การพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

นายวรัชญ์ น่วมอยู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF INSTRUCTIONAL PACKAGE OF MECHANICAL ROBOT WITH DESIGN PROCESS TO ENHANCE SYSTEM THINKING OF ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Warach Nuamyoo

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Educational Technology and Communications
Department of Educational Technology and Communications
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา
โดย	นายวรัชญ์ น่วมอยู่
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ใจทิพย์ ณ สงขลา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จินตวีร์ คล้ายสังข์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ใจทิพย์ ณ สงขลา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.อัญชนา สุขสมจิตร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วรัชญ์ น่วมอยู่ : การพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา. (DEVELOPMENT OF INSTRUCTIONAL PACKAGE OF MECHANICAL ROBOT WITH DESIGN PROCESS TO ENHANCE SYSTEM THINKING OF ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.ใจทิพย์ ณ สงขลา

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา 2) ศึกษาผลการใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการอกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประสาทวิทยานนทบุรี ปีการศึกษา 2561 จำนวน 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ แบบทดสอบวัดการคิดอย่างเป็นระบบของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และการทดสอบค่าที (t-test)

ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนประถมศึกษา ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบได้แก่ (1) ครู (2) นักเรียน (3) สื่อการเรียนรู้ และ (4) การวัดและประเมินผล และมีขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นนำเสนอสถานการณ์ (2) ขั้นพิจารณาปัญหา (3) ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด (4) ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม (5) ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล (6) ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ และจากการทดลองผลคะแนนจากการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

Chulalongkorn University

สาขาวิชา เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5983876327 : MAJOR EDUCATIONAL TECHNOLOGY AND COMMUNICATIONS
KEYWORD: INSTRUCTIONAL PACKAGE OF MECHANICAL ROBOT, DESIGN PROCESS LEARNING, SYSTEM THINKING

Warach Nuamyoo : DEVELOPMENT OF INSTRUCTIONAL PACKAGE OF MECHANICAL ROBOT WITH DESIGN PROCESS TO ENHANCE SYSTEM THINKING OF ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS. Advisor: Assoc. Prof. JAITIP NA-SONGKHLA, Ph.D.

The purposes of this research were 1) to develop instructional package of mechanical robot with design process to enhance system thinking of elementary school students and 2) to study the pre-test and post-test scores after learning with the instructional package. The sample included 24 Prathomsuksa 6 students at Prasartvidhyanonthaburi School in semester 2 of academic year 2018. The research instruments involved instructional package of mechanical robot, achievement test, and questionnaire. Data were statistically analyzed in mean, standard deviation, efficiency, and t-test.

The findings revealed as follows instructional package of mechanical robot with design process to enhance system thinking of elementary school students. this comprises four components; namely, (1) Teacher, (2) Students, (3) Learning media, and (4) Measurement and Evaluation. In this regard, there are six phases in the process of learning management through design process as follows: (1) Presenting the situation phase, (2) Evaluating the problem phase, (3) Developing thinking process phase, (4) Learning group work phase, (5) Testing, improving and evaluating phase, and (6) Summarizing and exchanging knowledge phase. and The experimental result indicated that the post-test mean score after learning with the package were significantly higher than the pre-test mean score at the .05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Educational Technology and Communications	Student's Signature .....
Academic Year:	2019	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างสูง และความเมตตาเอาใจใส่อย่างดีมาโดยตลอดจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ใจทิพย์ ณ สงขลา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้เสียสละเวลาอันมีค่าที่คอยให้ความรู้ คำปรึกษาแนะนำ รวมทั้งคอยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ใน งานวิจัยตลอดระยะเวลาของการศึกษา ตลอดจนคำสอน คำแนะนำที่ได้สั่งสอน ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จินตวีร์ คล้ายสังข์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.อัญชนา สุขสมจิตร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาและสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบ ประเมิน และ ให้ข้อเสนอแนะข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนประสาทวิทยานนทบุรี อาจารย์สุจิตรา โตตาบ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดลองและเก็บข้อมูล และคณาจารย์ในโรงเรียนทุกท่านที่ให้ความรู้ คำปรึกษาแนะนำ อีกทั้งให้ความกรุณาช่วยเหลือในการจัดการเรียนการสอน การเก็บข้อมูลทดลองตลอดระยะเวลาของงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ประสบการณ์ที่มีค่ายิ่งแก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ETC59 ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาแนะนำในทุก ๆ เรื่อง และเป็นกำลังใจในการทำวิจัย โดยเฉพาะ แฟกซ์ พี่มิ้ม พี่น้อง ร่วมกันแบ่งปันประสบการณ์ ประคับประคองกันมาตลอด พี่จะเด็ด เจ เมย์ โทน ที่ให้ความช่วยเหลือในช่วงเวลาที่สำคัญ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ครอบครัวที่คอยสนับสนุนอบรมเลี้ยงดูผู้วิจัย ตั้งแต่เล็กจนเติบโต และ ฝ้าย ที่คอยให้กำลังใจในยามที่ท้อแท้หรือเหนื่อยจากการทำงานมาโดยตลอด และด้วยความรักและความปรารถนาเหล่านี้ เป็นแรงใจผลักดันจนทำให้ผู้วิจัยสำเร็จการศึกษาลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณประสบการณ์อันล้ำค่า ที่ได้รับจากการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ที่ทำให้ผู้วิจัยได้เติบโตทั้งด้านความรู้ทางวิชาการ สังคม จิตใจ ทำให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้ เข้าใจปัญหา มีมุมมองแง่คิดต่ออุปสรรค ปัญหาต่าง ๆ ตลอดช่วงเวลาที่ผ่านมา

วรัชญ์ น่วมอยู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง

กิตติกรรมประกาศ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

คำถามวิจัย 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 5

สมมติฐานการวิจัย..... 5

ขอบเขตของการวิจัย..... 5

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 8

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 9

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 10

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับชุดการสอน..... 11

1.1 ความหมายของชุดการสอน..... 11

1.2 ประเภทของชุดการสอน 12

1.3 องค์ประกอบของชุดการสอน..... 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวกับชุดการสอน 17
1.5 ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน..... 18
1.6 การทดลองใช้และหาประสิทธิภาพชุดการสอน 20
ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์..... 23
2.1 ความหมายของกลไกหุ่นยนต์..... 23
2.2 ประเภทของกลไกหุ่นยนต์..... 23
2.3 ส่วนประกอบของกลไกหุ่นยนต์..... 24
2.4 การประยุกต์ใช้กลไกหุ่นยนต์ในการศึกษา..... 31
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลไกหุ่นยนต์..... 33
ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ..... 35
3.1 ความหมายของการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ..... 36
3.2 ลักษะของการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ (Design Process)..... 36
3.3 ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ (Design Process)..... 37
3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ 41
ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างเป็นระบบ..... 43
4.1 ความหมายของการคิดอย่างเป็นระบบ..... 43
4.2 ความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ..... 44
4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 48
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 50
ระยะที่ 1 การพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา 54
ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 54
ขั้นตอนที่ 2 กำหนดคุณลักษณะของชุดการสอน..... 55
ขั้นตอนที่ 3 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอน..... 56

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบ 60
ระยะที่ 2 การศึกษาผลการทดลองใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา 64
ขั้นตอนที่ 1 : การทดลองเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง 64
ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ข้อมูล 70
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 72
ตอนที่ 1 การพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ 72
ตอนที่ 2 การศึกษาผลการทดลองใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ 79
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 86
สรุปผลการวิจัย 86
อภิปรายผลการวิจัย 91
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 94
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป 94
บรรณานุกรม 95
ภาคผนวก 102
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิ 103
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 106
ประวัติผู้เขียน 117

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ตารางการสังเคราะห์องค์ประกอบของชุดการสอน..... 16

ตารางที่ 2.2 ตารางสังเคราะห์องค์ประกอบการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ 40

ตารางที่ 2.3 ตารางการสังเคราะห์ความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ 46

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยและพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา..... 50

ตารางที่ 3.2 คำสำคัญภาษาไทยและภาษาอังกฤษที่ใช้ในการสืบค้นวรรณกรรม 54

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียนของตัวอย่าง 80

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียน . 81

ตารางที่ 4.3 แสดงการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจสำหรับนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวิวัฒน์ทางสังคมโลกที่กำลังมีการเปลี่ยนแปลงจากยุคอุตสาหกรรมเข้าสู่ยุคข่าวสารข้อมูลและความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (Information and Technology society) อันนำไปสู่การปรับตัวเพื่อให้เกิดความสามารถในการแข่งขันท่ามกลางกระแสโลกาภิวัฒน์ (Globalization) ทุกประเทศทั่วโลกกำลังมุ่งสู่กระแสใหม่ของการเปลี่ยนแปลงที่เรียกว่า สังคมความรู้ (Knowledge Society) และระบบเศรษฐกิจฐานความรู้ (Knowledge-Based Economy) ที่ให้ความสำคัญต่อการใช้องค์ความรู้และนวัตกรรม (Knowledge and Innovation) อันเป็นปัจจัยหลักสำคัญในการพัฒนาและขับเคลื่อนเศรษฐกิจประเทศไทย สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564 ที่มุ่งเน้น “การพัฒนาที่ยั่งยืน” และ“คนเป็นศูนย์กลางการพัฒนา” เพื่อยกระดับคุณภาพทุนมนุษย์ของประเทศ โดยพัฒนาคนให้เหมาะสมตามช่วงวัยเพื่อให้เติบโตอย่างมีคุณภาพ การหล่อหลอมให้คนไทยมีค่านิยมตามบรรทัดฐานที่ดีทางสังคม เป็นคนดี มีสุขภาวะที่ดี มีคุณธรรม จริยธรรม มีระเบียบวินัย และมีจิตสำนึกที่ดีต่อสังคมส่วนรวมการพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับความต้องการในตลาดแรงงานและทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ของคนในแต่ละช่วงวัยตามความเหมาะสม การเตรียมความพร้อมของกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะเปลี่ยนแปลงโลกในอนาคต ตลอดจนการยกระดับคุณภาพการศึกษาสู่ความเป็นเลิศ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียนจัดการกับองค์ความรู้ ข้อมูลข่าวสารที่มากมายนี้ การจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 จึงมุ่งเน้นพัฒนาทักษะให้กับผู้เรียนเป็นนักคิดที่สามารถวิเคราะห์ปัญหา เป็นนักสร้างสรรค์พัฒนาเทคโนโลยีนวัตกรรม เป็นนักสื่อสาร สามารถร่วมมือ ทำงานเป็นกลุ่มรวมกับผู้อื่นได้ รวมทั้งมีความตระหนักในการเลือกใช้ข้อมูลและข่าวสาร รับรู้สภาวะของโลก (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) โดยกระบวนการคิด พฤติกรรมการเรียนดังกล่าวสามารถพัฒนาได้ด้วยการสอนให้ผู้เรียนมีทักษะที่สำคัญ คือ การคิดอย่างเป็นระบบ เป็นส่วนสำคัญในการลำดับกระบวนการคิดมาเปลี่ยนแปลงพัฒนาตนเอง ตลอดจนทำให้สามารถถ่ายทอดหลักการคิดให้ผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีหลักการพื้นฐานสำคัญอยู่ 3 ประการ คือ ประการแรก การคิดอย่างเป็นระบบ จะช่วยให้ผู้เรียนมีสามารถจำแนกองค์ประกอบ เข้าใจความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ทำร่วมกันให้เกิดผล ประการที่สอง การคิดอย่างเป็นระบบ จะช่วยให้สามารถ

บริหารจัดการข้อมูล เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และประการสุดท้าย การคิดอย่างเป็นระบบ จะช่วยให้ผู้เรียนทางวินัยทางความคิด ทำให้ผู้เรียนมีตรวจสอบความคิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา (นิยม กิมานุวัฒน์, 2559) โดยในการจะพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ สามารถวิเคราะห์จำแนกการคิดอย่างเป็นได้ออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับปรากฏการณ์หรือระดับเหตุการณ์ (Event) ระดับแนวโน้มและแบบแผน (Pattern) ระดับโครงสร้าง (Structure) และระดับภาพจำลองความคิด (Mental model) ดังนั้นในการจัดกระบวนการเรียนรู้ควรฝึกให้ผู้เรียนคิดอย่างเป็นระบบได้คิดทั้ง 4 ระดับ เพื่อให้เกิดกระบวนการคิดที่เป็นองค์รวม สามารถพิจารณาระบบหรือปัญหาในภาพกว้าง ได้รอบด้านและมีลึกซึ้งในประเด็นปัญหา (มกราพันธุ์ จูฑะรสก, 2556)

การคิดอย่างเป็นระบบเป็นความคิดรวบยอดที่เป็นหัวข้อสำคัญของการศึกษาในระดับขั้นพื้นฐาน แล้วยังส่งผลต่อการศึกษาในระดับสูงขึ้นไป เพราะการคิดอย่างเป็นระบบ จะช่วยทำให้สามารถจัดการกับปัญหาที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนได้อย่างดี นอกจากนั้น การคิดอย่างเป็นระบบยังมีความสำคัญในฐานะเป็นเครื่องมือวางแผนและพัฒนาระบบ ช่วยทำให้ผู้เกี่ยวข้องดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ได้อย่างรอบคอบเป็นหลักประกันความสำเร็จในการดำเนินงานและการแก้ปัญหา เพราะการคิดอย่างเป็นระบบจะต้องผ่านกระบวนการวิเคราะห์ระบบที่มีอยู่ในอดีตและปัจจุบัน มีการกำหนดขั้นตอนที่เหมาะสม มีแบบจำลองที่เด่นชัด และได้ผ่านการทดลองระบบในสถานการณ์จำลองมาแล้วจึงแน่ใจได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นจะมีประสิทธิภาพจริง (บุญเลี้ยง ทุมทอง และ บุญรอด ศรีเจริญ , 2553)

การสอนการคิดอย่างเป็นระบบ เป็นแนวการสอนให้ผู้เรียนได้มีการพัฒนาทักษะการคิด การวิเคราะห์ และพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาภายในสมองของผู้เรียนอย่างเป็นขั้นตอน เนื่องจากผู้เรียนจะต้องคิดประมวลผลการวิเคราะห์ของตนเองและนำไปสู่การตัดสินใจแก้ปัญหา เพื่อการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ผู้สอนจึงควรออกแบบการเรียนรู้ จัดเตรียมกิจกรรม อุปกรณ์ รวมทั้งสถานการณ์ต่าง ๆ ไว้ให้ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาให้สำเร็จ โดยการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมกิจกรรมกระบวนการเหล่านี้ ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ (Design Process) มาใช้ในการจัดกิจกรรมที่มีส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของผู้เรียน โดยมีการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาในบริบทของการออกแบบสิ่งประดิษฐ์มาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน เพื่อเป็นการสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการคิดอย่างเป็นขั้นตอนเป็นระบบ และสามารถสร้างสรรค์ผลงานโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งสามารถบูรณาการกับเทคโนโลยีและเครื่องมือใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ได้อย่างเหมาะสมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ในการเรียนได้เป็นอย่างดี (D. Fortus, R. C. Dershimer, J. Krajcik, R. W. Marx, & R. Mamlok-Naaman, 2004b)

แนวทางการจัดกิจกรรมด้วยกระบวนการออกแบบ จะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา ออกแบบสร้างสรรค์ผลงาน ผู้วิจัยจึงได้นำการเรียนการสอนด้วยกลไกหุ่นยนต์ เป็นกิจกรรมที่เป็นการเรียนแบบบูรณาการองค์ความรู้แบบสหวิทยาการ ประกอบด้วยความรู้ทางสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาบูรณาการกันในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะและบูรณาการความรู้ของผู้เรียนให้พร้อมกับแนวการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (Komis, Romero, & Misirli, 2017) เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ของนักเรียนในพัฒนากระบวนการคิดวิเคราะห์และทักษะการแก้ไขปัญหาที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ โดยที่ผู้สอนเป็นผู้ส่งเสริมกระบวนการจัดการเรียนรู้ผ่านสื่อการเรียนการสอนกลไกหุ่นยนต์ รวมทั้งสื่อหลายชนิดมาร่วมใช้ในกิจกรรมเป็นการเสริมสร้างความเข้าใจและการสร้างบรรยากาศ สภาพแวดล้อมให้อำนวยต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบในรูปแบบของชุดการสอน

ชุดการสอน (Instructional Package) เป็นชุดเครื่องมือที่มีขั้นตอนการผลิตและการนำสื่อการเรียนหลายๆ อย่างมาสัมพันธ์กันและมีคุณค่าส่งเสริมซึ่งกันและกัน เพื่อเร้าความสนใจ อธิบายข้อเท็จจริงของเนื้อหาวิชา และก่อให้เกิดการเสาะแสวงหา อันนำไปสู่ความเข้าใจลึกซึ้ง ป้องกันการเข้าใจความหมายผิด ผู้สอนสามารถนำมาใช้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2525) ชุดการสอนจึงเป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาส่งเสริม พัฒนา และแก้ไขปัญหาในการจัดการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี โดยมีกระบวนการออกแบบและพัฒนาอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนอาจอยู่ในรูปแบบของสื่อของจริง หรือสื่อประสม (Multimedia)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กลไกหุ่นยนต์ (Machanical robot and Mechanisms kit) เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้กิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียน เนื่องจากการเรียนการสอนด้วยกลไกหุ่นยนต์ ทำให้นักเรียนใช้ความรู้และทักษะต่างๆ ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ตลอดจนการเรียนรู้ทักษะต่างๆ ผ่านกระบวนการสร้างสรรค์ชิ้นงาน นวัตกรรม อีกทั้งส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน และเป็นเครื่องมือส่งเสริมให้เกิดการคิดแก้ปัญหาและการคิดสร้างสรรค์ในเชิงนวัตกรรม เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่ช่วยเพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนผ่านการเรียนรู้ด้วยใจ สิ่งสำคัญที่สุด คือ กลไกหุ่นยนต์ จะเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่ช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่น่าตื่นเต้นและเพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน เนื่องจากการเรียนการสอนด้วยกลไกหุ่นยนต์ เป็นการเรียนรู้แบบสหสาขาวิชาที่มีพื้นฐาน

และการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Kamga, Romero, Komis, & Misirli, 2017)

กิจกรรมกลไกหุ่นยนต์จึงเป็นกิจกรรมที่มีการบูรณาการความรู้และทักษะต่างๆ หลากหลายวิชา โดยมีการปรับประยุกต์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร หรือการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนตั้งแต่ระดับปฐมวัยจนถึงการศึกษาในระดับสูง เช่น การทำงานร่วมกัน การแก้ปัญหาด้วยความคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์ และการคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งมีแนวทางในการออกแบบกิจกรรมกลไกหุ่นยนต์ เพื่อสนับสนุนเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และกระบวนการแก้ปัญหาร่วมกันในบริบทของผู้เรียนทั้งในระดับอนุบาล ระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษา โดยมีการจำแนกแนวทางใช้การออกแบบกิจกรรมกลไกหุ่นยนต์เป็น 5 กิจกรรมหลัก ได้แก่ 1. กิจกรรมเตรียมความพร้อม (Preparatory activities) 2. กิจกรรมเพื่อการสร้างองค์ความรู้เบื้องต้น (Activities for the initial knowledge construction) 3. กิจกรรมเสริมสร้างความรู้ (Activities for the knowledge construction consolidation) 4. กิจกรรมการประเมินผล (Evaluation activities) 5. กิจกรรมเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจ (Metacognitive activities) (Kamga et al., 2017)

การจัดการสอนด้วยกิจกรรมกลไกหุ่นยนต์ที่มีการออกแบบขั้นตอนการการสอนจะสามารถสร้างจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ทำการทดลอง ปฏิบัติกิจกรรมกระบวนการต่างๆ ผ่านแบบจำลองขนาดเล็กด้วยตนเอง จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความคิดเป็นรูปธรรม และสามารถขยายไปสู่แนวคิดนามธรรมขนาดใหญ่ได้จากการเรียนรู้นอกห้องเรียนร่วมกับกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการและการบูรณาการความรู้ ความสามารถ ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ (Orit Ben-Zvi Assaraf & Nir Orion, 2009) ความสนุกสนาน การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและความสร้างสรรค์ซึ่งสามารถพัฒนาทักษะของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การแก้ปัญหา (problem solving) และทักษะการคิด (Schuler, Fanta, Rosenkränzer, & Rieß, 2017)

จากแนวคิด หลักการ และความสำคัญตามสภาพดังกล่าว ผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา เป็นการพัฒนากระบวนการคิดของผู้เรียนด้วยการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกฝนการคิดและการวางแผนตามลำดับขั้นตอนด้วยวิธีการที่เหมาะสมด้วยรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ให้สามารถวางแผนระบบคิดให้เป็นไปได้ในทิศทางที่ต้องการ มีวิธีการคิดจัดระเบียบการคิด การเลือกตัดสินใจและการวางแผนการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เป็นการพัฒนาทักษะทางปัญญาของนักเรียนให้มีคุณภาพทางการคิดมากยิ่งขึ้น และได้เสริมสร้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สมรรถนะการเรียนรู้และคุณลักษณะของนักเรียนนักคิดอย่างเป็นระบบติดตัวไป เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้การเรียนรู้และในชีวิตประจำวันต่อไป

คำถามวิจัย

1. ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษามีองค์ประกอบและขั้นตอนอย่างไร
2. ผลของการใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา มีความแตกต่างระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนหรือไม่อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา
2. เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

สมมติฐานการวิจัย

ผลของการใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ สามารถส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัด

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา โดยได้ใช้ขั้นตอนการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์งานวิจัย โดยมีเกณฑ์การพิจารณาโรงเรียนที่ใช้ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ

2.1 โรงเรียนที่มีความพร้อมที่สามารถใช้สื่อกลไกหุ่นยนต์ในการจัดการเรียนรู้

2.2 โรงเรียนที่การจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถอยู่ในห้องเดียวกัน

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2561 ถึงเดือนมกราคม 2562 รวมเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที

4. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องการกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) ซึ่งผู้วิจัยได้นำเนื้อหาของรายวิชามาวิเคราะห์ จึงได้กำหนดเนื้อหาในชุดการสอนออกเป็น 4 แผนการเรียนรู้

แผนการเรียนรู้ที่ 1 กลไกพื้นฐาน พื้นเอียง

แผนการเรียนรู้ที่ 2 กลไกระบบรอก

แผนการเรียนรู้ที่ 3 กลไกระบบเฟือง

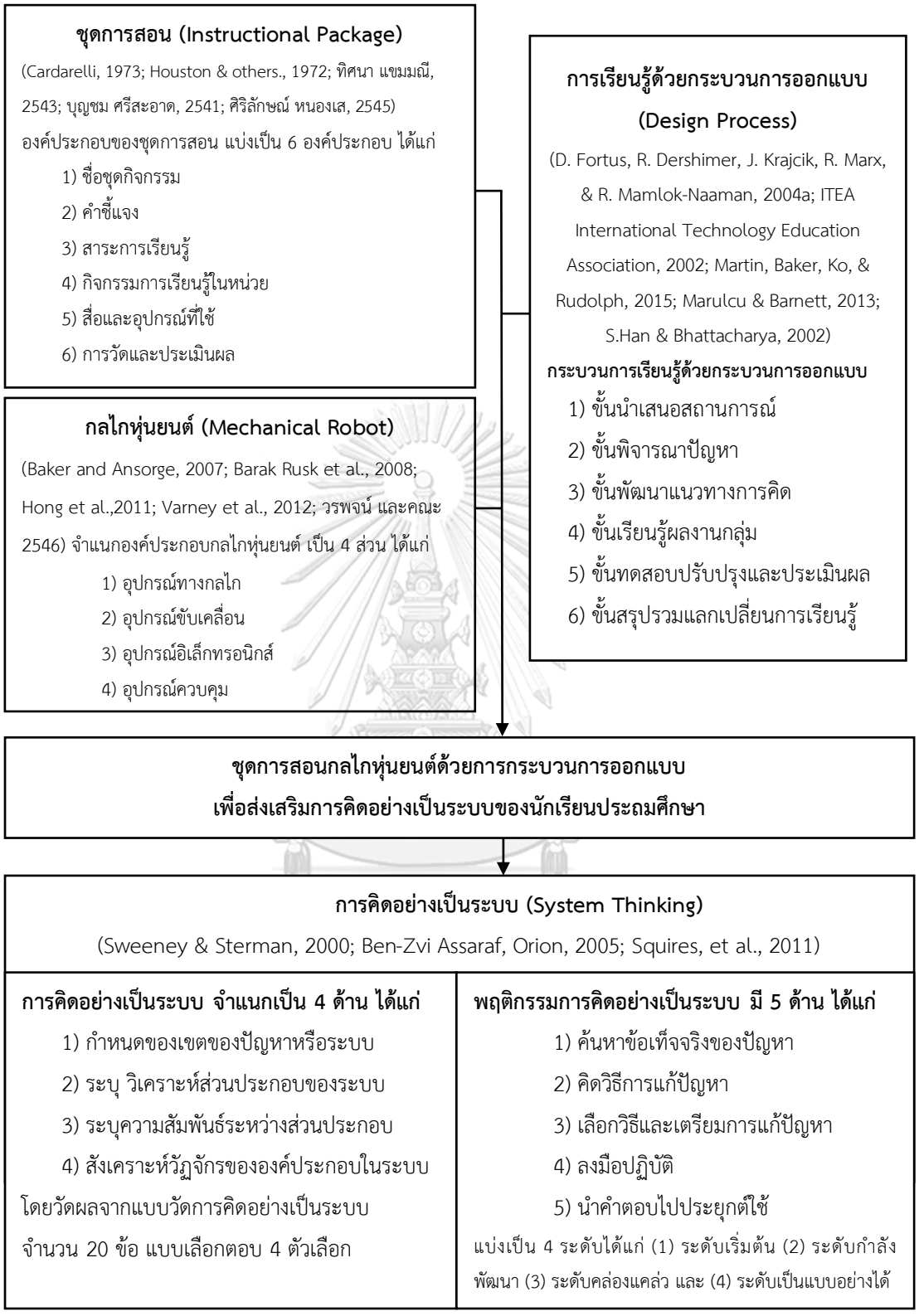
แผนการเรียนรู้ที่ 4 กลไกหุ่นยนต์พิชิตปัญหา

5. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดการสอน หมายถึง กระบวนการในนการจัดการเรียนการสอนที่ผู้สอนสามารถนำไปใช้ในการจัดสอนกิจกรรมการสอนโดยใช้กลไกหุ่นยนต์เป็นสื่อการเรียนรู้ในการเพิ่มพูนทักษะและพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน โดยองค์ประกอบของชุดการสอน ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ชื่อชุดกิจกรรม

2) คำชี้แจง

3) สาระการเรียนรู้

4) กิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วย

5) สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้

6) การวัดและประเมินผล

2. กลไกหุ่นยนต์ หมายถึง สื่อที่ใช้ในชุดการสอนประกอบด้วยอุปกรณ์ ชิ้นส่วนต่างๆ ของกลไกที่สามารถนำมาประกอบ สร้างสรรค์เป็นผลงานโครงสร้างกลไกหุ่นยนต์ที่สามารถทำงานหรือเคลื่อนไหวได้ โดยใช้หลักการทางกลศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ รวมถึงความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ในการออกแบบ สร้างชิ้นงาน โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากเนื้อหาของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จึงได้กำหนดเนื้อหาในชุดการสอนออกเป็น 4 แผนการเรียนรู้ ได้แก่

แผนการเรียนรู้ที่ 1 กลไกพื้นลาด พื้นเอียง

แผนการเรียนรู้ที่ 2 กลไกระบบรอก

แผนการเรียนรู้ที่ 3 กลไกระบบเฟือง

แผนการเรียนรู้ที่ 4 กลไกหุ่นยนต์พิชิตปัญหา

3. การเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนให้เกิดกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นเป็นตอน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาระบบการคิดจากดำเนินกิจกรรมที่จัดไว้ให้ในชุดการสอน โดยแต่ละกิจกรรมจะมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

1) ขั้นนำเสนอสถานการณ์

2) ขั้นพิจารณาปัญหา

3) ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด

4) ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม

5) ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล

6) ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. การคิดอย่างเป็นระบบ หมายถึง ความสามารถของการคิดที่เกิดจากการแก้ปัญหาหรือแก้ไขสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจถึงปัญหานั้น ๆ สามารถวางแผนจำลองความคิด สามารถตัดสินใจและดำเนินการเพื่อเลือกวิธีแนวทางที่เหมาะสม และได้รับการสนับสนุนคำตอบ โดยมีการวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบ 2 ส่วน ได้แก่

4.1 การวัดผลจากคะแนนแบบวัดการคิดอย่างเป็นระบบ ก่อนและหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ รวม 20 คะแนน ได้แก่

1) กำหนดของเขตของปัญหาหรือระบบ	5	คะแนน
2) ระบุวิเคราะห์ส่วนประกอบของระบบ	5	คะแนน
3) ระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ	5	คะแนน
4) สังเคราะห์วัฏจักรขององค์ประกอบในระบบ	5	คะแนน

4.2 การวัดผลจากคะแนนประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบ จำแนกเป็น 5 ด้าน รวม 15 คะแนน ได้แก่

1) ค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา	3	คะแนน
2) คิดวิธีการแก้ปัญหา	3	คะแนน
3) เลือกวิธีและเตรียมการแก้ปัญหา	3	คะแนน
4) ลงมือปฏิบัติ	3	คะแนน
5) นำคำตอบไปประยุกต์ใช้	3	คะแนน

เป็นการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ และการทำใบงาน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมที่พัฒนามาจากแนวคิดของ (Toye & Williams, 2017) แบ่งระดับคุณภาพพฤติกรรมออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่

1) ระดับเริ่มต้น	0	คะแนน
2) ระดับกำลังพัฒนา	1	คะแนน
3) ระดับคล่องแคล่ว	2	คะแนน
4) ระดับเป็นแบบอย่างได้	3	คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

2. แนวทางในการออกแบบชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยการกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำแนกออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับชุดการสอน

1.1 ความหมายชองชุดการสอน

1.2 ประเภทของชุดการสอน

1.3 องค์ประกอบของชุดการสอน

1.4 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวกับชุดการสอน

1.5 ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์

2.1 ความหมายของกลไกหุ่นยนต์

2.2 ประเภทของกลไกหุ่นยนต์

2.3 ส่วนประกอบของกลไกหุ่นยนต์

2.4 การประยุกต์ใช้กลไกหุ่นยนต์

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ

3.1 ความหมายของการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ

3.2 ลักษณะของการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ

3.3 ขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างเป็นระบบ

4.1 ความหมายของการคิดอย่างเป็นระบบ

4.2 ความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับชุดการสอน

1.1 ความหมายของชุดการสอน

ชุดการสอน (Instruction Package) หรือชุดการเรียนรู้ (Learning Package) มีความหมายคล้ายคลึงกันและอาจใช้แทนกันได้ อีกทั้งมีจุดมุ่งหมายเดียวเพื่อประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ให้เกิดผลที่ดีขึ้น โดยมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของชุดการสอนไว้ดังนี้

Kapfer and Kapfer (1972) ให้ความหมายของ ชุดการสอนไว้ว่าเป็นรูปแบบการสื่อสารระหว่างครูและนักเรียน ซึ่งประกอบด้วยคำแนะนำที่ให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนจนบรรลุพฤติกรรมที่เป็นผลของการเรียนรู้และเนื้อหาที่นำมาสร้างเป็นชุดการเรียนนั้นได้มาจากขอบข่ายของความรู้ที่หลักสูตรต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ เนื้อหาจะต้องตรงและชัดเจนที่จะสื่อความหมายให้ผู้เรียนได้เกิดพฤติกรรมตามเป้าหมายของการเรียน

