

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา

The Development of Learning Activity Package on STEAM Education
with Robot Kit Lite for Students of Secondary School in Chachoengsao Province

จิตติมา ปัญญาพิสิทธิ์¹ และสายฝน เสกขุนทด²

Jittima Panyapisit¹ and Saifon Sekkhunthod²

^{1,2}อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

^{1,2}Lecturer, Department of Computer Education, Faculty of Education, Rajabhat Rajanagarindra University

Email : jittima.pan@rru.ac.th

Received: December 14, 2022

Revised: June 6, 2023

Accepted: June 12, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา 2) หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ 4) หาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเหมาะสมด้านเนื้อหาจำนวน 3 คน และผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเหมาะสมด้านเทคนิคและวิธีการ จำนวน 3 คน โดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแปลงยาวพิทยาคม ตำบลวังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยวิธีอาสาสมัครเข้ารับการอบรมในงานวิจัยนี้จำนวน 7 คน

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคและวิธีการอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.87, S.D. = 0.39$) ความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.82, S.D. = 0.39$) 2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 88.33/82.86 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 4) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.63, S.D. = 0.55$) สรุปได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทราที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถนำไปใช้จริงได้

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สเต็มศึกษา หุ่นยนต์อัตโนมัติ

Abstract

The objectives of this research were : 1) to develop the learning activity package in STEAM education with robot kit lite for secondary school in Chachoengsao province, 2) to find the efficiency of the developed learning activity package, 3) to compare the learning achievement of students before and after learning with the developed learning activity package, and 4) to find the satisfaction of students who studied with the developed learning activity package. The sample group consisted of expert 3 persons in technique and methodology, expert 3 persons in content, selected by purposive sampling in expert and students in secondary school year 3 total number of 7 students and the students come from Plaengyaopittayacom School, Tambol Wang Yen, Amphoe Plaeng Yao, Chachoengsao province. There were 7 volunteer students who attended the training in this research.

The research results were as follows : 1) the average opinion of the technique and methodology experts on the learning activity package in STEAM education with robot kit lite for secondary school in Chachoengsao province were at a highest level ($\bar{X} = 4.87$, $S.D. = 0.39$), the opinion of the content experts on the learning activity package in STEAM education was at a highest level ($\bar{X} = 4.82$, $S.D. = 0.39$) and the opinion of the creative thinking experts on the learning activity package in STEAM education was at a high level ($\bar{X} = 4.48$, $S.D. = 0.45$), 2) the efficiency of the learning activity package in STEAM education was 88.33/82.86 which higher than the criteria set at 80/80, 3) the comparison of the learning achievement found that the students who studied with the learning activity package in STEAM education had post-test scores higher than pre-test scores at .01 significance level, and 4) the students satisfied with the learning activity package at the highest level ($\bar{X} = 4.63$ $S.D. = 0.55$). In conclusion, the developed learning activity package can be implement in the real situation.

Keywords: Learning Activity Package, STEAM Education, Robot Kit Lite

บทนำ

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการ ประกาศหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยให้สาระเทคโนโลยีอยู่ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนโมเดลประเทศไทย 4.0 ทำให้มีประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง ให้ใช้มาตรฐานการศึกษา ระดับปฐมวัย ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน และระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานศูนย์การศึกษาพิเศษ ลงวันที่ 6 สิงหาคม 2561 ให้ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานเน้นพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ที่สามารถตอบโจทย์ได้ ต้องอาศัยสื่อที่มี

คุณภาพ นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหา วิทยาการคำนวณ การออกแบบและเทคโนโลยีในรูปแบบสะเต็มศึกษา และสนับสนุนทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (มานิชญ์ แสงศิริ, 2561) บอร์ดไมโครบิตเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาต่อเข้ากับชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติขนาดเล็กได้เพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ หรือนำมาพัฒนาเป็นโครงงานที่ควบคุมการทำงานของระบบใดระบบหนึ่ง เช่น ระบบควบคุมความชื้น ระบบรดน้ำอัตโนมัติ นาฬิกาจับก้าวเดิน ฯลฯ ซึ่งเป็นการสนับสนุนการเรียนรู้แบบ STEM และ STEAM ซึ่ง STEAM เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่นำศิลปะมาบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

ปัจจัยสำคัญของการนำ STEAM มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ การจัดกิจกรรมให้เข้ากับบริบท (Context) การออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design) และการสร้างความจับใจ (Emotional Touch) ในการออกแบบกิจกรรมสร้างสรรค์ สิ่งสำคัญในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สำคัญ 4 ประเด็น คือ 1) การบูรณาการ (Integration) 2) ความหลากหลาย (Variety) 3) ความลึก (Deep) และ 4) ความเป็นพลวัต (Dynamic) (วิสูตร โพธิ์เงิน, 2560) การพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมได้นั้น ต้องจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการหลากหลายศาสตร์ และเลือกใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพน่าสนใจ สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนว STEM ทำให้ผู้เรียนสำรวจ ค้นพบ คิดแก้ปัญหา พัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์วิจารณ์ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิต อีกทั้งช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนจากสถานการณ์ปัจจุบันด้วยการลงมือปฏิบัติทำให้นักเรียนสนใจและอยากจะทำนวัตกรรม (Mataric, M. J., Koenig, N. P., & Feil-Seifer, D., 2007) การจัด การเรียนการสอนตามแนว STEM สามารถทำให้นักเรียนทุกคนเกิดการเรียนรู้ได้ ครูผู้สอนจึงควรวางแผนเพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ให้มีความพร้อมในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในอนาคตผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ การออกแบบชิ้นงานกลุ่มหรือโครงการที่มุ่งแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับชีวิตประจำวัน เป็นการฝึกประสบการณ์ก่อให้เกิดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ จนกระทั่งสร้างนวัตกรรมได้สำเร็จ ทำให้นักเรียนเกิดความภูมิใจกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องหนึ่งในการใช้สื่อการสอน คือ หุ่นยนต์เพื่อการศึกษา โดยผู้สอนควรได้รับการอบรมและศึกษาฝึกฝนจนเกิดความชำนาญ และนำมาจัดการเรียนการสอนให้กับผู้เรียน ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ผ่านชุดอุปกรณ์ควบคู่กับการคิดขั้นสูง ปัญหาหนึ่งที่พบคือราคาชุดอุปกรณ์มีราคาสูง การจัดหาให้ครบพอเพียงกับผู้เรียนยังเป็นไปได้ยาก และผู้สอนต้องมีความชำนาญ

