

การพัฒนาชุดสื่อสำหรับออกแบบและ สร้างหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการตามแนวทฤษฎี
การเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา

*A Development of Robotic Design Material Packages
for Integrative Learning Science and Technology
based on Constructionism Theory*

ดร.เชษฐ ศิริสวัสดิ์*

E-mail : chade_m@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา โดยมีวิธีดำเนินการ 4 ขั้นตอน คือ การศึกษาค้นคว้าข้อมูลพื้นฐาน การสร้างชุดสื่อ การทดลองใช้ชุดสื่อ และการประเมินผลและการปรับปรุงชุดสื่อ การดำเนินการดังกล่าวทำให้ได้ ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ และแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ โดยเครื่องมือดังกล่าวได้ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 5 ท่าน พบว่า ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สามารถผ่านการทดสอบการทำงานได้ทุกประเด็นการทดสอบ ชุดสื่อมีความเหมาะสมของการเป็นสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกประเด็น และทุกองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมและ ความสอดคล้องกัน ในการนำชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา จังหวัดชลบุรี และมีความสนใจเรียนรู้ด้วยชุดสื่อการออกแบบและ สร้างหุ่นยนต์ จำนวน 30 คน ใช้ระยะเวลาทดลอง 2 วัน โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียวทำการทดสอบก่อนและหลังการทดลองใช้ชุดสื่อ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Dependent t-test และ One-sample t-test พบว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์หลังเรียนสูงกว่า

* อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เกณฑ์ 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่พัฒนา
ขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ในการประเมินประสิทธิภาพของชุดสื่อ และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ : ชุดสื่อเพื่อการเรียนรู้, ออกแบบหุ่นยนต์, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อ
สร้างสรรค์ด้วยปัญญา

Abstract

The study was the Research and Development. The main purposes of this research was to develop and implement a Robotic Design Material Packages for Integrative Learning Science and Technology base on Constructionism Theory. The research procedures included 4 steps : study of fundamental data, Robotic Design Material Packages construction, Robotic Design Material Packages implementation, and Robotic Design Material Packages evaluation and revision. Following these steps, Robotic Design Material Packages, and Lesson plan of Robotic Design. Such tools, which were considered by 5 experts from Science Education, : Robotic Design Material Packages was passed the test at any point tested , and appropriate for learning science and technology based on Constructionism Theory to make all issues according to established criteria. And the plans are reasonable and consistent, and the lesson plans was considered in its appropriation and consistency. Finally, the expertise approved the Robotic Design Material Packages and Lesson plan of Robotic Design. The Robotic Design Material Packages was experimented with 30 students from the Lower Secondary student who interested in learning Robotic Design of Watratsattha school in Chonburi Province. The experiment period was 2 days. The one group pretest-posttest design was utilized. The data were analyzed by using the Dependent t-test, and One-sample t-test. The results was that the experiment group had more scores of science and technology after implementing the Robotic Design Material Packages at .01 statistical level. Moreover, the student 's appropriation of the Robotic Design Material Packages and Robotic Design Activities was higher than criteria 3.50 at .01 statistical level (high level). The resulted from the experiment thus indicated that this Robotic Design Material Packages met the expected efficiency criteria.

Key words : Material for Learning, Robotic Design, Science and Technology, Constructionism Theory

บทนำ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน ทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและในงานอาชีพต่างๆ เครื่องมือเครื่องใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและในการทำงานล้วนแล้วแต่เป็นผลมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งสิ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, หน้า 1) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้นั้น ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนาและสร้างสรรค์ความเข้าใจการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับโลกและธรรมชาติซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทุกคนจึงต้องเรียนรู้เพื่อนำผลการเรียนรู้ ไปใช้ในชีวิตและประกอบอาชีพ เมื่อผู้เรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์โดยได้รับการกระตุ้นให้เกิดความตื่นตัว ทำทหายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหา มีการร่วมคิดและลงมือปฏิบัติจริง ก็จะเข้าใจ และเห็นการเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่นและตลอดชีวิต ทำให้สามารถอธิบาย ทำนาย คาดการณ์สิ่งต่างๆ ได้อย่างมีเหตุผล การประสบความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์จะเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจ มุ่งมั่นที่จะสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้นความรู้ที่มีคุณค่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง การจัดกิจกรรม การเรียนการสอนจึงต้องสอดคล้องกับสภาพจริงในชีวิต คำนี้ถึงผู้เรียนที่มีวิธีการเรียนรู้ ความสนใจและความถนัดแตกต่างกัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, หน้า 4) สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 23, 24 และ 66 ที่ระบุในส่วนที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไว้ว่า “การจัดการศึกษาต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้คุณธรรม

กระบวนการเรียนรู้ และบูรณาการในเรื่องความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับการจัดกระบวนการเรียนรู้ ให้ดำเนินการจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหา จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น สามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต” (กระทรวงศึกษาธิการ, 2546 , หน้า 11-12, 31)

ปัจจุบันการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการออกแบบหุ่นยนต์ (Robotic Design) กำลังได้รับความนิยมและความสนใจจากนักเรียน นักศึกษา และประชาชนทั่วไปเป็นอย่างมาก (สุชิน เพ็ชรชัย, 2544, หน้า 53) ดังที่เห็นได้จากการจัดให้มีการแข่งขันทั้งในระดับโรงเรียน ระดับชาติ และระดับนานาชาติ เนื่องจากกิจกรรมการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่น่าสนใจ เป็นกิจกรรมที่ทำทหายความคิดและความสามารถของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกันคิดลงมือปฏิบัติสร้างงานตามแนวคิดของผู้เรียนเอง รวมถึงการได้เผชิญกับสถานการณ์ และปัญหาที่ทหายอันจะเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจ มุ่งมั่นที่จะเรียนรู้ และเกิดพลังในการเรียนรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา (Constructionism) ดังนั้นกิจกรรมการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์จึงเป็นกิจกรรมที่ใช้สำหรับส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการแก่ผู้เรียนได้เป็นอย่างดี (เชษฐ ศิริสวัสดิ์, 2550, หน้า 126-130) สำหรับในประเทศไทยได้มีการนำกิจกรรมการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ มาใช้ในหน่วยการทดลองของโครงการประกาศาปัญหา (Lighthouse Project) ของมูลนิธิศึกษาพัฒนา โดยเห็นว่ากิจกรรม