Good and Kappa (1973) ได้อธิบายถึง ชุดการสอน คือ โปรแกรมทางการสอนทุกอย่างที่จัดไว้โดยเฉพาะ มีวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสอน อุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียน คู่มือครู เนื้อหา แบบทดสอบ ข้อมูลที่เชื่อถือได้ มีการกำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2523) ได้อธิบายถึง ชุดการสอน ว่าเป็นชุดที่ประกอบไปด้วยคำแนะนำสำหรับการใช้บทเรียน วัตถุประสงค์การเรียน กิจกรรมการเรียน พร้อมทั้งสื่อการสอน แบบทดสอบหลังเรียนบรรจุไว้ร่วมกันอย่างเป็นระบบ โดยผ่านการวิเคราะห์ระบบ สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน โดยนำหลักการทางจิตวิทยามาใช้ในการออกแบบเพื่อส่งเสริมให้การเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2545) กล่าวว่า ชุดการสอน หมายถึง สื่อการสอนชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นชุดของสื่อผสม (Multi Media) ซึ่งหมายถึงการใช้สื่อการสอนตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปร่วมกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ตามที่ต้องการ สื่อที่นำมาใช้ร่วมกันนี้จะช่วยเสริมประสบการณ์ซึ่งกันและกันตามลำดับขั้นที่จัดไว้สำหรับหน่วยการเรียนตามหัวข้อเนื้อหา และประสบการณ์ในแต่ละหน่วยที่ต้องการจะให้ผู้เรียนได้รับ

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ชุดการสอน หมายถึง ชุดสื่อการสอนที่มีการออกแบบไว้อย่างเป็นระบบ โดยคำนึงถึงความสัมพันธ์และสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย เพื่อถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์แก่นักเรียน ช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจในการแสวงหาความรู้ และทำให้การเรียนการสอนบรรลุผลตามเป้าหมายของการเรียนรู้

1.2 ประเภทของชุดการสอน

ประเภทของชุดการสอนที่หลากหลายรูปแบบตามแต่ละรูปแบบของกิจกรรม โดยมีนักการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาจำแนกออกเป็นประเภทไว้ในหลายลักษณะ ซึ่งแตกต่างกันออกไปตามมุมมองของแต่ละบุคคล ดังนี้

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2545) ได้แบ่งประเภทของชุดการสอน เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ชุดการสอนประกอบคำบรรยาย เป็นชุดการสอนสำหรับผู้สอนที่ต้องการปูพื้นฐานให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ได้รู้และเข้าใจในเวลาเดียวกัน มุ่งในการขยายเนื้อหาสาระให้ชัดเจนขึ้นชุดกิจกรรมแบบนี้จะช่วยให้ผู้สอนลดการพูดให้น้อยลง และเป็นการใช้สื่อการสอนที่มีพร้อมอยู่ในชุดกิจกรรม ในการเสนอเนื้อหามากขึ้น สื่อที่ใช้อาจได้แก่ รูปภาพ แผนภูมิ หรือกิจกรรมที่กำหนดไว้ เป็นต้น

2. ชุดการสอนแบบกลุ่มกิจกรรม เป็นชุดการสอนสำหรับให้ผู้เรียนร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ประมาณ 5-7 คน โดยใช้สื่อการสอนที่บรรจุไว้ในชุดกิจกรรมแต่ละชุด มุ่งที่จะฝึกทักษะในเนื้อหาวิชาที่เรียนและผู้เรียนมีโอกาสทำงานร่วมกัน ชุดการสอนชนิดนี้มักจะใช้สอนในการสอนแบบกิจกรรมกลุ่ม เช่น การสอนแบบศูนย์การเรียน เป็นต้น

3. ชุดการสอนแบบรายบุคคลหรือชุดการสอนตามเอกัตภาพ เป็นชุดการสอนสำหรับเรียนด้วยตนเองเป็นรายบุคคล คือ ผู้เรียนจะต้องศึกษาหาความรู้ตามความสามารถและความสนใจของตนเองอาจเรียนที่โรงเรียนหรือที่บ้านก็ได้ส่วนมากมักจะมุ่งให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจเนื้อหาวิชาที่เรียนเพิ่มเติมผู้เรียนสามารถจะประเมินผลการเรียนด้วยตนเองได้ด้วยชุดกิจกรรมชุดกิจกรรมชนิดนี้อาจจะจัดในลักษณะของหน่วยการสอนส่วนย่อยหรือโมดูล

ระพินทร์ โพธิ์ศรี (2550) ได้แบ่งประเภทของชุดการสอนไว้ 2 ประเภท ดังนี้

1. ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self study package) คือ ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนนำไปศึกษาด้วยตนเอง โดยไม่มีครูเป็นผู้สอน เช่น บทเรียนสำเร็จรูป ชุดการเรียนแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือชุดการเรียนผ่านเครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บ

2. ชุดการเรียนการสอน คือ ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นโดยมีครูเป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ เช่น ชุดฝึกอบรม หรือชุดการสอนต่าง ๆ

จากประเภทของชุดการสอน ข้างต้นกล่าวสรุปได้ว่า ชุดการสอน จำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ ชุดการสอนที่นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองและชุดการสอนที่ครูเป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับนักเรียน ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดการสอนครูเป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับนักเรียน และเป็นชุดการสอนแบบกลุ่มกิจกรรม

1.3 องค์ประกอบของชุดการสอน

จุดมุ่งหมายของชุดการสอนเพื่อมุ่งประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ให้เกิดผลที่ดีขึ้น จึงต้องมีการปรับความเหมาะสมตามบริบทของที่เกี่ยวข้องทั้งลักษณะผู้เรียน สภาพแวดล้อม และเนื้อหาที่จะช่วยให้สามารถเลือกรูปแบบของชุดการสอน โดยในชุดการสอนทุกประเภทจะประกอบขององค์ประกอบสำคัญๆ ที่คล้ายคลึงกัน ดังที่นักการศึกษาได้อธิบายไว้ดังนี้

Houston and others. (1972) (อ้างถึงใน วาสนา ชาวหา, 2533) ได้กำหนดองค์ประกอบของชุดการสอนประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. คำชี้แจง (prospectus) อธิบายถึงความสำคัญของจุดมุ่งหมาย ขอบข่ายในส่วนชุดกิจกรรม สิ่งที่ผู้เรียนจะต้องรู้ก่อนและขอบข่ายของกระบวนการเรียนทั้งหมดในชุดกิจกรรม
2. จุดมุ่งหมาย (objectives) คือ ข้อความที่แจ่มชัดและไม่กำกวมที่กำหนดว่าผู้เรียนจะประสบความสำเร็จอะไรหลังจากเรียนแล้ว
3. การประเมินผลเบื้องต้น (pre – assessment) มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนอยู่ในระดับใดในการเรียนการสอนนั้น และดูว่าสัมฤทธิ์ผลตามความมุ่งหมายเพียงใด การประเมินผลเบื้องต้นนี้อาจอยู่ในรูปแบบของการทดสอบข้อเขียน ปากเปล่า การทำงาน ปฏิกิริยาตอบสนอง หรือคำถามง่ายๆ เพื่อให้รู้ถึงความต้องการและความสนใจ
4. การกำหนดกิจกรรม (enabling activities) คือ การกำหนดแนวทางและวิธีเพื่อไปสู่จุดหมายที่วางไว้ โดยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมนั้นด้วย
5. การประเมินผลขั้นสุดท้าย (post – assessment) เป็นข้อสอบเพื่อวัดผลหลังเรียน

Cardarelli (1973) (อ้างถึงใน สุคนธ์ สินธพานนท์, 2551) ได้ระบุองค์ประอบของชุดการสอน ต้องประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ ดังนี้

1. หัวข้อ (Topic)
2. หัวข้อย่อย (Subtopic)
3. จุดมุ่งหมายหรือเหตุผล (Rational)
4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)
5. การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)
6. กิจกรรมการประเมินตนเอง (Activities and Self-Evaluation)
7. การทดสอบย่อย (Quiz หรือ Formative Test)
8. การทดสอบขั้นสุดท้าย (Posttest หรือ Summative Evaluation)

ทิศนา แขมมณี (2543) กล่าวว่า ชุดการสอนประกอบด้วย 7 ส่วนสำคัญ ดังนี้

1. ชื่อกิจกรรม ประกอบด้วยหมายเลขกิจกรรม ชื่อของกิจกรรมและเนื้อหา
2. คำชี้แจง เป็นส่วนที่อธิบายความมุ่งหมายหลักของกิจกรรม และลักษณะของการจัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิจกรรมเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมาย

3. จุดมุ่งหมาย เป็นส่วนที่ระบุจุดมุ่งหมายที่สำคัญของกิจกรรมนั้น แนวคิดเป็นส่วนที่ระบุเนื้อหา หรือมโนทัศน์ของกิจกรรมนั้น ส่วนนี้ควรได้รับการย้ำและเน้นเป็นพิเศษ

4. สื่อ เป็นส่วนที่ระบุถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป้นในการดำเนินกิจกรรม เพื่อช่วยให้ครูทราบว่าต้องเตรียมอะไรบ้าง

5. เวลาที่ใช้ เป็นการระบุจำนวนเวลาโดยประมาณว่ากิจกรรมนั้นควรใช้เวลาเท่าใด

6. ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม เป็นส่วนที่ระบุวิธีการดำเนินกิจกรรม เป็นขั้นตอนเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

7. ภาคผนวก ในส่วนนี้คือ ตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรม และข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับครู รวมทั้งเฉลยแบบทดสอบ

บุญชม ศรีสะอาด (2541) และ บุญเกื้อ ควรหาเวช (2545) กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดการสอนไว้ดังนี้

1. คู่มือการใช้ชุดกิจกรรม เป็นคู่มือที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้ชุดกิจกรรมศึกษาและปฏิบัติตามเพื่อบรรลุผลอย่างมีประสิทธิภาพ อาจประกอบด้วยแผนการสอน สิ่งที่ผู้สอนต้องเตรียมก่อนสอน บทบาทผู้เรียนและการจัดชั้นเรียน

2. บัตรงาน เป็นบัตรที่มีคำสั่งว่าจะให้ผู้เรียนปฏิบัติอย่างไรบ้าง โดยระบุกิจกรรมตามลำดับขั้นตอนของการเรียน

3. แบบทดสอบวัดผลความก้าวหน้าของผู้เรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับตรวจสอบว่าหลังจากเรียนด้วยชุดกิจกรรมแล้วผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่

4. สื่อการเรียนต่างๆ เป็นสื่อสำหรับผู้เรียนได้ศึกษา มีหลายชนิดประกอบกัน อาจเป็นประเภทสิ่งพิมพ์ เช่น บทความ เนื้อหาเฉพาะเรื่อง จุลสาร บทเรียนโปรแกรม หรือประเภทโสตทัศนอุปกรณ์ เช่น รูปภาพ แผนภูมิต่างๆ เทปบันทึกเสียง ฟิล์มสตริป สไลด์ของจริง

ศิริลักษณ์ หนองเส (2545) ได้ดำเนินการจัดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพทางการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ภายในชุดการสอน มีโครงสร้างดังนี้

1. ชื่อชุดกิจกรรม หมายถึง ชื่อกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. ชื่อหน่วย หมายถึง หัวข้อย่อยที่ประกอบขึ้นเป็นชุดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละชุดกิจกรรม

3. คำชี้แจงสำหรับนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรมในชุดกิจกรรม หมายถึงข้อแนะนำในการเรียนด้วยตนเองจากชุดกิจกรรมของผู้เรียน

4. สาระการเรียนรู้ หมายถึง เนื้อหารายละเอียดของหน่วยการเรียนในชุดกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. ตัวบ่งชี้ในการเรียนรู้ หมายถึง การระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ของเนื้อหาในหน่วยย่อยของชุดกิจกรรมตามที่หลักสูตรกำหนด

6. เวลาที่ใช้ หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละชุดกิจกรรมย่อย

7. กิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วย หมายถึง การกำหนดงานที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติ

8. สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้ หมายถึง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้กับการเรียนการสอนในชุดกิจกรรม

9. การประเมินผล หมายถึง การทดสอบความสามารถของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยหน่วยการเรียนในชุดกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 ตารางการสังเคราะห์องค์ประกอบของชุดการสอน

องค์ประกอบ	Houston et al. (1972)	Cardarelli (1973)	ทิศนา แขมมณี (2534)	บุญชม ศรีสะอาด (2541)	ศิริลักษณ์ หนองเส (2545)	ผู้วิจัย
1. คู่มือการใช้ชุดกิจกรรม				✓		
2. ชื่อชุดกิจกรรม		✓	✓		✓	✓
3. ชื่อหน่วย		✓			✓	
4. คำชี้แจง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5. จุดประสงค์การเรียนรู้	✓	✓	✓		✓	✓
6. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	✓	✓	✓		✓	
7. เวลาที่ใช้			✓		✓	
8. กิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วย	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9. สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้	✓		✓	✓	✓	✓
10. กิจกรรมประเมินตนเอง		✓				
11. การทดสอบย่อย		✓				
12. การทดสอบก่อนเรียน	✓	✓				
13. การทดสอบหลังเรียน	✓	✓		✓		
14. การวัดและประเมินผล	✓		✓	✓	✓	✓

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาองค์ประกอบของชุดการสอน และสังเคราะห์องค์ประกอบของชุดการสอน ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ชื่อชุดกิจกรรม
2. คำชี้แจง
3. สาระการเรียนรู้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วย
5. สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้
6. การวัดและประเมินผล

โดยผู้วิจัยจะนำองค์ประกอบของชุดการสอนดังกล่าวนี้ ไปใช้ในการสร้าง พัฒนาชุดการสอนร่วมกับกลไกหุ่นยนต์ที่มีการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อเป็นสร้างเป็นชุดการสอนที่ใช้ในงานวิจัยนี้

1.4 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวกับชุดการสอน

แนวคิดและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการสร้างชุดการสอน ได้จำแนกแนวคิดและหลักการของชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2545) ไว้ดังนี้

1. ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล นักการศึกษาได้นำหลักจิตวิทยามาใช้ในการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงความต้องการ ความถนัด และความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญบุคคลมีความแตกต่างกันหลายด้าน กล่าวคือ ความสามารถ สติปัญญา ความต้องการ ความสนใจ ร่างกาย อารมณ์ สังคม และความแตกต่างอื่นๆ วิธีการที่เหมาะสมที่สุด คือ การจัดการสอนรายบุคคล หรือการศึกษาตามสภาพ การศึกษาแบบเสรี และการศึกษาด้วยตนเอง ล้วนเป็นวิธีสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนตามสติปัญญาความสามารถ และความสนใจโดยครูเป็นผู้คอยช่วยเหลือตามความเหมาะสม

2. ทฤษฎีการเรียนรู้ยึดหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ หมายถึง การเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียน ดังนี้

2.1 เข้าร่วมกิจกรรมในการเรียนด้วยตนเอง

2.2 การทราบผลการเรียนทันที

2.3 มีการเสริมแรงอันจะทำให้นักเรียนกระทำพฤติกรรมนั้นซ้ำหรือหลีกเลี่ยงไม่กระทำ

2.4 ได้เรียนรู้ไปทีละขั้นตอนตามความสามารถและความสนใจ

2.5 การนำเอาสื่อประสมมาใช้ หมายถึงการนำสื่อการสอนหลายๆ อย่างมาสัมพันธ์กันอย่างมีคุณค่าที่ส่งเสริมซึ่งกันและกันอย่างมีระบบ สื่อการสอนอย่างงหนึ่งอาจใช้เร้าความสนใจในขณะอีกอย่างหนึ่งใช้เพื่อการอธิบายข้อเท็จจริงของเนื้อหา และอีกชนิดหนึ่งอาจใช้เพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้ง การใช้สื่อประสมช่วยให้ผู้เรียนมีประสบการณ์จากประสาทสัมผัสที่ผสมผสานกันให้นักเรียนได้ค้นพบวิธีการที่จะเรียนในสิ่งที่ต้องการได้ด้วยตนเองมากยิ่งขึ้น

2.6 การเอากระบวนการกลุ่มมาใช้ เดิมนั้นความสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียนในห้องเรียนมีลักษณะเป็นทางเดียวกล่าวคือ ครูเป็นผู้นำ นักเรียนเป็นผู้ตามนักเรียนไม่มีโอกาสฝึกการทำงานเป็นกลุ่มที่จะฝึกการเคารพในความคิดเห็นของผู้อื่นเมื่อโตขึ้นจึงทำงานร่วมกันไม่ได้แนวโน้มในปัจจุบันและอนาคตจะต้องนำกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์มาใช้ ทฤษฎีกระบวนการกลุ่มจึงเป็นแนวคิดทางพฤติกรรมศาสตร์ซึ่งนำมาไว้ในรูปของชุดการสอน

2.7 การนำวิธีวิเคราะห์ระบบมาใช้ในการผลิตชุดการเรียนซึ่งแตกต่างไปจากการทำโครงการ

สอนในปัจจุบันตรงที่ว่า ชุดการสอนมีการจัดเนื้อหาวิชาให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและวัยของผู้เรียนรายละเอียดต่าง ๆ ได้นำไปทดลองปรับปรุงจนมีคุณภาพเชื่อถือได้แล้วจึงนำมาใช้

ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. ความต้องการความถนัดความสามารถความสนใจของผู้เรียนที่มีลักษะแตกต่างและเป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคล

2. เน้นการจัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองครูเป็นเพียงผู้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำเท่านั้น

3. ใช้สื่อและอุปกรณ์ที่เหมาะสมและสามารถถ่ายถอดความรู้ให้กับผู้เรียนได้

4. ชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้และการพิจารณาตัดสินผลการเรียนให้นักเรียนทราบล่วงหน้าผู้เรียนควรมีส่วนร่วมในกิจกรรมและประเมินผลตนเองและควรมีการเสริมแรงให้กับผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง

1.5 ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน

การสร้างชุดการสอนต้องให้สอดคล้องกับความเหมาะสมตามบริบทของที่เกี่ยวข้องทั้งลักษณะผู้เรียน สภาพแวดล้อม และเนื้อหาที่จะช่วยให้สามารถเลือกรูปแบบของชุดการสอน เพื่อมุ่งประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ให้เกิดผลที่ดีขึ้น จึงได้มีนักการศึกษาได้ให้ขั้นตอนสำคัญๆ ในการสร้างชุดการสอนที่คล้ายคลึงกัน ดังที่นักการศึกษาได้ให้ขั้นตอนในการสร้างชุดการสอนไว้ดังนี้

Heathers (1977) ให้ขั้นตอนสำหรับผู้สรางชุดการเรียนการสอนด้วยตนเอง ได้แก่

1. ศึกษาหลักสูตรตัดสินใจเลือกสิ่งที่จะนำมาให้ผู้เรียนได้ศึกษาแลวจัดลำดับขั้นเนื้อหาให้ต่อเนื่องจากง่ายไปยาก

2. ประเมินหาความรูพื้นฐานประสบการณเดิมของผู้เรียน

3. เลือกกิจกรรมการเรียนวิธีสอนและสื่อการเรียนใหเหมาะสมกับผู้เรียนโดยคำนึงถึงความพร้อมและความตองการของผู้เรียน

4. กำหนดรูปแบบการเรียน

5. กำหนดหนาที่ของผู้ประสานงานหรืออำนวยความสะดวกในการเรียน

6. สรางแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนวาบรรลุเป้าประสงคในการเรียนหรือไม่

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ (2520) ได้อธิบายขั้นตอนการผลิตชุดการสอนอย่างมีระบบ ในการผลิตขุดการสอน โดยมีรายละเอียดขั้นตอน 10 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ เป็นการกำหนดหมวดวิชา กลุ่มประสบการณ์ หรืออาจเป็นการบูรณาการกับเนื้อหาวิชาอื่น

2. กำหนดหน่วยการสอน เป็นการแบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วย สำหรับการสอนในแต่ละ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ครั้ง ซึ่งอาจเป็นหน่วยการสอนละ 60 นาที 120 นาที หรือ 180 นาที โดยจะขึ้นอยู่กับเนื้อหาวิชาหรือระดับชั้น

3. กำหนดหัวเรื่อง เป็นการแบ่งเนื้อหาของหน่วยการสอนให้ย่อยลงมาอย่างที่เรียกได้ว่า หัวเรื่อง โดยพิจารณาเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนในเนื้อหานั้น ๆ ประกอบกัน

4. กำหนดมโนทัศน์และหลักการ เป็นการกำหนดสาระสำคัญจากหัวเรื่องในหน่วยนั้น ๆ โดยพิจารณาว่าในหัวเรื่องนั้น มีสาระสำคัญหรือหลักเกณฑ์อะไรที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้หรือให้เกิดขึ้นหลังจากเรียนจากชุดการสอน

5. กำหนดวัตถุประสงค์ เป็นการเขียนจุดประสงค์ของการสอนในหน่วยนั้น เพื่อจะทราบได้ว่าผู้เรียนควรจะต้องมีพฤติกรรมอย่างไร หลังจากที่เรียนในเรื่องนั้นแล้ว

6. กำหนดกิจกรรมการเรียน ในการกำหนดกิจกรรมการเรียนของชุดการสอนแต่ละหน่วยจะต้องให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการผลิตสื่อการสอนต่อไป

7. กำหนดการประเมินผล เป็นการกำหนดวิธีการที่จะวัดดูว่าผู้เรียนเรียนแล้วสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของหน่วยเนื้อหานั้น ๆ หรือไม่ โดยพิจารณาวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เตรียมไว้

8. การเลือกและผลิตสื่อการสอน ในการนี้จะต้องพิจารณาว่า ลักษณะเนื้อหาและลักษณะผู้เรียนตามที่กำหนดไว้สื่อชนิดใดหรือกิจกรรมการเรียนแบบใดจึงจะเหมาะสมสอดคล้อง และทำให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนได้มากที่สุด

9. การหาประสิทธิภาพชุดการสอน เมื่อสร้างชุดการสอนเสร็จเรียบร้อยแล้ว จำเป็นที่จะต้องนำชุดการสอนไปทดลองใช้ เพื่อตรวจดูว่า ชุดการสอนนั้นสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์เพียงใดและหากพบว่า ยังมีข้อบกพร่องก็จะนำไปปรับปรุงแก้ไขจนทำให้การเรียนรู้จากชุดการสอนนั้นบรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้

10. การใช้ชุดการสอน ชุดการสอนที่ผ่านการทดลองหาประสิทธิภาพและปรับปรุงแล้วจึงจะสามารถนำไปใช้ในห้องเรียนปกติได้ โดยจะมีขั้นตอนต่าง ๆ ในการใช้ดังนี้ คือ

10.1 ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อพิจารณาความรู้พื้นฐานของผู้เรียนก่อนเรียนเนื้อหานั้น ๆ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

10.2 ขั้นประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน

10.3 ขั้นสรุปบทเรียน

10.4 ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อพิจารณาว่าผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนมากน้อยเพียงใด

จากศึกษาขั้นตอนการสรางชุดการสอน สรุปได้วา การสรางชุดการสอนจะทำได้โดยการนำเอาข้อมูลที่ได้จากหลักสูตรและคำอธิบายรายวิชามาออกแบบชุดการ โดยมีวิธีการคือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. วิเคราะห์เนื้อหา
2. วิเคราะห์วัตถุประสงคเชิงพฤติกรรม
3. กำหนดเนื้อวิชาที่จะใชสอนใหสอดคลองกับวัตถุประสงคเชิงพฤติกรรม
4. สร้างใบเนื้อหาและแบบทดสอบ
5. จัดทำแผนการสอนโดย การกำหนดวิธีการสอนกิจกรรม กิจกรรม สื่อที่ใช้ ตลอดจนการทำแบบฝกหัดใหสอดคลองกับเวลาและเนื้อหาในการสอนแต่ละครั้ง
6. ออกแบบและสรางสื่อการสอนใหสอดคลองกับแผนการสอนที่ได้จัดทำไว้
7. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ตามวัตถุประสงคเชิงพฤติกรรม

1.6 การทดลองใช้และหาประสิทธิภาพชุดการสอน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) ได้กล่าว การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ 1) การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น 2) การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และ 3) การทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ แล้วนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) โดยมีขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอน คือ

1.6.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอน

ชุดการสอนที่ผลิตขึ้นมาและผ่านการทดลองหาประสิทธิภาพ จะต้องให้ได้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้จึงจะถือได้ว่าชุดการสอนนั้นมีคุณภาพ ซึ่งสามารถกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนได้เองโดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ลักษณะ คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยจะกำหนดให้ ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเป็น E_1 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เป็น E_2

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพสามารถกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ลักษณะ คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยจะกำหนดให้ ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเป็น E_1 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เป็น E_2

การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ การประเมินผลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยๆ หลายๆ อย่างเรียกว่ากระบวนการ (Process) ของผู้เรียนสามารถสังเกตได้จากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม (รายงานของกลุ่ม) การปฏิบัติงานรายบุคคลอันได้แก่งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ การประเมินผล

ผลลัพธ์ เป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของผู้เรียนในเนื้อหาแต่ละหน่วย โดยพิจารณาผลการสอบหลังเรียน ประสิทธิภาพของชุดการสอนจะพิจารณาจากเกณฑ์ที่ผู้ผลิตชุดการสอนจะได้กำหนดขึ้นว่า ผู้เรียนจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในระดับใด จึงจะเป็นที่ยอมรับได้ว่าอยู่ในระดับเป็นที่น่าพอใจ โดยจะกำหนดไว้ 2 ส่วน คือ ในส่วนของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยของคะแนนแบบฝึกหัด หรือกิจกรรมอื่นใดที่กำหนดไว้ในชุดการสอนของผู้เรียนทุกคน (E_1) และเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียน (E_2) นั่นคือ E_1/E_2 จะเท่ากับ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อยู่ในระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนพึงพอใจ หากชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพถึงระดับแล้วชุดการสอนนั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปเสนอผู้เรียนได้ และให้ผลคุ้มค่าแก่การลงทุนในการผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

ประสิทธิภาพของชุดการสอน หมายถึง คุณภาพของชุดสื่อประสมที่สร้างขึ้นมาในชุดการสอนนั้น เอื้ออำนวยเกื้อหนุนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เข้าใจในเนื้อหาบทเรียนนั้นเป็นอย่างดี

1.6.2 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) ได้เสนอวิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ กระทำได้ 2 วิธี คือ โดยใช้สูตรและโดยการคำนวณธรรมดา

1.6.2.1 โดยใช้สูตร กระทำได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

สูตรที่ 1 $E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100$ หรือ $E_1 = \frac{\overline{X}}{A} \times 100$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียนทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือออนไลน์

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติ ทุกชิ้นรวมกัน

N คือ จำนวนผู้เรียน

สูตรที่ 2 $E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$ หรือ $E_1 = \frac{\overline{F}}{B} \times 100$

เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

B คือ คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วย ประกอบด้วยผลการสอบหลังเรียนและคะแนนจากการประเมินงานสุดท้าย

N คือ จำนวนผู้เรียน

การคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตรดังกล่าวข้างต้น กระทำได้โดยการนำคะแนนรวมแบบฝึกปฏิบัติ หรือผลงานในขณะประกอบกิจกรรมกลุ่ม/เดี่ยว และคะแนนสอบหลังเรียน

1.6.2.2 โดยใช้วิธีการคำนวณโดยไม่ใช้สูตร

หากจำสูตรไม่ได้หรือไม่อยากใช้สูตรผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนก็สามารถใช้วิธีการคำนวณธรรมดาหาค่า E_1 และ E_2 ได้ ด้วยวิธีการคำนวณธรรมดา

สำหรับค่า E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพของงานและแบบฝึกปฏิบัติกระทำ ได้โดยการนำคะแนนงานทุกชิ้นของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม แต่ละคนมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยและเทียบส่วนโดยเป็นร้อยละ

สำหรับค่า E_2 คือ ค่าประสิทธิภาพผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียนของแต่ละสื่อหรือชุดการสอน กระทำได้โดยการเอาคะแนนจากการสอบหลังเรียนและคะแนนจากงานสุดท้ายของนักเรียนทั้งหมดรวมกันหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบส่วนร้อย เพื่อหาค่าร้อยละ

ความหมายในการตั้งเกณฑ์นั้น ถ้าหากตั้งเกณฑ์ค่า E_1/E_2 = 90 / 90 หมายความว่า เมื่อผู้เรียนเรียนจากชุดการสอนแล้ว คำนวณผลเฉลี่ยคะแนนที่ผู้เรียน คำนวณผลเฉลี่ยของคะแนนที่ผู้เรียนทุกคน สามารถทำแบบฝึกหัดหรืองานได้ผลเฉลี่ย 90% และทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ผลเฉลี่ย 90% แต่การที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ให้มีค่าเท่าใด ผู้ผลิตชุดการสอนจะเป็นผู้พิจารณา ตั้งได้ตามความเหมาะสม โดยปกติเนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ ความจำ จะตั้งเกณฑ์ไว้ที่ 80/80 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ทางด้านทักษะหรือเจตคติที่จำเป็นจะต้องใช้ระยะค่อนข้างยาวนาน ที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะหรือเปลี่ยนแปลงเจตคติได้ ดังนั้น จึงอาจตั้งต่ำกว่า เช่น 75/75 เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามผู้ผลิตก็ไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำจนเกินไป เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพของชุดการสอนที่ได้ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอได้ เนื่องจากไม่ได้มีการปรับปรุงแต่อย่างใด ซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้วในขั้นตอนการทดลองครั้งแรกๆ จะได้ค่าประสิทธิภาพที่ต่ำ แต่เมื่อได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ค่าประสิทธิภาพของชุดการสอนก็จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ และในขณะเดียวกันหากได้ค่าประสิทธิภาพสูงมาก ๆ ก็ไม่ควรจะตัดสินใจยอมรับค่านั้นในทันที เพราะค่าประสิทธิภาพที่สูง อาจจะเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น เนื้อหาที่จัดให้ง่ายกว่าของผู้เรียนหรือข้อสอบยังไม่ดีพอ โดยอาจจะเกิดจากการสร้างตัวเลือกไม่ดี เดาง่าย เป็นต้น ดังนั้น ผู้ผลิตชุดการสอนต้องตรวจสอบกระบวนการในการผลิตชุดการสอนในแต่ละขั้นว่า ถูกต้องและเหมาะสมเพียงใด

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์

2.1 ความหมายของกลไกหุ่นยนต์

Ackermann, Gauntlett, and Weckstrom (2009) ได้กล่าวถึง กลไกหุ่นยนต์ ไว้ว่าเป็นของเล่นในรูปแบบตัวต่อพลาสติกมีลักษณะเหมือนก้อนอิฐ มีขนาดและรูปร่างต่างกัน มีปุ่มและร่องเพื่อการประกอบโดยไม่ต้องใช้กาว เพื่อให้ผู้เล่นนำไปสร้างสรรค์ต่อเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ตามจินตนาการ สร้างตัวต่อเป็นรูปทรงต่าง ๆ เพื่อใช้จำลองระบบในงานวิศวกรรมหรือวิทยาศาสตร์ เช่น ระบบควบคุมอัตโนมัติ ระบบทางไฟฟ้า อุปกรณ์ทางกลศาสตร์ ซึ่งชุดอุปกรณ์พิเศษเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เล่นสามารถเชื่อมโยงความรู้จากการเล่นไปสู่การเรียนรู้ระบบต่าง ๆ ในชีวิตจริง สามารถประยุกต์ใช้ตัวต่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ การพัฒนาทักษะความคิด การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ รวมถึงใช้เป็นสื่อและเครื่องมือในการเรียนการสอนทั้งในและนอกชั้นเรียน

Keen (2011) ในฐานะนักจิตวิทยาด้านการพัฒนา ได้กล่าวว่า กลไกหุ่นยนต์ เป็นเครื่องการสอนกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์และเพิ่มพูนทักษะที่สำคัญ อาทิ ทักษะเชิงพื้นที่, ความสามารถในการสร้างสรรค์ความคิดที่แตกต่าง, ทักษะทางสังคม และทักษะทางด้านภาษา

จากความหมายของกลไกหุ่นยนต์ที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า กลไกหุ่นยนต์ คือ เครื่องมือการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นชุดตัวต่อกลไก ที่อาศัยการนำความรู้ด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกลศาสตร์ มาใช้เป็นสื่อในชุดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้ให้ผู้เรียน ใช้ความรู้และทักษะต่าง ๆ ผ่านกระบวนการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เช่น ทักษะการคิด ทักษะการทำงานร่วมกัน และพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ผลงานเป็นนวัตกรรมตามออกแบบของผู้เรียน อีกทั้งเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 ประเภทของกลไกหุ่นยนต์

กลไกหุ่นยนต์เป็นกลไกเครื่องจักรกลที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่อใช้ในการทำงานตามวัตถุประสงค์ในการสร้าง กลไกหุ่นยนต์จึงมีรูปแบบลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไปตามแต่ละหน้าที่ ในการใช้งานของกลไกนั้น ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหุ่นยนต์จึงได้จำแนกประเภทของหุ่นยนต์ตามลักษะการทำงาน และโครงสร้างไว้ดังนี้

