



การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถ
ในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

DEVELOPMENT OF STEM^{GM} LEARNING MODEL TO ENHANCE GROWTH MINDSET
AND PROBLEM SOLVING ABILITIES OF LOWER SECONDARY STUDENTS

นันท์นภัส ลิ้มสันติธรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและ
ความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น



นันท์นภัส ลิ้มสันติธรรม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF STEM^{GM} LEARNING MODEL TO ENHANCE GROWTH
MINDSET AND PROBLEM SOLVING ABILITIES OF LOWER
SECONDARY STUDENTS



NANNAPAS LIMSANTITHAM

A Dissertation Submitted in partial Fulfillment of Requirements
for DOCTOR OF EDUCATION (Science Education)
Science Education Center Srinakharinwirot University

2018

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถ
ในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
ของ
นันทน์ภัส ลิ้มสันติธรรม

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนิน วรวัฒนเกตุ
ศิริ)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์) (อาจารย์ ดร.นฤมล พระใหญ่)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์
ประมุข)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
ผู้วิจัย	นันทน์ภัส ลิมสันติธรรม
ปริญญา	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรรยา ดาสา

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่ส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น 2) เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีต่อกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 29 คน ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร เครื่องมือวิจัยได้แก่ แบบสอบถามกรอบแนวคิดเติบโต แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการเรียนรู้และแบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที การทดสอบวิลคอกชัน (T) กรณีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม และค่าอิทธิพล ในส่วนของข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้ใช้การวิเคราะห์จัดกลุ่มข้อมูลและการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่พัฒนาขึ้น 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) สร้างความเชื่อ 2) ระบุปัญหา 3) รวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 4) ออกแบบการแก้ปัญหา 5) วางแผนและแก้ปัญหา 6) ประเมินผลงาน และ 7) นำเสนอและสะท้อนการเรียนรู้ มีคุณภาพที่เหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.67-1.00 และสามารถพัฒนาผู้เรียนในด้านกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง

คำสำคัญ : รูปแบบการเรียนรู้สะเต็ม, กรอบแนวคิดเติบโต, ความสามารถในการแก้ปัญหา

Title	DEVELOPMENT OF STEM ^{GM} LEARNING MODEL TO ENHANCE GROWTH MINDSET AND PROBLEM SOLVING ABILITIES OF LOWER SECONDARY STUDENTS
Author	NANNAPAS LIMSANTITHAM
Degree	DOCTOR OF EDUCATION
Academic Year	2018
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Chanyah Dahsah

The purposes of this research were as follows: 1) to develop the STEM^{GM} learning model to enhance growth mindset and problem-solving abilities among lower secondary school students; 2) to study effects of the STEM^{GM} Learning model on students' growth mindset, problem solving abilities and achievement. The participants in this study included twenty nine students in Grade 7 in a school under the authority of the Bangkok Metropolitan Administration, and used purposive sampling. The research tools included a growth mindset questionnaire, a problem-solving ability test, a learning achievement test, a teaching observation form, a learning log and an interview form. The data were analyzed in terms of percentage, mean and standard deviation, as well as a t-test for dependent samples, a Wilcoxon signed-rank test, and the effect size. With regard to the qualitative data, the data were categorized by content analysis. The research results indicated that the STEM^{GM} Learning Model was composed of seven steps; 1) make believe; 2) identify problem; 3) collect relevant information and concepts; 4) design solutions; 5) plan and solve problem 6) evaluate product; and 7) present and reflect, was assessed in terms of a quality by experts using the Index of Item Objective Congruence (IOC), which was at 0.67 to 1.00. In addition, this model could be able to enhance growth mindset, problem solving abilities, and achievement at a significant level of .01 with a medium effect size.

Keyword : STEM Learning Model, Growth Mindset, Problem-Solving Abilities

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณาและเมตตาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา ซึ่งเป็นที่ปรึกษาหลักปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ณสรวงศ์ ผลโภค ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ให้ข้อเสนอแนะและกำลังใจในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ รวมทั้งสนับสนุนผู้วิจัยให้ได้รับประสบการณ์ในการเรียนรู้หลายด้านจนกระทั่งงานสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาและเมตตาเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมุข ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศธริน วรธนเกตุศิริ และอาจารย์ ดร.นฤมล พระใหญ่ ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบปากเปล่า พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งคณาจารย์ศูนย์วิทยาศาสตร์ มศว ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ให้คำแนะนำ กำลังใจและช่วยเหลือในสิ่งที่ดีในทุกด้านด้วยดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือวิจัยทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยประเมินและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณคณะผู้บริหารและคุณครูในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานครที่อนุญาตให้ผู้วิจัยนำร่องและทดลองใช้รูปแบบฯ นอกจากนี้ขอขอบใจนักเรียนทุกคนได้ให้ความร่วมมืออย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ สสวท.ที่ให้ทุนสนับสนุนผู้วิจัยในหลายด้าน รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ในมศว. สสวท. รศ.ดร.อนันตสิน เตชะกำพุช ที่เมตตาให้คำแนะนำที่มีคุณค่า นอกจากนี้ ขอขอบคุณกัลยาณมิตรทุกท่านในสสวท. ในศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มศว และเจ้าหน้าที่ในมศว ทุกท่าน

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่สาวของผู้วิจัย ที่ให้ความรัก กำลังใจ อันสำคัญยิ่งและสนับสนุนชีวิตผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณ ญาติพี่น้อง กัลยาณมิตรทุกท่าน คุณสตีญา ดร.จิราพร ดร.อำนวย คุณบอล คุณนก ที่ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้จนกระทั่งผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่ คุณบิดา มารดา คุณครูอุปัชฌาย์อาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

นันท์นภัส ลิ้มสันติธรรม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
คำถามของการวิจัย	6
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	6
ความสำคัญของงานวิจัย.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ	8
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	11
สมมติฐานในการวิจัย	12
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
1. แนวคิดเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา	14
1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา	14
1.2 ที่มาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา.....	15
1.3 การบูรณาการในสะเต็มศึกษา.....	17
1.4 การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา.....	18

2. กรอบแนวคิดเติบโต	25
2.1 ความเป็นมาและความหมายกรอบแนวคิดเติบโต.....	25
2.2 ความสำคัญของกรอบแนวคิดเติบโต.....	27
2.3 การพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต.....	29
2.4 การวัดและประเมินผลกรอบแนวคิดเติบโต	36
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา	38
3.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา.....	38
3.2 ที่มาและความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา	39
3.3 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา	40
3.4 การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา.....	44
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement)	50
4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	50
4.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	51
5. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้	52
5.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	52
5.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	53
5.3 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	55
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	59
ขอบเขตการวิจัย.....	59
การสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEMGM และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	59
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	86
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	86
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	87

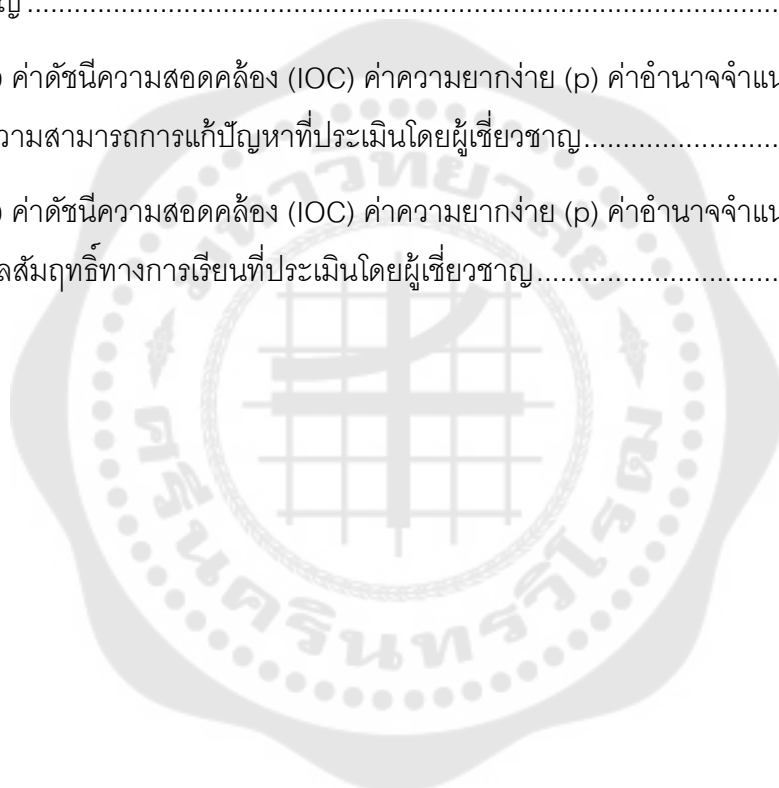
สถิติที่ใช้ในการวิจัย	88
จริยธรรมของการวิจัย	90
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	91
ตอนที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM}	92
ตอนที่ 2 ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} ที่มีต่อกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาศึกษาตอนต้น	113
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	124
คำถามของการวิจัย	124
ความมุ่งหมายของการวิจัย	124
สมมติฐานการวิจัย	124
วิธีการดำเนินการวิจัย	125
สรุปผลการวิจัย	129
อภิปรายผลการวิจัย	138
ข้อเสนอแนะ	145
บรรณานุกรม	147
ภาคผนวก	1
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย	2
ภาคผนวก ข ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	4
ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	15
ภาคผนวก ง การกำหนดรหัสข้อมูล	22
ภาคผนวก จ ใบรับรองการทำวิจัยในมนุษย์	24
ประวัติผู้เขียน	27

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 สรุปหลักการสะเต็มศึกษาของหน่วยงานและนักการศึกษาต่าง ๆ	19
ตาราง 2 สรุปขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมของแต่ละหน่วยงานและบุคคล	23
ตาราง 3 แสดงการวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาของงานวิจัยที่ผ่านมา	46
ตาราง 4 สรุปองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษา	55
ตาราง 5 สรุปขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษา	57
ตาราง 6 ที่มาของหลักการรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM}	68
ตาราง 7 การสรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา กรอบแนวคิดเติบโต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	71
ตาราง 8 แสดงตัวชี้วัดของสาระวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์	78
ตาราง 9 รายชื่อและจำนวนชั่วโมงของแต่ละกิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้การแสดง	79
ตาราง 10 คะแนนเฉลี่ยของกรอบแนวคิดเติบโตและค่าขนาดอิทธิพลในภาพรวมของกลุ่มผู้เรียนที่ ศึกษาวิจัยก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM}	114
ตาราง 11 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาในภาพรวมของกลุ่มผู้เรียนที่ศึกษาวิจัยก่อน เรียนกับหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM}	118
ตาราง 12 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาในองค์ประกอบย่อยทั้ง 2 องค์ประกอบของ กลุ่มผู้เรียนที่ศึกษาวิจัยก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM}	120
ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยของอันดับความสามารถในการแก้ปัญหาในองค์ประกอบย่อยทั้ง 4 องค์ประกอบของกลุ่มผู้เรียนที่ศึกษาวิจัยก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM}	121
ตาราง 14 คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มผู้เรียนที่ศึกษาวิจัยก่อนเรียนกับหลัง เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM}	122

ตาราง 15 การสรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา รอบแนวคิดเติบโต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	130
ตาราง 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} ที่ประเมินโดย ผู้เชี่ยวชาญ.....	5
ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ....	7
ตาราง 18 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดกรอบแนวคิดเติบโตที่ประเมินโดย ผู้เชี่ยวชาญ.....	9
ตาราง 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) รายชื่อของ แบบวัดความสามารถการแก้ปัญหาที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	13
ตาราง 20 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) รายชื่อของ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	14



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	11
ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	60
ภาพประกอบ 3 การพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM}	70
ภาพประกอบ 4 การลากเส้นรังสีตกกระทบตามมุมที่กำหนดไม่ถูกต้อง	97
ภาพประกอบ 5 ผู้เรียนอาสาสมัครทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยเพื่อนในห้องเรียนและเพื่อนที่มาเรียนเสริมครั้งที่ 2.....	98
ภาพประกอบ 6 การทำการสืบค้นข้อมูลหาตำแหน่งและชนิดของภาพจากกระจกนูนและการทำการทดลองการหักเหของแสงผ่านแท่งพลาสติก	100
ภาพประกอบ 7 การออกแบบการแก้ปัญหาที่ได้รับการเน้นย้ำและถามคำถามให้แสดงแนวคิดทางวิชาการในการออกแบบและเลือกวัสดุของผู้เรียนกลุ่ม 3	102
ภาพประกอบ 8 การเขียนแผนการดำเนินกิจกรรมในใบกิจกรรมที่ 1 ของผู้เรียน	104
ภาพประกอบ 9 การเขียนแผนการดำเนินงานของผู้เรียนแต่ละกลุ่มที่ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นกับไม่ได้ใช้คำถามกระตุ้น.....	106
ภาพประกอบ 10 การทำงานของกลุ่มที่เขียนแผนการดำเนินงานกับกลุ่มที่ไม่เขียนแผนการดำเนินงาน.....	107
ภาพประกอบ 11 อุปกรณ์ฉายภาพที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ก่อนการปรับปรุงจะไม่มีกระดาษสีดำ	110
ภาพประกอบ 12 การดำเนินงานของผู้เรียนที่มีความพยายามปรับปรุงแก้ไขผลงานของกลุ่ม ..	111
ภาพประกอบ 13 การนำเสนอของผู้เรียนกลุ่ม 3 ครั้งที่ 1 กับ ครั้งที่ 3	113
ภาพประกอบ 14 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยกรอบแนวคิดเดบิตโตของผู้เรียนแต่ละคนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM}	115

ภาพประกอบ 15 ผลงานที่แสดงการทดลองการหักเหของแสงเมื่อแสงเดินทางจากอากาศเข้าสู่ แท่ง พลาสติกด้วยมุมตกกระทบต่างกันของผู้เรียน S9 ที่อาสาศัมครเรียนเสริมหลังเลิกเรียน...	116
ภาพประกอบ 16 หลักฐานการแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการมีพยายามในการเรียนรู้เพื่อพัฒนา ตนเองของผู้เรียน S5 และเมื่อพิจารณาคะแนนของ.....	117
ภาพประกอบ 17 กราฟแสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนแต่ละคนหลังเรียน กับ ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM}	119
ภาพประกอบ 18 กราฟแสดงคะแนนค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนแต่ละคนหลัง เรียนกับก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM}	123



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อชีวิตของมนุษย์และสังคมโลก อีกทั้งยังช่วยพัฒนาการคิดของมนุษย์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552, p. 92) โดยเฉพาะการคิดแก้ปัญหาซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งในการคิดที่สำคัญ เนื่องจากมนุษย์ต้องเผชิญปัญหาอยู่เป็นประจำ มนุษย์จึงจำเป็นต้องมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เพื่อสามารถจัดการกับปัญหาและช่วยให้การดำเนินชีวิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ นักการศึกษาทั่วโลกเห็นพ้องต้องกันว่าความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นทักษะหนึ่งในทักษะศตวรรษที่ 21 ซึ่งควรได้รับการพัฒนา (Dede, 2010, pp. 51-52; Edens, 2000, p. 55; Morgan, Moon, & Barroso, 2013, p. 29; Wagner, 2008, pp. 20-21; เบลล์, แบริน, วรพจน์, & อธิป, 2556, pp. 118-119; ลักขณา, 2558, p. 24) และได้ระบุไว้ในหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ว่าจะต้องมุ่งพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552, p. 11)

เมื่อสำรวจสภาพการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันยังพบว่าการจัดการเรียนรู้เน้นการบรรยายเนื้อหา โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนมีความรู้เพียงพอเพื่อไปศึกษาต่อ ซึ่งในการเรียนรู้ลักษณะนี้ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้โดยการจดจำเนื้อหา ไม่มีโอกาสได้คิดเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้อย่างเป็นระบบ (เกริก, 2014, p. 1; ธราญา, 2560, pp. 7-11) ไม่สามารถนำความรู้ที่เรียนไปเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง (โคจร, เหมะประสิทธิ์, คูเจริญไพศาล, & ศิริพันธ์แก้ว, 2554; ภมรศรี, 2555; วิทยากร, 2559; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, p. 39; อุดมนิธิภักคพันธ์ & อินทร์รักษ์, 2016) และจากการพิจารณาผลคะแนนการทดสอบโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment : PISA) ที่ทดสอบนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี โดยในปี 2555 ที่เน้นการประเมินทั้งเนื้อหาแนวคิดคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหา พบว่า ผลคะแนนเฉลี่ยของประเทศไทยได้ 444 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (เกณฑ์มาตรฐานประมาณ 500 คะแนน) และเมื่อจัดระดับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน พบว่านักเรียนไทยส่วนใหญ่มีความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับ 2 จาก 6 ระดับ โดยในระดับที่ 2 ระบุว่าความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนอยู่ในระดับที่สามารถใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาที่ใช้การตีความตรง ๆ ไม่ซับซ้อนเท่าที่ PISA มุ่งให้เกิดกับผู้เรียน คือ นักเรียนควรมีความสามารถในการใช้ความรู้และทักษะในการ

แก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยได้ ซึ่งคะแนนควรอยู่ในระดับที่ 4 ขึ้นไป และในปี 2558 ที่เน้นการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยเน้นที่วิทยาศาสตร์ พบว่า คะแนน PISA ของนักเรียนไทยได้เพียง 421 ซึ่งลดลงจากปี 2555 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) ผลดังกล่าวไปในทางเดียวกันกับผลคะแนนจากการทดสอบแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study : TIMSS) ปี 2558 ที่มุ่งเน้นการวัดความรู้ความคิดด้านพุทธิพิสัย พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทยได้ 456 คะแนน (เกณฑ์มาตรฐานประมาณ 500 คะแนน) อยู่ในระดับต่ำสุดของช่วงคะแนนที่แบ่งไว้ 4 ระดับ ซึ่งบ่งบอกว่านักเรียนยังมีความรู้ความคิดด้านพุทธิพิสัยไม่เพียงพอตามมาตรฐานที่นานาชาติกำหนด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) สอดคล้องกับผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Testing: O-NET) ซึ่งเป็นการประเมินความรู้ด้านพุทธิพิสัยตามมาตรฐานและตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานที่กำหนดให้นักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้ความคิดและรู้เนื้อหาที่จำเป็น โดยผลคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 วิชาวิทยาศาสตร์ได้ 32.40 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2560) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ คือ 50 คะแนน จากผลคะแนนดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้ไม่เพียงพอตามมาตรฐานของประเทศไทยที่ได้กำหนดไว้เช่นเดียวกัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, p. 5; 2556, pp. 154-155) จากข้อมูลทั้งจากการวิจัยและแบบทดสอบทั้งในระดับชาติและนานาชาติต่างให้ข้อมูลที่สอดคล้องกันว่านักเรียนไทยยังมีความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจ ดังนั้นควรมีการพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้มีความรู้ และความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งนักการศึกษาทั้งในและต่างประเทศเชื่อว่า หากนักเรียนมีความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดี จะทำให้การดำเนินชีวิตของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรม (E) และคณิตศาสตร์ (M) หรือเรียกว่าการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Becker & Park, 2011, p. 31; Lou, Shih, Diez, & Tseng, 2011, pp. 195-196; เกตุมณี & ชลาธิป, 2559; อาทิตยา, 2559) โดยเฉพาะรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นการจัดเรียนรู้ตามนโยบายของชาติ (สำนักนายกรัฐมนตรี, 2560) เป็นรูปแบบการ

จัดการเรียนรู้ที่สามารถช่วยให้นักเรียนเรียนรู้เนื้อหาที่ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น และยังช่วยส่งเสริมให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (จุญพงษ์, สิริินภา, & วิภารัตน์, 2561, p. 40; อภิสิทธิ์, 2559) จากการวิเคราะห์ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมของหน่วยงานและนักการศึกษาต่าง ๆ พบว่า กระบวนการตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีองค์ประกอบครอบคลุมในทุกด้านของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและปฏิบัติการแก้ปัญหา 5) ทดสอบและประเมินผล และ 6) การนำเสนอ ดังนั้นในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยครั้งนี้ จึงได้นำการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงผ่านกระบวนการของการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน

หลักการที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่แก้ปัญหาที่ท้าทาย (Vasquez, Sneider, & Comer, 2013, p. 4; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ดังนั้นนักเรียนจำเป็นต้องมีความพยายาม ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคและมีกรอบแนวคิดเติบโต จึงจะส่งผลให้การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาประสบความสำเร็จ (Kristofic Jr, 2014, pp. 18,55) แต่ถ้านักเรียนเกิดความท้อถอยและขาดความพยายามจะทำให้เสียโอกาสประสบความสำเร็จ ซึ่งการส่งเสริมให้นักเรียนให้มีกรอบแนวคิดเติบโตจะทำให้นักเรียนมีความพยายามในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถให้มีความเชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ เมื่อเจออุปสรรคหรือความท้าทายจะมองว่าเป็นการเรียนรู้ และนักเรียนจะเพิ่มความพยายามทำสิ่งนั้นต่อไปไม่ล้มเลิกความตั้งใจง่าย ๆ (Blackwell, Trzesniewski, & Dweck, 2007; Dweck, 2006) ดังนั้นการทำให้นักเรียนมีความพยายามเป็นสิ่งสำคัญของการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ความพยายามเป็นสิ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งไม่เฉพาะในการเรียนรู้ แต่ในทุก ๆ ด้านทั้งการดำเนินชีวิตประจำวันและการทำงาน ดังพระบรมราโชวาทในพิธีพระราชทานปริญญาบัตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ในวันที่ 21 มิถุนายน 2522 ได้ให้ไว้ว่า

“การทำงานใดๆ ไม่ว่าเล็ก ใหญ่ ง่าย ยาก ถ้าย่อหย่อนจากความเพียรแล้ว
ยากที่จะ สำเร็จเรียบร้อยทันเวลา และเมื่อใดพลังของความเพียรนี้เกิดขึ้น
เมื่อนั้นการงานทั้งหลายก็สำเร็จได้โดยง่ายและรวดเร็ว”

จากพระบรมราโชวาทในข้างต้นจะพบว่า ความเพียรพยายามเป็นสิ่งสำคัญ ประกอบกับจากการทบทวนวรรณกรรมความสำเร็จของบุคคล พบว่าการที่บุคคลจะแก้ปัญหาให้ประสบความสำเร็จนั้น จำเป็นต้องใช้ความเพียร พยายาม อุตทน และมุ่งมั่น (สำนักงานยูเนสโก, 2557) สสวท. (2546: 15) กล่าวว่า ความเพียรพยายาม อุตทน มุ่งมั่น เป็นคุณลักษณะสำคัญที่นักเรียนจำเป็นต้องมีในการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วย ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรจัดประสบการณ์ที่จะนำไปสู่การมองเห็นคุณค่าของความพยายามและไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคโดยง่าย รวมทั้งทำให้นักเรียนมีความเชื่อว่าความฉลาดและความสามารถพัฒนาเปลี่ยนแปลงได้จากความเพียรพยายาม เพราะความเชื่อเป็นสิ่งที่มียุทธูปการต่อพฤติกรรมของมนุษย์อย่างมากและสามารถนำคนไปสู่การประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวก็ได้ (Dweck, 2006; ดวงใจ, 2539; ปฟ้าณี, 2541; ภัททิยา, 2540; สุจริย์, 2551)

ดเวก (Dweck, 2006, p. 12; 2008, p. 2) ซึ่งได้ทำวิจัยศึกษาเกี่ยวกับความเชื่อของมนุษย์ที่เกี่ยวกับความฉลาดมาอย่างยาวนานกว่า 20 ปี ได้แบ่งความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดเป็น 2 แนวคิด ได้แก่ กรอบแนวคิดเติบโต (Growth mindset) และกรอบแนวคิดจำกัด (Fixed Mindset) ซึ่งกรอบแนวคิดเติบโตเป็นการเชื่อว่าความฉลาดเปลี่ยนแปลงได้จากความพยายาม แต่คนที่มีกรอบแนวคิดจำกัดจะเชื่อว่าความฉลาดเปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Blackwell et al., 2007; Dweck, 2006; Mueller & Dweck, 1998) โดยทั่วไปเด็กช่วงอายุประมาณ 12-18 ปี จะมีกรอบแนวคิดเติบโตร้อยละ 40 และกรอบแนวคิดจำกัดร้อยละ 40 ส่วนอีกร้อยละ 20 ไม่สามารถระบุกรอบแนวคิดได้ (Dweck, 2000, pp. 5-7; 2006; 2008, p. 2) นอกจากนี้งานวิจัยของริคชี (Ricci, 2013, pp. 10-11) ยังพบข้อมูลเพิ่มเติมว่าจำนวนนักเรียนที่เรียนในระดับที่สูงขึ้นจะมีกรอบแนวคิดจำกัดเพิ่มมากขึ้น สำหรับประเทศไทยได้มีการสำรวจนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนไทยมีกรอบแนวคิดจำกัดในทุกระดับชั้นและมีสัดส่วนเดียวกัน (Lerdpornkulrat, Koul, & Sujivorakul, 2012, p. 175) เมอร์เซอร์ (Mercer, 2012, p. 28) ได้ระบุว่าหากนักเรียนยังมีกรอบแนวคิดจำกัดซึ่งคิดว่าตนเองไม่สามารถเรียนรู้หรือพัฒนาความสามารถของตนได้ แม้มีวิธีการสอนที่ดีอย่างไรก็ตาม ผู้สอนไม่สามารถช่วยพัฒนานักเรียนได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากนักเรียนจะไม่ใช้ความพยายามในการเรียนรู้สิ่งที่ผู้สอนได้สอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคริสโตฟิค (Kristofic Jr, 2014, pp. 18,55) ที่พบว่าปัญหาอุปสรรคของการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา ก็คือ กรอบความคิด (Mindset) ของนักเรียน ซึ่งมีผลต่อการเรียนรู้ เขาจึงให้ข้อเสนอแนะแนวทางในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาให้ประสบความสำเร็จ ในส่วนของการพัฒนานักเรียนให้มีกรอบแนวคิดเติบโตและความเพียรพยายาม งานวิจัยของแบลคเวลและคณะ (Blackwell et al., 2007) ได้ข้อค้นพบว่า การอบรมให้

เห็นแนวคิดของกรอบแนวคิดเติบโตที่แสดงให้เห็นการทำงานของสมอง เมื่อมีการเรียนรู้หรือปฏิบัติสิ่งใหม่ ๆ จะทำให้เซลล์ประสาทเติบโตและเชื่อมโยงกันแข็งแกร่งมากขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้สิ่งนั้นได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามนักเรียนที่ไม่ได้อบรมกรอบแนวคิดเติบโตมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ลดลง จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าม้งงานวิจัยจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่ากรอบแนวคิดเติบโตช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ (De Castella & Byrne, 2015; Dweck, 2000; Esparza, Shumow, & Schmidt, 2014; Franklin, 2016, pp. 95-96; Good, Aronson, & Inzlicht, 2003; McCutchen, Jones, Carbonneau, & Mueller, 2016; Paunesku, 2013; Rattan, Savani, Chugh, & Dweck, 2015) นอกจากนี้กรอบแนวคิดเติบโตยังมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหาด้วย โดยโบเลอร์ (Boaler, 2016, pp. 6-7) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของ PISA 2555 ที่วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์กับกรอบแนวคิด พบว่านักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ในกลุ่มสูงมีกรอบแนวคิดเติบโต ส่วนนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ต่ำจะมีกรอบแนวคิดจำกัด จากตัวอย่างข้างต้น จะเห็นได้ว่าการพัฒนานักเรียนให้มีกรอบแนวคิดเติบโตเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากสามารถนำนักเรียนไปสู่ความสำเร็จในการเรียนรู้ได้ ซึ่งมีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้้นำการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโตเข้ามามีส่วนร่วมกับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนดีขึ้น แต่ที่ผ่านมางานวิจัยส่วนมากจะอยู่ในวิชาคณิตศาสตร์ (Esparza et al., 2014, p. 7) การอ่าน (Schwartz, 2017 :online) ภาษาอังกฤษ สังคม ประวัติศาสตร์ (Ricci, 2013, pp. 139-143) การสอนดนตรี (Davis, 2017, pp. 14-15) แต่ยังไม่มีการนำกรอบแนวคิดเติบโตมาใช้กับวิชาวิทยาศาสตร์ นอกจากการนำกรอบแนวคิดเติบโตมาใช้กับวิธีการเรียนการสอนในวิชาต่าง ๆ ข้างต้นแล้ว ยังมีการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโตด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Brainology มาใช้อบรมกรอบแนวคิดเติบโต (Mindsetworks, 2012) การแทรกแซงแนวคิดกรอบแนวคิดเติบโตในค่ายสะเต็มช่วงปิดเทอม โดยใช้วิธีการให้ระลึกประสบการณ์ของตนเองที่เป็นกรอบแนวคิดเติบโต (Beltran, 2018) จากการศึกษาผลของการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต พบว่า การอบรมกรอบแนวคิดเติบโตแค่ชั่วคราวมีผลในระยะสั้น แต่ไม่ส่งผลในระยะยาว (Donohoe, Topping, & Hannah, 2012) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีการนำวิธีพัฒนากรอบแนวคิดเติบโตเข้ามามีส่วนร่วมกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในหน่วยการเรียนรู้ปกติเพื่อเพิ่มระยะเวลาในการพัฒนาความเข้าใจกรอบแนวคิดเติบโตของนักเรียน เกี่ยวกับการทำงานของสมองและเหตุผลของความเพียรพยายาม

รวมทั้งการสร้างความสำเร็จที่ถูกต้องว่าความฉลาดหรือความสามารถพัฒนาได้จากความเพียรพยายามในการเรียนรู้ (Blackwell et al., 2007; Dweck, 2006; Mueller & Dweck, 1998) ซึ่งความเข้าใจและความเชื่อนี้ จะนำนักเรียนไปสู่การประสบความสำเร็จในการเรียนสะสมได้ดียิ่งขึ้น

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ซึ่งได้มาจากการนำหลักการสะสมศึกษาและหลักการการสร้างกรอบแนวคิดเติบโตมาใช้ในการพัฒนารูปแบบที่เรียกว่า STEM^{GM} เพื่อทำให้นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานระดับชาติในกลุ่มล่างสุด และเป็นผู้ที่มีความท้อแท้เมื่อเจอปัญหาและอุปสรรค รวมทั้งมีความพยายามอดทนต่อสถานการณ์ยากลำบากหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นได้น้อย (สวาท, 2558) ได้เข้าใจสาเหตุของความเชื่อของกรอบแนวคิดเติบโตว่าความฉลาดสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากความเพียรพยายาม พร้อมกับการเรียนรู้แนวคิด การแก้ปัญหาและการทำให้เกิดมุมมองของกรอบแนวคิดเติบโตในแง่ของความผิดพลาด ทำให้เกิดการเรียนรู้แต่นักเรียนสามารถประสบความสำเร็จได้หากพยายามปรับปรุงแก้ไขต่อไป (Dweck, 2006, pp. 244-246) โดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งรูปแบบที่ได้พัฒนาขึ้นนี้น่าจะช่วยส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะสมศึกษาประสบความสำเร็จขึ้น

คำถามของการวิจัย

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่ช่วยส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ควรมีรูปแบบเป็นอย่างไร
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ส่งผลต่อกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในด้านกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ความสำคัญของงานวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ด้านวิชาการและการปฏิบัติ ดังนี้

1. องค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการพัฒนานักเรียนให้มีกรอบแนวคิดเติบโตที่เชื่อว่าความฉลาดสามารถเปลี่ยนแปลงพัฒนาให้เติบโตได้จากการพยายามที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของความพยายาม สามารถก้าวข้ามความยากลำบากและอุปสรรคด้วยความเพียรพยายาม มุ่งมั่น อดทนในการนำตนเองไปสู่เป้าหมาย และมุ่งเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อพัฒนาตนเองไปสู่ความสำเร็จได้
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการสร้างกรอบแนวคิดเติบโตที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมให้นักเรียนมีกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
3. ข้อมูลที่ทำให้ผู้เกี่ยวข้องทางด้านการศึกษได้ตระหนักถึงความสำคัญของกรอบแนวคิดเติบโตและแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้พัฒนากรอบแนวคิดเติบโตร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบและวิชาอื่นๆ
4. ช่วยสร้างกำลังใจคนที่มีความรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหา เพื่อเพิ่มศักยภาพของประเทศให้สามารถแข่งขันกับประเทศอื่นๆ ได้

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร เขตบางนา จำนวน 1 ห้องเรียน 29 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ผู้วิจัยทำการเลือกกลุ่มเป้าหมายโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานระดับชาติ และมีกรอบแนวคิดเติบโตในระดับต่ำ

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา

ตัวแปรตาม คือ ผลการเรียนรู้ของนักเรียนในด้าน

กรอบแนวคิดเติบโต

ความสามารถในการแก้ปัญหา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ระยะเวลาในการทดลองใช้รูปแบบ

ทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง กรกฎาคม 2561

เนื้อหาสาระที่ใช้ในงานวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นเนื้อหาสาระที่ 5 ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ สาระที่ 4-6 กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ และสาระที่ 2-3 กลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี ของระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 ซึ่งรายละเอียดเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์มีดังนี้

- นัยน์ตากับการมองเห็นวัตถุ
- การสะท้อนและการหักเหของแสง ภาพที่เกิดจากการสะท้อนและการหักเห การใช้ประโยชน์ของการสะท้อนและการหักเห
- การมองเห็นสีของวัตถุ การดูดกลืนแสงสีและการนำไปใช้ประโยชน์

การเลือกเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้ เลือกจากการพิจารณาตัวชี้วัด เพื่อกำหนดหัวข้อ (Theme) ของเรื่องที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ โดยเน้นการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์และบูรณาการเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัส และทักษะกระบวนการคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาและนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการสร้างแบบจำลองความคิด สืบค้นข้อมูลและนำเสนอผลงาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีแนวคิดพื้นฐานมาจากหลักการสะเต็มศึกษาร่วมกับหลักการสร้างกรอบแนวคิดเติบโต เพื่อให้ผู้เรียนได้พยายามบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (S) คณิตศาสตร์ (M) เทคโนโลยี (T) ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงหรือสถานการณ์การทำงานจริงด้วยกระบวนการทางวิศวกรรม (E) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งกระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างความเชื่อ (Make believe)

ขั้นสร้างความเชื่อเป็นการสร้างความเข้าใจให้กับผู้เรียนเกี่ยวกับกรอบแนวคิดเติบโตที่มีความเชื่อว่าสมองเปลี่ยนแปลงเติบโตได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ผ่านการทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยให้ผู้เรียนได้ศึกษาการทำงานและเติบโตของสมองในศาสตร์ของนิวโรพลาสติก (Neuroplasticity) และศึกษาประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน รวมทั้งแสดงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ตั้งเป้าหมายในการเรียนรู้ในครั้งนี้

ขั้นที่ 2 ระบุปัญหา (Identify Problem)

ขั้นระบุปัญหาเป็นการให้ผู้เรียนพิจารณาทำความเข้าใจปัญหาที่ท้าทายความสามารถ จากสถานการณ์ในชีวิตจริงหรือการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม และให้ผู้เรียนระดมความคิดเพื่อระบุปัญหา เงื่อนไขข้อจำกัดจากสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด

ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Collect Relevant Information and Concept)

ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเป็นการให้ผู้เรียนวิเคราะห์แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา วางแผนการสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลและแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ในขั้นนี้ผู้สอนจะทำหน้าที่ในการให้ผลป้อนกลับที่เป็นคำชมโดยเน้นคำชมที่กระบวนการและความพยายามของผู้เรียนระหว่างที่ผู้เรียนทำการสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบ

ขั้นที่ 4 ออกแบบการแก้ปัญหา (Design Solution)

ขั้นออกแบบการแก้ปัญหาเป็นการให้ผู้เรียนนำแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหามาใช้ในการหาวิธีการแก้ปัญหาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ตามข้อจำกัดและเงื่อนไขของสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามหลักการทางวิชาการ ทั้งนี้ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดเกณฑ์ในการประเมินผลงานการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Plan and Solve Problem)

ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาเป็นการให้ผู้เรียนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่ออกแบบไว้อย่างเป็นขั้นตอนและปฏิบัติได้จริงตามเป้าหมายการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน (Evaluate Products)

ขั้นประเมินผลงานเป็นการให้ผู้เรียนประเมินผลงานของกลุ่มตนเอง โดยการทดสอบเพื่อระบุจุดเด่น จุดควรปรับปรุงและนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงผลงานหรือการออกแบบ จากนั้นทำการทดสอบซ้ำจนได้ผลงานที่ดีที่สุด ทั้งนี้ผู้สอนทำหน้าที่ในการสะท้อนข้อความมุมมองของกรอบแนวคิดเติบโตและให้คำชมกระบวนการและความพยายามของผู้เรียนในการแก้ปัญหาจนได้ผลงานที่ดีที่สุด

ขั้นที่ 7 นำเสนอและสะท้อนการเรียนรู้ (Present and Reflect Learning)

ขั้นนำเสนอและสะท้อนการเรียนรู้เป็นการให้ผู้เรียนวางแผนการนำเสนอและนำเสนอหลักการ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี วิธีการแก้ปัญหา และผลการแก้ปัญหา รวมทั้งผู้สอนกับผู้เรียนร่วมกันกำหนดเกณฑ์การประเมินการนำเสนอ ซึ่งในการประเมินต้องยึดหลักการทางวิชาการและต้องสื่อสารในทางสร้างสรรค์ นอกจากนี้ผู้เรียนจะได้สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้และผู้สอนจะใช้คำพูดที่ส่งเสริมมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตให้กับผู้เรียน

กรอบแนวคิดเติบโต หมายถึง ความคิดที่เกิดจากความเชื่อที่มีต่อความฉลาดหรือสติปัญญาว่า ความฉลาดเปลี่ยนแปลงได้จากความเพียรพยายามในการปฏิบัติและเรียนรู้สิ่งต่างๆ ซึ่งวัดได้โดยใช้แบบวัดกรอบแนวคิดเติบโตที่มีมาตรประมาณ 6 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างมาก เห็นด้วย เห็นด้วยบางส่วน ไม่เห็นด้วยบางส่วน ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างมาก ที่ปรับมาจากงานของ ดเวก (Dweck, 2006, pp. 12-14; 2017)

ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ และทักษะในการแก้ปัญหามาทำการแก้ปัญหาให้สำเร็จ โดยแบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบ ดังนี้

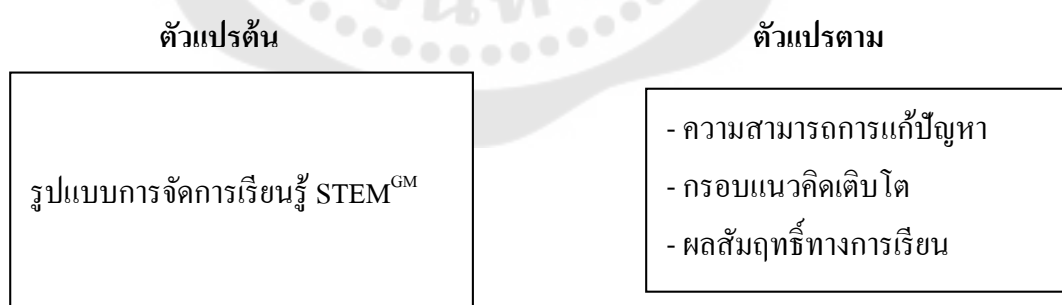
1. ความสามารถในการทำความเข้าใจและระบุปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
2. ความสามารถในการระบุแนวคิด หลักการหรือทฤษฎีที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา
3. ความสามารถในการระบุวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่ดีที่สุด
4. ความสามารถในการคาดการณ์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการแก้ปัญห ด้วยวิธีการการแก้ปัญหาที่เลือกได้

ซึ่งในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา สามารถวัดได้จากแบบวัดที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยปรับข้อคำถามจาก PISA โดยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นลักษณะปรนัยและอัตนัยแบบตอบสั้นที่ใช้วัดแต่ละองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการแก้ปัญหขององค์ประกอบละ 3 ข้อ ของ 4 องค์ประกอบย่อย ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) ระบุแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) ระบุวิธีการแก้ปัญหา 4) ระบุผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา รวมจำนวนข้อสอบทั้งหมด 12 ข้อ คะแนนเต็ม 12 คะแนน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่นักเรียนแสดงออกถึงความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ ตามเนื้อหาสาระในตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์ สาระที่ 5 พลังงาน เรื่องแสงและการมองเห็น โดยในงานวิจัยนี้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามตัวชี้วัด ว.5.1 ม.2/1-3 จำนวน 20 ข้อ ในด้านความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ โดยผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบที่ปรับข้อคำถามจากข้อสอบ O-net ข้อสอบ TIMSS และข้อสอบ PISA ซึ่งข้อสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การสร้างและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยพัฒนาขึ้นจากการผสมผสานหลักการของสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและหลักการการสร้างกรอบแนวคิดเติบโต ซึ่งในงานวิจัยต่าง ๆ ระบุว่า การแทรกแซงวิธีการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต สามารถส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโต (Esparza; Shumow; & Schmidt. 2014:9; Mindset. 2012) โดย ศรีราม (Sriram. 2014) ระบุว่าวิธีการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตสามารถพัฒนากรอบแนวคิดเติบโตอยู่ในระดับสูง ในส่วนของการแก้ปัญหา งานวิจัยต่าง ๆ ระบุว่า การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (นาตยา ชั่วชูเชิด. 2557: 90-92) กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างมีนัยสำคัญ (Li, Yanyan, Huang, Zhinan, Jiang, Menglu, & Chang, Ting-Wen. 2016; Lam, Paul C., Doverspike, Dennis, Zhao, Julie, Zhe, John, & Menzemer, Craig. 2008) ในส่วนของผลสัมฤทธิ์ วิชิเบิล เลิร์นนิ่งพลัส (Visible Learning^{plus}. 2018) พบว่า การใช้วิธีการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและการใช้กระบวนการแก้ปัญหา สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนให้สูงขึ้นกว่าก่อนเรียนด้วยค่าอิทธิพลระดับต่ำหรือระดับปานกลาง ตามลำดับ งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาความสัมพันธ์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีต่อกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามความสัมพันธ์และรายละเอียดดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

จากแนวคิด ทฤษฎีและผลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานการวิจัยดังนี้

1. กรอบแนวคิดเติบโตของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง
2. ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา
 - 1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
 - 1.2 ที่มาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา
 - 1.3 การบูรณาการในสะเต็มศึกษา
 - 1.4 การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
2. กรอบแนวคิดเติบโต
 - 2.1 ความเป็นมาและความหมายกรอบแนวคิดเติบโต
 - 2.2 ความสำคัญของกรอบแนวคิดเติบโต
 - 2.3 การพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต
 - 2.4 การวัดและประเมินผลกรอบแนวคิดเติบโต
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 3.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 3.2 ที่มาและความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 3.3 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 3.4 การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 5.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 5.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 5.3 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

1. แนวคิดเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา

1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ได้นำมาใช้ในการจัดการศึกษาในหลายประเทศ โดยความหมายของสะเต็มศึกษาที่นักการศึกษาทั้งไทยและต่างประเทศได้ให้ไว้สามารถสรุปได้ดังนี้ สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรม (E) และคณิตศาสตร์ (M) ไปใช้แก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับโลกความเป็นจริงและการประกอบอาชีพ รวมทั้งมุ่งเน้นการพัฒนาระบบการหรือผลผลิตควบคู่กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (Vasquez; Sneider; & Michael. 2013: 4; สสวท. 2557: 8; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2557: 4; อุมพร จารุสมบัติ. 2557: 16) แต่ ชูพลอส (Tsupros. 2009: 3) และสภาวิจัยแห่งชาติ (National Research Council. 2011: 1) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้คำจำกัดความที่เพิ่มเติมจากข้างต้น โดยให้ความหมายสะเต็มศึกษาว่าเป็นสิ่งที่ช่วยพัฒนาให้เกิดการรู้สะเต็มและช่วยพัฒนาความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจโลก รวมทั้งส่งเสริมให้สามารถตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางการเมือง สังคมและชีวิตตนเองได้

จากความหมายของสะเต็มศึกษาในข้างต้นที่ได้ระบุถึงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ เพื่อให้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ชัดเจนมากยิ่งขึ้น จึงมีการนิยามความหมายของคำแต่ละคำไว้ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science) เป็นการศึกษากฎของธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลกและอวกาศ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รวมไปถึงวิธีการ กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สำหรับสร้างองค์ความรู้และ การประยุกต์ใช้ความรู้ ความจริง หลักการ แนวคิดของวิชาเหล่านี้ (National Research Council. 2012: 11,27; (National Academy of sciences. 2014: 14)

เทคโนโลยี (Technology) เป็นความรู้ กระบวนการ ระบบและสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยส่วนใหญ่ได้มาจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (National Research Council. 2013: 1) หรือความหมายของเทคโนโลยีในอีกนัยหนึ่งที่สภาวิจัยแห่งชาติ (National Research Council. 2012: 202) ของประเทศสหรัฐอเมริกา และจอร์จ อินทลาภพร (2558: 14) ได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีไว้ว่าเป็นนวัตกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการและความจำเป็นของมนุษย์ และทำให้คุณภาพชีวิตของมนุษย์ดีและปลอดภัยมากขึ้น

วิศวกรรม (Engineering) เป็นความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและการสร้างสรรค์ของมนุษย์ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการแก้ปัญหาที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัด (Constraint) และเงื่อนไข (Criteria) (Morgan; & Moon. 2013: 29) นอกจากนี้

สภาวิจัยแห่งชาติ (National Research Council. 2012: 11) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้ความหมายของวิศวกรรมในมุมมองที่กว้างขึ้น ว่าเป็นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (engineering design practice) เพื่อแก้ปัญหาของมนุษย์ แต่เดิมใช้คำว่า กระบวนการทางเทคโนโลยี (technological design) (National Research Council. 2013: 2)

คณิตศาสตร์ (Mathematics) เป็นการศึกษารูปแบบและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ จำนวน และปริภูมิ (space) รวมทั้งยังมีการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในการยืนยันผลและให้เหตุผลข้อสันนิษฐานบนหลักการและเหตุผลทางคณิตศาสตร์ (National Academy of sciences. 2014: 14)

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ และแนวปฏิบัติวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ในการสร้างองค์ความรู้ การหาความสัมพันธ์และรูปแบบของสิ่งต่าง ๆ โดยผ่านการกระบวนการออกแบบ ซึ่งอาจนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงหรือการประกอบอาชีพ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นเทคโนโลยีที่สนองความต้องการหรือแก้ปัญหาของมนุษย์ รวมทั้งช่วยพัฒนาความรู้และสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจโลก

1.2 ที่มาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา

แนวคิดสะเต็ม (STEM) เริ่มต้นจากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีจุดเริ่มต้นมาจากผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนอเมริกันในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับประเทศอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีกทั้งผลการปฏิบัติงาน (performance) ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ของนักเรียนอเมริกันอยู่ในระดับที่ควรปรับปรุง จึงนำไปสู่การประชุมดำเนินการปรับปรุงโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรม (Engineering : E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) ซึ่งมีตัวย่อว่า STEM โดยมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Foundation: NSF) (Hanover Research. 2011: 5; Narum. 2011: 31) เพื่อแก้ปัญหาผลการประเมินวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และความสนใจในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมที่ลดลง จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ประเทศสหรัฐอเมริกามีนโยบายทางการศึกษาเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. 2556: 50; U.S. Department of Education. 2015: Online) ทั้งนี้ จากการที่ มนตรี จุฬารัตนพล (2557: ออนไลน์) ได้ศึกษาปัญหาของประเทศต่าง ๆ ที่ให้ความสนใจกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ได้แก่ อังกฤษ ออสเตรเลีย และเยอรมัน พบว่าประเทศเหล่านี้ได้ประสบปัญหาการเรียน

การสอนคล้าย ๆ กับประเทศสหรัฐอเมริกา รวมถึงประเทศไทย เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ การไม่สนใจเรียน การเรียนแบบท่องจำ การไม่เข้าใจบทเรียนอย่างแท้จริง การเรียนเพื่อทำข้อสอบให้ผ่าน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ (2557) สสวท. (2555) และ วิทยากร เชียงกูล (2559) ได้กล่าวถึงปัญหาการเรียนการสอนของประเทศไทยเพิ่มเติมจากข้างต้น คือ ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ และประเทศไทยยังประสบกับปัญหาจำนวนผู้เรียนต่อในสายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีจำนวนลดลงและการจัดการเรียนรู้ไม่สนองต่อแนวทางของการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ (สสวท. 2559)