การสร้างหุ่นยนต์ เป็นกิจกรรมที่แสดงความรู้ให้เห็นเป็นรูปธรรม สามารถจับต้องได้ (ปัญญา นาแพงหมื่น, 2542, หน้า 21) ปรากฏว่า กลุ่มผู้เรียนซึ่งเป็นนักเรียน นักศึกษามหาวิทยาลัย และครู ให้ความสนใจเป็นอย่างดี เพราะได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้จากการสัมผัสสื่อที่ใช้ช่วยคิดด้วยมือของตนเอง และสามารถออกแบบสิ่งที่ต้องการสร้างได้อย่างหลากหลายตามความต้องการ (สุชิน เพ็ชรรักษ์, 2544, หน้า 53-54) อย่างไรก็ตามด้วยเหตุที่ชุดกิจกรรมและอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการสร้างหุ่นยนต์นั้นมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นการนำกิจกรรมการสร้างหุ่นยนต์ไปใช้กับนักเรียนจึงยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ทำให้มีเพียงนักเรียนบางส่วนหรือส่วนน้อยเท่านั้นที่ได้มีโอกาสเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการสร้างหุ่นยนต์นี้ จากสภาพการดังกล่าวชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการภายใต้แนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญหาที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 มีราคาถูก และเหมาะสมกับบริบทของไทยจึงควรได้รับการพัฒนาขึ้น เพื่อเป็นทางเลือกในการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ตลอดชีวิต เพื่อสนองต่อความต้องการของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญหา

สมมติฐานการวิจัย

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง การสร้างหุ่นยนต์ ของนักเรียนหลังการทดลอง

สูงกว่าก่อนการทดลองใช้ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

2. ความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดสื่อเรียนรู้การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด
3. ความคิดเห็นของนักเรียนต่อการเรียนรู้การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญหา ในครั้งนี้มีขอบเขตการดำเนินการดังนี้

1. การพัฒนาชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญหา ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน การสร้างนวัตกรรม การทดลองใช้นวัตกรรม และการประเมินนวัตกรรม
2. ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เป็นชุดสื่อมุ่งสร้างขึ้นเพื่อให้ให้นักเรียนได้เรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านเรื่องราวเกี่ยวกับหุ่นยนต์ ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญหา โดยมีขอบเขตการทำงานของหุ่นยนต์ภายใต้ชุดคำสั่งของภาษาโลโก้ และอุปกรณ์ที่มีอยู่ในชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ ซึ่งประกอบไปด้วย

2.1 ส่วนควบคุม ที่สามารถควบคุมการทำงานด้วยภาษาโลโก้ (Logo Language) มีช่องขั้วมอเตอร์กระแสตรง 4 ช่อง มีช่องรับสัญญาณจากตัวตรวจจับ 7 ช่อง ทำงานที่ไฟเลี้ยง 7.5 โวล และสามารถสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง USB Port

2.2 ส่วนตรวจจับ ที่สามารถรับข้อมูลจากภายนอกเข้าสู่ส่วนควบคุม ประกอบไปด้วย ตัวตรวจจับการสัมผัส ตัวตรวจจับแสง และตัวตรวจจับอเนกประสงค์

2.3 ส่วนขับเคลื่อน ที่สามารถทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระบนพื้นเรียบ ประกอบไปด้วย ล้อ มอเตอร์ และชุดเฟือง จำนวน 2 ชุด

2.4 ส่วนโครงสร้าง ที่สามารถทำโครงสร้างของหุ่นยนต์ในรูปแบบต่างๆ ได้อย่างหลากหลายและอิสระ ภายในขอบเขตของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ 4 ชนิด มาประกอบเข้าด้วยกันคือ เทปกาว ฟิวเจอร์บอร์ด ยางวง นี้อตและ สกรู

3. กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ เป็นกิจกรรมที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อนำชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียน โดยกิจกรรมดังกล่าวมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการ (ทั้งในด้านความรู้ การคิด/กระบวนการเรียนรู้ ทักษะ และเจตคติ) ผ่านการเรียนรู้เรื่องราวเกี่ยวกับหุ่นยนต์

4. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร : กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3

กลุ่มตัวอย่าง : กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 จำนวน 30 คน ที่มีความสนใจเรียนรู้การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

5. ตัวแปรที่ศึกษา

5.1 ตัวแปรอิสระ คือ ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ เพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา

5.2 ตัวแปรตาม คือ ผลการนำชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

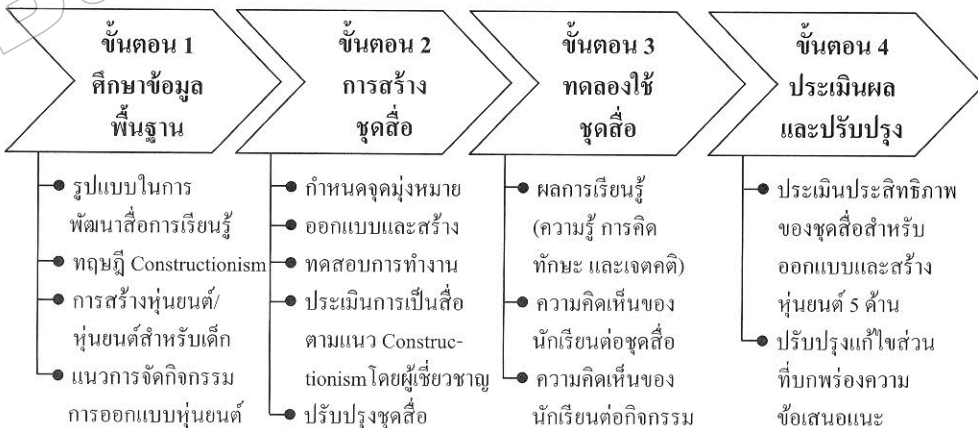
5.2.1 ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง การออกแบบ และสร้างหุ่นยนต์ (ด้านความรู้ ด้านการคิดแก้ปัญหา ด้านทักษะปฏิบัติ และด้านเจตคติ)