ชิต เหล่าวัฒนา (2010) ได้กล่าวถึงว่า สมาคมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมแห่งประเทศญี่ปุ่น (JIRA : Japanese Industrial Robot Association) ได้กำหนดเกณฑ์มาตราฐานในการจำแนกระดับการทำงานของหุ่นยนต์เป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. หุ่นยนต์ระดับที่ 1 คือ กลไกที่ถูกควบคุมด้วยมนุษย์ (Manual-Handling Device)
2. หุ่นยนต์ระดับที่ 2 คือ หุ่นยนต์ที่ทำงานตามแผนล่วงหน้าที่กำหนดไว้ โดยไม่สามารถ

ปรับเปลี่ยนแผนงานได้ (Fixed-Sequence Robot)

3. หุ่นยนต์ระดับที่ 3 คือ หุ่นยนต์ที่ทำงานตามแผนล่วงหน้าที่กำหนดไว้ โดยสามารถปรับเปลี่ยนแผนงานได้ (Variable-Sequence Robot)

4. หุ่นยนต์ระดับที่ 4 คือ ผู้ควบคุมเป็นผู้สอนงานให้กับหุ่นยนต์ หุ่นยนต์จะทำงานเล่นย้อนกลับ ตามที่หน่วยความจำบันทึกไว้ (Playback Robot)

5. หุ่นยนต์ระดับที่ 5 คือ ผู้ควบคุมบันทึกข้อมูลเชิงตัวเลขการเคลื่อนที่ให้กับหุ่นยนต์ หุ่นยนต์สามารถทำงานได้เอง โดยไม่ต้องทำการสอนงาน (Numerical Control Robot)

6. หุ่นยนต์ระดับที่ 6 คือ หุ่นยนต์มีความฉลาด สามารถเรียนรู้สภาพแวดล้อม และตัดสินใจทำงานได้ด้วยด้วยเอง (Intelligent Robot)

วิชาญ คำแสน (2545) กล่าวว่า กลไกหุ่นยนต์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. กลไกหุ่นยนต์ชนิดที่ติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed robot) เป็นกลไกหุ่นยนต์ที่ฐานยึดติดอยู่กับที่ จึงไม่สามารถเคลื่อนที่หรือย้ายตำแหน่งได้ ส่วนใหญ่จะเป็นกลไกที่มีลักษณะเป็นแขนกล (Robot arm) หรือสามารถเคลื่อนไหวได้เฉพาะแต่ละข้อต่อภายในตัวเองเท่านั้น นิยมนำไปใช้ในการหยิบจับหรือเคลื่อนย้ายสิ่งของในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานประกอบรถยนต์ โรงงานผลิตขวด

2. หุ่นยนต์ชนิดเคลื่อนที่ได้ (Mobile robot) เป็นกลไกหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเอง โดยการใช้ล้อ (Wheel) หรือเคลื่อนที่โดยการใช้ขา (Leg) หุ่นยนต์ส่วนใหญ่ในประเภทนี้เป็นงานวิจัยที่อยู่ในห้องทดลอง เช่น หุ่นยนต์อาซิโม

2.3 ส่วนประกอบของกลไกหุ่นยนต์

ลักษณะและโครงสร้างของหุ่นยนต์ที่มีความแตกต่างกันแต่ละประเภท จะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน แต่หุ่นยนต์โดยส่วนใหญ่ จะมีส่วนประกอบสำคัญที่เหมือนกัน จึงมีผู้เชี่ยวชาญทางด้านหุ่นยนต์จำแนกไว้ดังนี้

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล; ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล; และกฤษดา ใจเย็น (2546) ได้จำแนกส่วนประกอบของหุ่นยนต์โดยทั่วไป จะประกอบด้วย 4 ส่วนสำคัญ ดังนี้

1. อุปกรณ์ทางกลไก (Mechanic)

อุปกรณ์ทางกลไก คือ ชิ้นส่วนกลไกต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ เช่น โครงสร้าง เพลา เฟือง สกรูส่งกำลัง สายพาน โซ่ สปริง ข้อต่อสวมเพลา คลัตช์ เบรก ข้อต่อ ก้านต่อโยง ตลับลูกปืน และปลอกสวม

โครงสร้างเป็นส่วนประกอบหลักของหุ่นยนต์ ซึ่งทำหน้าที่ยึดจับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในตัวหุ่นยนต์ และยังป้องกันอุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่ให้ได้รับอันตรายจากภายนอก โครงสร้างของหุ่นยนต์เปรียบได้กับโครงกระดูกของมนุษย์ และมีลักษณะแตกต่างกันไป ตามหน้าที่การทำงานและวัตถุประสงค์ของ

หุ่นยนต์นั้น ๆ เช่น หุ่นยนต์ทรงกลมที่สร้างขึ้น เพื่อศึกษาลักษณะการกลิ้ง จะออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ให้มีลักษณะเหมือนลูกบอล แต่หากหุ่นยนต์ถูกสร้างขึ้นมา เพื่อเลียนแบบการทำงาน หรือการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างนั้นก็จะถูกออกแบบมาให้มีลักษณะคล้ายกับสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ๆ โดยแสดงโครงสร้างขาของหุ่นยนต์เลียนแบบขาของมนุษย์ วัสดุที่นิยมนำมาสร้างเป็นโครงสร้างของหุ่นยนต์ ได้แก่ อะลูมิเนียม เหล็ก พลาสติก ซึ่งการเลือกใช้วัสดุนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้งาน เช่น หากต้องการสร้างหุ่นที่มีน้ำหนักเบา ควรเลือกใช้อะลูมิเนียมเป็นวัสดุหลัก นอกจากนี้การเลือกใช้วัสดุควรคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น กระบวนการผลิต ราคา

1.1 เพลา (Shaft)

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีลักษณะเป็นก้านทรงกระบอกที่หมุนได้ ใช้สำหรับการส่งถ่ายกำลังจากอุปกรณ์ขับเร้า เช่น มอเตอร์ ไปยังส่วนที่เคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ เพลาเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญมากในหุ่นยนต์ที่เคลื่อนไหวได้ทุกชนิด นอกจากเพลาแล้ว ยังมีแกน (axle) ซึ่งมีลักษณะเดียวกันกับเพลา แต่ไม่สามารถหมุนได้ ทำหน้าที่รองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ

1.2 เฟือง (Gear)

เฟืองทำหน้าที่ส่งกำลังจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่ง โดยใช้การขบกันของฟันเฟือง ในการส่งถ่ายกำลังของเฟืองนั้น จะประกอบไปด้วยเฟือง 2 ตัว ที่ขบกันอยู่ โดยมีเฟืองขับ (driving gear) หรือพิเนียน (pinion) เป็นตัวหมุนส่งกำลังให้แก่เฟืองตาม (driven gear) เฟืองที่นิยมใช้ในหุ่นยนต์มีอยู่หลายชนิด ซึ่งเฟืองแต่ละชนิดสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของฟัน ได้แก่ เฟืองตรง เฟืองเฉียง เฟืองดอกจอก และชุดเฟืองหนอน เฟืองดอกจอก

1.3 สกรูส่งกำลัง (Power screw)

สกรูส่งกำลังมีหน้าที่ส่งกำลังโดยเปลี่ยนจากการหมุนเป็นการเลื่อน มีอัตราการทดของเฟืองที่สูงมาก จึงสามารถใช้ในการส่งถ่ายกำลังได้ดี นิยมใช้ในงานที่ต้องแบกรับน้ำหนักมาก ๆ

1.4 สายพาน (Belt)

สายพานมีหน้าที่ส่งกำลังจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่ง เช่นเดียวกับเฟือง แต่สายพานมีสมบัติเฉพาะตัว คือ อ่อนตัวได้ สามารถรับแรงกระตุกและแรงสั่นได้ดีกว่าเฟือง เสียงเบากว่า แต่ก็มีข้อเสีย คือ อัตราทดไม่แน่นอน เนื่องจาก การไถลตัวของสายพาน และไม่สามารถรับอัตราทดที่สูงได้ การส่งกำลังด้วยสายพานทำได้โดยติดตั้งวงล้อสายพานตั้งแต่ 2 อันขึ้นไป โดยทั่วไปชนิดของสายพานที่นิยมใช้ในหุ่นยนต์ ได้แก่ สายพานแบน ที่มีหน้าตัดขวางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สายพานกลม ที่มีหน้าตัดขวางเป็นวงกลม สายพานลิ่ม ที่มีหน้าตัดขวางเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู และสายพานฟัน ที่มีลักษณะเหมือนกับสายพานแบน แต่ที่สายพานจะมีฟัน เพื่อใช้ขบกับวงล้อสายพานแบบเฟือง ทำให้ไม่มีการลื่นไถล

1.5 โซ่ (Chain)

โซ่มีหน้าที่ส่งกำลังจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งเช่นเดียวกับเฟืองและสายพานในการส่งกำลัง โซ่จะคล้องอยู่รอบเฟืองโซ่ตั้งแต่ ๒ อันขึ้นไป ซึ่งเฟืองโซ่เป็นล้อที่มีฟันรูปร่างพิเศษ เพื่อรับกับร่องของโซ่ ในการขับด้วยโซ่นั้น ข้อโซ่จะขบกับฟันของเฟืองโซ่ จึงไม่มีการลื่นไถล ทำให้การส่งกำลังมีอัตราทดคงที่เช่นเดียวกับการขับด้วยเฟือง แต่การติดตั้งไม่ต้องเที่ยงตรงเหมือนกับการติดตั้งเฟือง จึงเป็นที่นิยมกันมาก แต่ก็มีข้อเสีย คือ มีเสียงดัง

1.6 ข้อต่อ (Joint)

ข้อต่อเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่อย่างสัมพันธ์กันของหุ่นยนต์ โดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือ ข้อต่อหมุน (rotational joint) เป็นข้อต่อที่ต่อกับชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ในลักษณะที่มีการหมุนรอบข้อต่อ และข้อต่อเชิงเส้น (linear joint) เป็นข้อต่อที่ต่อกับชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ในลักษณะเป็นเชิงเส้น เช่น เคลื่อนที่แบบไป-กลับในแนวเส้นตรงหรือโค้ง

1.7 สปริงขด

สปริง (Spring) สปริงเป็นชิ้นส่วนที่มีความยืดหยุ่น มีหน้าที่หลายอย่าง เช่น ส่งแรงจากชิ้นส่วนหนึ่งไปยังอีกชิ้นส่วนหนึ่ง รองรับแรงกระแทก เป็นแหล่งพลังงานให้แก่กลไก และยังมีหน้าที่ให้ชิ้นส่วนกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิม สปริงที่นิยมใช้ในหุ่นยนต์ ได้แก่ สปริงขด สปริงขดแบบดึง สปริงขดแบบบิด สปริงแผ่น สปริงแหวน และสปริงลาน

1.8 ข้อต่อสวมเพลาแบบยืดหยุ่นได้ข้อต่อสวมเพลา (Coupling)

ข้อต่อสวมเพลาเป็นอุปกรณ์ซึ่งมีหน้าที่ส่งถ่ายแรงบิดระหว่างเพลา 2 เพลา โดยเพลาที่ต่อกับต้นกำลังจะเป็นเพลาขับ และอีกด้านหนึ่งเป็นเพลาตาม ข้อต่อสวมเพลาที่นิยมใช้กับหุ่นยนต์สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.8.1 ข้อต่อสวมเพลาแบบแข็งเกร็ง (rigid coupling) ใช้ในการต่อเพลาที่มีศูนย์ของเพลาทั้งสองอยู่ตรงกัน

1.8.2 ข้อต่อสวมเพลาแบบยืดหยุ่นได้ (flexible coupling) มีความยืดหยุ่นเล็กน้อย จึงช่วยประกอบเพลา 2 เพลา ที่มีการเยื้องศูนย์ได้ และยังช่วยลดการเกิดแรงกระชากหรือแรงสั่นได้อีกด้วย

1.8.3 ข้อต่อสวมเพลานิรภัย (safety coupling) ใช้ป้องกันไม่ให้เกิดภาระเกิน (over load)

1.9 คลัตช์ (Clutch)

คลัตช์เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ส่งถ่ายแรงบิดระหว่างเพลา 2 เพลา เช่นเดียวกับข้อต่อสวมเพลา แต่สามารถตัดต่อกำลังในการส่งถ่ายได้ในขณะที่เพลากำลังหมุนอยู่ จำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1.9.1 คลัตช์ที่ใช้แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส (friction clutch) ได้แก่ คลัตช์แผ่น คลัตช์ลิ่ม คลัตช์ก้ามปู และคลัตช์แม่เหล็กไฟฟ้า คลัตช์ประเภทนี้จะเกิดการลื่นไถลได้ ทำให้ลดแรงกระแทกที่เกิดขึ้นที่ข้อต่อเพลา แต่มีข้อเสีย คือ มักเกิดความร้อนสูง

1.9.2 คลัตช์ที่ไม่ใช้ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส (positive contact clutch) ได้แก่ คลัตช์ที่ใช้วิธีการล็อกทางกลโดยตรง (direct mechanical lock-up) ข้อดีคือ ไม่มีการลื่นไถล ทำให้ไม่เกิดความร้อน ส่วนข้อเสีย คือ ไม่สามารถตัดต่อเพลาที่หมุนด้วยความเร็วรอบสูงได้ และจะเกิดแรงกระแทกขึ้นทุกครั้ง

1.10 เบรก (Break)

เบรกเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วน ทำให้การเคลื่อนที่ช้าลง หรือหยุดการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนนั้น ๆ ด้วยการใช้แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส แบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ เบรกแผ่นคาด เบรกก้ามปู และเบรกแบบจาน

1.11 ตลับลูกปืนและปลอกสวม (Bearing and Bush)

ตลับลูกปืนและปลอกสวมต่างก็เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รองรับจุดหมุน หรือจุดต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ มีหน้าที่ลดแรงเสียดทาน ที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของอุปกรณ์

2. อุปกรณ์ขับเร้า (Actuator)

อุปกรณ์ขับเร้า คือ อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าให้กลายเป็นการกระจัด การเคลื่อนที่ หรือแรง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ระบบนิวแมติก ระบบไฮดรอลิก

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มีหน้าที่เป็นตัวขับกลไกต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ให้เคลื่อนไหว เปรียบเสมือนกล้ามเนื้อของมนุษย์ที่มีหน้าที่ขับเคลื่อนอวัยวะต่างๆ ให้เคลื่อนไหว เช่น เมื่อต่อมอเตอร์เข้ากับข้อต่อ หุ่นยนต์จะสามารถหมุนข้อต่อนั้นได้ หรือต่อมอเตอร์เข้ากับชุดล้อ หุ่นยนต์ก็จะสามารถขับเคลื่อนได้ มอเตอร์ไฟฟ้าแบบหมุนต่อเนื่อง ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์ (stator) และส่วนที่เคลื่อนที่หรือโรเตอร์ (rotor) โดยมีหลักการทำงาน คือ กระแสไฟฟ้าที่ถูกจ่ายเข้าไปเป็นพลังงานให้แก่มอเตอร์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในขดลวดสเตเตอร์และขดลวดโรเตอร์ การผลักกันของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งสอง ทำให้เพลาที่ต่ออยู่กับโรเตอร์หมุนอย่างต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ และจะหยุดหมุนก็ต่อเมื่อ ปิดการจ่ายพลังงานไฟฟ้า หรือแรงหมุนของมอเตอร์ไม่สามารถเอาชนะภาระที่มากระทำต่อมอเตอร์ได้

2.2 มอเตอร์แบบลำดับขั้น

มอเตอร์แบบลำดับขั้นหรือสเตปเปอร์มอเตอร์ (Stepper motor) โดยทั่วไปแล้วมอเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ไฟฟ้าจะมีการหมุนที่ต่อเนื่อง และอาจไม่สะดวกมากนัก หากต้องการสั่งการทำงานให้เคลื่อนที่เป็นองศา ตามที่กำหนด มอเตอร์แบบลำดับขั้นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่สามารถนำไปใช้งานควบคุมทิศทางการหมุน ตามตำแหน่งที่ต้องการได้ หากตำแหน่งนั้นตรงกับลำดับขั้นของมอเตอร์พอดี ลักษณะการทำงานของมอเตอร์แบบลำดับขั้น จะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ (pulse) ให้แก่ขดลวดสเตเตอร์ ทำให้เกิดแรงผลักที่โรเตอร์ จึงเกิดการหมุนของมอเตอร์แบบลำดับขั้น เมื่อหมุนครบ 1 รอบจะเท่ากับ 360 องศา ซึ่งถ้ามอเตอร์แบบลำดับขั้นมีการหมุนเท่ากับ 5 องศาต่อขั้น ความละเอียดในการหมุนของมอเตอร์แบบลำดับขั้นตัวนี้ จึงจะเท่ากับ 72 ขั้นต่อรอบ ปัจจุบัน มีการใช้งานมอเตอร์แบบลำดับขั้นอย่างแพร่หลาย เพราะสามารถควบคุมการหมุนตำแหน่งใดก็ได้ เช่น หัวอ่านซีดีรอม ฮาร์ดดิสก์ ตลอดจนอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ เช่น หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ระบบสายพาน

2.3 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor)

เซอร์โวมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ชนิดพิเศษ ที่สามารถควบคุมให้ทำงาน เฉพาะในตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งได้ โดยเซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้า เซ็นเซอร์จับตำแหน่งของเพลา และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมมอเตอร์ คำว่า “เซอร์โว” มาจากระบบ ที่สามารถควบคุมพฤติกรรมของมันเองได้ ซึ่งสามารถวัดตำแหน่งของตัวเอง และชดเชยกำลังงานที่เสียไป ด้วยสัญญาณควบคุมที่ป้อนกลับมา มอเตอร์ชนิดนี้ นิยมใช้ในงานที่ต้องการความแม่นยำของตำแหน่งสูง

2.4 ระบบนิวแมติก (Pneumatic)

ระบบนิวแมติก คือ ระบบกำลังของไหลที่ใช้แรงดันของอากาศเป็นตัวขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นพลังงานกล เช่น กระบอกสูบระบบนิวแมติก มอเตอร์ระบบนิวแมติก เนื่องจากของไหลที่ใช้ในการอัด คือ อากาศ ซึ่งมีการอัดยุบตัวได้ ระบบนิวแมติกจึงไม่สามารถแบกรับน้ำหนักมากได้

2.5 ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic)

ระบบไฮดรอลิก คือ ระบบกำลังของไหล ที่ใช้แรงดันของเหลวเป็นตัวขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นพลังงานกล โดยมีหลักการทำงานคล้ายระบบนิวแมติก แต่แตกต่างกันที่ของไหลที่ใช้ในการอัด เนื่องจากของไหลที่ใช้ในการอัดคือ ของเหลว ซึ่งไม่มีการยุบตัว ระบบไฮดรอลิกจึงนิยมใช้ในงานที่ต้องใช้กำลังสูง

3. อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic equipment)

อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic equipment) คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่ใช้สัญญาณทางระบบไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์ตรวจรู้ วงจรขับต่าง ๆ อุปกรณ์แสดงผล

3.1 อุปกรณ์ตรวจรู้ (Sensor)

อุปกรณ์ตรวจรู้หรือที่เรียกกันว่า เซ็นเซอร์ ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการรับค่า (input) ปริมาณทางฟิสิกส์ เช่น แสง สี อุณหภูมิ เสียง แรง ความดัน ความหนาแน่น

ระยะทาง ความเร็ว อัตราเร่ง ระดับความสูง อัตราการไหล แล้วแปลงปริมาณทางฟิสิกส์ที่ได้เป็นสัญญาณไฟฟ้า หรือปริมาณการวัดในรูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้

อุปกรณ์ตรวจรู้เป็นส่วนที่สำคัญในการทำงานของหุ่นยนต์ โดยเปรียบเสมือนประสาทสัมผัสในการทำงานของมนุษย์ เช่น อุปกรณ์ตรวจรู้แสงที่ทำหน้าที่เหมือนตา โดยเปลี่ยนแสงและสีที่รับเข้ามาเป็นสัญญาณไฟฟ้า แล้วส่งต่อให้ระบบประมวลผล อุปกรณ์ตรวจรู้มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับสิ่งที่จะตรวจวัด เช่น อุปกรณ์ตรวจรู้อินฟราเรด ที่ใช้บอกตำแหน่ง โดยการสะท้อนของคลื่นแสง ที่มีความถี่ต่ำกว่าแสงสีแดง อุปกรณ์ตรวจรู้อัลตราโซนิกใช้บอกตำแหน่งโดยการสะท้อนของคลื่นเสียงที่มีความถี่สูง เลเซอร์เรนจ์ไฟน์เดอร์ (laser rangefinder sensor) ใช้ในการกะระยะนำทางโดยใช้แสงเลเซอร์ อุปกรณ์ตรวจรู้ระบบจีพีเอส (GPS: Global Positioning System) ใช้ในการบอกตำแหน่ง โดยใช้การอ้างอิงจากดาวเทียม นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ตรวจวัดค่าต่าง ๆ ที่สำคัญในการออกแบบกลไกหุ่นยนต์ เช่น อุปกรณ์ตรวจรู้วัดตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจรู้วัดความเร็ว อุปกรณ์ตรวจรู้วัดความเร่ง อุปกรณ์ตรวจรู้วัดแรง อุปกรณ์ตรวจรู้วัดแรงบิด

3.2 เอนโคดเดอร์ (Encoder)

เอนโคดเดอร์เป็นอุปกรณ์ตรวจรู้รูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เพราะใช้ในการวัดมุมเพลาของมอเตอร์ เอนโคดเดอร์ประกอบด้วย จานหมุน และอุปกรณ์ตรวจจับ ที่จานหมุนจะมีช่องเล็กๆ ซึ่งเมื่อเพลาของมอเตอร์หมุน จะทำให้จานหมุนไปตัดลำแสงของอุปกรณ์ตรวจจับ ส่งผลให้ชุดไฟฟ้ารับแสงมีการรับสัญญาณเป็นช่วง ๆ สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จึงมีลักษณะเป็นพัลส์ (pulse) ซึ่งสัญญาณพัลส์จะแปรผันตรงกับการหมุนของเพลาของมอเตอร์ที่มีอยู่ 2 ชนิด คือ

3.2.1 เอนโคดเดอร์ อินคริเมนต์ (incremental encoder) โดยทั่วไปเรียกว่า เอนโคดเดอร์แบบโรตารี (rotary encoder) เป็นเอนโคดเดอร์แสดงความเร็ว สัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณแบบดิจิทัล ซึ่งง่ายต่อการแปลผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.2 เอนโคดเดอร์แบบสัมบูรณ์ (absolute encoder) หรือโดยทั่วไปเรียกว่า โพเทนทิโอมิเตอร์ (potentiometer) ซึ่งทำงานคล้ายกับเอนโคดเดอร์แบบโรตารี แต่สัญญาณที่ได้จะเป็นเลขฐานสอง (binary) การใช้งานจึงยากกว่าเอนโคดเดอร์แบบโรตารี แต่ให้ความเที่ยงตรงและสามารถบอกทุกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ได้

3.3 อุปกรณ์แสดงผล (Output device)

อุปกรณ์แสดงผล คือ อุปกรณ์ที่ใช้แสดงค่าสถานะต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ให้มนุษย์ทราบ ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น จอภาพ ที่ใช้บอกสถานะด้วยภาพ ลำโพง ที่ใช้บอกสถานะด้วยเสียง หรือแม้กระทั่งหลอดไฟก็ใช้บอกสถานะของหุ่นยนต์ได้เช่นกัน

3.4 อุปกรณ์ชุดขับมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมตำแหน่งและความเร็วของมอเตอร์

อุปกรณ์ชุดขับมอเตอร์เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้มอเตอร์เกิดการหมุน ส่วนใหญ่การทำงาน

ของชุดขับ เหมือนกับการทำงานของสวิตช์ ที่เปิด-ปิดตามสัญญาณที่ชุดควบคุมส่งออกมา ชุดขับมอเตอร์ใช้ในการควบคุมตำแหน่ง และความเร็วของมอเตอร์ เช่น การขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงความเร็วของการหมุนขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ แต่แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้ ต้องไม่เกินค่าที่มอเตอร์สามารถรับได้ด้วย มิฉะนั้นจะทำให้เกิดความร้อนที่ตัวของมอเตอร์ และเกิดความเสียหายขึ้นได้ ส่วนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ขึ้นอยู่กับขั้วของแหล่งจ่ายที่ป้อนเข้าไป

3.5 แหล่งกำเนิดไฟฟ้า

แหล่งจ่ายไฟ ส่วนสำคัญที่ทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานหรือเคลื่อนไหวได้ โดยหุ่นยนต์ส่วนใหญ่จะใช้แรงดันไฟตรงเป็นไฟเลี้ยง และระดับของแรงดันจะขึ้นกับชนิดของส่วนควบคุม ชนิดและขนาดของมอเตอร์เป็นหลัก แหล่งจ่ายไฟในหุ่นยนต์ส่วนมากจะเป็นแบตเตอรี่ (battery) แบตเตอรี่ที่ใช้มีทั้งแบบประจุแรงดันใหม่ได้และไม่ได้ ซึ่งจะแตกต่างกันไปขนาด ประเภทขององค์ประกอบสารที่นำมาผลิตแบตเตอรี่ รวมทั้งราคา ซึ่งมีส่งผลต่อความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้า ประเภทแบตเตอรี่ที่นิยมใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของกลไกหุ่นยนต์ คือ แบตเตอรี่ถ่านไฟฉายธรรมดาที่ประจุแรงดันใหม่ไม่ได้ ขนาด AA ที่ให้แรงดันไฟฟ้า 1.5 โวลต์ (V) และกระแสไฟฟ้าประมาณ 400-800 มิลลิแอมแปร์ (mA) หรือแต่ถ้าเป็นแบตเตอรี่ถ่านไฟฉายที่ประจุใหม่ได้ จะมีให้แรงดันไฟฟ้า 1.2 โวลต์ (V) และกระแสไฟฟ้าประมาณ 500-1500 มิลลิแอมแปร์ (mA)

4. อุปกรณ์ควบคุม (Controller)

อุปกรณ์ควบคุม คือ สมองกลที่ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น สมองกลที่ประดิษฐ์จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องควบคุมขนาดเล็ก คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถสร้างโปรแกรมได้ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

4.1 สมองกลที่ประดิษฐ์จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ความแตกต่างระหว่างหุ่นยนต์กับเครื่องจักรกลทั่วไป คือ หุ่นยนต์มีระดับขั้นการทำงานด้วยตัวเองสูงกว่าเครื่องจักรกล สมองกลของหุ่นยนต์เปรียบได้กับสมองของมนุษย์ ซึ่งหากหุ่นยนต์ไม่มีสมองกลไว้สั่งการ ก็อาจเดินไปชนฝาผนังหรือสิ่งต่าง ๆ ได้ ในการควบคุมหุ่นยนต์ที่ไม่มีเงื่อนไขการทำงานมากนัก สามารถใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน เช่น ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ ทรานซิสเตอร์ อุปกรณ์ตรวจรู้มาประกอบกันเป็นวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้

4.2 เครื่องควบคุมขนาดเล็ก

เครื่องควบคุมขนาดเล็ก (Microcontroller) หุ่นยนต์ที่มีเงื่อนไขของการทำงานมากขึ้นจำเป็นต้องเพิ่มความสามารถให้แก่สมองกลของหุ่นยนต์ ดังนั้น จึงได้มีการคิดค้นเครื่องควบคุมขนาดเล็กขึ้นมา เพื่อแทนที่วงจรอิเล็กทรอนิกส์และด้วยพื้นฐานดังกล่าว เครื่องควบคุมขนาดเล็กจึงสามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงานได้ง่าย โดยการเปลี่ยนโปรแกรมลำดับการควบคุม บนเครื่อง

คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล นอกจากนี้ราคาไม่แพง ต้องการแหล่งจ่ายไฟต่ำ เครื่องควบคุมขนาดเล็กจึงเป็นที่นิยมใช้กันมาก สำหรับการสร้างสมองกลให้แก่หุ่นยนต์

4.3 แผงวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป (Single Board Computer: SBC) เป็นเครื่องควบคุมที่มีการทำงานเหมือนกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพียงแต่ทุกอย่างจะย่อลงมาให้อยู่ในแผงวงจรเล็ก ๆ เพียงแผงเดียว ซึ่งนิยมใช้ในหุ่นยนต์ที่มีเงื่อนไขในการทำงานมาก หรือมีการควบคุมที่ซับซ้อน

4.4 เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สร้างโปรแกรมได้

เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถสร้างโปรแกรมได้ หรือพีแอลซี (Programmable Logic Controller : PLC) เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถสร้างโปรแกรมได้ถูกคิดค้นและพัฒนาขึ้นมา เพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ (relay) ของการควบคุมระบบอัตโนมัติ ซึ่งนิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม ในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้งานสะดวก และปรับเปลี่ยนการทำงานได้ง่าย รวมทั้งสามารถใช้งานได้อย่างอเนกประสงค์ และง่ายต่อการบำรุงรักษา

4.5 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer: PC)

คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเป็นเครื่องควบคุมระดับสูง ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานของหุ่นยนต์ได้อย่างหลากหลาย มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในบรรดาเครื่องควบคุมทั้งหมดที่กล่าวมา แต่ไม่นิยมใช้ในหุ่นยนต์ทั่วไปมากนัก เนื่องจากมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก และต้องการพลังงานสูง

2.4 การประยุกต์ใช้กลไกหุ่นยนต์ในการศึกษา

กลไกหุ่นยนต์ (Mechanical Robot) เป็นการนำความรู้ด้านต่าง ๆ มารวมกันเข้าเพื่อทำให้เกิดความเจริญก้าวหน้า ได้แก่ ด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกลศาสตร์ ทำให้การเรียนการสอนที่นำศาสตร์ต่าง ๆ มารวมเข้าเป็นที่น่าสนใจ สนุก น่าทดลอง และพัฒนาการระบบการคิดและจินตนาการของผู้เรียน ปัจจุบันจึงให้มีการนำกลไกหุ่นยนต์มาประยุกต์ใช้ในการศึกษามากขึ้น

จากศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัย พบว่า กลไกหุ่นยนต์ สามารถนำมาบูรณาการในการเรียนการสอนทางการศึกษา เพื่อช่วยพัฒนาทักษะหรือพฤติกรรมในการเรียนของผู้เรียน (Barker & Ansorge, 2007) จำแนกออกเป็นประเด็นสำคัญ 4 ด้าน ดังนี้

1. การใช้กลไกหุ่นยนต์ในการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ทำให้เพิ่มความสนใจและพัฒนาทัศนคติของนักเรียนที่เรียนเกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

1.1 Barak and Zadok (2009) พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาสามารถแก้ปัญหาได้

อย่างสร้างสรรค์และได้รับทักษะการทำงานเป็นทีม และการร่วมมือทำงานตามโครงการชุดอุปกรณ์กลไกหุ่นยนต์ เช่น LEGO Mindstorm

1.2 Varney, Janoudi, Aslam, and Graham (2012) พบว่า การใช้กลไกหุ่นยนต์ในกิจกรรมต่าง ๆ กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียน เพราะเป็นเครื่องมือสนับสนุนการสร้างวิธีการเรียนรู้ นักเรียนพูดคุยแก้ปัญหาร่วมงานกับเพื่อนและรวมความรู้เพื่อสร้างกลไกหุ่นยนต์

1.3 Wei, Hung, Lee, and Chen (2011) พบว่า การใช้กลไกหุ่นยนต์ในโรงเรียนระดับประถมศึกษา จะช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกันและทักษะในการแก้ปัญหา เนื่องจากนักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการและการสร้างสิ่งประดิษฐ์สำหรับโครงการกลไกหุ่นยนต์

1.4 Varney et al. (2012) และ Barak and Zadok (2009) ได้ทำการศึกษาและพบว่าการใช้กลไกหุ่นยนต์การเรียนการสอนจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และเพิ่มความสนใจของนักเรียนในเกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์

2. การใช้กลไกหุ่นยนต์ในการสอนหลักการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ โดยใช้กลไกหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการจัดเรียงลำดับทางคณิตศาสตร์ และทักษะสัมพันธภาพของโปรแกรม