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนในท้องถิ่น โดยจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้เปิด โอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ศิลปะ ให้อิสระในการสร้างสรรค์แก้ปัญหาที่ได้รับ โดยระหว่างการทำกิจกรรมผู้เรียนจะได้ฝึกฝนการคิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหาโดยใช้เหตุและผล ใช้ความรู้หลากหลายศาสตร์ และคิดสร้างสรรค์ โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีรูปแบบการสอนแบบสเต็มศึกษา ใช้สื่อการสอน ใบงาน และหุ่นยนต์อัตโนมัติ เพื่อการศึกษาประกอบกันเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่พร้อมนำไปใช้ในการฝึกอบรมหรือจัดการเรียนการสอนที่เน้นการใช้ความรู้แบบบูรณาการ

วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

1. เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้ หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังที่ได้เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา
4. เพื่อหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่ได้เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง

1. ผู้เชี่ยวชาญ โดยคุณสมบัติเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ทางการสอนคอมพิวเตอร์หรือสาขาที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 3 ปีขึ้นไป ในพื้นที่ภาคตะวันออกและภาคกลาง และมีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก จำนวน 6 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียน แผลงยาวพิทยาคม ต.วังเย็น อ.แผลงยาว จ.ฉะเชิงเทรา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาฉะเชิงเทรา โดยการเลือกโรงเรียนแบบเจาะจงโรงเรียน (Purposive

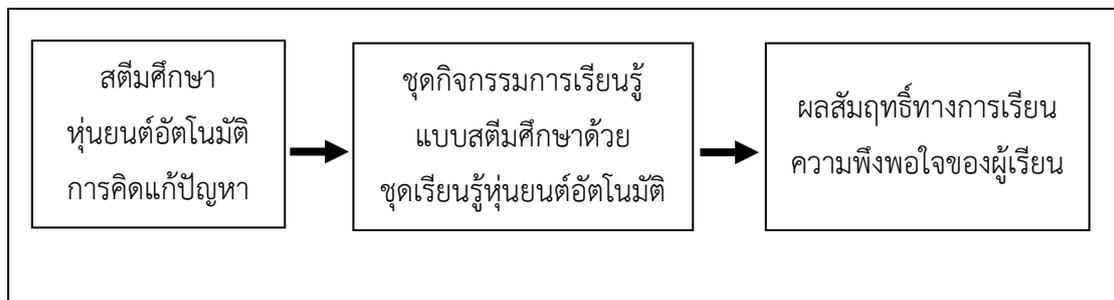
Sampling) ซึ่งเป็นโรงเรียนที่มีคุณสมบัติด้านนโยบายสนับสนุนการพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะในการควบคุมหุ่นยนต์ และเป็นโรงเรียนร่วมผลิตบัณฑิตวิชาชีพครู โดยวิธีรับอาสาสมัคร จำนวน 7 คน โดยจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ วันที่ 2-3 ตุลาคม 2564

ขอบเขตด้านสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)

เนื่องจากอยู่ในช่วงการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) จึงต้องมีการจำกัดจำนวนผู้เข้ารับการอบรม และรักษาระยะห่างเพื่อป้องกันการติดเชื้อ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยมีกรอบแนวคิดดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 ออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา ตามหลักการรูปแบบการเรียนการสอนสเต็มศึกษา และออกแบบชุดเรียนรู้ด้วยรูปแบบของ ADDIE Model โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นวิเคราะห์

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ศึกษามาวิเคราะห์ประกอบด้วย

1) วิเคราะห์เนื้อหา ในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้แนวคิด STEAM มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ บริบท (Context) การออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design) และการสร้างความจับใจ (Emotional Touch) ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สำคัญมี 4 ประเด็น คือ 1) การบูรณาการ (Integration) 2) ความหลากหลาย (Variety) 3) ความลึก (Deep) และ 4) ความเป็นพลวัต (Dynamic) การบูรณาการการสอนด้วยแนวคิดสเต็มศึกษา ประกอบด้วยความรู้ 5 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S: Science) เทคโนโลยี (T: Technology) วิศวกรรมศาสตร์

(E: Engineering) ศิลปะศาสตร์ (A: Arts) และคณิตศาสตร์ (M: Mathematics) โดยให้มีความสัมพันธ์เป็นหนึ่งเดียวทางด้านการสอน เน้นผู้เรียนลงมือปฏิบัติและนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งการเพิ่มศิลปะศาสตร์เป็นการเน้นความคิดเชิงสร้างสรรค์ เพื่อมาเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดเชิงวิชาการและนำไปสู่การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ โดยวิเคราะห์ถึงรูปแบบและความหมายในการพัฒนาชุดกิจกรรมที่สามารถอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียน มีเนื้อหาความรู้ให้ศึกษาเพิ่มเติม และทบทวนความรู้มีกิจกรรมต่าง ๆ ให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการเขียนโปรแกรม ฝึกปฏิบัติ ควบคุมหุ่นยนต์ อัตโนมัตินำมาสร้างสถานการณ์ปัญหาเพื่อชวนผู้เรียนหาทางแก้ไขโดยใช้หลักวิทยาศาสตร์ ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ เทคโนโลยีส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และใช้ศิลปะในการนำเสนอและสื่อสาร โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาเป็นกลไกในการทำกิจกรรม เมื่อมีการแก้ปัญหา ทดสอบแล้วหาทางปรับปรุงผลลัพธ์ให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังใช้เทคโนโลยีการทำงานแบบมีส่วนร่วมมาใช้ในกระบวนการสะท้อนคิดจากปัญหาที่พบและวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนได้เรียนรู้