องค์กรทางการศึกษาและงานวิจัยต่าง ๆ พบว่า การนำสะเต็มศึกษาเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนรู้จะสามารถช่วยแก้ปัญหาข้างต้นได้ และยังช่วยพัฒนาผู้เรียนให้สร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมใหม่ ๆ อันนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น (National Academy of Science. 2011: 2) ส่งเสริมความสามารถในศตวรรษที่ 21 ความสามารถในการ บูรณาการข้ามสาขาวิชา เพิ่มจำนวนอัตราการสำเร็จปริญญาตรีในสายสะเต็ม (National Academy of Science. 2013: 38) พัฒนาความเชื่อมั่นในตนเอง ส่งเสริมแรงจูงใจ (Vasquez; Sneider; & Michael. 2013: 57,84) ส่งเสริมความเพียรพยายาม (persistence) (National academies of science. 2014: 1) เป็นต้น และจากการศึกษางานวิจัยที่เปรียบเทียบโรงเรียนที่ใช้สะเต็มศึกษากับไม่ใช้สะเต็มศึกษาในด้านของเจตคติ (Affective) และการรู้คิด (Cognitive) ของผู้เรียน พบว่าผู้เรียนที่ได้เรียนในโรงเรียนสะเต็มศึกษามีเจตคติและการรู้คิดสูงกว่าผู้เรียนที่ไม่ได้เรียนในโรงเรียนที่ใช้สะเต็มศึกษา (Lamp; Akmal; & Petrie. 2015: 425) จากหลักฐานในข้างต้นจะเห็นได้ว่าการนำสะเต็มศึกษาเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนรู้สามารถนำผลเมืองไปสู่การเป็นผู้มีความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ รวมทั้งช่วยให้พลเมืองมีความสามารถในการแก้ปัญหาและอยู่อย่างมีความสุข และสามารถเป็นกำลังของประเทศที่จะนำประเทศให้สามารถแข่งขันในเวทีของเศรษฐกิจโลกได้ (National Research Council. 2011: 3)

จากที่มาและความสำคัญของสะเต็มศึกษาในข้างต้น พบว่าสะเต็มศึกษาได้พัฒนาขึ้นมาจากการพยายามแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ โดยเชื่อว่าสะเต็มศึกษาสามารถช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ และทักษะเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาและช่วยพัฒนาพลเมืองให้เป็นกำลังของประเทศให้สามารถแข่งขันกับประเทศอื่น ๆ ได้

1.3 การบูรณาการในสะเต็มศึกษา

การบูรณาการในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงและพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตควบคู่กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยในการบูรณาการของสะเต็มศึกษาเป็นการหลอมรวมแนวคิดหลัก (Concept) และทักษะ (skill) หรือแนวปฏิบัติ (Practice) โดยมีเป้าหมายเดียวกันเพื่อให้ได้มาซึ่งสิ่งใหม่และสมบูรณ์มากขึ้น (กรมวิชาการ. 2544: 1-11; สสวท. 2557:2-4; สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ. 2548: 10-11; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2556: 133-136; Vasquez; Sneider; & Michael. 2013: 58-75) ทั้งนี้ลักษณะของรูปแบบการบูรณาการมีการแบ่งหลากหลายรูปแบบ แต่โดยรวมแล้วการแบ่งรูปแบบนั้นขึ้นอยู่กับว่าจะยึดอะไรเป็นแกนหลัก เช่น การยึดหลักสูตรเป็นแกนหลัก การยึดตามการจัดการเรียนรู้ เป็นต้น (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2556: 133-134; Bybee. 2013: 73-79) ในที่นี้ขอเสนอการแบ่งการบูรณาการที่ยึดตามการจัดการเรียนรู้เป็นแกนหลัก โดย วาเนส; สไนเดอร์; และ มิเชล (Vasquez; Sneider; & Michael. 2013: 58-75) ได้สรุปลักษณะระดับการบูรณาการของสะเต็มศึกษาไว้ 4 ระดับ โดยเรียงลำดับการบูรณาการจากน้อยไปมาก ดังนี้

การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) เป็นการเชื่อมโยงแนวคิดหลักและทักษะภายในวิชา โดยผู้สอนในวิชานั้นเป็นผู้จัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และผู้เรียนจะได้เรียนแนวคิดหลักและทักษะที่ผู้สอนเชื่อมโยงให้ ซึ่งการบูรณาการแบบนี้เป็นการบูรณาการในระดับที่น้อยมาก

การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) เป็นการเชื่อมโยงแนวคิดหลักและทักษะ ของแต่ละวิชาเข้ากับหัวข้อหลัก (Theme) โดยผู้สอนแต่ละวิชาสอนแยกกัน แต่แนวคิดหลักและทักษะในวิชาที่ผู้สอนรับผิดชอบมีการเชื่อมโยงเข้ากับหัวข้อหลัก ส่วนผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดหลักและทักษะตามแต่ละวิชา ซึ่งเกี่ยวข้องกับหัวข้อหลัก โดยในการบูรณาการแบบนี้ผู้เรียนมีโอกาสดูเชื่อมโยงความรู้และทักษะในแต่ละวิชากับหัวข้อหลัก แต่ไม่ได้เรียนรู้ความสัมพันธ์กันของแต่ละวิชา

การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) เป็นการเชื่อมโยงแนวคิดหลัก และทักษะของสองวิชาหรือมากกว่าเข้าด้วยกัน โดยผู้สอนแต่ละวิชามีการนำแนวคิดหลักและทักษะของแต่ละวิชามาวางแผนร่วมกัน เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ส่วนผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดหลักและทักษะของวิชาที่ถูกหลอมรวมเชื่อมโยงกัน ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและทักษะที่สัมพันธ์กันในระหว่างวิชา

การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) เป็นการบูรณาการที่ใช้คำถาม หรือปัญหาในบริบทโลกความจริงเพื่อให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจาก 2 วิชาหรือมากกว่า โดยในการจัดการเรียนรู้ผู้สอนอาจจัดการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของผู้เรียน หรืออาจใช้การกำหนดกรอบหัวข้อหลักของปัญหากว้าง ๆ และใช้คำถามสำคัญ (essential question) เพื่อให้ผู้เรียนได้ระบุปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งในการบูรณาการแบบนี้จะทำให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้แนวคิดหลักและทักษะของวิชาที่นำมาบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาในบริบทโลกความเป็นจริง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้ความรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และเจตคติจากการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง (Vasquez; Sneider; & Michael. 2013: 69-74)

จากการบูรณาการในสะเต็มศึกษาทั้ง 4 ระดับข้างต้นนั้น การบูรณาการที่ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์องค์ความรู้ที่ลึกซึ้ง และผู้เรียนได้รับประสบการณ์การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพัฒนาตนเองในหลาย ๆ ด้าน คือ การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา ซึ่งในการบูรณาการในรูปแบบนี้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ 2542 ในมาตรา 24 ที่ว่าการจัดกระบวนการเรียนรู้ควรจัดให้สอดคล้องกับความสนใจ ความถนัดและความแตกต่างของผู้เรียน ผูกทักษะการคิด การประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหา การผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างสมดุล และจัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง (กระทรวงศึกษาธิการ. 2542: 8) ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้มีความหมายมากขึ้น (สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. 2546:14) ในการวิจัยนี้จึงจะใช้รูปแบบการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา เนื่องจากการบูรณาการที่สอดคล้องกับปัญหาในชีวิตจริง ทำให้ได้มีการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาที่ตนเองสนใจหรือเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากคำถามของผู้เรียนในเรื่องที่ผู้สอนได้จัดให้ ซึ่งการบูรณาการแบบนี้สอดคล้องกับชีวิตจริงมากที่สุด

1.4 การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษานั้น จำเป็นต้องยึดหลักการของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า มี สสวท. (2559) วาสควิส สไนเดอร์และมิเชล (Vasquez; Sneider; & Comer. 2013: 19) นิเวชาท์เวลล์ (2017: Online) เคเนดี้ และโอดล (Kennedy; & Odell. 2014: Online) และแซนเดอร์ส (Sanders. 2012: 108-109) ได้ให้หลักการที่เหมือนกัน คือ 1) มุ่งเน้นการบูรณาการ 2) สร้างความเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริง 3) เน้นการพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการทำงานกลุ่ม การคิดแก้ปัญหา การสื่อสาร 4) สร้างปัญหา กิจกรรมที่ท้าทาย เพื่อสร้างแรงจูงใจ ในส่วนหลักการที่

แตกต่างกัน สสวท. (2559) นิวเซาท์เวลล์ (2017: Online) และแซนเดอร์ส (Sanders. 2012: 108-109) ให้มีการประเมินการเรียนรู้และการให้ผลย้อนกลับให้กับตนเอง เพื่อนและครู ในทางบวกหรือส่งเสริมการเรียนรู้ และนิวเซาท์เวลล์ (2017: Online) มีหลักการที่มากกว่าหน่วยงานและนักการศึกษาคนอื่น ๆ คือ ให้มีการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ จากหลักการที่แสดงในข้างต้น สามารถสรุปหลักการได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 สรุปหลักการสะเต็มศึกษาของหน่วยงานและนักการศึกษาต่าง ๆ

หลักการสะเต็ม	หน่วยงานและนักการศึกษา				
	สสวท.(2559)	แซนเดอร์ส (2012)	วาสควิส สไนเดอร์และ มิเชล (2013)	เคนดี้และ โอ เดล (2014)	นิวเซาท์เวลล์ (2017)
เน้นการบูรณาการ	√	√	√	√	√
เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่					√
เชื่อมโยงความรู้กับโลกความจริง	√	√	√	√	√
เน้นพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21	√	√	√	√	√
ปัญหาที่ท้าทาย	√	√	√	√	√
การประเมินและสะท้อนการเรียนรู้	√	√			√

จากหลักการของสะเต็มที่หน่วยงานและนักการศึกษาได้ให้ไว้ในข้างต้น จะพบว่าหลักการของสสวท. ครอบคลุมหลักการสำคัญที่แต่ละหน่วยงานและนักการศึกษาได้ให้ไว้ ซึ่งสรุปได้ 5 หลักการดังนี้ 1) เน้นการบูรณาการความรู้และแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม

คณิตศาสตร์ 2) สร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทั้ง 4 กับปัญหาในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ 3) เน้นพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 4) สร้างการทำทลายความรู้ความสามารถของนักเรียน 5) เปิดโอกาสการแสดงความคิดเห็นและความเข้าใจในเนื้อหาทั้ง 4 วิชา (สสวท. 2560)

โดยหลักการจัดการเรียนรู้ในข้างต้นสามารถนำมาใช้จัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาได้หลายรูปแบบ เช่น การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บริบทจริง ในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาภายใต้ข้อจำกัด เงื่อนไขและช่วยพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 เช่น การสื่อสาร การทำงานเป็นทีม การแก้ปัญหา (สสวท. 2559: 11; Council. 2009: 82-84; Morgan; & Moon. 2013: 30-37; Quang; & et.al. 2015; Yager; & Brunkhorst. 2014: 126-141)

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาโดยใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนหาวิธีการแก้ปัญหาและสามารถบูรณาการความรู้ และทักษะวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ไปแก้ปัญหาในโลกความจริง ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและได้พัฒนาทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิต (Lou; Shih; Shih; Diez; & Tseng. 2011: 195-200; Yager; & Brunkhorst. 2014: 48)

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บริบทจริง ในการกระตุ้นให้ผู้เรียนสงสัยอันนำไปสู่การสำรวจค้นหาเพื่อให้ได้คำตอบของสิ่งที่สงสัย ซึ่งผลลัพธ์ส่วนใหญ่จะเป็นสิ่งประดิษฐ์ (Han; Capraro; & Capraro. 2015; Han; Capraro; & Capraro. 2016; Laboy-Rush. 2011; Tseng; Chang; Lou; & Chen. 2013: 92-101; Vasquez; Sneider; & Michael. 2013: 112-118)

นอกจากการจัดการเรียนรู้สะเต็มในรูปแบบข้างต้นแล้วยังมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในลักษณะอื่น ๆ อีก เช่น การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่นำแนวปฏิบัติวิทยาศาสตร์มาร่วมใช้กับแนวปฏิบัติทางวิศวกรรม (Burke. 2014; Diaz; & King. 2007; Guzey, et.al. 2016; National Research Council. 2013: 1-16) การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่นำแนวปฏิบัติวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และวิศวกรรมมาใช้ร่วมกัน (รักษพล ธนานุวงศ์. 2556: 15-20) การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่เน้นเทคโนโลยี (Wu; & Anderson. 2015) เป็นต้น

จากรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในข้างต้น ในงานวิจัยนี้จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม แม้ว่ารูปแบบโครงงานเป็นฐาน มีนักวิชาการหลายท่าน กล่าวว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด (Barell. 2010; Baron. 2011; Coal; & Moses. 2010; วิจารย์ พานิช. 2555: 79) แต่ มอแกน มูน และบาร์โรโซ

(Morgan; Moon; & Barroso. 2013) ได้แสดงให้เห็นว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมดีกว่าโครงการ เนื่องจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีข้อจำกัดและเงื่อนไขในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งที่ท้าทายผู้เรียน ช่วยส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา (Morgan; Moon; & Barroso. 2013: 29) ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจต่อสาขาและอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม (Shahali; & et.al. 2017) ช่วยก่อให้เกิดผลผลิตและสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ (Lee; & Paredis. 2014) ประกอบกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นการจัดเรียนรู้ตามนโยบายของชาติ (สำนักนายกรัฐมนตรี. 2560) และสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ฉบับที่ 12 ที่มุ่งพัฒนาคนและยกระดับคุณภาพการศึกษาในสาขาวิชาเฉพาะ ได้แก่ วิศวกรรม แพทย์ วิทยาศาสตร์ เป็นต้น การใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การทำงานของวิศวกรรมด้วย ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาคนไปในสาขาวิชาเฉพาะมากขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2560)

ทั้งนี้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีนักการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ได้กำหนดขั้นตอนไว้แตกต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้

สภาวิจัยแห่งชาติ (National Research Council. 2013: 1-7) ลีและคณะ (Li; & et.al. 2015) และกรมสามัญศึกษาและชุมชนของรัฐนิวเซาท์เวลส์ (NSW Department of education and communities. 2016: online) ได้มีการกำหนดขั้นตอนกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) กำหนดปัญหา เป็นขั้นตอนที่ให้สำรวจและระบุปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนค้นหาปัญหา 2) สร้างและพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนที่ให้สร้างแนวทางวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ และใช้เหตุผลในการเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ตามข้อจำกัดและเงื่อนไขที่มี 3) การลงมือปฏิบัติและทดสอบเป็นขั้นตอนที่ให้มีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา รวมทั้งวางแผนและประเมินผลการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ จากนั้นทำการทดสอบเพื่อปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหา เพื่อให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพมากที่สุด ส่วนพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ (Museum of Science. 2017: online) มอร์แกนและมูน (Morgan;& Moon. 2013: 30-37) นาซ่า (วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา. 2559: 61-62) และสสวท. (2559) ได้มีขั้นตอนคล้ายกับข้างต้น แต่มีส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาจากขั้นตอนที่ได้กล่าวในข้างต้น โดยมีการแบ่งขั้นตอนบางขั้นตอนให้มีรายละเอียดลงลึกเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติที่ชัดเจนและใกล้เคียงกับการทำงานของวิศวกรรมมากขึ้น

พิพิธภัณฑิทยาศาสตร์มีการแบ่งขั้นตอนการสร้างและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และขั้นตอนการวางแผนและดำเนินการที่มีขั้นตอนมากขึ้น โดยแบ่งขั้นตอนการสร้างและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาออกเป็น 2 ขั้น ดังนี้ 1) การสร้างแนวคิดเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา เพื่อหาวิธีการและเลือกวิธีการที่ดีที่สุด 2) วางแผนและออกแบบ การแก้ปัญหาที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติได้จริง รวมทั้งให้ระบุนายการวัสดุที่ต้องใช้ และในส่วนของขั้นตอนการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การวางแผนในการสร้างต้นแบบและการออกแบบ 2) การพัฒนาและปรับปรุงเป็นขั้นตอนพิจารณาจุดเด่นและข้อควรปรับปรุง เพื่อให้ได้แนวทางในการพัฒนาผลผลิตให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

มอร์แกนและมูน (Morgan;& Moon. 2013: 30-37) แบ่งขั้นตอนการสร้างและออกแบบการแก้ปัญหาเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) วิจัยและประสานมุมมองความต้องการ 2) พัฒนาการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้แนวทางการแก้ปัญหา 3) วิเคราะห์และพัฒนากการแก้ปัญหา

นาซ่า (วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา. 2559: 61-62) แบ่งขั้นระบุปัญหาออกเป็น 2 ขั้น ก็คือ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นระบุเกณฑ์และข้อจำกัด ส่วนในขั้นของการสร้างและออกแบบการแก้ปัญหา นาซ่าแบ่งออกเป็น 4 ขั้น คือ 1) หาแนวทางการแก้ปัญหา 2) พัฒนาการแก้ปัญหาให้สมบูรณ์ 3) พิจารณาความเป็นไปได้ 4) ขั้นตอนออกแบบการแก้ปัญหา

นอกจากนี้ สสวท. (2559) นาซ่า (วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา. 2559) มอร์แกน และมูน (Morgan;& Moon. 2013: 30-37) มีการเพิ่มเติมขั้นตอนการนำเสนอ การสื่อสารซึ่งหน่วยงานและนักการศึกษาคนอื่น ๆ ไม่ได้ระบุไว้

จากการสังเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของนักการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ในข้างต้น สามารถสรุปขั้นตอนของนักการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ดังตาราง 2

ตาราง 2 สรุปขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมของแต่ละหน่วยงานและบุคคล

ขั้นตอน	หน่วยงานและนักการศึกษา						
	สภาวิจัย แห่งชาติ (2013)	ลีและ คณะ (2015)	กรม สามัญ ศึกษา รัฐนิว เซาท์ เวลส์ (2016)	พิพิธภัณฑ วิทยาาสตร์ (2017)	สสวท. (2559)	นาซ่า (2559)	มอร์แกน และมูน (2013)
ระบุปัญหา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
รวบรวม แนวคิด				✓	✓	✓	✓
สร้างและ ออกแบบ วิธีการ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
วางแผนและ ดำเนินการ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ทดสอบและ ประเมิน ปรับปรุงแก้ไข				✓	✓	✓	✓
ทดสอบและ ประเมิน ปรับปรุงแก้ไข				✓	✓	✓	✓
นำเสนอ					✓	✓	✓

จากตารางที่ 2 จะพบว่าองค์ประกอบสำคัญของสสวท. ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด 4) วางแผนและปฏิบัติแก้ปัญหา 5) การทดสอบ ประเมินผลและปรับแก้ไขให้ได้ผลลัพธ์มีประสิทธิภาพมากที่สุด 6) การนำเสนอวิธีการ ผลของการแก้ปัญหา ครอบคลุมองค์ประกอบของแต่ละหน่วยงานและบุคคลที่มีตรงกัน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา ข้อจำกัดและเงื่อนไข 2) สร้างและออกแบบการแก้ปัญหา 3) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เมื่อพิจารณาข้อมูลข้างต้นจะพบว่ากระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ สสวท. ครอบคลุมองค์ประกอบที่สำคัญของกระบวนการทางวิศวกรรมของแต่ละหน่วยงานและบุคคลที่มีตรงกัน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา พบว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้และแนวปฏิบัติวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ไปใช้แก้ปัญหาในโลกความเป็นจริงและการประกอบอาชีพ โดยมุ่งเน้นพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตควบคู่กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และสะเต็มศึกษามีการบูรณาการหลายระดับ แต่ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชาที่ใช้คำถามหรือปัญหาในบริบทโลกความจริงเพื่อให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจาก 2 วิชาหรือมากกว่า โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งจากการสังเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของแต่ละหน่วยงานและนักการศึกษาได้องค์ประกอบสำคัญดังนี้ 1) ระบุปัญหา ข้อจำกัดและเงื่อนไข 2) สร้างและออกแบบการแก้ปัญหา 3) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และเมื่อนำมาพิจารณาเทียบกับของ สสวท. ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ 1) ระบุปัญหา ซึ่งเป็นการทำความเข้าใจปัญหาเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา 2) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เป็นการรวบรวมแนวคิดและข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อประเมินข้อดี ข้อจำกัดและความเป็นไปได้เพื่อเลือกแนวทางที่ดีที่สุด 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการหาวิธีการแก้ปัญหาและออกแบบการแก้ปัญหตามวิธีการที่ดีที่สุด 4) วางแผนและปฏิบัติแก้ปัญหา เป็นการวางแผนและพัฒนาการแก้ปัญหตามแผนที่กำหนดโดยการกำหนดระยะเวลา การทำงานที่ชัดเจนในการแก้ปัญหา 5) การทดสอบ ประเมินผลและปรับแก้ไข เป็นการทดสอบและประเมินการแก้ปัญหาและนำผลที่ได้มาปรับปรุงเพื่อพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด 6) การนำเสนอวิธีการ ผลของการแก้ปัญหา เป็นการนำเสนอการปฏิบัติงานและสื่อสารวิธีการได้มาซึ่งผลลัพธ์ พบว่ากระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ สสวท. ครอบคลุมองค์ประกอบที่สำคัญของกระบวนการทางวิศวกรรม

ดังนั้น ในงานวิจัยพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ในงานวิจัยนี้จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ สสวท. เพราะมีองค์ประกอบครอบคลุมองค์ประกอบที่สำคัญและเป็นแนวปฏิบัติของประเทศไทยด้วย

2. กรอบแนวคิดเติบโต

2.1 ความเป็นมาและความหมายกรอบแนวคิดเติบโต

กรอบแนวคิด (Mindset) หรือนักการศึกษาบางท่านใช้คำว่า ชุดความคิดเป็นมุมมองความคิดหรือความเชื่อที่ส่งผลต่อพฤติกรรม ทักษะ บุคลิกภาพ (Dweck. 2006; มุลินิยวสุธิตคุณ. 2559: 4; ชัชวาล ศิลปกิจ; อรรพรรณ ศิลปะกิจ และ รสสุคนธ์ ชมชื่น. 2558: 168) หรือในอีกความหมายหนึ่ง กรอบแนวคิด คือ ความเชื่อ ทักษะจากประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลทำให้คนคนนั้นมีมุมมองต่อสิ่งต่าง ๆ ต่างกัน (มิลินทรา กวินกมลโรจน์. 2557) และกรอบแนวคิดเกี่ยวกับความฉลาดมี 2 แนวคิด ซึ่งในอดีตมีกรอบแนวคิดเกี่ยวกับความฉลาดแตกต่างกัน โดยอาจมองว่าความฉลาดเป็นสิ่งที่ติดตัวมาตั้งแต่กำเนิดไม่สามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขได้หรือกล่าวว่ามีมาจากพันธุกรรม อีกส่วนหนึ่งมองว่าความฉลาดสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการฝึกฝน การเรียนรู้หรือการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการพัฒนาเชาว์ปัญญา (Dweck. 2006: 3-4; Mercer. 2012: 23-24) ปัจจุบันผู้เชี่ยวชาญค้นพบว่าความฉลาดไม่ได้มาจากแนวคิดใดแนวคิดหนึ่งในข้างต้น แต่มาจากทั้งสองแนวคิด ก็คือ พันธุกรรมและสภาพแวดล้อม (Dweck. 2006: 4-5; Mercer. 2012: 23-27 สุรางค์ โค้วตระกูล. 2556: 47-129 ; ศักนงศ์ มณีศรี. 2556: 189-202) โดยนักวิทยาศาสตร์ได้พิสูจน์ให้เห็นการเปลี่ยนแปลงความฉลาดโดยการแสดงภาพสมอง เมื่อสมองได้รับรู้สิ่งต่าง ๆ สมองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ โดยการยื่นเซลล์ประสาทไปเชื่อมต่อกับเซลล์ประสาทอื่น โดยใช้สารเคมีในการส่งกระแสประสาทเคลื่อนที่ข้ามช่องไซแนปส์ของเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังเซลล์ประสาทหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งทำให้เกิดความทรงจำใหม่ขึ้นมา และเซลล์ประสาทใดที่ไม่ได้ใช้งานนาน ๆ จะหายไป (ศักนงศ์ มณีศรี. 2556: 9-14) ในการทดลองจะใช้หมวกที่มีตัวรับสัญญาณมากมาย โดยสัญญาณที่หมวกได้รับนั้นจะถูกแปลผลเป็นภาพในลักษณะของแผนที่สมอง (คาร์ล ซิมเมอร์. 2557: 28-31)

จากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการพัฒนาความฉลาดในข้างต้น ในด้านของนักจิตวิทยามีการค้นพบทฤษฎีโดยนัยของความฉลาด (Implicit theories of Intelligence) ซึ่งผู้ค้นพบคือศาสตราจารย์ คาร์อล เอส ดเวก (Carol S. Dweck) แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านบุคลิกภาพ (Personality) จิตวิทยาสังคม (Social Psychology) และจิตวิทยาพัฒนาการ (Developmental Psychology) ซึ่งจุดเริ่มต้นของแนวคิดของทฤษฎีโดยนัยของความ

ฉลาดเกิดมาจากความสงสัยในการรับมือกับความล้มเหลวของคนทั่วไปเป็นอย่างไร จึงทำให้เริ่มศึกษาวิจัยโดยการสังเกตพฤติกรรมเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนคิดและรู้สึกในการแก้ปัญหาและการจัดการกับอุปสรรคที่เกิดขึ้นโดยให้ผู้เรียนแต่ละคนเข้ามาแก้ปัญหาลาย ๆ ชุติ เริ่มจากปัญหาง่ายไปสู่ปัญหาที่ยาก และเมื่อผู้เรียนประสบกับการแก้ปัญหายาก ผู้เรียนจะมีพฤติกรรม เช่น การถูฝ่ามือแล้วกล่าวออกมาด้วยเสียงดัง ๆ ว่า “ฉันรักการทำนาย” หรือบางคนก็พูดว่า “ฉันรู้ว่าสิ่งนี้จะทำให้ฉันได้ความรู้มากขึ้น” จากความสงสัยในข้างต้นเป็นจุดเริ่มต้นค้นหาคำตอบและนำไปสู่การค้นพบทฤษฎีนี้ (Dweck. 2006: 3-4) จึงเป็นที่มา ของการเกิดทฤษฎีโดยนัยเกี่ยวกับความฉลาดที่แบ่งออกเป็น 2 ฝ่าย คือ ทฤษฎีความเชื่อความฉลาดเปลี่ยนแปลงได้ (Incremental Theory) ด้วยความพยายามหรือโดยทั่วไปเรียกว่า กรอบแนวคิดเติบโต (Growth mindset) ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดที่เกี่ยวกับความเชื่อว่าคุณสมบัติสามารถเปลี่ยนแปลงพัฒนาได้ผ่านการเรียนรู้ ประสบการณ์หรือความพยายาม โดยผู้ที่มีกรอบแนวคิดเติบโตจะแสวงหาความท้าทาย ยืนหยัดกับอุปสรรค ความยากลำบาก เพื่อพัฒนาศักยภาพของตนในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ กับ ทฤษฎีความเชื่อความฉลาดเปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Entity Theory) หรือ กรอบแนวคิดจำกัด (Fixed mindset) ซึ่งเป็นความเชื่อที่คิดว่าคุณสมบัติต่างๆ เป็นสิ่งตายตัว เปลี่ยนแปลงไม่ได้ ดังนั้นถ้าคุณมีความฉลาดตอนเกิดเป็นอย่างไรก็จะเป็นอย่างนั้นไม่สามารถพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงได้ (Burnette; O'Boyle; Van Epps; Pollack; & Finkel. 2013: 4-7; Dweck. 2000:1-4; Dweck. 2006: 6-7; Ricci . 2013: 3) ลักษณะของคนที่มีกรอบแนวคิดแบบนี้จะมีเป้าหมายเพื่อพิสูจน์ยืนยันความฉลาดของตน หากเจอความท้าทายหรืออุปสรรคจะมองสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นการวัดคุณค่าและความสามารถของตนเอง บางครั้งจะหลีกเลี่ยงการทำงานที่ท้าทาย รวมทั้งมองความพยายามเป็นสิ่งที่ไม่มีประโยชน์ เนื่องจากมุมมองของคนที่มีกรอบแนวคิดนี้จะมองว่า คนฉลาดไม่ต้องใช้ความพยายาม อีกทั้งยังไม่สนใจคำวิจารณ์ที่มีประโยชน์อีกด้วย และหากเห็นความสำเร็จของผู้อื่นจะเกิดความกลัว ทำให้คนที่มีลักษณะกรอบแนวคิดแบบนี้จะนำตนเองไปสู่ความสำเร็จที่ต่ำกว่าศักยภาพที่ตนเองมีหรือหากพวกเขาประสบความสำเร็จจะเป็นแค่ช่วงระยะเวลาหนึ่ง และเมื่อคนกลุ่มนี้เจอความท้าทายจะเห็นผลลัพธ์ความแตกต่างชัดเจนเมื่อเทียบกับผู้ที่มีกรอบแนวคิดเติบโต (Dweck. 2006; Mueller; & Dweck. 1998; Blackwell; Trzesniewski; & Dweck. 2007) ดังนั้นผู้ที่มีกรอบแนวคิดเติบโต คือ ผู้ที่มีความเชื่อว่าคุณสมบัติสามารถพัฒนาได้จากความพยายาม และบุคคลที่มีกรอบแนวคิดเติบโตนี้การศึกษาหลายท่านได้กำหนดลักษณะสำคัญของผู้ที่มีกรอบแนวคิดเติบโตไว้ดังต่อไปนี้ 1) ชอบความท้าทาย เป็นบุคคลที่มองความท้าทายเป็นการพัฒนาตนเองและใช้ความพยายามในการเรียนรู้ 2) ยืนหยัดสู้กับอุปสรรคด้วยความพยายาม ไม่ท้อถอย และเมื่อเจออุปสรรคหรือความผิดพลาดจะเพิ่มความพยายามในการเรียนรู้มากขึ้น (Brock; Hundley. 2016:

12-14) 3) มองเห็นคุณค่าของความพยายามในการเรียนรู้ให้เป็นผู้เชี่ยวชาญ (ชนิตา รุ่งเรืองและคณะ. 2559: 4-5; Blackwell; Trzsniewski; & Dweck. 2007; Ricci. 2013: 132,139-143) 4) เรียนรู้จากคำวิจารณ์ของผู้อื่น โดยผู้ที่มีกรอบแนวคิดเติบโตจะเรียนรู้คำวิจารณ์หรือการตัดสินคุณค่าที่ทำให้ตนเองก้าวหน้าหรือพัฒนาขึ้น และละเลยคำวิจารณ์ที่ขัดขวางความก้าวหน้า (พวงชมพู โจนส์. 2559: 3-55) และ 5) เรียนรู้บทเรียนของตนเองและบุคคลอื่นที่ประสบความสำเร็จจากความพยายามมาเป็นแรงบันดาลใจเพื่อให้ตนเองพยายามเรียนรู้จนประสบความสำเร็จ (มูลนิธียุสธิรคุณ. 2559: 3-8; Dweck. 2006: 245) นอกจากลักษณะสำคัญข้างต้นแล้ว ยังมีลักษณะสำคัญที่เพิ่มเติมเข้ามา แต่ส่วนใหญ่ไม่ได้เห็นตรงกัน ก็คือ ความมั่นใจในความสามารถตนเอง ซึ่งผู้ที่มีกรอบแนวคิดเติบโตจะมีความมั่นใจในความสามารถตนเองเข้มแข็งกว่าพวกที่มีกรอบแนวคิดจำกัด ซึ่งกรอบแนวคิดจำกัดหากเจอความล้มเหลวความมั่นใจก็จะลดลง (มูลนิธียุสธิรคุณ. 2559: 9) ความสามารถการปรับตัวและการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ของพวกที่มีกรอบแนวคิดเติบโตจะดีกว่ากรอบแนวคิดจำกัด (ชนิตา รุ่งเรืองและคณะ. 2559: 1,7)

จากความหมายของกรอบแนวคิดเติบโตข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของกรอบแนวคิดเติบโต หมายถึง ความคิดหรือความเชื่อในความฉลาดหรือสติปัญญาที่เปลี่ยนแปลงพัฒนาได้จากการพยายามปฏิบัติเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ซึ่งผู้ที่มีกรอบแนวคิดเติบโตจะมีลักษณะสำคัญ 5 ประการ คือ 1) ชอบความท้าทาย 2) ยึดหยุ่นสู้กับอุปสรรค 3) มองเห็นคุณค่าของความพยายามในการเรียนรู้ให้เกิดความเชี่ยวชาญ 4) เรียนรู้จากคำวิจารณ์ 5) สร้างแรงบันดาลใจจากความสำเร็จของผู้อื่น

2.2 ความสำคัญของกรอบแนวคิดเติบโต

กรอบแนวคิดเติบโต (Growth Mindset) เป็นความเชื่อที่ว่าความฉลาดเปลี่ยนแปลงและพัฒนาได้จากความพยายามและการเรียนรู้ การที่บุคคลมีกรอบแนวคิดลักษณะนี้ ทำให้สามารถนำศักยภาพของตนเองออกมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยความเชื่อนี้ดูเรียบง่าย แต่สามารถให้ผลลัพธ์อย่างมหาศาล (Dweck. 2006) เช่น ช่วยให้ผู้เรียนใฝ่เรียนรู้ (สตรีเอวา จำปารัตน์. 2014) ลดความวิตกกังวลเมื่อประสบกับความท้าทาย (De Fonseca; & et.al. 2008) ลดความแตกต่างของเพศเชื้อชาติ ระดับเศรษฐกิจทางสังคม (Good; Aronson; & Inzlicht. 2003; Rattan; Savani; Chugh; & Dweck. 2015.) ส่งเสริมแรงจูงใจ (Blackwell. 2007; De Castella; & Byrne. 2015; Paunesku. 2013; Rattan; Savani; Chugh; & Dweck. 2015) ลดการคุกคามจากภาพความคิด (Stereotype threat) ที่ผู้อื่นมองตนเอง เช่น ผู้ชายเก่งคณิตศาสตร์มากกว่าผู้หญิง วิศวกรเป็นอาชีพของผู้ชาย (Aronson;

Fried; & Good. 2002) อีกทั้งเมื่อประสบกับอุปสรรค ความท้าทายจะไม่ล้มเลิก แต่จะมองเป็นการเรียนรู้ มุ่งมั่นและพยายามในการหากลยุทธ์เพื่อไปสู่เป้าหมาย (สุวิทย์ อัสสพันธุ์. 2014; Blackwell; Trzesniewski; & Dweck. 2007; De Castella; & Byrne. 2015; Paunesku. 2013) นอกจากจะพัฒนาสิ่งต่างๆในข้างต้นแล้ว กรอบแนวคิดเติบโตสามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นได้ด้วย (Blackwell. 2007; Brock; & Hundley. 2016: 2; De Castella; & Byrne. 2015; Dweck. 2000; McCutchen; Jones; Carbonneau; & Mueller. 2016; Good; Aronson; & Inzlicht. 2003; Paunesku. 2013; Rattan; Savani; Chugh; & Dweck. 2015) โดยในการวิจัยระยะยาวที่น่าสนใจจนทำให้ต้องตระหนักในความสำคัญของกรอบแนวคิดเติบโต คือ งานวิจัยของแบล็คเวลล์ และคณะ (Blackwell; Trzesniewski; & Dweck. 2007) ทำกับนักเรียนเกรด 7-8 พบว่าผู้เรียนที่มีกรอบแนวคิดเติบโตมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้นในทุก ๆ เทอมตลอดสองปี ส่วนกลุ่มนักเรียนที่มีกรอบแนวคิดจำกัดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลง (Blackwell. 2007; De Castella; & Byrne. 2015.) โดยบุคคลที่มีกรอบแนวคิดเติบโตจะมีเป้าหมายเพื่อเรียนรู้ พัฒนาตนเองให้มีความเชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ มากกว่าจะทำเพื่อพิสูจน์ความฉลาดของตนเอง และหากประสบกับอุปสรรค ความล้มเหลวหรือความท้าทายจะใช้ความพยายามในการทำสิ่งนั้นต่อไป ไม่ล้มเลิกง่ายๆ และมองสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นโอกาสในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเอง และหากได้รับคำวิจารณ์จะเรียนรู้คำวิจารณ์เหล่านั้นเพื่อปรับปรุงทำให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมองความสำเร็จของผู้อื่นเป็นแรงดลใจในการทำงานให้บรรลุความสำเร็จตามเป้าหมายของตน (Dweck. 2006; Mueller; & Dweck. 1998; Blackwell; Trzesniewski; & Dweck. 2007) จากข้างต้นจะเห็นได้ว่ากรอบแนวคิดเติบโตมีความสำคัญต่อการนำพาบุคคลนั้นให้ประสบความสำเร็จ เนื่องจากบุคคลที่มีกรอบแนวคิดเติบโตจะใช้ความพยายามอย่างหนักในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ เพื่อพัฒนาความสามารถของตนเองให้มีความสามารถเพิ่มมากขึ้น (Dweck. 2010; Lee; Heeter; Magerko; & Medler. 2012)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับความสำคัญของกรอบแนวคิดเติบโต ผู้วิจัยพบว่าบุคคลที่มีกรอบแนวคิดเติบโตจะมีพฤติกรรมที่จะนำตนเองไปสู่ความสำเร็จได้หลายอย่าง เช่น ช่วยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น มีความมุ่งมั่นเพื่อไปสู่เป้าหมายมากขึ้น ลดความแตกต่างทางด้านเชื้อชาติ ระดับเศรษฐกิจที่มีผลต่อการเรียน เป็นต้น ช่วยให้ผู้เรียนสามารถใช้ศักยภาพของตนเองได้เต็มศักยภาพที่มี นอกจากนี้การมีกรอบแนวคิดเติบโตยังทำให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่สามารถพัฒนาตนเองให้มีความรู้และความสามารถเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

2.3 การพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต

กรอบแนวคิดเป็นพื้นฐานที่เป็นจุดเริ่มต้นของชีวิตและวิถีคิด ซึ่งอาจขัดขวางการนำศักยภาพที่บุคคลมีออกมาใช้ได้อย่างเต็มที่ หรืออาจเปลี่ยนความล้มเหลวเป็นพรสวรรค์ได้เช่นกัน โดยกรอบแนวคิดเป็นความเชื่อที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมและแรงจูงใจของคนเป็นอย่างมาก หากบุคคลเชื่อว่าความฉลาดเปลี่ยนแปลงไม่ได้หรือเชื่อว่าความฉลาดมีมาแต่กำเนิด การพัฒนาศักยภาพของบุคคลอาจจะไม่ได้รับการพัฒนาเต็มศักยภาพของบุคคลนั้น (Dweck. 2006) ดังตัวอย่างในการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศจะเห็นได้ชัดเจน หากมีความพยายาม ฝึกฝน บุคคลนั้นจะสามารถพัฒนาภาษาต่างประเทศได้ แต่หากบุคคลนั้นกลัว อายุ ไม่กล้าที่จะเรียนรู้ ฝึกฝน บุคคลนั้นจะไม่สามารถพัฒนาภาษาต่างประเทศได้ (Mercer. 2012: 28) ดังนั้นกรอบแนวคิดเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้คนไปถึงเป้าหมายหรือไม่ก็ได้ เนื่องจากความเชื่อมีบทบาทต่อพฤติกรรมมนุษย์ การที่มนุษย์มีพฤติกรรมแสดงออกอย่างไร จะเป็นสิ่งที่สะท้อนความเชื่อของบุคคลนั้น โดยสาเหตุที่มาของความเชื่อเกิดมาจากประสบการณ์โดยตรง การได้รับข้อมูลหรืออาจจะเกิดมาจากการสร้างความเชื่อมโยงของเหตุการณ์ก็ได้ ดังนั้นในเปลี่ยนความเชื่อต้องแก้ที่สาเหตุของความเชื่อนั้น ๆ (ปฟาณี จิตวิวัฒนา. 2541: 29-37) ซึ่ง ดเวก (Dweck. 2006) ได้กล่าวถึง การเปลี่ยนแปลงความเชื่อ ว่า เมื่อคุณเปลี่ยนแปลงความเชื่อ ความเชื่อเดิมไม่ได้ถูกย้ายออกไปแต่จะเป็นการนำความเชื่อใหม่มาอยู่ข้าง ๆ กัน และเมื่อความเชื่อใหม่แข็งแกร่งขึ้น บุคคลจะให้ทางเลือกที่แตกต่างในการคิด รู้สึกและปฏิบัติ (Dweck. 2006: 214) ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของโพสเนอร์และเกอร์ตซอก (Posner; & Gertzog, 1982: 221-223) ที่ว่าในการเปลี่ยนแนวคิดหรือความเชื่อสามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนแนวความคิดที่มีอยู่ให้เป็นแนวคิดใหม่โดยการปรับโครงสร้างทางปัญญา 1) การทำให้เกิดความไม่พอใจในแนวคิดเดิม (Dissatisfaction) ซึ่งโดยทั่วไปนักวิทยาศาสตร์และผู้เรียนจะไม่เปลี่ยนแปลงแนวคิดของตนจนกว่าเขาจะเชื่อว่า ความเชื่อเดิมใช้ไม่ได้และก่อนการเปลี่ยนแปลงความคิด บุคคลนั้นจะต้องรับรู้ว่าความคิดเดิมที่มีอยู่นั้นไม่สามารถแก้ปัญหาได้ จนไม่รู้สึกละเลยในความคิดเดิมที่มีอยู่ 2) แนวคิดใหม่ต้องเข้าใจได้ง่าย (Intelligible) เนื่องจากแต่ละคนมีความสามารถในการหาสิ่งที่เข้ากันได้กับความคิดที่มีอยู่ ดังนั้นเมื่อมีความคิดใหม่เกิดขึ้น ความคิดใหม่นี้ต้องเพียงพอในการสำรวจสิ่งที่มีความอยู่ได้ 3) แนวคิดใหม่ต้องสามารถทำให้มองเห็นความสามารถในการแก้ปัญหา มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Initially plausible) และสอดคล้องกับความรู้อื่น ๆ 4) แนวคิดใหม่ต้องมีประโยชน์นำไปใช้กับสิ่งอื่นได้ (Fruitful) หากสามารถไปใช้กับสิ่งอื่นได้จนแน่ใจ บุคคลนั้นจะเปลี่ยนแนวคิด ดังนั้นในการเปลี่ยนกรอบแนวคิดจำกัด ซึ่งเชื่อว่าความฉลาดเปลี่ยนแปลงไม่ได้ให้เป็นกรอบแนวคิดเติบโตซึ่งเชื่อว่าความฉลาดเปลี่ยนแปลงได้เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากความเชื่อเป็นการกำหนด

พฤติกรรม หากบุคคลมีกรอบแนวคิดเติบโตจะช่วยให้เขาเกิดการเปลี่ยนแปลงและสร้างการเปลี่ยนแปลงที่ยิ่งใหญ่ต่อชีวิตและการพัฒนาศักยภาพของตนให้เพิ่มมากขึ้น (พวงชมพู โจนส์. 2559) และจากการทบทวนวรรณกรรมและสังเคราะห์หลักการของการพัฒนารอบแนวคิดเติบโตมี 2 หลักการ ได้แก่ 1) สร้างความเข้าใจสมองเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ และ 2) สร้างมุมมองความฉลาดหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ ซึ่งภายใต้หลักการทั้งสองข้างต้น มีวิธีในการพัฒนาและส่งเสริมกรอบความคิดเติบโตหลากหลายวิธี ดังนี้

หลักการที่ 1 : สร้างความเข้าใจสมองเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่

วิธีการที่ 1 วิธีการการเรียนรู้การทำงานสมองมีการเติบโตเมื่อมีการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจสาเหตุของกรอบความคิดเติบโต ซึ่งเป็นการสร้างความรู้ความเข้าใจโดยการแสดงการทำงานของสมองเป็นอย่างไร และสมองมีการเติบโตและแข็งแกร่งขึ้นได้เมื่อปฏิบัติเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ เนื่องจากการปฏิบัติเรียนรู้สิ่งใหม่จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงของนิวรอนในสมองให้เพิ่มและแข็งแกร่งขึ้น และนำผลการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์มาแสดงเพื่ออุปมาอุปไมยให้เห็นว่า “สมองเป็นเหมือนกล้ามเนื้อ มันเปลี่ยนแปลงและแข็งแกร่งขึ้นเมื่อคุณใช้มัน” ดังจะเห็นได้จากเมื่อได้มีการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ในครั้งแรก สิ่งนั้นจะเป็นเรื่องยากต่อการเข้าใจและเรียนรู้ แต่หากได้เรียนรู้ในครั้งต่อไปจะพบว่าสิ่งที่เคยคิดว่ายากหรือเป็นไปไม่ได้ จะง่ายต่อการเรียนรู้มากขึ้น เช่น การทำปัญหาพีชคณิต การปั่นจักรยาน เป็นต้น (Dweck. 2006; Ricci. 2013: 108-122; ชนิตา รุ่งเรืองและคณะ. 2559: 9) ซึ่งในวิธีการส่งเสริมกรอบแนวคิดด้วยวิธีนี้มีการนำไปทดลองกับนักเรียนเกรด 7-8 จำนวน 8 ครั้ง ครั้งละ 25 นาที ผลการทดลองพบว่ากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้น ส่วนกลุ่มควบคุมที่มีการให้การอบรมคล้ายกัน แต่ต่างตรงที่ไม่มีการอบรมกรอบแนวคิดเติบโตมีผลสัมฤทธิ์ลดลง (Blackwell; Trzesniewski; & Dweck. 2007) นอกจากนี้ยังมีการนำวิธีนี้ไปใช้ในระดับมหาวิทยาลัยได้ให้ผลเช่นเดียวกัน (Paunesku. 2013) นอกจากนี้ยังมีการสอนเพื่อสร้างความเข้าใจว่าสมองเติบโตได้อย่างไรในรูปแบบอื่น ๆ อีก เช่น การใช้หลักสูตรคอมพิวเตอร์ Brainology ที่เป็นโปรแกรมมีการโต้ตอบและให้แสดงความคิดผ่านกิจกรรม ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การทำให้สมองให้เติบโต ผ่านตัวละครที่มีปัญหาทางคณิตศาสตร์และการเรียนรู้ภาษา ซึ่งพบว่าการใช้โปรแกรม Brainology สามารถช่วยพัฒนารอบแนวคิดของผู้เรียนและยกผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนได้ (MindsetWorks. 2012) และมีการวิจัยศึกษาผลการใช้โปรแกรม Brainology ที่มีการติดตามผลในระยะสั้นและระยะยาวกับนักเรียนอายุ 13-14 ปี จำนวน 33 คน พบว่า สามารถพัฒนารอบแนวคิดเติบโตได้ดีในระยะสั้น แต่ในระยะยาวไม่ส่งผลการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุม (Donohoe; Topping; &

Hannah. 2012) และในการทดลองทำกับนักศึกษาปริญญาตรี ได้แสดงวิทัศน์การเชื่อมโยงของเซลล์ประสาทเมื่อเกิดการเรียนรู้ร่วมกับการทำกิจกรรมการเขียนจดหมายถึงเพื่อนทางจดหมาย เพื่อส่งข้อความแสดงกรอบแนวคิดเติบโตเพื่อแสดงถึงความพยายามสามารถทำให้ประสบความสำเร็จได้ พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุม (Aronson; Fried; & Good. 2002)

หลักการที่ 2 : สร้างมุมมองความฉลาดหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ มีวิธีการดังนี้