5.2.2 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

5.2.3 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) 4 ขั้นตอน ดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนาชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ 4 ขั้นตอน

ขั้นตอน 1 การศึกษาค้นคว้าข้อมูลพื้นฐาน เป็นการศึกษาค้นคว้าข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนา ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เพื่อการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการตาม แนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา แบ่ง ออกเป็น 4 ส่วน คือ 1) ศึกษาแนวคิดและรูปแบบในการ พัฒนาสื่อการเรียนการสอน 2) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการ สร้างหุ่นยนต์ 3) ศึกษาแนวคิดและลักษณะสื่อการเรียน รู้ของทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา และ 4) ศึกษาแนวการจัดกิจกรรมการออกแบบหุ่นยนต์เพื่อการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการ โดยใช้ วิธีการศึกษาจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอน 2 การสร้างชุดสื่อสำหรับออกแบบ และสร้างหุ่นยนต์ การดำเนินการในขั้นนี้แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ 1) การกำหนดวัตถุประสงค์และคุณสมบัติชุด สื่อ 2) การออกแบบและสร้างชุดสื่อ 3) การหาคุณภาพ ของชุดสื่อ และ 4) ปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปทดลองใช้ ในการหาคุณภาพชุดสื่อสำหรับออกแบบและ สร้างหุ่นยนต์ ดำเนินการเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ทดสอบการทำงานชุดสื่อสำหรับออกแบบ และสร้างหุ่นยนต์ โดยทำการทดสอบทั้งแบบแยกส่วน และแบบนำไปสร้างเป็นหุ่นยนต์ ด้วยแบบทดสอบที่มี ลักษณะเป็นแบบตรวจสอบชนิด 2 ตัวเลือก คือ ผ่าน และไม่ผ่าน ครอบคลุม 2 ประเด็น ได้แก่ การทดสอบ แบบแยกส่วน 4 ข้อ และการทดสอบโดยการนำไปสร้าง เป็นหุ่นยนต์ 4 ข้อ รวมทั้งสิ้น 8 ข้อ

2. ประเมินความเหมาะสมของการเป็นสื่อการเรียนรู้อัตโนมัติตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาโดยผู้เชี่ยวชาญ ด้วย แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ครอบคลุม 8 ประเด็น คือ ชุดสื่อมีความน่าสนใจ สามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้, อุปกรณ์และ ชุดคำสั่งภาษาโลโก้มีความหลากหลาย, ชุดสื่อสามารถ นำไปสร้างหุ่นยนต์ได้หลากหลายรูปแบบตามต้องการ,

ชุดสื่อสามารถรองรับความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้, คู่มือการใช้ชุดสื่อเข้าใจง่ายสามารถสื่อสารกับนักเรียนได้, ชุดสื่อเหมาะสมกับวัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน ต้น, ชุดสื่อเอื้อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแบบบูรณาการ, และชุดสื่อเอื้อให้นักเรียน เกิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคด้วยปัญญา และ 4) ปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปทดลองใช้

ขั้นตอน 3 การทดลองใช้ชุดสื่อสำหรับ ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ เป็นการนำชุดสื่อสำหรับ ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ ไปทดลองใช้กับกลุ่ม ตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ที่มีความสนใจเรียนรู้ด้วยชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้าง หุ่นยนต์ จำนวน 30 คน ใช้ระยะเวลาทดลอง 2 วัน โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียวทำการทดสอบ ก่อนและหลังการทดลองใช้หลักสูตร (One Group Pretest-Posttest Design) เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดสื่อ สำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองใช้ชุดสื่อสำหรับ ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ประกอบด้วย

1. ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ ที่ สร้างและหาคุณภาพในขั้นตอนที่ 2 แล้ว

2. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง “การออกแบบ และสร้างหุ่นยนต์” จำนวน 12 ชั่วโมง โดยลักษณะของ กิจกรรมแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ กิจกรรมเกี่ยวกับความรู้ เบื้องต้น กิจกรรมเกี่ยวกับการใช้คำสั่งเพื่อโปรแกรมการ ทำงานของหุ่นยนต์ และกิจกรรมที่เกี่ยวกับการสร้างหุ่น ยนต์เพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ ซึ่งแต่ละกิจกรรม ที่พัฒนาขึ้นจะเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการสร้างชิ้น งานตามแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ ด้วยปัญญา ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นการ เชื่อมโยงประสบการณ์ (Connection) ชั้นการสร้าง ชิ้นงาน (Construction) และชั้นการสื่อสารหรือสนทนา (Conversation) (Chade Sirisawat, 2007, p 38)

3. แบบทดสอบผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ : เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ครอบคลุมผลการเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านการคิดแก้ปัญหา ด้านทักษะปฏิบัติ และด้านเจตคติ

4. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ : มีลักษณะเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ครอบคลุม 8 ประเด็น ได้แก่ ชุดสื่อมีความน่าสนใจ สามารถสร้างหุ่นยนต์จากชุดสื่อได้ตามความต้องการ, อุปกรณ์และชุดคำสั่งภาษาโลโก้มีความหลากหลาย, ชุดสื่อสามารถนำไปสร้างหุ่นยนต์ได้หลากหลายรูปแบบ, ชุดสื่อสามารถรองรับความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้, คู่มือการใช้ชุดสื่อเข้าใจง่าย, ชอบและอยากมีชุดสื่อไว้เป็นของตนเอง, และหากมีโอกาสอยากเรียนด้วยชุดสื่ออีก

5. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ : มีลักษณะเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ครอบคลุม 8 ประเด็น ได้แก่ ความเข้าใจเนื้อหาของกิจกรรม, ขณะออกแบบและสร้างหุ่นยนต์นักเรียนได้คิดตลอดเวลา, กิจกรรมมีความท้าทายและสนุกสนาน, ระยะเวลาของกิจกรรม, กิจกรรมเหมาะสมกับวัย, การมีส่วนร่วมในกิจกรรม, ความเหมาะสมของเอกสารและสื่อประกอบ, และความรู้ที่ได้รับสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

การดำเนินการทดลอง เริ่มจากการทดลองก่อนเรียน หลังจากนั้นดำเนินการทดลองใช้ชุดสื่อตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง “การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์” เป็นเวลา 2 วัน ภายหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองใช้ชุดสื่อ ทำการทดสอบหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่างอีกครั้ง จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ เรื่อง การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก่อนและหลังการทดลองใช้ชุดสื่อด้วย Dependent t test เปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์กับเกณฑ์ที่กำหนด และเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ เรื่อง การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ กับเกณฑ์ที่กำหนดด้วย One-sample t test

ขั้นตอน 4 การประเมินผลและการปรับปรุงชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ เพื่อเป็นการประเมินประสิทธิภาพของชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์จะพิจารณาจาก 2 ส่วน ดังนี้

1. ผลการประเมินชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ด้วยการทดสอบการทำงานและการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

1.1 ผลทดสอบการทำงานชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ ทั้งในการทดสอบแบบแยกส่วน และการทดสอบการนำไปสร้างเป็นหุ่นยนต์ซึ่งต้องทดสอบผ่านทุกประเด็นการทดสอบ

1.2 ผลประเมินความเหมาะสมการเป็นสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาโดยผู้เชี่ยวชาญทุกข้อสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (3.50)

2. ผลการทดลองใช้ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

2.1 ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เรื่อง การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ ที่ได้จากการใช้ชุดสื่อการสร้างหุ่นยนต์ของนักเรียนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองใช้

2.2 ระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (3.50)

2.3 ระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรม-การเรียนรู้การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (3.50)

หลังจากประเมินประสิทธิภาพชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แล้ว ผู้วิจัยทำการปรับปรุงโดยพิจารณาจากเกณฑ์ในการพิจารณาประสิทธิภาพของชุดสื่อและข้อเสนอแนะต่าง ๆ รวมถึงข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้รับจากการนำชุดสื่อไปทดลองใช้เพื่อให้ได้ชุดสื่อที่สมบูรณ์ต่อไป

ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา โดยมีวิธีดำเนินการ 4 ขั้นตอน คือ การศึกษาค้นคว้าข้อมูลพื้นฐาน การสร้างชุดสื่อ การทดลองใช้ชุดสื่อ และการประเมินผลและการปรับปรุงชุดสื่อ โดยในแต่ละขั้นตอนการพัฒนาผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการศึกษาค้นคว้าข้อมูลพื้นฐาน พบว่า รูปแบบในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ในการพัฒนาชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ คือ รูปแบบการวิจัยและพัฒนาประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน การสร้างนวัตกรรม การทดลองใช้นวัตกรรม และการประเมินนวัตกรรม สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญานั้นจะยึดหลักที่ว่า “การเรียนรู้โดยการปฏิบัติ (doing) หรือสร้าง (making) สิ่งต่างๆ ขึ้นมา” (สุจิน เพ็ชรรักษ์, 2544, หน้า 17) ซึ่งสามารถจัดการเรียนรู้แบบ 3 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นการเชื่อมโยงประสบการณ์ 2) ขั้นการสร้างชิ้นงาน และ 3) ขั้นการสื่อสารหรือนำเสนอผลงาน ลักษณะของสื่อที่ใช้ในการสร้างงาน ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา (Construction tools) มี 3

ประการ ได้แก่ มีความหลากหลาย สามารถนำไปสร้างงานไปหลากหลายรูปแบบ และสามารถรองรับความคิดและรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดี

กิจกรรมการออกแบบหุ่นยนต์ เป็นกิจกรรมที่กำลังได้รับความนิยมในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา เนื่องจากเป็นกิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการ ขณะเรียนรู้ ผู้เรียนจะรู้สึกตื่นเต้นกับคาร์ได้เผชิญกับปัญหา ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิด ในการแก้ปัญหา ทักษะในการลงมือปฏิบัติ กระบวนการกลุ่ม และความคิดสร้างสรรค์ รวมถึงทำให้เกิดความสนุกสนานเพลิดเพลินขณะเรียนรู้ นอกจากนั้นแล้ว กิจกรรมการออกแบบหุ่นยนต์ยังสอดคล้องกับวิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างตื่นเต้น ทำทายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหา มีการร่วมกันคิด ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเข้าใจ และเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่น และชีวิต การประสบความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์จะเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจ มุ่งมั่นที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต่อไป สำหรับสื่อหรือเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างงานในกิจกรรมการออกแบบหุ่นยนต์ สำหรับเด็กนั้นควรเป็นหุ่นยนต์อัตโนมัติขนาดเล็ก ที่มีองค์ประกอบของหุ่นยนต์ครบถ้วน มีรูปร่างลักษณะสีทันสวยงามสามารถดึงดูดความสนใจได้ดี อุปกรณ์และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควรออกแบบให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ง่าย สะดวกต่อการถ่ายทอดความคิด จินตนาการของตนเองให้เป็นรูปธรรมที่ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้ดี

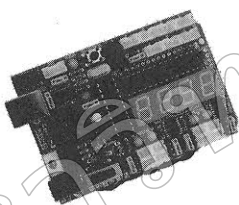
2. ผลการสร้างชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ และคู่มือการใช้ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ ที่ออกแบบขึ้นเพื่อนำให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยีแบบบูรณาการตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้ เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา ประกอบไปด้วย 4 ส่วนดังนี้

2.1 ส่วนควบคุม ทำหน้าที่เปรียบเสมือนสมองกลที่จะควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดของคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F2525 ทำงานที่สัญญาณนาฬิกาความถี่ 20 MHz เป็นส่วนประมวลผลหลัก