2.1 Barker and Ansorge (2007) พบว่า การสอนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ด้วยกลไกหุ่นยนต์ในทางหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในช่วงอายุ 9 - 11 ปี จะช่วยให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเกิดประสิทธิผลที่ดี

2.2 Kazakoff Myers, Sullivan, and Bers (2012) สนับสนุนการใช้โปรแกรมหุ่นยนต์ เช่น CHERP ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีช่วยเพิ่มทักษะการเรียงลำดับในเด็กก่อนวัยเรียนและวัยอนุบาล

3. การใช้กลไกหุ่นยนต์ในการสอน ทำให้ผู้เรียนสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ทางภาษาและพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในขณะทำงาน

3.1 Chang, Lee, Chao, Wang, and Chen (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้กลไกหุ่นยนต์คล้ายมนุษย์ในการสอนภาษาที่สองในโรงเรียนระดับประถมศึกษา พบว่า หุ่นยนต์สามารถสร้างประสบการณ์การเรียนรู้แบบโต้ตอบและมีส่วนร่วมเพราะนักเรียนตอบสนองการโต้ตอบด้วยแรงจูงใจสูง

3.2 Sugimoto, Fujita, Mi, and Krzywinski (2011) ใช้กลไกหุ่นยนต์เพื่อเล่าเรื่องที่ใช้ในการเรียนรู้ของนักเรียนและเป็นโอกาสให้เด็กเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมแบบผสมผสาน เด็ก ๆ มีส่วนร่วมอย่างมากในการแสดงออกเรื่องและทำหน้าที่ในลักษณะที่มีการประสานงานในขณะเดียวกันก็มีส่วนร่วมในการสร้างเรื่องราวด้วยหุ่นยนต์ของนักเรียน

4. การใช้กลไกหุ่นยนต์ในการสอน ช่วยเสริมสร้างการทำงานเป็นทีม ทำให้มีสัมพันธภาพระหว่างเพื่อนและแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน ทำให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาหลากหลายแนวทาง

Rusk, Resnick, Berg, and Pezalla-Granlund (2008) ได้แนะนำ PicoCricket Creature program เพื่อเพิ่มการมีส่วนร่วมระหว่างเด็กวัยรุ่นและครอบครัว โดยนักการศึกษาได้จัดการฝึกอบรมหลักสูตรหลังเลิกเรียนและหลักสูตรการพัฒนาวิชาชีพด้วย กลไกหุ่นยนต์ จากลงปฏิบัติการพบว่า ช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำงานในหัวข้อกว้าง ๆ ตามความสนใจของตนเอง ได้รับโอกาสในการผสมผสานศิลปะและวิศวกรรมเข้าด้วยกันผ่านการเล่านิทาน การจัดนิทรรศการ และการนำเสนอเทคโนโลยีใหม่ ๆ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลไกหุ่นยนต์

Barak and Zadok (2009) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับโครงงานหุ่นยนต์ การเรียนความคิดทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการแก้ปัญหา การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยทำโครงงานหุ่นยนต์ที่ใช้ Lego mindstrom ในโรงเรียนมัธยมศึกษาระดับต้นที่ศูนย์การศึกษาฮอลอนเป็นวิทยาลัยที่สอนทางวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรที่เรียนใช้เวลา 15 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง โดยผู้สอนต้องมีประสบการณ์ด้านการสอนทำหุ่นยนต์อย่างน้อย 5 ปี การวิจัยนี้ดำเนินการเป็นเวลา 3 ปี นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน ในปีแรก (2004-2005) นักเรียนทั้งหมด 80 คน เป็นหญิง 38 คน ปีที่สอง (2005-2006) นักเรียนทั้งหมด 76 คน เป็นหญิง 29 คน และในปีที่สาม (2006-2007) นักเรียนทั้งหมด 116 คน เป็นหญิง 67 คนและในปีนี้ มีนักเรียนปีที่ 1 และปีที่ 2 เข้ามาเรียนในวิชาขั้นสูง แต่นักเรียนปีที่ 3 เข้ามาเรียนในวิชาพื้นฐานของปีที่ 1 ด้วยคำถามการวิจัยในเรื่องนี้ มี 3 คำถาม คือ 1) ทำอย่าไรจึงจะแก้ปัญหาของหุ่นยนต์ให้ทันเวลา 2) ความรู้ชนิดใดที่นำมาใช้ในการทำโครงงานหุ่นยนต์ และ 3) ทำอย่างไรให้การสอนนอกระบบที่เป็นอยู่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการแก้ปัญหา ให้ได้ประโยชน์ได้มาก วิธีการรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ใช้การสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม โดยใช้การสังเกตในชั้นเรียน สิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้น คือหุ่นยนต์ การแก้ปัญหา การวิเคราะห์ไตร่ตรองขณะทำ การสะท้อนความคิดของตนเองในแต่ละโครงงาน รวมทั้ง การเขียนรายงาน การประชุม อภิปราย ถ่ายภาพ วิดีโอ เก็บบันทึกไว้ในไฟล์คอมพิวเตอร์ เป็นการเรียนเนื้อหา เป็นความรู้ในการปฏิบัติ (Procedure Knowledge) ในปีที่สอง เรียนรู้ลักษณะวิธีการต่าง ๆ เตรียมงานในการสร้างหุ่นยนต์ รวมทั้งหน้าที่ ส่วนประกอบต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ กลศาสตร์ ชีววิทยา คณิตศาสตร์ เป็นต้น เรียนให้เข้าใจลึกซึ้งถึงส่วนต่าง ๆ ที่จะประกอบเป็นหุ่นยนต์ ให้เป็นการให้ความรู้ด้าน Conceptual Knowledge ในปีที่ 3 เป็นการทำหุ่นยนต์และการแก้ปัญหาที่พบในขณะทางาน เตรียมรายงานการปฏิบัติการสร้าง หุ่นยนต์ การอภิปรายสนทนาแลกเปลี่ยนความ

คิดเห็นกับเพื่อนนักเรียน ครู ผู้ปกครอง และผู้บริหาร เพื่อให้ได้ข้อคิดเห็น (Reflection) สิ่งที่พบในงานวิจัยนี้ คือ ได้ผลิตหุ่นยนต์ขนาดเล็กที่ทำด้วย Lego mindstrom ที่มีคุณภาพ โดยใช้ความรู้ 3 อย่างที่เรียนมาประกอบกัน ด้วยความช่วยเหลือจากครูเพียงเล็กน้อย สิ่งที่ทำต่อมาก็คือ ได้รถหุ่นยนต์ที่สามารถวิ่งบนทางโค้งได้ และได้หุ่นยนต์ขว้างลูกบอลลงตะกร้า แต่ปัญหาที่พบคือ การปูองกันไม่ให้หุ่นยนต์ล้ม และรถหุ่นยนต์วิ่งถอยหลังเมื่อไต่ขึ้นทางโค้งที่นักเรียนต้องแก้ไขให้สำเร็จ โดยสรุปการวิจัยนี้ตอบคำถามการวิจัยได้ทั้งสามข้อ ช่วยให้เข้าใจในการทำโครงงาน ประหยัดเวลาและแรงงาน ได้รับความรู้และกิจกรรมจากการกระทำมากขึ้นกว่าเนื้อหาที่จำกัดให้เรียนที่ใช้การท่องจำ

เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ (2550) ได้ทำการวิจัยและการพัฒนาหลักสูตรการสร้างหุ่นยนต์ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การศึกษาข้อมูลพื้นฐานสำหรับการ พัฒนาหลักสูตร การสร้างหลักสูตร การทดลองใช้หลักสูตร และการประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร การดำเนินการดังกล่าวทำให้สามารถสร้างหลักสูตรการสร้างหุ่นยนต์ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 พร้อมทั้งแผนการจัดการเรียนรู้เอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ ชุดสื่อการสร้างหุ่นยนต์และคู่มือการใช้ชุดสื่อการสร้างหุ่นยนต์ ในการศึกษานำร่องด้วยการนำหลักสูตรไปทดลองใช้กับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 จำนวน 30 คน พบว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยรวมและในแต่ละด้านหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลังทดลองใช้หลักสูตร ด้านความรู้ความเข้าใจสูงกว่าเกณฑ์ที่ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้านการแก้ปัญหาอยู่ในระดับมากและสูงกว่าเกณฑ์ที่ 2.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้านทักษะปฏิบัติอยู่ในระดับมากและสูงกว่าเกณฑ์ที่ 2.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ด้านเจตคติอยู่ในระดับมากและสูงกว่าเกณฑ์ที่ 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความเหมาะสมของการใช้หลักสูตรอยู่ในระดับมากและสูงกว่าเกณฑ์ที่ 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ในการประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตร และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Alimisis (2013) ได้ทำการศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันในสาขาหุ่นยนต์การศึกษาและระบุถึงความท้าทายและแนวโน้มใหม่ ๆ ที่เน้นการใช้เทคโนโลยีกลไกหุ่นยนต์เป็นเครื่องมือที่จะสนับสนุนความคิดสร้างสรรค์และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยแนวทางการจัดการศึกษาเกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์โดยส่วนใหญ่จะใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยพัฒนามาจากทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธินิยม (Cognitivism) ของ Piaget และ Vygotsky ส่วนทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ได้พัฒนาโดย Papert มีการเสนอแนวทางในการจัดการศึกษาเกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์ไว้ 3 แนวทาง ได้แก่ 1) แนวทางสอนที่ใช้หลักสูตร

เป็นฐาน โดยขอบเขตของหลักสูตรถูกรวมไว้ในหัวข้อพิเศษสำหรับการเรียนรู้และการศึกษาส่วนใหญ่มาจากการสืบเสาะและการบรรยายของผู้สอน 2) แนวทางสอนที่ใช้การทำโครงงานเป็นฐาน ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อสำรวจปัญหาที่เกิดโลกแห่งความเป็นจริงแล้วทำการวิเคราะห์ ค้นหาทางแก้ปัญหา 3) แนวทางการสอนที่มุ่งเน้นเป้าหมายแข่งขันกับความท้าทายในการแข่งขันหุ่นยนต์

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลไกหุ่นยนต์ สามารถกล่าวได้ว่า กลไกเป็นสื่อการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำมาประยุกต์บูรณาการในการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดแบบสหสาขาวิชา ส่งผลให้นักเรียนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของวิทยาศาสตร์ และทักษะการทำงานเป็นทีม อีกทั้งส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการคิดเชิงระบบได้ดียิ่งขึ้น

ผู้วิจัยเห็นควรว่า สื่อการสอนกลไกหุ่นยนต์ที่เน้นในการสร้างกลไกทางกลศาสตร์ให้กลไกสามารถทำงานได้ โดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่อวงจร การบัดกรี หรือการเขียนโปรแกรม มีความเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ซึ่งเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้กระบวนการคิดกลไกหุ่นยนต์อย่างเต็มที่ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้ สื่อการสอนกลไกหุ่นยนต์ของ Gigo โดยได้เลือกนำส่วนประกอบของกลไกหุ่นยนต์บางรูปแบบมาปรับใช้ให้มีความสอดคล้องกับขอบเขตเนื้อหาจากการวิเคราะห์ สังเคราะห์ รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตเนื้อหารายวิชาออกเป็น 3 หน่วย ได้แก่

1. ระบบกลไกพื้นลาด พื้นเอียง
2. ระบบกลไกระบบรอก
3. ระบบกลไกระบบเฟือง

เพื่อนำเนื้อหารายวิชากลไกหุ่นยนต์มาพัฒนาใช้เป็นกิจกรรม การคัดเลือกประเภทสื่ออุปกรณ์การสอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของชุดการสอนให้เหมาะสมกับหน่วยการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจะสร้างและพัฒนาเป็นชุดการสอนให้สามารถส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียน

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ

การเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ (Design Process) เป็นแนวความคิดของการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาทักษะการคิดทางวิทยาศาสตร์และสร้างทางวิศวกรรม ด้วยกระบวนการสืบสวนและเหตุผลในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์และแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญและนักวิชาการหลายท่านได้ให้นิยาม หรือแนวทางที่แตกต่างกัน ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1 ความหมายของการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ

Kolodner et al. (2003) ได้ให้ความหมายของ การเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ เป็นการบูรณาการหลักการทางทฤษฎีที่เกี่ยวกับการให้เหตุผลตามแนวทางการศึกษาของการเรียนรู้ด้วยปัญหาเป็นฐาน ประกอบไปด้วยการจัดโครงสร้างแบบกลุ่มย่อยและการตรวจสอบในขั้นตอนการออกแบบและการสร้าง รวมทั้งการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้การค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์

Fortus et al. (2004a) ได้ให้ความหมายของ การเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ ไว้ว่าเป็นการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ที่มีการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ในบริบทของการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ เพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง

Gomez Puente, Eijck, and Jochems (2013) ได้ให้ความหมายของ การเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ ว่า เป็นการเรียนการสอนตามรูปแบบเป็นแนวทางทางการวิธีการศึกษาที่ประยุกต์ใช้ความรู้ทางทฤษฎีทางการศึกษาที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาด้วยการออกแบบเป็นรากฐานมาจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติที่ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน

Chen and Chiu (2016) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ ได้รับการยอมรับว่าเป็นแนวทางที่มีแนวโน้มสำหรับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) ที่มีส่วนร่วมในการเรียนรู้เนื้อหาและการคิดแก้ปัญหาหาทางออกที่สร้างสรรค์ในรูปแบบที่กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ผ่านการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติและการทำงานเป็นทีม

จากนิยามความหมายข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเป็นการจัดการเรียนที่เน้นการลงมือปฏิบัติโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาบูรณาการกับการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาทักษะการคิดทางวิทยาศาสตร์และสร้างทางวิศวกรรมด้วยกระบวนการสืบสวนและเหตุผลในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์และแนวทางการแก้ปัญหา

3.2 ลักษะของการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ (Design Process)

Gomez Puente, Eijck, and Jochems (2014) ได้กำหนดกรอบในการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ เป็น 5 ด้าน ได้แก่

1. ลักษณะของโครงการ

1.1 แบบลักษณะเปิด เป็นการส่งเสริมการออกแบบแนวทางในการแก้ปัญหา หรือการพิจารณาทางเลือกที่เป็นไปได้หลายแนวทางที่แตกต่างกัน

1.2 การอ้างอิงหลักความเป็นจริง เป็นการจำลองสถานการณ์ที่สมจริง หรืองานที่มอบหมายเป็นในปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริง

1.3 การลงปฏิบัติจริง เน้นการทดลอง การวิเคราะห์การออกแบบสร้างโครงร่างต้นแบบ

1.4 การดำเนินการและการทดสอบ เป็นการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติ

2. องค์ประกอบของการออกแบบ ได้แก่ สำรวจแก้ปัญหา, การออกแบบแนวทางย้อนกลับ, สำรวจทางเลือก, การกำหนดย่อยองค์ประกอบ, สำรวจการแสดงกราฟิก, กำหนดข้อจำกัด, สำรวจขอบเขตของข้อจำกัด, ตรวจสอบสมมติฐานและข้อจำกัด, ตรวจสอบการออกแบบที่มีอยู่, สำรวจมุมมองของผู้ใช้, สร้างแบบจำลอง, สำรวจข้อเท็จจริงด้านวิศวกรรม, สำรวจปัญหาของการวัด, ดำเนินการวิเคราะห์ความล้มเหลว, กระบวนกระตุ้นให้เกิดการสะท้อนคิด

3. บทบาทของผู้สอน

3.1 แนวทางการสอน ได้แก่ กระตุ้นนักเรียนด้วยการถามคำถาม, ใช้กลยุทธ์ในการการสอนสอดคล้องกับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้, ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับผลงาน, แผนโครงการ, ข้อเสนอโครงการต้นแบบ

4. การประเมินผล

4.1 การประเมินระหว่างการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ งานส่วนบุคคลและกลุ่ม, งานในห้องปฏิบัติการ, งานนำเสนอรายสัปดาห์ รายงาน; การออกแบบแนวคิด, การปรับปรุงรายงาน, คุณภาพของการทดลอง

4.2 การประเมินสรุปผล ได้แก่ การมีส่วนร่วมของแต่ละบุคคลในกลุ่มโครงการ, การสอบปากเปล่า, การทดสอบ, การนำเสนอ, รายงานของโครงการ

5. บริบททางสังคม

5.1 การเรียนรู้ร่วมกัน ได้แก่ การทำงานเป็นทีม, การสื่อสารระหว่างทีมและมีส่วนร่วมในการอภิปราย, แรงจูงใจในการแข่งขัน, ความแตกต่างของการออกแบบการเรียนและวิธีการการเรียนรู้

3.3 ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ (Design Process)

S.Han and Bhattacharya (2002) ได้อธิบายขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ จำแนกออกเป็น 7 ขั้นตอน คือ

1. การกำหนดหัวข้องาน
2. อธิบายงานของผู้เรียน
3. สร้างสิ่งประดิษฐ์แบบจำลอง
4. การทดสอบสิ่งประดิษฐ์แบบจำลอง
5. การยอมรับผลการทดสอบ

6. การสะท้อนข้อเสนอแนะสิ่งประดิษฐ์แบบจำลอง
7. การปรับปรุงการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่

ITEA International Technology Education Association (2002) ได้นำเสนอขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ ไว้ 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุปัญหาการออกแบบ
2. ตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหา
3. ระบุเกณฑ์และข้อจำกัด
4. กำหนดวิธีการขั้นตอนการออกแบบ
5. ประเมินการออกแบบโดยการใช้แบบจำลองแนวคิดทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์
6. พัฒนาและสร้างผลงานหรือระบบ
7. ประเมินขั้นตอนสุดท้าย
8. แลกเปลี่ยนข้อมูลของกระบวนการทั้งหมด

Marulcu and Barnett (2013) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นระบุปัญหา
2. ขั้นการค้นคว้าวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้
3. ขั้นการเลือกแนวทางที่ดีที่สุด
4. ขั้นการสร้างต้นแบบ
5. ขั้นการทดสอบต้นแบบ
6. ขั้นตรวจสอบทำซ้ำขั้นตอนใด ๆ ที่จำเป็นในการปรับปรุงการออกแบบผลงาน

Fortus, Krajcik, Dershimer, Marx, and Mamlok-Naaman (2005) ได้นำเสนอรูปแบบของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการออกแบบ ไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการวิเคราะห์ ระบุและกำหนดบริบทของปัญหา
2. ขั้นการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ขั้นพัฒนาความคิดส่วนบุคคลและกลุ่ม
4. ขั้นการสร้างแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ
5. ขั้นปรับปรุงเสนอแนะ

Martin et al. (2015) ได้ให้ลำดับขั้นตอนในการเรียนรู้ด้วยกระบวนการการออกแบบ เป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา เป็นขั้นตอนที่ตั้งคำถาม เพื่อทำความเข้าใจขอบเขตและท้าทายในการขยายขอบเขตของปัญหา

2. ขั้นระบุความต้องการ เป็นการระบุเกณฑ์ความสำเร็จของโครงการรวมถึงข้อกำหนดด้านการออกแบบ

3. แนวคิดทางวิศวกรรม เป็นการระดมความคิดในการออกแบบ รวมทั้งการประเมินผลของการออกแบบที่สร้างขึ้น

4. การรวบรวมแนวคิด เป็นการพิจารณาวางแผนการออกแบบในการสร้างต้นแบบ

5. การดำเนินการออกแบบ เป็นการสร้างต้นแบบและการทดสอบ

6. การออกแบบขั้นสุดท้าย เป็นการรวบรวมข้อมูลและการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ เช่น ความทนทานในการออกแบบและการออกแบบสำหรับการผลิตในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2.2 ตารางสังเคราะห์องค์ประกอบการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ

องค์ประกอบ	Han & Bhattacharya (2001)	ITEA Technology Standards (2002)	Ismail Marulcu & Mike Barnett (2012)	David Fortus et al. (2012)	Taylor Martin et al. (2015)	ผู้วิจัย
1. กำหนดความต้องการ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. สำรวจทรัพยากร		✓	✓	✓	✓	✓
3. รวบรวมข้อมูล	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4. กำหนดแนวทางแก้ปัญหา	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5. เลือกแนวทางแก้ปัญหา		✓	✓	✓	✓	✓
6. สร้างแบบจำลอง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7. ทดสอบแบบจำลอง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8. พัฒนาชิ้นงานจริง	✓	✓	✓		✓	✓
9. ประเมินผลงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ สรุปได้ว่ามีขั้นตอนกระบวนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ มีทั้งหมด 9 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กำหนดความต้องการ 2) สำรวจทรัพยากร 3) รวบรวมข้อมูล 4) กำหนดแนวทางแก้ปัญหา 5) เลือกแนวทางแก้ปัญหา 6) สร้างแบบจำลอง 7) ทดสอบแบบจำลอง 8) พัฒนาชิ้นงานจริง และ 9) ประเมินผลงาน

จากขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเห็นได้ว่ากระบวนการเรียนรู้ในการคิดแก้ปัญหาเริ่มตั้งแต่การเผชิญกับปัญหาไปจนถึงการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นจนสามารถแก้ไขปัญหาได้ในที่สุด ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นกระบวนการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยพบว่าขั้นตอนการแก้ปัญหานักเรียนต้องคิดวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ จากนั้นผู้วิจัยจึงนำแนวคิดขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบทั้ง 9 ขั้นตอน เสนอผู้เขี่ยวชาญเพื่อขอคำปรึกษาและความคิดเห็น ข้อเสนอแนะในการนำไปปรับใช้ใน

ในการกำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียนระดับประถมศึกษาและสอดคล้องกับระยะทางในการจัดการสอนในงานวิจัยครั้งนี้ โดยผลจากการปรึกษาและพัฒนาจากข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญนำปรับเป็นแนวทางในกระบวนการออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับระดับชั้นประถมศึกษาและกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ในชุดการสอน สามารถสรุปเป็นขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเป็น 6 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1. ขั้นนำเสนอสถานการณ์
2. ขั้นพิจารณาปัญหา
3. ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด
4. ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม
5. ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุง
6. ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้

เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ในชุดการสอนและให้ขั้นตอนการเรียนรู้ในกิจกรรมมีความสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินการคิดอย่างเป็นระบบที่ผู้วิจัยจะใช้ประเมินพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบของผู้เรียน เพื่อดูความก้าวหน้าหลังจากจบการเรียนรู้ตามหน่วยการเรียนรู้กิจกรรมของชุดการสอน

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ

Fortus et al. (2004a) ได้ทำการศึกษาผลในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ (Design-Based Science, DBS) คือ การเรียนการสอนที่มีมุ่งเน้นการออกแบบสร้างสิ่งประดิษฐ์โดยสามารถสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะในการแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริงได้ ที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) Design Process มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน คือ 1. ระบุและกำหนดปัญหา 2. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 3. กำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหา 4. สร้างทางเลือกและสร้างต้นแบบ 5. ประเมินและเลือกแนวทางที่เหมาะสม 6. ดำเนินการตามแนวทางให้เกิดผล 2) ITEA Technology Standards มีทั้งหมด 8 ขั้นตอน 1. ระบุปัญหาการออกแบบ 2. ตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหา 3. ระบุเกณฑ์และข้อจำกัด 4. กำหนดวิธีการขั้นตอนการออกแบบ 5. ประเมินการออกแบบโดยการใช้แบบจำลองแนวคิดทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ 6. พัฒนาและสร้างผลงานหรือระบบ 7. ประเมินขั้นตอนสุดท้าย 8. แลกเปลี่ยนข้อมูลของกระบวนการทั้งหมด 3) NSES Inquiry Standards มีทั้งหมด 9 ขั้นตอน คือ 1. ระบุคำถาม 2. ทบทวนข้อมูล 3. กำหนดความต้องการ 4. วางแผนการสืบค้นข้อมูล 5. พิจารณาแนวทางแก้ปัญหา 6. ระบุผลการสังเกต 7. วิเคราะห์และตีความข้อมูล 8. เสนอคำตอบและคำอธิบาย 9. แลกเปลี่ยนผลข้อมูล เพื่อเสนอแนวทางในการออกแบบการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ (Science Pedagogies) ในรูปแบบใหม่ โดย

การศึกษากับนักเรียนจำนวน 92 คน ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน DBS ที่ต่างกัน 3 รูปแบบ จำแนกออกเป็น 3 บทเรียน ได้แก่ 1) Extreme structures 2) Environmentally safe batteries และ 3) Safer cellular phones โดยการวัดพัฒนาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จะได้รับการประเมินผ่านโปสเตอร์แสดงผลงานและแบบจำลองที่สร้างขึ้นในระหว่างการจัดหลักสูตร และผลการทำแบบทดสอบก่อน-หลัง ผลการศึกษา พบว่า 1) ผู้เรียนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบ DBS ทั้ง 3 รูปแบบ ส่งผลให้มีพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบได้ดีขึ้น โดยพิจารณาจากผลการทำแบบทดสอบหลังมีคะแนนสูงขึ้น 2) รูปแบบการเรียนการสอนแบบ DBS และโปสเตอร์ผลงาน แสดงให้เห็นการประยุกต์ใช้ความรู้ที่สร้างขึ้นใหม่ในการคิดการออกแบบสร้างผลงานของแต่ละกิจกรรม

Chen and Chiu (2016) ได้ทำการศึกษารูปแบบการเรียนแบบภาวะแข่งระหว่างกลุ่มโดยใช้กระบวนการออกแบบในรูปแบบมัลติทัช เพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ โดยทำการศึกษากับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 58 คน ในช่วงระยะการเรียนรู้ 9 สัปดาห์ ด้วยวิธีการวิจัยแบบกึ่งทดลอง เพื่อศึกษาผลกระทบของกลไกการแข่งขันระหว่างกลุ่ม โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง (กลุ่มนักเรียน 28 คนที่ทำงานร่วมกับการแข่งขันระหว่างกลุ่ม) และกลุ่มเปรียบเทียบ (นักเรียนอีก 30 คนที่ทำงานร่วมกันโดยไม่ต้องแข่งขันกันระหว่างกลุ่ม) และนักเรียนทั้งสองกลุ่มต้องทำกิจกรรม การปูกระเบื้องโมเสค กับสมาชิกภายในกลุ่มบนแพลตฟอร์มมัลติทัช โดยมีเกณฑ์ประเมินมาตรฐานตามขั้นตอนการออกแบบ 3 ขั้นตอน คือ 1) ส่วน "ชี้แจงปัญหา" ซึ่งมีสองมิติ คือ การกำหนดปัญหาและกำหนดความจำเป็นในการออกแบบ 2) ส่วน 'ข้อมูลการรวบรวม' ซึ่งประกอบด้วยสองมิติ ได้แก่ การระบุข้อมูลสำคัญและการจัดข้อมูล 3) ส่วน "การสร้างสิ่งประดิษฐ์" (artifact) ซึ่งประกอบด้วยมิติข้อมูล 5 มิติ คือ 1. ปูกระเบื้องที่มีรูปแบบการทำซ้ำ, 2. การรวมเอารูปหลายเหลี่ยมหลายรูปแบบ, 3. การคำนวณมุมภายในของรูปหลายเหลี่ยมปกติ, 4. กราฟเส้นของสมมาตรของรูปหลายเหลี่ยมปกติ, 5. การสร้างรูปภาพด้วยแปลงรูปทางเรขาคณิต ผลการศึกษาพบว่า 1. นักเรียนที่อยู่ในภาวะการแข่งขันระหว่างกลุ่มมีส่วนร่วมในผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ที่ดีขึ้นกว่านักเรียนที่อยู่ในสภาพที่ไม่มีการแข่งขัน 2. กลไกการแข่งขันระหว่างกลุ่มที่มีระบบคอมพิวเตอร์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้และความคิดของนักเรียนบนพื้นฐานของผลการพิจารณาเกี่ยวกับกลไกการแข่งขันระหว่างกลุ่มและกระบวนการทางความคิดที่เพิ่มขึ้นผ่านระบบหน้าจอสัมผัสด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ สามารถสรุปได้ว่า การเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติกิจกรรมโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาบูรณาการกับการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาทักษะการคิดทางวิทยาศาสตร์และสร้างทางวิศวกรรม ด้วยกระบวนการสืบสวนเหตุผลในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์และแนวทางการแก้ปัญหา โดยการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ สามารถ

นำมาบูรณาการร่วมกับกลไกหุ่นยนต์ที่เป็นสื่อการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างแบบจำลอง และผลงานจริง เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดเชิงวิศกรรมและทักษะกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ

ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างเป็นระบบ

4.1 ความหมายของการคิดอย่างเป็นระบบ

Richmond (2006) ได้กล่าวไว้ว่า การคิดอย่างเป็นระบบเป็นกระบวนการคิดชั้นสูงที่พิจารณาปัญหาแบบองค์รวม โดยมีองค์ประกอบย่อยที่มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่องเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปมาตามความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบ

Sweeney and Sterman (2000) ได้อธิบายว่า การคิดอย่างเป็นระบบเป็นการมองปัญหาแบบองค์รวมและเพื่อที่จะเข้าใจแบบแผนของการเกิดเป็นระบบและเหตุการณ์รอบ ๆ ตัวเรา ที่เราเห็นได้ การคิดเชิงระบบ ยังได้นำเสนอกรอบการทำงาน เพื่อการนิยามปัญหา การตั้งคำถามที่ชาญฉลาด และการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ เพราะว่าการคิดเชิงระบบปฏิบัติการภายใต้การใช้พลังของเครื่องมือเป็นสำคัญ

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2548) กล่าวว่า การคิดอย่างเป็นระบบ คือ วิธีการคิดเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างเป็นระบบ อย่างเป็นลำดับขั้น และอย่างครบถ้วน โดยใช้วิธีการคิด 10 มิติในส่วนที่เกี่ยวข้องเป็นเครื่องมือ เพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์ของการคิดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ได้แก่ การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) การคิดเชิงวิเคราะห์ (Analytical Thinking) การคิดเชิงสังเคราะห์ (Synthesis – Type Thinking) การคิดเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Thinking) การคิดเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Thinking) การคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking) การคิดเชิงประยุกต์ (Applicative Thinking) การคิดเชิงกลยุทธ์ (Strategic Thinking) การคิดเชิงบูรณาการ (Integrative Thinking) การคิดเชิงอนาคต (Futuristic Thinking) และการคิดลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวเป็นองค์ประกอบสำคัญที่นำมาใช้ร่วมกันเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์

มนตรี แย้มกสิกร (2546) ให้ความหมายของ การคิดอย่างเป็นระบบ หมายถึง การคิดที่มองปัญหาแบบองค์รวม และยอมรับความมีพลวัต ความสลับซับซ้อนและความเกี่ยวเนื่องเชื่อมโยงขององค์ประกอบย่อย ๆ เพื่อค้นหาและสร้างแบบแผน ที่จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพัฒนาปัญหาหรือภารกิจให้มีความสมบูรณ์มากที่สุด

มกราพันธุ์ จูฑะรสก (2556) ให้ความหมายว่า การคิดอย่างเป็นระบบ คือ การปรับขั้นตอนกระบวนคิด โดยมีการลดกระบวนการวิธีคิด เพิ่มกระบวนการวิธีคิด หรือมีใช้วิธีคิดหลายรูปแบบประสานกัน ซึ่งในแต่ละสถานการณ์ หรือปัญหานำต้องมีวิธีคิดหลักในแต่ละสถานการณ์ เพื่อสร้าง

หลักเกณฑ์และเหตุผล ร่วมกับข้อมูลในบริบทที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาถึงองค์ประกอบย่อย ความเชื่อมโยงขององค์ประกอบให้สัมพันธ์กันเป็นองค์รวม และการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างองค์ประกอบ

จากการศึกษาความหมายของการคิดอย่างเป็นระบบ สรุปได้ว่า การคิดอย่างเป็นระบบ หมายถึง การคิดมองปัญหาหรือสถานการณ์บางอย่างด้วยการค้นหารูปแบบ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เป็นปัจจัยรวมทั้งต้นเหตุแห่งปัญหาระหว่างองค์ประกอบย่อย เพื่อเชื่อมโยงพิจารณาหาแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับและเป็นเหตุเป็นผลซึ่งกันและกัน