2) วิเคราะห์ผู้เรียนและสภาพแวดล้อม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้ หุ่นยนต์ อัตโนมัตินำมาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา เนื่องจากผู้เรียนอยู่ในช่วงระดับเดียวกัน คือ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งหมดจึงทำให้ลดความแตกต่างของช่วงอายุ แต่พื้นฐานและทักษะของผู้เรียนยังมีความแตกต่างกันบ้างตามธรรมชาติของผู้เรียนที่มีทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน การจัดการเรียนการสอนจึงต้องเตรียมการให้ความรู้พื้นฐานในภาพรวมและการดูแลผู้เรียนเป็นรายบุคคล หากผู้เรียนต้องการหรือสังเกตแล้วจำเป็นต้องให้ความช่วยเหลือ

2. ขั้นตอนการออกแบบ

ผู้วิจัยแบ่งการออกแบบเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1) ออกแบบเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้ หุ่นยนต์ อัตโนมัตินำมาในรูปแบบบทเรียนออนไลน์ผ่าน Google Classroom ซึ่งประกอบไปด้วย (1) การอธิบายจุดประสงค์และหัวข้อการอบรม (2) การทดสอบก่อนเรียน (3) การเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้ หุ่นยนต์ อัตโนมัตินำมา

ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 พื้นฐานเกี่ยวกับชุดเรียนรู้ หุ่นยนต์ อัตโนมัตินำมา กิจกรรมที่ 2 ฝึกหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ กิจกรรมที่ 3 พาหุ่นยนต์เดินตามเส้น กิจกรรมที่ 4 สะท้อนคิด กิจกรรมและกิจกรรมที่ 5 ศิลปะหุ่นยนต์ และ (4) การประเมินหลังการอบรม ได้แก่ การทดสอบหลังเรียน และประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

2) หลังจากผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาในแต่ละกิจกรรมแล้ว มีใบงานให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ สะท้อนคิดกิจกรรมด้วยการมีส่วนร่วมโดยใช้โปรแกรม Google Jamboard โดยผู้วิจัยได้ออกแบบใบงานที่น่าสนใจ มีรูปแบบในการอภิปรายและแสดงความคิดเห็น อีกทั้งเลือกใช้โปรแกรมที่ทำงานพร้อมกันได้หลายคนในเวลาเดียวกัน และใช้ศิลปะในการออกแบบและนำเสนอหุ่นยนต์ในฝันเพื่อใช้จินตนาการในการสร้างสรรค์ผลงานโดยใช้โปรแกรมออนไลน์ Canva

3) การออกแบบ แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก คือ แบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ

3. ขั้นตอนการพัฒนา

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้มาพัฒนาชุดกิจกรรม ดังนี้

1) ใช้โปรแกรมนำเสนอเพื่อพัฒนาสื่อที่ใช้ในการให้ความรู้ ทำกิจกรรม และใบงาน และสร้างไฟล์งานออกมาเป็นไฟล์ .pdf เพื่อใช้เป็นสื่อในการอบรม

2) ใช้โปรแกรม Microsoft MakeCode formicro:bit ซึ่งไม่มีค่าใช้จ่าย วิธีการใช้งานไปที่เว็บไซต์ <https://makecode.microbit.org/> หรือดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ <https://makecode.microbit.org/offline-app> เพื่อใช้เขียนโปรแกรมในกิจกรรมฝึกทักษะควบคุมหุ่นยนต์ อัตโนมัตินำมาด้วยชุดเรียนรู้ หุ่นยนต์ รุ่น iBIT Robot Kit Lite ซึ่งเป็นชุดหุ่นยนต์อัตโนมัตินำมาเพื่อการศึกษาสำหรับผู้เริ่มต้น โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ micro:bit

3) ใช้หุ่นยนต์อัตโนมัตินำมาด้วยชุดเรียนรู้ หุ่นยนต์ รุ่น iBIT Robot Kit Lite เพื่อทำกิจกรรมคนละ 1 ชุด

4) ใช้โปรแกรม Google Jamboard เพื่อการระดมสมองและสะท้อนคิดของผู้เรียน

5) ใช้วิธีการวาดรูปด้วยมือและสีไม้ในการระบายสีและใช้โปรแกรม Canva แบบออนไลน์โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เพื่อใช้ในการออกแบบภาพศิลปะหุ่นยนต์ในอนาคต และใส่รายละเอียดของภาพที่เกี่ยวข้อง

6) ใช้ Google Classroom สำหรับสร้างเป็นห้องเรียนเสมือนเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้เกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอน รายละเอียดการติดต่อผู้สอน คำอธิบายรายวิชา ใบกิจกรรม ใบงาน แบบทดสอบ และแบบประเมินความพึงพอใจการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ

7) ใช้ Google Form สำหรับสร้างแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 20 ข้อ และแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ และแบบสอบถามความพึงพอใจ

4. ขั้นตอนการนำไปใช้

1) ทดสอบระบบเบื้องต้น โดยนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติทดลองใช้เบื้องต้นกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนแปลงยาวพิทยาคม ต.วังเย็น อ.แปลงยาว จ.ฉะเชิงเทรา จำนวน 30 คน และรวบรวมข้อมูลจากการทดลองใช้เบื้องต้นมาปรับปรุง แก้ไขชุดกิจกรรมให้ดีขึ้น โดยปรับภาษาให้สื่อความหมาย ปรับเนื้อหาให้เหมาะสมกับระยะเวลาในการทำกิจกรรม

2) ทาคุณภาพแบบทดสอบ ซึ่งเป็นการหาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งได้รับข้อแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญและนำมาปรับปรุงข้อคำถาม ซึ่งมีค่าดัชนีระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์มากกว่า 0.50 จำนวน 22 ข้อคำถาม หลังจากนั้นผู้วิจัยได้คัดเลือกแบบทดสอบจำนวน 20 ข้อคำถาม ไปทดสอบกับผู้เรียน ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายรายข้อ อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ อยู่ระหว่าง 0.20-0.60 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.81

5. ขั้นตอนการประเมิน

หลังจากทดลองเบื้องต้นกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากการทดลองใช้งานเบื้องต้นมาปรับปรุงและแก้ไขชุดกิจกรรมให้ดีขึ้น