(2) สามารถควบคุมการทำงานด้วยภาษาโลโก้ (Logo Language)



ภาพ 2 แสดงส่วนควบคุมหลัก

2.2 ส่วนตรวจจับ เป็นส่วนที่ทำให้หุ่นยนต์สามารถรับรู้ข้อมูลจากสภาพแวดล้อม ประกอบไปด้วย ตัวตรวจจับการสัมผัส ตัวตรวจจับแสง และตัวตรวจจับอเนกประสงค์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ตัวตรวจจับการสัมผัส (Touch Sensor) ที่สามารถส่งสัญญาณเป็น 1 เมื่อสัมผัสกับวัตถุ และส่งสัญญาณเป็น 0 เมื่อไม่สัมผัสกับวัตถุ

(2) ตัวตรวจจับแสง (Light Sensor) สามารถตรวจจับแสงขาวและการสะท้อนแสงอินฟราเรด

(3) รับ-ส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับหุ่นยนต์ทางพอร์ต USB

(4) แสดงผลเป็นตัวเลขและตัวอักษรผ่าน LED 7 จำนวน 4 หลัก

(5) มีช่องขั้วมอเตอร์กระแสตรง 4.5 V จำนวน 4 ช่อง

(6) มีช่องรับสัญญาณจากตัวตรวจจับจำนวน 7 ช่อง

(7) มีลำโพงขับเสียงหนึ่งความถี่เสียง 1 ลำโพง

(8) ใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง 7.5 โวลต์ (ถ่านไฟฉาย 5 ก้อน)

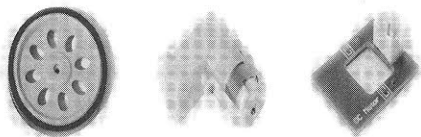


ภาพ 3 แสดงลักษณะของตัวตรวจจับทั้ง 3 ชนิด

(Infrared Reflex) โดยสามารถตรวจสอบความแตกต่างระหว่างสีดำและสีขาวได้ดี เมื่อตัวตรวจจับอยู่ห่างจากวัตถุ 1-3 เซนติเมตร

(3) ตัวตรวจจับอเนกประสงค์ (User Create Sensor) สามารถสร้างตัวตรวจจับพื้นฐานอื่นๆ ได้ตามต้องการของผู้ใช้ เช่น ตัวตรวจจับอุณหภูมิ (Thermister) ตัวตรวจจับแสง (LDR) เป็นต้น

2.3 ส่วนขับเคลื่อน ประกอบไปด้วย ล้อมอเตอร์ ชุดเฟือง มอเตอร์บอร์ด จำนวน 2 ชุด สามารถทำให้หุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระบนพื้นเรียบ



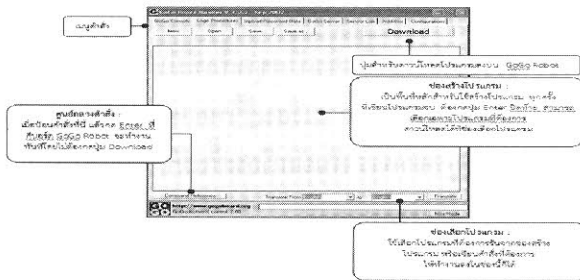
ภาพ 4 แสดงลักษณะของส่วนขับเคลื่อน



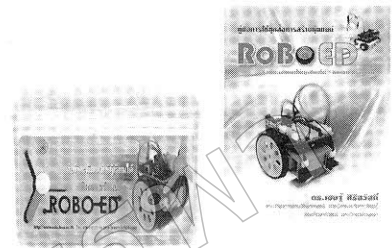
ภาพ 5 แสดงลักษณะของส่วนโครงสร้างหุ่นยนต์

2.4 ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์ ประกอบไปด้วย กระจายเชิง/ ฟิวเจอร์บอร์ด เสารองพลาสติก กระดาษกาว 2 หน้า นี้อต และสกรู สามารถทำหน้าที่

เป็นที่ติดตั้งและเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่บนชิ้นงานเดียวกัน นอกจากนั้นส่วนนี้ยังทำให้สามารถสร้างหุ่นยนต์ได้ในหลากหลายรูปแบบ



ภาพ 6 แสดงโปรแกรม GoGoMonitor (Sipitakiat, A., Blikstein, P., Cavallo, D., 2002)



ภาพ 7 แสดงคู่มือการใช้ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

ภายหลังการสร้างเสร็จได้ทำการทดสอบการทำงานของชุดสื่อ พบว่า ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นผ่านประเด็นการทดสอบทั้งการทดสอบแบบแยกส่วนและแบบนำไปสร้างเป็นหุ่นยนต์ จากนั้นนำชุดสื่อไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสมการเป็นสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ทุกประเด็นในการประเมินความเหมาะสมสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (3.50) โดยมีค่าความเหมาะสมระหว่าง 4.20 - 5.00 หรืออยู่ในระดับมากขึ้นไป หลังจากนั้นแล้วผู้วิจัยได้ปรับปรุงชุดสื่อตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญด้วยการใช้กระดาษแข็ง / ฟิวเจอร์บอร์ดที่มีสีสันทาก-หลายใช้เพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้กับชุดสื่อ และได้ดำเนินการปรับปรุงภาพและภาษาในคู่มือการใช้ชุดสื่อให้ ชัดเจน กระชับและถูกต้องมากขึ้น

การออกแบบหุ่นยนต์ จำนวน 30 คน ได้ผลการศึกษาดังนี้

3. ผลการทดลองใช้ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ หลังนำชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธาอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ที่มีความสนใจเรียนรู้

3.1 ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ด้านความรู้ ด้านการคิดแก้ปัญหา ด้านทักษะปฏิบัติ และด้านเจตคติ) เรื่อง การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ ของนักเรียนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t = 33.632, p = 0.000$)

