. (2019). STEAM EDUCATION: Innovative Education Integrated into Learning Management. *Journal of Research and Curriculum Development*. 9(1),1-16.

Pattiyathanee, S. (2008). *Kānwatphonkānsuksā [Educational measurement* (6th ed)]. Banngkok : Prasan Printing.

Pengsawat, W. (2003). *Kānwichа̌ainaichanrīan [Classroom research].* Bangkok : Suweeriyasan.

Phengnoi, D. (2020). *Kānphatthanā khwāmsāmāt nai kān kǣ panhā yāng sāngsan læ kānsāng phonngā nathāng witthayāsāt khoṇng nakrīan prathomsuksā pī thī hā dūai kānchа̌at kitchа̌akam kānrīanrū tām nǣokhit STEAM Education [The Development of Creative Problem Solving and Scientific Working Creation's Abilities in Fifth Grade Students By Learning Activities Manage Educationment Based on the Concept of STEAM Education].* Silpakorn University, Nakhon Pathom, Thailand.

Piltz, A. and Sund, R. (1969). *Creative Teaching of Sciences in the Elementary School*. Boston : Allyn and Bacon.

Puwipadawan, S. (1992). *Theknik kān songsœ̄m khwāmkhit sāngsan [Techniques to Encourage creativity thinking].* Bangkok : Thaiwatthanapanich.

Riley, S. (2016). *6 steps to creating a steam classroom,* Retrieved September 2020, from https://education closet.com/2016/02/25/6-steps-to-creating-a-steam- centered-classroom/.

Srisaat, B. (2003). *Kānphatthanā laksūt [Development of Curriculum]*. Bangkok : Suweeriyasan.

Srisaat, B. (2010). *Knwichа̌aibūangton. [Introduction to Research].* Bangkok : Suweeriyasan.

Suganda, E. et al. (2021). *STEAM and Environment on students' creativethinking skills: A meta-analysis study*. *Journal of Physic s*: *Conference Series,* 1796(1),012101. https://doi.org/10.10 88/1742-6596/1796/ 1/012101

Tantiranpisan, S. (2002). *Sinlapa samrap dek pathommawai [Art for early childhood]*. Bangkok : Suweeri yasan.

Taranate, T. (2021). *Phonkān chа̌atkān rīanrū tām nǣo satīma suksā thī mī to̜ khwāmkhit sāngsan thāng witthayāsāt læ phon samrit thāngkān rīan witthayāsāt rūang theknoloyī thāng dī'en'e khoṇng nakrīan chan matthayommasuksā pī thī 4 [The Effects of STEAM Education Approach on Learning Achievement in DNA Technology of 10th Grade Students]*. Burapha University, Chonburi, Thailand.

The institute for the promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2017). *Mātrathān kānrīanrū læ tūa chī wat klum sāra kānrīanrū witthayāsāt tām laksūt kǣn klāng kānsuksā naphūn thān Phutthasakkarāt soṇngphanhāroịhāsip'et (chabap prapprung Phoṇ. Soṇ. 2560) [The Basic Education Core Curriculum A.D.2008 (Revised edition A.D. 2017) Learning Standards and Indicators of Science major].* Bangkok : IPST.

The institute for the promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2003). *Kānchа̌at sāra kān rīan rū klum sāra kānrīanrū witthayāsāt laksūt kānsuksā naphūn thān [The Basic Education Core Curriculum Learning Management of science major].* Bangkok : IPST.

Torrance, E. P. (1962). *Guiding Creative Talent*. New Jersey : Prentice- Hall.

NRU JOURNAL

Triampo, W. (2016). *Chutsūkānrīanrūwichawitthayāsātsatemsuksā Lēmthī Hā [Science Learning Media Set STEM education Volume 5].* Bangkok : Specialty School located.

Wongpanich, V. (2003). *nangsū rian sara kanrianru phunthan kan ngan ʻachip læ theknōloyi ngan pradit chan matthayommasuksā pī thī nung-3. [Basic learning textbook Career and technology Invented grades 7-9].* Bangkok : Aksorn Charoen Tat.

Yakman, G. (2008). *STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education*, Retrieved September 2020, from https://www.academia.edu/8113795/STEAM Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education.

NPU JOURNAL