ระยะที่ 2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดแผนการทดลองแบบศึกษากลุ่มเดียว วัดก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pretest Posttest Design) โดยผู้วิจัยได้จัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้ กลุ่มตัวอย่างในวันที่ 2-3 ตุลาคม พ.ศ.2564 ณ โรงเรียนแปลงยาวพิทยาคม ต.วังเย็น อ.แปลงยาว จ.ฉะเชิงเทรา ในวันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2564 โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนแปลงยาวพิทยาคม ต.วังเย็น อ.แปลงยาว จ.ฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นโรงเรียนร่วมผลิตบัณฑิตวิชาวิชาชีพครู โดยการเลือกแบบเจาะจงโรงเรียน (Purposive Sampling) ซึ่งเป็นโรงเรียนที่มีคุณสมบัติด้านนโยบายสนับสนุนการพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะในการควบคุมหุ่นยนต์ ผู้วิจัยจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติเสร็จสิ้นแล้ว ได้ให้กลุ่มตัวอย่างทำทดสอบหลังเรียน และประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ ประกอบด้วย 6 กิจกรรม ดังนี้

1) กิจกรรมแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย ทำความเข้าใจเกี่ยวกับคำอธิบายชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2) กิจกรรมให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน และแจ้งผลการประเมินหลังการทำแบบทดสอบเพื่อเป็นการประเมินตนเองก่อนการเรียน

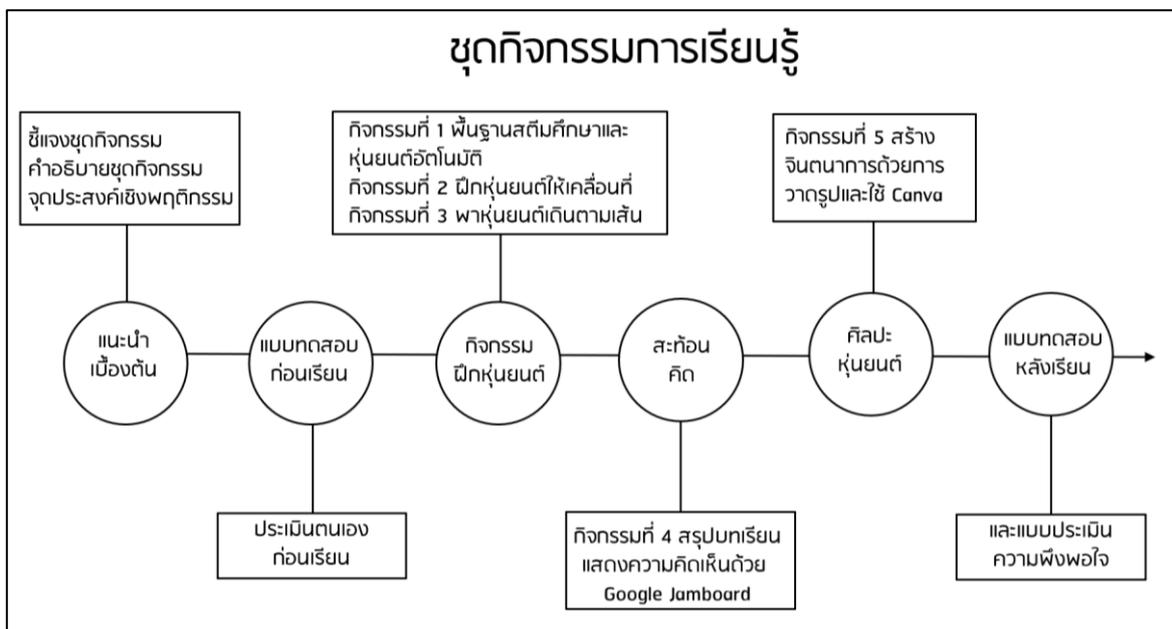
3) กิจกรรมฝึกหุ่นยนต์ ผู้วิจัยได้ออกแบบเป็น 3 กิจกรรมย่อย ได้แก่ พื้นฐานสเต็มศึกษาและหุ่นยนต์อัตโนมัติ ฝึกหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่และพาหุ่นยนต์เดินตามเส้น

4) กิจกรรมสะท้อนคิด โดยผู้เรียนและผู้สอนร่วมสรุปทเรียนแสดงความคิดเห็นด้วย Google Jamboard ซึ่งมีประเด็นจากการทำกิจกรรมฝึกหุ่นยนต์

5) กิจกรรมศิลปะหุ่นยนต์ โดยให้ผู้เรียนวาดภาพหุ่นยนต์ในฝันตามจินตนาการพร้อมบอกความสามารถของหุ่นยนต์ที่ผู้เรียนต้องการ จากนั้นให้ผู้เรียนได้ฝึกการสร้างภาพด้วยโปรแกรม Canva ผ่านออนไลน์เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนในการสร้างภาพด้วยคอมพิวเตอร์ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบงานอื่น ๆ หรือสร้างองค์ความรู้เพื่อเผยแพร่ต่อไปได้

6) กิจกรรมให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน และแจ้งผลการประเมินให้ผู้เรียนทราบทันทีหลังจากทำแบบทดสอบ และทำแบบประเมินความพึงพอใจ ดังภาพที่ 2

เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรม ได้แก่ ชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ รุ่น iBIT Robot Kit Lite ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ผังชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ



ภาพที่ 3 ชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ รุ่น iBIT Robot Kit Lite

ทั้งนี้ผู้วิจัยใช้ Google Classroom เป็นเครื่องมือ นำทางในการเรียนรู้ตามกิจกรรมย่อย โดยลำดับจาก กิจกรรมง่ายไปหายาก เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างเป็น ขั้นตอน ซึ่งผู้เรียนเรียกใช้งานผ่าน Web Browser โดยใช้ บัญชี Google ของผู้เรียน

2. ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านภาพรวมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วย ชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ในจังหวัดฉะเชิงเทราในภาพรวมจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน โดยนำมาสรุปในภาพรวมด้านเทคนิคและวิธีการ และ ด้านเนื้อหา ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูล ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.85, S.D. = 0.39$) พิจารณาตามลำดับ อันดับที่ 1 ได้แก่ ด้านเทคนิค และวิธีการ และอันดับที่ 2 ได้แก่ ด้านเนื้อหา ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทราในภาพรวม

| รายการประเมิน | ระดับความเหมาะสม | | | | |
|----------------------|------------------|-------------|-------------|------------------|-----------|
| | จำนวนข้อ | \bar{X} | S.D. | ระดับ | อันดับที่ |
| ด้านเทคนิคและวิธีการ | 20 | 4.87 | 0.39 | มากที่สุด | 1 |
| ด้านเนื้อหา | 20 | 4.82 | 0.39 | มากที่สุด | 2 |
| เฉลี่ยรวม | | 4.85 | 0.39 | มากที่สุด | |

3. ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้าน เทคนิคและวิธีการของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็ม ศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ประเด็นการประเมิน แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในภาพรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.87, S.D. = 0.39$)

พิจารณาตามลำดับ อันดับที่ 1 ได้แก่ ด้านการใช้ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว อันดับที่ 2 ได้แก่ ด้านการใช้ ข้อความหรือตัวอักษร และด้านการประเมินผล และอันดับ ที่ 3 ได้แก่ ด้านเทคนิค และด้านรูปแบบการเรียนรู้แบบ สตรีมศึกษา ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพรวมด้านเทคนิคและวิธีการของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทราในภาพรวม

| รายการประเมิน | ระดับความเหมาะสม | | | |
|--|------------------|-------------|------------------|-----------|
| | \bar{X} | S.D. | ระดับ | อันดับที่ |
| ด้านด้านรูปแบบการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา | 4.83 | 0.51 | มากที่สุด | 3 |
| ด้านเทคนิค | 4.83 | 0.39 | มากที่สุด | 3 |
| ด้านการใช้ข้อความหรือตัวอักษร | 4.89 | 0.33 | มากที่สุด | 2 |
| ด้านการใช้ภาพนิ่ง | 4.92 | 0.29 | มากที่สุด | 1 |
| ด้านการประเมินผล | 4.89 | 0.33 | มากที่สุด | 2 |
| เฉลี่ยรวม | 4.87 | 0.39 | มากที่สุด | |

4. ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ประเด็นในการประเมิน แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในภาพรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.82, S.D. = 0.39$) พิจารณาตามลำดับ อันดับที่ 1 ได้แก่ ด้านหัวข้อของชุดกิจกรรม อันดับที่ 2 ได้แก่ ด้านการดำเนินเรื่องจัดกิจกรรม อันดับที่ 3 ได้แก่ ด้านเนื้อหา และ อันดับที่ 4 ได้แก่ ด้านการประเมินและด้านการใช้ภาษา ดังตารางที่ 3

5. ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 7 คน โดยใช้วิธีการหาค่าร้อยละจากคะแนนแบบฝึกหัดท้ายบทและแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ มีประสิทธิภาพ 88.33/82.86 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 ดังตารางที่ 4

6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ ก่อนเรียนและหลังเรียน ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน ผู้วิจัยได้นำคะแนนที่ได้มาทดสอบ

ค่าที (t-test) พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 16.57 มีค่าสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 8.86 แสดงว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ปรากฏผลดังตารางที่ 5

นอกจากนี้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์และทำกิจกรรมตามใบงานทั้งหมด 6 ใบงาน โดยมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านการฝึกปฏิบัติ พบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการฝึกปฏิบัติตามใบงานจำนวน 6 ใบงาน มีค่าร้อยละ 88.33 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ ร้อยละ 80 แสดงว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

7. ผลการหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ผลวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.63, S.D. = 0.55$) พิจารณาตามลำดับ อันดับที่ 1 ได้แก่ ด้านเนื้อหาและการดำเนินกิจกรรม อันดับที่ 2 ได้แก่ ด้านวิทยากร อันดับที่ 3 ได้แก่ ด้านเทคนิค รายละเอียดดังตารางที่ 6

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้
หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทราในภาพรวม

| รายการประเมิน | ระดับความเหมาะสม | | | |
|-------------------------------|------------------|-------------|------------------|-----------|
| | \bar{X} | S.D. | ระดับ | อันดับที่ |
| ด้านเนื้อหา | 4.83 | 0.39 | มากที่สุด | 3 |
| ด้านการดำเนินเรื่องจัดกิจกรรม | 4.89 | 0.33 | มากที่สุด | 2 |
| ด้านหัวข้อของชุดกิจกรรม | 5.00 | 0.00 | มากที่สุด | 1 |
| ด้านการใช้ภาษา | 4.67 | 0.50 | มากที่สุด | 4 |
| ด้านการประเมิน | 4.67 | 0.49 | มากที่สุด | 4 |
| เฉลี่ยรวม | 4.82 | 0.39 | มากที่สุด | |

ตารางที่ 4 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา

| รายการ | จำนวนผู้เรียน | คะแนนเต็ม | คะแนนที่ได้ | ประสิทธิภาพ |
|-----------------------------|---------------|-----------|-------------|-------------|
| คะแนนใบงานที่ 1-6 (E1) | 7 | 420 | 371 | 88.33 |
| คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (E2) | 7 | 140 | 116 | 82.86 |

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลัง

| ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน | จำนวนผู้เรียน | คะแนนเต็ม | \bar{X} | S.D. | df | t | Sig |
|-----------------------|---------------|-----------|-----------|------|----|------|--------|
| ก่อนเรียน | 7 | 20 | 8.86 | 3.24 | 6 | 7.11 | .000** |
| หลังเรียน | 7 | 20 | 16.57 | 1.62 | | | |

หมายเหตุ** ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 6 ระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่ต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา

| รายการประเมิน | ระดับความพึงพอใจ | | | |
|------------------------------------|------------------|-------------|------------------|-----------|
| | \bar{X} | S.D. | ระดับ | อันดับที่ |
| ด้านเนื้อหาและการดำเนินกิจกรรม | 4.77 | 0.43 | มากที่สุด | 1 |
| ด้านการใช้ภาษา อักษร และสี | 4.45 | 0.51 | มาก | 7 |
| ด้านภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว | 4.50 | 0.75 | มาก | 6 |
| ด้านเทคนิค | 4.63 | 0.60 | มากที่สุด | 3 |
| ด้านรูปแบบการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา | 4.62 | 0.58 | มากที่สุด | 4 |
| ด้านการจัดการ | 4.61 | 0.50 | มากที่สุด | 5 |
| ด้านวิทยาการ | 4.76 | 0.44 | มากที่สุด | 2 |
| เฉลี่ยรวม | 4.63 | 0.55 | มากที่สุด | |