3.2 ระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์หลังเรียนด้วยชุดสื่อสูงกว่าเกณฑ์ 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t = 9.03, p = 0.000$)

3.3 ระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t = 6.638, p = 0.000$)

4. ผลการประเมินผลและการปรับปรุงชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

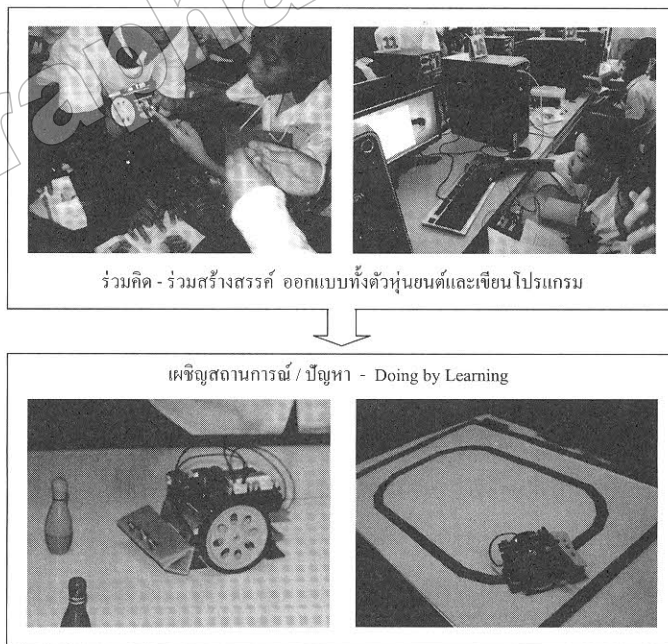
4.1 ผลการประเมินชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ด้วยการทดสอบการทำงานและการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการพิจารณา พบว่า ชุดสื่อสำหรับออกแบบและ

สร้างหุ่นยนต์ผ่านทุกประเด็นในการทดสอบทั้งในการทดสอบแบบแยกส่วนและการทดสอบการนำไปสร้างเป็นหุ่นยนต์ และมีผลการประเมินความเหมาะสมการเป็นสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาโดยผู้เชี่ยวชาญ ทุกประเด็นสูงกว่าเกณฑ์ 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.2 ผลการประเมินผลการใช้ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ และกิจกรรมเรียนรู้การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการพิจารณา พบว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ของนักเรียนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากข้อ 4.1 และ 4.2 สรุปได้ว่า จากการประเมินประสิทธิภาพของชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ เป็นไปตามเกณฑ์ในการประเมินประสิทธิภาพทุกข้อ ดังนั้นชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจึงเป็นชุดสื่อที่มีประสิทธิภาพสามารถส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3 การปรับปรุงชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญความคิดเห็นของนักเรียน และปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลองใช้มาปรับปรุงชุดสื่อดังต่อไปนี้ 1) ปรับปรุงการเก็บสายไฟระหว่างแผงวงจรหลักกับถังถ่านให้อยู่ได้แผงวงจร เพราะเป็นจุดที่มีนักเรียนมักไปโดนแล้วทำให้ขาด 2) ปรับปรุงชุดสื่อด้วยการเพิ่มกระดาษแข็ง / ฟิวเจอร์บอร์ดที่มีสีสันทากหลายใช้เพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้กับชุดสื่อ และ 3) ปรับปรุงภาพและภาษาในคู่มือการใช้ชุดสื่อให้ ชัดเจน กระชับและถูกต้องมากขึ้น



ภาพ 8 แสดงการเรียนรู้ผ่านการใช้ชุดสื่อการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

อภิปรายผล

การพัฒนาชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาในครั้งนี้ใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา 4 ขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การศึกษาค้นคว้าข้อมูลพื้นฐาน การสร้างชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ การทดลองใช้ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ และการประเมินผลและการปรับปรุงชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ จากดำเนินการดังกล่าวทำให้ได้ ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ คู่มือการใช้ชุดสื่อและแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ เพื่อนำชุดสื่อไปหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด พบว่า ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ผ่านทุกเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพ อันได้แก่ ชุดสื่อผ่านทุกประเด็นในการทดสอบทั้งการทดสอบแบบแยกส่วนและการทดสอบการนำไปสร้างเป็นหุ่นยนต์ ผลการประเมินความเหมาะสมการเป็นสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาโดยผู้เชี่ยวชาญทุกประเด็นสูงกว่าเกณฑ์ 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติและสามารถทำงานตามวัตถุประสงค์ของการสร้างได้เป็นอย่างดี พร้อมกันนั้นชุดสื่อยังมีความเหมาะสมที่จะเป็นสื่อตามแนวทฤษฎี

การเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการได้เป็นอย่างดีที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้อาจเป็นผลมาจากชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ คู่มือการใช้ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ และแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 3C เรื่อง การออกแบบหุ่นยนต์ ที่ถูกออกแบบและสร้างขึ้นภายใต้แนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาของศาสตราจารย์ ซีมัวร์ แพเพอร์ท (Seymour papert) อย่างสอดคล้อง และลงตัว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสิ่งเร้า/กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการ โดยเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการปฏิบัติและสร้างชิ้นงานตามความคิดของผู้เรียนเอง ภายในบรรยากาศของการเรียนรู้ที่ปลอดภัยเป็นมิตร ส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกันด้วยการทำงานกลุ่ม และการให้คำแนะนำซึ่งกันและกัน (สุชิน เพ็ชรรักษ์, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของปรัชญาการศึกษาของกลุ่มพิพัฒนาการ กลุ่มอัตถิภาวะนิยม และกลุ่มมนุษยนิยม (Mcnerigny & Herbert, 1998, หน้า 136-146) นอกจากนั้นยังมาจากการที่เนื้อหาของกิจกรรมเป็นเนื้อหาใหม่ และมีความน่าสนใจและถูกจัดลำดับตามเทคนิค Advance Organizers ของออสเชเบล (Ausubel) ที่บอกไว้ว่า “ผู้เรียนจะเข้าใจบทเรียนที่สอนและมีการเรียนรู้ที่มีความหมายนั้นอยู่ที่การจัดเรียงเรียงข้อมูลข่าวสารที่ต้องการให้ผู้เรียนรู้ ออกเป็นหมวดหมู่ หรือให้หลักการกว้างๆ ก่อนที่นักเรียนจะเรียนความรู้ใหม่ หรือแบ่งบทเรียนออกเป็นหัวข้อสำคัญๆ หากมีความคิดรวบยอดใหม่ที่สำคัญเกี่ยวกับหัวข้อที่จะเรียนรู้ใหม่ก็ควรอธิบาย ให้ผู้เรียนทราบก่อนที่จะสอนหน่วยเรียนใหม่” (สุรงค์ ใ้วตระกูล, 2541, หน้า 216-219) นอกจากนั้นแล้วอาจเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีความสนใจและมาสมัครที่จะเรียนด้วยตนเอง กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการได้ร่วมกันคิดร่วมกันปฏิบัติโดยการสร้าง