4.2 ความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ

Sweeney and Sterman (2000) ได้ระบุความสามารถในการคิดเป็นระบบไว้ 6 ขั้น ดังนี้

1. ความเข้าใจพฤติกรรมของระบบ ว่าเกิดขึ้นจากการปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบ เช่น ความซับซ้อนแบบพลวัต
2. การสำรวจและแสดงกระบวนการตอบรับ (ทั้งด้านบวกและด้านลบ) สมมติฐานเพื่อสนับสนุนรูปแบบการสังเกตพฤติกรรมของระบบ
3. ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและทิศทางความสัมพันธ์
4. ตระหนักถึงความล่าช้าและเข้าใจถึงผลกระทบขององค์ประกอบ
5. ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ
6. ยอมรับการปรับปรุงและท้าทายรูปแบบจำลองในความคิดและของจริง

Orit Ben-Zvi Assaraf and Nir Orion (2009) ได้สรุปลักษณะความสามารถของการคิดอย่างเป็นระบบไว้ ทั้งหมด 8 ขั้น ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ความสามารถในการระบุส่วนประกอบของระบบและกระบวนการภายในระบบ
2. ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์แบบง่ายระหว่างหรือระหว่างส่วนประกอบของระบบ
3. ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์แบบพลวัตภายในระบบ
4. ความสามารถในการจัดระเบียบองค์ประกอบกระบวนการและปฏิสัมพันธ์ของระบบภายในกรอบความสัมพันธ์
5. ความสามารถในการระบุวัฏจักรขององค์ประกอบในระบบ หรือลักษณะวงจรของระบบ
6. ความสามารถในการจดจำมิติที่ซ่อนอยู่ของระบบ เพื่อให้เข้าใจถึงปรากฏการณ์องค์ประกอบในรูปแบบและความสัมพันธ์ที่ไม่ปรากฏบนกรอบความสัมพันธ์
7. ความสามารถในการกำหนดหลักเกณฑ์ เพื่อแก้ปัญหาตามกลไกของความเข้าใจในระบบ
8. ความสามารถในการคิดชั่วคราว ทำความเข้าใจผลการศึกษาในอดีตและการคาดการณ์

เหตุการณ์ในอนาคตที่อาจเป็นผลมาจากการมีปฏิสัมพันธ์ในปัจจุบัน

Squires, Dominick, Wade, and Gelosh (2011) ได้กำหนดความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบไว้ ดังนี้

1. การรวมพิจารณามุมมองหลายมุมมอง
2. การกำหนดพื้นที่ขอบเขตของปัญหาหรือระบบ
3. เข้าใจบริบทการดำเนินงานที่หลากหลายของระบบ
4. ระบุองค์ประกอบระหว่างกัน ความสัมพันธ์และการเป็นอิสระ
5. เข้าใจพฤติกรรมของระบบที่ซับซ้อน และสามารถคาดการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระบบได้อย่างน่าเชื่อถือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.3 ตารางการสังเคราะห์ความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ

องค์ประกอบ	Sweeney & Sterman (2000)	Assaraf and Orion (2005)	Squires, et al. (2011)	ผู้วิจัย
1. กำหนดของเขตของปัญหาหรือระบบ	✓		✓	✓
2. ระบุ วิเคราะห์ส่วนประกอบของระบบ	✓	✓	✓	✓
3. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ	✓	✓	✓	✓
4. ระบุความสัมพันธ์แบบพลวัตภายในระบบ	✓	✓		
5. จัดระเบียบปฏิสัมพันธ์องค์ประกอบของระบบ	✓	✓		
6. สังเคราะห์วัฏจักรขององค์ประกอบในระบบ	✓	✓	✓	✓
7. เข้าใจความสัมพันธ์ที่ไม่ปรากฏบนกรอบ		✓		
8. กำหนดหลักเกณฑ์แก้ปัญหาตามกลไกของความเข้าใจในระบบ	✓	✓	✓	
9. เข้าใจผลการศึกษาในอดีตและการคาดการณ์เหตุการณ์ในอนาคต		✓	✓	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาเอกสาร ทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วทำการวิเคราะห์เป็นตารางการสังเคราะห์ความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ ตามความสอดคล้องของประเด็นงานวิจัย สามารถสรุปเป็นองค์ประกอบหลักสำคัญ 9 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) กำหนดของเขตของปัญหาหรือระบบ 2) ระบุส่วนประกอบของระบบ 3) ระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ 4) ระบุความสัมพันธ์แบบพลวัตภายในระบบ 5) จัดระเบียบปฏิสัมพันธ์องค์ประกอบของระบบ 6) ระบุวัฏจักรขององค์ประกอบในระบบ 7) เข้าใจความสัมพันธ์ที่ไม่ปรากฏบนกรอบ 8) กำหนดหลักเกณฑ์แก้ปัญหาตามกลไกของความเข้าใจในระบบ 9) เข้าใจผลการศึกษาในอดีตและการคาดการณ์เหตุการณ์ในอนาคต จาก

องค์ประกอบหลักทั้ง 9 องค์ประกอบ ผู้วิจัยเลือกองค์ประกอบชี้วัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ 4 ด้าน คือ 1) กำหนดของเขตของปัญหาหรือระบบ 2) ระบุส่วนประกอบของระบบ 3) ระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ 4) ระบุวัฏจักรขององค์ประกอบในระบบ เพื่อให้เหมาะสมในการวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนเรียนประถมศึกษา จากนั้นผู้วิจัยนำเสนอองค์ประกอบที่ชี้วัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ ปรึกษาและขอข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อไปใช้ในการกำหนดตัวชี้วัด หรือลักษณะที่ระบุถึงการคิดอย่างเป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้การวัดผลผู้เรียนระดับประถมศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ โดยผลจากการปรึกษาและพัฒนาจากข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ สามารถสรุปและพัฒนาเป็นเกณฑ์ในการวัดการคิดอย่างเป็นระบบของงานวิจัยนี้ จำแนกด้านทักษะทางการคิด และด้านทักษะทางพฤติกรรม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. เกณฑ์ในการวัดผลกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบของผู้เรียน

1.1 กำหนดของเขตของปัญหาหรือระบบ

1.2 ระบุวิเคราะห์ส่วนประกอบของระบบ

1.3 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ

1.4 สังเคราะห์วัฏจักรขององค์ประกอบในระบบ

ตัวชี้วัดทั้ง 4 องค์ประกอบนี้เป็นตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงทักษะกระบวนการคิดของนักเรียนจะได้รับการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ความสัมพันธ์ และหาแนวทางในการแก้ปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาชุดการสอนให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและแบบวัดการคิดอย่างเป็นระบบในวิชากลไกหุ่นยนต์ ที่จะใช้ทดสอบก่อนเรียนหลังเรียนด้วยชุดการสอนเพื่อประเมินความก้าวหน้าหลังจากจบการเรียนรู้ตามหน่วยต่าง ๆ แล้ว โดยข้อคำถามจะมีความเกี่ยวข้องจากปัญหาสถานการณ์จำลองที่สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ในชุดการสอน

ข้อค้นพบเพิ่มเติมจากการขอคำแนะนำ ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ ว่า ในการประเมินวัดผลทักษะการคิดจากแบบวัดการคิดอย่างเป็นระบบเพียงอย่างเดียว ไม่อาจใช้วัดผลได้กับนักเรียนที่มีความแตกต่างในการเรียนรู้ได้ครอบคลุม จึงเสนอควรให้เพิ่มการวัดพฤติกรรมที่สามารถบ่งชี้ได้ถึงทักษะในการคิดอย่างเป็นระบบผ่านการลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ในชุดการสอน ซึ่งจำแนกพฤติกรรมออกมาเป็น 5 ด้าน ได้แก่

2. เกณฑ์ในการวัดพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบของผู้เรียน

2.1 ค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา

2.2 คิดวิธีการแก้ปัญหา

2.3 เลือกวิธีและเตรียมการแก้ปัญหา

2.4 ลงมือปฏิบัติ

2.5 นำคำตอบไปประยุกต์ใช้

ผลจากการพัฒนาตัวชี้วัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ ทำให้ผู้วิจัยสามารถสร้างแบบวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบ และแบบวัดพฤติกรรมที่จะเก็บข้อมูลการคิดอย่างเป็นระบบได้อย่างครอบคลุม ทั้งในการด้านทักษะพัฒนากระบวนการคิดแก้ปัญหาคิดวิเคราะห์หาสาเหตุ ความสัมพันธ์ของปัญหาและหาแนวทางในการแก้ปัญหาผู้เรียน และทักษะการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งสามารถแสดงออกมาในรูปแบบของพฤติกรรมที่สามารถสังเกต ประเมินวัดผลได้ระหว่างการดำเนินกิจกรรม โดยผู้วิจัยจะนำเกณฑ์ในการวัดผลไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสร้างกิจกรรมให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและแบบวัดการคิดอย่างเป็นระบบในวิชากลไกหุ่นยนต์ เพื่อประเมินความก้าวหน้าหลังจากจบการเรียนรู้ตามหน่วยการเรียนในชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Assaraf and Orion (2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะการคิดอย่างเป็นระบบในระดับชั้นประถมศึกษา เพื่อศึกษาถึงระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบและการจัดการระบบที่ซับซ้อน โดยศึกษากับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน ด้วยหลักสูตรระบบโลกที่มุ่งเน้นไปที่วงจรการไหลเวียนของน้ำ เป็นโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการทดลองและการทดลองในห้องปฏิบัติการการโต้ตอบโดยตรงกับส่วนประกอบและกระบวนการของวงจรน้ำในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้กิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติและกิจกรรมการบูรณาการความรู้ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาส่วนประกอบของการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับประถมศึกษา ได้แก่ 1) ปัจจัยที่ส่งอิทธิพลอย่างมาก คือ ความรู้เบื้องต้นของนักเรียนในการรับรู้ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวัฏจักรของน้ำ และการมีส่วนร่วมของนักเรียนในกระบวนการเรียนรู้ 2) ปัจจัยที่ส่งอิทธิพลระดับปานกลาง คือ ประเมินเนื้อหาข้อความ ความสามารถของนักเรียนในการค้นหา และระบุการเชื่อมต่อเชิงตรรกะระหว่างรายละเอียดข้อมูล จึงเห็นได้ว่า การออกแบบกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ทำการทดลอง ปฏิบัติกิจกรรม กระบวนการต่าง ๆ ผ่านแบบจำลองขนาดเล็กด้วยตนเอง จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความคิดเป็นรูปธรรม และสามารถขยายไปสู่แนวคิดนามธรรมขนาดใหญ่ได้การเรียนรู้นอกห้องเรียนกับกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการและการบูรณาการความรู้ความสามารถ ทำให้ความสามารถของนักเรียนชั้นประถมศึกษาในการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบได้

Riess and Mischo (2010) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์แนวทางการสอนต่าง ๆ ในบริบทของบทเรียนวิทยาศาสตร์ธรรมชาติด้านชีววิทยา เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการสอนที่แตกต่างกันในการส่งเสริมความคิดอย่างเป็นระบบในเชิงการพัฒนาการศึกษาที่ยั่งยืน โดยศึกษาจากบทเรียนพิเศษที่ออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบด้วยสถานการณ์จำลองทางคอมพิวเตอร์ในหัวข้อ ป่าระบบนิเวศ และการรวมบทเรียนพิเศษและการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ ด้วยแบบประเมินทักษะการ

คิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในประเทศเยอรมนี จำนวน 424 คน จาก 6 โรงเรียนที่แตกต่างกัน และประเมินผลระหว่างความเข้าใจในแนวความคิดอย่างเป็นระบบ (วัดเป็นคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) และเหตุผลที่สะท้อนกลับ (วัดเป็นคะแนนการแก้ปัญหา) ของการคิดอย่างเป็นระบบ โดยวัดตัวแปร 4 ด้าน ดังนี้ 1) ความสามารถในการให้เหตุผล (Reasoning ability) เป็นตัวแปรเดียวที่สำคัญที่สุดที่บ่งบอกถึงสติปัญญาทั่วไป 2) คะแนนในโรงเรียน 3) ช่วงความจำ (Memory span) 4) การวางเป้าหมายสร้างแรงบันดาลใจ (Motivational goal-orientation) ผลจากการศึกษาพบว่า ระบบการคิดอย่างเป็นระบบสามารถนำมาใช้ในโรงเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยการรวมบทเรียนเฉพาะและการสำรวจแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (คะแนนผลสัมฤทธิ์) และควรมีการรวมระบบการคิดแบบไดนามิกในการจำลองระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อส่งเสริมความคิดอย่างเป็นระบบในบทเรียนที่ครอบคลุมแง่มุมต่าง ๆ ของทฤษฎีระบบอย่างชัดเจน จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดอย่างเป็นระบบในเชิงการพัฒนาการศึกษาที่ยั่งยืน

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างเป็นระบบ สามารถสรุปได้ว่า การคิดอย่างเป็นระบบเป็นระบบการคิดที่ซับซ้อน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้หลากหลาย โดยใช้หลักการคิดแบบองค์รวม และมองความเชื่อยโยงสัมพันธ์กันขององค์ประกอบย่อยในระบบ ทำให้ผู้เรียนที่มีทักษะการคิดเชิงระบบ มีระบบการจัดการความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล เป็นขั้นตอน และมีระบบแบบแผน จึงทำให้นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนในระดับสูงขึ้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยการกระบวนการออกแบบเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา มีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกียวข้อง
2. กำหนดคุณลักษณะของชุดการสอน
3. การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอน
4. การสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างเป็นระบบ

ระยะที่ 2 การศึกษาผลการทดลองใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การทดลองเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง
2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยและพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะที่ 1 การพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้		
ขั้นตอนการวิจัย	**กระบวนการ/ ดำเนินงาน**	**ผลที่ได้รับ**
ขั้นตอนที่ 1 : ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	วิเคราะห์ สังเคราะห์ ปัญหาที่เกิดขึ้นรวมถึงศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในด้านการสร้างและพัฒนาชุดการสอน ทฤษฎีการเรียนรู้ และจิตวิทยาการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผล ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	ได้รับทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องด้านปัญหาการจัดการเรียน โดยนำมาเป็นตัวกำหนดแนวคิด องค์ประกอบ เนื้อหา วัตถุประสงค์ ตลอดจนทำให้ทราบถึงความต้องการในการใช้สื่อการเรียนการสอน เพื่อมาแก้ไขปัญหาดังกล่าว

ขั้นตอนการวิจัย	กระบวนการ/ ดำเนินงาน	ผลที่ได้รับ
ขั้นตอนที่ 2: กำหนด คุณลักษณะ ของชุดการสอน	ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการในการสร้างและพัฒนาชุดการสอน โดยได้พัฒนาชุดการสอนตามหลักการของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ (2520) และใช้ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ ในการพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ โดยชุดการสอนที่สร้างขึ้นเป็นชุดการสอนแบบประกอบกิจกรรม ซึ่งมีการกำหนด วัตถุประสงค์ เนื้อหา แผนการสอน เวลาที่ใช้ในการสอน ตลอดจนสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ต่าง ๆ เช่นใบบันทึกกิจกรรม สื่อมัลติมีเดีย บัตรภาพ	ผู้วิจัยได้กำหนดคุณลักษณะส่วนประกอบของชุดการสอน และขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ 6 ขั้น ดังนี้ 1) ขั้นนำเสนอสถานการณ์ 2) ขั้นพิจารณาปัญหา 3) ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด 4) ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม 5) ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล 6) ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้จัดทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย 4 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กลไกพื้นลาด พื้นเอียง 2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กลไกระบบรอก 3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กลไกระบบเฟือง 4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กลไกหุ่นยนต์พิชิตปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการวิจัย	กระบวนการ/ ดำเนินงาน	ผลที่ได้รับ
ขันตอนที่ 3: การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอน - ความเหมาะสมของชุดการสอน - ประสิทธิภาพ E_1/ E_2	นำผลที่ได้จากการสำรวจปัญหาและความต้องการในการแก้ปัญหาโดยการใช้ชุดการสอนมาพิจารณากำหนดวิธีการ รูปแบบ องค์ประกอบและขอบเขตของเนื้อหา ที่จะใช้ในการสร้างชุดการสอน โดยขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบองค์ประกอบและความเหมาะสมต่าง ๆ แล้วนำไปขอความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมของชุดการสอน จากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุง แก้ไขชุดการสอนจนมีความเหมาะสม ครบถ้วนสมบูรณ์ จึงนำชุดการสอนฯ ไปดำเนินการ - หาประสิทธิภาพ (Try out) ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยมีขั้นตอน ดังนี้ 1. การทดลองแบบ 1: 1 (แบบเดี่ยว) 2. การทดลองแบบ 1: 10 (แบบกลุ่ม) ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบประสิทธิภาพในแต่ละขั้นมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้ชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้	1. ได้ชุดการสอนที่มีองค์ประกอบครบถ้วนสมบูรณ์ เพื่อที่จะนำไปสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงแก้ไข ส่วนที่ยังบกพร่อง เช่น ด้านเนื้อหา ภาษาที่ใช้ ความเหมาะสม และรูปแบบกิจกรรม 2. ได้ชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ได้ตังไว้ E_1/ E_2 = 80/80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการวิจัย	กระบวนการ/ ดำเนินงาน	ผลที่ได้รับ
ขันตอนที่ 4: การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ - ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) - ความยากง่าย - อำนาจจำแนก - ความเชื่อมั่น	ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์โดยวิเคราะห์จุดประสงค์ของเนื้อหาเพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำไปขอความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตลอดจนหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น เพื่อให้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ มีความถูกต้องเหมาะสม สามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป	1) แบบทดสอบวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบ 4 ด้าน จำนวน 20 ข้อ ได้แก่ 1. กำหนดของเขตของปัญหาหรือระบบ 2. ระบุวิเคราะห์ส่วนประกอบของระบบ 3. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ 4. สังเคราะห์วัฏจักรขององค์ประกอบในระบบ 2) แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ในการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนรายบุคคล จำแนกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1. ค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา 2. คิดวิธีการแก้ปัญหา 3. เลือกวิธีและเตรียมการแก้ปัญหา 4. ลงมือปฏิบัติ 5. นำคำตอบไปประยุกต์ใช้
ระยะที่ 2 การศึกษาผลการทดลองใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้		
ขั้นตอนการวิจัย	**กระบวนการ/ ดำเนินงาน**	**ผลที่ได้รับ**
ขั้นตอนที่ 1 : การทดลองเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง	นำชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์จัดการเรียนรู้ให้กับกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์คุณสมบัติการคัดเลือกที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ คือ 1) โรงเรียนที่มีความพร้อมที่สามารถใช้สื่อกลไกหุ่นยนต์ในการจัดการเรียนรู้ 2) โรงเรียนที่จัดห้องเรียนแบบคละความสามารถอยู่ในห้องเดียวกัน	1) ผลคะแนนแบบทดสอบวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบ 2) ผลคะแนนแบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ในการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนรายบุคคล 3) ผลคะแนนแบบสอบถามความคิดเห็นในการเรียนโดยใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ

ขั้นตอนการวิจัย	กระบวนการ/ ดำเนินงาน	ผลที่ได้รับ
ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ข้อมูล - t-test dependent	ผู้วิจัยนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการหาค่า t-test dependent	พบว่า คะแนนจากการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ระยะที่ 1 การพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

การวิจัยในขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพการใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาถึงนิยามคำจำกัดความ แนวคิดการสร้างและพัฒนา หลักการ ทฤษฎีต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนในการคัดเลือกทบทวนวรรณกรรม จำแนกออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้วิจัยกำหนดสำคัญที่ใช้ในการสืบค้นวรรณกรรมให้สอดคล้องกับตัวแปรงานวิจัยทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ดังตารางที่ 3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.2 คำสำคัญภาษาไทยและภาษาอังกฤษที่ใช้ในการสืบค้นวรรณกรรม

คำสำคัญภาษาไทย	คำสำคัญภาษาอังกฤษ
ชุดการสอน	Instructional package
กลไกหุ่นยนต์, หุ่นยนต์ศึกษา	Mechanical Robot, Educational Robotic
การเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ	Design process, Design-based learning
การคิดอย่างเป็นระบบ	System thinking
ระดับประถมศึกษา	Primary school, Primary student

2. ผู้วิจัยกำหนดฐานข้อมูลงานวิจัยในประเทศ และต่างประเทศที่ใช้ในการสืบค้นวรรณกรรมโดยงานวิจัยในประเทศ จะสืบค้นจากสำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และช่องทางออนไลน์ www.car.chula.ac.th, www.tci-thaijo.org, lib.edu.chula.ac.th, ThaiLIS, TDC Database และงานวิจัยในต่างประเทศสืบค้นจาก ScienceDirect, Wiley, Researchgate

3. ผู้วิจัยกำหนดหมวดสาขาวิชาที่ใช้สืบค้นวรรณกรรม โดยงานวิจัยในประเทศ จะสืบค้นในสาขาวิชาครุศาสตร์ ศึกษาศาสตร์ และงานวิจัยในต่างประเทศสืบค้นจากสาขา Science Education, Social Science , Computer and Education, Teaching and Teacher Education

4. ผู้วิจัยจะอ้างอิงวรรณกรรมประเภท วารสารวิชาการ เป็นสำคัญเนื่องจากเป็นเอกสารทางวิชาการที่มีทันสมัยและผ่านการกลั่นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิและกองบรรณาธิการ ทำให้มีความน่าเชื่อถือ อีกทั้งวารสารวิชาการจะมีความทันสมัยกว่าตำรา เนื่องจากการเขียนตำราใช้ระยะเวลานานกว่าวารสาร โดยคัดเลือกบทความที่ตีพิมพ์อยู่ในช่วง พ.ศ 2550 – 2560 หรือ ค.ศ. 2007 – 2017 เพราะยังเป็นบทความทางวิชาการที่ยังมีความทันสมัย ตลอดจนตำรา หรือเอกสาร ที่แสดงถึงหลักการทฤษฎีที่สำคัญขององค์ความรู้ในศาสตร์สาขาด้านนั้น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

5. ผู้วิจัยคัดเลือกวรรณกรรมที่มีความเกี่ยวข้องสอดคล้องกับตัวแปร กลุ่มตัวอย่าง ระเบียบวิธีวิจัยกับงานวิจัย เพื่อวิเคราะห์ สังเคราะห์ องค์ประกอบ หลักการในการสร้างชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยจำแนกองค์ความรู้ออกเป็น 4 หัวข้อ ได้แก่

5.1 แนวคิดเกี่ยวกับชุดการสอน (Instructional package)

5.2 แนวคิดเกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์ (Mechanical robot)

5.3 แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ (Design process)

5.4 แนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างเป็นระบบ (System thinking)

ดังรายละเอียดการสืบค้น วิเคราะห์ สังเคราะห์ ทบทวนวรรณกรรมที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 2 เพื่อนำมาแนวคิดในการสร้างและพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดคุณลักษณะของชุดการสอน

จากการศึกษาเอกสารหลักการและทฤษฎีที่เกียวข้องในการสร้าง และพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ตามขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยได้นำเอาแนวคิดในการพัฒนาชุดการสอนของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ (2520) และใช้ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ ในการพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์

ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นนำเสนอสถานการณ์

2) ขั้นพิจารณาปัญหา

3) ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด

4) ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม

5) ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล

6) ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้

ผู้วิจัยจึงได้กำหนดคุณลักษณะของชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นให้เป็นชุดการสอนประกอบกิจกรรม ซึ่งเป็นชุดการสอนที่มุ่งเน้นขยายเนื้อหาสาระการสอนแบบลงปฏิบัติให้ชัดเจนขึ้น โดยกำหนดกิจกรรมและสื่อการสอนให้ผู้สอนใช้ประกอบในการดำเนินกิจกรรม ซึ่งอาจเรียกว่า ชุดการเรียนการสอนสำหรับครู ชุดการเรียนการสอนจะมีเนื้อหาวิชาเพียงหน่วยเดียวและใช้กับผู้เรียนทั้งชั้น โดยแบ่งหัวข้อที่จะบรรยาย เนื้อหา และกิจกรรมไว้ตามลำดับขั้นชุดการเรียนการสอน

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอน

การสร้างชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนกลไกหุ่นยนต์ และการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ

2. ศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับการสร้างชุดการสอน จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยใช้หลักการการพัฒนาชุดการสอนของชัยยงค์ พรหมวงศ์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการสร้างชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

3. ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์และองค์ประกอบสำคัญของชุดการสอน ตามแนวคิดของชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ (2520) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 คู่มือครู เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสำหรับครูโดยในคู่มือจะประกอบไปด้วยคำชี้แจง และวิธีการใช้ชุดการสอน

3.2 บัตรคำสั่งหรือคำแนะนำ เป็นส่วนที่บอกผู้เรียน ให้ดำเนินการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละอย่างตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

3.3 เนื้อหาสาระและสื่อ จะบรรจุไว้ในรูปของสื่อการสอนต่าง ๆ ประกอบด้วย แผนการสอน เอกสารประกอบการสอน ใบความรู้ ใบบันทึกกิจกรรม สื่อการเรียนการสอน (สไลด์ เทปบันทึกเสียง ฟิล์มสตริป แผ่นภาพ โปร่งใส วัสดุกราฟิก หุ่นจำลอง ของตัวอย่างรูปภาพ เป็นต้น)

3.4 แบบประเมินผล หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิก่อนเรียนและหลังเรียน ผู้เรียนจะทำการประเมินผลความรู้ด้วยตนเองก่อนและหลังเรียน แบบประเมินผลทีอยู่ในชุดการสอน อาจจะเป็นแบบฝึกหัดให้เติมคำในช่องว่างเลือกคำตอบทีถูก จับคู่ ดูผลจากการ ทดลอง หรือให้ทำกิจกรรม เป็นต้น

ส่วนประกอบข้างต้นนี้จะบรรจุในกล่องหรือซอง จัดเอาไว้เป็นหมวดหมู่ เพื่อสะดวกแก่การใช้ นิยมแยกออกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี

1. กล่องบรรจุชุดการสอน
2. สื่อการสอนและบัตรภาพ โดยบอกชนิดของสื่อการสอนเรียงตามลำดับการใช้
3. แผนการสอน ประกอบด้วย รายละเอียด ดังนี้
    3.1 รายละเอียดเกี่ยวกับวิชาและหน่วยการสอน
    3.2 รายละเอียดเกี่ยวกับผู้เรียน
    3.3 เวลา จำนวนชั่วโมง
    3.4 จุดประสงค์การเรียนรู้
    3.5 เนื้อหาวิชา สาระสำคัญ
    3.6 กิจกรรมและสื่อการเรียนการสอน
    3.7 ใบความรู้
    3.8 ใบบันทึกกิจกรรมพร้อมแนวคำตอบ
    3.9 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน พร้อมเฉลย
    3.10 ใบบันทึกผลกิจกรรมการเรียนและผลคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ คือ เอกสารที่แสดงรายละเอียดการจัดการเรียนการสอน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบที่มีเนื้อหารายวิชาเกี่ยวกับการ กลไกหุ่นยนต์ เพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ โดยผู้วิจัยได้จัดทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย มีจำนวนทั้งสิ้น 4 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ (รายหน่วยการเรียนรู้ที่ 1) เรื่อง กลไกพื้นลาด พื้นเอียง

แผนการจัดการเรียนรู้ (รายหน่วยการเรียนรู้ที่ 2) เรื่อง กลไกระบบรอก

แผนการจัดการเรียนรู้ (รายหน่วยการเรียนรู้ที่ 3) เรื่อง กลไกระบบเฟือง

แผนการจัดการเรียนรู้ (รายหน่วยการเรียนรู้ที่ 4) เรื่อง กลไกหุ่นยนต์พิชิตปัญหา

มีรายละเอียดและขั้นตอนดังนี้ (รายละเอียดของเครื่องมือปรากฏในภาคผนวก ข) โดยใช้เวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที

4. ผู้วิจัยได้นำชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ที่มีองค์ประกอบครบถ้วนสมบูรณ์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสม ความถูกต้องของเนื้อหาของชุดการสอน แล้วนำมาปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนกลไกหุ่นยนต์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการคิดเชิงระบบ และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนกลไกหุ่นยนต์ มีคุณสมบัติดังนี้

1) เป็นผู้มีประสบการณ์ด้านการสอนกลไกหุ่นยนต์อย่างน้อย 5 ปี และ /หรือ

2) เป็นผู้มีผลงานวิชาการด้านการสอนกลไกหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับในวงการศึกษา

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการคิดอย่างเป็นระบบ มีคุณสมบัติดังนี้

1) เป็นผู้มีประสบการณ์ด้านการคิดและการสอนอย่างเป็นระบบอย่างน้อย 5 ปี หรือสายงานที่มีความเกี่ยวข้องกับการคิดอย่างเป็นระบบ เช่น ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และ /หรือ

2) เป็นผู้มีผลงานวิชาการด้านการคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นที่ยอมรับในวงการศึกษา

3. ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา มีคุณสมบัติดังนี้

1) เป็นผู้มีประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาอย่างน้อย 5 ปี และ /หรือ

2) เป็นผู้มีผลงานวิชาการด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา เป็นที่ยอมรับในวงการศึกษา

ผู้วิจัยเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา แผนการจัดการเรียนรู้ ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ขั้นตอนการเรียน การจัดกิจกรรม แบบประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา เป็นแบบประเมินที่มีลักษณะเป็นแบบวัดมาตรประมาณค่า (Rating scale) มี5 ระดับ คือ 5 4 3 2 และ 1

โดยได้กำหนดความหมายคะแนนในแบบประเมิน ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง องค์ประกอบมีความเหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง องค์ประกอบมีความเหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง องค์ประกอบมีความเหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง องค์ประกอบมีความเหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง องค์ประกอบมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ใช้เกณฑ์การแปลค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง องค์ประกอบมีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง องค์ประกอบมีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง องค์ประกอบมีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง องค์ประกอบมีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง องค์ประกอบมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์การยอมรับได้ คือ 3.51 ขึ้นไป

ผลการประเมินค่าความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.27 ซึ่งมากกว่า 3.51 จัดว่าแผนการจัดการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ ที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ทดลองได้ และมีข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ มีดังนี้ 1) การจัดกิจกรรมมากเกินไป มีหลายขั้นตอน อาจไม่ทันกับคาบเรียนที่มี 2) ควรมีการวัดผลเชิงปฏิบัติในกิจกรรมที่สอน น่าจะเหมาะสมกว่าการใช้แบบทดสอบ 3) การประเมินด้วยการสังเกตนานมากเกินไป ผู้วิจัยปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับจริง

5. การทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา โดยผู้วิจัยได้นำชุดการสอนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และได้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนไว้ที่ 80/80 เนื่องจากชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เป็นชุดการสอนที่ประกอบด้วยส่วนเนื้อหารายวิชาที่เป็นความรู้ กระบวนการคิด และส่วนที่เป็นทักษะทางพฤติกรรม ที่มีการออกแบบจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดทักษะภายใต้ขอบเขตการวิจัยเช่นนั้นแล้ว การตั้งเกณฑ์ที่ 80/80 และมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5% อยู่ในช่วง $\pm 2.5\%$ กล่าวคือมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ ไม่เกิน 2.5% และสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5% และจึงเป็นค่าที่เหมาะสมในการทดสอบประสิทธิภาพ เพื่อให้ชุดการสอนที่พัฒนาสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนได้จริง โดยผู้วิจัยได้นำชุดการสอนไปทดสอบใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ของโรงเรียนประสาทวิทยานนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยมีขั้นตอน ดังนี้

5.1 ขั้นทดลองแบบรายบุคคล นำชุดการสอนไปทดสอบกับนักเรียนที่คล้ายกับกลุ่มตัวอย่างที่มีผลการเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน อย่างละ 1 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยก่อนเรียนผู้วิจัยได้ชี้แจงให้ผู้เรียนทราบถึงจุดประสงค์ในการพัฒนางานวิจัย จากนั้นได้อธิบายขั้นตอนกระบวนการในการเรียนด้วยชุดการสอน ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองใช้ พบว่า มีประสิทธิภาพ 77.85/78.79 เพื่อหาข้อบกพร่องด้านภาษา กิจกรรม ความเหมาะสมของชุดการสอนและเวลาที่ใช้โดยสังเกตจากวิธีการสอนของครูผู้สอน ตลอดจนพฤติกรรมของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอน ซึ่งได้ดำเนินการปรับแก้ไขให้มีความชัดเจนมากขึ้น เพื่อนำไปใช้ขั้นต่อไป