อภิปรายผลวิจัย

จากผลการวิจัยและสมมติฐานการวิจัย สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา

1) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคและวิธีการของระบบการจัดการเรียนการสอนตามชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา ที่พัฒนาขึ้น อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.87, S.D. = 0.39$) โดยผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของ ADDIE (Instructional Designed Model) ประกอบด้วย ขั้นตอนการวิเคราะห์ การออกแบบการพัฒนา การทดลองใช้ และการประเมิน ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่ออกแบบขึ้นมา เพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนา ระบบการเรียนการสอน โดยอาศัยหลักของวิธีการระบบ (System Approach) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า สามารถนำไปใช้ออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี (มนต์ชัย เทียนทอง, 2545) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้พัฒนาขึ้นใช้โปรแกรมที่หลากหลาย เช่น Google Classroom Google Jamboard Canva และ Google Form ซึ่งผู้เรียนได้ใช้เครื่องมือหลากหลายและมีการเชื่อมโยงอย่างเป็นระบบเสมือนทำงานบนโปรแกรมเดียวกัน และการทดลองใช้กลุ่มย่อยนี้ได้นำข้อมูลมาปรับปรุงชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพก่อนที่จะนำไปใช้จริง ซึ่งสอดคล้องกับทศนา แคมมณี (2553) ที่ได้กล่าวว่า การทดลองใช้จะช่วยให้ผู้พัฒนาทราบว่าควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไร ให้ได้ผลตามที่ต้องการ และการทดลองใช้หลายครั้ง จะทำให้มั่นใจได้ว่านวัตกรรมสามารถใช้ได้ผลจริง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษานี้ ทำให้ผู้เรียนได้ความรู้ ได้สำรวจตรวจสอบ ได้ตัดสินใจ ได้ทดลอง และนำผลการทดลองมาจัดระบบความรู้ของตนเอง มีเหตุมีผล และมีความมุ่งมั่นในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับจิตติมา ปัญญาพิสิทธิ์ (2560) กล่าวถึง รูปแบบการเรียนรู้ควรมีความหลากหลาย มีความหมาย และเป็นเหตุเป็นผล ผู้เรียนที่ฝึกทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ

โดยผ่านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการคิดแก้ปัญหา การคิดวิจารณ์ญาณ การสืบค้น การรวบรวมข้อมูล กระบวนการกลุ่ม การบันทึกและการอภิปราย จะสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เป็นเหตุเป็นผลโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.82, S.D. = 0.39$) โดยผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไว้อย่างชัดเจน ครอบคลุม และครบถ้วนตามเนื้อหาของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีบางประเด็นที่น่าเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญแล้วได้รับการแนะนำเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงได้ทบทวนตามคำแนะนำและพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้เนื้อหาที่สมบูรณ์และเหมาะสม โดยเนื้อหามีความสอดคล้องกับสถานการณ์การเรียนการสอนในปัจจุบัน และการขับเคลื่อนประเทศไทย 4.0 เพื่อให้ประชาชนมีความรู้ความสามารถทางด้านเทคโนโลยีและให้ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและจำหน่ายนวัตกรรม ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ จะต้องจัดเตรียมทุกอย่างไว้ให้ละเอียดครบถ้วนมีความถูกต้องมากที่สุด เพราะหากวิเคราะห์ไม่ละเอียดเพียงพอ จะทำให้ขั้นตอนต่อไปขาดความสมบูรณ์ โดยต้องพิจารณาประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ คุณลักษณะของผู้เรียน วัตถุประสงค์ ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมที่คาดหวัง ปริมาณและความลึกของเนื้อหาและแหล่งข้อมูลที่มีอยู่ ตามที่มนต์ชัย เทียนทอง (2545) ได้กล่าวไว้ และใช้วัตถุประสงค์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้มาเป็นเป้าหมาย ในการกำหนดเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ ใบงาน เกณฑ์การให้คะแนน และแบบทดสอบ มีการจัดกิจกรรมทบทวนเนื้อหาด้วยกระบวนการสะท้อนคิด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้มีเวลาทบทวนสื่อสารและนำเสนอ กับเพื่อนในขณะที่ได้ทำกิจกรรมเรียนรู้ สอดคล้องกับปราโมทย์ จันทรเรือง (2552) ได้กล่าวว่า ชุดฝึกทักษะเป็นสื่อที่ช่วยพัฒนาความรู้ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ กับกระบวนการเพื่อให้นักเรียนฝึกวิคิด การคิด ฝึกปฏิบัติ ฝึกทักษะด้วยตนเอง ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีความรู้

ความเข้าใจ สามารถวิเคราะห์ได้ โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ ช่วยเพิ่มพูนความรู้และตามจุดมุ่งหมาย โดยภาพรวมแล้ว ชุดฝึกทักษะเป็นวิธีการหนึ่งของการจัดการเรียน การสอนที่ได้แนวคิดหลาย ๆ แนวมาใช้ร่วมกันเพื่อให้ นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติและเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดความ สนใจเมื่อได้ปฏิบัติจริง มีความรู้ ความเข้าใจ สามารถ วิเคราะห์ได้ โดยให้ครูเป็นผู้แนะนำ

2. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม การเรียนรู้พบว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมี ประสิทธิภาพ 88.33/82.86 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ จึงสรุปได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็ม ศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา มีประสิทธิภาพ เนื่องจาก ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ออกแบบอย่างเป็นระบบตาม รูปแบบการสอน ADDIE ให้ผู้เรียนได้รับความรู้ความเข้าใจ จากง่ายไปหายาก มีการบูรณาการความรู้หลาย ๆ ด้าน เน้นการฝึกปฏิบัติด้วยการลงมือทำงานจำนวน 6 ใบงาน โดยผู้เรียนได้คะแนนคิดเป็นอัตรา ร้อยละ 88.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ อัตราร้อยละ 80 ซึ่งสอดคล้องกับ แนวคิดของแยคแมน (Yakman, G., 2008) ที่ได้เสนอแนวคิด รูปแบบสเต็มศึกษา (STEAM) ที่เป็นการบูรณาการแบบ องค์รวมให้สมบูรณ์ทุกด้าน ให้มีความสัมพันธ์เป็นหนึ่งเดียว ทางด้านการสอน ซึ่งการเพิ่มศาสตร์ศิลปะเข้าไปจะช่วยให้ การเรียนวิทยาศาสตร์เกิดการเชื่อมโยงความรู้และเข้าใจ เนื้อหา เช่นเดียวกับคิมและปาร์ค (Kim, Y. & Park, N., 2012) กล่าวถึง การเพิ่มศิลปศาสตร์สามารถพัฒนา ความคิดสร้างสรรค์และฝึกให้นักเรียนใช้เหตุผลในการ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างศิลปศาสตร์ได้เน้นการคิด เชิงสร้างสรรค์ และวิทยาศาสตร์ได้เน้นการคิดเชิงวิชาการ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มากขึ้น นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบท้ายกิจกรรม หลังจากเรียนเสร็จสิ้นในแต่ละกิจกรรมทันที จึงทำให้เกิด ความเข้าใจเนื้อหา นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วย ตนเอง ทำชิ้นงานที่ได้ใช้ความรู้ความคิดมาก หรือการทำ แบบฝึกหัดเพื่อทบทวน มีการวัดและประเมินผล ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังจากเรียน ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีค่าสูงกว่าก่อน เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผู้วิจัยได้ ออกแบบชุดกิจกรรม 5 กิจกรรมการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวย ความสะดวกแก่ผู้เรียนและมีอิสระในการเรียนรู้ มีแรงจูงใจ ในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ มีสมาธิ จิตใจจดจ่อ และ โดยพื้นฐานผู้เรียนมีความรับผิดชอบดี ใช้เวลาอย่างคุ้มค่า เช่น ช่วงเวลาพักทานอาหารว่าง จะทานอาหารเร็วและ กลับมาฝึกปฏิบัติ ประกอบกับการทบทวนความรู้ ด้วย กระบวนการสะท้อนคิด รวมถึงการที่ผู้เรียนได้แก้ปัญหา ตามลักษณะสภาพอุปกรณ์จริงของตนเอง สร้าง ประสบการณ์ตรง จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิฑิตลักษณ์ วัฒนศิริ (2559) ที่ได้ ทำวิจัย เรื่อง การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลัง ความร้อน หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่เป็น กลุ่มตัวอย่าง โดยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จาก โรงเรียนแปลงยาวพิทยาคม ต.วังเย็น อ.แปลงยาว จ.ฉะเชิงเทรา จำนวน 7 คน ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการ เรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.63, S.D. = 0.55$) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจ ใช้เครื่องมือ ที่หลากหลายใช้งานง่าย มีวิทยากรคอยแนะนำและ ช่วยเหลือและเป็นขั้นตอน จัดระบบการมีส่วนร่วมใน การแลกเปลี่ยนเรียนรู้และทำภารกิจแก้ปัญหา มีระบบ การให้ความช่วยเหลือวิทยากรหลัก ผู้ช่วยวิทยากร และ ครูผู้ควบคุม มีการติดตามความก้าวหน้าการทำกิจกรรม และการประเมินผลตลอดเวลา กำหนดเวลาในการทำ กิจกรรมอย่างชัดเจน และให้เวลาในการปฏิบัติอย่างอิสระ ทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ใน ระดับมากที่สุด โดยผู้เรียนพึงพอใจด้านเนื้อหาและการทำ กิจกรรมมากเป็นอันดับ 1 ประกอบด้วย ความชัดเจนของ เนื้อหา ความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหาแต่ละบทเรียน ความน่าสนใจในการดำเนินกิจกรรม ความเหมาะสมของ

เนื้อหากิจกรรม และความเหมาะสมของลำดับในการดำเนินกิจกรรม สอดคล้องกับสรุปผล บุญลือ (2550) กล่าวว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจเนื่องจากผู้เรียนมีความเป็นอิสระในการเรียนและอิสระที่ได้ไปศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ผู้เรียนได้ทดลองด้วยตนเอง เลือกช่วงเวลาในการเรียนรู้ได้ สามารถเรียนรู้ตามระดับความก้าวหน้าของตนเองได้ สื่อที่ใช้มีความหลากหลายในรูปแบบของสื่อออนไลน์ทำให้นักศึกษารู้สึกอิสระ และพึงพอใจที่มีสื่อหลากหลายให้เลือกใช้ได้ ผู้เรียนได้มีโอกาสได้ซักถามหรืออภิปรายกล้าแสดงออกมากขึ้น ในช่วงกิจกรรมสะท้อนคิดผู้วิจัยจะกำหนดให้ทุกคนได้แสดงความคิดเห็น หาทางแก้ปัญหาแบบใหม่ ๆ ช่วยพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ สิ่งสำคัญในการจัดการเรียนการสอนแบบนี้ คือ การวางแผนการจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับผู้เรียน และสร้างบรรยากาศที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ทั้งสภาพภายนอกและภายในตัวบุคคล และให้เวลาที่เหมาะสมพอเพียง คำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียนเป็นสำคัญในการพัฒนาตนเอง