วิธีที่ 1 วิธีการสื่อสารข้อความส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโต การสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโต โดยใช้วิธีการสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโตบนโจทย์ปัญหาหรือใช้คำพูด ซึ่งข้อความกรอบแนวคิดเติบโตของทั้งสองจะมีลักษณะส่งเสริมให้พยายามเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถหรือความฉลาดในสิ่ง ๆ นั้น ให้พัฒนามากยิ่งขึ้น เช่น “ถ้าคุณได้ฝึกฝน/ได้ฝึกปฏิบัติ...(สิ่งที่ต้องการพัฒนา/เรียนรู้)... มากขึ้น จะช่วยให้สมองของคุณมีการเชื่อมโยงกันแข็งแกร่งมากขึ้น คุณจะเป็นคนฉลาดหรือมีความสามารถใน...(สิ่งที่ต้องการพัฒนา/เรียนรู้).... ได้ดีขึ้น (Paunesku. 2013; Revell. 2017) โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมา การสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโตให้ผลได้ดีในการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ แต่ในบริบทของการแข่งขันอาจให้ผลได้มีประสิทธิภาพน้อยกว่าดังจะเห็นได้จากงานวิจัยต่อไปนี้ เรเวลล์ (Revell. 2017) ทำวิจัยโดยใช้หุ่นยนต์พูดข้อความกรอบแนวคิดเติบโตกับเด็กในการเล่นเกมนปริศนา (Puzzle game) ขณะเล่นเกม เมื่อเด็กเล่นเกมขณะจะมีการข้อความกรอบแนวคิดเติบโต เช่น คุณทำงานหนักคุณถึงประสบความสำเร็จ มันยากแต่ฉันจะพยายามมากขึ้น เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาพบว่าข้อความเหล่านี้สามารถส่งผลต่อพฤติกรรมความพยายามของเด็กได้ การศึกษาของเพเนสคู (Paunesku. 2013; 91-103) ได้ใช้การสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโตผ่านโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของเว็บไซต์คานอคาเดมี่ (Khan academy) ผลการวิจัยพบว่า เด็กแก้ปัญหาได้ถูกต้องมากขึ้นและใช้เวลาในการทำโจทย์ได้นานมากขึ้น การศึกษาของ โอเรอกี; พีช; ดเวก; และโพโพวิกส์ (O'Rourke; Peach; Dweck; & Popovic. 2016) ได้ศึกษาผลการใช้เกมโดยการให้ข้อความกรอบแนวคิดเติบโตเปรียบเทียบกับทำให้คะแนนสมอง (Brain point) ผลการศึกษาพบว่าทำให้คะแนนสมองมีผลลัพธ์ที่ดีกว่าการสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโต และการให้คะแนนยังมีผลต่อความพยายามที่มากขึ้นด้วย ดังนั้นในการใช้การสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโตจะช่วยให้มีประสิทธิภาพ ไม่ควรใช้ในบริบทของการแข่งขัน แต่อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตโดยใช้ข้อความ ภาพนิ่งที่เป็นการสร้างแรงบันดาลใจ พบว่า สามารถช่วยส่งเสริม

กรอบแนวคิดเติบโตได้น้อย แต่จะช่วยเพิ่มความคงทนในการเรียนรู้ได้ดี (Ostrow; Schultz; & Arroyol. 2014) ดังนั้นในการสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโต ควรสื่อสารข้อความที่สื่อถึงกรอบแนวคิดเติบโตโดยตรงจะดีที่สุด

นอกจากนี้การสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโตเพื่อปรับกรอบความคิดให้เกิดมุมมองใหม่ พบว่ามี 5 ลักษณะ ได้แก่ 1) ให้มองข้อดีของตนเอง โดยไม่เปรียบเทียบกับคนอื่น 2) ทุกอย่างไม่จำเป็นต้องสมบูรณ์แบบในครั้งแรก แต่ค่อยๆ พัฒนาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น 3) หาหลักฐานเสริมความคิดด้านลบ ให้เป็นด้านบวก เช่น ฉันไม่ได้โง่ แต่ฉันยังไม่ได้เรียนรู้สิ่งนั้น หรือฉันไม่ได้ทำไม่ได้ แต่ฉันยังไม่ได้ทำ 4) ให้คำจำกัดความความผิดพลาดเป็นสิ่งที่ทำให้ได้เรียนรู้ เพราะความผิดพลาด จะทำให้เราปรับปรุงจุดบกพร่องของตนเอง และปรับปรุงจุดบกพร่องให้พัฒนาดียิ่งขึ้น 5) ละเลยความคิดที่เป็นอุปสรรคของความก้าวหน้า หากความคิดใดหรือคำวิพากษ์วิจารณ์ใดที่มีผลต่อความคิดของเรา ทำให้เราไม่กล้าที่จะเรียนรู้หรือลงมือปฏิบัติ ให้ไม่สนใจในความคิดนั้น (พวงชมพู โจนส์. 2559: 3-5) แต่ถ้าคำวิพากษ์วิจารณ์นั้นช่วยส่งเสริมทำให้งานดีขึ้น ให้นำคำวิพากษ์วิจารณ์นั้นไปปฏิบัติเพื่อพัฒนาปรับปรุงงานทันที (Dweck. 2006: 224-226) โดยการสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโตในงานวิจัยนี้จะใช้การสื่อสารข้อความระหว่างการจัดการเรียนรู้

วิธีที่ 2 การให้ผลป้อนกลับที่เน้นกระบวนการและความพยายามในการทำงานให้ไปสู่เป้าหมายที่วางไว้ โดยมีกระบวนการดังนี้ 1) เริ่มจากการฟังกระบวนการการได้มาของผลลัพธ์จากนักเรียนก่อน 2) ให้เขาประเมินตนเองเพื่อสะท้อนการทำงานกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น 3) ผู้สอนจะให้ผลป้อนกลับโดยเน้นที่กระบวนการและความพยายามของการทำงานและการได้มาซึ่งผลลัพธ์นั้น ๆ เพื่อผู้เรียนได้เพิ่มความพยายามในการเรียนรู้และนำผลป้อนกลับมาใช้ในการพัฒนางานให้บรรลุเป้าหมายโดยการให้ผลป้อนกลับ อาจใช้คำชมหรือการให้ผลย้อนกลับ (feedback) ที่เน้นกระบวนการและความพยายามก็ได้ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้นำข้อมูลไปปรับปรุงพัฒนาตนเองและมีความพยายามในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเองในการทำงานให้ประสบความสำเร็จ โดยไม่เน้นคำชมที่ความฉลาด เนื่องจากจะทำให้ผู้เรียนบางส่วนไม่กล้าที่จะเรียนรู้สิ่งที่ยาก ๆ หรือสิ่งที่ผู้เรียนประเมินแล้วว่าอาจทำไม่สำเร็จ (Dweck. 2008; Ricci. 2013: 75-84; มูลนิธิยุวสถิรคุณ. ม.ป.ป) ซึ่งการให้ผลป้อนกลับเป็นวิธีการที่มีผลต่อผู้เรียนอย่างมาก ดังนั้นในการให้ผลป้อนกลับควรระมัดระวัง จากการศึกษาแนวทางการให้ผลป้อนกลับที่ดีสามารถสรุปได้ดังนี้

1) การให้ผลย้อนกลับตามความเป็นจริงของสิ่งที่เกิดขึ้น ประเด็นละเอียดชัดเจน แสดงให้เห็นความสำคัญของข้อมูลที่จะนำไปปรับปรุง เน้นที่กระบวนการและความ

พยายาม มุ่งพัฒนา ไม่เน้นการตัดสิน ซึ่งต้องคำนึงถึงประโยชน์ของผู้รับเพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดีขึ้น สร้างบรรยากาศเป็นมิตร แสดงถึงความตั้งใจและจริงใจ รวมทั้งสรุปประเด็นถึงสิ่งที่ควรปรับปรุงเปลี่ยนแปลงด้วย

2) ถูกกาลเทศะให้ผลย้อนกลับทันทีในช่วงแรก ไม่ปล่อยให้ยาวนานเกินไป แต่เมื่อเกิดการเรียนรู้แล้ว สามารถยืดเวลาได้ และในการให้ข้อมูลย้อนกลับควรพูดคุยเป็นการส่วนตัว

3) เฉพาะเจาะจงในการระบุสิ่งที่ต้องการให้ปรับแก้ไข ซึ่งการให้ผลย้อนกลับควรเป็นสิ่งที่ เป็นรูปธรรม สามารถนำไปปฏิบัติต่อได้ (มูลนิธียุสธิรคุณ. 2559; 36-37)

4) ผู้รับข้อมูลการให้ผลย้อนกลับควรมีการแสดงความคิดเห็นกลับสู่ผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อเป็นการทำความเข้าใจตรงกัน และควรมีการบันทึกทุกครั้ง

5) การสื่อสารกรอบแนวคิดเติบโตที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ควรใช้คู่กับการเสริมแรงทางบวก (มูลนิธียุสธิรคุณ. ม.ป.ป.; สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต. 2553: 202-203)

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตด้วยการให้ผลย้อนกลับหลากหลายวิธี เช่น การให้ข้อมูลย้อนกลับผ่านกระบวนการเรียนรู้ในห้องเรียนดนตรี พบว่านักเรียนมีความพยายามในการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาความสามารถของตนเองมากขึ้น (Davis. 2017) ใน การวิจัยการสื่อสารกรอบแนวคิดเติบโตในลักษณะของคำชม โดยในการทดลองนี้ให้ผู้เรียนแก้ปัญหาที่มีความยากเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ผลการศึกษาพบว่า การชมที่ความฉลาดหรือความสามารถทำลายแรงจูงใจและนำไปสู่ความล้มเหลวของนักเรียนมากกว่าการชมที่ความพยายามและกระบวนการ อีกทั้งการชมที่ความพยายามนักเรียนจะมีเป้าหมายเพื่อเรียนรู้ แต่ถ้าชมที่ความฉลาดหรือความสามารถเป้าหมายของนักเรียนจะทำเพื่อแสดงผลงานหรือแสดงความสามารถ (Mueller; & Dweck. 1998) จากงานวิจัยต่าง ๆ ในช่วงต้นที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารข้อความส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตนั้น ผู้วิจัยพบว่าในการส่งข้อความเพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตจำเป็นต้องเน้นที่ความพยายามและกระบวนการ ไม่เน้นที่ความสามารถหรือความฉลาดและควรเลือกการให้ข้อมูลย้อนกลับให้เหมาะสมกับบริบทของงานนั้น ๆ เช่น หากบริบทเกี่ยวกับเกมวิชาการ แต่ลักษณะของเกมมีจุดมุ่งหมายในการแข่งขัน การสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโตจะไม่ส่งผลต่อการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโตของผู้เรียน ดังนั้นการสื่อสารข้อความไม่เหมาะสมกับบริบทอาจทำให้ผลที่ได้ไม่เป็นไปตามความมุ่งหมายได้ ดังนั้นในการใช้การส่งข้อความควรพิจารณาถึงบริบท เวลา สถานที่ รวมทั้งการใช้ข้อความในการสื่อสารให้ผู้เรียนมีแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงการเรียนรู้ด้วย

วิธีที่ 3 การตั้งเป้าหมาย วางแผนและดำเนินการเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย เป็นวิธีการการสร้างความสำเร็จให้เกิดขึ้น โดยการตั้งเป้าหมาย การวางแผนการดำเนินงานที่ชัดเจนปฏิบัติได้จริง ปฏิบัติตามแผนอย่างเคร่งครัด หมั่นทบทวนและประเมินการปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อนำข้อมูลมาพัฒนาและปรับปรุงการปฏิบัติงานนั้นให้สำเร็จ (Dweck. 2006: 226-246) แต่ถึงอย่างไรก็ตามการเปลี่ยนมุมมองจะทำให้งานสำเร็จได้ต้องลงมือทำและใช้ความพยายาม ดังนั้นในการเปลี่ยนมุมมองความคิดด้วยวิธีการตั้งเป้าหมาย วางแผนและดำเนินการนั้น จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ประสบความสำเร็จไปเรื่อย ๆ จนเกิดการเปลี่ยนแปลงของกรอบแนวคิดขึ้น เมื่อกรอบแนวคิดเติบโตเข้มแข็งกว่ากรอบแนวคิดเดิม บุคคลนั้นจะมีกรอบแนวคิดเติบโต ซึ่งจะทำให้บุคคลนั้นสามารถพัฒนาตนไปสู่ความสำเร็จและพัฒนาตนเองได้เต็มศักยภาพที่มีได้

วิธีที่ 4 การระลึกประสบการณ์ที่ประสบความสำเร็จ เป็นวิธีการปรับกรอบแนวคิดเพื่อให้เกิดมุมมองใหม่ในชีวิต (Ricci. 2013: 139-144) โดยเริ่มจากการใช้ประสบการณ์ที่ผ่านความยากลำบากและต้องใช้ความพยายามในการเรียนรู้ในการจะประสบความสำเร็จ เพื่อนำไปสู่การอธิบายเพื่อให้ได้มุมมองที่ว่า ความฉลาดสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากความพยายามในการเรียนรู้สิ่งใหม่ โดยวิธีการอาจทำได้หลายวิธี เช่น ให้ระลึกประสบการณ์ของตนเองที่ประสบความสำเร็จจากความพยายาม การสัมภาษณ์บุคคล การอ่านบทความประวัติของบุคคลที่ประสบความสำเร็จจากความเพียรพยายาม เชิญบุคคลที่ประสบความสำเร็จจากความพยายามมาเล่าประสบการณ์ความสำเร็จที่เกิดขึ้นเกิดจากความมุ่งมั่น ความพยายามอย่างไร หรือ อาจใช้วิธีการให้ผู้เรียนเขียนจดหมายเพื่อให้กำลังใจกับผู้อื่น โดยเน้นเล่าประสบการณ์ความสำเร็จที่ผ่านความยากลำบาก ต้องใช้ความพยายามอย่างมากจึงจะประสบความสำเร็จของผู้เรียนก็ได้ (Aronson; Fried; & Good. 2002; Dweck. 2006: 10, 80-81)

จากวิธีการทั้งหมดในช่วงต้น สิ่งที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโต ก็คือ การสร้างบรรยากาศการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโต ทำได้หลายลักษณะ ดังนี้

การปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อต่อการปฏิบัติงานให้สำเร็จตามเป้าหมาย เช่น การจัดตารางเวลา การเข้าไปอยู่ในสังคมที่เกี่ยวข้องกับเป้าหมาย การอ่านหนังสือ เพื่อให้สภาพแวดล้อมในแต่ละวันเอื้อต่อการปฏิบัติไปสู่เป้าหมาย และหากมีการทำพฤติกรรมนั้นอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางความคิด เนื่องจากกรอบแนวคิดเป็นความเชื่อหรือความคิดที่ส่งผลต่อพฤติกรรม ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่องจะส่งผลต่อกรอบแนวคิดด้วย (พวงชมพู โจนส์. 2559)

การปรับสภาพแวดล้อมโดยการไม่ใช้คำพูดหรือการกระทำที่เป็นการคุกคามความคิด (Stereotype threat) เนื่องจากคุกคามความคิดอาจส่งผลเชิงลบหรือเชิงบวกได้ หากมีการคุกคามความคิดเชิงลบจะส่งผลต่อการแสดงออกถึงความสามารถที่ต่ำกว่าศักยภาพที่มี อีกทั้งยังทำให้บุคคลเห็นคุณค่าของตนเองลดลงและส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำลงด้วย (ธนรักษ์ คุณศรีรักษ์สกุล. 2554) ส่วนในการคุกคามความคิดเชิงบวก เช่น ให้ภาพแสดงถึงคนคนนั้นเป็นคนความฉลาด การคุกคามความคิดนี้มีผลต่อความกังวลของผู้เรียน เนื่องจากหากผู้เรียนต้องทำงานที่ท้าทาย ผู้เรียนเกิดความกังวลในการทำผิดพลาด กังวลการกระทำที่ถ้าแล้วจะทำให้ตนเองไม่ฉลาด ทำให้ผู้เรียนไม่กล้าที่จะเรียนรู้สิ่งที่ท้าทาย (Mueller; & Dweck. 1998) นอกจากการลดการคุกคามความคิดแล้ว ยังสามารถใช้การตั้งกฎเกณฑ์ในการสื่อสารข้อความที่ส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตเพื่อสร้างบรรยากาศที่ดี รวมทั้งไม่เน้นการประเมินเพื่อตัดสินผล แต่ควรเน้นการประเมินที่ความพยายามและกระบวนการการได้มาของผลการปฏิบัติงาน การให้เกียรติกับทุกคนอย่างเท่าเทียม (Dweck. 2010: 28) เสริมสร้างวัฒนธรรมให้มีความเสี่ยงในการทำสิ่งต่างๆ การให้บทบาทการสื่อสารของผู้เรียนที่นำไปสู่การร่วมมือกัน และการสื่อสารข้อความที่ไม่แสดงการตัดสินว่าใครฉลาดหรือไม่ฉลาด การให้กำลังใจซึ่งกันและกัน (Yeager; & Dweck. 2012) จัดบรรยากาศการเรียนรู้ให้ลดความกังวล ความอาย (Davis. 2017: 14-15)

จากหลักการและวิธีการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตในข้างต้นสามารถสรุปได้ดังนี้

หลักการการพัฒนารอบแนวคิดเติบโตมี 2 หลักการ ในแต่ละหลักการมีวิธีการในการพัฒนารอบแนวคิดเติบโตแตกต่างกัน โดยหลักการที่ 1 สร้างความเข้าใจสมองเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ ซึ่งมีวิธีคือ การให้เรียนรู้การทำงานสมองมีการเติบโตเมื่อมีการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ วิธีการการเรียนรู้การทำงานสมองมีการเติบโตเมื่อมีการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ และหลักการที่ 2 สร้างมุมมองความฉลาดหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ มีวิธีการได้แก่ 1) วิธีการสื่อสารข้อความส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโต 2) การให้ผลป้อนกลับที่เน้นกระบวนการและความพยายามในการทำงานให้ไปสู่เป้าหมายที่วางไว้ 3) การตั้งเป้าหมาย วางแผน และดำเนินการเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย 4) การระลึกประสบการณ์ที่ประสบความสำเร็จ โดยจากหลักการและวิธีการทั้งหมดในข้างต้น ในงานวิจัยนี้ใช้หลักการและวิธีการ ดังนี้ หลักการที่ 1 สร้างความเข้าใจสมองเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ โดยนำวิธีการให้ศึกษาการทำงานของสมองว่าสมองเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อเรียนรู้สิ่งใหม่เข้ามาร่วมใช้ในการจัดการเรียนรู้ และหลักการที่ 2 สร้างมุมมองความฉลาดหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ โดยใช้วิธีการ 4 วิธี เข้ามาร่วมใช้ในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ 1) สื่อสารข้อความที่สื่อว่า ความฉลาด

เปลี่ยนแปลงเติบโตจากความพยายามและข้อความที่ส่งเสริมมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตผ่านคำพูด และผนังห้องเรียน 2) การให้ผลป้อนกลับที่เน้นกระบวนการและความพยายาม 3) การตั้งเป้าหมาย วางแผนการดำเนินงานและปฏิบัติตามแผนเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย โดยให้มีการพิจารณาความสำเร็จที่เกิดขึ้นว่ามีการพัฒนาจากเดิมอย่างไร อะไรที่ปฏิบัติดีแล้วและอะไรที่ควรพัฒนาเพิ่มเติม 4) ระลึก ประสบการณ์ตนเองหรือเรียนรู้จากประสบการณ์ผู้อื่นที่ประสบความสำเร็จจากความพยายาม และ ในการจัดการเรียนรู้จะมีการจัดบรรยากาศที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ผู้เรียนด้วย เพื่อให้ผู้เรียนกล้าที่จะ เรียนรู้เพื่อพัฒนาความฉลาดหรือความสามารถของตนเองให้เพิ่มมากขึ้น

2.4 การวัดและประเมินผลกรอบแนวคิดเติบโต

ในการวัดกรอบแนวคิดเติบโตในปัจจุบันมีทั้งแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีมาตราส่วน ประเมินค่า ซึ่งมีทั้ง 6 และ 7 ระดับ ขึ้นกับการออกแบบประเมินนั้น ๆ ซึ่งในแบบวัดกรอบแนวคิด เติบโตจะเป็นแบบวัดที่ถามความคิดเห็นความฉลาดหรือสติปัญญาเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ หรือบาง แบบวัดจะเป็นคำถามคุณลักษณะของบุคคลที่มีกรอบแนวคิดเติบโต เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นในลักษณะนั้น ๆ ที่สะท้อนความคิดตนเองมากที่สุด แบบวัดกรอบแนวคิดเติบโตที่ผ่านมา มี นักการศึกษาหลายท่านได้พัฒนาขึ้น โดยจุดเริ่มต้นของแบบวัดกรอบแนวคิดเติบโตมาจาก ดเวก ดเวก (Dweck. 2006: 12-14) ลักษณะของแบบวัดเป็นแบบให้แสดงความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่ เห็นด้วยกับข้อความ โดยแบบวัดเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับความฉลาดจะมีอย่างละ 2 ข้อ โดย ข้อ 1-2 จะเป็นการวัดกรอบแนวคิดจำกัด ส่วนข้อ 3-4 จะเป็นการวัดกรอบแนวคิดเติบโต ซึ่งผลที่วัดออกมาจะ สะท้อนกรอบแนวคิดของผู้ตอบแบบสอบถาม หากความคิดเห็นเห็นด้วยกับกรอบแนวคิดเติบโต มากกว่า แสดงว่าบุคคลนั้นมีแนวโน้มไปทางกรอบแนวคิดนั้น แต่หากความคิดเห็นที่แสดงออกมาไม่ มีแนวโน้มไปทางใดทางหนึ่งบุคคลกลุ่มนี้จะไม่สามารถระบุว่าเป็นกรอบแนวคิดใด จำเป็นต้องศึกษา เชิงลึกต่อไป นอกจากนี้ ดเวก ยังมีแบบวัดความกรอบแนวคิดในรูปแบบของอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีข้อ คำถาม 12 ข้อ วัดกรอบแนวคิดเติบโต 6 ข้อ วัดกรอบแนวคิดจำกัด 6 ข้อ โดยข้อคำถามเป็นแบบ เลือกรับที่มีมาตราวัดระดับ 6 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ค่อนข้างเห็นด้วย ค่อนข้างไม่ เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ใช้วัดกรอบแนวคิดทั่วไปใช้ได้กับทุกคน (Dweck. 2016) ซึ่ง ผู้ที่ถือกรอบแนวคิดจำกัดและกรอบแนวคิดเติบโตจะมีการเลือกคำตอบส่วนมากไปในกรอบแนวคิด นั้น แต่สำหรับกลุ่มที่ไม่เลือกไปในแนวทางใดทางหนึ่ง จะไม่ระบุว่าบุคคลนั้นจัดอยู่ในกรอบแนวคิด แบบใด (Dweck. 2006: 12; Dweck. 2008: 2) กรณีจะใช้แบบวัดนี้ในวิชาที่เป็นวิชาเฉพาะ เช่น คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สามารถปรับข้อคำถามให้เหมาะสมกับวิชานั้น ๆ ได้ (Dweck. 2008: 2)

นอกจากแบบวัดที่ดัดแปลงได้พัฒนาขึ้นในช่วงต้นแล้ว ยังมีนักวิจัยคนอื่น ๆ ที่ได้นำแบบวัดของ ดเวก ไปพัฒนาต่อ เช่น ฮองและคณะ, ฟาเรียและฟอนเทีย ได้พัฒนาและหาค่าความเชื่อมั่น .94 ถึง .98 และ .80 ตามลำดับ (Faria; & Fontaine. 1997; Hong; et al. 1999 อ้างในสุรวิตย์ อัสสพันธุ์. 2556) ส่วนของ สุรวิตย์ อัสสพันธุ์ (2556) ได้พัฒนาแบบวัดความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาดที่พัฒนามาจาก ดเวก และ อับดุล เอล ฟาตตาฮ์ และสร้างข้อคำถามขึ้นเองบางส่วนจากทฤษฎีแห่งตน โดยทำเป็น มาตราส่วนประเมินค่า 7 ระดับ จากไม่จริงเลยถึงจริงที่สุด มีค่าความเชื่อมั่น .63 ส่วนการพัฒนา แบบวัดของ ชัชวาล ศิลปกิจ; รสสุคนธ์ ชมชื่น; และอรรพณ ศิลปกิจ (2558: 166-173) มีการนำแบบ วัดของดเวกไปพัฒนาโดยใช้เทคนิคเดลฟายประยุกต์ที่ใช้จำนวนรอบของการพิจารณาไม่เกิน 3 รอบ มีค่าความเชื่อมั่น .67 และ แบบวัดของ ลี; ฮีเทอร์; เมเกอร์โก; และ เมดเลอร์ (2012) มีการนำแบบวัด ของดเวกไปพัฒนาต่อ ซึ่งหาค่าความเชื่อมั่นได้ .97 นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาแบบวัดกรอบแนวคิด เฉพาะในกรณีที่เน้นวิชาการเกี่ยวกับการการสอนนักกฎหมายอีกฉบับหนึ่ง โดยปรับจากของ ดเวก เพื่อวัดความพฤติกรรมการเรียนรู้และผลการปฏิบัติงาน (performance) ในการเล่นเกม 5 ด้าน ซึ่งหา ค่าความเชื่อมั่นได้ .93 (Lee; Heeter; Magerko; & Medler. 2012) จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา พบว่าในการวัดกรอบแนวคิดสามารถทำได้ 2 แบบ คือ วัดจากแบบวัดที่มีมาตราส่วนประมาณค่า โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อถามความคิดเห็นเกี่ยวกับ ความฉลาดหรือสติปัญญาสามารถเปลี่ยนแปลงได้ หรือไม่ กับ วัดจากลักษณะสิ่งที่แสดงออกมา 5 ด้านที่ ดเวกได้นำเสนอไว้ คือ ด้านความท้าทาย ด้านอุปสรรค ด้านความพยายาม ด้านคำวิจารณ์ และด้านความสำเร็จของผู้อื่น (Dweck 2006: 245) การวัดทั้ง 2 แบบจะมีข้อดีและข้อจำกัดต่างกัน โดยกรณีของแบบวัดที่มีมาตราส่วนประมาณค่า สะดวก ง่ายต่อการประเมินผล แต่ข้อจำกัด หากผู้ตอบแบบวัดไม่ตั้งใจอ่านข้อคำถาม อาจทำให้ได้ผล ที่คลาดเคลื่อนไม่สะท้อนผู้ตอบแบบวัด ส่วนการวัดลักษณะของผู้มีกรอบแนวคิดเติบโตสามารถทำ ได้หลายลักษณะ ซึ่ง บร็อกและฮันเดย์ (Brock; & Hundley. 2016) ได้พัฒนาขึ้น เช่น แบบสอบถาม การเขียนเล่าเรื่องราว วาดภาพ เป็นต้น ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการวัดลักษณะนี้จะได้ข้อมูลที่ชัดเจน และสามารถนำมาตรวจสอบข้อมูลเพื่อยืนยันความถูกต้องกับแบบวัดที่มีมาตรวัดระดับได้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลกรอบแนวคิด เติบโต จะพบว่าการวัดและประเมินผลกรอบแนวคิดเติบโตที่ใช้ในงานวิจัยส่วนใหญ่จะเป็น แบบสอบถามความคิดเห็น โดยข้อคำถามจะมี 2 ลักษณะ คือ การถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความ เชื่อความฉลาดหรือสติปัญญาเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ กับ การนำคุณลักษณะกรอบแนวคิดเติบโตมา เป็นข้อคำถาม และในงานวิจัยนี้จะวัดกรอบแนวคิดเติบโตที่วัดความคิดเห็นที่มีต่อความเชื่อความ

ฉลาดเปลี่ยนแปลงได้ ในลักษณะแบบวัดที่เป็นข้อคำถามแล้วให้แสดงค่าความคิดเห็นตามมาตราส่วนประมาณค่า ที่พัฒนามาจากงานวิจัยของ ดเวก (2006; 2017)

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

3.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหาคือการใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายหรือเป้าหมาย (สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์, พรรณี สินธพานนท์. 2555: 138) บนพื้นฐานของหลักและเหตุผลประจักษ์พยาน คุณธรรม โดยในการตัดสินใจจะต้องคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม (กระทรวงศึกษาธิการ 2552: 6) ซึ่งในความหมายอีกมุมมองเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหามุ่งไปที่กระบวนการที่เกิดในสมองซึ่งแตกต่างจากข้างต้น โดยให้ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาคือเป็นการคิดเชิงวิจารณ์ญาณ เพื่อวิเคราะห์เหตุผลในการสร้างสรรค์การแก้ปัญหาออกมา (AAAS 1993 cite Chang, & Taipei. 2002; (วิชาญ เลิศลพ, 2543) วิชาญ เลิศลพ. 2543: 27) หรือในอีกความหมายหนึ่งคือ ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าผู้เรียนมีความสามารถหรือศักยภาพในการแก้ปัญหาได้ (Oosterhof. 1996: 12) โดยในการแก้ปัญหามุ่งใช้ความรู้ ทักษะและเจตคติประกอบกัน เพื่อให้การแก้ปัญหานั้นมีประสิทธิภาพ และควรให้มีการลงมือปฏิบัติหาคำตอบและประเมินคำตอบด้วยตนเอง (AAAS. 1993: 282)

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาได้ว่าเป็นการใช้ความรู้ ทักษะและเจตคติ ในการแก้ปัญหามุ่งเน้นหลักของเหตุผลและคำนึงถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้น เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการปัญหา โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นิยามความสามารถในการแก้ปัญหาคือ ความสามารถในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และทักษะในการแก้ปัญหามาทำการแก้ปัญหาให้สำเร็จ โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจและระบุปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
2. ความสามารถในการระบุแนวคิด หลักการหรือทฤษฎีที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา
3. ความสามารถในการระบุวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่ดีที่สุด
4. ความสามารถในการคาดการณ์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการแก้ปัญหามุ่งใช้วิธีการการแก้ปัญหาที่เลือกได้

3.2 ที่มาและความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา

ในปัจจุบันสภาพการจัดการเรียนรู้เน้นการบรรยาย นักเรียนจดจำ (สสวท. 2555: 39; วิทยากร เชียงกุล. 2559) โดยเฉพาะการเรียนการสอนในมัธยมศึกษาตอนต้น ครูส่วนใหญ่ยังสอนเน้นให้จำแนวคิดวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์มากกว่าการคิดขั้นสูง โดยในการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ยังยึดครูเป็นผู้กำหนดแนวทาง และผู้เรียนได้ฝึกทักษะการอธิบายเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์น้อย ทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างคำอธิบายที่ใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์สนับสนุนความคิดตนได้ (สสวท. 2558: 27-31) และผู้เรียนขาดทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น (สสวท. 2558) โดยการแก้ปัญหาคือหนึ่งในทักษะการคิดขั้นสูง แต่ในปัจจุบันจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ผู้เรียนยังขาดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยผู้เรียนไม่สามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน การออกแบบไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา เป็นต้น แต่เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ไปสักระยะหนึ่ง ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีและคล่องแคล่วมากขึ้น โดยถ้าเป็นเด็กเล็กจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหามากกว่าเด็กโต (ปราณี หีบแก้ว, น้อยทิพย์ ลิ้มยิ่งเจริญ, และสุนนชาติ เจริญศรี. 2552; เกตุมณี เหมวา, ชลธิป สมหาโต. 2559.; อมรรัตน์ บุบผโชติ. 2558; อาทิตยา พูนเรือง. 2559; Li, Huang, Jiang, & Chang. 2016) รวมทั้งผลคะแนนจากการประเมิน PISA ที่แสดงให้เห็นว่าความสามารถของนักเรียนไทยอยู่ในระดับ 2 ซึ่งเป็นความสามารถที่สามารถแก้ปัญหาที่คุ้นเคยหรือปัญหาที่ไม่ซับซ้อนได้ แต่ยังไม่ถึงระดับของความสามารถในการใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยได้ จึงจำเป็นต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหา เพราะความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นหนึ่งในทักษะศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นทักษะที่นักการศึกษาเห็นว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นในอนาคต (จรรยา ดาสา. 2559: 2; เบลลันก้า, เจมส์ แบรนต์, และรอน. 2554. 34-35; วิชัย วงษ์ใหญ่. 2554: 2) อีกทั้งยังเป็นสมรรถนะหนึ่งที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กำหนดให้เกิดกับผู้เรียนอีกด้วย (กระทรวงศึกษาธิการ. 2552: 6) จากการศึกษาที่เกี่ยวข้องในข้างต้นพบว่า ผู้เรียนไม่สามารถระบุปัญหา ขาดความสามารถในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย จึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเนื่องจากการแก้ปัญหาเป็นทักษะหนึ่งในศตวรรษที่ 21 และเป็นสมรรถนะหนึ่งที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ได้กำหนดให้เกิดกับผู้เรียน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งการแก้ปัญหาเป็นหนึ่งในทักษะในศตวรรษที่ 21 และเป็นทักษะที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตใน

ปัจจุบันและอนาคตของผู้เรียน เนื่องจากทุกคนต้องประสบกับปัญหาและการที่ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดี ทำให้ผู้เรียนดำเนินชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานั้น มีการจัดการเรียนรู้ในหลากหลายรูปแบบ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีกระบวนการที่ชัดเจนมากกว่าการลองผิดลองถูก ซึ่งที่ผ่านมา มีนักการศึกษาได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยการใช้รูปแบบกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา วางแผน ทดลอง ลงมือปฏิบัติแก้ปัญหา ด้วยตนเองและสรุปผล พร้อมนำเสนอผล (นาตยา ช่วยชูเกิด. 2517:92) การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากปัญหาและตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ สืบเสาะหาความรู้เพื่อตอบคำถามและใช้ข้อมูลในการอ้างอิงเหตุผล รวมทั้งตรวจสอบผล (เกตุมนี เหมวา; และ ชลธิป สมาหิต. 2559: 156-157) การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ด้วยกระบวนการ 5E ที่มี 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ซึ่งจะใช้คำถามสถานการณ์ให้ผู้เรียนสนใจในเรื่องที่ศึกษา ขั้นสำรวจค้นหา จะให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาตามแนวทางของโพลยา 3 ขั้น ได้แก่ เข้าใจปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เพื่อให้แลกเปลี่ยนความรู้ นำเสนอข้อมูลและตรวจสอบคำตอบ ขั้นขยายความรู้ เป็นการนำข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์อื่น ขั้นประเมินเป็นการประเมินการเรียนรู้เพื่อวัดการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งอาจวัดได้จากแบบวัดหรือชิ้นงาน (สุชุม กุมน้อย; และ นวลศรี ชำนาญกิจ. 2558: 142) การใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงลึก (Active learning) ซึ่งเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มีดังนี้ ขั้นเตรียมความพร้อมเป็นขั้นตอนของการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และทบทวนความรู้เดิมที่เป็นพื้นฐานความรู้ใหม่ ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ดี ขั้นปฏิบัติกิจกรรมเป็นการให้ผู้เรียนปฏิบัติด้วยตนเอง โดยให้มีการทำความเข้าใจปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน สรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา และส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้เรียนโดยใช้กระบวนการกลุ่ม ขั้นสะท้อนคิดเป็นการให้อภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ ซึ่งมีการให้ผู้เรียนได้ประเมินสิ่งที่เรียนรู้และประเมินตนเองด้วย ขั้นประยุกต์ใช้เป็นการให้ผู้เรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากเดิม (ศิริมา วงษ์สกุลดี; พรรณทิพา พรหมรักษ์; และเวชฤทธิ์ อังกะภักทขจร. 2558: 1270, 1278) การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาหรือสถานการณ์หรือประเด็นต่าง ๆ ที่สำคัญกับผู้เรียน

เพื่อให้ผู้เรียนระบุปัญหา ทำความเข้าใจปัญหาและศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อหาวิธีการในการแก้ปัญหา จากนั้นดำเนินการแก้ปัญหาตามวิธีการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบ รวมทั้งประเมินผลลัพธ์ที่ได้และนำผลประเมินมาปรับปรุงงานให้ดีขึ้น (ปราชญ์ หีบแก้ว; น้อยทิพย์ ลิ้มยิ่งเจริญ; และ สุมนชาติ เจริญศรี. 2552: 123, 125) การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนเป็นผู้ตั้งคำถามกระตุ้นผู้เรียนสงสัย เพื่อให้ผู้เรียนตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐานปัญหาและเลือกปัญหาที่จะนำไปสู่การวางแผน หาวิธีการแก้ปัญหา จากนั้นสืบค้นข้อมูลเพื่อวางแผนการแก้ปัญหา และดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่ได้จัดทำไว้ ผลที่ได้จากการดำเนินการผู้เรียนจะต้องจัดกระทำข้อมูล แปลผลเพื่อสรุปองค์ความรู้ และนำผลที่ได้มีร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกัน รวมทั้งนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่สังคมด้วย โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบบนี้จำเป็นต้องเตรียมสื่อเอกสารความรู้ให้ครอบคลุมเนื้อหา เพื่อช่วยผู้เรียนให้สืบค้นข้อมูลได้ครบถ้วนและควรให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและผู้เรียนด้วยกันด้วย (ยุพิน มงคลไพร; และคณะ. 2558: 116-117, 125) นอกจากนี้มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐานโดยนำแอปพลิเคชันเข้าร่วมในการจัดการเรียนรู้ด้วย ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐานนี้จะไม่ขึ้นตอนเหมือนในข้างต้น แต่ขั้นตอนที่เหมือนกันคือ ใช้สถานการณ์หรือปัญหาเป็นการกระตุ้นผู้เรียนให้คิด และสืบค้นข้อมูลเพื่อใช้แก้ปัญหาและอธิบายการแก้ปัญหาร่วมกัน โดยในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาในบทเรียนได้ใช้แอปพลิเคชัน (สิริธร บุญประเสริฐ. 2558: 664-676) การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า มีการใช้รูปแบบของขั้นตอนที่แตกต่างกัน (English; Hudson; & Dawes. 2013; English; & King. 2015; Li; Huang; Jiang; and Chang. 2016: 144:154; Mangold; & Robinson. 2013: 3) โดย ลี; ฮวง; เจียง; ชาง (2016) ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยเริ่มต้นที่ผู้สอนให้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ท้าทาย โดยใช้บริบทที่เหมาะสม ไม่กว้างมากเกินไป เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสืบค้นอย่างมีความหมาย จากนั้นให้ผู้เรียนใช้ความรู้และทักษะเพื่อระบุปัญหา หาวิธีการแก้ปัญหา จากนั้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์และตัดสินใจเพื่อเลือกวิธีการที่ดีที่สุดตามเกณฑ์ที่ผู้เรียนตั้งไว้ สร้างต้นแบบตามวิธีการที่เลือกและทดสอบเพื่อพัฒนาวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ พร้อมทั้งอธิบายการทำงาน และระหว่างการพัฒนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของผู้เรียนในทุก ๆ ขั้นตอน ผู้สอนเข้าไปมีส่วนในการเสริมหรือแก้ไขปรับปรุงความคิดของผู้เรียนและเน้นย้ำให้ผู้เรียนพิจารณาปัญหาอย่างละเอียด เพราะปัญหามีผลต่อการออกแบบ หากการพิจารณาปัญหาไม่ดีส่งผลต่อประสิทธิภาพของการแก้ปัญหา ดังนั้นรูปแบบนี้จะให้ความสำคัญในขั้นวิเคราะห์ปัญหาและตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบมีระบบมากขึ้น (Li; Huang; Jiang; and Chang. 2016: 144:154) แมนโกลด์ ; และ โรบินสัน (2013)

ได้ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีขั้นตอนคล้ายกับรูปแบบข้างต้น แต่ต่างกันตรงที่มีการเพิ่มขั้นตอนการวิเคราะห์และประเมินการแก้ปัญหาระหว่างการหาวิธีการแก้ปัญหา เพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด เนื่องจากขั้นตอนการวิเคราะห์และประเมินวิธีการแก้ปัญหานั้นเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้วิธีการแก้ปัญหาเกิดความผิดพลาดน้อยลง และทำให้เกิดความเชื่อมโยงของการวางแผนออกแบบและวิธีการแก้ปัญหามีความสอดคล้องกัน (Mangold; & Robinson. 2013: 3)

จากการพิจารณารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า มีการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การใช้ปัญหาเป็นฐาน การใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นต้น แต่รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละแบบข้างต้นสามารถสังเคราะห์องค์ประกอบหลักที่สำคัญร่วมกันได้ดังนี้ 1) การให้ผู้เรียนตั้งคำถามหรือระบุปัญหา เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์ ระบุขอบเขต เงื่อนไขของปัญหา เพื่อจะได้เข้าใจปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริงหรือตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ 2) หาวิธีการแก้ปัญหาเป็นการพิจารณาสิ่งที่ต้องการและหาข้อมูลเพิ่มเติมในสิ่งที่ไม่รู้ เพื่อหาแนวทางและวางแผนการแก้ปัญหานั้น 3) ปฏิบัติการ/ทดลองเพื่อแก้ปัญหาเป็นการดำเนินการแก้ปัญหตามแผนที่ได้ออกแบบไว้ 4) ประเมินผลการแก้ปัญหาเป็นการตรวจสอบผลลัพธ์การดำเนินการแก้ปัญหว่าดำเนินการถูกต้องและเป็นการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดหรือไม่ ซึ่งจากการสังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในข้างต้น พบว่าองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการแก้ปัญหามีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของ ลักษณะ สรีรวิวัฒน์ (2558: 199-200)

จากองค์ประกอบสำคัญในข้างต้นที่แต่ละรูปแบบมีร่วมกันนั้น บางรูปแบบจะมีขั้นตอนเพิ่มเติมจากองค์ประกอบสำคัญ เช่น การสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบ การตั้งสมมติฐาน การประเมินคำตอบ การวิเคราะห์ปัญหากับวิธีการแก้ปัญหา เป็นต้น แต่รูปแบบการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาที่ใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม มีลักษณะสำคัญและเป็นจุดเด่นกว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ ก็คือ การจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ในชีวิตจริงที่มีข้อจำกัด เงื่อนไข เพื่อให้ผู้เรียนดำเนินการแก้ปัญหา ซึ่งจะเป็นการแก้ปัญหที่สอดคล้องกับปัญหาในชีวิตจริงมากขึ้น (สสวท. 2559: 11; Council. 2009: 82-84; Morgan; & Moon. 2013: 30-37; Quang; & et.al. 2015; Yager; & Brunkhorst. 2014: 126-141) และช่วยพัฒนาความสามารถการแก้ปัญหา (Dawes. 2013) รวมทั้งประเทศสาธารณรัฐอเมริกาและประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับแนวปฏิบัติวิศวกรรม โดยนำแนวปฏิบัติวิศวกรรมเข้าไปใน

มาตรฐานวิทยาศาสตร์ชาติด้วย (NGSS. 2013: 1-7; กระทรวงศึกษาธิการ. 2560) และที่สำคัญรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มที่ใช้กระบวนการทางด้านวิศวกรรมเป็นนโยบายของชาติ (สำนักงานกฤษฎีกา. 2560) อีกทั้งยังช่วยนักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำให้สูงขึ้นได้ด้วย (Mehalik; Doppelt; & Schuun. 2008)

นอกจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในข้างต้น จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา พบว่า ความรู้เดิม ความวิตกกังวล เจตคติมีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา จากปัจจัยในข้างต้น การจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ควรให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระ ให้มีประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเอง จัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาที่ท้าทาย ไม่สร้างความกดดัน หวาดกลัวให้กับผู้เรียน ทบทวนความรู้เดิมที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาให้ผู้เรียนมีโอกาสเชื่อมโยงความรู้ (มะลิวรรณ โคตรศรี. 2548: 34-46)

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาสามารถใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบจะมีองค์ประกอบสำคัญที่มีร่วมกัน คือ 1) การใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้ระบุปัญหา 2) หาวิธีการแก้ไขปัญหา 3) ดำเนินการแก้ปัญหา 4) ประเมินผลการดำเนินงาน นอกจากองค์ประกอบในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในข้างต้นแล้ว งานวิจัยที่ผ่านมาได้ให้ข้อเสนอแนะการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาไว้มากมาย ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ 1) การจัดการเรียนรู้ควรให้ผู้เรียนพิจารณาปัญหาอย่างรอบคอบ เนื่องจากการพิจารณาปัญหาไม่ดีมีผลต่อการออกแบบด้วยและผู้สอนควรดูแลและให้การช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด 2) การจัดการเรียนรู้ควรบูรณาการอย่างชัดเจน 3) การออกแบบผู้สอนต้องเน้นให้ผู้เรียนออกแบบตามวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา 4) ในส่วนของเวลา พบว่า การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาใช้จำนวนชั่วโมงในการพัฒนาอยู่ในช่วงประมาณ 11-20 ชั่วโมง (แผนการจัดการเรียนรู้ 3-12 แผนกิจกรรม) โดยเด็กโตใช้จำนวนชั่วโมงที่น้อยกว่าเด็กเล็ก (เกตุมณี เหมวา; และ ชลาธิป สมหาโต. 2559; พิกุล คำภีระปาวงค์ และเฉลิมพร ทองพูน. 2559; สุขุม กุมน้อย; และ นวลศรี ชำนาญกิจ. 2558; ปราณี หีบแก้ว; และคณะ. 2552; ศิริมา วงษ์สกุลดี; พรรณทิพา พรหมรักษ์; และ เวชฤทธิ์ อังกะนัทรขจร. 2558; Dewas. 2013; Mangold; & Robinson. 2013) ซึ่งจากงานวิจัยการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ใช้เวลาในการพัฒนาประมาณ 20 ชั่วโมง โดยชั่วโมงที่ 10 จะเห็นผลการพัฒนาที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

จากการศึกษางานวิจัยการจัดการเรียนรู้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาลดจนข้อเสนอแนะในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานี้ พบว่ารูปแบบการจัดกิจกรรม

การเรียนรู้มีหลากหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบจะมีองค์ประกอบสำคัญร่วมกันดังนี้ คือ 1) การใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้ระบุปัญหา 2) หาวิธีการแก้ไขปัญหา 3) ดำเนินการแก้ปัญหา 4) ประเมินผลการดำเนินงาน นอกจากองค์ประกอบในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในช่วงต้นแล้ว งานวิจัยที่ผ่านมาได้ให้ข้อเสนอแนะการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาไว้มากมาย ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ 1) การจัดการเรียนรู้ควรให้ผู้เรียนพิจารณาปัญหาอย่างรอบคอบ เนื่องจากการพิจารณาปัญหาไม่ดีมีผลต่อการออกแบบด้วย และผู้สอนควรดูแลและให้การช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด 2) การจัดการเรียนรู้ควรบูรณาการอย่างชัดเจน 3) การออกแบบผู้สอนต้องเน้นให้ผู้เรียนออกแบบตามวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา 4) ให้ผู้เรียนมีการวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหาและผลของการแก้ปัญหา 5) จำนวนชั่วโมงในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของเด็กเล็กจำเป็นต้องใช้เวลามากกว่าเด็กนักเรียนในระดับชั้นที่สูงขึ้น โดยในระดับมัธยมศึกษาจะมีจำนวนชั่วโมงในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาประมาณ 11-20 ชั่วโมง แต่สำหรับงานวิจัยนี้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เนื่องจากงานวิจัยต่าง ๆ ระบุชัดเจนว่าสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดี และมีองค์ประกอบสำคัญของการจัดการเรียนรู้ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา อีกทั้งยังเป็นนโยบายของชาติด้วย โดยเวลาที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา 20 ชั่วโมง เนื่องจากผู้เรียนอยู่ในกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน อีกทั้งการจัดการเรียนรู้จะใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหาหรือสถานการณ์ในชีวิตจริง จำเป็นต้องใช้ความรู้หลายศาสตร์ในการแก้ปัญหา รวมทั้งมีข้อจำกัด เงื่อนไขที่จำเป็นต้องพิจารณา จึงต้องใช้จำนวนชั่วโมงในการจัดการเรียนรู้นี้มาก

3.4 การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา

ในการวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา โจนัสเซน (Jonassen. 2010: 353-380) ได้กล่าวไว้ว่า การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นการประเมินเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งมีทั้งแบบอัตนัยและแบบปรนัย โดยแบบวัดจะใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนใช้ความรู้ระบุปัญหา วิธีการต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาและหาคำตอบหรือผลิตชิ้นงานขึ้นมาในการแก้ปัญหานั้น ๆ (จำรัส อินทลาภาพร. 2558.; เบลเลนก้า; แซปแมน; และ สวาทซ์. 2544; อาทิตยา พูนเรือง 2559; Musial; Nieminen; Thomas; & Burke. 2009: 212-214) แบบสังเกตพฤติกรรม (Observation check lists) สมุดอนุทินการเรียนรู้และการบันทึกการเรียนรู้ (Journals and logs)

การจัดนิทรรศการ (Exhibits) การสาธิต (Demonstrations) การประเมินชิ้นงาน (Products) ผังจัดระบบความคิด (Graphic Organizers) (เบลเลนก้า; แชนแมน; และ สวาทซ์. 2544; สสวท. 2555; Musial; Nieminen; Thomas; & Burke. 2009: 203-233)

โจเนสเซน (Jonassen. 2010: 353-380) ได้กล่าวถึงลักษณะของการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาว่ามีหลายลักษณะ ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ โดยในการวัดและประเมินผลความสามารถอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) กรณีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างชัดเจน เป็นลักษณะของโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ที่มีคำตอบแน่นอน เช่น ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ ปัญหาวิชาฟิสิกส์ ในการวัดและประเมินผลจำเป็นต้องใช้มาตรวัดระดับประกอบการประเมิน โดยพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ เช่น การแยกแยะปัญหา การบอกเงื่อนไขที่โจทย์ให้มา ถูกต้อง การบอกสมการถูกต้อง การเขียนหน่วยถูกต้อง ความถูกต้องของวิธีการแก้ปัญหาและคำตอบ เป็นต้น