5.2 ขั้นทดลองแบบกลุ่ม นำชุดการสอนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบกับ

นักเรียนที่คล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง ที่มีผลการเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน อย่างละ 3 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาข้อบกพร่องต่าง ๆ โดยก่อนเรียนผู้วิจัยได้ชี้แจงขั้นตอนกระบวนการในการเรียนด้วยชุดการสอน ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนด้วยชุดการสอน ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน พบว่า มีประสิทธิภาพ 80.92/81.64 มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เพื่อหาข้อบกพร่องของชุดการสอน โดยสังเกตพฤติกรรมและบันทึกข้อบกพร่อง ข้อสงสัยและคำถามต่าง ๆ ของนักเรียน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบ

แบบทดสอบวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวนตอนละ 40 ข้อ ที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยวัดพฤติกรรมของนักเรียน ด้านความรู้ ความเข้าใจ และทักษะการนำไปใช้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร ตำรา และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดผล การประเมินผล และวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างเป็นระบบ

2. สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดการคิดอย่างเป็นระบบ โดยมีรายละเอียด ต่อไปนี้

2.1 กำหนดกรอบความคิดของแบบวัดการคิดอย่างเป็นระบบ

กรอบความคิดของแบบวัดการคิดอย่างเป็นระบบที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการสร้างและพัฒนาแบบวัด โดยให้คำกัดความของการคิดอย่างเป็นระบบ หมายถึง ความสามารถของการคิดที่เกิดจากการแก้ปัญหาหรือแก้ไขสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจถึงปัญหานั้น ๆ สามารถวางแผนจำลองความคิด สามารถตัดสินใจและดำเนินการเพื่อเลือกวิธีแนวทางที่เหมาะสม และได้รับการสนับสนุนคำตอบ

2.2 สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดการคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการคิดอย่างเป็นระบบ โดยมีการให้คะแนนออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 แบบทดสอบวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบ 4 ด้าน จำนวน 40 ข้อ 20 คะแนน ได้แก่

1. กำหนดของเขตของปัญหาหรือระบบ	5	คะแนน
2. ระบุวิเคราะห์ส่วนประกอบของระบบ	5	คะแนน
3. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ	5	คะแนน
4. สังเคราะห์วัฏจักรขององค์ประกอบในระบบ	5	คะแนน

ประกอบด้วยเกณฑ์การให้คะแนน

ได้คะแนน 17 – 20 คะแนน หมายถึง ดีมาก

ได้คะแนน 13 – 16 คะแนน หมายถึง ดี
ได้คะแนน 9 – 12 คะแนน หมายถึง ปานกลาง
ได้คะแนน 5 – 8 คะแนน หมายถึง พอใช้
ได้คะแนน 0 – 4 คะแนน หมายถึง ไม่ดี

และส่วนที่ 2 แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ในการคิดอย่างเป็นระบบของผู้เรียน จำแนกเป็น 5 ด้าน ได้แก่

1. ค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา 3 คะแนน
2. คิดวิธีการแก้ปัญหา 3 คะแนน
3. เลือกวิธีและเตรียมการแก้ปัญหา 3 คะแนน
4. ลงมือปฏิบัติ 3 คะแนน
5. นำคำตอบไปประยุกต์ใช้ 3 คะแนน

ประกอบด้วยเกณฑ์การให้คะแนน

ได้คะแนน 11 – 15 คะแนน หมายถึง ดี
ได้คะแนน 6 – 10 คะแนน หมายถึง ปานกลาง
ได้คะแนน 0 – 5 คะแนน หมายถึง พอใช้

3. นำแบบทดสอบวัดผลที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และนำมาปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบทดสอบวัดผลที่ปรับปรงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ที่ต้องการวัด ซึ่งกำหนดค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

คะแนน +1 = แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ในข้อนั้น ๆ
คะแนน 0 = ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ในข้อนั้น ๆ
คะแนน -1 = แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ในข้อนั้น ๆ

5. นำผลการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้สูตร ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2553)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

จากนั้นนำค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มาพิจารณา ดังนี้

ค่า IOC > .5 = คำถามข้อนั้นมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ในข้อนั้น ๆ

ค่า IOC < .5 = คำถามข้อนั้นไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ในข้อนั้น ๆ

6. ผู้วิจัยดำเนินการเลือกแบบทดสอบวัดการคิดอย่างเป็นระบบข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 มาดำเนินการจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบวัดผล เพื่อนำไปทดลองใช้ จำนวน 40 ข้อ

7. นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างเป็นระบบที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญและแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีความคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง ที่มีความสามารถเก่ง กลาง อ่อน จำนวน 9 คน ที่ผ่านการเรียนด้วยชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์มาแล้ว

8. นำผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างเป็นระบบ มาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติ โดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้

8.1 หาความยากง่าย (Difficulty) ของแบบวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบเป็นรายข้อ (P) จากสูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2553)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ความยากง่ายของแบบทดสอบ

R แทน จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการพิจารณาข้อสอบที่มีความยากง่ายที่พอเหมาะ คือ ช่วงระหว่าง 0.20 - 0.80 ซึ่งการแปลความหมายของค่าความยากง่าย แบ่งได้เป็น 5 ช่วง ดังนี้ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2553)

ค่า p = 0 - 0.19	เป็นข้อสอบที่ยากมาก
ค่า p = 0.20 - 0.39	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
ค่า p = 0.40 - 0.59	เป็นข้อสอบที่ยากพอเหมาะ
ค่า p = 0.60 - 0.80	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย
ค่า p = 0.81 - 1.00	เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก

8.2 หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) แบบทดสอบอิงเกณฑ์ตามวิธีของเบรนแนน (Brennan, 1974 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2553) โดยใช้สูตรดังนี้

$$B = \frac{U}{n_1} - \frac{L}{n_2}$$

เมื่อ B แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

U แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกของกลุ่มที่สอบผ่าน

L แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกของกลุ่มที่สอบไม่ผ่าน

n_1 แทน จำนวนนักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์

n_2 แทน จำนวนนักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์

โดยเกณฑ์ในการพิจารณาข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก จะมีค่าที่เหมาะสมตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 ซึงการแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก แบ่งได้เป็น 5 ช่วง ดังนี้

ค่า r ระหว่าง 0.60 - 1.00 คือ มีอำนาจจำแนกดีมาก

ค่า r ระหว่าง 0.40 - 0.59 คือ มีอำนาจจำแนกดี

ค่า r ระหว่าง 0.20 - 0.39 คือ มีอำนาจจำแนกพอใช้

ค่า r ระหว่าง 0.10 - 0.19 คือ มีอำนาจจำแนกต่ำ (ควรปรับปรุง)

ค่า r ระหว่าง -1.00 -0.09 คือ มีอำนาจจำแนกต่ำมาก (ควรตัดทิ้ง)

ซึ่งผลการวิเคราะห์แบบทดสอบมีระดับความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.33 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 0.18 - 0.74

8.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR-20) โดยคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตรของคูเตอร์ริชาร์ดสัน (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2553)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อสอบทั้งหมด

p แทน สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ คือ สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกกับจำนวนคนทั้งหมด

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือ

วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นโดยคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตรของคูเตอร์ริชาร์ดสัน 20 (KR-20) การแปลผลค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือที่เหมาะสม คือ 0.70 ขึ้นไป ยิ่งใกล้ 1.00 ยิ่งมีความเชื่อมั่นสูง โดยเกณฑ์การแปลผลความเชื่อมั่น มีดังนี้

0.00 - 0.20 หมายถึง มีความเชื่อมั่นต่ำมาก

0.21 - 0.40 หมายถึง มีความเชื่อมั่นต่ำ

0.41 - 0.70 หมายถึง มีความเชื่อมั่นปานกลาง

0.71 - 1.00 หมายถึง มีความเชื่อมั่นสูง

จากผลการวิเคราะห์แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่น (KR-20) เท่ากับ 0.81

9. ผู้วิจัยได้ดำเนินการคัดเลือกแบบทดสอบวัดการคิดอย่างเป็นระบบข้อที่มีค่าความยากง่าย (P) ระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR-20) ในระดับ 0.70 ขึ้นไป เพื่อนำมาเป็นแบบทดสอบวัดแบบทดสอบวัดการคิดอย่างเป็นระบบ (ฉบับจริง) จำนวน 20 ข้อ

10. นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างเป็นระบบที่หาค่าความเชื่อมั่นเรียบร้อยแล้ว มาจัดทำเป็นแบบทดสอบวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบ (ฉบับจริง) สำหรับชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

ระยะที่ 2 การศึกษาผลการทดลองใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

การวิจัยในขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถการคิดอย่างเป็นระบบสำหรับนักเรียนประถมศึกษาก่อนและหลังการเรียนตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 1 : การทดลองเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนประสาทวิทยานนทบุรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนประสาทวิทยาลัยนนทบุรี เนื่องจากโรงเรียนประสาทวิทยาลัยนนทบุรี มีนักเรียนเป็นจำนวนมาก มีความสามารถแตกต่างกัน คือ มีทั้งนักเรียนกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ อีกทั้งทางโรงเรียนประสาทวิทยาลัยนนทบุรี ยังมีความพร้อมด้านอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ ซึ่งมีจำเป็นในการสร้างและพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบในการดำเนินการวิจัยต่อไป

โรงเรียนประสาทวิทยาลัยนนทบุรี มีนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาโดยในแต่ละระดับชั้นมีจำนวน 2 ห้องเรียน แต่ละห้องจะมีนักเรียนจำนวนห้องละ 35 – 40 คน และมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถอยู่ในห้องเดียวกัน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยจะเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเลือกในรายวิชา การคิดอย่างเป็นระบบด้วยกลไกหุ่นยนต์

การออกแบบการทดลองโดยกำหนดรูปแบบของการวิจัยครั้งนี้ คือ ใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) แบบแผนในการทดลองเป็นแบบทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One Group, Pretest-Posttest Design)

E :	O_1	X	O_2

E	หมายถึง	กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 24 คน
O_1	หมายถึง	การวัดก่อนการทดลอง คือ ทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ
X	หมายถึง	การดำเนินการทดลอง คือ การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ
O_2	หมายถึง	การวัดหลังการทดลอง คือ ทำแบบทดสอบหลังเรียนแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

2. แผนการจัดการเรียนรู้ นำเสนอกิจกรรมการเรียนรู้ 4 หน่วยการเรียนรู้ รายละเอียดของเนื้อหา กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยกำหนดวัตถุประสงค์ บทบาทผู้เรียน กิจกรรมการเรียนให้ครอบคลุมเนื้อหาและขั้นตอนต่าง ๆ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบทดสอบวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบ 4 ด้าน จำนวน 20 ข้อ 20 คะแนน ได้แก่

1) กำหนดของเขตของปัญหาหรือระบบ	5	คะแนน
2) ระบุวิเคราะห์ส่วนประกอบของระบบ	5	คะแนน
3) ระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ	5	คะแนน
4) สังคราะห์วัฏจักรขององค์ประกอบในระบบ	5	คะแนน

ประกอบด้วยเกณฑ์การให้คะแนน

ได้คะแนน 17 – 20 คะแนน	หมายถึง	ดีมาก
ได้คะแนน 13 – 16 คะแนน	หมายถึง	ดี
ได้คะแนน 9 – 12 คะแนน	หมายถึง	ปานกลาง
ได้คะแนน 5 – 8 คะแนน	หมายถึง	พอใช้
ได้คะแนน 0 – 4 คะแนน	หมายถึง	ไม่ดี

2. แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ในการคิดอย่างระบบของผู้เรียน จำแนกเป็น 5 ด้าน ได้แก่

1) ค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา	3	คะแนน
2) คิดวิธีการแก้ปัญหา	3	คะแนน
3) เลือกวิธีและเตรียมการแก้ปัญหา	3	คะแนน
4) ลงมือปฏิบัติ	3	คะแนน
5) นำคำตอบไปประยุกต์ใช้	3	คะแนน

ประกอบด้วยเกณฑ์การให้คะแนน

ได้คะแนน 11 – 15 คะแนน	หมายถึง	ดี
ได้คะแนน 6 – 10 คะแนน	หมายถึง	ปานกลาง
ได้คะแนน 0 – 5 คะแนน	หมายถึง	พอใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การประเมินการให้คะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบ

คะแนน / รายการประเมิน	ระดับเริ่มต้น 0 คะแนน	ระดับกำลังพัฒนา 1 คะแนน	ระดับคล่องแคล่ว 2 คะแนน	ระดับเป็นแบบอย่างได้ 3 คะแนน
1. ค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา แสดงถึงความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ และกำหนดปัญหาได้ถูกต้อง	ไม่เข้าใจปัญหา	เข้าใจปัญหา แต่ต้องอาศัยคำแนะนำมาก	เข้าใจปัญหา แต่ออกแบบการแก้ปัญหาได้ไม่ตรงประเด็น	เข้าใจปัญหา มีความคิดริเริ่มในการแก้ปัญหาได้ตรงประเด็น
2. คิดวิธีการแก้ปัญหา แสดงถึงการมีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ ค้นคว้าหาข้อมูลอย่างรอบด้าน เพียงพอ	ไม่มีความรู้ ไม่ค้นคว้าอย่างเพียงพอ	มีความรู้ ค้นคว้าพอใช้	มีความรู้ ค้นคว้าในระดับดี	มีความรู้ ค้นคว้าในระดับดีมาก
3. เลือกวิธีและเตรียมการแก้ปัญหา เลือกวิธีการแก้ปัญหาออกแบบผลงานเพื่อแก้ปัญหา อย่างสร้างสรรค์และเหมาะสม	เลือกวิธีการและออกแบบการแก้ปัญหาไม่ดี	เลือกวิธีการและออกแบบการแก้ปัญหาได้พอใช้	เลือกวิธีการและออกแบบการแก้ปัญหาได้เหมาะสมนำไปใช้จริงได้	เลือกวิธีการและออกแบบการแก้ปัญหาได้เหมาะสมสร้างสรรค์นำไปใช้จริงได้
4. ลงมือปฏิบัติ การสร้างสรรค์ผลงาน	ไม่สามารถนำแนวทางแก้ปัญหามาปฏิบัติได้	สร้างงานได้ แต่มีคุณภาพต่ำ	สร้างงานได้อย่างมีคุณภาพ แต่ไม่สามารถนำไปใช้ได้ในสถานการณ์ปัญหาจริง	สร้างงานได้อย่างมีคุณภาพสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาจริงได้ผล
5. นำคำตอบไปประยุกต์ใช้ การนำเสนอ สื่อสาร อธิบายผลงาน	นำเสนอได้ แต่การวิเคราะห์ข้อมูลไม่ครบถ้วน	นำเสนอได้ถูกต้องวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน	นำเสนอได้ถูกต้องเหมาะสมวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน มีการนำเหตุผลและความรู้มาอ้างอิงประกอบ	คนฟังเข้าใจง่าย นำเสนอได้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ในการนำเสนอข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลครบถ้วน มีการนำเหตุผลความรู้มาอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. แบบสอบถามความคิดเห็นในการเรียนโดยใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

3.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 กำหนดประเด็นคำถามเพื่อพัฒนาแบบสอบถาม โดยเป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) และแบบปลายเปิด สร้างข้อคำถามเพื่อสำรวจความคิดเห็นต่อความเหมาะสมของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษาและสำรวจความคิดเห็นต่อชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์

3.3 นำแบบสอบถามไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความครอบคลุมของคำถาม และความเหมาะสมของภาษา จากนั้นจึงนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำ

3.4 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาตลอดจนความครบถ้วนและความครอบคลุมของคำถาม แล้วประเมินแบบสอบถามโดยใช้การประเมินความสอดคล้อง (IOC)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการเรียนจะเป็นแบบวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) ซึ่งเป็นแบบแผนการวิจัยกลุ่มเดียว มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest and Posttest Design) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการทดลอง ดังนี้

1. ก่อนการทดลองเตรียมความพร้อมของสถานที่และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการทดลอง

2. สัปดาห์ที่ 1 ปฐมนิเทศนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ และสื่อการเครื่องมือในการเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ

3. ผู้สอนจัดจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมา ทั้งหมด 4 แผนการเรียนรู้ รวมระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยในสัปดาห์ที่ 2 – 5 ผู้สอนดำเนินการสอนตามขั้นตอนของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ ในแต่ละแผนการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

3.1) ขั้นนำเสนอสถานการณ์

ขั้นนำเสนอสถานการณ์เข้าสู่บทเรียนด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย โดยผู้สอนนำด้วยการสนทนาหัวข้อที่ต้องการสอนร่วมกับนักเรียน ให้ดูภาพ หรือวิดีโอ เพื่อเป็นการรวบรวมความรู้เก่าและกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน ในที่นี้ผู้สอนจะให้นักเรียนดูภาพหรือวิดีโอที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในโจทย์ของหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละสัปดาห์ แล้วให้นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามว่า จาก

สถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าจะนำไปสู่การคิดออกแบบโครงสร้างกลไกหุ่นยนต์อะไรได้บ้าง ลงในใบงาน

3.2 ขั้นพิจารณาปัญหา

ผู้สอนจะให้นักเรียนดูภาพหรือวิดีโอที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในปัญหาของกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละสัปดาห์ แล้วให้นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามว่า จากสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่าจะนำไปสู่การคิดออกแบบโครงสร้างกลไกหุ่นยนต์อะไรได้บ้างลงในใบงาน และกำหนดกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ ผู้สอนแจ้งนักเรียนให้ทราบว่านักเรียนจะต้องทำกิจกรรมอะไรในขั้นตอนใดบ้าง รายละเอียดของกิจกรรมเป็นอย่างไร กลไกหุ่นยนต์ที่ใช้มีวิธีการใช้งานอย่างไร และมีวิธีการวัดและประเมินผลอย่างไร

3.3 ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด

สร้างความรู้ที่แปลกใหม่ผ่านกิจกรรมกลุ่ม นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูล และนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างแนวทางการสร้างผลงาน และใช้แหล่งข้อมูลในการเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ที่นักเรียนจะช่วยกันสร้างแนวทางแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

3.4 ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม

ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนแต่ละคนแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้ที่เป็นประโยชน์ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมพิจารณาแนวทางสร้างผลงานตามหลักการและเหตุผล เพื่อแลกแนวทางในการสร้างชิ้นงานและดำเนินการทดสอบปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน

3.5 ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล

นักเรียนประเมินผลของชิ้นงาน สรุปของอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการสร้างผลงาน ประเมินปรับแก้ชิ้นงาน และร่วมอภิปรายสรุปความรู้จากการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6 ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้

นักเรียนร่วมอภิปรายสรุปความรู้จากการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้ และสามารถนำความรู้ แนวทางวิธีคิดไปประยุกต์ปรับใช้สำหรับการดำเนินชีวิตประจำวันเมื่อต้องเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ หรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนรู้ในรายวิชาเนื้อหาอื่น ๆ เพื่อที่จะได้มาซึ่งคำตอบที่นักเรียนต้องการ

4. สัปดาห์ที่ 6 นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดการคิดอย่างเป็นระบบ

5. ประเมินความคิดเห็นของนักเรียนโดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นการใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนชั้นประถมศึกษา มีดังนี้

1. แบบทดสอบการคิดอย่างเป็นระบบ เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง ใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent) สูตรที่ใช้คานวณค่าที (t-test) เพื่อหาค่าเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยผู้วิจัยได้ใช้สถิติ t-test Dependent ศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ตามสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\frac{N\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{N-1}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต

D แทน ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

$\sum D$ แทน ผลรวมค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนนยกกำลังสอง

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับคะแนนปฏิบัติกิจกรรมระหว่างเรียนโดยใช้ชุดการสอน เพื่อให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$E_1 = \frac{\sum X_1 / N}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการที่เกิดในระหว่างการใช้ชุดการสอนหรือผลที่เกิดเป็นระยะ

$\sum X_1$ หมายถึง คะแนนรวมของทุกคนจากใบบันทึกกิจกรรมแต่ละตอน

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการหาประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (E_2) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียน โดยใช้ชุดการสอนฯ เพื่อให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556)

$$E_2 = \frac{\sum X_2 / N}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังการใช้ชุดการสอน หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$\sum X_2$ หมายถึง คะแนนรวมของทุกคนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ละตอน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

3. แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดการสอน ใช้สถิติหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดเห็น และการบรรยายเป็นความเรียง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยมีรายละเอียดแบ่งเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

ตอนที่ 2 การศึกษาผลการทดลองใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ประกอบด้วย

2.1 ศึกษาผลคะแนนความสามารถการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

2.2 ศึกษาคะแนนพฤติกรรมความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ

2.3 ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

ตอนที่ 1 การพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

1. การศึกษา รวบรวม วิเคราะห์ และสังเคราะห์ แนวคิดทฤษฎี บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ องค์ประกอบของการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ แล้วสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎีเพื่อนำมาพัฒนาเป็นร่างชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

2. ศึกษาความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิ

2.1 นำร่างชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มีคุณสมบัติในความเชี่ยวชาญทางด้านการสอนกลไกหุ่นยนต์ ด้านการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ และด้านการคิดอย่างเป็นระบบ มาเป็นระยะเวลา 5 ปี และหรือเป็นผู้ที่มีผลงานทางวิชาการเกี่ยวกับการการสอนกลไกหุ่นยนต์ ด้านการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ และด้านการคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พัฒนาชุดการสอน ขั้นตอนการเรียนรู้ของชุดการสอน การประเมินผลการเรียนของชุดการสอนฯ และการใช้งานของชุดการสอนฯ

2.2 ปรับปรุงแก้ไขชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ผลจากการศึกษา รวบรวม วิเคราะห์ และสังเคราะห์ แนวคิดทฤษฎี บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 ศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์ เอกสาร บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนด้วยกระบวนการออกแบบ และการเรียนกลไกหุ่นยนต์ สรุปได้ว่า การเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ ประกอบด้วย มีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 ขั้นตอนของการเรียนรู้ของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นนำเสนอสถานการณ์ (2) ขั้นพิจารณาปัญหา (3) ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด (4) ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม (5) ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล (6) ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ แต่ละขั้นมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นนำเสนอสถานการณ์ ในขั้นตอนนี้ครูจะเป็นผู้สร้างแรงจูงใจ กระตุ้นความสนใจให้กับนักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ด้วยการกำหนดสถานการณ์ ประเด็นปัญหา เพื่อให้นักเรียนเกิดการสนทนาเกี่ยวกับปัญหาของสถานการณ์ในการคิดหาแนวทางในการหาคำตอบหรือแก้ปัญหาของสถานการณ์นั้น โดยครูจะสังเกตได้จากพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในการพิจารณาปัญหา มุ่งแสวงหาคำตอบ

2. ขั้นพิจารณาปัญหา ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะมีบทบาทร่วมกับครู คือ เมื่อนักเรียนได้ทำการรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้วนั้น สิ่งที่นักเรียนจะดำเนินการต่อเป็นการจัดกระทำกับข้อมูลเพื่อให้เป็นรูปธรรมมากขึ้นที่จะแก้ปัญหา เช่น ในชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ที่นักเรียนจะต้องแก้ปัญหาตามโจทย์สถานการณ์ ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาออกมาในรูปของการเขียนแบบร่างกลไก หรือ Flowchart บทบาทของครูคือจะเป็นผู้อธิบายวิธีการเขียนแบบร่างกลไกหรือ Flowchart และคอยให้คำปรึกษาระหว่างที่นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา ครูสามารถให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น แล้วนำเสนอผลงานของตนเอง

3. ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะมีหน้าที่หลัก คือ เมื่อนักเรียนทราบประเด็นปัญหา ขั้นตอนที่ต้องกระทำด้วยตนเองเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบนั่น คือ การค้นหา สำรวจข้อเท็จจริงต่าง ๆ แล้วทำการรวบรวม ข้อมูล เพื่อที่จะนำคำตอบนั้น ๆ มาศึกษาทดลองเพื่อพัฒนาเป็นกระบวนการในการแก้ปัญหาต่อไป

4. ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะต้องสร้างผลงาน นำเสนอ

ผลงานหรือแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองอาจมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างเพื่อนร่วมกลุ่ม หรือได้รับข้อเสนอแนะจากครู ทำให้มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันทั้งในห้องเรียนและการใช้การสืบค้นแหล่งข้อมูล

5. ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล ในขั้นตอนนี้ครูจะมีหน้าที่หลัก คือ เมื่อนักเรียนได้นำเสนอพร้อมทั้งทำการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้แล้วนั้น ครูจะทำการประเมินอย่างเป็นทางการ อาจจะเป็นการประเมินจากผู้ร่วมชั้นเรียนด้วยกัน หรือเป็นการประเมินจากครู จากนั้นให้ข้อเสนอแนะ เพื่อสามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

6. ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ ในขั้นตอนนี้เป็นความความหวังของครูที่จะเห็นนักเรียนสามารถนำความรู้และแนวทางวิธีคิดไปประยุกต์ปรับใช้สำหรับการดำเนินชีวิตประจำวันเมื่อต้องเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ หรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนรู้ในรายวิชาเนื้อหาอื่น ๆ เพื่อที่จะได้มาซึ่งคำตอบที่นักเรียนต้องการ

1.2 ศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์ เอกสาร บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความการคิดอย่างเป็นระบบ ร่วมกับผลจากการปรึกษาและพัฒนาจากข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ทำให้ได้เกณฑ์ในการวัดการคิดอย่างเป็นระบบของงานวิจัยนี้ จำแนกออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. เกณฑ์ในการวัดผลกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบของผู้เรียน
    1. กำหนดของเขตของปัญหาหรือระบบ
    2. ระบุวิเคราะห์ส่วนประกอบของระบบ
    3. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ
    4. สังเคราะห์วัฏจักรขององค์ประกอบในระบบ
2. เกณฑ์ในการวัดพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบของผู้เรียน
    1. ค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา
    2. คิดวิธีการแก้ปัญหา
    3. เลือกวิธีและเตรียมการแก้ปัญหา
    4. ลงมือปฏิบัติ
    5. นำคำตอบไปประยุกต์ใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ผลการศึกษาความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิ

การนำร่างชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบนักเรียนประถมศึกษา ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน โดยแต่ละท่านมีคุณสมบัติในความเชี่ยวชาญทางด้านการสอนกลไกหุ่นยนต์ ด้านการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ และด้านการคิด

อย่างเป็นระบบ เพื่อประเมินรับรองคุณภาพและแสดงความคิดเห็นที่มีต่อชุดการสอนผู้วิจัยนำเสนอประเด็นสำคัญตามหัวข้อในการประเมินและแสดงความคิดเห็น มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ภาพรวมของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

2.1.1 การนำเสนอร่างชุดการสอน ควรเขียนอธิบายที่มาของขั้นตอนการเรียรู้ โดยกล่าวถึงทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาชุดการสอนฯ

2.1.2 ควรเขียนอธิบายเป้าหมาย วัตถุประสงค์ของชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นในภาพรวม

2.1.3 นอกจากภาพรูปแบบของชุดการสอนในลักษณะกราฟิกแล้ว ควรเขียนบรรยายรายละเอียดของรูปแบบแต่ละขั้นตอน เช่น การใช้งาน สื่อ บทบาทของผู้สอน บทบาทของ ผู้เรียน กิจกรรมการเรียนรู้ กลยุทธ์การเรียนการสอน การประเมิน เป็นต้น

2.1.4 ในภาพรวมควรอธิบายกิจกรรมหรือกลยุทธ์การเรียนการสอนให้ชัดเจนว่ากิจกรรมหรือกลยุทธ์การเรียนการสอนใดที่สามารถทำให้เกิดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ เช่น การตั้งคำถามด้วย 5W1H การใช้กรณีศึกษาเปรียบเทียบ เป็นต้น

2.1.5 ควรระบุวิธีการและขั้นตอนการประเมินผล ชี้แจงการประเมินผลว่าจะประเมินด้วยวิธีการใดในชั้นเรียน และเป็นการประเมินเพื่อรายงานผลในลักษณะพัฒนาผู้เรียนให้มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้หรือเป็นการประเมินผลเพื่อตัดสินความสามารถ

2.2 ขั้นตอนการเรียนรู้ตามชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

2.2.1 ขั้นนำเสนอสถานการณ์ ควรอธิบายกิจกรรมหรือรูปแบบการเรียนรู้ที่จะดำเนิน เพื่อสร้างความสนใจให้กับผู้เรียนอย่างละเอียด เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจในขั้นตอนนั้น และการปฐมนิเทศ หรือการทดสอบการก่อนเรียนคือการเร้าความสนใจของผู้เรียนหรือไม่

2.2.2 ขั้นพิจารณาปัญหา ควรอธิบายรายละเอียดของกิจกรรมและสื่อที่จะใช้ทั้งเนื้อหาประเด็นที่จะนำเสนอในสื่อนั้น ๆ ระยะเวลาในการนำเสนอ กิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบการเรียนผ่านสื่อ

2.2.3 ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด ควรเป็นขั้นที่สังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการค้นหาและรวบรวม เนื้อหาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับการระดมสมองคิดหาแนวทางการแก้ปัญหาต่อไป

2.2.4 ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม ควรระบุรายละเอียดของกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะใช้ขั้นตอน ระยะเวลา เครื่องมือที่จะใช้ในการเรียนรู้ การเตรียมความพร้อม หรืออื่น ๆ เป็นต้น

2.2.5 ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล ในการทดสอบหลังเรียนเป็นการทดสอบ

ประเด็นใด วัดความสามารถหรือทักษะใดควรระบุให้ชัดเจน การประเมินพฤติกรรมรายบุคคลระหว่างการเรียนจะดำเนินการด้วยวิธีใด และผู้สอนคนเดียวสามารถทำได้หรือไม่ ผู้เรียนในชั้นเรียนมีจำนวนกี่คน หากนักเรียนมีจำนวนมากอาจไม่สามารถประเมินรายบุคคลได้ทุกคน แต่อาจจะประเมินในภาพรวมของกิจกรรมกลุ่ม ระบุเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบจากการทำใบงาน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมและความสอดคล้องของคำสั่งชิ้นงานและเกณฑ์การประเมินการปฏิบัติกิจกรรม ควรมีการระบุประเด็นในการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปดำเนินการปรับปรุงต่อไป

2.2.6 ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ การให้ข้อเสนอแนะเป็นการดำเนินการในชั้นเรียนและการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ เริ่มจากการให้ผู้เรียนทราบและรับรู้ประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข ให้อิสระในการคิดหาแนวทางการแก้ปัญหาด้วย ดังนั้นขั้นตอนการเรียนรู้ควรมุ่งให้ผู้เรียนได้ค้นหาปัญหาตรวจสอบประเด็น ปัญหา หาข้อเท็จจริง รวบรวมข้อมูล การใช้คำถามการคิดหลากหลาย และให้ระยะเวลากับการคิดช่วงหนึ่ง เพื่อให้เกิดการตกตะกอนทางความคิด แล้วจึงตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับบริบทมากที่สุด

2.2 จากที่ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลจากการประเมินร่างชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบและการแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้วิจัยได้พัฒนาต้นแบบของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วยรายละเอียด 2 ส่วน ได้แก่ ขั้นตอนการเรียนรู้ของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ และ องค์ประกอบของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการเรียนรู้ของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นนำเสนอสถานการณ์

ในขั้นตอนนี้ครูมีหน้าที่หลัก คือต้องกระตุ้นให้ความสนใจให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจให้มีความอยากรู้อยากเห็น หรือเป็นการสนทนาเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา ครูจะเป็นผู้ตั้งประเด็นคำถามหรือปัญหาเพื่อให้นักเรียนได้คิดเพื่ออยากที่หาคำตอบ พฤติกรรมที่ครูคาดหวังในขั้นนี้คือนักเรียนจะมุ่งเน้นไปที่ปัญหาของสถานการณ์หรือเหตุการณ์นั้น

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นพิจารณาปัญหา

ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะมีหน้าที่หลัก คือจะเมื่อนักเรียนทราบประเด็นปัญหา ขั้นตอนที่ต้องกระทำด้วยตนเองเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบนั่นคือการ ค้นหา สำรวจข้อเท็จจริงต่าง ๆ แล้วทำการ