สรุปผลการอภิปราย ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ นับเป็นส่วนสำคัญที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้พัฒนาผู้เรียนทั้งทางด้านสมอง ร่างกาย และจิตใจ การจัดสรรเวลาที่เหมาะสมในการทำกิจกรรม การอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียน การกำหนดเนื้อหาในการทำกิจกรรมนับ เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ส่งเสริมแรงให้กับผู้เรียนอยากเรียนรู้ ซึ่งควรเป็นเรื่องที่ทันสมัย เหมาะกับสถานการณ์ปัจจุบัน มีการใช้เครื่องมือและความรู้ที่หลากหลาย รูปแบบการเรียนรู้ พื้นฐานที่สำคัญ คือ การเรียนรู้ตามกระบวนการวิทยาศาสตร์ การใช้เหตุและผล การใช้ความรู้แนวคิดเชิงคำนวณ การคิดเชิงตรรกะ การคิดแก้ปัญหา และรูปแบบการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน คือ รูปแบบสเต็มศึกษา เพราะผู้เรียนจะได้ความความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปศาสตร์และการสื่อสาร และคณิตศาสตร์มาแก้ไขปัญหาในการเรียน รวมถึงประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยที่ไม่ใช่เรียนแล้วสอบอย่างเดียว การได้ทำกิจกรรม จะทำให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า คิดใคร่ครวญ ตัดสินใจ พัฒนาและทดลองวิธีแก้ปัญหา เป็นการต่อยอดความรู้เดิมในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์และในชีวิตประจำวัน เพื่อสมรรถนะในการเป็นผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่มีทั้งความรู้ ทักษะการทำงาน

ร่วมกับผู้อื่น บูรณาการความรู้หลากหลายศาสตร์ และเป็น การขับเคลื่อนโมเดลประเทศไทย 4.0 โดยให้นักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้นวัตกรรมที่หลากหลาย เกิดความลึกซึ้งในศาสตร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการพัฒนาประเทศ ผู้เรียนได้เรียนรู้ อย่างเต็มศักยภาพและมีความสุข และช่วยสร้างแรงจูงใจให้อยากเป็นผู้สร้างนวัตกรรมต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ในจังหวัดฉะเชิงเทราไปใช้ ผู้สนใจควรเตรียมศึกษาและเข้ารับการอบรมเกี่ยวกับพื้นฐานการควบคุมชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติก่อน และเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติสภาพฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์แต่ละเครื่องอาจจะแตกต่างกัน ซึ่งจะลดปัญหาในการฝึกอบรมหรือจัดการเรียนการสอนได้ เพราะถ้ารู้สาเหตุ ก็จะแก้ปัญหานั้นได้

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาด้วยชุดเรียนรู้หุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ในจังหวัดฉะเชิงเทรา ควรกำหนดเวลาที่ทำให้ผู้เรียนได้คิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง หากไม่สามารถทำเองได้ จึงค่อยแนะนำ และพยายามส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลองแก้ปัญหาที่หลากหลายจากแนวคิดของผู้เรียนเอง โดยการเสริมแรงทางบวก

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. หากสถานการณ์การแพร่ระบาดของสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ลดความรุนแรงลง ผู้สนใจสามารถจัดกิจกรรมเป็นแบบกลุ่ม 2-3 คนได้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ทำงานเป็นทีม จะทำให้มีกิจกรรมอภิปรายหาทางแก้ปัญหาร่วมกัน ทำให้ทักษะทางสมองและอารมณ์ได้รับการพัฒนา

2. จัดรูปแบบกิจกรรมแบบประลองความสามารถ โดยกำหนดโจทย์สถานการณ์เพิ่มจากกิจกรรมการเรียนรู้ จะทำให้ผู้เรียนเกิดความท้าทาย และได้ฝึกแก้ปัญหาที่ยังไม่เคยเรียนรู้มาก่อน และนำประสบการณ์และความรู้เดิม มาต่อยอด ซึ่งจะเป็นการเพิ่มศักยภาพให้กับผู้เรียนในการรับมือและการจัดการกับปัญหาต่างๆ ในชีวิตได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะครู ศาสตราจารย์ และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำในการทำวิจัยนี้ตลอดเรื่อยมา ผู้เชี่ยวชาญ ผู้บริหาร คณะครู และขอขอบใจนักเรียนโรงเรียนแปลงยาวพิทยาคม อ.แปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ให้ความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลวิจัยจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ : สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ.
- จิตติมา ปัญญาพิสิทธิ์. (2560). **การพัฒนาแบบการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับวิธีการเรียนเป็นคู่ที่มีระบบเสริมศักยภาพผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เพื่อเพิ่มความคิดสร้างสรรค์**. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ. (2559). **การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1**

- โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. ติศนา แคมมณี. (2553). **ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปราโมทย์ จันทร์เรือง. (2552). **การพัฒนาหลักสูตร**. ลพบุรี: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.
- มนต์ชัย เทียนทอง. (2545). **การออกแบบและพัฒนาคอร์สแวร์ สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มานิช แสงศิริ. (2561). **Micro: bit ไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับการเรียนรู้** [ออนไลน์]. เข้าถึงวันที่ 19 ธันวาคม 2561. จาก <https://www.scimath.org/article-technology/item/8667-micro-bit>.
- วิสูตร โพธิ์เงิน. (2560). **“STEAM ศิลปะเพื่อสะเต็มศึกษา: การพัฒนาการรับรู้ความสามารถและแรงบันดาลใจให้เด็ก”**. วารสารครุศาสตร์. ปีที่ 45 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มีนาคม 2560) หน้า 320-334.
- สุรพล บุญลือ. (2550). **การพัฒนาแบบการสอนโดยใช้ห้องเรียนเสมือนจริงแบบใช้ปัญหาเป็นหลักในระดับอุดมศึกษา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Kim, Yilip, & Park, Namje. (2012). **Development and Application of STEAM Teaching Model Based on the Rube Gddbery’s Invention. Computer Science and its Applications Lecture Notes in Electrical Engineering. 203(1): 693-698.**

Mataric, M. J., Koenig, N. P., & Feil-Seifer, D. (2007).
Materials for Enabling Hands-On Robotics
and STEM Education. In **AAAI spring
symposium: Semantic scientific
knowledge integration** (pp. 99-102).

Yakman. G. (2008). **STEAM Education: an
overview of creating a model of
integrative Education**. Retrieved May 11,
2016, from: [http://www.
iteac.onnect.org/Conference/
PATT/PATT19/Yakmanfinal19.pdf](http://www.iteac.onnect.org/Conference/PATT/PATT19/Yakmanfinal19.pdf)