2) กรณีโจทย์มีโครงสร้างไม่ชัดเจนเป็นคำถามปลายเปิด ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา สถานการณ์ที่มีโครงสร้างไม่ชัดเจน เช่น ปัญหาทางวิศวกรรม ปัญหาในชีวิตจริง ปัญหาสังคม โดยในการประเมินนี้จะประเมินความสามารถในการกำหนดปัญหา บอกคุณสมบัติของวัสดุ การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับวิธีการแก้ปัญหา สามารถให้เหตุผลในการเลือกวัสดุ การเลือกวิธีการแก้ปัญหาจากหลักการและเหตุผล หรือการประเมินการแก้ปัญหาโดยการสังเกตสิ่งที่ผู้เรียนกระทำ และพูดขณะดำเนินการในขั้นตอนของการแก้ปัญหา สังเกตผู้เรียนในการกำหนดปัญหา รวบรวมข้อมูล บอกวิธีการแก้ปัญหา ประเมินปัญหา ตัดสินใจ สื่อสาร เป็นต้น ในการสังเกตอาจใช้เทปบันทึกภาพและเสียงมาช่วยในการสังเกตได้ จากนั้นนำมาวิเคราะห์บทสนทนา ลงรหัสและถอดรหัส หรืออาจใช้การวิเคราะห์จากบทสนทนาในระหว่างกระบวนการการแก้ปัญหาในออนไลน์ เพื่อประเมินว่าผู้เรียนได้ทำกระบวนการขั้นตอนใดบ้างและทำอย่างไร

นอกจากการวัดประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาในข้างต้น ในส่วนของการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษานั้น อาทิทยา พุนเริง (2559) วัดความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่ไม่มีโครงสร้าง แล้วให้ผู้เรียนแสดงการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ดังนี้ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา 3) ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา 4) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ ส่วนของ จำรัส อินทลาภาพร (2558) ใช้วิธีการคล้ายกัน แต่ตรงขั้นตอนการแสดงการแก้ปัญหามีขั้นตอนที่ลงรายละเอียดมากกว่า โดยมีการประเมิน ดังนี้ 1) ระบุสาเหตุที่แท้จริง 2) ระบุวิธีการแก้ปัญหา 3) วิเคราะห์ข้อดีข้อจำกัดในแต่ละ

วิธีการแก้ปัญหา 4) การตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมสุด 5) ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นเมื่อปัญหาได้รับการแก้ไข และ ลักษณะ สรีรวัฒน์ (2558: 198) จะประเมินโดยใช้สถานการณ์ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนแสดงการแก้ปัญหาโดยให้ตอบคำถามต่อไปนี้ 1) ปัญหาคืออะไร 2) สาเหตุของปัญหา 3) แผนการดำเนินการแก้ปัญหา 4) วิธีในการเก็บข้อมูลทำอย่างไร หาได้จากแหล่งใดบ้าง 5) สรุปผลการแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้รูปแบบการสอนต่าง ๆ ที่ไม่ใช่รูปแบบสะเต็มศึกษา พบว่า มีรูปแบบการประเมินดังรายละเอียดในตาราง 3

ตาราง 3 แสดงการวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาของงานวิจัยที่ผ่านมา

ลำดับ	ผู้วิจัย	เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถการแก้ปัญหา	วิธีการวัด
1	เกตุมณี เหมรา และชลธิป สมาหิโต (2559)	1) แบบวัดที่ใช้คำถามจำลองสถานการณ์ 10 ข้อ 2) แบบบันทึกพฤติกรรมการแก้ปัญหาตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้	วัดก่อน-หลังการทดลอง
2	สุชุม กุมน้อย และนวลศรี ขำนาญกิจ (2558)	แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด ค่าความยากระหว่าง .45 - .56 และ อำนาจจำแนกระหว่าง .68 - .80 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .82	วัดก่อน-หลังการทดลอง ใช้เกณฑ์ร้อยละ 70
3	ปราณี หีบแก้วน้อยและคณะ (2552)	1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาปรนัย 3 ชุด ชุดละ 20 ข้อ 2) แบบบันทึกประจำวันของผู้วิจัย 3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน 4) แบบสังเกตการณ์สอนครูร่วมวิจัย	วัดก่อน-หลังการทดลอง วัดหลังการทำกิจกรรมต่างๆ แผน

ตาราง 3 (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถการแก้ปัญหา	วิธีการวัด
4	เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556)	แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยใช้ข้อคำถามเป็นสถานการณ์ปัญหา ฟิสิกส์ 5 สถานการณ์ และแต่ละสถานการณ์จะมีคำถามย่อย 3 ข้อ รวม 15 ข้อ ค่าความยากระหว่าง 0.33-0.64 และอำนาจจำแนก 0.23 ขึ้นไป และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .72	วัดก่อน-หลังการทดลอง ใช้เกณฑ์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ .01
5	ยุพิน มงคลไทร และคณะ (2558)	แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาลักษณะอัตนัย 2 ข้อ แต่ละข้อมีข้อย่อย 4 ข้อ โดยใช้คำถามเพื่อให้ระบุปัญหา วิเคราะห์ปัญหา เสนอและอธิบายวิธีการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลการแก้ปัญหา มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .82	วัดก่อน-หลังการทดลอง ใช้เกณฑ์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05
6	Yanyan Li et.al. (2015)	1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่เป็นมาตรวัดระดับ 4 คะแนน ไม่เคย(1) สม่าเสมอ (4) โดยคำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหามี 25 ข้อ ซึ่งจะมีข้อคำถาม 5 มิติดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) พัฒนาการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ 3) ตัดสินวิธีการที่ดีที่สุด 4) สร้างต้นแบบ 5) ทดสอบต้นแบบ แบบวัดนี้ค่าวัดความเชื่อมั่น .895 เป็นแบบวัดที่ยืมมาจาก Lin 2003 2) แบบประเมินสิ่งประดิษฐ์ ใช้มาตรวัดประเมินค่า 5 ระดับ ควรปรับปรุง (1) ดีเยี่ยม (5) พิจารณาความสมบูรณ์ของผลงานและการปฏิบัติงาน เป็นแบบวัดที่ยืมมาจาก Linwork 2011 3) แบบสังเกตประเมินกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เพื่อสังเกตการณ์ออกแบบ การทำงาน การนำข้อมูลมาใช้อย่างต่อเนื่อง จำนวนครั้งในการหาแนวทางแก้ไข จำนวนครั้งในการพิจารณาปัญหา	1) วัดก่อน-หลังการทดลอง ใช้เกณฑ์สถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 2) วัดระหว่างการทำกิจกรรม (ทำกับนักเรียน 30 คน)

ตาราง 3 (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถการแก้ปัญหา	วิธีการวัด
7	Chang; & Taipei. (2002)	1) แบบวัดคำถามปลายเปิด โดยใช้คำถาม 2 ข้อ ให้ นักเรียนแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาดังนี้ หาความจริง (ประเมินจำนวนและความหลากหลายของ ข้อเท็จจริง), หาปัญหา (จำนวนปัญหาและระดับความ ชัดเจนปัญหา), หาแนวคิด (จำนวนและความหลากหลาย ของแนวคิดและระดับความคิดสร้างสรรค์) และ หาการ แก้ปัญหา (ความเป็นเหตุเป็นผล ความถูกต้อง ความ เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา) ข้อคำถามมีดังนี้ ให้นักเรียน แก้ปัญหาความไม่สงบระหว่างการพัฒนาเมืองและการ อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และหาเส้นทางอพยพกวางให้ ปลอดภัย กับ ปัญหาการขาดแคลนน้ำจากแหล่งน้ำที่ กำหนดให้ 2) การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เพื่อสำรวจกระบวนการ แก้ปัญหาเชิงลึก โดยให้โจทย์เกี่ยวกับ “ตรวจสอบรอยเท้า (Footprint Puzzle)” เพื่อให้นักเรียนสังเกตและสรุป เกี่ยวกับเหตุการณ์ในอดีต โดยนักเรียนต้องตั้งสมมติฐาน และประเมินน้ำหนักของสัตว์เหล่านั้นจากข้อมูลที่ให้ แล้ว ถอดเทปมาวิเคราะห์	1) วัดก่อน-หลังการ ทดลอง 2) วัดหลังการทำ กิจกรรม

ตาราง 3 (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหา	วิธีการวัด
8	Herak. (2010)	ใช้เครื่องมือเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยกำหนดสถานการณ์ 4 สถานการณ์ แล้วให้ผู้เรียนระบุปัญหา วางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหาตามแผน และการประเมินการแก้ปัญหา ตามแนวทางการแก้ปัญหาของโพลยา การวิจัยนี้ใช้การเรียนรู้ตามปกติที่มีวิชาฝึกการแก้ปัญหา แล้วใช้เครื่องมือวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทุก 1 เดือน เพื่อดูพัฒนาการ พบว่ากลุ่มเด็กเก่งจะพัฒนาได้ดีตั้งแต่วัดครั้งที่ 2 แต่ผู้เริ่มต้นแก้ปัญหา หรืออยู่ระดับปานกลางจะเห็นผลชัดในการวัดครั้งที่ 3 กับ 4

จากการวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาในช่วงต้น พบว่า การวัดและประเมินผลมีการกำหนดเกณฑ์แตกต่างกัน บางงานวิจัยให้ผลที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 หรืออาจใช้การกำหนดเกณฑ์การวัดเป็นร้อยละ 70 และในส่วนของเครื่องมือวัดจะมีหลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้แบบทดสอบอัตนัยที่กำหนดสถานการณ์และให้ผู้เรียนแก้ปัญหาตามกระบวนการที่ได้เรียนรู้ แบบทดสอบปรนัยใช้โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาให้ผู้เรียนอธิบายการแก้ปัญหตามองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานั้นๆ การใช้แบบสัมภาษณ์ทั้งโครงสร้าง การใช้แบบสังเกต แบบบันทึกการเรียนรู้ แบบบันทึกพฤติกรรม เป็นต้น นอกจากนี้ในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินสมรรถนะ (Performance assessment) ซึ่งในการประเมินสมรรถนะนั้นมีรูปแบบการประเมินในหลายลักษณะ เช่น การจัดนิทรรศการ การแสดง สมุดร่อนการเรียนรู้และบันทึกการเรียนรู้ การสาธิต ชิ้นงาน ผังจัดระบบความคิด โครงงาน (เบลเรนก้าว. เจมส์. 2544; สสวท. 2546; สสวท. 2555: 162-182; Musial; Nieminen; Thomas; & Burke. 2009. 203-233)

ในการวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา โจนัสเซน (Jonassen. 2010: 353-380) ได้กล่าวว่า ในการวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา ควรเลือกรูปแบบการวัดและประเมินผลให้เหมาะสมกับจุดประสงค์ที่ต้องการประเมิน และควรวัดและประเมินผลตามการแก้ปัญหาที่ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติ รวมทั้งระดับของปัญหาควรอยู่ในระดับความยากเดียวกันกับปัญหาที่สอน

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ให้สถานการณ์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ชัดเจน และข้อคำถามที่ใช้จะเป็นลักษณะของการให้ผู้เรียนสะท้อนความสามารถในการแก้ปัญหาตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา โดยใช้สถานการณ์ที่มีข้อคำถามย่อยให้ผู้เรียนแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาในองค์ประกอบย่อยทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) ระบุความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหา 3) ระบุวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด 4) ระบุผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา โดยปรับจาก จำรัส อินทลภาพร (2558)

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement)

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ คุณลักษณะของสิ่งที่ผู้เรียนแสดงออกถึงความรู้ ทักษะ เจตคติหรือความสามารถที่ได้จากการเรียนรู้ในการไปสู่เป้าหมายหรือจุดประสงค์ที่กำหนด (Institute of Education Science. 2017; Gronlund. 1998: 227) โดยแสดงออกเป็นพฤติกรรม (วิชาญ เลิศลพ. 2543: 23) ซึ่งบางท่านได้ให้คำจำกัดความที่กว้างกว่าข้างต้นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นมวลประสบการณ์ทั้งหมดที่ได้รับจากการเรียนการสอนและจากสิ่งแวดล้อมจนทำให้บุคคลเปลี่ยนพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ที่มาจากความสามารถบุคคลทั้งทางร่างกายและสติปัญญา (ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว 2558: 55)

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในข้างต้น พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนที่แสดงออกถึงความรู้ ทักษะ เจตคติหรือมวลประสบการณ์ทั้งหมดที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่กำหนด

4.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นสิ่งที่นำมาใช้เพื่อวินิจฉัยจุดแข็ง จุดที่ควรปรับปรุง อาจนำมาใช้เพื่อทดสอบหรือใช้วัดความคิดของทัศนคติของแต่ละคนก็ได้ ซึ่งในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดระดับความรู้และการเรียนรู้ของแต่ละคนที่ได้เรียนรู้สิ่ง ๆ นั้น ซึ่งในการเรียนรู้จะมีการกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน ในการวัดผลสัมฤทธิ์จำเป็นต้องวัดตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้นั้น ๆ และเป้าหมายของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้สามารถจำแนกได้ 3 ส่วน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นด้านที่เน้นการรู้การคิดที่เกี่ยวกับสติปัญญา เช่น ความรู้ความจำ กฎ ทฤษฎี หลักการ การคิดวิเคราะห์ เป็นต้น ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นด้านที่เน้นการกระทำ ทักษะการปฏิบัติต่างๆ เช่น การใช้เหตุผล การสืบเสาะ กระบวนการคิด เป็นต้น และด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นด้านที่เน้นความรู้สึกที่เกี่ยวข้องทางด้านจิตใจ เช่น ความรู้สึก เจตคติ ค่านิยม คุณธรรมจริยธรรม เป็นต้น (ทศนา แหมมณี. 2557: 225-243; สสวท. 2548: 53) ในการวิจัยนี้จะวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยหรือด้านความรู้คิด

ในปี 1956 เบนจามิน บลูม ได้จำแนกระดับของผลลัพธ์การเรียนรู้หรือวัตถุประสงค์ (objective) ในด้านพุทธิพิสัย ซึ่งเป็นการเรียนรู้ด้านความรู้ ความเข้าใจและความคิด ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางสติปัญญา (ไซติกา ภาชีผล และคณะ. 2558: 7; สุวิมล ร่องวาณิช. 2546: 145) ออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

ความรู้ (Knowledge) จะเป็นระดับของการจดจำ การระลึกได้ถึงข้อมูลความรู้ ซึ่งมักจะมีคำที่บ่งชี้ที่แสดงถึงระดับของความรู้ คือ บอก แสดง ยกตัวอย่าง เป็นต้น

ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นระดับของการอธิบายความจริง การเปรียบเทียบความเหมือนความต่างของข้อมูลจริง ทำนายลำดับเหตุการณ์ได้ ซึ่งจะมีคำที่แสดงระดับนี้คือ การสรุป (Summarize) การอธิบาย การทำนาย การตีความ เป็นต้น

การประยุกต์ (Appication) เป็นการนำข้อมูล วิธีและแนวคิดหลักไปใช้ ซึ่งคำที่บ่งบอกระดับนี้คือ การประยุกต์ การคำนวณ การสาธิต เป็นต้น

การวิเคราะห์ (analysis) เป็นคำถามให้พิจารณารูปแบบในแต่ละส่วนหรือจำแนกส่วนของปัญหา คำที่บอกระดับ จำแนก เชื่อมโยง แสดงความสัมพันธ์ เป็นต้น

การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นการใช้ความคิดเดิมสร้างสิ่งใหม่หรือองค์ความรู้ใหม่ จากข้อมูลจริง ซึ่งคำที่บ่งบอกระดับนี้ คือ การบูรณาการ จัดเรียงใหม่ เป็นต้น

การประเมินค่า (Evaluation) เป็นการเปรียบเทียบความคิดและการเลือกโดยใช้เหตุผล ซึ่งคำที่บ่งบอกระดับนี้ คือ ประเมิน จัดลำดับ เป็นต้น (Bloom. 1967: 186-193; Salkind. 2012: 215-218)

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในข้างต้นกับการแบ่งการใช้ความรู้ ความคิด (ด้านพุทธิพิสัย) ตามการแบ่งระดับการแสดงออกถึงความสามารถทางสติปัญญาการรู้คิดของบลูม นั้น ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของงานวิจัยนี้ จะวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เน้นการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนตามตัวชี้วัด ว 5.1 ม. 2/1-3 ซึ่งจากการวิเคราะห์ ตัวชี้วัดดังกล่าวพบว่า จะเน้นการวัดด้านพุทธิพิสัยในกลุ่มของความเข้าใจและการประยุกต์ แต่เนื่องจากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-net) วัดตามตัวชี้วัด และการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแนวในการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (TIMSS) วัดเนื้อหาตามหลักสูตรและวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยตั้งแต่กลุ่มความรู้ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้และการวิเคราะห์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนที่แสดงออกถึงความสามารถทางสติปัญญาในกลุ่มของความเข้าใจ การประยุกต์และการวิเคราะห์ตามสาระการเรียนรู้แกนกลางของตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐาน พุทธศักราช 2551

5. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

5.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นลักษณะของการจัดการเรียนรู้ของความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่สำคัญตามเป้าหมายของหลักการ แนวคิด ทฤษฎีหรือความเชื่อนั้น ๆ อย่างเป็นระบบและอธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งมีวิธีการสอนและเทคนิคการสอนเพื่อจะช่วยให้การจัดการเรียนรู้นั้นมีประสิทธิภาพสูงสุด (เกริก ศักดิ์สุภาพ. 2556: 48; ทิศนา แหมมณี. 2557: 222-224; ฌนัท ธาตุทอง. 2559: 91; Johnson; & Foa. 1998; Joyce; Weil; & Calhoun. 1986; Kemp; Morrison; & Ross. 1998) นอกจากความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในข้างต้นแล้ว ยังมีการให้ความหมายในอีกรูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกันว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการจัดการที่เป็นลำดับตามเงื่อนไขการเรียนรู้ เพื่อนำผู้เรียนไปยังเป้าหมายที่ต้องการ (สมจิต จันทรฉาย. 2557: 7; ศิริพร มโนพิเชฐวัฒนา. 2547: 50) ซึ่งแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันขึ้นกับแนวคิด หลักการและวัตถุประสงค์ของรูปแบบนั้นๆ (Arends. 2014: 27)

จากการให้ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นลักษณะการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับและมีระบบตามทฤษฎีหลักการ เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้นๆ

5.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้มีนักการศึกษาให้องค์ประกอบไว้หลายท่าน ซึ่งแต่ละท่านได้ระบุงค์ประกอบสำคัญที่เหมือนและแตกต่างกัน จากการสังเคราะห์องค์ประกอบของ ฆนัท ธาตุทอง (2559: 81-91) ติศนา เขมมณี (2557: 222-224) สมจิต จันทรฉาย (2557: 7) จอห์นสันและฟาว (Jhonson; & Foa. 1989: 18) จอยส์และเวลล์ (Joyce; & Weil. 1972: 1-24) เคมป์ มอริสันและรอส (Kemp; Morison; & Ross. 1998) สามารถสรุปองค์ประกอบที่สำคัญออกมาได้เป็น 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นหลักคิดหรือแนวปฏิบัติที่มีการจัดระเบียบอย่างมีเหตุมีผล เพื่อนำมาใช้ในการจัดกระบวนการหรือขั้นตอนการเรียนรู้

2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่กำหนดทิศทางของการจัดการเรียนรู้ โดยวัตถุประสงค์จะเป็นการกำหนดเนื้อหา แนวปฏิบัติ เจตคติที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนหรืออาจกล่าวได้ว่าสิ่งที่มุ่งหวังจะเกิดขึ้นกับผู้เรียน แต่จอห์นสันและฟาว (Jhonson; & Foa. 1989: 18) เคมป์ มอริสันและรอส (Kemp; Morison; & Ross. 1998: 4-5) ได้กำหนดองค์ประกอบของการวิเคราะห์ความต้องการ ปัญหาการเรียนการสอนและลักษณะของผู้เรียน องค์ประกอบวัตถุประสงค์ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดวัตถุประสงค์และออกแบบการจัดการเรียนรู้

3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการสอน บทบาทครู บทบาทนักเรียน การจัดบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ รวมทั้งกลยุทธ์การสอนในการช่วยให้การสอนนั้นๆ เกิดประสิทธิภาพ

4) การวัดและประเมินผลเป็นการแสดงผลของแนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ การลำดับเนื้อหา การใช้กลยุทธ์ เทคนิค การจัดบรรยากาศการเรียนรู้ ว่าเป็นไปตามหลักการ แนวคิด ทฤษฎี และสอดคล้องสัมพันธ์กันกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดหรือไม่ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้บรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้นๆ

นอกจากองค์ประกอบสำคัญทั้ง 4 ข้างต้นแล้ว ยังมีองค์ประกอบของการจัดบรรยากาศ และสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่นักการศึกษาส่วนใหญ่ไม่ได้กล่าวแยกออกมาเป็นองค์ประกอบที่ชัดเจน

แต่ สมน์ท ชาติทอง (2559: 81-91) และ จอยส์ และเวลล์ (Joyce; & Weil. 1972: 1-24) ได้มีการกำหนดองค์ประกอบนี้ไว้อย่างชัดเจน เพื่อเชื้อและส่งเสริมผู้เรียนได้เรียนรู้เต็มตามศักยภาพและบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ส่วน สมจิต จันทรฉาย (2557: 7) ไม่ได้ระบุออกมาเป็นองค์ประกอบไว้ชัดเจน แต่จะกล่าวไว้ในหลักการการจัดการเรียนรู้ จอห์นสัน และฟาว (Jhonson; & Foa. 1989: 18) จะกล่าวรวมไว้ในองค์ประกอบกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากข้างต้นเป็นการสังเคราะห์ให้เห็นองค์ประกอบที่นักการศึกษาแต่ละท่านได้กล่าวถึงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไว้ ซึ่งสามารถสรุปองค์ประกอบที่สำคัญออกมาได้เป็น 4 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อพื้นฐานของรูปแบบการสอน 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน 3) กระบวนการของรูปแบบการสอนที่มีทั้งขั้นตอนการสอน บทบาทครู นักเรียน บรรยากาศและสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ กลยุทธ์การสอนที่ช่วยให้การสอนนั้นๆ เกิดประสิทธิภาพ 4) การวัดและประเมินผล ซึ่งแสดงการสังเคราะห์ดังตาราง 4



ตาราง 4 สรุปองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษา

องค์ประกอบรูปแบบ	นักการศึกษา					
	สมนึก ธาตุทอง (2559)	ทิตินา แชมมณี (2557)	สมจิต จันทรฉาย (2557)	Joyce; Weil (1972)	Jhonson; & Foa (1989)	Kemp; Morison; & Ross. (1998)
1.ปรัชญา,ทฤษฎี,หลักการ	✓	✓		✓		
2.วิเคราะห์ผู้เรียน ปัญหา						✓
3. วัตถุประสงค์	✓	✓	✓	✓		✓
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5. การจัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อม	✓			✓		
6. การวัดและประเมินผล		✓	✓			✓

5.3 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้มีนักศึกษาลายท่านได้ให้รายละเอียดขั้นตอนของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมือนกันและแตกต่างกัน บางท่านกำหนดขั้นตอนไว้อย่างละเอียด แต่บางท่านกำหนดเฉพาะขั้นตอนที่สำคัญ จากการสังเคราะห์การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ของ วารินทร์ รัตมีพรหม. (2542: 45-89) สมจิต จันทรฉาย. (2557: 16-21) ทิตินา แชมมณี. (2557: 201-204) ดิกส์และคาร์เรย์ (Dick; & Carey. 2006: 2-12) จอห์นสันและฟาว (Johnson; & Foa. 1989: 21-31) สามารถสรุปการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็น 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการวิเคราะห์ เป็นขั้นการศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหา ความต้องการความรู้ ทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็น ได้แก่ ความรู้และทักษะที่จำเป็นและเหมาะสมกับผู้เรียน พื้นฐานความรู้เดิม บริบทสภาพแวดล้อม แนวทางการทำกิจกรรมเพื่อเป็นข้อมูลในการกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

2) ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนการยก ร่างวัตถุประสงค์ เนื้อหา กระบวนการจัดการเรียนรู้ พื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน กลยุทธ์การสอน สื่อ การวัดและประเมินผลที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยในการออกแบบและพัฒนาจำเป็นต้องมีการ พิจารณาถึงความเหมาะสมของเนื้อหา การลำดับการนำเสนอ และส่วนประกอบต่างๆของการจัดการ เรียนรู้สัมพันธ์และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพและบรรลุ วัตถุประสงค์ที่กำหนด

3) ขั้นตอนการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในบริบทที่เป็นพื้นฐานของการ ออกแบบหรือตามกรอบของจุดประสงค์รูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้น โดยในการทดลองใช้มี จุดประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลของการบริหารจัดการการจัดการเรียนรู้และผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบการจัดการเรียนรู้หรือไม่ โดยข้อมูลที่ได้จะนำมาใช้ในการ ปรับปรุงรูปแบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4) ขั้นตอนการประเมิน เป็นขั้นการประเมินและตรวจสอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ที่พัฒนาขึ้น โดยในการประเมินจะประเมินกระบวนการและผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่า เป็นไปตามเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์หรือไม่ ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินจะนำมาใช้ในการปรับปรุง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากการสังเคราะห์การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในข้างต้น ผู้วิจัยได้แสดง รายละเอียดขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษาแต่ละท่านและทำการสรุป การสังเคราะห์เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังแสดงรายละเอียดในตาราง 5

ตาราง 5 สรุปขั้นตอนการพัฒนาแบบแผนการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษา

ขั้นตอนการพัฒนาแบบแผนการเรียนรู้	นักการศึกษา				
	วารินทร์ รัตมีพรหม. (2542)	ทิตนา แคมมณี (2557)	สมจิต จันทรฉาย (2557)	Johnson; & Foa (1989)	Dick; & Carey (2006)
วิเคราะห์	✓ (มี 4 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ 1)กำหนดจุดมุ่งหมาย 2)ศึกษาทฤษฎีหลักการ 3)กำหนดองค์ประกอบและ 4)จัดกลุ่มองค์ประกอบ)	✓	✓	✓	✓
ออกแบบ	✓	✓	✓	✓	✓
ทดลองใช้	✓	✓	✓	✓	✓
ประเมินผล	✓	✓ (มี 2 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ 1)ประเมินผลกับ 2)ปรับปรุงรูปแบบ)	✓	✓	✓

จากตาราง 5 สามารถสรุปได้ว่าขั้นตอนของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ จำเป็นต้องพิจารณาปัญหาหรือความต้องการ เพื่อนำมาใช้ออกแบบภายใต้ทฤษฎี หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น เนื้อหาความรู้ ทักษะที่จำเป็น ความสามารถของผู้เรียน เวลา พัฒนาการทางด้านร่างกาย สื่อประกอบการเรียนการสอน เป็นต้น เมื่อได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้นำรูปแบบดังกล่าวไปทดลองใช้ เพื่อศึกษาผลและนำผลมาปรับปรุงการออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยสิ่งสำคัญที่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงก็คือความสอดคล้องหรือความสัมพันธ์ ในแต่ละองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Gagne; Briggs; & Wagner. 1992: 15-16)



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในเขตกรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการนำเสนอหัวข้อต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

ขอบเขตการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร เขตบางนา จำนวน 1 ห้องเรียน 29 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ซึ่งผู้วิจัยทำการเลือกกลุ่มเป้าหมายโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งเป็นโรงเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานระดับชาติ และมีกรอบแนวคิดเติบโตในระดับต่ำ

การสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEMGM และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งดำเนินการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEMGM เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา กรอบแนวคิดเติบโตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยการพัฒนารูปแบบในงานวิจัยนี้ได้ใช้ขั้นตอนของการพัฒนารูปแบบ 4 ขั้นตอน (วารินทร์ รัชมีพรหม. 2542: 45-89; สมจิต จันทรฉาย. 2557: 16-21; ทิศนา แชนมณี. 2557: 201-204; Dick; & Carey. 2006: 2-12; Johnson; & Foa. 1989: 21-31) คือ 1) การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ทฤษฎี แนวคิด หลักการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 2) การสร้างและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยมีการจัดทำโครงร่างรูปแบบ ตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบและปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3) ทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยนำรูปแบบที่ได้พัฒนาจากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปนำร่องทดลองใช้และ นำผลการนำร่องทดลองใช้มาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำไปทดลองใช้จริง 4) การประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ด้วยการนำข้อมูลผลการ

ประเมินการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ และนำผลการวิเคราะห์มาปรับปรุงแก้ไข ส่วนที่บกพร่อง สรุปขั้นตอนได้ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนารูปแบบ โดยในการศึกษาผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูล 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า

การจัดการเรียนรู้เน้นการบรรยาย นักเรียนจดจำ ไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริงได้ (สสวท. 2555: 39; วิทยากร เชียงกุล. 2559) ครูส่วนใหญ่ยังสอนเน้นให้จำแนวคิดวิทยาศาสตร์ และการทำการทดลองตามที่กำหนดมากกว่าการคิดขั้นสูง ทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างคำอธิบายที่ใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์สนับสนุนความคิดตนได้ (สสวท. 2558: 27-31)

ผู้เรียนยังขาดความสามารถในการแก้ปัญหาหลายอย่าง เช่น การระบุปัญหาไม่ชัดเจน การออกแบบไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ปัญหา เป็นต้น แต่เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ไปสักระยะหนึ่ง ผู้เรียนมีความสามารถแก้ปัญหาได้ดีและคล่องแคล่วมากขึ้น (ปราณี หีบแก้ว; น้อยทิพย์ ลัมยั้งเจริญ; และสุนนชาติ เจริญศรี. 2552; เกตุมณี เหมรา, ชลาธิป สมาหิโต. 2559; อมรรัตน์ บุบผะโชติ. 2558; อาทิตยา พูนเรือง. 2559; Li; Huang; Jiang; & Chang. 2016)

ผลของการทดสอบ O-NET และ TIMSS พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และผลคะแนนของการทดสอบ PISA พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนไทยมีความสามารถแก้ปัญหาที่คุ้นเคยได้เท่านั้น ส่วนปัญหาที่ซับซ้อนทำไม่ได้ รวมทั้งความรู้พื้นฐานที่จำเป็นมีไม่เพียงพอตามมาตรฐานชาติและสากล (สสวท. 2556; สสวท. 2559)

นักเรียนในกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานจะมีความรู้สึกท้อแท้เมื่อเจอปัญหาหรืออุปสรรค รวมทั้งเด็กกลุ่มนี้มีความอดทนต่อสถานการณ์ยากลำบากหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นได้น้อย (สวท ดิละโพธิ์. 2558)

ส่วนที่ 2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทฤษฎี หลักการการพัฒนารอบแนวคิดเติบโตและหลักการการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ดังนี้

ทฤษฎีกรอบแนวคิดเติบโตของ ดเวก (Dweck. 2006) มีความเชื่อว่าความฉลาดเปลี่ยนแปลงได้จากความพยายามในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมการพัฒนารอบแนวคิดเติบโต สามารถสรุปเป็นหลักการการพัฒนารอบแนวคิดเติบโตได้เป็น 2 ข้อ ดังนี้ หลักการข้อที่ 1 สร้างความเข้าใจสมองเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ และหลักการข้อที่ 2 สร้างมุมมองความฉลาดหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่

จากหลักการการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโตทั้งสองข้างต้น ในงานวิจัยการพัฒนารูปแบบ ฯ นี้ ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโตที่นำมาใช้ในงานวิจัย 5 วิธี โดย 1 วิธี มาจากหลักการที่ 1 ส่วนอีก 4 วิธีมาจากหลักการที่ 2 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

หลักการที่ 1 สร้างความเข้าใจสมองเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ วิธีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ คือ วิธีการเรียนรู้การทำงานสมองมีการเติบโตเมื่อมีการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ โดยการให้ผู้เรียนศึกษาการทำงานของสมองว่า สมองเกิดการเชื่อมโยงมากขึ้นและเติบโตแข็งแรงยิ่งขึ้น เมื่อมีการพยายามฝึกฝนและเรียนรู้สิ่งใหม่ ทำให้คุณฉลาดหรือมีความสามารถมากขึ้น ซึ่งอาจใช้วิธีทัศน์ อนิเมชันหรือบทความในการสื่อสารว่า สมองมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อได้เรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ แล้วอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ความฉลาดสามารถเปลี่ยนแปลงเติบโตได้ เมื่อพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ (Blackwell, Trzesniewski, & Dweck, 2007)(Blackwell; Trzesniewski; & Dweck. 2007: 253-255; Dweck. 2006: 218-219)

หลักการที่ 2 สร้างมุมมองความฉลาดหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ วิธีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มี 4 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 การสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโต โดยใช้วิธีการสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโตบนโจทย์ปัญหาหรือใช้คำพูด ซึ่งข้อความกรอบแนวคิดเติบโตจะมีลักษณะส่งเสริมให้พยายามเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถหรือความฉลาดในสิ่ง ๆ นั้น ให้เติบโตมากยิ่งขึ้น เช่น “ถ้าคุณได้ฝึกฝน/ได้ฝึกปฏิบัติ..(สิ่งที่ต้องการพัฒนา/เรียนรู้)...มากขึ้น จะช่วยทำให้สมองของคุณมีการเชื่อมโยงกันแข็งแรงมากขึ้น คุณจะเป็นคนฉลาดหรือมีความสามารถใน... (สิ่งที่ต้องการพัฒนา/เรียนรู้)...ได้ดีขึ้น (Paunesku. 2013; Revell. 2017) และการสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโตเพื่อปรับกรอบความคิดให้เกิดมุมมองใหม่ ซึ่งมี 5 ลักษณะ ได้แก่ 1) ให้มองข้อดีของตนเอง โดยไม่เปรียบเทียบกับคนอื่น 2) ทุกอย่างไม่จำเป็นต้องสมบูรณ์แบบในครั้งแรก แต่ค่อยๆพัฒนาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น 3) หาหลักฐานเสริมความคิดด้านลบ ให้เป็นด้านบวก เช่น ฉันไม่ได้โง่ แต่ฉันยังไม่ได้เรียนรู้สิ่งนั้น หรือฉันไม่ได้ทำไม่ได้ แต่ฉันยังไม่ได้ทำ 4) ให้คำจำกัดความความผิดพลาดเป็นสิ่งที่ทำให้ได้เรียนรู้ เพราะความผิดพลาด จะทำให้เราปรับปรุงจุดบกพร่องของตนเอง และปรับปรุงจุดบกพร่องให้พัฒนายิ่งขึ้น 5) ละเลยความคิดที่เป็นอุปสรรคของความก้าวหน้า หากความคิดใดหรือคำวิพากษ์วิจารณ์ที่มีผลต่อความคิดของเรา ทำให้เราไม่กล้าที่จะเรียนรู้หรือลงมือปฏิบัติ ให้ไม่สนใจในความคิดนั้น (พวงชมพู โจนส์. 2559: 3-5) โดยการสื่อสารข้อความกรอบแนวคิดเติบโตในงานวิจัยนี้จะใช้การให้ผู้สอนสื่อสารข้อความในลักษณะดังกล่าวข้างต้นระหว่างการทำกิจกรรม

วิธีที่ 2 การให้ผลป้อนกลับที่เน้นกระบวนการและความพยายามในการทำงานให้ไปสู่เป้าหมายที่วางไว้ โดยมีกระบวนการดังนี้ 1) เริ่มจากการฟังกระบวนการการได้มาของผลลัพธ์จากนักเรียนก่อน 2) ให้เขาประเมินตนเองเพื่อสะท้อนการทำงานกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น 3) ผู้สอนจะให้ผลป้อนกลับโดยเน้นที่กระบวนการและความพยายามของการทำงานและการได้มาซึ่งผลลัพธ์นั้น ๆ เพื่อผู้เรียนได้เพิ่มความพยายามในการเรียนรู้และนำผลป้อนกลับมาใช้ในการพัฒนางานให้บรรลุเป้าหมาย โดยมีการยกตัวอย่างหรือแสดงหลักฐานของการกระทำของผู้เรียนประกอบการให้ผลป้อนกลับด้วย เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น เช่น คุณมี...(พฤติกรรมที่แสดงถึงความพยายาม/กระบวนการการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์)...ซึ่งเห็นได้จาก...(หลักฐานของพฤติกรรมในการปฏิบัติงานที่แสดงถึงความพยายาม/กระบวนการการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์)... แต่ถ้าคุณต้องการ...(ระบุเป้าหมายของงาน)...คุณอาจปรับหรือเพิ่มเติม...(ระบุสิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุงพฤติกรรม/กระบวนการการปฏิบัติงาน)...จะทำให้งานของคุณดียิ่งขึ้นและสามารถบรรลุเป้าหมายได้ โดยลักษณะของการให้ผลป้อนกลับควรเน้นเพื่อให้เกิดการพัฒนา ไม่มุ่งตัดสินผลลัพธ์ของงาน และผลป้อนกลับต้องเป็นสิ่งที่สามารถนำไปปฏิบัติปรับปรุงกระบวนการทำงานได้ รวมทั้งควรให้ผลป้อนกลับในสิ่งที่เขาทำดีแล้วควบคู่กับสิ่งที่เขาต้องพัฒนา (มูลนิธียุสถิรคุณ. 2559: 35-37; Dweck. 2006)

วิธีที่ 3 การตั้งเป้าหมาย วางแผนและดำเนินการเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย โดยมีกระบวนการดังนี้ 1) ให้ผู้เรียนตั้งเป้าหมายของการเรียน 2) วางแผนการดำเนินงานที่ปฏิบัติได้จริงเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย 3) เขียนแผนการปฏิบัติงานที่จะนำไปสู่เป้าหมายให้ละเอียดชัดเจนว่าจะต้องทำอะไร เมื่อไหร่ ที่ไหน อย่างไร ใครเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานนี้บ้างและข้อมูลที่จำเป็นในการทำให้บรรลุเป้าหมาย 4) ปฏิบัติตามแผน 5) ตรวจสอบประเมินผลการปฏิบัติงานตามแผนว่ามีการพัฒนาขึ้นจากเดิมอย่างไรบ้าง เพื่อพิจารณาความสำเร็จที่เกิดขึ้นว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นอย่างไร อะไรที่ควรพัฒนาเพิ่มเติม อะไรที่ปฏิบัติได้ดีแล้ว จากนั้นหาวิธีการ/กลยุทธ์เพื่อปรับปรุงงานให้ดียิ่งขึ้น (มูลนิธียุสถิรคุณ .2559: 16-19; Dweck. 2006: 226-228)

วิธีที่ 4 การระลึกประสบการณ์ที่ประสบความสำเร็จ โดยเริ่มจากการใช้ประสบการณ์ความสำเร็จที่ผ่านความยากลำบากและความพยายามในการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่การอธิบายให้ได้มุมมองกรอบแนวคิดเติบโตที่ว่า ความฉลาดสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากความพยายามในการเรียนรู้สิ่งใหม่ โดยวิธีการอาจทำได้หลายวิธี เช่น ให้ระลึกประสบการณ์ของตนเองที่ประสบความสำเร็จจากความพยายาม การสัมภาษณ์บุคคล การอ่านบทความประวัติบุคคลที่ประสบความสำเร็จจากความเพียรพยายาม เชิญบุคคลที่ประสบความสำเร็จจากความพยายาม

มาเล่าประสบการณ์ความสำเร็จที่เกิดขึ้นเกิดจากความมุ่งมั่น ความพยายาม หรือ อาจใช้วิธีการให้ผู้เรียนเขียนจดหมายเพื่อให้กำลังใจกับผู้อื่น โดยเน้นการเขียนบรรยายเพื่อเล่าประสบการณ์ความสำเร็จที่ผ่านความยากลำบากและต้องใช้ความพยายามอย่างมากของผู้เรียน (Aronson; Fried; & Good. 2002; Dweck. 2006: 10, 80-81)

ในข้างต้นเป็นหลักการและวิธีการการพัฒนารอบแนวคิดเติบโต (Growth mindset: GM) ที่ใช้ในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้

แนวคิดการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตหรือสถานการณ์การทำงานจริง โดยแนวคิดการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในงานวิจัยนี้ได้ใช้หลักการและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สสวท. ซึ่งหลักการสะเต็มของสสวท. ครอบคลุมหลักการของหน่วยงานและนักการศึกษาหลายท่าน โดยหลักการการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวคิดของสสวท. มี 5 ประการ ดังนี้ 1) เน้นการบูรณาการความรู้และแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ 2) สร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทั้ง 4 กับปัญหาในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ 3) เน้นพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 4) สร้างการทำทหายความรู้ความสามารถของนักเรียน 5) เปิดโอกาสการแสดงความคิดเห็นและความเข้าใจในเนื้อหาทั้ง 4 วิชา

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สะเต็มของสสวท. 6 ขั้นตอนมีดังนี้

ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาที่ทำทหาย รวมทั้งวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดจากสถานการณ์ในชีวิตจริงหรือการประกอบอาชีพ เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาในการสร้างชิ้นงานหรือหาวิธีการในการแก้ปัญหา

รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหา รวมทั้งใช้ข้อมูลและแนวคิดดังกล่าวประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละแนวทางการแก้ปัญหา เพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 2 เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา ตามข้อจำกัดและเงื่อนไขที่กำหนด

วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาตามการออกแบบในขั้นที่ 3 โดยให้มีการกำหนดลำดับขั้นตอนของการทำงาน จากนั้นดำเนินการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินชิ้นงานหรือวิธีการที่เป็นผลผลิตจากขั้นตอนที่ 4 โดยในการทดสอบและประเมินผลให้มีการบันทึกผลการทดสอบ และนำผลมาพิจารณาเพื่อปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและการดำเนินการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจ เพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาผลการปฏิบัติงานต่อไป (สสวท. 2560)

จากข้อมูลสภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีของกรอบแนวคิดเตบิตและการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมในข้างต้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา กรอบแนวคิดเตบิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เป็นอย่างไร สามารถศึกษารายละเอียดของการพัฒนาได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} และเครื่องมือวิจัย

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

จากการทบทวนวรรณกรรมและศึกษาบริบทของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน พบว่า ปัญหาการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันยังเน้นบรรยาย ไม่ส่งเสริมการคิดขั้นสูง ประกอบกับผู้เรียนยังขาดความสามารถในการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ และผู้เรียนในกลุ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานจะมีความท้อแท้เมื่อประสบปัญหาหรืออุปสรรค มีความเพียรพยายามอดทนต่อสถานการณ์ยากลำบากได้น้อย (สวท ตีละโพธิ์. 2558) จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว แต่เนื่องจากปัจจุบันนโยบายของชาติ ได้กำหนดให้การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามสสวท. แต่ปัญหาของความท้อแท้หรือความเพียรพยายามอดทนต่อความยากลำบากในการเรียนรู้นั้น การจัดการเรียนรู้สะเต็มไม่ได้มีหลักการในการพัฒนาในด้านนี้ และยิ่งไปกว่านั้นหลักการการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษายังเน้นปัญหาที่ทำหาย ยิ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนบางส่วนท้อแท้ได้ง่ายมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ คริส

โตฟิก (Kristofic. 2014:18,55) ที่แสดงให้เห็นว่าปัญหากรอบแนวคิดของผู้เรียนเป็นอุปสรรคต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาให้ประสบความสำเร็จ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้มีประสิทธิภาพควรส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตให้ผู้เรียนด้วย เนื่องจากการที่ผู้เรียนมีกรอบแนวคิดเติบโตจะช่วยให้ผู้เรียนมีความพยายามในการเรียนรู้และนำผู้เรียนไปสู่การประสบความสำเร็จในการเรียนและประสบความสำเร็จในชีวิตด้วย (Dweck. 2006) และจากการศึกษาวิจัยของดเวก (Dweck. 2006) กว่า 20 ปี พบว่า บุคคลทั่วไปจะมีกรอบแนวคิดเติบโตอยู่ประมาณร้อยละ 40 ส่วนอีกร้อยละ 60 ยังไม่เป็นกรอบแนวคิดเติบโตที่สมบูรณ์ ด้วยเหตุผลทั้งหมดข้างต้น จึงเป็นที่มาของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มาจากการบูรณาการการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมร่วมกับการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต เพื่อให้การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้กับผู้สอนด้วย ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มีดังนี้

1) ยกร่างหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ได้มาจากการนำหลักการของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ สสวท. ซึ่งมีหลักการการจัดการเรียนรู้ 5 ข้อ ได้แก่ 1) เน้นการบูรณาการความรู้และแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ 2) สร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทั้ง 4 กับปัญหาในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ 3) เน้นพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 4) สร้างการทำทลายความรู้ความสามารถของนักเรียน 5) เปิดโอกาสการแสดงความคิดเห็นและความเข้าใจในเนื้อหาทั้ง 4 วิชา (สสวท. 2560) กับ หลักการการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต (Growth mindset: GM) ที่ได้จากการสังเคราะห์เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต จนได้เป็นหลักการการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต 2 ข้อ ได้แก่ 1) สร้างความเข้าใจสมองเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ 2) สร้างมุมมองความฉลาดหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ (Aronson; Fried; & Good. 2002; Blackwell; Trzesniewski; & Dweck. 2007; Dweck. 2006; Dweck. 2008; Revell. 2017; Ricci. 2013: 108-122; Mueller; & Dweck. 1998; O'Rourke; Peach; Dweck; & Popovic. 2016; Ostrow; Schultz; & Arroyol. 2014; Paunesku. 2013; MindsetWorks. 2012; ชนิตา รุ่งเรืองและคณะ. 2559: 9; พวงชมพู โจนส์. 2559: 3-5; มูลนิธิยุวสถิรคุณ. 2559: 36-37) มาบูรณาการกันจนได้เป็นหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} 5 ข้อ ดังนี้ 1) เน้นการบูรณาการและการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับปัญหาในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ 2) เน้นพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 3)

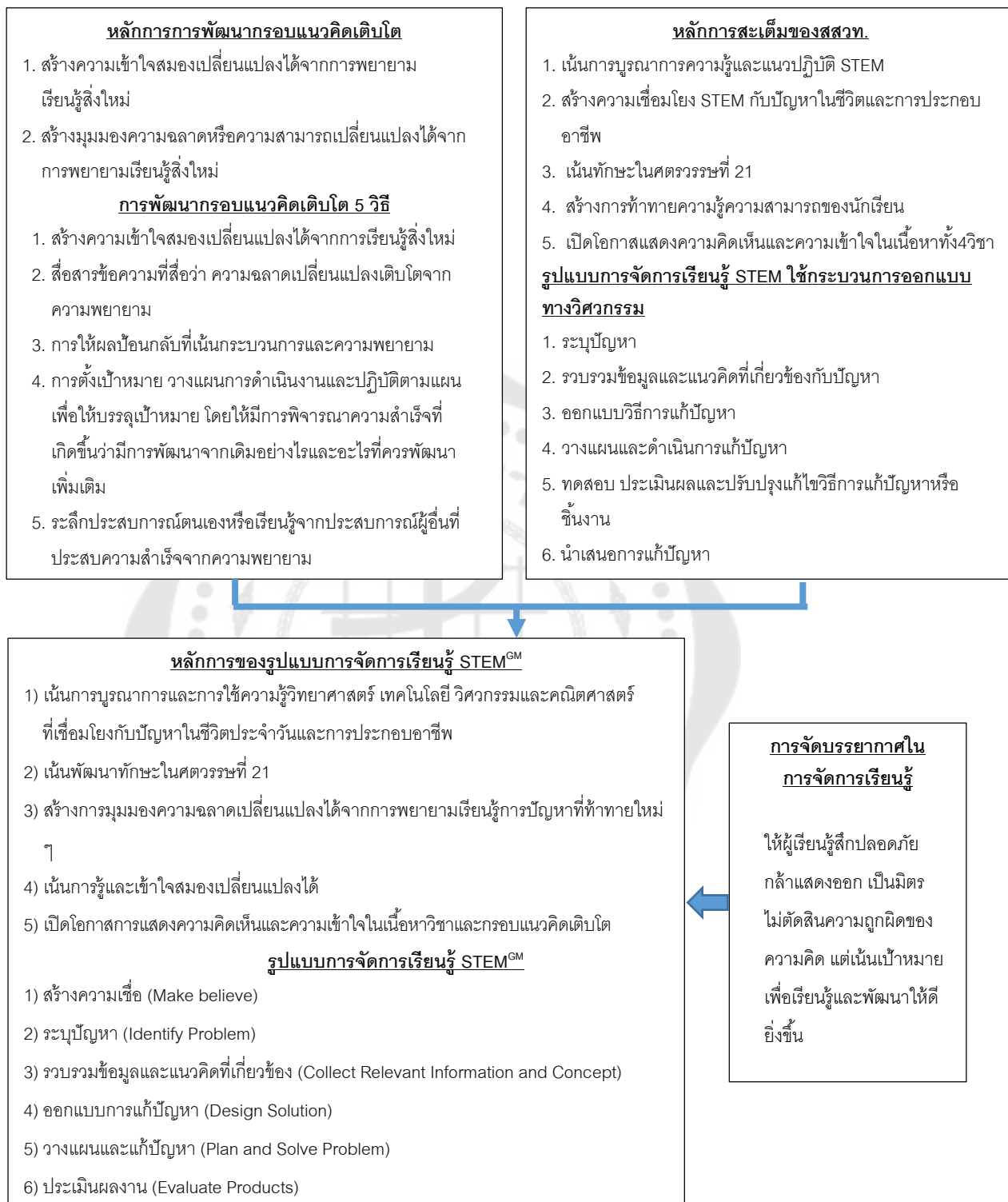
สร้างการมุมมองความฉลาดเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้การปัญหาที่ท้าทายใหม่ ๆ 4) เน้นการรู้และเข้าใจสมองเปลี่ยนแปลงได้ 5) เปิดโอกาสการแสดงความคิดเห็นและความเข้าใจใน เนื้อหาวิชาและกรอบแนวคิดเติบโต ซึ่งแต่ละข้อของหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มี รายละเอียดการบูรณาการดังตาราง 6