รวบรวม ข้อมูล เพื่อที่จะนำคำตอบนั้น ๆ มาศึกษาทดลองเพื่อพัฒนาเป็นกระบวนการในการแก้ปัญหาต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด

ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะมีบทบาทร่วมกับครู คือเมื่อนักเรียนได้ทำการรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้วนั้น สิ่งที่นักเรียนจะดำเนินการต่อเป็นการจัดกระทำกับข้อมูลเพื่อให้เป็นรูปธรรมมากขึ้นที่จะแก้ปัญหา เช่น นักเรียนจะต้องสร้างกลไกเพื่อแก้ปัญหาตามโจทย์สถานการณ์ของกิจกรรม ในขั้นนี้นักเรียน อาจจะอธิบายขั้นตอนการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาออกมาในรูปของการเขียนแบบร่างกลไก หรือ Flowchart บทบาทของครูคือจะเป็น ผู้อธิบายวิธีการเขียนแบบร่างกลไก หรือ Flowchart และคอยให้คำปรึกษาระหว่างที่นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา ครูสามารถให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น แล้วนำเสนอผลงานของตนเอง

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม

ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะมีหน้าที่หลัก คือ นักเรียนจะต้องสร้างกลไกหุ่นยนต์จากแบบร่างเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ของกิจกรรมที่แตกต่างกัน เป็นขั้นทดสอบพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนในการการลงมือปฏิบัติ ว่าเกิดการเรียนรู้หรือไม่ ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้พัฒนากระบวนการคิดและพฤติกรรมในการคิดอย่างเป็นระบบ ได้แนวคิดและประสบการณ์ใหม่ ๆ ที่สามารถนำไปใช้กับบริบทอื่น ๆ ได้

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล

ในขั้นตอนนี้ครูจะมีหน้าที่หลัก คือเมื่อนักเรียนได้นำเสนอพร้อมทั้งทำการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้แล้วนั้น ครูจะทำการประเมินอย่างเป็นทางการ อาจจะเป็นการประเมินจากผู้ร่วมชั้นเรียนด้วยกัน หรือเป็นการประเมินจากครู จากนั้นให้ข้อเสนอแนะ เพื่อสามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้

ในขั้นตอนนี้เป็นความความหวังของครูที่จะเห็นนักเรียนสามารถนำความรู้และแนวทางวิธีคิดไปประยุกต์ปรับใช้สำหรับการดำเนินชีวิตประจำวันเมื่อต้องเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ หรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนรู้ในรายวิชาเนื้อหาอื่น ๆ เพื่อที่จะได้มาซึ่งคำตอบที่นักเรียนต้องการ

องค์ประกอบของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 ครู

ครู คือ ผู้ที่มีหน้าที่หลักคือ ให้ความรู้ ชี้นำ คอยให้คำปรึกษาช่วยเหลือแก่นักเรียน และอำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาบทเรียน สื่อการเรียนรู้ หรือเครื่องมือ

อุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น และในการจัดการเรียนรู้ครูควรยึดนักเรียนเป็นสำคัญทั้งนี้ควรคำนึงถึงเรื่องความแตกต่างและความต้องการของแต่ละบุคคล

องค์ประกอบที่ 2 นักเรียน

นักเรียน คือ ผู้ที่มีหน้าที่หลักคือ เรียนรู้ ดำเนิน ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ในเนื้อหาหรือรายวิชานั้น ๆ อาจเป็นการเรียนรู้แบบปฏิบัติคนเดียว ปฏิบัติเป็นคู่ หรือปฏิบัติเป็นกลุ่ม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อหาในบทเรียนและจำนวนนักเรียนต้องมีความสอดคล้องเหมาะสมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสูงสุด

องค์ประกอบที่ 3 สื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ คือ สื่อที่นักเรียนใช้ในการเรียนรู้ เปรียบเสมือนตัวกลางหรือช่องทางในการถ่ายทอดองค์ความรู้ ทักษะประสบการณ์ จากแหล่งความรู้ไปสู่นักเรียน และทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูควรจัดการเรียนรู้ที่เน้นการใช้สื่อที่นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้า ประดิษฐ์ สร้างหรือจัดทำด้วยตัวเอง เพื่อเป็นการส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในด้านต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นกับนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบที่ 4 การวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผล คือ การประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนในเนื้อหา หรือบทเรียนนั้นๆ ครูสามารถประเมินผลการเรียนได้ตั้งแต่ก่อนเรียนเพื่อวัดความรู้เดิมอีกทั้งจะเป็นประโยชน์ในด้าน การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ รวมถึงระหว่างการเรียนรู้สามารถประเมินผลการเรียนในแต่ ละครั้งจากการทำใบงานและการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่สำคัญครูควรประเมินผลการเรียนหลังเรียน เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพัฒนาการในการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน และทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 การศึกษาผลการทดลองใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ

การศึกษาผลการทดลองใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบนี้ ผู้วิจัยนำไปทดลองกับตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประสาทวิทยานนทบุรี ผู้วิจัยทำการทดลองในปีการศึกษา 2561 ภาคเรียนที่ 2 รวมจำนวนทั้งหมด 24 คน ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที แล้วดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งการศึกษาผลการทดลองออกเป็น 4 ตอน มีรายละเอียดดังนี้

2.1 รายละเอียดของตัวอย่าง

2.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนและหลังเรียนของตัวอย่างจากแบบวัดการคิดอย่างเป็นระบบ

2.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบระหว่างการเรียนรู้ตามชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ

2.4 ผลการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ

2.1 รายละเอียดของตัวอย่าง

รายละเอียดของตัวอย่าง ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประสาทวิทยานนทบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ที่มีความสนใจเรียนในวิชาเลือกเพิ่มเติมจึงลงทะเบียนเรียนในวิชา การคิดอย่างเป็นระบบด้วยกลไกหุ่นยนต์ พบว่า ตัวอย่างที่ผู้วิจัยดำเนินการทดลอง เป็นเพศชาย 9 คน คิดเป็นร้อยละ 37.5 เป็นเพศหญิง 15 คน คิดเป็นร้อยละ 62.5 เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 100

2.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนและหลังเรียนของตัวอย่างจากแบบวัดการคิดอย่างระบบ

ผู้วิจัยนำผลคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนและหลังเรียนของตัวอย่างจากแบบวัดการคิดอย่างระบบมาทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียนของตัวอย่าง

การคิดอย่างเป็นระบบ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.	t	Sig.
กำหนดขอบเขตของปัญหา					
ก่อนเรียน	5	2.87	.91	2.256	.032
หลังเรียน	5	3.79	.87		
ระบุวิเคราะห์ส่วนประกอบ					
ก่อนเรียน	5	2.65	.96	2.198	.028
หลังเรียน	5	3.98	.73		
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ					
ก่อนเรียน	5	2.41	1.03	2.497	.023
หลังเรียน	5	3.42	.88		
สังเคราะห์วัฏจักรขององค์ประกอบ					
ก่อนเรียน	5	2.18	1.12	2.204	.031
หลังเรียน	5	3.15	.91		
รวม					
ก่อนเรียน	20	10.11	1.28	3.148	.022
หลังเรียน	20	14.34	1.56		

$p < .05$

จากตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียนของตัวอย่าง พบว่าคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบของตัวอย่างหลังเรียนได้ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ = 14.34, S.D. = 1.56 ส่วนคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนของตัวอย่างมีค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ = 10.11, S.D. = 1.28 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนที่เรียนตามชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคิดอย่างเป็นระบบ มีผลคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบระหว่างการเรียนรู้ตามชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ

ผู้วิจัยนำผลคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบระหว่างการเรียนรู้ตามชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ ดังแสดงตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนนพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	S.D.	t	Sig.
ค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา					
ก่อนเรียน	3	2.04	.68	2.389	.031
หลังเรียน	3	2.49	.52		
คิดวิธีการแก้ปัญหา					
ก่อนเรียน	3	2.01	.77	2.541	.028
หลังเรียน	3	2.35	.54		
เลือกวิธีและเตรียมการแก้ปัญหา					
ก่อนเรียน	3	2.15	.89	2.295	.031
หลังเรียน	3	2.73	.52		
การดำเนินการลงมือปฏิบัติ					
ก่อนเรียน	3	2.24	.87	2.268	.039
หลังเรียน	3	2.78	.45		
นำคำตอบไปประยุกต์ใช้					
ก่อนเรียน	3	1.96	.87	1.486	.042
หลังเรียน	3	2.24	.52		
รวม					
ก่อนเรียน	15	10.41	1.96	2.527	.027
หลังเรียน	15	12.59	1.43		

$p < .05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียนของตัวอย่าง พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบหลังเรียน ได้ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ = 12.69, S.D. = 1.43 ส่วนคะแนนพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียน มีค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ = 10.41, S.D. = 1.96 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียนของตัวอย่างพบว่า นักเรียนที่เรียนตามชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ มีคะแนนพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบหลังเรียน สูงกว่า ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาความสามารถในการคิดเชิงระบบแบ่งเป็นรายตอน พบว่า คะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้ในการคิดเชิงระบบทุกด้านมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการเปรียบพบว่าคะแนนพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบในด้านการคิดวิธีการแก้ปัญหา ด้านการค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา และด้านการเลือกวิธีและเตรียมการแก้ปัญหา มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า พฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบในด้านการคิดวิธีการแก้ปัญหา และด้านการเลือกวิธีและเตรียมการแก้ปัญหา มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

2.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ

ผลการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจสำหรับนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ชุดการสอนกลไกเชิงกลศาสตร์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ ดังตารางที่ 4.3 โดยมีเกณฑ์ในการวิเคราะห์ ดังนี้ 4.50 – 5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด 3.5 – 4.49 หมายถึง พึงพอใจมาก 2.50 – 3.49 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง 1.50 – 2.49 หมายถึง พึงพอใจน้อย และ 1.00 – 1.49 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552)

ตารางที่ 4.3 แสดงการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจสำหรับนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ

รายการประเมิน	ผลการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.	แปลความหมาย
ขั้นที่ 1 นำเสนอสถานการณ์			
1.1 ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน	4.52	0.81	มากที่สุด
1.2 ครูให้สถานการณ์เพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหา	4.36	0.69	มาก
ขั้นที่ 2 พิจารณาปัญหา			
2.1 กิจกรรมรู้จักกลไกกลศาสตร์อย่างง่าย ศึกษาและรวบรวมความรู้จากสื่อความรู้	4.30	0.40	มากที่สุด
2.2 กิจกรรมรางลูกบอล ศึกษาและรวบรวมความรู้จากใบความรู้ และสื่อความรู้	4.82	0.79	มาก
2.3 กิจกรรมระบบรอก ศึกษาและรวบรวมความรู้จากใบความรู้ และสื่อความรู้	4.36	0.62	มาก
2.4 กิจกรรมระบบเฟือง ศึกษาและรวบรวมความรู้จากใบความรู้ และสื่อความรู้	4.35	0.53	มาก
2.5 กิจกรรมกลไกหุ่นยนต์พิชิตภารกิจ ศึกษารวบรวมความรู้จากใบความรู้ของกิจกรรมก่อนหน้า และจากประสบการณ์ในการแก้ปัญหา	4.28	0.81	มาก
ขั้นที่ 3 ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด			
3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดจากสื่อความรู้ เพื่อประกอบหุ่นยนต์	4.76	0.49	มากที่สุด
3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดจากบทเรียนกลไกหุ่นยนต์ เพื่อตอบคำถามจำลองความคิด	4.56	0.70	มากที่สุด
3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดทดลองเขียนแบบจำลองโครงสร้างกลไกและแก้ปัญหาตามภารกิจ	4.60	0.71	มากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการประเมิน	ผลการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.	แปลความ
ขั้นที่ 4 ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม			
4.1 นักเรียนมีการหน้าที่ในการสร้างแบบจำลองกลไก	4.32	0.68	มาก
4.2 นักเรียนสร้างแบบจำลองกลไกอย่างเป็นระบบ มีลำดับขั้นตอน	4.16	0.97	มาก
4.3 นักเรียนมีการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองกลไกให้สำเร็จตามภารกิจได้ ตามหลักการทางกลศาสตร์	4.84	0.37	มากที่สุด
ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล			
5.1 ครูประเมินการประกอบกลไก จากกิจกรรมใบงานและการบันทึกภาพระหว่างปฏิบัติกิจกรรม	4.72	0.45	มากที่สุด
5.2 ครูประเมินการทำงานของกลไก จากผลงานการแก้ปัญหาในการออกแบบของนักเรียน	4.52	0.64	มากที่สุด
5.3 นักเรียนประเมินตนเองจากการบันทึกหลังการเรียน	4.44	0.98	มาก
ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้			
6.1 นักเรียนนำเสนอการประกอบกลไก	4.72	0.45	มากที่สุด
6.2 นักเรียนนำเสนอแบบร่างกลไก หรือ Flowchart จำลองความคิด	4.51	0.64	มากที่สุด
6.3 นักเรียนร่วมกันซักถามแลกเปลี่ยนความคิด/วิธีการ	3.76	0.73	มาก
6.4 นักเรียนตอบคำถามสะท้อนการเรียนรู้จากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ	3.88	0.86	มาก
6.5 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปความรู้หลังการปฏิบัติกิจกรรม	4.53	0.85	มากที่สุด
รวม	**4.44**	**0.67**	**มาก**

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.3 แสดงการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจสำหรับนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ตามชุดการสอนฯ นี้ ในภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.44, S.D.= 0.67) เมื่อพิจารณาเป็นรายขั้นตอนของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบแล้วนั้น ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ตามรูปแบบฯ มีดังนี้ (1) ขั้นนำเสนอสถานการณ์ อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.44) (2) ขั้นพิจารณาปัญหา อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.42) (3) ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.64) (4) ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.44) (5) ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56) และ (6) ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.28)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยการพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา สามารถสรุปได้ดังนี้

ตอนที่ 1 ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์ บทความ แนวคิดทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำไปสู่การสร้างและพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ มีรายละเอียดดังนี้

1. องค์ประกอบของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1.1 ผู้สอน คือ ผู้ให้ความรู้เกี่ยวกับการสร้าง ประกอบกลไกหุ่นยนต์ในระดับเบื้องต้น คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาแก่นักเรียน และเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาบทเรียน สื่อการเรียนรู้ หรือเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

1.2 นักเรียน คือ ผู้เรียนรู้และดำเนินการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์ โดยในการปฏิบัติกิจกรรมนั้นจะเป็นการทำกิจกรรมกลุ่มที่ประกอบด้วยนักเรียน จำนวน 2 - 3 คน เพื่อให้นักเรียนมีการพัฒนากระบวนการคิด แลกเปลี่ยนแบบจำลองการคิด และร่วมกันลงมือสร้างกลไกหุ่นยนต์ เป็นส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 สื่อการเรียนรู้ คือ สื่อที่นักเรียนใช้ในการเรียนรู้เกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์ เปรียบเสมือนช่องทางในการถ่ายทอดองค์ความรู้ ทักษะประสบการณ์จากแหล่งความรู้ไปสู่นักเรียน และทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูควรจัดการเรียนรู้ที่เน้นการใช้สื่อที่นักเรียนสามารถศึกษาสืบเสาะค้นคว้า และลงมือปฏิบัติ เพื่อเป็นการส่งเสริมและพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ ตัวอย่างสื่อสำหรับการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ ได้แก่ ชุดอุปกรณ์กลไกหุ่นยนต์ ใบงานการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ สื่อวีดิทัศน์เสริมความรู้เกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์

1.4 การวัดและประเมินผล คือ การประเมินผลการคิดอย่างเป็นระบบระหว่างเรียน

ตลอดเวลา เพื่อเป็นฐานของการประเมินที่นำไปสู่การประเมินผลรวม โดยครูทำการประเมินก่อนเรียนจากแบบวัดการคิดอย่างเป็นระบบและในระหว่างการเรียนจะประเมินผลในแต่ละครั้งจากการทำใบงานและการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เป็นการเก็บข้อมูลที่ทำให้เห็นถึงพัฒนาการการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียน จากนั้นครูประเมินความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบหลังเรียนจากแบบวัด เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพัฒนาการในการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน โดยวัดการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน รวมไปถึงการวัดและประเมินการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล จำแนกออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1.4.1 แบบทดสอบวัดผลการคิดอย่างเป็นระบบ 4 ด้าน จำนวน 20 ข้อ 20 คะแนน ได้แก่

1. กำหนดของเขตของปัญหาหรือระบบ จำนวน 5 ข้อ 5 คะแนน
2. ระบุวิเคราะห์ส่วนประกอบของระบบ จำนวน 5 ข้อ 5 คะแนน
3. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ จำนวน 5 ข้อ 5 คะแนน
4. สังเคราะห์วัฏจักรขององค์ประกอบในระบบ จำนวน 5 ข้อ 5 คะแนน

1.4.2 แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบ จำแนกเป็น 5 ด้าน ได้แก่

1. ค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา
2. คิดวิธีการแก้ปัญหา
3. เลือกวิธีและเตรียมการแก้ปัญหา
4. ลงมือปฏิบัติ
5. นำคำตอบไปประยุกต์ใช้

โดยผู้วิจัยนำแนวคิดของ Toye and Williams (2017) มาพัฒนาเป็นเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมที่แบ่งระดับคุณภาพพฤติกรรมเป็น 4 ระดับได้แก่ (1) ระดับเริ่มต้น (2) ระดับกำลังพัฒนา (3) ระดับคล่องแคล่ว และ (4) ระดับเป็นแบบอย่างได้

2. ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

2.1 ขั้นนำเสนอสถานการณ์ เป็นขั้นที่ครูมีหน้าที่หลักในการกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจ เกิดแรงจูงใจ เกิดข้อสงสัยหรือมีความอยากรู้อยาก เห็น โดยในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนครูจะตั้งคำถามกระตุ้นความคิด หรือให้สถานการณ์ที่เป็นปัญหา นักเรียนจะต้องใช้ความคิดเพื่อตอบคำถาม แสดงความสนใจใฝ่รู้ อยากเรียนรู้ ศึกษาเกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์ สำหรับการเรียนรู้กลไกเชิงกลศาสตร์สื่อการเรียนรู้ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็น ขั้นนำเสนอสถานการณ์สื่อการเรียนรู้ที่ครูต้องมีการเตรียมการและมีความพร้อม ได้แก่ ชุดอุปกรณ์กลไกหุ่นยนต์ ใบงานสำหรับการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ และสื่อวีดิทัศน์เสริมความรู้เกี่ยวกับกลไกเชิงกลศาสตร์ การวัดและการประเมินผล ในขั้นเร้าความสนใจนี้ คือการสังเกต

พฤติกรรมในการตอบคำถาม โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งมีเกณฑ์ในการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบ

2.2 ขั้นพิจารณาปัญหา ในขั้นพิจารณาปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนจะมีหน้าที่หลัก คือ นักเรียนศึกษาและรวบรวมความรู้เกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์ สืบเนื่องมาจากคำถามที่ครูได้ถามหรือให้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในขั้นเร้าความสนใจ จากสื่อการเรียนรู้ได้แก่ บทเรียนกลไกหุ่นยนต์ วีดิทัศน์เสริมความรู้เกี่ยวกับกลไกเชิงกลศาสตร์ ในขั้นนี้ครูควรทำหน้าที่เพียงให้สื่อการเรียนรู้ เพื่อประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับนักเรียนที่ได้ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมความรู้ ความเหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้โปรแกรมหุ่นยนต์นี้ ควรจัดกิจกรรมกลุ่ม โดยให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 2-3 คน เพื่อนักเรียนทุกคนสามารถเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ ได้อย่างครอบคลุมและทั่วถึง การวัดและประเมินผล ครูสามารถประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนจากพฤติกรรมการให้ความร่วมมือปฏิบัติกิจกรรมแก้ปัญหาและผลจากการทำใบงานการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์

2.3 ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะมีบทบาทร่วมกับครู คือ ในขั้นอธิบายนี้นักเรียนดำเนินปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม ร่วมกันระดมความคิดโดยการอธิบายความคิดของตัวเอง สืบเนื่องมาจากในขั้นสำรวจและค้นหาที่นักเรียนแต่ละคนได้ทำการรวบรวมข้อมูลความรู้จากสื่อการเรียนรู้มาสรุปเป็นแนวคิดของกลุ่ม ในการระดมความคิดนักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันคิดวางแผนจำลองความคิด เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา การปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้จะแสดงให้เห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น เช่น ครูให้สถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนแก้ปัญหาเกี่ยวกับกลไกหุ่นยนต์ นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอธิบายวิธีการแก้ปัญหา แสดงการจำลองความคิดออกมาในรูปแบบการเขียนแบบร่างกลไกหุ่นยนต์ ผ่านใบงานการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ บทบาทของครูคือจะเป็นผู้อธิบายวิธีการเขียนแบบร่างกลไกหุ่นยนต์ และคอยให้คำปรึกษาระหว่างที่นักเรียนจำลองความคิด การวัดและประเมินผล ครูประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนได้จากการทำใบงานการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ และพฤติกรรมการเรียนรู้ระห่างกการปฏิบัติกิจกรรมในการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์

2.4 ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะมีหน้าที่หลัก คือ นักเรียนแต่ละกลุ่มเรียนรู้ผ่านลงมือปฏิบัติสร้างกลไกหุ่นยนต์จากแบบร่างกลไกที่ได้ใช้ความรู้โดยการอธิบายหลักการหรือแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้ร่วมกันวางแผนจำลองความคิด ผ่านการทำใบงานการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ หรือเรียนรู้ของกลุ่มตัวเองโดยการอธิบายหลักการเขียนกลไกหุ่นยนต์ ผ่านการบันทึกภาพ ทั้งที่เป็นภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้พัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ได้แนวคิดและประสบการณ์ใหม่ ๆ ที่สามารถนำไปใช้กับบริบทอื่น ๆ ได้ การวัดและประเมินผล ครูประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนได้จากการทำใบงานการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ ผลการปฏิบัติกิจกรรมทั้งที่เป็นภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว และพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างปฏิบัติกิจกรรมในการคิดอย่างระบบจากการทำแบบจำลองกลไกหุ่นยนต์ ตามเกณฑ์การประเมินผลพฤติกรรม

2.5 ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล ในขั้นตอนนี้ครูจะมีหน้าที่หลัก คือ ครูจะเน้นการประเมินย่อย เพื่อให้เห็นพัฒนาการในการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ ทั้งเห็นพัฒนาการด้านการคิดอย่างเป็นระบบ ครูจะทำการประเมินระหว่างการเรียนรู้ของนักเรียนตลอดเวลา เพื่อนำไปสู่การประเมินผลรวม เช่น ประเมินการประกอบกลไกหุ่นยนต์ จากกิจกรรมใบงานและการบันทึกภาพระหว่างปฏิบัติกิจกรรม ประเมินการทำงานของกลไกหุ่นยนต์ จากการบันทึกภาพเคลื่อนไหวผลงานการแก้ปัญหาในการควบคุมการทำงานกลไกหุ่นยนต์ของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการเรียนรู้ ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบ ใบงานการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ การให้คะแนนจะเป็นไปตามเกณฑ์การประเมินที่ได้กำหนดไว้

2.6 ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ ในขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นในการเรียนรู้ที่สำคัญคือ จากที่ครูกระตุ้นนักเรียนโดยให้สถานการณ์ที่เป็นปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมปฏิบัติกิจกรรมตั้งแต่สำรวจและค้นหา แล้วนำมาอธิบาย จากนั้นจึงเรียนรู้ผลงานกลุ่มนำไปสู่แลกเปลี่ยนการเรียนรู้ โดยนักเรียนแต่กลุ่มนำเสนอผลงานหรือวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาของตนเอง นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ทั้งในทางที่เป็นผู้รับและเป็นผู้ให้ความรู้ สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในขั้นนี้คือ ทั้งชุดอุปกรณ์กลไกหุ่นยนต์ และใบงานการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ ระหว่างการดำเนินกิจกรรมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ จะมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างเพื่อนร่วมชั้น หรือได้รับข้อเสนอแนะจากครู ทำให้มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันทั้งในห้องเรียน ครูสามารถประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนได้จากการทำใบงานการเรียนรู้กลไกหุ่นยนต์ และพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างปฏิบัติกิจกรรม

จากผลการประเมินความเหมาะสมของต้นแบบชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิให้ความเห็นว่าโดยรวมต้นแบบรูปแบบมีคุณภาพดี มีความเหมาะสมมาก โดยค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิในภาพรวมที่มีต่อชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยการกระบวนการออกแบบเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 4.27

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลการใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ

ในการศึกษาผลการใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา ผู้วิจัยได้ทดลองกับตัวอย่างที่กำหนดไว้หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลได้ดังนี้

1. รายละเอียดของตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ผู้วิจัยดำเนินการทดลองเป็นเพศชาย 9 คน คิดเป็นร้อยละ 37.5 เป็นเพศหญิง 15 คน คิดเป็นร้อยละ 62.5 เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 100

2. ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียนของตัวอย่างจากแบบทดสอบการคิดอย่างเป็นระบบ

คะแนนการคิดอย่างเป็นระบบของตัวอย่างหลังเรียนได้ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 14.34 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.56 ส่วนคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนของตัวอย่างมีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 10.11 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.28 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนที่เรียนตามชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการวิเคราะห์คะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบจากแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบ

ผลการเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียนของตัวอย่าง พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบหลังเรียน ได้ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 12.69, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.43 ส่วนคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียน มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 10.41, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.96 ผลการเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียน ของตัวอย่างพบว่า นักเรียนที่เรียนตามชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ มีคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้ในการคิดอย่างเป็นระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบ จำแนกเป็นรายด้าน พบว่า คะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คะแนนความพึงพอใจสำหรับนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ตามชุดการสอนฯ นี้ ในภาพรวมอยู่ในระดับ พึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 4.44 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.67 เมื่อพิจารณาเป็นรายขั้นตอนของชุดการสอนกลไกเชิงกลศาสตร์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบแล้วนั้น ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ตามชุดการสอนฯ มีดังนี้ (1) ขั้นนำเสนอสถานการณ์ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 4.44 (2) ขั้นพิจารณาปัญหา อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 4.42 (3) ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 4.64 (4) ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 4.44 (5) ขั้นทดสอบปรับปรุงและประเมินผล อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 4.56 และ (6) ขั้นสรุปรวมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 4.28

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ พบว่า

1. ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา มีองค์ประกอบและขั้นตอนการเรียนรู้ที่สอดคล้องและมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

1.1 กระบวนการพัฒนาชุดการสอนที่มีระบบที่ชัดเจน โดยผู้วิจัยได้นำแนวคิดการสร้างและพัฒนาชุดการสอนของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ (2520) ที่มีระบบแบบแผนในขั้นตอนการสร้างและพัฒนาชุดการสอนที่เป็นระบบแบบแผนเป็นลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจนระเบียบชัดเจน ซึ่งได้ศึกษาองค์ประกอบของชุดการสอนของ (Cardarelli, 1973; Houston & others., 1972; ทิศนา แขมมณี, 2543; บุญชม ศรีสะอาด, 2541; ศิริลักษณ์ หนองเส, 2545) ซึ่งแนวคิดดังกล่าวมีองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน และการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบของ (Fortus et al., 2004a; ITEA International Technology Education Association, 2002; Martin et al., 2015; Marulcu & Barnett, 2013; S.Han & Bhattacharya, 2002) ซึ่งแนวคิดและงานวิจัยดังกล่าวเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาภายใต้กรอบแนวคิด คือ ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน สร้างชุดการสอน หาคุณภาพ แล้วนำทดลองใช้ จากการที่ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนของการสร้างและพัฒนาชุดการสอนจึงส่งผลให้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นเป็นไปอย่างเป็นระบบ เรียบร้อยและได้ผลดีเป็นไปตามกรอบแนวคิดการที่นำมาพัฒนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพชุดการสอน ที่นำทดลองใช้กับกลุ่มเดี่ยว กลุ่มเล็ก ทำให้ผู้วิจัยพบข้อบกพร่อง นำมาปรับปรุงแก้พัฒนาเป็นชุดการสอน

ที่ใช้สามารถนำไปใช้พัฒนานักเรียนให้ได้คุณภาพตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ได้ สอดคล้องกับผลการวิจัย นิยม กิมานุวัฒน์ (2559) ชุดการสอนที่พัฒนาขั้นมีประสิทธิภาพที่กำหนด

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติในการลงมือทำกิจกรรม โดยมีเพื่อนสมาชิกนักเรียนภายในกลุ่มร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนประเด็น ความคิดเห็น ในการคิดแก้ปัญหาสถานกรณ์ในแต่ละกิจกรรรมร่วมมือทำงาน สอดคล้องกับการวิจัยของ Jun, Han, and Kim (2017) ที่แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเรียนที่มีการออกแบบจะสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนากระบวนการคิด พัฒนาทักษะได้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งเหตุผลสำคัญอีกประการหนึ่งคือ ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ เป็นชุดการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม ทำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้พัฒนาทักษะการคิด โดยสามารถถ่ายทอดแนวคิด การคิด วิเคราะห์ปัญหาที่ผู้เรียนบางคนไม่อาจสามารถอธิบายถ่ายทอดแนวคิดได้ แต่ยังสามารถสร้างสรรค์ผลงานกลไกได้สอดคล้องกับแนวคิดของ (Fortus et al., 2004a; ITEA International Technology Education Association, 2002; Martin et al., 2015; Marulcu & Barnett, 2013) ที่แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ เป็นการจัดกิจกรรมที่มีขั้นตอนสอดคล้องเหมาะสมกับในการจัดระบบระเบียบในการคิด สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการคิดของแก้ปัญหาให้แก่ผู้เรียน

1.3 การจัดเตรียมประสบการณ์เรียนรู้ ให้กับนักเรียน เพื่อให้มีความรู้ ความสามารถขั้นเบื้องต้น โดยจัดเตรียมประสบการณ์การแก้ปัญหาที่หลากหลาย เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนให้ ก่อนจะนำไปใช้ฝึกทักษะการคิดให้เกิดความชำนาญ คล่องแคล่วขึ้น ซึ่งช่วยให้นักเรียนมกระบวนการคิดในการหาแนวทางแก้ปัญหาที่ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ บรูเนอร์ (อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2559) ที่กล่าวว่า นักเรียนแต่ละคนมีประสบการณ์และพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกัน การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการที่นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบใหม่กับประสบการณ์เดิม เพื่อสร้างประสบการณ์ให้กับนักเรียนซึ่งจะช่วยให้นักเรียนนำไปใช้ประโยชน์ในขั้นต่อ ๆ ไปได้อย่างดี

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบของตัวอย่างหลังเรียนได้ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 14.34 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.56 ส่วนคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนของตัวอย่างมีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 10.11 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.28 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนที่เรียนตามชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติและสามารถทำงานตามวัตถุประสงค์ของการดำเนินกิจกรรมได้เป็นอย่างดี พร้อมกันนั้นชุดการสอนยังมีความเหมาะสมที่จะเป็นสื่อตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบ

บูรณาการได้เป็นอย่างดี (Eguchi & Uribe, 2017) เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้ STEM ของนักเรียน เนื่องจากการเรียนการสอนด้วยหุ่นยนต์ ทาให้นักเรียนใช้ความรู้และทักษะต่าง ๆ ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ตลอดจนการเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ ผ่านกระบวนการสร้างสรรค์ชิ้นงาน กลไกหุ่นยนต์ อีกทั้งส่งเสริมทักษะการทางานร่วมกัน และเป็นเครื่องมือส่งเสริมให้เกิดการคิดแก้ปัญหาและการคิดสร้างสรรค์ในเชิงนวัตกรรม เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่ช่วยเพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนผ่านการเรียนรู้ด้วยใจ ทำให้ผลคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ (2550) ที่พัฒนาหลักสูตรการสอนขึ้นมามีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ผลการเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียนของตัวอย่าง พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบหลังเรียน ได้ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 12.69, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.43 ส่วนคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียน มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 10.41, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.96 ผลการเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบก่อนเรียนและหลังเรียน ของตัวอย่างพบว่า นักเรียนที่เรียนตามชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ มีคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้ในการคิดอย่างเป็นระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบ จำแนกเป็นรายด้าน พบว่า คะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากมาจากระบบที่นำมาสนับสนุน ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจะให้บรรลุเป้าหมายสิ่งสำคัญประการหนึ่งคือการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดอย่างอิสระ ให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น สร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างนักเรียนกับเพื่อนสมาชิก และระหว่างครูกับนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rosenkränzer, Billion-Kramer, Hörsch, Schuler, and Rieß (2016) กล่าวว่าการเรียนรู้แบบผสมผสานรูปแบบส่งเสริมความคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งที่ครูผู้สอนจะต้องปฏิบัติต้นเป็นต้นแบบ สร้างสัมพันธ์อันดี โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม หรือช่วยอธิบายเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนฝึกทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Atmatzidou and Demetriadis (2017) รูปแบบการสอนกิจกรรมหุ่นยนต์เพื่อการศึกษาในระดับประถมศึกษาพัฒนามาจากองค์ประกอบสำคัญทั้ง 4 ด้าน คือ การทำงานร่วมกัน ข้อกำหนดปัญหา เกมการแข่งขัน และการสนับสนุนช่วยแสริมจากครู เช่น การส่งเสริมกิจกรรมในการค้นหาทางแก้ปัญหา โดยครูเป็นคอยให้คำชี้แนะ สนับสนุนช่วยเสริมแนวคิด

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษาที่พัฒนาขึ้นมานี้อาจมีข้อจำกัดบางประการในการนำชุดการสอนฯ นี้ไปใช้ในการจัดเรียนการสอนกิจกรรมเรียนรู้ โดยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ ผู้สอนควรมีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถประยุกต์ใช้อุปกรณ์กลไกหุ่นยนต์ได้เป็นอย่างดี เพื่อสามารถให้คำแนะนำ หรือหลักการแนวคิดให้กับผู้เรียนสามารถนำไปปรับใช้ในการลงมือปฏิบัติสร้างสรรค์ผลงานตามแบบที่ผู้เรียนได้ออกแบบไว้ให้สามารถทำงานได้บรรลุเป้าหมายของกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ลักษณะรูปแบบการจัดกลุ่มการเรียนชุดการสอนชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ ผู้สอนควรมีการจัดกลุ่มเป็นกลุ่มขนาดเล็ก เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนสามารถแสดงความคิดหรือลงปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้ได้อย่างทั่วถึง และควรคำนึงถึงความสามารถในการใช้สื่อกลไก เพื่อให้สามารถสร้างกลไกให้สามารถทำงานได้สำเร็จ ตลอดจนความสนิทสนมความกันทางสังคมของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนความกล้าในการแสดงความคิดกันในกลุ่ม หรือดำเนินกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ในการจัดการเรียนรู้ตามชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบนี้ จำต้องมีสื่อการสอนที่สำคัญ คือ ชุดกลไกหุ่นยนต์ ซึ่งบางโรงเรียนอาจไม่มีสื่อการสอนดังกล่าว โดยอาจมีการปรับเปลี่ยนสื่อการเรียนรู้ด้วยการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันมาประยุกต์ใช้ทดแทนตัวต่อกลไกหุ่นยนต์ เช่น แกนกระดาษทิชชู่ ขวดน้ำพลาสติก ตะเกียบ หนังยาง เชือก รวมทั้งวัสดุที่ท้องถิ่นที่ใช้ทดแทนได้ โดยอาจต้องมีปรับเปลี่ยนปัญหาสถานการณ์ของกิจกรรมให้เหมาะสมกับวัสดุที่เลือกใช้ทำให้สามารถจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ผู้วิจัยมีความเห็นควรให้มีการศึกษาพัฒนาชุดอบรมสำหรับผู้สอนในการใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ สำหรับผู้สอนที่ยังไม่มีความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถประยุกต์ใช้อุปกรณ์กลไกหุ่นยนต์ ให้สามารถนำชุดการสอนฯ ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ผู้วิจัยมีความเห็นควรให้มีการศึกษา พัฒนาการใช้ชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบที่มีการเสริมการสอนร่วมกับชุดการสอนฯ เช่น การสอนแบบเสริมศักยภาพการเรียนรู้ (Scaffolding) หรือการสอนแบบชี้แนะ (Coaching) เพื่อเป็นการพัฒนาชุดการสอนฯ สำหรับผู้เรียนที่ยังไม่มีความรู้ ความเข้าใจ และไม่สามารถประยุกต์ใช้อุปกรณ์กลไกหุ่นยนต์

3. การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาตัวแปรการคิดอย่างเป็นระบบ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาตัวแปรที่ความเกี่ยวข้อง เช่น ทักษะกระบวนการคิดย้อนกลับ ทักษะกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Ackermann, E., Gauntlett, D., & Weckstrom, C. (2009). *Defining Systematic Creativity*.

Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education,* 6, 63-71.

Assaraf, O., & Orion, N. (2009). System thinking skills at the elementary school. *Journal of Research in Science Teaching,* 47, 540-563. doi:10.1002/tea.20351

Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2017). *A Didactical Model for Educational Robotics Activities: A Study on Improving Skills Through Strong or Minimal Guidance* (Vol. 560).

Barak, M., & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education,* 19(3), 289-307. doi:10.1007/s10798-007-9043-3

Barker, B., & Ansorge, J. (2007). Robotics as Means to Increase Achievement Scores in an Informal Learning Environment. *Journal of Research on Technology in Education,* 39, 229-243. doi:10.1080/15391523.2007.10782481

Cardarelli, S. M. (1973). *Individualized Instruction Programmed and Material*. Harper & Eaglewood Cliffs.

Chang, C.-W., Lee, J.-H., Chao, P.-Y., Wang, C.-Y., & Chen, G.-D. (2010). Exploring the Possibility of Using Humanoid Robots as Instructional Tools for Teaching a Second Language in Primary School. *Educational Technology & Society,* 13, 13-24.

Chen, C.-H., & Chiu, C.-H. (2016). Employing intergroup competition in multitouch design-based learning to foster student engagement, learning achievement, and creativity. *Computers & Education,* 103, 99-113. doi:https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.007

Eguchi, A., & Uribe, L. (2017). *Robotics to promote STEM learning: Educational robotics unit for 4th grade science*.

Fortus, D., Dershimer, R., Krajcik, J., Marx, R., & Mamlok-Naaman, R. (2004a). Design-based science (DBS) and student learning. *Journal of Research in Science Teaching,* 41, 1081-1110. doi:10.1002/tea.20040

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2004b). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching,* 41(10), 1081-1110. doi:10.1002/tea.20040

Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R., Marx, R., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education,* 27, 855-879. doi:10.1080/09500690500038165

Gomez Puente, S. M., Eijck, M., & Jochems, W. (2013). Empirical Validation of Characteristics of Design-Based Learning in Higher Education. *International Journal of Engineering Education,* 29, 491-503.

Gomez Puente, S. M., Eijck, M., & Jochems, W. (2014). Professional development for design-based learning in engineering education: a case study. *European Journal of Engineering Education*. doi:10.1080/03043797.2014.903228

Good, C. V., & Kappa, P. D. (1973). *Dictionary of education*. New York: McGraw-Hill.

Heathers, G. (1977). A Working Definition of Individualized Instruction. *Educational Leadership,* 34(5), 342.

Houston, R. W., & others., a. (1972). *Developing Instruction Modules : A Modular System for Writing Modules, College of Education*. Houston, Texus: University of Houston.

ITEA International Technology Education Association. (2002). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, Virginia: International Technology Education Association.

Jun, S., Han, S., & Kim, S. (2017). Effect of design-based learning on improving computational thinking. *Behaviour & Information Technology,* 36(1), 43-53. doi:10.1080/0144929X.2016.1188415

Kamga, R., Romero, M., Komis, V., & Misirli, A. (2017). *Design Requirements for Educational Robotics Activities for Sustaining Collaborative Problem Solving*.

Kapfer, P. G., & Kapfer, M. B. (1972). *Learning Packages in American Education*. Englewood Cliffs. N.J.: Education Technology Publication. .

Kazakoff Myers, E., Sullivan, A., & Bers, M. (2012). The Effect of a Classroom-Based Intensive Robotics and Programming Workshop on Sequencing Ability in Early Childhood. *Early Childhood Education Journal,* 41. doi:10.1007/s10643-012-0554-5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Keen, R. (2011). The Development of Problem Solving in Young Children: A Critical Cognitive Skill. *Annual Review of Psychology,* 62(1), 1-21. doi:10.1146/annurev.psych.031809.130730

Kolodner, J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., & Puntambekar, S. (2003). Putting a Student-Centered Learning by Design, Curriculum into Practice: Lessons Learned. *Journal of the Learning Sciences,* 12.

Komis, V., Romero, M., & Misirli, A. (2017). *A Scenario-Based Approach for Designing Educational Robotics Activities for Co-creative Problem Solving* (Vol. 560).

Martin, T., Baker, S., Ko, P., & Rudolph, J. (2015). Changes in Teachers' Adaptive Expertise in an Engineering Professional Development Course. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER),* 5. doi:10.7771/2157-9288.1050

Marulcu, I., & Barnett, M. (2013). Fifth Graders' Learning About Simple Machines Through Engineering Design-Based Instruction Using LEGO™ Materials. *Research in Science Education,* 43(5), 1825-1850. doi:10.1007/s11165-012-9335-9

Orit Ben-Zvi Assaraf, & Nir Orion. (2009). System thinking skills at the elementary school. *Journal of Research in Science Teaching,* 47, 540-563. doi:10.1002/tea.20351

Richmond, B. (2006). Systems Thinking/System Dynamics: Let's Just Get on with It. *System Dynamics Review,* 10, 135-157. doi:10.1002/sdr.4260100204

Riess, W., & Mischo, C. (2010). Promoting Systems Thinking through Biology Lessons. *International Journal of Science Education,* 32(6), 705-725. doi:10.1080/09500690902769946

Rosenkränzer, F., Billion-Kramer, T., Hörsch, C., Schuler, S., & Rieß, W. (2016). Promoting Student Teachers' Content Related Knowledge in Teaching Systems Thinking: Measuring Effects of an Intervention through Evaluating a Videotaped Lesson. *Higher Education Studies,* 6, 156. doi:10.5539/hes.v6n4p156

Rusk, N., Resnick, M., Berg, R., & Pezalla-Granlund, M. (2008). New Pathways into Robotics: Strategies for Broadening Participation. *Journal of Science Education and Technology,* 17, 59-69. doi:10.1007/s10956-007-9082-2

S.Han, & Bhattacharya, K. (2002). Constructionism, learning by design, and project-based learning. In.

Schuler, S., Fanta, D., Rosenkränzer, F., & Rieß, W. (2017). Systems thinking within the

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

scope of education for sustainable development (ESD) – a heuristic competence model as a basis for (science) teacher education. *Journal of Geography in Higher Education*. doi:10.1080/03098265.2017.1339264

Squires, A., Dominick, P., Wade, J., & Gelosh, D. (2011). Building a Competency Taxonomy to Guide Experience Acceleration of Lead Program Systems Engineers.

Sugimoto, M., Fujita, T., Mi, H., & Krzywinski, A. (2011). *RoboTable2: a novel programming environment using physical robots on a tabletop platform*. Paper presented at the Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, Lisbon, Portugal.

Sweeney, L., & Sterman, J. (2000). Bathtub Dynamics: Initial Results of a Systems Thinking Inventory. *System Dynamics Review,* 16, 249-286. doi:10.1002/sdr.198

Toye, A., & Williams, B. (2017). *Robotics in the Classroom A unit for 7th and 8th grade*

Varney, M., Janoudi, A., Aslam, D., & Graham, D. (2012). Building Young Engineers: TASEM for Third Graders in Woodcreek Magnet Elementary School. *Education, IEEE Transactions on,* 55, 78-82. doi:10.1109/TE.2011.2131143

Wei, C.-W., Hung, I. C., Lee, L., & Chen, N.-S. (2011). A joyful classroom learning system with robot learning companion for children to learn mathematics multiplication. *Turkish Online Journal of Educational Technology - TURK ONLINE J EDUC TECHNOL,* 10.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2548). การคิดเชิงวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร: บริษัทซัคเซส มีเดีย.

เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์. (2550). การพัฒนาหลักสูตรการสร้างหุ่นยนต์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทายศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. (ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.,

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2545). เอกสารการสอนชุดวิชาสื่อการสอนระดับประถมศึกษา กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, 5(1).

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. (2520). ระบบการผลิตชุดการสอนแผนจุฬาฯ. กรุงเทพมหานคร: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2523). นวัตกรรมการศึกษา. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชิต เหล่าวัฒนา. (2010). ตามรอยหุ่นยนต์อดีตถึงปัจจุบัน. *Technology Promotion Mag.,* 36(209), 40-44.

ทิศนา แขมมณี. (2543). 14 วิธีสอนสำหรับครูมืออาชีพ. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิยม กิมานุวัฒน์. (2559). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. (ดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา,

บุญเกื้อ ควรหาเวช. (2545). นวัตกรรมการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: เอสลาพริ้นติ้ง.

บุญเลี้ยง ทุมทอง และ บุญรอด ศรีเจริญ. (2553). การสังเคราะห์โมเดลการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงระบบของผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน. วารสารวิจัย มข., 8, 778-786.

บุญชม ศรีสะอาด. (2541). การพัฒนาการสอน. กรุงเทพมหานคร: สุรีวิริยาสาสน์.

มกราพันธุ์ จูฑะรสก. (2556). การคิดอย่างเป็นระบบ : การประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

มนตรี แย้มกสิกร. (2546). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา. (ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

ระพินทร์ โพธิ์ศรี. (2550). การสร้างชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้. อุตรดิตถ์: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2553). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล; ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล; และกฤษดา ใจเย็น. (2546). *Robo-BOX* สนุกกับการสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติอย่างง่ายควบคุมด้วยโปรแกรมภาษาโลโก้. กรุงเทพมหานคร: อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.

วาสนา ชาวหา. (2533). สื่อการเรียนการสอน กรุงเทพมหานคร: โอ เอส พริ้นติ้งเฮ้าส์.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2525). พัฒนาหลักสูตรและการสอนมิติใหม่. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

วิชาญ คำแสน. (2545). หุ่นยนต์คืออะไร. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). ทฤษฎีการประเมิน. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริลักษณ์ หนองเส. (2545). การศึกษาความสามารถทางการพึ่งพาตนเองด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์. (ปริญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรว, กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). สภาวะการศึกษาไทยปี 2559/256 แนวทางการปฏิรูปการศึกษาไทยเพื่อก้าวสู่ยุค *Thailand* 4.0. กรุงเทพมหานคร: บริษัท พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2551). นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2559). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบแนะนำและประเมินการวิจัยการพัฒนาชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

ด้านการกลไกหุ่นยนต์

1. รองศาสตราจารย์ ธีรวัฒน์ ประกอบผล	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล	อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
3. อาจารย์สุทิน พุ่มพวง	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนประสาทวิทยานนทบุรี
4. อาจารย์วีระพจน์ รัตนรัตน์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี โรงเรียนดรุณาราชบุรี

ด้านการคิดอย่างเป็นระบบ

1. รองศาสตราจารย์ ธีรวัฒน์ ประกอบผล	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ดร.วิสิฏฐ์ วงศ์สุทธิธรรม	ที่ปรึกษาฝ่ายวิชาการ โรงเรียนการัญศึกษา
3. อาจารย์ชมพูเนกข์ สโรบล	อาจารย์ประจำกลุ่มสารการงานอาชีพและเทคโนโลยี โรงเรียนบ้านปล่องเหลี่ยม
4. อาจารย์สุลินดา สุทธิสาร	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนประสาทวิทยานนทบุรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ด้านเทคโนโลยีการศึกษา

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล	อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. ดร. สุรชัย รักสมบัติ	ผู้จัดการกรรมการ และนักวิชาการ บริษัททีอปเทสท์เซ็นเตอร์ จำกัด
3. อาจารย์ปรียา เภาหิงค์	ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ โรงเรียนประสาทวิทยานนทบุรี

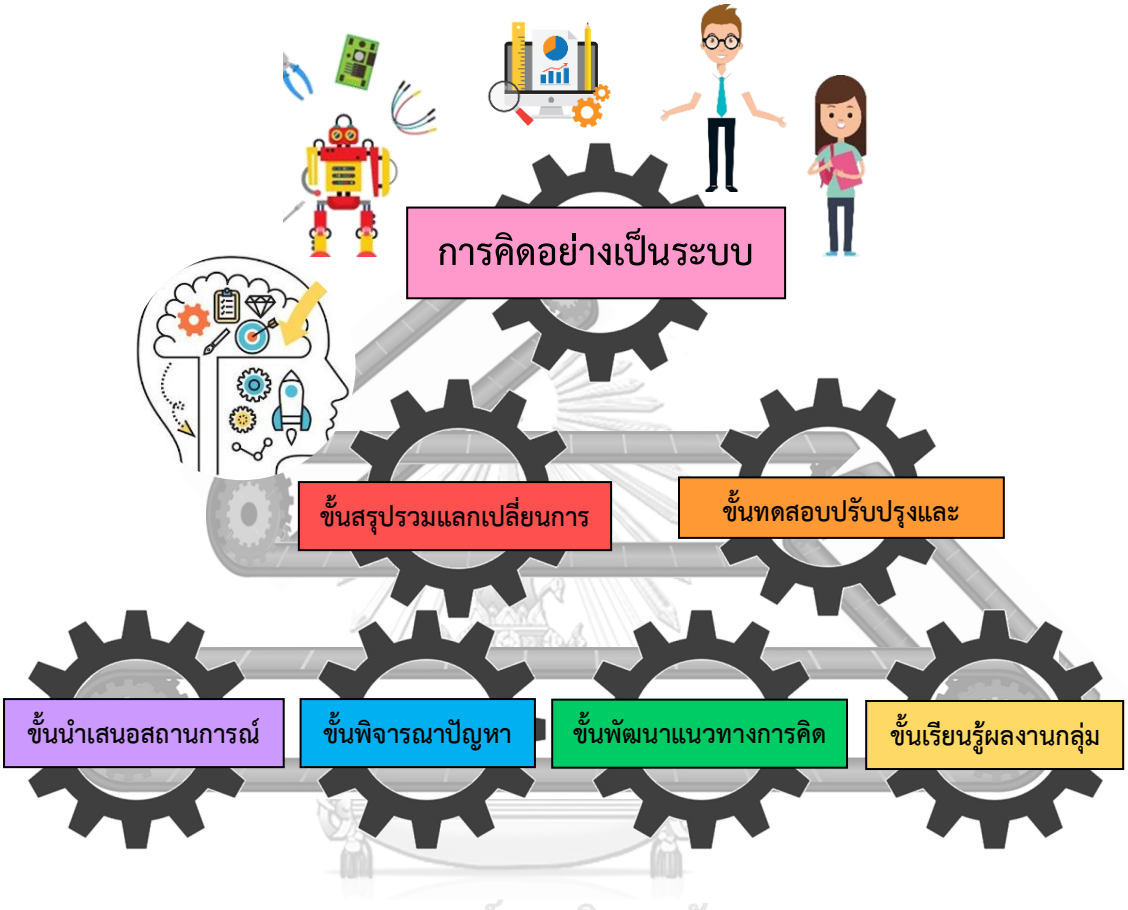
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการเรียนรู้ของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ
เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนระดับประถมศึกษา



องค์ประกอบของชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ
เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ

ครู

นักเรียน

สื่อการเรียนรู้

การวัดและประเมินผล

ตัวอย่างแผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 (รายหน่วย)

เรื่อง กิจกรรมกลไกรางลูกบอล (Track Ball)

วิชา การคิดอย่างเป็นระบบด้วยกลไกหุ่นยนต์ เวลา 2 คาบ 100 นาที

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ขั้นการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ	การจัดการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้	การวัดและการประเมินผล
ด้านความรู้ (K) 1. ความหมายและประเภทของกลไกเชิงกลศาสตร์อย่างง่าย 2. ส่วนประกอบของกลไกเชิงกลศาสตร์อย่างง่าย 3. ขั้นตอนการสร้างกลไกเชิงกลศาสตร์อย่างง่าย **ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)** ความสามาในการคิดอย่างเป็นระบบ **ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (A)** 1. มีวินัย	1. ระบุปัญหาจาสถานการณ์ที่กำหนดได้ 2. ระบุสาเหตุหรือองค์ประกอบของปัญหาได้ 3. ระบุความสัมพันธ์สาเหตุของปัญหาได้ 4. สังเคราะห์วงจรสาเหตุของปัญหาได้ 5. ระบุวิธีหรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้ 6. รู้จักแลกเปลี่ยนความรู้ที่เป็นประโยชน์กับผู้อื่นได้	ขั้นที่ 1 ขั้นนำเสนอสถานการณ์	1, ครูตั้งคำถามให้กระตุ้นความคิดนักเรียนได้แก่ “นักเรียนคิดว่าโครงสร้างรางรถไฟเหาะประกอบด้วยอะไรบ้าง และมีหลักการทำงานอย่างไร” 2. ครูสร้างโจทย์/สถานการณ์เพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหา ได้แก่ “นักเรียนสร้างแบบจำลองโครงสร้างรางลูกบอล นักเรียนจะทำอย่างไร”	- ใบความรู้ - สื่อวิดิทัศน์	- แบบวัดพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบ

2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน		ขั้นที่ 2 ขั้นพิจารณาปัญหา	1. กิจกรรมรางลูกบอล (กิจกรรมคู่/กลุ่ม 2-3 คน) ร่วมกันศึกษาส่วนประกอบและขั้นตอนการประกอบโครงสร้างรางลูกบอลจากชุดกิจกรรม 2. นักเรียนศึกษาและรวบรวมความรู้จากสื่อชุดความรู้ของกิจกรรม เพื่อประกอบรางลูกบอล	- ใบกิจกรรม - ชุดการสอนกลไกระบบพื้นลาด พื้นเอียง	แบบวัดพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบ
		ขั้นที่ 3 ขั้นพัฒนาแนวทางการคิด	นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดจากการศึกษาชุดสื่อความรู้ของกิจกรรมแล้วร่วมกันวางออกแบบโครงสร้างรางลูกบอล	- ใบกิจกรรม - ชุดการสอนกลไกระบบ	แบบผลใบกิจกรรม
		ขั้นที่ 4 ขั้นเรียนรู้ผลงานกลุ่ม	นักเรียนลงมือสร้างกลไกโครงสร้างรางลูกบอล ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้	- ใบกิจกรรม - ชุดการสอนกลไกระบบ	แบบวัดพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

		ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผลและปรับปรุง	1. ครูประเมินการปฏิบัติกิจกรรมรางลูกบอลจากการทำใบงานและการบันทึกภาพ เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลการทำกิจกรรมของนักเรียน แล้วนำมาประเมินตามเกณฑ์การเรียนรู้	- ใบกิจกรรม - ชุดการสอนกลไกระบบ	แบบวัดพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบ
		ขั้นที่ 6 แลกเปลี่ยนการเรียนรู้	1. นักเรียนตอบคำถามสะท้อนการเรียนรู้จากใบงานกิจกรรม 2. นักเรียนนำเสนอผลงานกลไกหุ่นยนต์ที่ออกแบบเพื่อแก้สถานการณ์ในกิจกรรม	- ใบกิจกรรม - ชุดการสอนกลไกระบบ	แบบวัดพฤติกรรมการคิดอย่างเป็นระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์การประเมินการให้คะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างเป็นระบบ

คะแนน / รายการประเมิน	ระดับเริ่มต้น 0 คะแนน	ระดับกำลังพัฒนา 1 คะแนน	ระดับคล่องแคล่ว 2 คะแนน	ระดับเป็นแบบอย่างได้ 3 คะแนน
1. ค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา แสดงถึงความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์และกำหนดปัญหาได้ถูกต้อง	ไม่เข้าใจปัญหา	เข้าใจปัญหาแต่ต้องอาศัยคำแนะนำมาก	เข้าใจปัญหาแต่ออกแบบการแก้ปัญหาได้ไม่ตรงประเด็น	เข้าใจปัญหามีความคิดริเริ่มในการแก้ปัญหาได้ตรงประเด็น
2. คิดวิธีการแก้ปัญหา แสดงถึงการมีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ ค้นคว้าหาข้อมูลอย่างรอบด้านเพียงพอ	ไม่มีความรู้ไม่ค้นคว้าอย่างเพียงพอ	มีความรู้ ค้นคว้าพอใช้	มีความรู้ ค้นคว้าในระดับดี	มีความรู้ ค้นคว้าในระดับดีมาก
3. เลือกวิธีและเตรียมการแก้ปัญหา เลือกวิธีการแก้ปัญหาออกแบบผลงานเพื่อแก้ปัญหาอย่าสร้างสรรค์และเหมาะสม	เลือกวิธีการและออกแบบการแก้ปัญหาไม่ดี	เลือกวิธีการและออกแบบการแก้ปัญหาได้พอใช้	เลือกวิธีการและออกแบบการแก้ปัญหาได้เหมาะสมนำไปใช้จริงได้	เลือกวิธีการและออกแบบการแก้ปัญหาได้เหมาะสมสร้างสรรค์นำไปใช้จริงได้
4. ลงมือปฏิบัติ การสร้างสรรค์ผลงาน	ไม่สามารถนำแนวทางแก้ปัญหามาปฏิบัติได้	สร้างงานได้แต่มีคุณภาพต่ำ	สร้างงานได้อย่างมีคุณภาพ แต่ไม่สามารถนำไปใช้ได้ในสถานการณ์ปัญหาจริง	สร้างงานได้อย่างมีคุณภาพสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาจริงได้ผล
5. นำคำตอบไปประยุกต์ใช้ การนำเสนอ สื่อสาร อธิบายผลงาน	นำเสนอได้แต่การวิเคราะห์ข้อมูลไม่ครบถ้วน	นำเสนอได้ถูกต้องวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน	นำเสนอได้ถูกต้องเหมาะสมวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วนมีการนำเหตุผลและความรู้มาอ้างอิงประกอบ	คนฟังเข้าใจง่ายนำเสนอได้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ในการนำเสนอข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลครบถ้วน มีการนำเหตุผลความรู้มาอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบถามความพึงพอใจสำหรับนักเรียนที่มีต่อชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์
ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

แบบสอบถามนี้เป็นแบบสอบถามความพึงพอใจสำหรับนักเรียนที่มีต่อชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามความพึงพอใจฉบับนี้มีทั้งหมด 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 การสอบถามความพึงพอใจสำหรับนักเรียนที่มีต่อชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

โดยให้นักเรียน พิจารณาข้อความในแต่ละข้อ แล้วตอบคำถามตามความเป็นจริงที่ตรงกับความพึงพอใจของตนเอง มากที่สุด มีระดับความพึงพอใจดังนี้

5 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด
4 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมาก
3 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับปานกลาง
2 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อย
1 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ และเติมคำตอบลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

1. เพศ
   ☐ เพศหญิง ☐ เพศชาย
2. ระดับชั้น
   ☐ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ☐ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 การสอบถามความพึงพอใจสำหรับนักเรียนที่มีต่อชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์ด้วยกระบวนการออกแบบ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนประถมศึกษา

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ที่ตรงกับระดับความพึงพอใจของนักเรียนมากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ขั้นที่ 1 เข้าใจบริบทของปัญหา					
1.1 ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียน					
1.2 ครูให้สถานการณ์เพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหา					
ขั้นที่ 2 สำรวจ และค้นหารวบรวมข้อมูล					
2.1 กิจกรรมรู้จักกลไกกลศาสตร์อย่างง่าย ศึกษาและรวบรวมความรู้จากสื่อความรู้					
2.2 กิจกรรมรางลูกบอล ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากใบความรู้ และสื่อความรู้					
2.2 กิจกรรมระบบรอก ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากใบความรู้ และสื่อความรู้					
2.2 กิจกรรมระบบเฟือง ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากใบความรู้ และสื่อความรู้					
2.3 กิจกรรมกลไกกลศาสตร์พิชิตภารกิจ ศึกษารวบรวมความรู้จากใบความรู้ของกิจกรรมก่อนหน้า และจากประสบการณ์ในการแก้ปัญหา					
ขั้นที่ 3 กำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา					
3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดจากสื่อความรู้ เพื่อประกอบหุ่นยนต์					
3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดจากบทเรียนกลไกเชิงกลศาสตร์ เพื่อตอบคำถามจำลองความคิด					
3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดทดลองเขียนแบบจำลองโครงสร้างกลไกลและแก้ปัญหาตามภารกิจ					
ขั้นที่ 4 สร้างและพัฒนาแบบจำลอง					
4.1 นักเรียนมีการหน้าที่ในการสร้างแบบจำลองกลไก					
4.2 นักเรียนสร้างแบบจำลองกลไกอย่างเป็นระบบ มีลำดับขั้นตอน					
4.3 นักเรียนมีการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองกลไกให้สำเร็จตามภารกิจได้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผลและปรับปรุง					
5.1 ครูประเมินการประกอบหุ่นยนต์ จากกิจกรรมใบงานและการบันทึกภาพระหว่างปฏิบัติกิจกรรม					
5.2 ครูประเมินการควบคุมหุ่นยนต์ จากการบันทึกวิดีโอผลงานการแก้ปัญหาในการควบคุมหุ่นยนต์ของนักเรียน					
5.3 นักเรียนประเมินตนเองจากการบันทึกหลังการเรียน					
ขั้นที่ 6 แลกเปลี่ยนการเรียนรู้					
6.1 นักเรียนนำเสนอการประกอบหุ่นยนต์					
6.2 นักเรียนนำเสนอ Flowchart จำลองความคิด					
6.3 นักเรียนร่วมกันซักถามแลกเปลี่ยนความคิด/วิธีการ					
6.4 นักเรียนตอบคำถามสะท้อนการเรียนรู้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์					
6.5 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปความรู้หลังการปฏิบัติกิจกรรม					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับขั้นตอนการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ฯ

.....

.....

.....

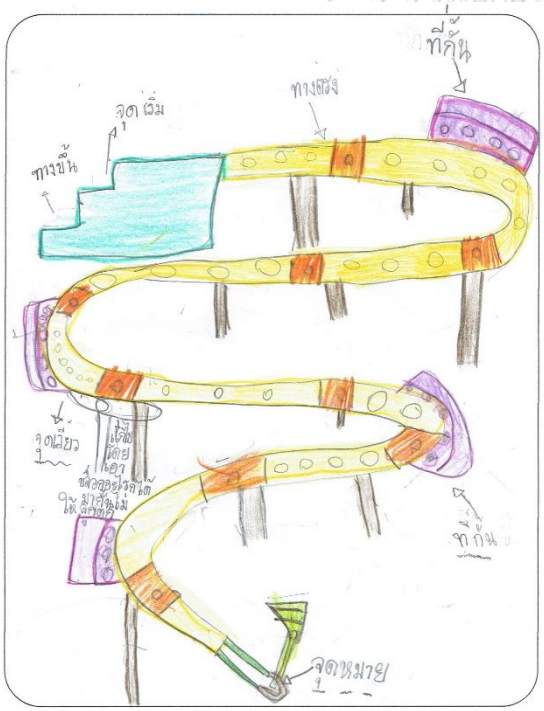
.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างระบบด้วยชุดการสอนกลไกเชิงกลศาสตร์

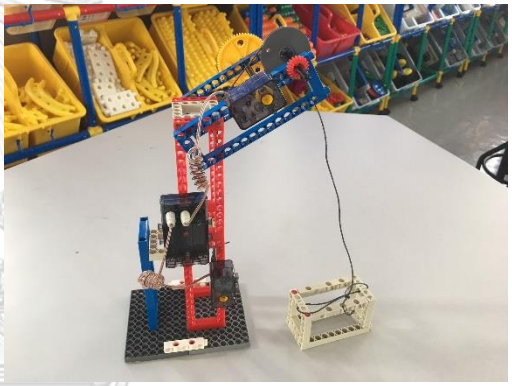
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ระบบกลไกพื้นฐานรางลูกบอล

แบบร่างโครงสร้างกลไกของนักเรียนด้วยชุดการสอนกลไกหุ่นยนต์



พฤติกรรมการเรียนรู้การคิดอย่างระบบด้วยชุดการสอนกลไกเชิงกลศาสตร์

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ระบบกลไกรอก



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายวรัชญ์ น่วมอยู่

วัน เดือน ปี เกิด 1 กันยายน 2534

วุฒิการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University