ชิ้นงานที่มาจากความคิดของนักเรียนเอง บรรยากาศในการเรียนที่มีความเป็นกันเองทำให้เกิดสังคมของการเรียนรู้ การเอาใจใส่ของครูและผู้ช่วยครู การได้เรียนรู้ ทำกิจกรรมที่ทำทนาย และสร้างงานที่ต่อเนื่องเป็นเวลาตลอด 2 วัน การได้เรียนรู้จากสื่อที่มีจำนวนสื่อที่เพียงพอ และเหมาะสมกับจำนวนของผู้เรียน จึงส่งผลให้นักเรียนได้รับการเสริมสร้างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านการคิดแก้ปัญหา ด้านทักษะปฏิบัติ และด้านเจตคติ ตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เฟรด มาติน (Fred Martin, 1990, pp. 129-140) ที่ได้ทำการศึกษาด้วยการนำกิจกรรมการสร้างหุ่นยนต์ ไปใช้สอนกับเด็ก พบว่า นักเรียนเข้าใจการทำงานของเกียร์ขนาดต่างๆ และผลที่เกิดขึ้นกับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เข้าใจหลักการและวิธีการทำงานร่วมกันระหว่างเซนเซอร์ มอเตอร์ และกล่องใส่คำสั่ง เกิดทักษะในการทำงาน มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น และแนวคิดของ เรสนิก และออกโก (Resnick & Ocko, 1990, pp. 121-128 ; อ้างอิงจาก สุชิน เพ็ชรรักษ์, 2546 หน้า 52-53) ที่ชี้ให้เห็นว่าการสร้างหุ่นยนต์เป็นกิจกรรมที่ดีสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน ในขณะที่นักเรียนออกแบบสร้างหุ่นยนต์นั้นจะเป็นโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้สาระสำคัญบางเรื่องในวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ได้อย่างรวดเร็ว แม้ว่าจะเป็นเรื่องใหม่ก็ตาม การเรียนรู้ด้วยการแก้ปัญหาในกิจกรรมการสร้างหุ่นยนต์จะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการเรียนรู้ และทักษะในการทำงาน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ สุชิน เพ็ชรรักษ์ (2542 ; อ้างอิงจาก ปัญญา นาแพงหมื่น, 2542, หน้า 20) ที่ระบุว่ากิจกรรมการสร้างและออกแบบหุ่นยนต์เป็นกิจกรรมที่ใช้เพื่อสร้างเสริมและพัฒนาความคิดได้เป็นอย่างดี และ นิกา แก้วศรีงาม (2547, หน้า 76) ที่ระบุว่า การเรียนรู้ด้วยกิจกรรมดังกล่าวทำให้ผู้เรียนรู้จักคิด รู้จักแก้ปัญหา รู้จักการแสวงหาความรู้ ปรับตัวให้เข้ากับ

สภาพแวดล้อมใหม่ทำให้ผู้เรียนมีพลังในการเรียนรู้ ซึ่งเป็นรูปแบบของการเรียนรู้ที่ส่งผลให้ผู้เรียนเป็นบุคคลที่ “คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น” นอกจากนั้นแล้วสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, หน้า 2-3) ยังชี้ให้เห็นอีกว่า การที่ผู้เรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างตื่นตัวตื่นตัวทำทนายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหา มีการร่วมกันคิดลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่น และชีวิต การประสบความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์จะเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจ มุ่งมั่นที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับ กพ เลขาไพบูลย์ (2542, หน้า 306-323) ที่กล่าวว่า การที่ผู้เรียนได้รวมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่น่าสนใจ จะส่งผลให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีความรู้และได้รับประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ดียิ่งขึ้น

นอกจากนั้นอาจเป็นเพราะการนำแนวคิดของการวิจัยและพัฒนา ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน การสร้างนวัตกรรม การทดลองใช้นวัตกรรม และการประเมินนวัตกรรม ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรมของ อติศักดิ์ สิงห์สีโว (2549) ที่ใช้ในการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ที่เน้นการพัฒนาความสามารถ ในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ และวรพล ชาวสุณย์ (2549) ที่ใช้ในการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาวิชาไฟฟ้าเพื่อการเกษตร ช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ซึ่งก็สามารถใช้กระบวนการดังกล่าวในการพัฒนานวัตกรรมหลักสูตรได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการ

ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา ถูกพัฒนาขึ้นให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 23 มาตรา 24 (1) (2) (3) และมาตรา 66 และจากผลการวิจัยข้างต้น ดังนั้นชุดสื่อที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้จึงเป็นทางเลือกใหม่ในการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยผ่านกิจกรรมการเรียนรู้การสร้างหุ่นยนต์ที่เต็มไปด้วยความสนุกสนานทำทำย หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษา สถานศึกษาขั้นพื้นฐานจึงควรศึกษาพิจารณา นำชุดสื่อและกิจกรรมไปใช้ในการเสริมการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการที่ดีด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาต่อไป เพื่อประโยชน์ในการนำชุดสื่อไปใช้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการกำหนดแนวโยบายดังนี้

1.1 ควรกำหนดชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์/กิจกรรมการออกแบบ และสร้างหุ่นยนต์ เป็นกิจกรรมเพิ่มเติมในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของหลักสูตรสถานศึกษา ซึ่งสามารถจัดการเรียนรู้ได้ทั้งในแบบค่ายกิจกรรมในช่วงปิดภาคเรียน หรืออาจแทรกในวิชาโครงการวิทยาศาสตร์ หรือวิชาของเส้นทางวิทยาศาสตร์ หรืออาจจัดในลักษณะของชุมนุม/ชมรม เพื่อเป็นทางเลือกในการเรียนรู้ตามกิจกรรมดังกล่าวสำหรับนักเรียน

1.2 ควรให้มีการเผยแพร่ชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ โดยการจัดการฝึกอบรมครู / อาจารย์ ที่มีความสนใจที่จะนำชุดสื่อและกิจกรรมการออกแบบหุ่นยนต์ไปใช้ เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการจุดมุ่งหมาย เนื้อหา แนวการจัดการเรียนรู้ บรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ วิธีการใช้สื่อและเครื่องมือต่างๆ รวมถึงการวัดผลและประเมินผลของกิจกรรม การเรียนรู้ เพื่อจะได้มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง และ

สามารถดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้บรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

1.3 ควรมีการจัดการการแข่งขันหุ่นยนต์ในระดับโรงเรียน ระดับกลุ่มโรงเรียน และในระดับจังหวัด เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ มีความภาคภูมิใจในตนเองและผลงานของตนเอง และยังเป็น การสร้างแรงบันดาลใจให้แก่ นักเรียนคนอื่น ๆ ที่ได้เข้าชมการแข่งขันอีกด้วย

2. ข้อเสนอแนะในการนำชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ไปใช้

2.1 จากผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ สามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ได้เป็นอย่างดี และจากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ชุดสื่อและกิจกรรมการออกแบบ และสร้างหุ่นยนต์สามารถปรับไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาระดับอาชีวศึกษา รวมถึงจัดกิจกรรมในรูปแบบผสมระดับชั้นซึ่งจะทำให้มีความหลากหลายและความแตกต่างในแนวคิดและการเรียนรู้ยิ่งขึ้น แต่ควรได้รับการปรับปรุงด้านเนื้อหาให้สอดคล้องกับประสบการณ์และช่วงอายุของผู้เรียน

2.2 ก่อนนำชุดสื่อและกิจกรรมการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์นี้ ไปใช้ควรศึกษาความคิดรวบยอดเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์วิธีการใช้เครื่องมือต่างๆ แนวการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา บรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ รวมถึงการวัดผล และประเมินผลเพื่อจะได้มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง และดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้บรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

3. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.1 ควรมีการวิจัยและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่นำชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ไป

ผสมผสานกับท้องถิ่น และนำความรู้ที่ได้ไปขยายผลเป็นโครงการที่ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน หรือปรับขยายเข้าสู่กิจกรรมการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์ การออกแบบการทดลอง วัด เก็บข้อมูล ซึ่งจะนำไปสู่การนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

3.2 ควรมีการวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจที่คงทนที่เกิดจากเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้วยชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

3.3 ควรทำการศึกษาเพื่อพัฒนาลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างให้มีความแข็งแรง และสะดวกมากขึ้น เนื่องจากในการใช้ชุดสื่อสำหรับการสร้างหุ่นยนต์มักพบปัญหาความไม่แข็งแรงของจะเชื่อมต่อต่างๆ และการใช้ Connector ที่มีความยากลำบากต่อการเข้าสายสัญญาณกับหัวของ Connector นอกจากนั้นควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาลักษณะของ Board ให้มีความแข็งแรง ทนทานต่อการใช้งานของเด็ก

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542*. กรุงเทพฯ : องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- เชษฐ ศิริสวัสดิ์. (2550). *การพัฒนาหลักสูตรการสร้างหุ่นยนต์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3*. ปรียญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นิภา แก้วศรีงาม. (2547, เมษายน). ปัญหาที่เกิดจากการสร้างสมด้วยตนเอง. *วารสารวงการครู*, 1 (4) : 74-76.
- ปัญญา นาแพงหมื่น. (2542, สิงหาคม) LEGO-Logo เทคโนโลยีการถ่ายทอดจินตนาการบนพื้นฐานทฤษฎี Constructionism. *สารศึกษาศาสตร์บัณฑิต*, 9(8), 16-23.
- วรพล ชาวสุนย์. (2549). *การพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาวิชาไฟฟ้าเพื่อการเกษตร ช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ของโรงเรียนปุดังศึกษาลัย*. ปรียญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สุชิน เพ็ชรภักษ์. (2544). *รายงานการวิจัย เรื่อง การจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญหาในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2541). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อดิศักดิ์ สิงห์สีโว. (2549). *การพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาเรื่องปริมาณสัมพันธ์ที่เน้นการพัฒนาความสามารถ ในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ*. ปรียญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- Chade Sirisawat. (2007). A Study of Learning Outcome From Robot Construction Activity by Analysis of Student's Picture Drawing. *SciEd Asia-Pacific Bangkok, Thailand 2007 "1st International Conference on Science Education in the Asia-Pacific" 28-29 November 2007*, Sofitel Centara Grand Bangkok Hotel, Thailand.
- Martin, F. (1990, April). "Children's Explorations of Cybernetics Using Programmable Turtles" in Constructionist Learning, *paper presented at the meeting of Educational Research Association (AERA)*, Media Lab, MIT, 129-140.
- McNergney, Robert F. and Herbert, Joanne M. (1998). *Foundation of Education. The Challenge of Professional Practice*. Boston : Allyn and Bacon.
- Sipitakiat, A., Blikstein, P., Cavallo, D. (2002). The GoGo Board: Moving towards highly available computational tools in learning environments. *Interactive Computer Aided Learning International Workshop*. Carinthia Technology Institute, Villach, Austria.