ตาราง 6 ที่มาของหลักการรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

หลักการของการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM}	หลักการจัดการเรียนรู้ STEM	หลักการวิธีการสร้าง GM
1) เน้นการบูรณาการและการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับปัญหาในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ	1) เน้นการบูรณาการความรู้และแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ 2) สร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทั้ง 4 กับปัญหาในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ	- -
2) เน้นพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21	3) เน้นพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21	-
3) สร้างการมุมมองความฉลาดเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้การแก้ปัญหาที่ท้าทายใหม่ ๆ	4) สร้างการทำทายความรู้ความสามารถของนักเรียน	2) สร้างมุมมองความฉลาดหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่
4) เน้นการรู้และเข้าใจสมองเปลี่ยนแปลงได้		1) สร้างความเข้าใจสมองเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่
5) เปิดโอกาสการแสดงความคิดเห็นและความเข้าใจในเนื้อหาวิชาและกรอบแนวคิดเดบิต	5) เปิดโอกาสการแสดงความคิดเห็นและความเข้าใจในเนื้อหาทั้ง 4 วิชา	1) สร้างความเข้าใจสมองเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่

2) กำหนดร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ผู้วิจัยได้นำหลักการการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ในข้างต้น มาพัฒนาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ตามแนวทางของ สสวท. ซึ่งเป็นนโยบายชาติ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6) นำเสนอการแก้ปัญหา ร่วมกับวิธีการพัฒนารอบแนวคิดเติบโต 5 วิธี ตามหลักการพัฒนารอบแนวคิดเติบโต ได้แก่ 1) สร้างความเข้าใจสมองเปลี่ยนแปลงได้จากการเรียนรู้สิ่งใหม่ 2) สื่อสารข้อความที่สื่อว่า ความฉลาดหรือสติปัญญาหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงเติบโตได้จากความพยายามการเรียนรู้สิ่งใหม่ 3) การให้ผลป้อนกลับที่เน้นการพัฒนากระบวนการการทำงานให้ดียิ่งขึ้น และชมที่ความพยายามของผู้เรียนในการทำสิ่งต่าง ๆ ซึ่งหากต้องการให้ผลงานดีกว่าเดิมจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการและเพิ่มความพยายามมากขึ้น 4) การตั้งเป้าหมาย วางแผนการดำเนินงานและปฏิบัติตามแผนเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย โดยให้มีการพิจารณาความสำเร็จที่เกิดขึ้นว่ามีการพัฒนาจากเดิมอย่างไรและอะไรที่ควรพัฒนาเพิ่มเติม 5) เรียนรู้ประสบการณ์ผู้อื่นที่ประสบความสำเร็จจากความพยายาม ทำให้ได้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ซึ่งมีขั้นตอน 7 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 สร้างความเชื่อ (Make believe) ขั้นที่ 2 ระบุปัญหา (Identify Problem) ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Collect Relevant Information and Concept) ขั้นที่ 4 ออกแบบการแก้ปัญหา (Design Solution) ขั้นที่ 5 วางแผนและแก้ปัญหา (Plan and Solve Problem) ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน (Evaluate Products) และขั้นที่ 7 นำเสนอและสะท้อนการเรียนรู้ (Present and Reflect Learning) โดยในการนำกรอบแนวคิดเติบโตเข้ามาใช้ร่วมกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนั้น ได้นำเข้ามาใช้ในขั้นที่ 1 3 6 และ 7 โดยขั้นที่ 1 เป็นขั้นสร้างความเชื่อ เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและมีมุมมองรอบแนวคิดเติบโต โดยใช้หลักการพัฒนารอบแนวคิดเติบโต 1 และ 2 คือ 1) สร้างความเข้าใจว่าสมองเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ และ 2) สร้างมุมมองว่าความฉลาดหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ด้วยวิธี 1 และ 4 และในขั้นที่ 3 6 และ 7 นั้น มีการนำวิธีการพัฒนารอบแนวคิดเติบโตภายใต้หลักการพัฒนารอบแนวคิดเติบโตทั้ง 2 โดยการนำวิธีการพัฒนารอบแนวคิดเติบโตที่ 2-4 เข้าไปใช้ร่วมกันกับการจัดการเรียนรู้สะสมผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และมีการจัดบรรยากาศการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนรู้สึกปลอดภัยเป็นมิตร กล่าวแสดงออก ไม่ตัดสินความถูกต้องของความคิด แต่เน้นเป้าหมายเพื่อเรียนรู้และพัฒนา เข้ามาร่วมใช้ในการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบนี้ด้วย สามารถสรุปแผนผังการพัฒนารูปแบบ STEM^{GM} ได้ดังนี้



ภาพประกอบ 3 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

จากภาพประกอบ 3 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ในข้างต้น ที่แสดงให้เห็นรายละเอียดของแนวคิดในการพัฒนารูปแบบ ต่อไปเป็นการนำเสนอรายละเอียดแต่ละขั้นตอนของกระบวนการการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา กรอบแนวคิดเติบโตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังตาราง 7

ตาราง 7 การสรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา กรอบแนวคิดเติบโต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 1 สร้างความเชื่อ (Make believe) สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับกรอบแนวคิดเติบโตที่มีความเชื่อว่าสมองเปลี่ยนแปลงเติบโตได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ ผ่านการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การศึกษาการทำงานและเติบโตของสมองในศาสตร์ของประสาทติ ก (Neuroplasticity), การศึกษาประวัตินักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน รวมทั้งแสดงวัตถุประสงค์การเรียนรู้	- เรียนรู้เกี่ยวกับกรอบแนวคิดเติบโต การศึกษาการทำงาน และเติบโตของสมอง, ประวัติ นักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน - อภิปรายเกี่ยวกับการพัฒนาของสมองหรือความฉลาด หรือ ค ว า ม ส า ม า ร ถ เปลี่ยนแปลงพัฒนาได้จาก ความพยายามเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ - ศึกษาวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้	- กระตุ้นและนำเสนอให้นักเรียนเข้าใจกรอบแนวคิดเติบโต โดยใช้สื่อที่เป็น วิดีทัศน์ อนิเมชัน บทความ เกี่ยวกับการทำงานของสมองและการเปลี่ยนแปลงเติบโตของสมองด้วยการพยายามเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ที่เป็น วิดีทัศน์ อนิเมชัน บทความ รวมถึงตัวอย่างของนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนรู้ และประสบความสำเร็จจากความเพียรพยายาม - นำผู้เรียนอภิปรายเกี่ยวกับกรอบแนวคิดเติบโต เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการรับรู้ ว่าความฉลาดหรือสติปัญญาหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ - แสดงและอธิบายวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

ตาราง 7 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 2 ระบุปัญหา (Identify Problem) พิจารณาทำความเข้าใจปัญหาที่ท้าทายความสามารถ จากสถานการณ์ในชีวิตจริงหรือการประกอบอาชีพ และระดมความคิดเพื่อระบุปัญหา เงื่อนไขข้อจำกัดจากสถานการณ์	- ศึกษา และวิเคราะห์ สถานการณ์ปัญหาเพื่อระบุปัญหา เงื่อนไขและข้อจำกัด จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ - ระดมความคิดและอภิปราย ข้อมูลของตนเองกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อระบุปัญหา เงื่อนไข และข้อจำกัดที่จะนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหา	- นำเสนอสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงที่ท้าทายหรือการประกอบอาชีพและเป็นปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาได้หลากหลาย - ถามคำถามกระตุ้นเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถระบุปัญหาที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ หากผู้เรียนระบุปัญหาไม่ได้ ให้ใช้คำถามเพื่อช่วยเหลือผู้เรียน
ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Collect Relevant Information and Concept) วิเคราะห์แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา วางแผนการสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลและแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	- ตั้งเป้าหมาย วางแผน ทบทวนแผนและดำเนินการสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับปัญหาตามแผนที่วางไว้ - ดำเนินการรวบรวมข้อมูลแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับปัญหาตามแผนที่วางไว้ - สรุปข้อมูลและแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	- กระตุ้นผู้เรียนตั้งเป้าหมาย วางแผน ทบทวนการสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา - ให้คำแนะนำและใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดทบทวนพิจารณาความเพียงพอสำหรับการแก้ปัญหา - แนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ - ชื่นชมเมื่อผู้เรียนแสดงออกถึงความพยายามในการสืบค้นหรือสำรวจตรวจสอบ พร้อมยกตัวอย่างพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงถึงความพยายาม - ให้คำแนะนำช่วยเหลือเพื่อให้ผู้เรียนสรุปข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ตาราง 7 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 4 ออกแบบการแก้ปัญหา (Design Solution) การนำแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับ การแก้ปัญหามาใช้ในการหาวิธีการ แก้ปัญหาและเลือกวิธีการแก้ปัญหา ที่ดีที่สุด ตามข้อจำกัดและเงื่อนไข ของสถานการณ์ รวมทั้งออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา ให้ละเอียดชัดเจน และแสดงเหตุผลการออกแบบตาม หลักการทางวิชาการ และกำหนด เกณฑ์ในการประเมินผลงานที่ได้จาก การแก้ปัญหา	-ระดมความคิดเพื่อหาวิธีการ แก้ปัญหา - ประเมินความเป็นไปได้ ข้อดี ข้อจำกัดในการเลือกแนวทางการ แก้ปัญหาและแสดงเหตุผล ประกอบ -ระดมความคิด และอภิปราย เพื่อให้ได้แนวทางในการออกแบบ การ แก้ ปัญหา ตาม วิธีการ แก้ปัญหาที่ได้เลือกไว้ -ออกแบบการแก้ปัญหตาม แนวทางที่ได้เลือกไว้ โดยระบุ รายละเอียดให้ชัดเจน เช่น ชื่อ วัสดุที่ใช้ หน้าที่ ขนาด พร้อมทั้งให้ เหตุผลตามหลักการทางวิชาการ -ระดมความคิดเพื่อกำหนดเกณฑ์ การประเมินผลงานที่ได้จากการ แก้ปัญหา	-กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการ ระดมความคิดหาวิธีการแก้ปัญหา เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดตาม หลักการทางวิชาการ - เน้นย้ำให้ผู้เรียนแสดงการ ออกแบบการแก้ปัญหาที่มี รายละเอียดชัดเจนเพียงพอที่จะ นำไปใช้ในการวางแผนและ ดำเนินการแก้ปัญหาได้ พร้อมทั้ง ให้ผู้เรียนแสดงเหตุผลการ ออกแบบตามหลักการทาง วิชาการ -นำอภิปรายเพื่อให้ผู้เรียนได้ระดม ความคิดในการกำหนดเกณฑ์การ ประเมินผลงานที่ได้จากการ แก้ปัญหา

ตาราง 7 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 5 วางแผนและแก้ปัญหา (Plan and Solve Problem) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ตามแนวทางที่ได้ออกแบบไว้ อย่างเป็นขั้นตอนและปฏิบัติได้ จริง	- ระดมความคิดเพื่อวางแผนการ ปฏิบัติงานที่สามารถปฏิบัติได้จริง ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยผู้เรียน กำหนด วิธีการ กำหนดบุคคล เวลา และอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการแก้ไข อุปสรรคด้วย - ปฏิบัติและดำเนินการแก้ปัญหา ตามแผนการแก้ปัญหาและบันทึก สิ่งต่าง ๆ ระหว่างการทำงานทุกครั้ง - ตรวจสอบติดตามงานเพื่อให้ได้ แผนและการดำเนินงานเป็นไป ตามเป้าหมาย เจือใจ และ ข้อจำกัดที่กำหนด	- กระตุ้นช่วยเหลือสนับสนุนให้ ผู้เรียนวางแผนการดำเนินงานเพื่อ แก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้ ออกแบบไว้อย่างเป็นขั้นตอนและ ปฏิบัติได้จริง - ให้คำแนะนำ และใช้คำถาม กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม วางแผนและการดำเนินการ แก้ปัญหา - เน้นย้ำให้ผู้เรียนพิจารณา แผนการดำเนินงานในประเด็น ความสอดคล้องของแผนการ ดำเนินงานกับเป้าหมายข้อจำกัด เจือใจ ความเป็นไปได้ ข้อดี ข้อจำกัด อุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้น รวมทั้งการใช้เวลาอย่างมี ประสิทธิภาพ

ตาราง 7 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน (Evaluate Products) ประเมินผลงานโดยการทดสอบจุดเด่น จุดควรปรับปรุงและนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงผลงานหรือการออกแบบ จากนั้นทำการทดสอบซ้ำจนได้ผลงานที่ดีที่สุด รวมทั้งสะท้อนความก้าวหน้าของผลงาน	- ทดสอบและนำผลการทดสอบมาระดมความคิดในการปรับปรุงชิ้นงานหรือการออกแบบ และทดสอบซ้ำโดยใช้หลักการและเหตุผลตามหลักการทางวิชาการ เพื่อให้ได้ผลงานการแก้ปัญหาที่เป็นไปตามเงื่อนไข ข้อจำกัดและเป็นผลงานดีที่สุด - บันทึกผลการทดสอบ จุดเด่นและจุดควรปรับปรุงทุกครั้งของการทดสอบ - สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการปฏิบัติพัฒนาและปรับปรุงผลงาน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นความพยายามและความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น	- กระตุ้นผู้เรียนอภิปรายอย่างสร้างสรรค์ด้วยหลักการและเหตุผล - เน้นให้ผู้เรียนใช้เกณฑ์การประเมินผลงานที่ได้กำหนดไว้ใน การพิจารณาและประเมินผลงานของกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อน - ให้ผลป้อนกลับและคำชมที่ กระบวนการกับความพยายามในการแก้ปัญหาจนได้ผลงานที่ดีที่สุด และสะท้อนให้ผู้เรียนได้เห็นถึงพัฒนาการในด้านความรู้และความสามารถของผู้เรียน รวมทั้งสื่อสารให้ผู้เรียนได้รับรู้ถึงมุมมองกรอบแนวคิดเติบโต เช่น การทำงานครั้งแรกไม่จำเป็นต้องสมบูรณ์แบบ ความล้มเหลวเป็นสิ่งปกติที่เกิดขึ้นได้ ความพยายามเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยพัฒนาความสามารถหรือความฉลาดหรือสติปัญญาให้เพิ่มมากขึ้น

ตาราง 7 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 7 นำเสนอและสะท้อนการเรียนรู้ (Present and Reflect Learning) วางแผนการนำเสนอและนำเสนอหลักการ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี วิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา รวมทั้งกำหนดเกณฑ์การประเมินและประเมินผลงานกับการนำเสนอตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อให้ได้ผลงานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งในการประเมินต้องยึดหลักการทางวิชาการและต้องสื่อสารในทางสร้างสรรค์ รวมทั้งสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้และสื่อสารคำพูดที่ส่งเสริมมุมมองกรอบแนวคิดเติบโต	- ระดมความคิดเพื่อกำหนดเกณฑ์การนำเสนอผลงาน - วางแผนการนำเสนอและนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ รวมทั้ง วิธีการแก้ปัญหาและผลของการแก้ปัญหา - ประเมินผลงานและการนำเสนอของกลุ่มตนเองและกลุ่มอื่น ๆ ตามเกณฑ์ที่ร่วมกันกำหนด - รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเพื่อนำมาใช้ปรับปรุงงานให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้ง อภิปราย และให้ข้อเสนอแนะตามหลักการทางวิชาการและสร้างสรรค์ - ระลึกประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเองและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากผู้อื่น โดยการสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ ความก้าวหน้า ความสำเร็จความผิดพลาด ข้อดี ข้อที่ควรปรับปรุงแก้ไข เพื่อเรียนรู้และนำไปฝึกฝนและพัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น	- นำอภิปรายเพื่อให้ผู้เรียนได้ระดมความคิดในการกำหนดเกณฑ์การประเมิน - กระตุ้นและสร้างกติกาให้กับผู้เรียนในการอภิปรายอย่างสร้างสรรค์เพื่อให้การอภิปรายเป็นการนำเสนอมุมมองช่วยให้การปฏิบัติงาน ผลงาน และการนำเสนอผลงานดียิ่งขึ้น - กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการนำเสนอ - สะท้อนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และอภิปรายเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง - กระตุ้นให้ผู้เรียนสะท้อนแนวคิด สิ่งที่ได้เรียนรู้และปัจจัยการทำงานประสบความสำเร็จ - สื่อสารให้ผู้เรียนเข้าใจกรอบแนวคิดเติบโตและสื่อสารมุมมองกรอบแนวคิดเติบโต เช่น การฝึกฝนช่วยพัฒนาสมองหรือความสามารถผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น ความพยายามทำช่วยพัฒนาความรู้ความสามารถและทำให้งานสำเร็จ

3) นำร่างรูปแบบฯ ที่ได้ในข้อ 2.2 เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อพิจารณา ตรวจสอบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของรูปแบบ โดยผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะมาปรับแก้ไขร่างรูปแบบฯ จากนั้นนำร่างรูปแบบฯ ที่ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทส่งให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์การสอนไม่น้อยกว่า 5 ปี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน ประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของรูปแบบฯ กับประเด็นตามแบบประเมิน โดยมีเกณฑ์การประเมินความสอดคล้อง ดังนี้ สอดคล้องกำหนดคะแนนเป็น +1 ไม่แน่ใจกำหนดคะแนนเป็น 0 ไม่สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น -1 (สุคนธ์ ภูริเวทย์. 2554: 33) จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าความเหมาะสมและความสอดคล้องของรูปแบบสามารถนำไปใช้ได้จริง โดยค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งแสดงว่ารูปแบบเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญดังแสดงในภาคผนวก ข นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นต่อไปนี้

- 1) เติมการสร้างกรอบแนวคิดเติบโต โดยใช้บุคคลที่ประสบความสำเร็จจากความพยายามให้เน้นบุคคลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน เช่น ความพยายามของนักวิทยาศาสตร์ เป็นต้น
- 2) ให้ผู้เรียนระบุเหตุผลทางวิชาการประกอบการออกแบบ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การแก้ปัญหาตามหลักวิชาการมากกว่าการลองผิดลองถูก
- 3) เขียนรายละเอียดของวิธีการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตให้ชัดเจนขึ้นในขั้นที่ 3 6 และ 7
- 4) เพิ่มเติมบทบาทผู้เรียนและผู้สอนให้ครอบคลุมวิธีการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้น

การพัฒนาเครื่องมือวิจัย

- 1) แผนการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 20 ชั่วโมง มีขั้นตอนของการสร้างดังนี้
 - ขั้นตอนการดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้
 - ศึกษาวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ของชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้แสงและการมองเห็น มีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 8 แสดงตัวชี้วัดของสาระวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์

ตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์ (S)	ตัวชี้วัดคณิตศาสตร์ (M)	ตัวชี้วัดเทคโนโลยี(T)
S ₁ : ทดลองและอธิบายการสะท้อนของแสง การหักเหของแสงและนำความรู้ไปใช้ (ว 5.1 ม. 2/1)	M ₁ : นำทฤษฎีบทพีทาโกรัส มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ (ค 3.2 ม.2/2)	T ₁ : การสร้างสิ่งของ เครื่องใช้หรือวิธีการตาม กระบวนการเทคโนโลยี
S ₂ : อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิต (ว 5.1 ม. 2/2)	M ₂ : เข้าใจการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตเรื่องการเลื่อนขนาน การสะท้อนและการหมุนและนำไปใช้	จะทำให้ผู้เรียนทำงานอย่างเป็นระบบ สามารถย้อนกลับมาแก้ไขได้ง่าย (ง 2.1 ม. 1-3/1)
S ₃ : ทดลองและอธิบายการดูดกลืนแสงสี การมองเห็นแสงสีของวัตถุ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (ว 5.1 ม. 2/3)	M ₃ : แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ (ค 4.2 ม.2/1)	T ₂ : แสดงรายละเอียดของชิ้นงาน ประกอบด้วยภาพด้านหน้า ด้านข้าง ด้านบน แสดงขนาดและหน่วยวัด เพื่อนำไปสร้างชิ้นงาน (ง 2.1 ม.1-3/2)
S ₄ : ตั้งประเด็นคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ (ว 8.1 ม. 1-3 /1)	M ₄ : ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม (ค 6.1 ม. 1-3/2)	
S ₅ : บันทึกและอธิบายผลการสังเกตการสำรวจตรวจสอบค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆ ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม (ว 8.1 ม. 1-3 /8)		
S ₆ : จัดแสดงผลงาน เขียนรายงานหรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิดกระบวนการและผลงานโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ (ว 8.1 ม. 1-3 /9)		

วิศวกรรม (E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ออกแบบแก้ปัญหาโดยผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ตามแนวทางของ สสวท. ซึ่งมี 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบประเมินผลปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

จากการพิจารณาตัวชี้วัดของสาระวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับแสงและการมองเห็น จากนั้นนำมาจัดหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งหน่วยการเรียนรู้นี้ คือ การแสดง ประกอบด้วย 4 กิจกรรม ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 รายชื่อและจำนวนชั่วโมงของแต่ละกิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้การแสดง

กิจกรรมที่	ชื่อกิจกรรม	เวลา (ชั่วโมง)
1	การสร้างเครื่องฉายภาพสามมิติ	6
2	การแสดงกล	4
3	การสร้างเครื่องฉายภาพ	6
4	การแสดงละครเงา	4
รวม		20

- ยกวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีองค์ประกอบได้แก่ จุดประสงค์การเรียนรู้ แนวคิดหลัก หรือสาระการเรียนรู้ ความรู้เดิม เวลาที่ใช้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแนวทางในการวัดและประเมินผล

- นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ความเหมาะสมของภาษา เนื้อหา การลำดับการนำเสนอ ความยากง่าย ความถูกต้อง แล้วนำผลการพิจารณาไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของที่ปรึกษา จากนั้นผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และด้านการสอน ซึ่งเป็นผู้มีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์ไม่น้อยกว่า 5 ปี เพื่อประเมินความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ความเหมาะสมของการใช้ภาษา ตามการวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยเกณฑ์การประเมินความสอดคล้องมีการกำหนดดังนี้ สอดคล้องกำหนดคะแนนเป็น +1 ไม่แน่ใจกำหนดคะแนนเป็น 0 ไม่สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น -1 (สุคนธ์ ภูริเวทย์, 2554: 33) จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่า ค่าความเหมาะสมและความสอดคล้องของรูปแบบสามารถนำไปใช้ได้จริง โดยได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ดังภาคผนวก ข ซึ่งแสดงว่ารูปแบบเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญดังภาคผนวก ข และข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงในประเด็นต่อไปนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ให้เน้นย้ำผู้เรียนว่าภาพโฮโลแกรมที่นำมาใช้ไม่ใช่เป็นโฮโลแกรมแท้ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขจากเครื่องฉายภาพโฮโลแกรมเป็นเครื่องฉายภาพสามมิติแทน

2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ปรับสถานการณ์ โดยการนำส่วนที่เกี่ยวกับการคำนวณราคาขายตามเงื่อนไขที่กำหนดออก เนื่องจากทำให้สถานการณ์จะยุ่งยากเกินไป

3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 และ 4 เพิ่มจุดประสงค์การประเมินความรู้รายบุคคล เพื่อจะได้ประเมินผู้เรียนและให้การช่วยเหลือผู้เรียนรายบุคคลได้

4) เวลาในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นตรงข้ามกัน ท่านหนึ่งประเมินว่าน้อยเกินไป อีกท่านประเมินว่ามากเกินไป ผู้วิจัยจึงคงเวลาในการจัดการเรียนรู้ในแผนนี้ไว้เช่นเดิม และจะปรับเมื่อได้ผลการนำร่องทดลองใช้

- นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินคุณภาพไปศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 โรงเรียนในสังกัดกรุงเทพมหานครที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อศึกษาความเหมาะสมด้านระยะเวลาและขั้นตอนการสอน ความสอดคล้องเนื้อหา ความชัดเจนของภาษาที่ใช้และปัญหาอุปสรรคที่ได้พบระหว่างการศึกษานำร่อง เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การศึกษานำร่องได้ผลดังนี้

1) เพิ่มการศึกษาประวัติของบุคคลที่ไม่ได้เป็นนักวิทยาศาสตร์ร่วมด้วย เพราะผู้เรียนจะให้ความสนใจและมีส่วนร่วมในการอภิปรายเกี่ยวกับวิดิทัศน์ที่ไม่ใช่ประวัตินักวิทยาศาสตร์มากกว่าคลิปประวัตินักวิทยาศาสตร์

2) การแสดงเกณฑ์หรือให้กำหนดเกณฑ์การประเมินผลการแก้ปัญหาและการนำเสนอ ให้ย้ายไปอยู่ในขั้นตอนการออกแบบและการนำเสนอ เนื่องจากผู้เรียนจะเห็นความสำคัญมากกว่าและเห็นว่าการกำหนดเกณฑ์ไปใช้เพื่อจุดประสงค์อะไรได้ชัดเจนกว่า

3) เพิ่มบทบาทผู้สอนให้เข้าไปช่วยเหลือการออกแบบผลงานของผู้เรียนอย่างใกล้ชิด เพราะถ้าผู้เรียนทำไม่สำเร็จมีผลให้การมีส่วนร่วมของผู้เรียนลดลง

4) เพิ่มบทบาทผู้สอน ให้เน้นย้ำผู้เรียนในการวางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอน สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงก่อนดำเนินการแก้ปัญหา

5) ในรูปแบบขั้นตอนนี้ให้ระบุบทบาทผู้สอนว่า ควรสื่อสารและแสดงตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมให้ผู้เรียนรับรู้ทันที เมื่อมีการประเมินผู้เรียนเกี่ยวกับการปรับปรุงการนำเสนอ เพื่อสร้างมุมมองรอบแนวคิดเติบโตและสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ว่าความผิดพลาดเป็นสิ่งที่ทำให้เราได้เรียนรู้

6) ใบบงานการให้ผู้เรียนบันทึกสิ่งต่าง ๆ ในช่วงเริ่มต้นควรให้เฉพาะที่จำเป็น และต้องทะยอยให้อย่าให้ทุกอย่างในครั้งเดียว เพราะผู้เรียนจะท้อถอยและไม่ยอมทำใบบงานอีก

2) แบบวัดกรอบแนวคิดเดบิต เป็นการวัดความเชื่อความฉลาดของผู้เรียน ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบของดเวก (2006b; 2017f) และนำมาแปลเป็นภาษาไทย โดยลักษณะของข้อคำถามของแบบวัดกรอบแนวคิดเดบิตในการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 6 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ค่อนข้างเห็นด้วย ค่อนข้างไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง จำนวน 16 ข้อ (Dweck. 2006b: 12; Dweck. 2008c: 2; Dweck. 2017f) และจากงานวิจัยที่ผ่านมามีค่าความเชื่อมั่นมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา .71 สำหรับวิชาการอ่าน และค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา .65 สำหรับวิชาคณิตศาสตร์ (McCutchen; Jones; Carbonneau; & Mueller. 2016: 209)

จากนั้นนำแบบวัดกรอบแนวคิดเดบิตที่แปลจาก ดเวก (2006) เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อพิจารณาตรวจสอบการแปลข้อคำถามและพิจารณาความเหมาะสมของข้อคำถาม การใช้ภาษา ซึ่งมีการปรับข้อความบางข้อความ จากนั้นนำข้อเสนอมารับแก้ไข

นำแบบวัดกรอบแนวคิดที่ผ่านคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทให้ผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาศาสตร์ จำนวน 3 คน ซึ่งจากการประเมินความตรงของการแปลผู้เชี่ยวชาญได้ให้คะแนนความตรงด้านการแปลผ่านเกณฑ์ คือ ผลการประเมินเกิน 0.5 ซึ่งคะแนนในการประเมินความตรงของผู้เชี่ยวชาญอยู่ระหว่าง 0.67-1.00

จากนั้นได้นำแบบทดสอบที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญประเมินความตรงด้านการแปลให้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่เก่งภาษาอังกฤษเป็นผู้ทำแบบทดสอบที่เป็นภาษาอังกฤษ จากนั้นผ่านไปสองสัปดาห์ ให้นักเรียนคนเดิมทำแบบทดสอบฉบับภาษาไทย พบว่า ผลของความคิดเห็นฉบับที่แปลเป็นภาษาไทยเหมือนกับฉบับภาษาอังกฤษ หลังจากนั้นก็นำแบบสอบถามความคิดเห็นฉบับภาษาไทยไปสอบถามกับนักเรียนที่มีบริบทใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนโรงเรียนสังกัดสำนักงานศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 จำนวน 2 คน พบว่านักเรียนเข้าใจทุกข้อคำถาม และสามารถอธิบายความหมายได้ตรงกับข้อคำถาม

นำแบบวัดกรอบแนวคิดเดบิตไปหาคุณภาพเครื่องมือกับนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นโรงเรียนในสังกัดกรุงเทพมหานคร ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา .82

3) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนแสดงการใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ โดยเป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบตอบสั้น รวมเป็นจำนวน 12 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

- ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แล้วเขียนนิยามศัพท์และองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งได้องค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ ระบุปัญหา ระบุความรู้ ระบุวิธีการและระบุผลลัพธ์

- ยกร่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ครอบคลุมผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของหน่วยการเรียนรู้การแสดงเพื่อใช้วัดการใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาขององค์ประกอบทั้ง 4 ด้าน โดยข้อคำถามเป็นลักษณะของสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอน แต่บริบทไม่เหมือนที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาปรับมาจากข้อสอบ PISA และผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเอง จำนวนข้อคำถามเริ่มต้น 29 ข้อ

- นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่พัฒนาขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อพิจารณาตรวจสอบข้อคำถามและพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การตรวจให้คะแนน และปรับแก้ไขตามข้อเสนอ

- นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่พัฒนาขึ้นที่ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาหรือตรวจสอบความตรง (Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ด้านการสอนที่มีประสบการณ์การสอนไม่น้อยกว่า 5 ปี เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา ความเหมาะสมของการใช้ภาษา เกณฑ์การประเมิน ซึ่งแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านผู้เชี่ยวชาญ 22 ข้อ โดยการวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ดังภาคผนวก ข (สุคนธ์ ภูริเวทย์, 2554: 33) แสดงว่าแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้

- นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไปใช้กับผู้เรียนในชั้นที่สูงกว่ากลุ่มเป้าหมายในที่นี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่สามารถนำไปใช้ได้จำนวน 12 ข้อ แต่ละสถานการณ์มีข้อคำถามให้เติมคำตอบแบบตอบสั้น 5 ข้อ และแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 7 ข้อ คะแนนเต็ม 12 คะแนน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนตอบถูก 1 คะแนน ตอบไม่ถูก 0 คะแนน โดยในการทดลองใช้ผู้วิจัยแจ้งวัตถุประสงค์ของการทดลองใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาด้วย จากนั้นนำผลไปวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นได้ผลดังนี้

การหาค่าความยากง่าย นำคะแนนของนักเรียนเรียงคะแนนจากสูงไปต่ำ และแบ่งนักเรียนเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มสูงกับกลุ่มต่ำ และนำผลของนักเรียน 25% บนและล่างมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ จากการนำไปทดสอบหาคุณภาพความสามารถในการแก้ปัญหา พบว่า ค่าความยากง่าย

อยู่ระหว่าง 0.21-0.76 ดังภาคผนวก ข (พรรณีย์ ลีกิจวัฒน์. 2558: 213) แสดงว่าความสามารถในการแก้ปัญหานั้นมีความยากง่ายเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้

การหาค่าอำนาจจำแนก เป็นการตรวจสอบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาคำถามเด็กเก่งและเด็กอ่อนได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.26-0.58 ดังภาคผนวก ข (พรรณีย์ ลีกิจวัฒน์. 2558: 214) ซึ่งแสดงว่าความสามารถในการแก้ปัญหานั้นมีค่าอำนาจจำแนกเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้

การหาค่าความเชื่อมั่นของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน : เค-อาร์ 20 (Kuder- Richardson: KR-20) ซึ่งใช้ผลการวัดเพียงครั้งเดียวมาวิเคราะห์ โดยคำตอบมีค่า (0 คือ ไม่ถูก) กับ (1 คือ ถูก) (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2555. 36-38) ซึ่งจะวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ค่าความเชื่อมั่นมีผลการคำนวณ 0.62

4) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบประเมินความรู้ตามตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์สาระที่ 5 พลังงาน เรื่องแสงและการมองเห็น ในด้านความเข้าใจ การประยุกต์ใช้และด้านการวิเคราะห์ โดยข้อสอบปรับมาจากข้อสอบ TIMSS, O-net , PISA และผู้วิจัยออกแบบบางส่วน โดยเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน รวมเป็น 20 คะแนน ขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- วิเคราะห์ตัวชี้วัดและสร้างตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ ศึกษาข้อสอบ TIMSS Onet PISA จากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้แสงและการมองเห็น และสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยมีการปรับข้อสอบในบางข้อและบางส่วนผู้วิจัยออกแบบเพื่อสร้างข้อสอบฉบับร่าง จำนวน 60 ข้อ เสนอต่อกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาและนำมาปรับปรุงให้เหมาะสม จากนั้นส่งให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา ซึ่งข้อสอบผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญมีจำนวน 41 ข้อ โดยมีข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นดังนี้

- 1) ปรับภาษาที่ใช้ในข้อคำถามและตัวเลือกให้เข้าใจง่าย
- 2) ปรับข้อคำถามให้สอดคล้องกับระดับพฤติกรรม
- 3) ปรับรูปให้เข้าใจง่าย และสื่อสารได้ชัดเจนมากขึ้น

- หาค่าความตรงตามเนื้อหา นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ผ่านการพิจารณาจาก คณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประเมินความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์และด้านการสอนที่มี ประสบการณ์การสอนฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 5 ปี การประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเพื่อประเมินความ เหมาะสมและความสอดคล้องในประเด็นต่อไปนี้ ความเหมาะสมของการให้น้ำหนักตามความสำคัญ ของสิ่งที่ต้องการวัด ความสอดคล้องและเหมาะสมของข้อคำถามกับแนวคิดหลักและพฤติกรรม รวมทั้งการใช้ภาษา ซึ่งการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของผู้เชี่ยวชาญ โดยการวัดค่าดัชนีความ สอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ดังภาคผนวก ข แสดงว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี ความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ (สุคนธ์ ภูริเวทย์. 2554: 33)

- นำไปทดลองใช้กับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ที่ผ่านการเรียนในเรื่องนี้มาแล้ว และนำผลจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ค่าความยากง่าย (Difficulty) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ซึ่งมีการดำเนินการ ดังนี้

การหาค่าความยากง่าย นำแบบทดสอบที่ผ่าน IOC แล้วไปทดสอบกับผู้เรียนในชั้น ที่สูงกว่ากลุ่มเป้าหมายในที่นี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 และเรียงคะแนนจากสูงไปต่ำ และ แบ่งนักเรียนเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มสูงกับกลุ่มต่ำ โดยนำผลของนักเรียน 25% บนและล่างมาวิเคราะห์ เป็นรายข้อ จากการนำไปทดสอบหาคุณภาพแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ค่าความยากง่าย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.24-0.76 ดังภาคผนวก ข แสดงว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับนี้ความ ยากง่ายเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ (พรพรรณ ลีกิจวัฒน์. 2558: 213)

การหาค่าอำนาจจำแนก เป็นการตรวจสอบว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์สามารถจำแนก เด็กเก่งและเด็กอ่อนได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22-0.63 ดังภาคผนวก ข แสดงว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับนี้มีค่าอำนาจจำแนกเหมาะสมสามารถ นำไปใช้ได้ (พรพรรณ ลีกิจวัฒน์. 2558: 214)

การหาค่าความเชื่อมั่นของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน : เค-อาร์ 20 (Kuder- Richardson: KR-20) ซึ่งใช้ผลการวัดเพียงครั้งเดียวมาวิเคราะห์ โดยคำตอบมีค่า (0 คือ ไม่ถูก) กับ (1 คือ ถูก) (กัลยา วาณิชยปัญญา. 2555. 36-38) ซึ่งจะวิเคราะห์เป็นรายข้อ และผลการคำนวณมีค่าความเชื่อมั่น 0.75

5) แบบบันทึกการเรียนรู้ เป็นการให้ผู้เรียนบันทึกการเรียนรู้ ความคิดและความรู้สึกที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยแบบบันทึกการเรียนรู้เป็นคำถามปลายเปิดให้ผู้เรียนบันทึกหลังสิ้นสุดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของผู้เรียน โดยข้อคำถามที่ให้ผู้เรียนบันทึกนั้นจะมีประเด็นดังต่อไปนี้

แสดงความรู้ ความคิด และความรู้สึกในการจัดการกับปัญหา

แสดงความคิดกรอบแนวคิดเดิม เพื่อให้ผู้เรียนสะท้อนกิจกรรมที่ได้เรียนรู้มีส่วนช่วยส่งเสริมความพยายามของผู้เรียนอย่างไร

แสดงความคิดเห็นที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ในด้านความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้มีอะไรบ้าง

- นำแบบบันทึกการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อพิจารณาตรวจสอบข้อคำถามตามองค์ประกอบการแก้ปัญหา กรอบแนวคิดเดิม และความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำผลมาปรับปรุงแก้ไข

6) แบบสัมภาษณ์ เป็นการสัมภาษณ์เพื่อนำข้อมูลมายืนยันผลสถิติเชิงปริมาณว่า ผลลัพธ์ที่สูงขึ้นของผู้เรียนเกิดจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEMGM โดยสัมภาษณ์หลังและระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยวัตถุประสงค์ของการสัมภาษณ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลระหว่างและหลังการทดลองประกอบผลการประเมินจากแบบสอบถามกรอบแนวคิดเดิม แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยรายละเอียดของข้อคำถามผู้วิจัยได้ยกกว้าง และนำเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท ซึ่งได้ประเด็นของข้อคำถามดังต่อไปนี้

ผู้เรียนเคยได้รับการอบรมหรือการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหานี้ เนื้อหาที่เรียนวิธีการต่างๆ มาก่อนหรือไม่ ถ้าเคยให้อธิบาย

ผู้เรียนเคยได้รับการอบรมหรือการเรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนการสอนในวิชาต่างๆ อย่างไร และเคยเรียนรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหานี้ เนื้อหาเกี่ยวกับแสงและการมองเห็นระหว่างช่วงการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้การแสงหรือไม่ ถ้าเคยให้อธิบาย

การจัดการเรียนรู้แบบที่ผู้เรียนได้เรียนรู้กับผู้วิจัย ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ความสามารถด้านใดบ้าง

ความรู้สึกที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ STEM^{GM}

ผู้เรียนได้เรียนพิเศษหรือทำกิจกรรมอะไรบ้างระหว่างเข้ารับการวิจัย

ผู้ปกครอง ครู เพื่อน ช่วยสนับสนุนผู้เรียนในด้านการเรียนอย่างไรบ้าง และมีการชมเมื่อผู้เรียนทำงานหรือเรียนได้ดีหรือไม่ อย่างไร

7) แบบสังเกต เป็นแบบประเมินความพยายามและความมุ่งมั่น ซึ่งอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ โดนให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ระบุไว้ให้ โดยผ่านกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยในการทดลองได้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) โดยมีกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม ในการทดสอบจะทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (one – group pretest- posttest design) (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2535: 82) ดังนี้

กลุ่ม	ทดสอบก่อน	การทดลอง	ทดสอบหลัง
E	T_1	X_1	T_2

เมื่อ	E	กลุ่มทดลอง
T_1		การทดสอบก่อนการทดลอง
T_2		การทดสอบหลังการทดลอง
X_1		ตัวแปรจัดกระทำ (รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM})

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ทำหนังสือถึงโรงเรียนเพื่อขออนุญาตในการทำการวิจัย
- 2) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและบริบทของโรงเรียน โดยการสังเคราะห์จากเอกสารสัมภาษณ์ผู้บริหารสถานศึกษา ครูเกี่ยวกับสภาพปัญหาและความต้องการการจัดการเรียนรู้ของโรงเรียน และนำข้อมูลที่ได้มาเขียนบรรยายเชิงพรรณาบริบทของโรงเรียนที่ทำการศึกษา
- 3) ชี้แจงวัตถุประสงค์และข้อตกลงของการสอนให้ผู้เรียนทราบ และให้ผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเห็นดียินยอมเพื่อยินยอมให้ทำวิจัย บันทึกภาพ เสียงระหว่างการทดลอง

4) ชี้นำเจตคติประสงค์และทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดกรอบแนวคิดเติบโตและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5) ดำเนินการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับกลุ่มทดลอง จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 29 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โดยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 20 ชั่วโมง และหลังกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนทำแบบบันทึกการเรียนรู้ เพื่อส่งหลังจากเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว

6) สัมภาษณ์ผู้เรียนโดยการสนทนากลุ่มและรายบุคคล หลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยทำการบันทึกเสียงและภาพ เมื่อเสร็จสิ้นการสัมภาษณ์ทำการถอดเทปและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา โดยในการสัมภาษณ์ มีขั้นตอนดังนี้

- ผู้วิจัยชี้นำเจตคติประสงค์ของการสัมภาษณ์ และแจ้งสิทธิของผู้เรียนในการให้สัมภาษณ์
- ระหว่างการสนทนากลุ่มจะมีการบันทึกภาพ
- เมื่อจบการสนทนา ผู้วิจัยกล่าวสรุปความคิดเห็นของผู้เรียนอีกครั้งเพื่อยืนยันความคิดของผู้เรียน และกล่าวขอบคุณผู้เรียน

7) ทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดกรอบแนวคิดเติบโตและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์สูงสุดเดียวกับการทดสอบก่อนเรียน

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินและปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

1) การวิเคราะห์จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ

2) การเก็บข้อมูลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ของผู้เรียน โดยใช้แบบวัดกรอบแนวคิดเติบโต แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับกลุ่มทดลอง และเก็บข้อมูลจากการวัดก่อนและหลังการทดลองใช้รูปแบบ ฯ

3) การตรวจให้คะแนนแบบวัดทั้งสามเป็นดังนี้

3.1) แบบวัดกรอบแนวคิดเติบโตกำหนดการให้คะแนนตัวเลือกเป็น 6 5 4 3 2 1 ตามลำดับ ดังนี้ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ค่อนข้างเห็นด้วย ค่อนข้างไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย ไม่เห็น

ด้วยอย่างยิ่ง สำหรับข้อคำถามข้อที่ 3 4 6 8 11 13 15 และ 16 และมีการกลับมาตรวคำถามเชิงลบของข้อคำถามข้อที่ 1 2 5 7 9 10 12 และ 14 จากนั้นนำไปหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.2) แบบวัดความสามารถการแก้ปัญหา กำหนดการให้คะแนน โดยตอบถูก 1 คะแนน ถ้าตอบผิดได้ 0

3.3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กำหนดการให้คะแนน โดยตอบถูก 1 คะแนน ถ้าตอบผิดได้ 0 จากนั้นนำคะแนนที่ได้ไปทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS

4) เปรียบเทียบคะแนนก่อน-หลังการจัดการเรียนรู้ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา กรอบแนวคิดเติบโตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ระดับนัยสำคัญ .01

5) เปรียบเทียบคะแนนก่อน-หลังการจัดการเรียนรู้ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนตามเกณฑ์ระดับปานกลางของค่าขนาดอิทธิพล

6) นำข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ แบบบันทึกการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสังเกตมาวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) เพื่อเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพในการสนับสนุนข้อมูลเชิงปริมาณของกรอบแนวคิดเติบโต

7) เขียนพรรณนาข้อมูลตามข้อสรุปที่ได้เพื่อตอบคำถามการวิจัยและตอบสมมติฐาน

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าสูงสุดต่ำสุด เพื่อบรรยายลักษณะของข้อมูล โดยใช้โปรแกรม SPSS

สถิติที่ใช้สำหรับประเมินเครื่องมือ

$$1) \text{ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)} = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ R คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทุกคน

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด (สุคนธ์ ภูริเวทย์. 2554: 33)

$$2) \text{ ค่าความยากง่าย (p)} = \frac{R_u + R_L}{N}$$

เมื่อ R_u หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกกลุ่มสูง

R_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกกลุ่มต่ำ

N หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมด

ซึ่งค่าความยากง่ายที่แสดงว่าข้อคำถามนั้นใช้ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20-0.80

$$3) \text{ ค่าอำนาจจำแนก } (r) = \frac{R_u - R_L}{n}$$

เมื่อ R_u หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกกลุ่มสูง

R_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกกลุ่มต่ำ

n หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ตอบในกลุ่มสูง หรือกลุ่มต่ำ

ซึ่งค่าอำนาจจำแนกที่แสดงว่าข้อคำถามนั้นใช้ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20-1.00 สามารถแยกเด็กเก่งเด็กอ่อนได้ (สุคนธ์ ภูริเวทย์. 2554. 31-36)

$$4) \text{ ค่าความเชื่อมั่น } (r) = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum p_i q_i}{S^2} \right\}$$

เมื่อ

k หมายถึง จำนวนคำถาม

p_i หมายถึง สัดส่วนของคนที่ได้ 1 ของคำถาม i

q_i หมายถึง สัดส่วนของคนที่ได้ 0 ของคำถาม i

S^2 หมายถึง ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งหมด

(กัลยา วานิชย์บัญชา. 2555. 36-38)

5) สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) สำหรับกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระกันและข้อมูลแจกแจงปกติ และใช้การทดสอบค่าวิลคอกซัน (Wilcoxon Sign Rank test) สำหรับกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระกันและข้อมูลแจกแจงไม่ปกติ ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 - 3 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา กรอบแนวคิด เติบโตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้จากกลุ่มทดลอง ทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติทดสอบที่

D แทน ผลต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

n แทน จำนวนคู่

df แทน ความเป็นอิสระมีค่าเท่ากับ $n-1$

(พรณี ลีกิจวัฒน์. 2558: 274)

$$T = \frac{(T - n(n+1))/4}{\sqrt{n(n+1)(2n+1)/24}}$$

เมื่อ T แทน ค่าผลบวกของลำดับ

n แทน จำนวนข้อมูล (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2555. 258-260)

6) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) โดยใช้ของ Cohen's d ซึ่งเป็นค่าแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนน ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ซึ่งหาได้จาก

$$\text{ค่าขนาดอิทธิพล (d)} = \frac{(\text{ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังทดลอง} - \text{ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนทดลอง})}{\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนเฉลี่ย}}$$

เกณฑ์ของการพิจารณามีดังนี้

0.8 อิทธิพลระดับสูง

0.5 อิทธิพลระดับปานกลาง

0.2 อิทธิพลระดับต่ำ (Madsen; Sayre, & McKagan. 2018)

จริยธรรมของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยทางสาขาสังคมศาสตร์ ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัยในมนุษย์ จึงจำเป็นต้องระมัดระวังและมีความละเอียดรอบคอบในการดำเนินการทำวิจัย เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อผู้ร่วมวิจัย ซึ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีใบรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยและใบยินยอมหมายเลขรับรอง SWUEC/E-303/2560 ดังภาคผนวก จ ก่อนที่ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัย ในเริ่มต้นผู้วิจัยได้ทำหนังสือขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียน ครูและนักเรียนที่เข้าร่วมในการทดลองวิจัยในครั้งนี้ สำหรับกลุ่มครู นักเรียน และผู้ปกครองผู้วิจัยได้ให้แสดงความยินยอมในใบยินยอม (consent form) ในการเก็บข้อมูลหรือทดลองใช้รูปแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และผู้วิจัยได้ขออนุญาตครู กลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองของกลุ่มตัวอย่างล่วงหน้า โดยไม่กระทำการซึ่งละเมิดสิทธิของกลุ่มตัวอย่าง และเมื่อเริ่มทำวิจัยได้มีการแจ้งวัตถุประสงค์ในการทำวิจัยให้กับผู้ร่วมวิจัยและผู้เกี่ยวข้องทราบก่อนเริ่มการดำเนินการวิจัย ข้อมูลที่ได้จำเป็นต้องเก็บเป็นความลับ ชื่อที่ใช้ในงานวิจัยจะเป็นนามสมมติ และในการตีความหมายข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกการเรียนรู้ แบบสัมภาษณ์จะใช้นามสมมติมาใช้ในการรายงานผลการวิจัย เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อโรงเรียน นักเรียนและผู้เกี่ยวข้องภายหลังการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลของวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามคำถามของการวิจัยเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

ตอนที่ 2 ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีต่อกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยฉบับนี้ จะเขียนอักษรย่อที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ย (Mean)
$\bar{x}_1$	แทน	ค่าเฉลี่ยของนักเรียนก่อนเรียน
$\bar{x}_2$	แทน	ค่าเฉลี่ยของนักเรียนหลังเรียน
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
t	แทน	การทดสอบค่าที (t-test)
T	แทน	การทดสอบของวิลคอกซัน (Wilcoxon Signed-Rank Test)
df	แทน	ระดับความเป็นอิสระ (Degree of freedom)
α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alfa-Coefficient)
**	แทน	ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็น (Propability)
k	แทน	คะแนนเต็มของแบบวัด

ตอนที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา และกรอบแนวคิดเติบโต ได้ข้อสรุปว่าการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สามารถช่วยส่งเสริมความเข้มแข็งทางวิชาการและพัฒนาความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาได้ (เกตุมณี เหมรา และ ชลาธิป สมาหิโต. 2558; อภิสิทธิ์ ธงไชย. 2559; อาทิตยา พูนเรือง. 2559; Becker; & Park. 2011: 31; Li; Huang; Jiang; and Chang. 2016: 144:154; Lou; Shih; Diez; & Tseng. 2011: 195-196; Morrison. 2006: 2) แต่จากหลักการของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่เน้นการสร้างความรู้ ทักษะและความสามารถของผู้เรียนซึ่งจะต้องมีความยากที่เหมาะสม (Vasquez; Seider; & Comer. 2013:19) นั้น จะพบว่าการจัดการเรียนรู้ไม่สามารถจะจัดหากิจกรรมที่เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของนักเรียนได้ทุกคน ดังนั้นเมื่อผู้เรียนจะต้องทำกิจกรรมที่ยากควรมีวิธีการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดที่ไม่ย่อท้อและมองความยากเป็นสิ่งที่ท้าทายความรู้ความสามารถของตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนพยายามเรียนรู้สิ่งนั้นและได้พัฒนาความรู้ความสามารถของตนเองให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งแนวคิดลักษณะนี้จัดเป็นกรอบแนวคิดเติบโต งานวิจัยจำนวนมากแสดงให้เห็นว่ากรอบแนวคิดเติบโตช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (De Castella, & Byrne. 2015; Esparza, Shumow, & Schmidt. 2014; Dweck. 2000; McCutchen, Jones, Carbonneau, & Mueller. 2016; Good, Aronson, & Inzlicht. 2003; Paunesku. 2013; Rattan, Savani, Chugh, & Dweck. 2015) และยังมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหาด้วย (Boaler. 2016: 6-7) คลิสโตฟีก (Kristofic .2014: 18, 55) ได้เสนอแนะให้มีการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตให้กับผู้เรียน เพื่อให้การเรียนรู้สะเต็มศึกษาประสบความสำเร็จมากขึ้น ดังนั้นในการจะพัฒนาการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาควรทำร่วมกับการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้เรียนที่มักเกิดความท้อแท้หรือไม่พยายามที่จะเรียนรู้ เมื่อเจอปัญหาที่ท้าทาย และมีกรอบแนวคิดเติบโตไม่สูง ซึ่งจะช่วยเพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้สะเต็มให้กับผู้เรียนกลุ่มนี้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} จึงได้สร้างและพัฒนาจากการนำหลักการของ STEM ซึ่งมี 5 ข้อ ได้แก่ 1) เน้นการบูรณาการความรู้และแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ 2) สร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทั้ง 4 กับปัญหาในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ 3) เน้นพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 4) สร้างการทำลายความรู้ความสามารถของนักเรียน 5) เปิดโอกาสการแสดงความคิดเห็นและความเข้าใจในเนื้อหาทั้ง 4 วิชา (สสวท. 2560) กับหลักการของการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต (Growth mindset: GM) ซึ่งมี 2 ข้อ ดังนี้ 1) สร้างความเข้าใจว่าสมองเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่โดยการให้ศึกษาการ

ทำงานของสมองในศาสตร์ของนิเวศวิทยา 2) สร้างมุมมองเกี่ยวกับความฉลาดหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่โดยการให้ตั้งเป้าหมาย วางแผนการดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมาย และให้คำชมโดยเน้นกระบวนการและความพยายามในการได้มาซึ่งผลลัพธ์หรือการสื่อสารกรอบแนวคิดเติบโต เพื่อสื่อว่าความฉลาดเปลี่ยนแปลงจากความพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ รวมทั้งให้ระลึกประสบการณ์ของตนเองหรือเรียนรู้จากประสบการณ์ของผู้อื่น เพื่อให้ผู้เรียนได้มีมุมมองและเพิ่มความเชื่อว่าความพยายามเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ทำให้เรามีการพัฒนาความรู้ความสามารถและหากไม่ท้อถอยก่อนจะสามารถนำตนเองไปสู่ความสำเร็จได้ จากหลักการของ STEM 5 ข้อ และกรอบแนวคิดเติบโต 2 ข้อ จึงสามารถสรุปเป็นหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน STEM^{GM} 5 ข้อ ได้แก่ 1) เน้นการบูรณาการและการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับปัญหาในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ 2) เน้นพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 3) สร้างมุมมองว่าความฉลาดเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้ปัญหาที่ท้าทายใหม่ ๆ 4) เน้นการเรียนรู้และความเข้าใจว่าสมองเปลี่ยนแปลงได้ 5) เปิดโอกาสการแสดงความคิดเห็นและความเข้าใจในเนื้อหาวิชาและกรอบแนวคิดเติบโต จากหลักการดังกล่าวได้นำมาพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีวัตถุประสงค์ของรูปแบบเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยีไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาและมีความพยายามในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเอง กล่าวคือมีกรอบแนวคิดเติบโตให้มากขึ้น ซึ่งการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต ทำได้โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทำความเข้าใจการทำงานสมองว่าสมองมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเรียนรู้สิ่งใหม่ เรียนรู้ประวัติของนักวิทยาศาสตร์หรือบุคคลที่ประสบความสำเร็จเพื่อสร้างความเข้าใจและให้เกิดมุมมองว่าสมองเติบโตได้จากการเรียนรู้สิ่งใหม่ และในส่วนของสะเต็มได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการการออกแบบทางวิศวกรรมที่ส่งเสริมให้มีการได้เชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีมาแก้ปัญหาท้าทายที่เกี่ยวข้องกับชีวิตหรืออาชีพ ตามเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนดให้ร่วมกับเพื่อน ซึ่งผู้เรียนและสมาชิกในกลุ่มจะได้ค้นหาปัญหาและดำเนินการค้นคว้าหรือสำรวจตรวจสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการให้ได้ความรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อหาแนวทางและออกแบบการแก้ปัญหา จากนั้นดำเนินการแก้ปัญหาตามที่ได้ออกแบบไว้รวมทั้งทดสอบปรับปรุงการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์หรือวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด นอกจากได้ผลลัพธ์แล้วจำเป็นต้องให้ผู้เรียนได้มีการนำเสนอเพื่อเผยแพร่แนวทางการแก้ปัญหาตามหลักวิชาการและสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้และความก้าวหน้าของการพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเองที่เพิ่มมากขึ้นจากเดิม

ซึ่งในระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหาตามกระบวนการของสะเต็มฯ นั้น ผู้สอนจะให้คำชมที่เน้นกระบวนการและความพยายามหรืออาจสื่อสารข้อความการสร้างมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มีขั้นตอนการเรียนรู้ทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 สร้างความเชื่อ (Make believe) ขั้นที่ 2 ระบุปัญหา (Identify Problem) ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Collect Relevant Information and Concept) ขั้นที่ 4 ออกแบบการแก้ปัญหา (Design Solution) ขั้นที่ 5 วางแผนและแก้ปัญหา (Plan and Solve Problem) ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน (Evaluate Products) และขั้นที่ 7 นำเสนอและสะท้อนการเรียนรู้ (Present and Reflect Learning) โดยในขั้นที่ 1 จะเน้นการพัฒนาความเชื่อเกี่ยวกับกรอบแนวคิดเติบโต และขั้นที่ 3 และ 6 จะมีการแทรกคำชมที่กระบวนการและความพยายาม โดยที่ขั้นที่ 6 จะมีการแทรกการสะท้อนข้อความมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตด้วยคำพูดเพิ่มเติมด้วย ส่วนในขั้นที่ 7 จะมีการแทรกเชิงคำพูดส่งเสริมมุมมองกรอบแนวคิดเติบโต ซึ่งผลของการทดลองใช้ในห้องเรียนจริงของกลุ่มที่ศึกษามีข้อค้นพบดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างความเชื่อ (Make believe)

ขั้นการสร้างความเชื่อมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและมีมุมมองเกี่ยวกับกรอบแนวคิดเติบโตที่มีความเชื่อว่าสมองเปลี่ยนแปลงเติบโตได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ผ่านการทำกิจกรรมต่าง ๆ และทราบเป้าหมายของการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยมีลักษณะดังนี้

เริ่มต้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาวิดีโอทัศน์เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและมีมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตที่มีความเชื่อว่าสมองเปลี่ยนแปลงเติบโตได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ผ่านการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ศึกษาวิดีโอทัศน์การทำงานและเติบโตของสมองในศาสตร์ของนิโรพลาสติก (Neuroplasticity) ศึกษาวิดีโอทัศน์ประวัตินักวิทยาศาสตร์หรือบุคคลที่ประสบความสำเร็จจากความพยายาม จากนั้นผู้สอนแสดงวัตถุประสงค์การเรียนรู้และอภิปรายร่วมกันกับผู้เรียนเกี่ยวกับกรอบแนวคิดเติบโต

ผลการทดลองใช้ พบว่าเมื่อใช้สื่อวิดีโอทัศน์แสดงการเปลี่ยนแปลงของสมองที่แสดงให้เห็นว่าการคิดหรือทำสิ่งใหม่ๆ สมองจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการเชื่อมต่อกันของเซลล์สมอง และหากทำสิ่งนั้นซ้ำ ๆ สมองจะพัฒนาให้มีความรู้ความสามารถในสิ่งเหล่านั้นมากยิ่งขึ้น พบว่า ผู้เรียนร้อยละ 86 (25 คน) ตั้งใจและแสดงความสนใจในสื่อ ส่วนการใช้สื่อวิดีโอทัศน์ที่เป็นประวัติของบุคคลที่ประสบความสำเร็จ โดยมีจุดเริ่มต้นของชีวิตด้อยกว่าผู้เรียนนั้น ผู้เรียนตั้งใจและสนใจมากที่สุด คือ ร้อยละ 100 (29 คน) ส่วนวิดีโอทัศน์ที่ทำให้ผู้เรียนตั้งใจและสนใจน้อยลงเป็นวิดีโอทัศน์ประวัตินักวิทยาศาสตร์มีผู้เรียนตั้งใจและสนใจร้อยละ 51.72 (15 คน) ส่วนของการ

นำเสนอวิธีทัศน์ผู้ใหญ่ที่ประสบความสำเร็จ ผู้เรียนตั้งใจและสนใจน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 37.93 (11 คน) ผลจากการวิเคราะห์กรอบแนวคิดเติบโตจากไปกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนสะท้อนกรอบแนวคิดเติบโต พบว่าวิธีทัศน์ประวัติดุคคลที่ประสบความสำเร็จโดยมีจุดเริ่มต้นด้อยกว่าผู้เรียน จะมีจำนวนผู้เรียนสะท้อนกรอบแนวคิดเติบโตได้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.62 (17 คน) รองลงมา เป็นวิธีทัศน์ในศาสตร์นิเวศวิทยาสถิตคิดเป็นร้อยละ 51.72 (15 คน) ประวัตินักวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 48.28 (14 คน) และประวัติของผู้ใหญ่ที่มีความสามารถในการจัดการการแก้ปัญหาได้ประสบความสำเร็จ คิดเป็นร้อยละ 37.93 (11 คน) ตามลำดับ

จากการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสื่อวิธีทัศน์ของชีวประวัติดุคคลที่ประสบความสำเร็จจากความพยายามนั้น จะพบว่า การใช้สิ่งนี้มีส่วนทำให้ผู้เรียนมีมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตและเข้าใจว่าการทำงานประสบความสำเร็จต้องผ่านความยากลำบาก อุปสรรค รวมทั้งต้องใช้ความพยายามในการทำสิ่งนั้น ดังจะเห็นได้จากการที่ผู้เรียนมีการสะท้อนความคิดลงในใบกิจกรรม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

นิวตันไม่ได้เกิดมาสวยงามกว่าจะเป็นนักวิทยาศาสตร์ต้องผ่านอุปสรรคมาเยอะ” (A2S28)

“นิคไม่มีแขนมีขาเหมือนกับคนอื่นแต่เขามีความพยายามในการใช้ชีวิต...นิคเป็นคนล้มแล้วลุก ผมจะเอาแบบนิคคือถ้าผมล้มผมจะไม่ย่อท้อและผมจะตั้งใจทำใหม่ ถ้าทำไม่ได้ผมก็จะลองจนกว่าจะทำได้” (A2S28)

“ท่าน (ผู้ว่าราชการจังหวัดเชียงราย) แม้จะลำบากมากแค่ไหน ท่านก็ตั้งใจทำงานสุดความสามารถ แม้ท่านจะต้องเจอกับปัญหามากมายขนาดไหน ท่านก็ผ่านไป...” (A3S1)

นอกจากนี้ยังมีผู้เรียนสะท้อนให้เห็นว่า การที่ได้ศึกษาวิธีทัศน์ประวัติดุคคลที่ประสบความสำเร็จ และการเรียนรู้จากภาพทางวิทยาศาสตร์ของหนูอยู่ในกรงที่มีของเล่นกับไม่มีของเล่น เซลล์ประสาทมีการแผ่ขยายเชื่อมโยงแตกต่างกัน สามารถช่วยให้ผู้เรียนอยากพยายามเรียนรู้เพื่อจะพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเอง ดังตัวอย่าง “...จากการดูวิธีทัศน์นิค (คนไม่มีแขนขา) ...เราอยากได้ความรู้ เราต้องทำเอง...การดูภาพหนูในกรงที่อยู่กับของเล่นกับกรงไม่มีของเล่นทำให้เป็นแรงผลักดันให้อยากเรียนรู้ ปฏิบัติและก็ลองทำดู...”

ผลจากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการเลือกใช้สื่อวิธีทัศน์ประวัติดุคคลที่ประสบความสำเร็จโดยมีจุดเริ่มต้นที่ด้อยกว่าผู้เรียนจะส่งผลต่อความตั้งใจและสนใจของผู้เรียนได้ดีกว่าประวัตินักวิทยาศาสตร์และประวัติของบุคคลที่มีจุดเริ่มต้นสูงกว่าผู้เรียน และยังสะท้อนกรอบแนวคิดเติบโตได้มากที่สุด โดยในการสะท้อนกรอบแนวคิดเติบโตในขั้นนี้ได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีมุมมองที่ว่า

การทำงานอาจเจออุปสรรค แต่การพยายามทำสิ่งนั้นต่อไปโดยไม่ย่อท้อ ทำให้งานประสบความสำเร็จได้ ในส่วนของขั้นตอนการจัดกิจกรรมพบว่าสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้

ขั้นที่ 2 ระบุปัญหา (Identify Problem)

ขั้นระบุปัญหามีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ในชีวิตจริงหรือการประกอบอาชีพที่ทำทนาย และร่วมกันระดมความคิดเพื่อระบุปัญหา เงื่อนไขและข้อจำกัดจากสถานการณ์

โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ เริ่มต้นด้วยการให้ผู้เรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาที่ทำทนายจากสถานการณ์ในชีวิตจริงหรือการประกอบอาชีพที่ครูผู้สอนกำหนดให้ จากนั้นผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนให้อภิปรายร่วมกันเพื่อระบุปัญหา หากผู้เรียนไม่สามารถระบุปัญหาที่แท้จริงได้ ผู้สอนใช้คำถาม เพื่อให้ผู้เรียนระบุปัญหาที่แท้จริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จากนั้นให้นักเรียนบันทึกปัญหา ข้อจำกัดและเงื่อนไขลงใบกิจกรรม

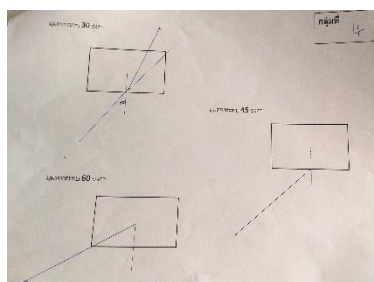
จากการทดลองใช้พบว่า กรณีให้ผู้เรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาที่มีปัญหาซ้อนกันหลายปัญหา ถ้าใบกิจกรรมระบุเจาะจงว่าเป็นปัญหาของใครประกอบกับผู้สอนใช้คำถามนำ ผู้เรียนร้อยละ 51.73 (15 คน) สามารถระบุปัญหาได้ถูกต้อง แต่ถ้าให้ผู้เรียนอ่านวิเคราะห์เพื่อหาปัญหาที่แท้จริงจากสถานการณ์ด้วยตนเอง โดยในใบกิจกรรมไม่ระบุว่าปัญหาของใคร เช่นในกิจกรรมที่ 2 ผู้เรียนเพียงร้อยละ 3.45 (1 คน) ระบุปัญหาที่แท้จริงได้ถูกต้อง โดยที่เหลือจะระบุปัญหาที่ไม่ใช่ปัญหาที่แท้จริง ส่วนของกิจกรรมที่ 3 และ 4 ซึ่งลักษณะคำถามที่ใช้เช่นเดียวกับกิจกรรมที่ 2 ผู้เรียนสามารถระบุปัญหาที่แท้จริงได้ถูกต้องมากขึ้น โดยกิจกรรมที่ 3 ผู้เรียนร้อยละ 27.59 (8 คน) และกิจกรรมที่ 4 ผู้เรียนร้อยละ 55.17 (16 คน) ระบุปัญหาที่แท้จริงได้ถูกต้อง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การกำหนดให้ผู้เรียนระบุปัญหาควรเขียนคำสั่งให้ชัดเจน เช่น ระบุว่า เป็นปัญหาของใคร หรือ ปัญหาที่วิศวกรรมต้องการแก้ไขคืออะไร และในกิจกรรมแรก ๆ ผู้สอนต้องช่วยเหลือโดยใช้คำถามนำ ในส่วนของขั้นตอนการจัดกิจกรรมพบว่าสามารถดำเนินการได้ตามแผน

ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Collect Relevant Information and Concepts)

ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนตั้งเป้าหมายการแก้ปัญหา วิเคราะห์แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา วางแผนการสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลและแนวคิดหลักเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา และมีการให้ผลป้อนกลับกับผู้เรียนโดยให้คำชมที่กระบวนการและความพยายามระหว่างการสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบ โดยมีการดำเนินการดังนี้ เริ่มต้นจัดกลุ่มผู้เรียนที่มีคนเก่ง 1 คน สมาชิกที่เหลือเป็นผู้เรียนที่คละความสามารถและคละเพศ จากนั้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระบุเป้าหมายของการแก้ปัญหาลงในใบกิจกรรม เมื่อผู้เรียนระบุเป้าหมายได้แล้ว ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลหรือแนวคิดที่จำเป็นที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา โดยผู้สอนอาจใช้คำถามนำหากผู้เรียนไม่สามารถระบุข้อมูลหรือแนวคิดได้ครบถ้วนเพียงพอต่อการแก้ปัญหา จากนั้นให้ผู้เรียนดำเนินการสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลและแนวคิดในการนำไปใช้แก้ปัญหาและบันทึกผลการสืบค้นหรือสำรวจตรวจสอบลงในใบกิจกรรม ระหว่างผู้เรียนดำเนินการสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบ ผู้สอนทำหน้าที่ช่วยเหลือผู้เรียนและชื่นชมที่กระบวนการและความพยายามของผู้เรียนในการให้ได้มาของข้อมูลและแนวคิดที่จำเป็นในการแก้ปัญหาด้วย

จากการทดลองใช้ได้ผลดังนี้ เมื่อผู้วิจัยจัดกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบที่เป็นการทดลองเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงในกิจกรรมที่ 1 และ 2 เพื่อให้ผู้เรียนมีข้อมูลและองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา พบว่าผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เช่น การวัดมุมด้วยไม้โปรแทรกเตอร์ การลากเส้นแนวฉาก ซึ่งสังเกตได้จากการที่ผู้เรียนไม่สามารถตอบคำถามหรือลากเส้นแนวฉากที่กระทำกับกระจกหรือแท่งพลาสติกได้ รวมทั้งไม่สามารถวัดมุมเพื่อลากเส้นรังสีตกกระทบตามมุมที่กำหนดและวัดมุมของรังสีสะท้อนหรือรังสีหักเหกระทำกับเส้นแนวฉากได้ (14) ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 การลากเส้นรังสีตกกระทบตามมุมที่กำหนดไม่ถูกต้อง

ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากการสัมภาษณ์ที่ผู้เรียนได้สะท้อนไว้ดังนี้

“...การหักเหของแสง กว่าจะวัดมุมของแสงได้ เราไม่รู้ว่าจะวัดมุมตรงจุดไหน...”

(I26S2)

“...การหักเหแสง มันยาก เราต้องมาคำนวณว่ายิ่ง(ให้แสงทำมุมตกกระทบ) เท่านี้ออก (มุมของรังสีหักเห) เท่าไหร่...” (I26S4)

โดยในเบื้องต้นผู้สอนได้แก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการให้ความรู้และความช่วยเหลือเพิ่มเติมกับแต่ละกลุ่มระหว่างการทดลอง แต่เนื่องด้วยเวลาที่จำกัดและพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนแตกต่างกันมาก ทำให้ผู้สอนไม่สามารถดูแลผู้เรียนได้ทั่วถึงในเวลา จึงได้จัดการสอนเสริมเกี่ยวกับการวัดมุม การทดลองการหักเหและการสะท้อนหลังเลิกเรียนให้กับอาสาสมัครของแต่ละกลุ่ม เพื่อเป็นผู้ช่วยสอนระหว่างการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน จากการสังเกตผู้เรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมสอนเสริมดังกล่าว (I17 I21 และ I22) พบว่าการสอนการวัดมุมและการทดลองโดยให้ผู้เรียนลงมือทำด้วยตนเองนั้น ผู้เรียนทุกคนสามารถเรียนรู้เรื่องดังกล่าวได้ดีและสามารถสอนผู้เรียนคนอื่นได้ ดังแสดงให้เห็นได้จากผู้เรียนที่มาเรียนเสริมหลังเลิกเรียนครั้งแรก และครั้งที่ 2 สามารถเป็นผู้ช่วยให้กับเพื่อนในห้องเรียนและเพื่อนที่มาเรียนเสริมหลังเลิกเรียนครั้งที่ 2 ภาพประกอบ 5 ซึ่งสอดคล้องกับการให้สัมภาษณ์ของผู้เรียนที่เป็นอาสาสมัครครั้งที่ 2 ที่ได้สะท้อนให้เห็นว่าเมื่อมาเรียนเสริมทำให้เขาเข้าใจ ดังตัวอย่าง

“ตอนแรกคิดว่ายาก แต่พอครูสอน เพื่อนทำให้เข้าใจ รู้สึกว่าง่ายขึ้น” (I1S40)

“...ถ้าเข้าใจมันง่าย ผมมาเข้าใจหลังเลิกเรียน พออยู่ (เรียนหลังเลิกเรียน) เข้าใจ...”



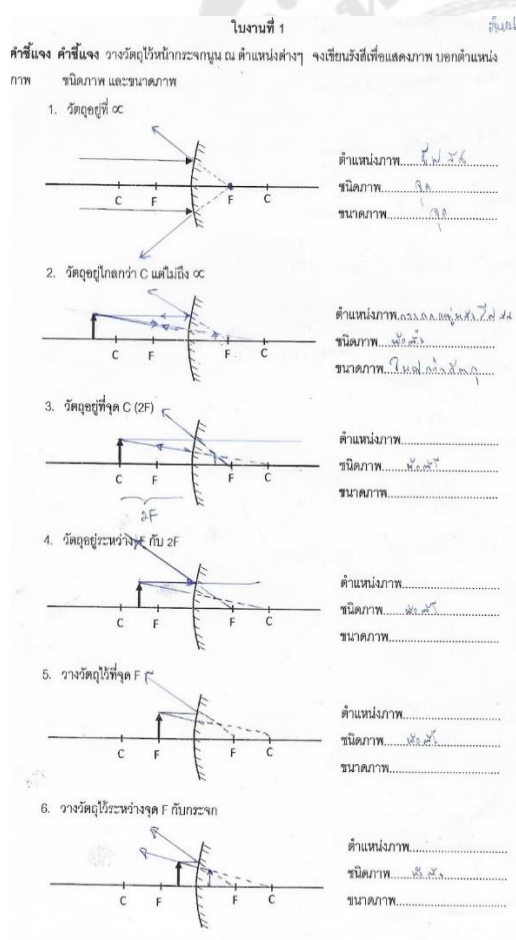
ผู้เรียนอาสาสมัครครั้งแรกมาช่วยสอน
อาสาสมัครครั้งที่ 2



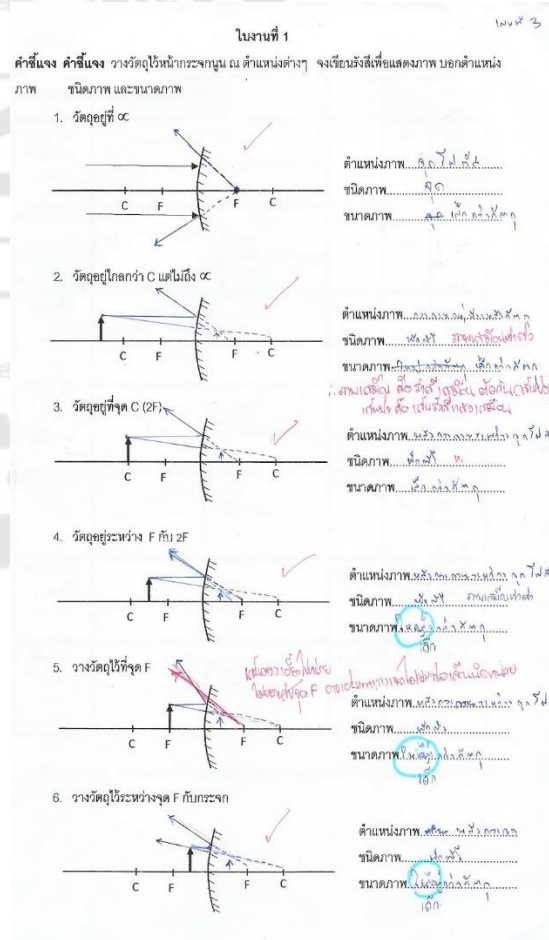
ผู้เรียนที่เป็นอาสาสมัครช่วยสอนในห้องเรียน

ภาพประกอบ 5 ผู้เรียนอาสาสมัครทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยเพื่อนในห้องเรียนและเพื่อนที่มาเรียนเสริมครั้งที่ 2

ในส่วนผลของการให้ผลป้อนกลับโดยการชมที่กระบวนการและความพยายาม พบว่าสามารถทำให้ผู้เรียนมีความพยายามที่ต้องการจะเรียนรู้นั้นมากขึ้น สังเกตได้จากพฤติกรรมขณะทำการทดลองของผู้เรียน S26 และ S27 ที่เป็นอาสาสมัครมาเรียนหลังเลิกเรียน เมื่อได้รับคำชมที่กระบวนการและความพยายามว่า “เห็นไหมว่าเธอทำได้ เมื่อเธอพยายามเรียนรู้การวัดมุมและลงมือทำมัน เธอก็ทำมันได้ ลองพยายามทำการทดลองอันถัดไปนะ” ผู้เรียนลงมือทำการทดลองถัดไปที่ (แบบสังเกต 22) ประกอบกับผู้เรียน S3 และ S26 เมื่อทำงานชิ้นแรกเสร็จแล้ว ผู้สอนได้สะท้อนคำชมที่กระบวนการและความพยายามว่า “ผลงานนี้เป็นผลงานแรก คุณครูรู้ว่าเธอใช้ความพยายามทำมัน แต่มันยังมีบางส่วนไม่สมบูรณ์ หากเธอพยายามทำมันอีกครั้ง ผลงานใหม่จะดีกว่าครั้งแรกแน่นอน” หลังจากผู้สอนชมผู้เรียนที่กระบวนการและความพยายาม ผู้เรียนมาขอใบกิจกรรมเพิ่มเติม เพื่อทำการทดลองอีกครั้ง ซึ่งผลงานทั้งสองครั้งเป็นดังภาพประกอบ 6



การหาตำแหน่งและภาพจากกระจกเงา
ครั้งที่ 1 ของ S3



การหาตำแหน่งและภาพจากกระจกเงา
ครั้งที่ 2 ของ S3

จากการให้คำชมที่กระบวนการและความพยายามในการทำงาน พบว่า ผู้เรียนจะพยายามเรียนรู้มากขึ้น นอกจากนี้ด้วยการให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองลงมือปฏิบัติสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองทำให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเองด้วยเช่นกัน ดังที่ผู้เรียนสะท้อนว่า “...ถ้าเราไม่ฝึก เราก็ทำไม่ได้...การทดลองทำให้ผมอยากรู้ว่าจะได้ตามที่ผมต้องการไหม” (I27S8)

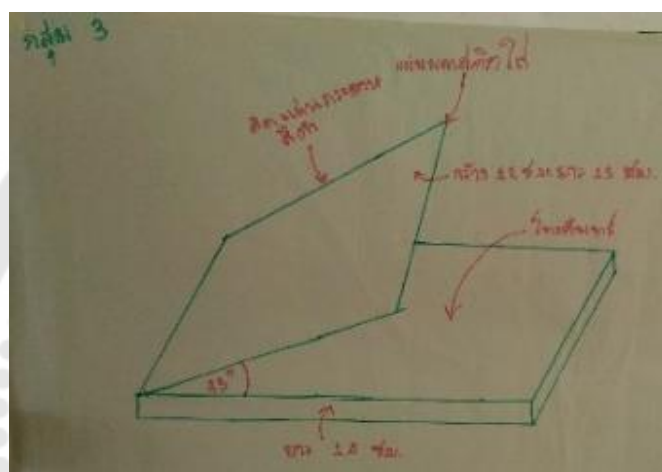
จากการจัดกิจกรรมในชั้นนี้พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ยังขาดพื้นฐานที่จำเป็น ดังนั้นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในชั้นนี้ อาจมีการจัดสอนเสริมหลังเลิกเรียนให้กับอาสาสมัคร เพื่อให้ผู้เรียนที่เป็นอาสาสมัครสามารถเป็นผู้ช่วยผู้สอนในระหว่างการทำกิจกรรมได้ เนื่องจากผู้สอนคนเดียวอาจจะไม่สามารถดูแลเด็กได้อย่างทั่วถึง และควรใช้เวลาในชั้นตอนนี้ให้มากขึ้น เพื่อช่วยเหลือผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานไม่เพียงพอในการเรียนรู้สิ่งใหม่ในกิจกรรมที่ผู้สอนเตรียมไว้ให้ผู้เรียน นอกจากนี้ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ควรให้คำชมที่เน้นกระบวนการและความพยายามในการทำงาน ซึ่งพบว่าช่วยให้ผู้เรียนมีความพยายามในการเรียนรู้มากขึ้น ในส่วนของขั้นตอนการจัดกิจกรรมพบว่าสามารถดำเนินการได้แผน แต่ควรเพิ่มเวลาในการเรียนรู้ในส่วนนี้มากขึ้นหรือมีการปรับพื้นฐานให้กับผู้เรียนก่อนเรียน

ขั้นที่ 4 ออกแบบการแก้ปัญหา (Design Solution)

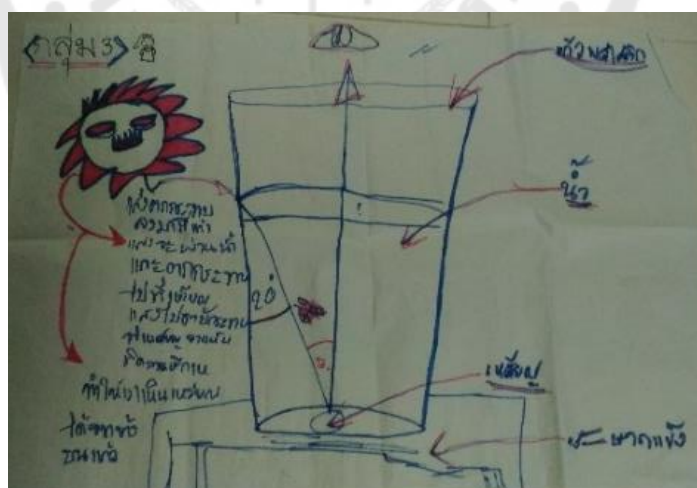
ขั้นออกแบบการแก้ปัญหามีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนนำแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหามาใช้ในการหาวิธีการแก้ปัญหาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ตามข้อจำกัดและเงื่อนไขของสถานการณ์ รวมทั้งออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามหลักการทางวิชาการ และกำหนดเกณฑ์ในการประเมินผลงานการแก้ปัญหา โดยมีการจัดกิจกรรม ดังนี้

ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการระดมความคิดเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดของกลุ่ม และออกแบบการแก้ปัญหาลงในกระดาษฟลิปชาร์ท โดยระหว่างการออกแบบผู้เรียนกลุ่มใดออกแบบรายละเอียดไม่ชัดเจน ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนแสดงรายละเอียดของส่วนต่าง ๆ ให้ชัดเจนมากขึ้น เช่น อุปกรณ์ส่วนนี้ทำหน้าที่อะไร มีไว้เพื่ออะไร อุปกรณ์ส่วนนี้มีไว้เพื่ออะไร เพราะเหตุใด ต้องใช้ความยาวเท่านี้ เปลี่ยนความยาวอื่นได้ไหม เป็นต้น จากนั้นผู้สอนเน้นย้ำให้ผู้เรียนออกแบบการแก้ปัญหาให้มีรายละเอียดที่ชัดเจนและแสดงเหตุผลทางวิชาการประกอบด้วย เมื่อผู้เรียนแต่ละกลุ่มออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเสร็จตามเวลาที่กำหนด ผู้สอนใช้คำถาม เช่น ผลงานที่ดีจากการแก้ปัญหาในครั้งนี้ ควรเป็นอย่างไรเพื่อนำไปสู่การกำหนดเกณฑ์ประเมินผลงานที่ได้จากการแก้ปัญหา

จากการนำไปทดลองใช้จริงได้ผลดังนี้ เมื่อให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด และออกแบบวิธีการที่ดีที่สุดในกระดาษฟลิปชาร์ต พบว่า มีผู้เรียนบางกลุ่มออกแบบเฉพาะส่วนประกอบของอุปกรณ์ โดยไม่มีการอธิบายแนวคิดทางวิชาการในการออกแบบและเลือกอุปกรณ์ แต่กลุ่มใดที่ผู้สอนใช้คำถามและเน้นย้ำให้เขียนคำอธิบายแนวคิดทางวิชาการในการออกแบบและการเลือกวัสดุที่ใช้ในการออกแบบนั้น ผลงานการออกแบบจะมีการแสดงแนวคิดทางวิชาการมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากภาพประกอบ 7



การออกแบบที่ผู้สอนไม่ได้เน้นย้ำและถามคำถามระหว่างการออกแบบ



การออกแบบที่ผู้สอนได้เน้นย้ำและถามคำถามระหว่างการออกแบบ

ภาพประกอบ 7 การออกแบบการแก้ปัญหาที่ได้รับการเน้นย้ำและถามคำถามให้แสดงแนวคิดทางวิชาการในการออกแบบและเลือกวัสดุของผู้เรียนกลุ่ม 3

ในการจัดกิจกรรมที่ผู้สอนให้ผู้เรียนร่วมกันระบุนกเกณฑ์ในการประเมินผลงานของการแก้ปัญหา จากนั้นผู้สอนเป็นผู้ใช้คำถามนำอภิปราย ผลพบว่าผู้เรียนสามารถระบุนกเกณฑ์ในการประเมินผลงานได้ว่าผลงานที่ดีควรเป็นอย่างไร

ดังนั้นในขั้นนี้การให้ผู้เรียนออกแบบได้ดีนั้น ผู้สอนควรใช้คำถามกระตุ้นและเน้นย้ำผู้เรียนตามกลุ่มระหว่างการออกแบบในทุกกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสามารถอธิบายการออกแบบและแสดงเหตุผลทางวิชาการในการเลือกวัสดุได้ดียิ่งขึ้น ในส่วนของขั้นตอนการจัดกิจกรรมพบว่าไม่มีปัญหาสามารถดำเนินการได้ตามแผน

ขั้นที่ 5 วางแผนและแก้ปัญหา (Plan and Solve Problem)

ขั้นวางแผนและแก้ปัญหามีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้ออกแบบไว้อย่างเป็นขั้นตอนและปฏิบัติได้จริงตามเป้าหมายของการแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจสอบติดตามงานเพื่อให้แผนการดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมาย

การจัดกิจกรรมเริ่มต้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อวางแผนการแก้ปัญหาตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยผู้สอนเน้นย้ำให้ผู้เรียนระบุขั้นตอนการดำเนินการแก้ไขปัญหาลงรับผิดชอบและเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้น รวมทั้งอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นพร้อมแนวทางการแก้ไขอุปสรรค จากนั้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมมือกันวางแผนการแก้ปัญหา โดยระหว่างผู้เรียนวางแผนการแก้ปัญหา ผู้สอนทำหน้าที่ให้การช่วยเหลือ สนับสนุน ให้คำแนะนำ และกระตุ้นผู้เรียนให้มีส่วนร่วมในการวางแผนการแก้ปัญหาที่สามารถปฏิบัติได้จริงตามเป้าหมาย เมื่อผู้เรียนวางแผนเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการแก้ปัญหตามแผนและบันทึกผลการแก้ปัญหา โดยระหว่างผู้เรียนดำเนินการแก้ปัญหานั้น ผู้สอนเน้นย้ำให้ผู้เรียนพิจารณาผลของการแก้ปัญหาเป็นไปตามเป้าหมาย ข้อจำกัดและเงื่อนไขของการแก้ปัญหาหรือไม่ รวมทั้งแจ้งเตือนเวลาให้กับผู้เรียนเป็นระยะ เพื่อให้ผู้เรียนใช้เวลาการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการนำขั้นนี้ไปทดลองใช้ พบว่า เมื่อพิจารณาการวางแผนดำเนินการของผู้เรียนในกิจกรรมที่ 1 ผู้เรียนร้อยละ 37.93 (11 คน) มีร่องรอยในการบันทึกการวางแผนการดำเนินงาน แต่อาจไม่สมบูรณ์ ส่วนผู้เรียนร้อยละ 62.07 (18 คน) ไม่มีร่องรอยในการเขียน ดังภาพประกอบ 8

ขั้นที่ 5 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (1 ชั่วโมง)

เวลาเริ่มต้นทำกิจกรรม.....เวลาสิ้นสุดการทำกิจกรรม.....

ปัญหา...คำร้อง 19 ข้อ 14 พ. 20 มา. เป. 30

เงื่อนไข...ใช้ ม. 2.5 มาท.....ข้อจำกัด...ม. 2.5 บ. 1

บันทึกแผนการดำเนินการแก้ปัญหา

วิธีการ	บุคคลรับผิดชอบ	เวลา
คำร้อง 19 ข้อ 14 พ. 20 มา. เป. 30	ม. 2.5 บ. 1, ม. 2.5	18 ข้อ
คำร้อง 19 ข้อ 14 พ. 20 มา. เป. 30	ม. 2.5 บ. 1, ม. 2.5	5 ข้อ
คำร้อง 19 ข้อ 14 พ. 20 มา. เป. 30	ม. 2.5 บ. 1, ม. 2.5	5 ข้อ
คำร้อง 19 ข้อ 14 พ. 20 มา. เป. 30	ม. 2.5 บ. 1, ม. 2.5	5 ข้อ
ปัญหาอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น	แนวทางการแก้ไข	
คำร้อง 19 ข้อ 14 พ. 20 มา. เป. 30	ใช้ ม. 2.5 บ. 1, ม. 2.5	

วางแผนดี ๆ
นะอเจ้า



ใบกิจกรรมของผู้เรียนที่เขียนแผนการดำเนินงาน

ขั้นที่ 5 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (1 ชั่วโมง)

เวลาเริ่มต้นทำกิจกรรม.....เวลาสิ้นสุดการทำกิจกรรม.....

ปัญหา.....

เงื่อนไข.....ข้อจำกัด.....

บันทึกแผนการดำเนินการแก้ปัญหา

วิธีการ	บุคคลรับผิดชอบ	เวลา
.....		
.....		
.....		
.....		
ปัญหาอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น	แนวทางการแก้ไข	
.....		
.....		

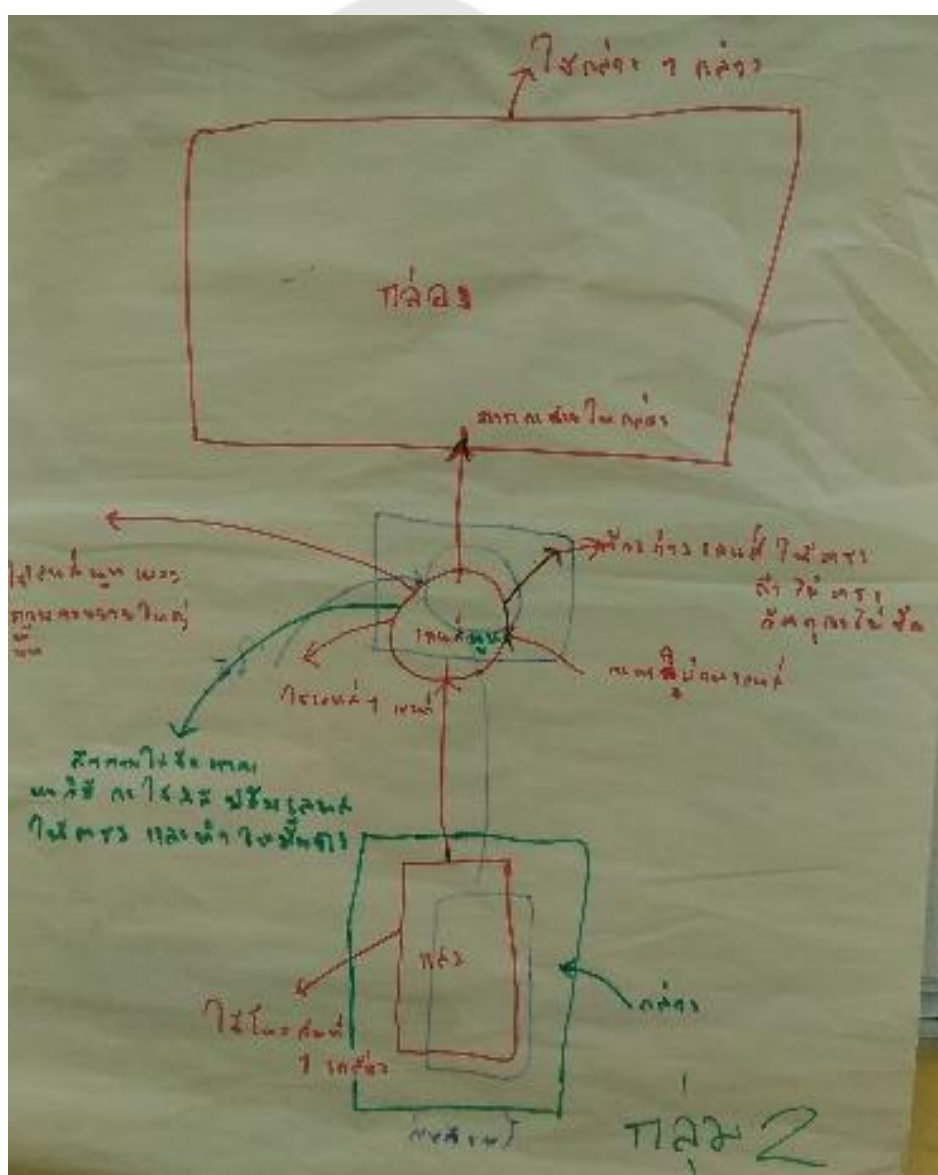
วางแผนดี ๆ
นะอเจ้า



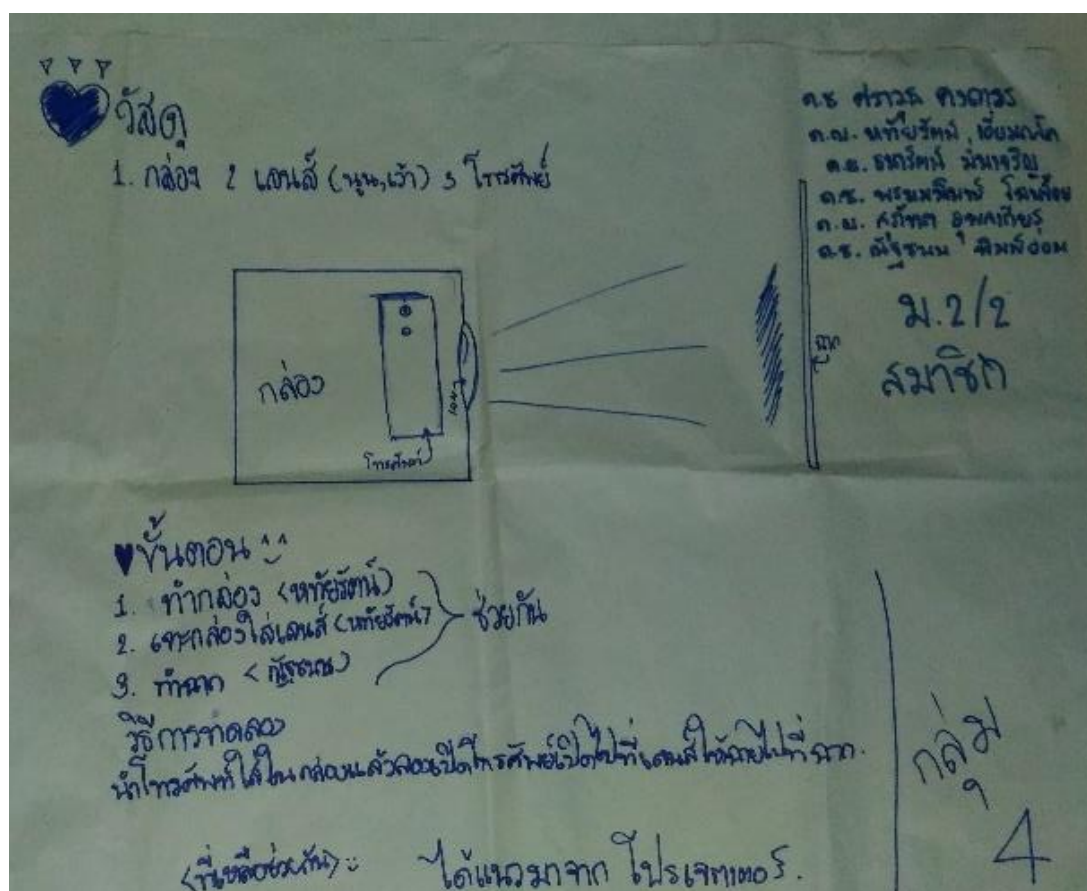
ใบกิจกรรมของผู้เรียนที่ไม่เขียนแผนการดำเนินงาน

ภาพประกอบ 8 การเขียนแผนการดำเนินกิจกรรมในใบกิจกรรมที่ 1 ของผู้เรียน

ดังนั้น ในกิจกรรมที่ 2 3 และ 4 ผู้วิจัยจึงได้ปรับวิธีการบันทึกการวางแผนการดำเนินงาน จากเดิมที่ให้แต่ละคนบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 เป็นการบันทึกเป็นกลุ่มลงในกระดาษฟลิปชาร์ตแทน ซึ่งผลพบว่าทำให้ผู้เรียนมีความร่วมมือกันมากขึ้นและผลงานมีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยในบางกิจกรรม โดยกลุ่มใดที่ผู้สอนเข้าไปใช้คำถามกระตุ้น ผลงานของผู้เรียนจะมีรายละเอียดมากขึ้น หากกลุ่มใดผู้สอนไม่ได้เข้าไปใช้คำถามกระตุ้นให้แสดงแผนการดำเนินงาน ผู้เรียนจะวางแผนและลงมือทำโดยไม่เขียนแผนการดำเนินงานลงในกระดาษฟลิปชาร์ต ดังภาพประกอบ 9



กลุ่มที่ผู้สอนไม่ได้เข้าไปกระตุ้นให้เขียนขั้นตอนการดำเนินงาน ผู้รับผิดชอบและเวลา



กลุ่มที่ผู้สอนเข้าไปกระตุ้นให้เขียนขั้นตอนการดำเนินงาน ผู้รับผิดชอบและเวลา

ภาพประกอบ 9 การเขียนแผนการดำเนินงานของผู้เรียนแต่ละกลุ่มที่ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นกับ
ไม่ได้ใช้คำถามกระตุ้น

และจากการวางแผนการดำเนินงานที่มีการระบุหน้าที่ความรับผิดชอบให้สมาชิกในกลุ่มพบว่า ช่วยทำให้ทุกคนได้มีส่วนร่วมในการดำเนินงานและทำให้งานสำเร็จตามเป้าหมายมากขึ้น ส่วนการทำงานที่ไม่มีการวางแผนการดำเนินงาน สมาชิกแต่ละคนจะดูเพื่อนทำ และดำเนินการทำตามที่เพื่อนบอก ดังจะเห็นได้จากภาพประกอบ 10



กลุ่มไม่เขียนแผนการดำเนินงาน



กลุ่มเขียนแผนการดำเนินงาน

ภาพประกอบ 10 การทำงานของกลุ่มที่เขียนแผนการดำเนินงานกับกลุ่มที่ไม่เขียนแผนการดำเนินงาน

การให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและการทำงานเป็นกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาตามเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนดให้นั้นมีผลดีกับผู้เรียนในหลายด้าน ซึ่งผู้เรียนมีการสะท้อนในใบบันทึกการเรียนรู้ดังนี้

“...ได้ความสามัคคี...” (L4S2)

“ได้ฝึกแก้ปัญหาในเรื่องของกลุ่มและการทำงาน” (L1S1)

“...บางครั้งไม่เข้าใจในบางปัญหาแต่ก็ช่วยกันทำจนได้” (L1S21)

แต่บางครั้งการทำงานกลุ่มส่งผลให้ผู้เรียนไม่อยากมีส่วนร่วมในการลงมือทำกิจกรรมเช่นกัน ซึ่งผู้เรียนมีการสะท้อนดังนี้

“...บางทีท้อ เพราะคนในกลุ่มไม่ช่วยทำ...” ผู้วิจัยถามคำถามต่อว่า แล้วเมื่อรู้สึกท้อทำอย่างไร “...เปลี่ยนคำว่าท้อ ทำไม่ได้ เป็นคำว่า ลองทำดู” (I37S5)

“...ตอนแรกๆช่วยเขาทำ...พอเราถามว่ามีอะไรช่วยไหม...เขาไม่สนใจ ไม่ฟัง...ทำให้เราไม่ทำ” (I40S29)

และกิจกรรมนี้ผู้เรียนส่วนใหญ่ได้สะท้อนตรงกันว่าชอบเพราะได้ลงมือปฏิบัติ ดังหลักฐานที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนสะท้อนว่า

“การเรียนปกติไม่ได้ลงมือทำ กิจกรรมนี้ได้ลงมือทำ..การได้ลงมือทำ (ทำให้) ได้เรียนรู้สิ่งใหม่ๆ” (I45S2)

อีกทั้งผู้เรียนได้ใช้ความคิด ฝึกการแก้ปัญหา ได้ฝึกทักษะต่าง ๆ มากขึ้น เช่น

“...กิจกรรมต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์” (L4S39)

“แก้ปัญหาเรื่องแสงสีให้ได้สีตามที่ต้องการ” (L4S7)

“...แก้ปัญหาที่เราพบเจอ...เช่นต้องซื้อของมาทำงานโดยใช้เงินไม่เกิน 100 บาท...เราควรซื้ออุปกรณ์ที่ไม่แพงจนเกินไป” (L1S5)

“...การตัด(อุปกรณ์ที่เป็นกล่องพลาสติกใสที่ดี)ประกอบ อุปกรณ์เยอะเวลาตัดมันกระเด็น...” (I14S2)

ดังนั้นในขั้นนี้มีการปรับการบันทึกแผนการดำเนินงานตามการออกแบบในขั้นตอน 4 ที่ได้จากการระดมความคิดของสมาชิกในกลุ่ม โดยจากเดิมให้บันทึกแผนการดำเนินงานที่ได้จากการระดมความคิดของสมาชิกในกลุ่มเป็นรายบุคคลในใบกิจกรรม ในกิจกรรมที่ 2-4 ปรับมาใช้

วิธีการบันทึกแผนการดำเนินงานที่ได้จากการระดมความคิดของสมาชิกในกลุ่มลงในกระดาษฟลิปชาร์ตแผ่นเดียวกับที่ใช้ในการออกแบบแทน และในระหว่างที่ผู้เรียนดำเนินการวางแผน ผู้สอนควรเข้าไปกระตุ้นผู้เรียนในแต่ละกลุ่มเขียนแผนการดำเนินงานก่อนดำเนินการแก้ปัญหา เพื่อช่วยให้การดำเนินการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพได้ผลงานตามเป้าหมาย และมีการร่วมมือกันทำงานมากขึ้น โดยในขั้นตอนนี้ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การทำงานกลุ่ม การคิดแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์ที่กำหนด ได้วางแผนการทำงานและระบุบทบาทหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม ฝึกการคิดสร้างสรรค์จากการลงมือปฏิบัติจริง ในส่วนของขั้นตอนการจัดกิจกรรมพบว่าดำเนินการได้ตามแผน

ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน (Evaluate Products)

ขั้นการประเมินผลงานมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนประเมินผลการทดสอบเพื่อหาจุดเด่น จุดควรปรับปรุงเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงผลงานหรือการออกแบบ และทำการทดสอบซ้ำจนได้ผลงานที่ดีที่สุดตามเป้าหมายข้อจำกัด เงื่อนไขและเกณฑ์ที่ได้กำหนด และกระตุ้นมุมมองของกรอบแนวคิดเติบโต โดยให้ข้อความกระตุ้นและ คำชมที่กระบวนกรและความพยายาม เพื่อให้ได้มาซึ่งผลงานที่ดีที่สุดระหว่างการปรับปรุงผลงาน

ในขั้นนี้มีขั้นตอนดังนี้ เริ่มต้นให้ผู้เรียนประเมินผลงานของกลุ่มตนเอง หลังจากได้ดำเนินการแก้ปัญหาในขั้นที่ 5 จากนั้นให้บันทึกผลการแก้ปัญหาโดยระบุจุดเด่นของผลงาน ข้อควรปรับปรุง รวมทั้งพิจารณาเกณฑ์การประเมินผลงานประกอบการประเมิน จากนั้นให้ผู้เรียนปรับแก้ไขผลงานเพื่อให้ผลงานเป็นไปตามเป้าหมายและได้ผลงานที่ดีที่สุด โดยระหว่างผู้เรียนดำเนินการประเมินผลงานและปรับแก้ไขผลงานของกลุ่ม ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายผลการทดสอบที่เกิดขึ้น โดยใช้เหตุผลทางวิชาการและพิจารณาเป้าหมายประกอบด้วย นอกจากนี้ผู้สอนสะท้อนข้อความที่ช่วยส่งเสริมมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตและให้คำชมที่เน้นกระบวนกรและความพยายามในการได้มาซึ่งผลงานของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม

ผลการทดลองใช้ พบว่า ในขั้นนี้ผู้เรียนสามารถประเมินข้อดีและข้อควรปรับปรุงของผลงานได้ และสามารถปรับปรุ้งแก้ไขผลงานให้สำเร็จตามเป้าได้ และหากผู้เรียนทำครั้งแรกไม่สำเร็จผู้เรียนจะปรึกษากัน เพื่อหาสาเหตุสิ่งที่ไม่สำเร็จ แล้วหาทางปรับปรุงแก้ไขผลงาน เช่น การปรับแก้ไขเครื่องฉายภาพ ปัญหาที่พบคือ เครื่องฉายภาพที่ทำครั้งแรกได้ภาพไม่ชัดหรือเล็กเกินไปไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนด ผู้เรียนมีการปรับแก้ไขจนสามารถทำงานสำเร็จตามเป้าได้ หรือเครื่องฉายภาพสามมิติที่ประดิษฐ์ครั้งแรกมีแสงจากภายนอกรบกวนทำให้

เห็นภาพสามมิติไม่ชัด ผู้เรียนวิเคราะห์หาสาเหตุ และหาทางปรับแก้ไข โดยการนำกระดาษสีดำมา ปิดป้องกันแสงรบกวนดังภาพ



ภาพประกอบ 11 อุปกรณ์ฉายภาพที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ก่อนการปรับปรุงจะไม่มีกระดาษสีดำ

อีกทั้งในขั้นนี้ยังช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้มีมุมมองกรอบแนวคิดเติบโต ก็คือ ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคเมื่องานไม่สำเร็จตามเป้า และเปิดโอกาสให้ทำผิดพลาดได้ เพราะขั้นตอนนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนปรับปรุงแก้ไขผลงานของตนเองจนกว่าจะสำเร็จตามเป้า ดังจะเห็นได้จากข้อความที่ผู้เรียนให้สัมภาษณ์ว่า

“...การทำอุปกรณ์ได้แก้ปัญหาหลายอย่าง ผมเคยทำผิดพลาดแล้วลองทำต่อ ทำใหม่จนทำได้...” (I37S2)

หลังจากที่ผู้เรียนประเมินข้อดีและข้อควรปรับปรุงแล้ว ผู้สอนใช้คำพูดที่แสดงให้เห็นมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตและคำชมที่กล่าวถึงกระบวนการกับความพยายามในการได้มาซึ่งผลงาน เช่น

คำพูดที่ผู้สอนให้กับผู้เรียนเพื่อให้เห็นมุมมองกรอบแนวคิดเติบโต

“ไม่มีใครที่ประสบความสำเร็จ โดยปราศจากความพยายาม”

“เธอสามารถทำมันได้ ถ้าเธอตั้งใจและพยายามทำมัน” เป็นต้น

คำชมของผู้สอนที่กล่าวถึงกระบวนการและความพยายามในการได้มาซึ่งผลงานให้กับผู้เรียน

“ครูรู้ว่ามันไม่ง่ายในการทำสิ่งนี้ และครูรู้ว่าเธอต้องใช้ความพยายามตัดแผ่นพลาสติก การติดตั้งพลาสติกให้ได้มุม 45 องศา แต่เครื่องฉายภาพของนักเรียนตอนนี้ยังทำให้เห็น

ภาพสามมิติได้ไม่ชัด หากเธอพยายามหาวิธีการลดแสงรบกวนจากสิ่งแวดล้อมที่เข้ามารบกวนภาพสามมิติ เครื่องฉายภาพสามมิติของกลุ่มนักเรียนจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น”

จากการที่ผู้สอนส่งข้อความกระตุ้นกรอบแนวคิดเติบโตและให้คำชมดังกล่าว ทำให้ผู้เรียนมีความพยายามปรับปรุงแก้ไขผลงานให้บรรลุเป้าหมายมากขึ้น สังเกตได้จากพฤติกรรมความพยายามปรับปรุงผลงานให้เสร็จ โดยการอยู่ทำต่อหลังเลิกเรียนและผู้เรียนบางคนขออุปกรณ์ไปทำต่อในวันหยุด ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 การดำเนินงานของผู้เรียนที่มีความพยายามปรับปรุงแก้ไขผลงานของกลุ่ม

การดำเนินการในขั้นนี้ ได้ข้อสรุปว่าการให้ผู้เรียนประเมินผลงานและปรับปรุงแก้ไขผลงาน รวมถึงการสะท้อนข้อความมุมมองของกรอบแนวคิดเติบโตและให้คำชม ที่กล่าวถึงกระบวนการและความพยายามให้ได้มาซึ่งผลงาน จะช่วยให้ผู้เรียนเพิ่มความพยายามในการปรับปรุงและแก้ไขผลงานให้สำเร็จตามเป้าหมายมากขึ้น

ขั้นที่ 7 นำเสนอและสะท้อนการเรียนรู้ (Present and Reflect Learning)

ขั้นนำเสนอและสะท้อนการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนวางแผนการนำเสนอและนำเสนอหลักการ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี วิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหารวมทั้งกำหนดเกณฑ์การประเมิน และใช้เกณฑ์การประเมินที่กำหนดขึ้นในการประเมินผลงานกับการนำเสนอ ซึ่งในการประเมินต้องยึดหลักการทางวิชาการและสื่อสารในทางสร้างสรรค์ รวมทั้งให้ผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้และผู้สอนสะท้อนข้อความส่งเสริมมุมมองกรอบแนวคิดเติบโต

ในการจัดกิจกรรม เริ่มต้นผู้สอนใช้คำถามให้ผู้เรียนอภิปรายว่า การนำเสนอที่ดีควรเป็นอย่างไร เพื่อให้ได้เกณฑ์การประเมินการนำเสนอ เมื่อได้เกณฑ์การประเมินการนำเสนอแล้ว ผู้สอนสรุปเกณฑ์การประเมินผลงานที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 และเกณฑ์การนำเสนอในขั้นตอนนี้ พร้อมทั้งแจ้งกฎกติกาการนำเสนอ จากนั้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มวางแผนและเตรียมตัวนำเสนอ เมื่อผู้เรียนแต่ละกลุ่มพร้อมในการนำเสนอ ผู้สอนให้ผู้เรียนออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยผู้เรียนกลุ่มอื่นทำหน้าที่ประเมินผลงานและการนำเสนอตามเกณฑ์ที่ได้ตกลงไว้ในข้างต้น รวมทั้งซักถามและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาผลงานและการนำเสนอตามหลักวิชาการในเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งผู้สอนทำหน้าที่ให้ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการและสะท้อนข้อความส่งเสริมมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตให้กับผู้เรียนแต่ละกลุ่ม เช่น การที่ผู้เรียนพยายามแก้ปัญหาหรือนำเสนอผลงาน ทำให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาและการนำเสนอผลงานได้ดียิ่งขึ้น หรือ การพยายามฝึกฝนการนำเสนอผลงานจะช่วยพัฒนาความสามารถในการพูดและการนำเสนอให้ดียิ่งขึ้น เป็นต้น เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงผลงานให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งให้ผู้เรียนมีความพยายามในการเรียนรู้มากขึ้น สุดท้ายผู้สอนให้ผู้เรียนระลึกประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้ลงในแบบบันทึกการเรียนรู้

จากการทดลองใช้ พบว่าการนำเสนอของผู้เรียนมีพัฒนาการของการนำเสนอได้ดีขึ้น เช่น จากการสังเกตพฤติกรรมการนำเสนอของผู้เรียนกลุ่มที่ 3 ในกิจกรรมที่ 1 ผู้เรียนยังขาดทักษะการนำเสนอที่ดี เช่น น้ำเสียงเบาไม่ชัดเจน ขาดความมั่นใจ การยืนนำเสนอบังกระดานที่ตนเองออกแบบหรือหันหลังให้ผู้ฟังใช้คำอธิบายแนวคิดทางวิชาการน้อย แต่ในกิจกรรมที่ 3 ผู้เรียนมีทักษะการนำเสนอดีขึ้น เช่น น้ำเสียงดังชัดเจน มีความมั่นใจ อธิบายหลักการการออกแบบโดยใช้แนวคิดทางวิชาการมากขึ้น มีการทำโมเดลประกอบการนำเสนอ ไม่ยืนหันหลังให้ผู้ฟัง ดังภาพประกอบ 13 และผู้เรียนกลุ่มนี้ยังขาดทักษะการเป็นผู้ฟังที่ดี (แบบสังเกต 13 และ 45)



การนำเสนอของผู้เรียนกลุ่ม 3 ครั้งที่ 1 การนำเสนอของผู้เรียนกลุ่ม 3 ครั้งที่ 3
ภาพประกอบ 13 การนำเสนอของผู้เรียนกลุ่ม 3 ครั้งที่ 1 กับ ครั้งที่ 3

ซึ่งสอดคล้องกับการสะท้อนในแบบบันทึกการเรียนรู้ของผู้เรียนที่สะท้อนว่ามีการพัฒนาการนำเสนอและสื่อสารที่ดีขึ้น เช่น “การรู้จักการใช้การพูดและการกล้าแสดงออกมากขึ้น” (แบบบันทึกการเรียนรู้ 1S25)

ในส่วนของการประเมินและการให้ข้อเสนอแนะ ผู้สอนควรให้ข้อเสนอแนะการแก้ปัญหาหรือผลงานในเชิงบวก สังเกตได้จากเมื่อผู้สอนให้ข้อเสนอแนะว่า “การเลือกใช้อุปกรณ์ไม่เหมาะสม หากพิจารณาตามหลักวิชาการ กระดาษนั้นไม่สามารถทำให้ได้ภาพขนาดใหญ่กว่าวัตถุได้ ให้กลุ่มลองพิจารณาอีกครั้ง” หลังจากผู้เรียนนำเสนอเสร็จ สีหน้าของผู้เรียนจะเปลี่ยนไปแสดงถึงการขาดความเชื่อมั่นและไม่อยากทำกิจกรรมต่อ (แบบสังเกต 45)

ดังนั้นสรุปได้ว่า การให้ผู้เรียนมีประสบการณ์การนำเสนอจะช่วยให้ผู้เรียนมีการนำเสนอได้ดียิ่งขึ้น ทั้งในด้านการนำเสนอและคำอธิบายทางวิชาการประกอบการนำเสนอ และในระยะแรกผู้สอนควรให้ข้อเสนอแนะหรือประเมินการแก้ปัญหของผู้เรียนในเชิงบวกเท่านั้น เนื่องจากผู้เรียนยังอยู่ในช่วงระยะปรับเปลี่ยนกรอบแนวคิดเดิมโต

ตอนที่ 2 ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีต่อกรอบแนวคิดเดิมโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มัธยมศึกษาศึกษาตอนต้น

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนต้นที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย 3 ข้อ คือ

1) กรอบแนวคิดเดิมโตของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง

2) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEMGM สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง

3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEMGM สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง

สมมติฐานการวิจัยที่ 1

จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า การทดสอบ Kolmogorov-Smirnov ค่า p ของคะแนนกรอบแนวคิดเติบโตก่อนเรียน เท่ากับ .23 และค่า p ของคะแนนกรอบแนวคิดเติบโตหลังเรียน เท่ากับ .19 ซึ่งมากกว่า .01 สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ (กัลยา วาณิชยปัญญา, 2555: 252-253) จึงใช้สถิติ t-test for dependent samples ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของกรอบแนวคิดเติบโตในภาพรวมของกลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ก่อนเรียนกับหลังเรียน และใช้สถิติ Cohen's d ในการวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลของผลความแตกต่างคะแนนหลังเรียนกับก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 10

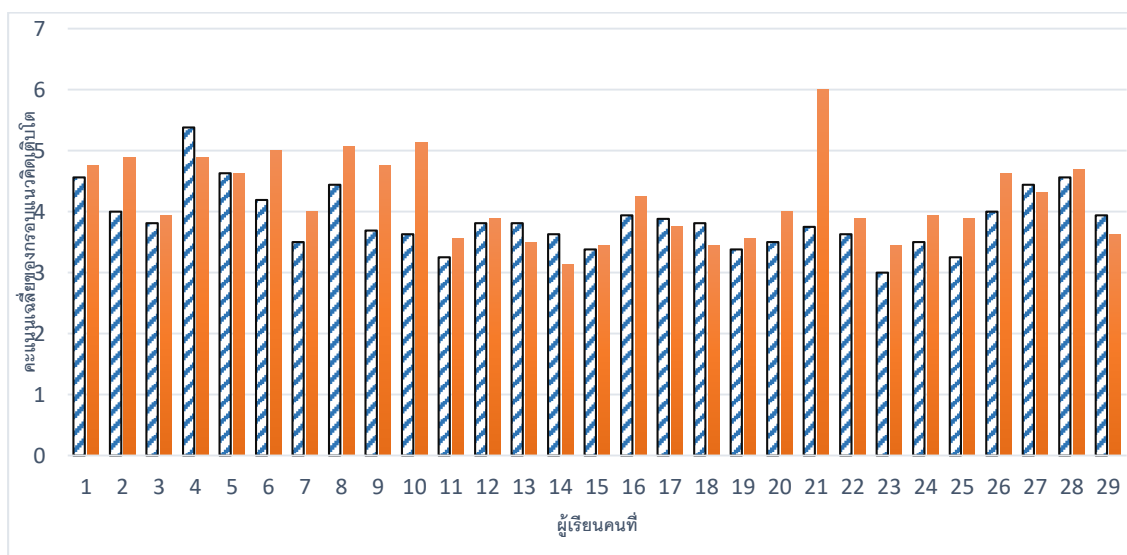
ตาราง 10 คะแนนเฉลี่ยของกรอบแนวคิดเติบโตและค่าขนาดอิทธิพลในภาพรวมของกลุ่มผู้เรียนที่ศึกษาวิจัยก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

สิ่งที่ศึกษา	n	k	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p	Co-d
			$\bar{X}_1$	S.D.	$\bar{X}_2$	S.D.			
กรอบแนวคิดเติบโต	29	16	3.87	0.51	4.20	0.68	2.996**	.003	0.55

**p < .01

จากตาราง 10 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรอบแนวคิดเติบโตหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าอิทธิพลเท่ากับ 0.55 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ช่วยส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตในระดับอิทธิพลปานกลาง ซึ่งผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

เมื่อทำการเปรียบเทียบกรอบแนวคิดเติบโตของผู้เรียนแต่ละคนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ STEM^{GM} ได้ผลดังแผนภาพประกอบ 14

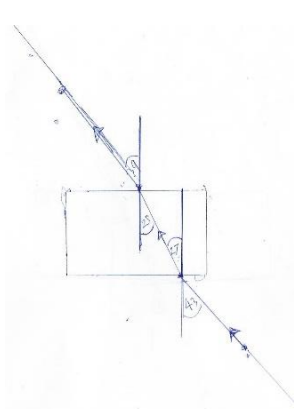


— กรอบแนวคิดเติบโตหลังเรียน ▨ กรอบแนวคิดเติบโตก่อนเรียน

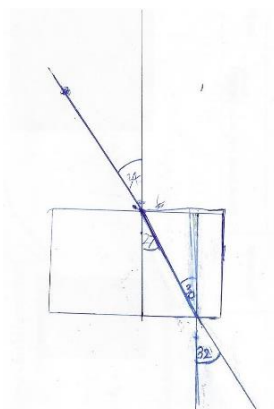
ภาพประกอบ 14 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยกรอบแนวคิดเติบโตของผู้เรียนแต่ละคนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

จากแผนภาพจะเห็นได้ว่า ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่ส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตของผู้เรียน โดยภาพรวมผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยของกรอบแนวคิดเติบโตหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน โดยพบว่าผู้เรียนร้อยละ 72.41 (21 คน) มีค่าเฉลี่ยของกรอบแนวคิดเติบโตสูงขึ้น ผู้เรียนร้อยละ 3.45 (1 คน) มีค่าเฉลี่ยของกรอบแนวคิดหลังเรียนเท่ากับก่อนเรียน และผู้เรียนร้อยละ 24.14 (7 คน) มีกรอบแนวคิดหลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน

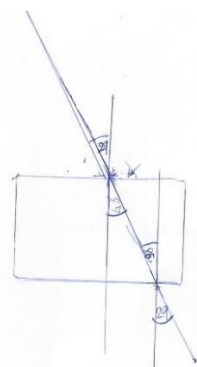
เมื่อพิจารณาพฤติกรรมของผู้เรียนในกลุ่มที่มีกรอบแนวคิดเติบโตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (21 คน) พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ (17 คน) ของกลุ่มนี้ มีพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพยายามในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถ เช่น ผู้เรียน S9 อาสาสมัครเรียนเสริมหลังเลิกเรียนและขอทำการทดลองซ้ำ ดังภาพประกอบ 15 และ S2 ตอบคำถามผู้สอนและมีส่วนร่วมในการทำการทดลองและแก้ปัญหาในทุกกิจกรรม (I4 I24 I35 และ I68)



ครั้งที่ 1



ครั้งที่ 2



ครั้งที่ 3

ภาพประกอบ 15 ผลงานที่แสดงการทดลองการหักเหของแสงเมื่อแสงเดินทางจากอากาศเข้าสู่แท่งพลาสติกด้วยมุมตกกระทบต่างกันของผู้เรียน S9 ที่อาสาสมัครเรียนเสริมหลังเลิกเรียน

นอกจากนี้พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพยายามในการเรียนรู้ตั้งข้างต้นแล้ว ผู้เรียนกลุ่มนี้สามารถสะท้อนความเข้าใจและมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตให้เห็นในใบกิจกรรมและจากการสัมภาษณ์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

“สมองมีการเจริญเติบโตได้มาจากความคิดและการกระทำของคน ถ้าเราได้ทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นประจำสมองเราก็จะเติบโตกับสิ่งนั้น” (A1S1)

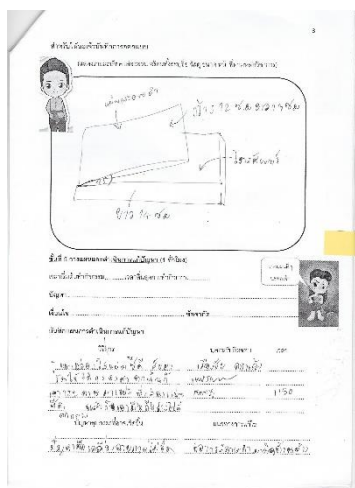
“ถ้าผมล้ม ผมจะไม่ย่อท้อและผมจะตั้งใจทำใหม่ ถ้าทำไม่ได้ผมก็จะลองจนกว่าจะทำได้” (A4S19)

“คนมีแขนขา กับคนไม่มีแขนขา (ผู้พิการไม่มีแขนไม่มีขา) มัน (การคิดจะ) ทำสิ่งต่างๆ ให้ตนเองมีความสามารถ) แตกต่างกัน เพราะทุกคน (คนมีแขนขา) ไม่เคยคิดที่จะทำทนายอะไรใหม่” (A4S23)

“คนเรามีต้นทุนไม่เท่ากัน แต่คนเราสามารถมีความรู้ความสามารถเท่ากันได้ขึ้นอยู่กับความสนใจและความพยายาม หนูจึงพยายามตอบปัญหาเพื่อให้ได้ความรู้” (I29S26)

ส่วนผู้เรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยของกรอบแนวคิดเติบโตคงเดิมและลดลงหลังจากเรียนรู้ด้วยรูปแบบ STEM^{GM} นั้น ผู้เรียนกลุ่มนี้บางคนสามารถสะท้อนความเข้าใจและมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตให้เห็นในใบกิจกรรมและจากการสัมภาษณ์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้ ผู้เรียน S₅ สะท้อนว่า “สิ่งที่สอนไม่่ง่ายไม่ยาก แค่ว่าเราลองทำดู แล้วมีสักวันที่พวกเราจะได้..ถ้าเรามีความพยายาม” (I1) เมื่อสังเกตพฤติกรรมความพยายามในการเรียนรู้และการสะท้อนที่แสดงให้เห็นมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตของผู้เรียนบางคนในกลุ่มนี้ พบว่าผู้เรียนกลุ่มนี้มีพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความ

พยายาม เช่น ทำใบกิจกรรมส่งทุกครั้งที่เราเรียน มีความพยายามอาสาเป็นตัวแทนในการนำเสนอผลงานกลุ่ม อยู่เรียนเสริมหลังเลิกเรียน ดังภาพประกอบ 16



อาสาสมัครเป็นตัวแทนกลุ่มในการนำเสนอ



การบันทึกใบกิจกรรม

อาสาสมัครเรียนเสริมครั้งที่ 1

อาสาสมัครเป็นผู้ช่วยสอน
เรียนเสริมครั้งที่ 2

ภาพประกอบ 16 หลักฐานการแสดงผลพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการมีพยายามในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองของผู้เรียน S5 และเมื่อพิจารณาคะแนนของ

ดังตัวอย่างของผู้เรียน S18 ในกิจกรรมหลัง ๆ หากคาบเรียนใดเพื่อนในห้องคุยกันเสียงดัง ผู้เรียน S18 จะเดินมานั่งกับกลุ่มที่อยู่หน้ากระดาน (แบบสังเกต 29) และเมื่อไปสัมภาษณ์ผู้เรียน S26 ที่อยู่กลุ่มเดียวกันกับผู้เรียน S18 ได้ให้สัมภาษณ์ว่า "...หลังๆ (ผู้เรียน S18) ตั้งใจเรียนมากเลยนะ..." (I37) ต่อมาผู้สอนได้มีการสัมภาษณ์ผู้เรียน S18 ว่าสาเหตุอะไรที่ทำให้ผู้เรียนพยายามตั้งใจเรียนและพยายามเรียนรู้มากขึ้น ผู้เรียนได้สะท้อนว่า "คำพูดที่ครูบอกให้ผมลองทำดู (ซึ่งเป็นคำพูดที่ผู้สอนใช้กระตุ้นผู้เรียนหลังจากที่ผู้สอนสื่อสารคำพูดมุมมองกรอบแนวคิดเติบโต) ครับ" (S18) นอกจากนี้ผู้สอนได้สัมภาษณ์ผู้เรียนในการหาสาเหตุของการไม่ตั้งใจเรียนและการไม่พยายามเรียนรู้ในบางคาบของผู้เรียนบางคนในกลุ่มที่มีกรอบแนวคิดลดลง ผู้เรียน S4 สะท้อนว่า ครูให้เรียนรู้เนื้อหาบางเรื่องมากเกินไป ซึ่งเกินความสามารถของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจจนเกิดความเบื่อ ประกอบกับเวลาเรียนในคาบที่ 6 เป็นคาบเรียนที่ได้ผ่านการเรียนวิชาอื่นมาหลายวิชาและเป็นคาบที่ผู้เรียนได้รับการกระทบทางด้านอารมณ์จากผู้สอนท่านอื่นก่อนมาเรียนในคาบนี้ ทำให้บางครั้งเกิดความรู้สึกไม่อยากเรียน และสมองไม่พร้อมจะเรียนรู้ (I12)

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยของกรอบแนวคิดเติบโตสูงขึ้น และมีค่าขนาดอิทธิพลในระดับปานกลาง ทั้งนี้ผู้เรียนส่วนมากมีพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพยายามในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเองที่เพิ่มขึ้น แม้แต่กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของกรอบแนวคิดเติบโตคงเดิมและลดลง

สมมติฐานการวิจัยที่ 2

จากการทดสอบข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า การทดสอบ Kolmogorov-Smirnov ค่า p ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียน เท่ากับ .069 และค่า p ของคะแนนกรอบแนวคิดเติบโตหลังเรียน เท่ากับ .029 ซึ่งมากกว่า .01 สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ (กัลยา วาณิชยปัญญา. 2555: 252-253) จึงใช้สถิติ t-test for dependent samples ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาในภาพรวมของกลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ก่อนเรียนกับหลังเรียน และใช้สถิติ Cohen's d ในการวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลของผลความแตกต่างคะแนนหลังเรียนกับก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 11

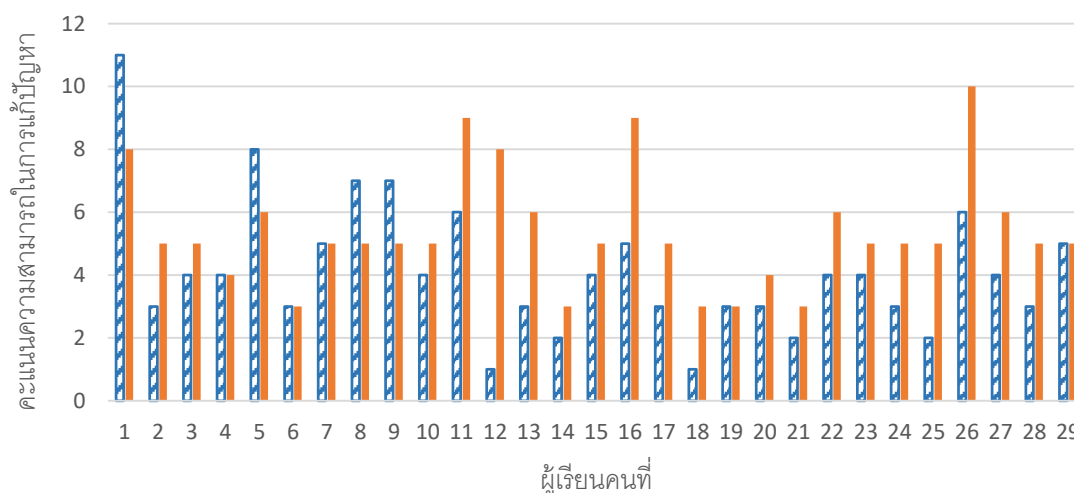
ตาราง 11 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาในภาพรวมของกลุ่มผู้เรียนที่ศึกษาวิจัยก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

สิ่งที่ศึกษา	n	k	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p	Co-d
			$\bar{X}_1$	S.D.	$\bar{X}_2$	S.D.			
ความสามารถใน การแก้ปัญหา	29	12	4.14	2.17	5.38	1.86	3.238**	.0015	0.62

**p < .01

จากตาราง 11 พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สูงวก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าอิทธิพลเท่ากับ .62 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับอิทธิพลปานกลาง ซึ่งผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

จากนั้นผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนกับก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ของผู้เรียนแต่ละคน ได้ผลดังภาพประกอบ 17



— ความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน ▨ ความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน
 ภาพประกอบ 17 กราฟแสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนแต่ละคนหลังเรียนกับ
 ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยภาพรวมผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน โดยมีผู้เรียนร้อยละ 68.97 (20 คน) มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น ผู้เรียนร้อยละ 17.24 (5 คน) มีความสามารถในการแก้ปัญหาคงเดิม และผู้เรียนร้อยละ 13.79 (4 คน) มีความสามารถในการแก้ปัญหาลดลงจากก่อนเรียน

เมื่อพิจารณาในองค์ประกอบย่อยทั้ง 4 ขององค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา เมื่อนำข้อมูลของผู้เรียนมาทดสอบด้วย Kolmogorov-Smirnov ให้ผลการทดสอบดังนี้

องค์ประกอบระบุปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียน ค่า p มีค่าเท่ากับ .0185 และ .048 ตามลำดับ

องค์ประกอบระบุความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน ค่า p มีค่าเท่ากับ .027 และ .018 ตามลำดับ

องค์ประกอบระบุวิธีการก่อนเรียนและหลังเรียน ค่า p มีค่าเท่ากับ .0045 และ .0015 ตามลำดับ

องค์ประกอบระบุผลลัพธ์ก่อนเรียนและหลังเรียน ค่า p มีค่าเท่ากับ .01 และ .0004 ตามลำดับ

จากค่า p ของแต่ละองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการแก้ปัญหาพบว่า องค์ประกอบระบุปัญหาและระบุความรู้ มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ จึงใช้สถิติ t -test for dependent samples ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของกลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ส่วนค่า p ขององค์ประกอบระบุวิธีการและระบุผลลัพธ์ มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงไม่ปกติ จึงใช้สถิติ Wilcoxon Signed-Rank Test ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอันดับความสามารถในการแก้ปัญหขององค์ประกอบระบุวิธีการและระบุผลลัพธ์ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ก่อนเรียนกับหลังเรียน (กัลยา วาณิชยปัญญา. 2555: 252-253) และใช้สถิติ Cohen's d ในการวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีต่อคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหหลังเรียนกับก่อนเรียนขององค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบ ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 12 และ 13

ตาราง 12 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาในองค์ประกอบย่อยทั้ง 2 องค์ประกอบของกลุ่มผู้เรียนที่ศึกษาวิจัยก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

สิ่งที่ศึกษา	n	k	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t		Co-d
			$\bar{X}_1$	S.D.	$\bar{X}_2$	S.D.			
ความสามารถในการระบุปัญหา	29	3	0.69	0.71	0.93	0.92	1.53	.124	-
ความสามารถในการระบุความรู้	29	3	1.79	0.86	1.17	0.93	-3.186	.007	-

** $p < .01$

จากตาราง 12 พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาขององค์ประกอบระบุปัญหาและระบุความรู้หลังเรียนและก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ไม่สามารถช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาด้านระบุปัญหาและระบุความรู้ได้

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยของอันดับความสามารถในการแก้ปัญหาในองค์ประกอบย่อยทั้ง 4 องค์ประกอบของกลุ่มผู้เรียนที่ศึกษาวิจัยก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

สิ่งที่ศึกษา	n				ก่อนเรียน		หลังเรียน		Sum of		Co-d	
	ตำแหน่ง	ตำแหน่ง	ค่า	k					Ranks	T		
	บวก	ลบ	ซ้ำ		$\bar{X}_1$	S.D.	$\bar{X}_2$	S.D.				
ความสามารถ ในการระบุ วิธีการ	12	2	15	3	0.89	0.72	1.31	0.81	92	-2.68	.007**	.52
ความสามารถ ในการระบุ ผลลัพธ์	16	4	9	3	0.76	0.79	1.28	0.70	172	-2.74	.006**	.69

**p < .01

จากตาราง 13 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอันดับความสามารถในการแก้ปัญหาขององค์ประกอบระบุวิธีการหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สูงกว่าก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และมีค่าอิทธิพลเท่ากับ .52 และ .69 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในองค์ประกอบระบุวิธีการและระบุผลลัพธ์ระดับอิทธิพลปานกลาง

จากข้อมูลข้างต้นจะพบว่า ในภาพรวมและในองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการแก้ปัญหาด้านระบุวิธีการและระบุผลลัพธ์ หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สูงกว่าก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับอิทธิพลปานกลาง ทั้งนี้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ยังไม่สามารถทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการระบุปัญหาและระบุความรู้ได้สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานการวิจัยที่ 3

จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า การทดสอบ Kolmogorov-Smirnov ค่า p ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน เท่ากับ .149 และค่า p ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เท่ากับ .116 ซึ่งมากกว่า .01 สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ (กัลยา วาณิชยปัญญา. 2555: 252-253) จึงใช้สถิติ t-test for dependent samples ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาพรวมของกลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEMGM ก่อนเรียนกับหลังเรียน และใช้สถิติ Cohen's d ในการวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลของผลความแตกต่างคะแนนหลังเรียนกับก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 14

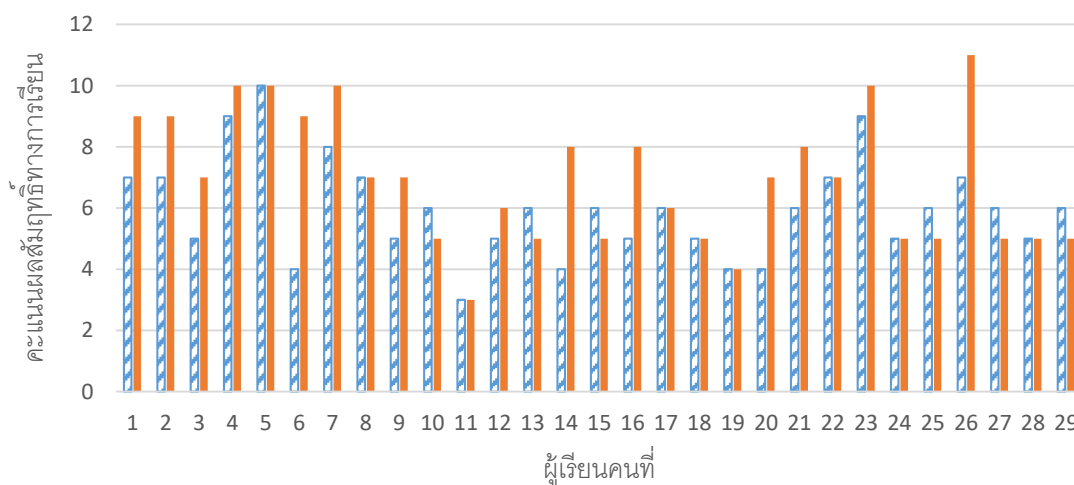
ตาราง 14 คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มผู้เรียนที่ศึกษาวิจัยก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

สิ่งที่ศึกษา	n	k	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p	Co-d
			$\bar{X}_1$	S.D.	$\bar{X}_2$	S.D.			
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	29	20	5.97	1.64	6.93	2.15	3.058**	.005	0.51

**p < .01

จากตาราง 14 พบว่า ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าอิทธิพลเท่ากับ 0.51 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ช่วยส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตในระดับอิทธิพลปานกลาง ซึ่งผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

จากนั้นผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนแต่ละคนได้ผลดังภาพประกอบ 18



— ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ▨ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน

ภาพประกอบ 18 กราฟแสดงคะแนนค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนแต่ละคนหลังเรียนกับก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

จากภาพประกอบ 18 จะเห็นได้ว่า ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน โดยภาพรวมผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน โดยพบว่าผู้เรียนร้อยละ 48.28 (14 คน) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน ผู้เรียนร้อยละ 31.03 (9 คน) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเท่ากับก่อนเรียน และผู้เรียนร้อยละ 20.69 (6 คน) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนลดลงจากก่อนเรียน จะเห็นได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สามารถพัฒนาผู้เรียนเกือบครึ่งให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น แต่ยังไม่สามารถพัฒนาผู้เรียนบางส่วนให้มีความรู้เพิ่มขึ้นได้

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญและผลของการศึกษาวิจัย ได้ดังนี้

คำถามของการวิจัย

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่ช่วยส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ควรมีรูปแบบเป็นอย่างไร
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ส่งผลต่อกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีต่อ
 - 2.1 กรอบแนวคิดเติบโต
 - 2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

สมมติฐานการวิจัย

1. กรอบแนวคิดเติบโตของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง
2. ความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง

วิธีการดำเนินการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร เขตบางนา จำนวน 1 ห้องเรียน 29 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 การเลือกกลุ่มเป้าหมายได้ทำการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกจากกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานระดับชาติ และเด็กส่วนใหญ่มีกรอบแนวคิดเติบโตในระดับต่ำ ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ศึกษาเอกสารและงานวิจัยข้อมูลพื้นฐาน แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สภาพปัญหา บริบทของกลุ่มที่ทำการศึกษาวิจัย การพัฒนารูปแบบการสอน การจัดการเรียนรู้ที่ช่วยแก้ปัญหาของกลุ่มที่ทำการศึกษาวิจัยและสอดคล้องกับนโยบายของทั้งระดับชาติและระดับนานาชาติ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้สะเต็ม การส่งเสริมและการวัดกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ขั้นตอนที่ 2 : การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} และเครื่องมือ

วิจัย

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 จัดทำโครงร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา

2. นำโครงร่างรูปแบบฯ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบและพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสมขององค์ประกอบในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จากนั้นปรับปรุงแก้ไข

3. นำโครงร่างรูปแบบฯ ที่ผ่านการเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทไปวิเคราะห์คุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความถูกต้องและเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะมีค่าระหว่าง 0.67 – 1.00 และในส่วนของข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยนำมาพิจารณาร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไขรูปแบบฯ

4. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} หน่วยการเรียนรู้ เรื่องการแสดง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 4 แผน ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 20 ชั่วโมง และดำเนินการวิเคราะห์คุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินค่าดัชนีความ

สอดคล้อง (IOC) ความถูกต้องและเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 ยกเว้นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องด้านของระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้น้อยกว่า 0.67 โดยผู้เชี่ยวชาญสองท่านให้ผลประเมินตรงข้ามกันทั้งน้อยเกินและมากเกินไปจึงเก็บประเด็นนี้ไว้ปรับแก้ไขหลังการนำร่อง

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบฯ ที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญและปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปนำร่อง (Pilot study) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ความเหมาะสมของกิจกรรมซึ่งระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 4 ชั่วโมง

การพัฒนาเครื่องมือวิจัยสำหรับการเก็บข้อมูล

1. แบบวัดกรอบแนวคิดเติบโตในการเรียนวิทยาศาสตร์ ใช้แบบวัดกรอบแนวคิดเติบโตที่พัฒนาจากคาร์ล ดเวก (Dweck, 2012; 2017) ซึ่งเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 6 ระดับ จำนวน 16 ข้อ ซึ่งเมื่อนำมาหาค่าดัชนีสอดคล้อง (IOC) พบว่ามีค่าระหว่าง 0.67 - 1.00 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .82

2. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์ประกอบย่อยทั้ง 4 องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา และลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบอัตนัยชนิดจำกัดคำตอบ รวมทั้งสิ้นจำนวน 12 ข้อ มีค่าดัชนีสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67 - 1.00 และค่าความเหมาะสมของภาษาที่ใช้อยู่ในเกณฑ์ความคิดเห็นระดับมากที่สุด มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.21-0.76 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.26-0.58 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.62

3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สร้างขึ้นโดยใช้แบบทดสอบแบบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับแสงและการมองเห็น โดยค่าดัชนีสอดคล้อง (IOC) ในด้านความสอดคล้องกับแนวคิดหลักและความสอดคล้องด้านพฤติกรรมมีค่าระหว่าง 0.60 - 1.00 ในด้านความยากง่าย (p) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.24-0.76 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.63 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.75

4. แบบสัมภาษณ์ผู้ร่วมวิจัย (ผู้เรียน) และครูในโรงเรียน เป็นการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ โดยผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนนอกเวลาเรียน เพื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูในโรงเรียน สาเหตุของพฤติกรรมของผู้เรียนในห้องเรียน ความคิดเห็นที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ การเรียนรู้ของผู้เรียนนอกห้องเรียนระหว่างการทดลองใช้ และสอบถามบริบทของโรงเรียนและลักษณะการจัดการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์จากผู้สอน

5. แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ เป็นการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนผ่าน วิดีทัศน์ที่ได้บันทึกระหว่างการจัดการเรียนรู้

6. แบบบันทึกการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกชนิดคำถามปลายเปิดให้ผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยแบบบันทึกการเรียนรู้ได้ผ่านการพิจารณาจากอาจารย์ควบคุมปริญญาโท

ขั้นตอนที่ 3 : ทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้

ในการนำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไปทดลองใช้จริง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEMGM หน่วยการเรียนรู้ เรื่องการแสดงและเครื่องมือวิจัยที่ได้ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและการศึกษานำร่องไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานการศึกษากรุงเทพมหานคร เขตบางนา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 29 คน โดยใช้การทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) เริ่มต้นก่อนทำการวิจัย มีการชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและภาพรวมของกิจกรรม และแจกเอกสารชี้แจงให้กับผู้เรียน พร้อมทั้งหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยกับผู้ร่วมวิจัย เพื่อให้ผู้ร่วมวิจัยซึ่งเป็นผู้เรียนและผู้ปกครองของผู้เข้าร่วมวิจัยลงลายมือชื่อยินยอมการเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้

2. ชี้แจงวัตถุประสงค์ของแบบสอบถามกรอบแนวคิดเดิม แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นให้ผู้เรียนทำแบบสอบถามและแบบวัดดังกล่าว โดยใช้เวลาเครื่องมือละ 30 นาที

3. จัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรื่องการแสดง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} จำนวน 4 แผน เป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมง ขออนุญาตให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อบันทึกภาพและวิดีโอระหว่างเข้าร่วมโครงการ หลังจากเสร็จการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ลงในแบบบันทึกการเรียนรู้

4. ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} จำนวน 4 แผน ผู้วิจัยสัมภาษณ์ผู้เรียนเป็นกลุ่มและเป็นรายบุคคล เพื่อหาสาเหตุของพฤติกรรมของผู้เรียนในห้องเรียนและสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้

5. หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} จำนวน 4 แผน มีการทดสอบผู้เรียนโดยการใช้แบบสอบถามกรอบแนวคิดเดิมโต แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยให้เวลาในการทำแบบวัดดังกล่าว แบบวัดละ 30 นาที

6. สัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ และการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกห้องเรียนระหว่างการทดลองใช้ รวมทั้งสัมภาษณ์ครูในโรงเรียนเกี่ยวกับบริบทของโรงเรียนและลักษณะการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 4 : การประเมินและปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEMGM หลังการทดลองใช้

ผู้วิจัยนำข้อมูลผลการประเมินที่ได้จากการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ และนำผลการวิเคราะห์เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์แบบสังเกตซึ่งได้จากการบันทึกการสังเกตของผู้วิจัยที่สังเกตจากวิถีทัศน์ระหว่างการทำวิจัย ใบกิจกรรม แบบบันทึกการเรียนรู้ แบบสัมภาษณ์และผลงานผู้เรียนมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการเรียบเรียงและสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่ส่งเสริมกรอบแนวคิดเดิมโตและความสามารถในการแก้ปัญหา

2. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดกรอบแนวคิดเดิมโต โดยนำข้อมูลกลับมาตราคำถามเชิงลบของคำถาม 8 ข้อ จากทั้งหมด 16 ข้อ จากนั้นวิเคราะห์การแจกแจงปกติก่อนเรียนกับหลังเรียน เมื่อวิเคราะห์ได้ข้อมูลแจกแจงปกติใช้การทดสอบ t-test for Dependent Sample ในการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลคะแนนเฉลี่ยของกรอบแนวคิดเดิมโตมาจัดกลุ่มผู้เรียนที่มีค่าเฉลี่ยกรอบแนวคิดเดิมโตเพิ่มขึ้น คงเดิม และลดลง เพื่อวิเคราะห์ร้อยละของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม และวิเคราะห์แบบสังเกต ใบกิจกรรม แบบสัมภาษณ์และภาพประกอบการเรียนรู้มาใช้เป็นหลักฐานประกอบการบรรยายความคิดและพฤติกรรมของผู้เรียน

3. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา วิเคราะห์การแจกแจงปกติของข้อมูลผู้เรียนก่อนเรียนกับหลังเรียน เมื่อวิเคราะห์ได้ข้อมูลแจกแจงปกติใช้การทดสอบ t-test for Dependent Sample ในการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} และใช้การทดสอบวิลคอกชัน (Z) ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอันดับความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} รวมทั้งวิเคราะห์ร้อยละของผู้เรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น คงเดิมและลดลง

4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิเคราะห์การแจกแจงปกติของข้อมูลผู้เรียนก่อนเรียนกับหลังเรียน เมื่อวิเคราะห์ได้ข้อมูลแจกแจงปกติใช้การทดสอบ t-test for Dependent Sample ในการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} และวิเคราะห์ร้อยละของผู้เรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น คงเดิมและลดลง

สรุปผลการวิจัย

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM}

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มีขั้นตอนการเรียนรู้ทั้งหมด 7 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 สร้างความเชื่อ (Make believe) ขั้นที่ 2 ระบุปัญหา (Identify Problem) ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Collect Relevant Information and Concept) ขั้นที่ 4 ออกแบบการแก้ปัญหา (Design Solution) ขั้นที่ 5 วางแผนและแก้ปัญหา (Plan and Solve Problem) ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน (Evaluate Products) และขั้นที่ 7 นำเสนอและสะท้อนการเรียนรู้ (Present and Reflect Learning) ซึ่งที่มาของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ทั้ง 7 ขั้นนี้ ผู้วิจัยได้นำหลักการของการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษากับหลักการการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโตมาประยุกต์ใช้ในการสร้างหลักการและขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} โดยรูปแบบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยี รวมทั้งให้ความเข้าใจและมีมุมมองของกรอบแนวคิดเติบโต ซึ่งจะช่วยให้ส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่ปรับปรุงหลังจากการทดลองใช้จริงเป็นดังตาราง 15

ตาราง 15 การสรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา รอบแนวคิดเติบโต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 1 สร้างความเชื่อ (Make believe)		
สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับกรอบแนวคิดเติบโตที่มีความเชื่อว่าสมองเปลี่ยนแปลงเติบโตได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ผ่านการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การศึกษาการทำงาน และเติบโตของสมองใน ศาสตร์ของนิวโรพลาสติก (Neuroplasticity), การศึกษาประวัตินักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน รวมทั้งแสดงวัตถุประสงค์การเรียนรู้	- เรียนรู้เกี่ยวกับกรอบแนวคิดเติบโตการศึกษาการทำงานและเติบโตของสมอง, ประวัติ นักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน - อภิปรายเกี่ยวกับการพัฒนาของสมองหรือความฉลาดหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงพัฒนาได้จากความพยายามเรียนรู้สิ่ง ต่าง ๆ - ศึกษาวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้	- กระตุ้นและนำเสนอให้นักเรียนเข้าใจกรอบแนวคิดเติบโต โดยใช้สื่อที่เป็นวีดิทัศน์ อนิเมชัน บทความ เกี่ยวกับการทำงานของสมองและการเปลี่ยนแปลงเติบโตของสมองด้วยการพยายามเรียนรู้สิ่ง ต่าง ๆ รวมถึงตัวอย่างของนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนรู้และประสบความสำเร็จจากความเพียรพยายาม โดยในกิจกรรมแรกๆควรใช้สื่อที่เป็นวีดิทัศน์ - นำผู้เรียนอภิปรายเกี่ยวกับกรอบแนวคิดเติบโต เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการรับรู้ถึงความฉลาดหรือสติปัญญาหรือความสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่ง ต่าง ๆ - แสดงและอธิบายวัตถุประสงค์

ตาราง 15 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 2 ระบุปัญหา (Identify Problem)		
พิจารณาทำความเข้าใจปัญหาที่ท้าทายความสามารถ จากสถานการณ์ในชีวิตจริงหรือการประกอบอาชีพ และระดมความคิดเพื่อระบุปัญหา เสร็จสิ้นข้อจำกัดจากสถานการณ์	- ศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อระบุปัญหา เสร็จสิ้นข้อจำกัดจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ - ระดมความคิดและอภิปรายข้อมูลของตนเองกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อระบุปัญหา เสร็จสิ้นข้อจำกัดที่จะนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหา	- นำเสนอสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงที่ท้าทายในชีวิตจริงหรือการประกอบอาชีพและเป็นปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาได้หลากหลาย - ถามคำถามกระตุ้นเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถระบุปัญหาที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ หากผู้เรียนระบุปัญหาไม่ได้ ให้ผู้สอนใช้คำถามเพื่อช่วยเหลือผู้เรียน - การเขียนคำสั่งให้ผู้เรียนระบุปัญหาต้องชัดเจนว่าให้ระบุปัญหาอะไร

ตาราง 15 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Collect Relevant Information and Concepts) วิเคราะห์แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา วางแผนการสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลและแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา รวมทั้งให้ผลป้อนกลับที่เป็นคำชมที่เน้นกระบวนการและความพยายามในการสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบ	- ตั้งเป้าหมาย วางแผน ทบทวน แผนและดำเนินการการสืบค้นข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบ แนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ - ดำเนินการรวบรวมข้อมูลแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับปัญหาตามแผนที่วางไว้ - สรุปข้อมูลและแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	- <u>สำรวจแนวคิดหลักพื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในการเรียนรู้แนวคิดหลักและให้การช่วยเหลือผู้เรียนให้มีแนวคิดหลักพื้นฐานเพียงพอ เช่น จัดสอนเสริม เพื่อนสอนเพื่อน</u> - กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งเป้าหมาย วางแผน ทบทวน แผนการดำเนินการการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา - ให้คำแนะนำและใช้คำถาม กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดทบทวน พิจารณาข้อมูลว่ามีเพียงพอสำหรับการแก้ปัญหาหรือไม่ - แนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ - ชื่นชมเมื่อผู้เรียนแสดงออกถึงความพยายามในการสืบค้นหรือสำรวจตรวจสอบ พร้อมยกตัวอย่างพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงถึงความพยายามในการสืบค้นหรือสำรวจตรวจสอบ - ให้คำแนะนำช่วยเหลือเพื่อให้ผู้เรียนสรุปข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ตาราง 15 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 4 ออกแบบการแก้ปัญหา (Design Solution) การนำแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับ การแก้ปัญหามาใช้ในการหาวิธีการ แก้ปัญหาและเลือกวิธีการแก้ปัญหา ที่ดีที่สุด ตามข้อจำกัดและเงื่อนไข ของสถานการณ์ รวมทั้งออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา ตามหลักการทาง วิชาการ และกำหนดเกณฑ์ในการ ประเมินผลงานการแก้ปัญหา	-ระดมความคิดเพื่อหาวิธีการ แก้ปัญหา - ประเมินความเป็นไปได้ ข้อดี ข้อจำกัดในการเลือกแนวทางการ แก้ปัญหา และแสดงเหตุผล ประกอบ - ระดมความคิด และอภิปราย เพื่อให้ได้แนวทางในการออกแบบ การแก้ปัญหาตามวิธีการ แก้ปัญหาที่ได้เลือกไว้ - ออกแบบการแก้ปัญหตาม แนวทางที่ได้เลือกไว้ โดยระบุ รายละเอียดให้ชัดเจน เช่น ชื่อ วัสดุที่ใช้ หน้าที่ ขนาด พร้อมทั้งให้ เหตุผลตามหลักการทางวิชาการ - ระดมความคิดเพื่อกำหนดเกณฑ์ การประเมินผลงานที่ได้จากการ แก้ปัญหา	-กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการ ระดมความคิดหาวิธีการแก้ปัญหา เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดตาม หลักการทางวิชาการ - เข้าไปเน้นย้ำผู้เรียนทุกกลุ่ม ให้ออกแบบการแก้ปัญหาที่มี รายละเอียดชัดเจนเพียงพอที่จะ นำไปใช้ในการวางแผนและ ดำเนินการแก้ปัญหาได้ พร้อมทั้ง ให้ผู้เรียนแสดงเหตุผลการ ออกแบบตามหลักการทาง วิชาการ -นำอภิปรายเพื่อให้ผู้เรียนได้ระดม ความคิดในการกำหนดเกณฑ์การ ประเมินผลงานที่ได้จากการ แก้ปัญหา

ตาราง 15 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 5 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Plan and Solve Problem) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้ออกแบบไว้ อย่างเป็นขั้นตอน และปฏิบัติได้จริงตามเป้าหมายของการแก้ปัญหา	- ระดมความคิดเพื่อวางแผนการปฏิบัติงานที่สามารถปฏิบัติได้จริงตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยผู้เรียนกำหนด วิธีการ กำหนดบุคคล เวลา และอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นพร้อมทั้งหาแนวทางการแก้ไขอุปสรรคด้วย - ปฏิบัติและดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการแก้ปัญหาและบันทึกสิ่งต่าง ๆ ระหว่างการทำงานทุกครั้ง - ตรวจสอบติดตามงานเพื่อให้ได้แผนและการดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมาย เจื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด	- กระตุ้นช่วยเหลือสนับสนุนผู้เรียน - ทุกกลุ่มให้วางแผนการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้ออกแบบไว้ อย่างเป็นขั้นตอนและปฏิบัติได้จริง - ให้คำแนะนำ และใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมวางแผนและการดำเนินการแก้ปัญหา - เน้นย้ำผู้เรียนให้พิจารณาแผนการดำเนินงานในประเด็นความสอดคล้องของแผนการดำเนินงานกับเป้าหมายข้อจำกัดเงื่อนไข ความเป็นไปได้ ข้อดีข้อจำกัด อุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพ

ตาราง 15 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน (Evaluate Products) ประเมินผลงานโดยการทดสอบ จุดเด่น จุดควรปรับปรุงและนำ ข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงผลงาน หรือการออกแบบ จากนั้นทำ การทดสอบซ้ำจนได้ผลงานที่ดี ที่สุด รวมทั้งสะท้อนข้อความ มุมมองของกรอบแนวคิด เติบ โต และ ให้ คำ ชม กระบวนการ และ ความ พยายามในการแก้ปัญหาจน ได้ผลงานที่ดีที่สุด	- ทดสอบและนำผลการทดสอบ มาระดมความคิดในการปรับปรุง ชิ้นงานหรือการออกแบบ และ ทดสอบซ้ำ โดยใช้หลักการและ เหตุผลตามหลักการทางวิชาการ เพื่อให้ได้ผลงานการแก้ปัญหาที่ เป็นไปตามเงื่อนไข ข้อจำกัดและ เป็นผลงานที่ดีที่สุด - บันทึกผลการทดสอบ จุดเด่น และจุดควรปรับปรุงทุกครั้งของ การทดสอบ - สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการ ปฏิบัติ พัฒนาและปรับปรุง ผลงาน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นความ พยายามและความก้าวหน้าใน การเรียนรู้ที่เกิดขึ้น	- กระตุ้นผู้เรียนอภิปรายอย่างสร้างสรรค์ ด้วยหลักการและเหตุผล - เน้นให้ผู้เรียนใช้เกณฑ์การประเมินผล งานที่ได้กำหนดไว้ ในการพิจารณา ผลงานของกลุ่มตนเอง - ให้ผลป้อนกลับและคำชมที่กระบวนการ กับความพยายามในการแก้ปัญหาจน ได้ผลงานที่ดีที่สุด รวมทั้งสะท้อนคำพูดที่ ส่งเสริมมุมมองกรอบแนวคิดเติบโต เช่น การทำงานครั้งแรกไม่จำเป็นต้องสมบูรณ์ แบบ ความล้มเหลวเป็นสิ่งปกติที่เกิดขึ้น ได้ ความพยายามเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วย พัฒนาความสามารถหรือความฉลาด หรือสติปัญญาให้เพิ่มมากขึ้น

ตาราง 15 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
ขั้นที่ 7 นำเสนอและสะท้อน การเรียนรู้ (Present and Reflect Learning) วางแผนการนำเสนอและนำเสนอหลักการ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี วิธีการแก้ปัญหา และผล การแก้ปัญหา กำหนดเกณฑ์การประเมินและประเมินผลงานกับการ นำเสนอตามเกณฑ์ที่ กำหนด เพื่อให้ได้ผลงานที่มีประสิทธิภาพมาก และสะท้อนข้อความบอก มุมมองกรอบแนวคิดเติบโต	- ระดมความคิดเพื่อกำหนดเกณฑ์ การนำเสนอผลงาน - วางแผนการนำเสนอและนำเสนอ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ รวมทั้ง วิธีการและผลของการ แก้ปัญหา - ประเมินผลงานและการนำเสนอ กลุ่มตนเองและกลุ่มอื่น ตามเกณฑ์ ที่ร่วมกันกำหนด - รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเพื่อ นำมาใช้ปรับปรุงงานให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้ง อภิปราย และให้ ข้อเสนอแนะตามหลักการทาง วิชาการและสร้างสรรค์ - ระลึกประสบการณ์การเรียนรู้ของ ตนเองและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากผู้อื่น โดยการสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ ความก้าวหน้า ความสำเร็จความ ผิดพลาด ข้อดี ข้อที่ควรปรับปรุง แก้ไข เพื่อเรียนรู้และนำไปฝึกฝน และพัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น	- นำอภิปรายเพื่อให้ผู้เรียนได้ ระดมความคิดในการกำหนด เกณฑ์การประเมิน - กระตุ้นและสร้างกติกาให้กับ ผู้เรียนในการอภิปรายอย่าง สร้างสรรค์โดยการนำเสนอ มุมมองช่วยให้การปฏิบัติงาน ผลงาน และการนำเสนอ ผลงานดียิ่งขึ้น - กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมใน การนำเสนอ - สะท้อนแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และ เทคโนโลยีที่ถูกต้อง และ อภิปรายเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจ แนวคิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง - กระตุ้นให้ผู้เรียนสะท้อน แนวคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้และ สะท้อนปัจจัยที่ทำให้งาน ประสบความสำเร็จ และบอก มุมมองกรอบแนวคิดเติบโต เช่น การฝึกปฏิบัติ

หมายเหตุ : ส่วนที่ขีดเส้นใต้เป็นส่วนที่เพิ่มเติมขึ้นหลังจากการทดลองใช้

2. ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีต่อกรอบแนวคิดเติบโต สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

ผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มีคะแนนเฉลี่ยของกรอบแนวคิดเติบโตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง โดยผู้เรียนส่วนมาก (21 คน) มีกรอบแนวคิดเติบโตสูงขึ้น ส่วนผู้เรียนส่วนน้อย (8 คน) มีกรอบแนวคิดเติบโตคงเดิมหรือลดลง แต่จากการวิเคราะห์พฤติกรรมพบว่าทุกกลุ่มมีการแสดงพฤติกรรมให้เห็นถึงความตั้งใจและพยายามในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้และความสามารถของผู้เรียน

3. ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

ผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งมีผู้เรียนส่วนมาก (20 คน) มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น มีผู้เรียนส่วนน้อย (9 คน) มีความสามารถในการแก้ปัญหาคงเดิมหรือลดลง และเมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบย่อยในด้านต่าง ๆ ของความสามารถในการแก้ปัญหา พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาองค์ประกอบด้านกระบวนการ และระบุผลลัพธ์ ของความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง แต่ยังไม่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้านระบุปัญหาและระบุความรู้ได้

4. ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง โดยผู้เรียนครึ่งหนึ่ง (14 คน) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ส่วนผู้เรียนอีกครึ่งหนึ่ง (15 คน) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคงเดิมและลดลง แต่โดยภาพรวมรูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนได้

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษานี้สามารถอภิปรายได้ 2 ประเด็น ดังนี้ 1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ช่วยส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างไร 2) ผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มีต่อกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างไร โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่ช่วยส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มีแนวคิดมาจากการผสมกันระหว่างหลักการสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งมีจุดเด่นในการช่วยพัฒนาความรู้และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 กับหลักการการพัฒนากลอบแนวคิดเติบโตที่มีจุดเด่นที่ให้ผู้เรียนมีความเชื่อว่าสมองสามารถเปลี่ยนแปลงเติบโตได้จากการพยายามเรียนรู้และทำสิ่งใหม่ ๆ ซึ่งความเชื่อนี้จะนำผู้เรียนไปสู่การแสดงออกมาซึ่งความพยายามในการพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเองมากกว่าการหวังผลเพื่อให้ได้การพิพากษาหรือการตัดสินผลในทางที่ดี และหากพิจารณาในรายละเอียดของการจัดการเรียนรู้จะพบว่า รูปแบบนี้มีการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก้ปัญหาที่ท้าทายโดยนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีมาใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไข ข้อจำกัดอย่างมีระบบด้วยกระบวนการทางวิศวกรรม นอกจากนี้ยังมีการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตที่ให้ผู้เรียนมีความพยายามในการเรียนรู้ที่จะพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเอง ซึ่งครบตามจุดมุ่งหมายของการศึกษาที่ต้องการพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้ (Cognitive domain) ด้านทักษะ (Psycho-motor) และด้านเจตคติ (Affective domain) สอดคล้องกับทฤษฎี ขัมมณี (2557 :237) ที่กล่าวว่าจัดการเรียนรู้ควรจัดให้มีการพัฒนาให้ครบทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนสามารถพัฒนาผู้เรียนในด้านต่างๆ โดยผู้วิจัยจะอภิปรายแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างความเชื่อ

ขั้นสร้างความเชื่อเป็นการสร้างความเข้าใจและทำให้ผู้เรียนมีมุมมองกรอบแนวคิดเติบโต โดยใช้สื่อลักษณะของวิดิทัศน์แสดงการทำงานและการเชื่อมโยงของสมองในศาสตร์ของนิโรพลาสติค (Neuroplasticity) และการใช้ประวัตินักวิทยาศาสตร์หรือบุคคลที่พยายามพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเองจนประสบความสำเร็จ จากการทดลองพบว่า การใช้สื่อวิดิทัศน์การทำงานของสมองในศาสตร์นิโรพลาสติคและประวัติบุคคลพยายามพัฒนาตนเองจนประสบความสำเร็จ

ทำให้ผู้เรียนสะท้อนมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตได้ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ ศรีราม (Sriram. 2014: 523-524) ค้นพบว่า เมื่อใช้สื่อประเภทบทความ วิดีทัศน์ เกี่ยวกับการทำงานของสมองเติบโตได้จะช่วยทำให้ผู้เรียนมีกรอบแนวคิดเติบโตสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสื่อวีดิทัศน์ประวัติบุคคลที่ประสบความสำเร็จจากความพยายามที่มีจุดเริ่มต้นด้อยกว่าผู้เรียน ยิ่งทำให้ผู้เรียนสนใจและสะท้อนมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตได้มากกว่าประวัติบุคคลประสบความสำเร็จที่เป็นนักวิทยาศาสตร์หรือผู้มีจุดเริ่มต้นสูงกว่าผู้เรียนมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ มอเจนโรท เทคลา (Morgenroth, Thekla. 2015: 209-211) กล่าวว่า การนำบุคคลต้นแบบที่ทำให้ผู้ศึกษาต้นแบบมองเห็นถึงความเป็นไปได้ โดยเฉพาะผู้ศึกษาต้นแบบเป็นกลุ่มด้อยโอกาสและกลุ่มที่ถูกมองทางด้านลบ การให้เรียนรู้ต้นแบบลักษณะนี้จะทำให้เขารับรู้ความสามารถของเขาและอุปสรรคที่จะเกิดขึ้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมุมมองในความสามารถของเขาได้ จึงสรุปได้ว่าการใช้สื่อวีดิทัศน์ทำให้ผู้เรียนสนใจ (ปวิวรรต สมนึก. 2558: 4) และถ้าผู้เรียนสนใจจะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี (สุรางค์ ไคว์ตระกูล. 2556: 254) ส่งผลต่อการสะท้อนมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตได้ดีด้วย และการนำประวัติของบุคคลที่ใกล้เคียงหรือด้อยกว่าผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่ผู้เรียนสามารถเป็นได้เหมือนบุคคลต้นแบบมากกว่าประวัติบุคคลที่มีจุดเริ่มต้นสูงกว่าผู้เรียน ส่งผลให้ช่วยพัฒนาส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตให้กับผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 2 ระบุปัญหา

ขั้นการระบุปัญหาเป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้พิจารณาทำความเข้าใจปัญหาที่ท้าทายความสามารถจากสถานการณ์ในชีวิตจริงหรือการประกอบอาชีพ และระดมความคิดเพื่อระบุปัญหา เขียนไขข้อจำกัดจากสถานการณ์ จากผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ไม่ถูกต้อง ถ้าผู้สอนระบุคำสั่งกว้าง ๆ เช่น ให้ผู้เรียนระบุปัญหา แต่ไม่ชี้ชัดว่าระบุปัญหาอะไร ของใคร ทำให้ผู้เรียนส่วนมากไม่สามารถระบุปัญหาได้ รวมทั้งผู้สอนต้องใช้คำถามนำในการช่วยเหลือผู้เรียนในการระบุปัญหาด้วย จึงทำให้ผู้เรียนระบุปัญหาได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ สเติร์นเบิร์ก: กิโกเรนโก้. (2545: 39-54) ได้เสนอการช่วยให้ผู้เรียนระบุปัญหาได้ดีนั้น ควรใช้คำถามหลาย ๆ คำถาม ช่วยเหลือผู้เรียน เพื่อนำไปสู่คำถามที่สำคัญที่จะนำไปสู่การระบุปัญหาของสถานการณ์นั้น และสอดคล้องกับวิชิตา กิจธรรม (2558) ที่กล่าวว่าการสอนการแก้ปัญหาผู้สอนควรมีบทบาทกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาประเด็นปัญหา

นอกจากนี้ในขั้นการระบุปัญหาพบว่า ผู้สอนจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาและร่วมกันอภิปรายทั้งห้อง ผู้เรียนไม่ค่อยสนใจในการอ่านสถานการณ์ที่กำหนดและระบุปัญหา จึงควรเปลี่ยนการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปวีดิทัศน์ หรือสื่อที่มี

ภาพประกอบที่น่าสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับ จุญพงษ์ ชลสินธุ์; สิริณา กิจเกื้อกูล; และวิภารัตน์ เชื้อชาติชัยสิทธิ์. (2561: 38) ได้วิจัยพบว่าการใช้สื่อประเภทที่เป็นวีดิทัศน์ รูปภาพ ข่าวเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงมาช่วยให้ผู้เรียนระบุปัญหาจะช่วยให้ผู้เรียนสนใจมากขึ้น อีกทั้งในขั้นนี้ผู้สอนจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาและร่วมกันอภิปรายทั้งห้อง ซึ่งมักพบว่าผู้เรียนบางคนไม่มีส่วนร่วมในการระบุปัญหา หากมีการให้อภิปรายภายในกลุ่มก่อนแล้วค่อยอภิปรายรวมกันจะทำให้ผู้เรียนระบุปัญหาได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ จุญพงษ์ ชลสินธุ์; สิริณา กิจเกื้อกูล; และวิภารัตน์ เชื้อชาติชัยสิทธิ์. (2561:38) ที่พบว่าการให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาสถานการณ์ปัญหาและร่วมกันแสดงมุมมองที่มีต่อปัญหาจะช่วยให้ผู้เรียนแบ่งปันความเข้าใจและระบุปัญหาได้ดีขึ้น รวมทั้งส่งผลให้มีมุมมองปัญหาไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นในขั้นระบุปัญหาควรจัดให้มีการอภิปรายในกลุ่มย่อยก่อน และควรมีการระบุข้อคำถามให้ชัดเจน เพื่อให้การระบุปัญหาของผู้เรียนปฏิบัติได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

ในการให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องโดยการสำรวจตรวจสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความรู้พื้นฐานไม่เพียงพอต่อการลงมือปฏิบัติการทดลองที่จะสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งในเบื้องต้นผู้วิจัยได้มีการช่วยเหลือผู้เรียนโดยการสอนเสริมหลังเลิกเรียน แต่มีผู้เรียนบางส่วนที่อาสาสมัครเรียนเสริม จึงไม่สามารถช่วยเหลือผู้เรียนได้ทั่วถึง ดังนั้นในขั้นนี้ผู้วิจัยจึงเพิ่มเติมบทบาทของผู้สอนเกี่ยวกับการสำรวจแนวคิดหลักพื้นฐานของผู้เรียน และให้การช่วยเหลือผู้เรียนให้มีแนวคิดหลักพื้นฐานเพียงพอต่อการเรียนรู้ที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้ให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น โดยในการเพิ่มบทบาทผู้สอนในข้างต้น จะช่วยทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ความรู้ใหม่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ สสวท (2559: 6) ระบุว่าการศึกษาที่ผู้เรียนเรียนรู้ความรู้ใหม่ได้ จะทำให้ผู้เรียนมีความรู้ถูกต้องเพียงพอในการแก้ปัญหา สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่มีอยู่ในการแก้ปัญหาต่อไปได้ และ สอดคล้องกับ อีจิวัล (Ejiwale. 2013: 69) วิจัยพบว่าการที่ผู้เรียนมีความรู้ที่เพียงพอส่งผลให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุญพงษ์ ชลสินธุ์; สิริณา กิจเกื้อกูล; และวิภารัตน์ เชื้อชาติชัยสิทธิ์. (2561: 38-40) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมควรมีการตรวจสอบและปรับโมเดลพื้นฐานของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้เพียงพอต่อการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้การแก้ปัญหาประสบความสำเร็จดีขึ้น ดังนั้นในขั้นนี้จึงควรมีการสำรวจความรู้พื้นฐานและให้การช่วยเหลือผู้เรียนให้มีความรู้พื้นฐานเพียงพอในการเรียนรู้ความรู้ใหม่

ขั้นที่ 4 ออกแบบการแก้ปัญหา

การออกแบบการแก้ปัญหา ในขั้นนี้ผู้สอนใช้คำถามช่วยให้ผู้เรียนออกแบบได้ชัดเจน และมีเหตุผลทางวิชาการรองรับ พบว่าหากผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนให้เขียนเหตุผลประกอบจะช่วยให้ผู้เรียนออกแบบได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของคัทนังค์ มณีศรี. (2556: 130-134) ชุมพร ยงค์กิติกุล. (2556: 564-571) และ มอแกนและคณะ (Morgan, James R, Moon, April M, & Barroso, Luciana R. 2013: 35-36) ที่กล่าวว่าในการให้ผู้เรียนออกแบบแก้ปัญหา ผู้สอนควรใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนในการออกแบบ ซึ่งเป็นการช่วยให้ผู้เรียนออกแบบการแก้ปัญหาได้มีประสิทธิภาพ

ในขั้นการออกแบบมีการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์ประเมินผลงาน พบว่าผู้เรียนสามารถร่วมกับผู้สอนในการกำหนดเกณฑ์ร่วมกันได้ ซึ่งในการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกำหนดเกณฑ์การประเมินผลงานจะทำให้ผู้เรียนตระหนักขณะการออกแบบเพื่อให้ได้ผลงานเป็นไปตามเป้า ซึ่งสอดคล้องกับมูลนิธิยุวสถิรคุณ (2559: 24-26) ที่ระบุว่าให้ผู้เรียนได้รู้เป้าหมายที่คาดหวังจากการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนรับผิดชอบและรู้สึกถึงการเป็นเจ้าของในงานนั้น ส่งผลให้ผู้เรียนดำเนินงานนั้นได้สำเร็จ และสอดคล้องกับ มอแกน และคณะ (Morgan, James R, Moon, April M, & Barroso, Luciana R. 2013) ที่กล่าวว่าผู้เรียนควรมีส่วนร่วมในการระบุเกณฑ์ เพื่อสามารถพิจารณาผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาให้ได้ตามเป้าหมาย ดังนั้นในขั้นนี้ผู้สอนควรใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนเพื่อให้การออกแบบมีประสิทธิภาพ และในการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์จะช่วยให้ผู้เรียนทำงานได้สำเร็จตามเป้าหมายดีขึ้น

ขั้นที่ 5 วางแผนและการแก้ปัญหา

การวางแผนการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาดตามแนวทางที่ได้ออกแบบไว้ พบว่าผู้เรียนได้ระดมความคิด ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน แต่ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่ให้ความร่วมมือในการบันทึกการวางแผนเป็นรายบุคคลลงในใบกิจกรรม แต่เมื่อปรับให้วางแผนลงบนกระดาษฟลิปชาร์ตและทำเป็นกลุ่ม ผู้เรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการทำงานได้สื่อสารแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นและเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ ได้คิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยส่งเสริมผู้เรียนในด้านการคิดและการทำงานร่วมกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ จรูญพงษ์ ชลสินธุ์; สิริณภา กิจเกื้อกูล; และวิภารัตน์ เชื้อชาติชัยสิทธิ์. (2561: 39) ที่พบว่าให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมแบบร่วมมือกัน เพื่อออกแบบแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงานตามเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิดขั้นสูง พัฒนาการทำงานร่วมกันและช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติ และสอดคล้องกับคำกล่าวของ อีจิวัล (Ejiwale, James A. 2013) ที่กล่าวว่า การสร้างชิ้นงาน ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดที่จำเป็นในด้าน

วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมด้วย ดังนั้นในการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาจะช่วยพัฒนาการคิดและการทำงานร่วมกัน

ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน

การประเมินผลงานเป็นขั้นตอนการให้ผู้เรียนประเมินผลงานและปรับปรุงผลงานจนได้ผลงานที่ดีที่สุด ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์การทำงานที่ผิดพลาด และเรียนรู้แก้ไขเพื่อปรับปรุงงานให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ จูญพงษ์ ชลสินธุ์; สิริภา กิจเกื้อกูล; และวิภาวรินทร์ เชื้อชาติชัยสิทธิ์. (2561: 39) นอกจากนี้การให้คำชมที่กระบวนกรและบอกข้อความกรอบแนวคิดเติบโตจะช่วยให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมที่แสดงให้เห็นถึงความพยายามในแก้ไขผลงานที่ผิดพลาดต่อไป สอดคล้องกับ ดเวก (2006: 38, 54) ที่กล่าวว่าคนที่มีกรอบแนวคิดเติบโตจะพยายามเรียนรู้มากขึ้นเมื่อเจออุปสรรค ดังนั้นในการประเมินผลงานและปรับปรุงผลงานทำให้ผู้เรียนได้รับมุมมองการทำงานที่ไม่ได้ตามเป้าหมายเป็นเรื่องปกติที่สามารถปรับปรุงแก้ไขให้สำเร็จได้ โดยในการให้ข้อความกรอบแนวคิดเติบโตและคำชมจะช่วยให้ผู้เรียนมีความพยายามในการแก้ไขผลงานให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 7 นำเสนอและสะท้อนการเรียนรู้

การนำเสนอและสะท้อนการเรียนรู้เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้วางแผนและนำเสนอหลักการ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี วิธีการแก้ปัญหา และผลการแก้ปัญหา รวมทั้งประเมินการนำเสนอ ผลงานตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งในการจัดการเรียนรู้นี้ได้ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์การนำเสนอ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้ทราบเป้าหมายของการนำเสนอ และช่วยให้ผู้เรียนเตรียมพร้อมตัวเองในการนำเสนอให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ สอดคล้องกับ มุลนิยิวสศิริคุณ. 2559: 24-26; Dweck. 2006 ที่กล่าวว่าการทำงานให้ประสบความสำเร็จจำเป็นต้องมีเป้าหมาย และในการให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์การนำเสนอ ทำให้ผู้เรียนสื่อสารและนำเสนอได้ดีขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ ทิศนา ขัมมณี. (2557: 257) กล่าวว่า การสื่อสารเป็นทักษะอย่างหนึ่งจำเป็นต้องได้รับการฝึกฝน จึงจะช่วยพัฒนาการสื่อสารได้ดียิ่งขึ้น

ในส่วนของการประเมินการนำเสนอและการให้ข้อเสนอแนะ จากการทดลองพบว่าควรให้ข้อเสนอแนะในเชิงบวก เพราะผู้เรียนอยู่ในช่วงการปรับเปลี่ยนกรอบแนวคิด ซึ่งการจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีกรอบแนวคิดเติบโตจำเป็นต้องจัดบรรยากาศให้ผู้เรียนกล้าเรียนรู้ รู้สึกปลอดภัย ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของ สสวท. (2555: 203-204) ที่กล่าวว่าการอภิปราย การนำเสนอ มุมมอง และการให้ข้อเสนอแนะควรเป็นไปในทางสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน และสอดคล้องกับแนวคิดของ ทิศนา ขัมมณี (2557: 256) ได้กล่าวว่า ผู้สอนควร

ตระหนักในการให้ข้อเสนอแนะกับผู้เรียน เนื่องจากการให้ข้อเสนอแนะมีผลต่อบรรยากาศในชั้นเรียน ซึ่งการให้ข้อเสนอแนะในเชิงปรับปรุงอาจทำให้ผู้เรียน รู้สึกไม่ปลอดภัยได้ และส่งผลต่อการเรียนรู้ด้วย ดังนั้นการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้นำเสนอ ร่วมกันกำหนดเกณฑ์ในการนำเสนอที่ดี รวมทั้งการให้ผลป้อนกลับส่งเสริมมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตจะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการสื่อสารและการนำเสนอได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งการให้ข้อเสนอแนะควรให้ในเชิงบวกเพื่อช่วยส่งเสริมบรรยากาศการเรียนรู้และทำให้ผู้เรียนกล้าที่จะเรียนรู้มากขึ้น

ในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ได้มีการให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่ม โดยจัดกลุ่มความสามารถและเพศ ผลวิจัยพบว่าผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น มีการช่วยเหลือกันและกัน มากกว่าให้ทำงานเดี่ยว ซึ่งสอดคล้องกับ จูญพงษ์ ชลสินธุ์; สิริภา กิจเกื้อกูล; และวิภารัตน์ เชื้อชาติชัยสิทธิ์. (2561: 40) ที่กล่าวถึงการสอนสะเต็มให้ประสบความสำเร็จนั้น ควรแบ่งกลุ่มความสามารถ มีการระบุหน้าที่ภาระงานชัดเจนเพื่อสามารถตรวจสอบการมีส่วนร่วมของผู้เรียน

2 ผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ๔ ในด้านกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่มีการนำหลักการจัดการเรียนรู้สะเต็มที่ใช้การจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมกับหลักการวิธีการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตด้วยวิธีการทำงานสมองเติบโตได้จากการเรียนรู้สิ่งใหม่ การให้ผลป้อนกลับ คำชม และการเรียนรู้ประวัติบุคคลที่ประสบความสำเร็จพบว่า ผู้เรียนมีกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ลี และคณะ (Li, Yanyan, Huang, Zhinan, Jiang, Menglu, & Chang, Ting-Wen. 2016) ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และสอดคล้องกับ แลม; พอล; โดเวอร์สไปค์ (Lam, Paul C., Doverspike, Dennis, Zhao, Julie, Zhe, John, & Menzemer, Craig. 2008) ที่ได้ทำการวิจัยในการอบรมเชิงปฏิบัติการโดยใช้สะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และสอดคล้องกับ มายเซต (Mindset. 2012) ที่ได้ใช้โปรแกรม Brainology ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการทำงานของสมองและเรียนรู้สมองสามารถเปลี่ยนแปลงเติบโตได้จากการพยายามเรียนรู้สิ่งใหม่ทำให้ผู้เรียนร้อยละ 67 สามารถเปลี่ยนแปลงกรอบแนวคิดจำกัดเป็นกรอบแนวคิดเติบโตได้ และผลของงานวิจัย

ของเอสพาร์ซา; ชูแมน; และ ชมิดท์ (Esparza; Shumow; & Schmidt. 2014:9) ที่ใช้การแทรกแซงวิธีเดียวกันกับ มายเซต (Mindset. 2012) ให้ผลของกรอบแนวคิดเติบโตของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า .001 ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การจัดการเรียนรู้แต่ละรูปแบบสามารถพัฒนาแต่ละตัวแปรได้ แต่รูปแบบนี้สามารถพัฒนาผู้เรียนได้ทั้งสามตัวแปรได้พร้อมกัน แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาในรายละเอียดของการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้านระบบปัญหาและระบบความรู้ รูปแบบนี้ไม่สามารถพัฒนาผู้เรียนในด้านระบบความรู้ ผลข้างต้นซึ่งอาจเป็นเพราะคำถามที่ใช้ในการให้ผู้เรียนระบบปัญหาไม่ชัดเจนประกอบกับผู้เรียนมีความรู้เดิมไม่เพียงพอส่งผลต่อการเรียนรู้แนวคิดใหม่และทำให้ผู้เรียนมีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนได้ ผู้วิจัยจึงให้ข้อเสนอแนะกับผู้ที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้โดยการให้เขียนคำถามในการระบบปัญหาให้ชัดเจนและเพิ่มบทบาทของผู้สอนในการสำรวจความรู้เดิมและให้การช่วยเหลือผู้เรียนให้มีความรู้เดิมเพียงพอต่อการเรียนรู้ความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ จุญพงษ์ ชลสินธุ์; สิริินภา กิจเกื้อกูล; และวิภาวรัตน์ เชื้อชาติชัยสิทธิ์. (2561: 38-40) ที่พบว่าปรับมโนทัศน์พื้นฐานของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้เพียงพอต่อการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้การแก้ปัญหาประสบความสำเร็จดีขึ้น และสอดคล้องกับสสวท. (2555: 6) ที่กล่าวว่า การให้ความรู้พื้นฐานที่เพียงพอต่อการเรียนรู้ใหม่ช่วยลดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและช่วยให้สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้

ผลของการวิจัยสะท้อนได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} มีจุดเด่นที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตได้ดีกว่าการใช้การส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตอย่างเดียว เนื่องจากการวิเคราะห์ของ วิชีเบิล เลิร์นนิ่งพลัส (Visible Learning^{Plus}. 2018) ได้ทำการสังเคราะห์ค่าอิทธิพลจากวิธีการต่าง ๆ ที่ช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า การส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนให้สูงขึ้นกว่าก่อนเรียนในระดับอิทธิพลต่ำ แต่หากใช้กระบวนการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนให้สูงกว่าก่อนเรียนในระดับอิทธิพลปานกลาง ดังนั้นการที่ผู้วิจัยได้นำวิธีการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตมาร่วมใช้กับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนั้น จะช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้นกว่าใช้กรอบแนวคิดเติบโตเพียงอย่างเดียว

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} สามารถช่วยส่งเสริมผู้เรียนได้ทั้งกรอบแนวคิดเติบโต ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้พร้อมกัน ซึ่งหากใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มหรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิธีการส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตเพียงอย่างเดียวจะพัฒนาตัวแปรข้างต้นได้เพียงบางตัวแปร

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปประยุกต์ใช้

1.1 การพัฒนากรอบแนวคิดเติบโตในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ได้มีการใช้วิธีทัศนประวัตินุบุคคลที่มีความสำเร็จจากความพยายามเป็นตัวอย่างสำหรับกระตุ้นกรอบแนวคิดเติบโต ซึ่งจากผลการศึกษพบว่าการใช้ประวัตินุบุคคลที่มีจุดเริ่มต้นใกล้เคียงกับผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนสนใจมาสะท้อนมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตได้ดี ดังนั้นการเลือกตัวอย่างที่จะนำมาใช้ให้ผู้เรียนเรียนรู้นั้น ควรเลือกที่เหมาะสมกับความสนใจของกลุ่มตัวอย่าง

1.2 การจัดการเรียนรู้ในขั้นของการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่จะขาดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ซึ่งส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้ในขั้นต่อไป ดังนั้นผู้สอนควรสำรวจความรู้พื้นฐานของผู้เรียนและให้การช่วยเหลือผู้เรียนให้มีแนวคิดเพียงพอที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาในขั้นตอนต่อไปและสามารถเรียนรู้ในขั้นอื่นๆ ต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 การจัดการเรียนรู้ในขั้นของการออกแบบการแก้ปัญหาและการลงมือการแก้ปัญหาในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} พบว่า มีผู้เรียนบางคนไม่ค่อยมีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่ม ดังนั้นผู้สอนควรกระตุ้นหรือเน้นย้ำให้แต่ละกลุ่มระบุบทบาทของสมาชิกในกลุ่มให้ชัดเจน หรือใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการกลุ่มเพิ่มขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมอย่างเต็มศักยภาพและส่งผลให้การแก้ปัญหาประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด

1.4 การจัดการเรียนรู้ในขั้นของการระบุปัญหาในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} พบว่า การใช้คำถามที่ไม่ชัดเจน ทำให้ผู้เรียนระบุปัญหาได้ไม่ถูกต้อง หากผู้สอนจะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ ควรระบุข้อคำถามให้ชัดเจน เช่น ปัญหาของวิศวกรคืออะไร ไม่ควรใช้คำถามว่า ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร เนื่องจากในแต่ละสถานการณ์อาจจะมีปัญหาหลายอย่าง ทำให้ผู้เรียนอาจจะระบุปัญหาไม่สอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการ

1.5 การจัดการเรียนรู้ รูปแบบ STEM^{GM} นี้เป็นการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา โดยใช้สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงหรือการทำงานจริงที่มีการบูรณาการความรู้และทักษะ 2 วิชาหรือมากกว่า ดังนั้นผู้สอนควรศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชาให้ชัดเจน จึงจะสามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับเนื้อหาอื่นๆ ได้อย่างหลากหลาย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} พบว่าสิ่งแวดล้อมภายในโรงเรียนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพัฒนากรอบแนวคิดของผู้เรียน ดังนั้นควรทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโต รวมทั้งสร้างโมเดลโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนากรอบแนวคิดเติบโตของผู้เรียน เพื่อให้สามารถพัฒนากรอบแนวคิดเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.2 จากการทดลองพบว่าทางเลือกสื่อที่ดีทัศน์มีผลต่อมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตของผู้เรียนค่อนข้างมาก ดังนั้นควรจะทำการศึกษาลักษณะและองค์ประกอบของสื่อที่ดีทัศน์ที่สามารถช่วยส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโต และอาจจะรวมถึงมุมมองที่มีต่อวิชาชีพสะเต็ม

3. ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

3.1 จากการวิจัยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} พบว่า การส่งเสริมมุมมองกรอบแนวคิดเติบโต ส่งผลต่อทั้งความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ดังนั้น ผู้ที่กำหนดนโยบายควรผลักดันให้มีการสอดแทรกกลยุทธ์ที่ส่งเสริมมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตในการจัดการเรียนรู้ในทุกระดับและทุกวิชา

3.2 การพัฒนามุมมองกรอบแนวคิดเติบโตคือการส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อว่าสมองและความฉลาดเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งสิ่งที่สำคัญก็คือผู้สอนจะต้องมีความเชื่อมั่นนี้จึงจะสามารถสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตให้กับผู้เรียนได้ ดังนั้นหน่วยงานหลักในการพัฒนาครูผู้สอนควรที่จะพัฒนาบุคลากรทางการศึกษาให้มีมุมมองกรอบแนวคิดเติบโตด้วย

บรรณานุกรม

- AAAS. (1993). *Bench marks for science literacy: Project 2061*: New York: Oxford University Press.
- Arends, Richard, & Castle, Sharon. (1991). *Learning to teach* (Vol. 2): McGraw-Hill New York.
- Aronson, Joshua, Fried, Carrie B., & Good, Catherine. (2002). Reducing the Effects of Stereotype Threat on African American College Students by Shaping Theories of Intelligence. *Journal of Experimental Social Psychology*, 38(2), 113-125.
doi:10.1006/jesp.2001.1491
- Becker, Kurt, & Park, Kyungsuk. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 12.
- Beltran, Eduardo. (2018). Perceptions of Growth Mindset among Latina/o College Students in an HSI Summer STEM Academy. In Diane Rodriguez-Kiino, Edlyn Peña, Luis Sanchez, & Matthew Ward (Eds.), *ProQuest Dissertations and Theses*: ProQuest Dissertations Publishing.
- Blackwell, Lisa S, Trzesniewski, Kali H, & Dweck, Carol Sorich. (2007). Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition: A longitudinal study and an intervention. *Child development*, 78(1), 246-263.
- Bloom, Benjamin Samuel. (1964). *Taxonomy of educational objectives : the classification of educational goals*. New York: New York : David Mckey.
- Boaler, Jo. (2016). *Mathematical mindsets : unleashing students' potential through creative math, inspiring messages and innovative teaching*. San Francisco, CA: Wiley Brand.
- Brock, Annie. (2016). *The growth mindset coach : a teacher's month-by-month handbook for empowering students to achieve*. Berkeley, CA.: Berkeley, CA. : Ulysses Press.

- Brock, Annie, & Hundley, Heather. (2016). *The growth mindset coach: a teacher's month-by-month handbook for empowering students to achieve*: Ulysses Press.
- Burke, Barry N. (2014). The ITEEA 6E Learning ByDesign™ Model: Maximizing Informed Design and Inquiry in the Integrative STEM Classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 73(6), 14-19.
- Burnette, Jeni L, O'boyle, Ernest H, VanEpps, Eric M, Pollack, Jeffrey M, & Finkel, Eli J. (2013). Mind-sets matter: A meta-analytic review of implicit theories and self-regulation. *Psychological Bulletin*, 139(3), 655.
- Bybee, Rodger W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*: NSTA press.
- Capraro, Robert M, & Slough, Scott W. (2013). Why PBL? Why STEM? Why now? An introduction to STEM project-based learning *STEM Project-Based Learning* (pp. 1-5): Springer.
- Chang, Chun-Yen, & Taipei, Yu-Hua Weng. (2002). An exploratory study on students' problem-solving ability in earth science. *International Journal of Science Education*, 24(5), 441-451.
- Da Fonseca, D, Cury, François, Fakra, E, Rufo, M, Poinso, F, Bounoua, Lënda, & Huguet, Pascal. (2008). Implicit theories of intelligence and IQ test performance in adolescents with Generalized Anxiety Disorder. *Behaviour Research and Therapy*, 46(4), 529-536.
- Davis, Virginia Wayman. (2017). Error reflection: Embracing growth mindset in the general music classroom. *General Music Today*, 30(2), 11-17.
- De Castella, Krista, & Byrne, Donald. (2015). My intelligence may be more malleable than yours: The revised implicit theories of intelligence (self-theory) scale is a better predictor of achievement, motivation, and student disengagement. *European Journal of Psychology of Education*, 30(3), 245-267.
- Dede, Chris. (2010). Comparing frameworks for 21st century skills. *21st century skills: Rethinking how students learn*, 20, 51-76.

- Department of Education, & New South Wales. (2017). Principles of learning and integrating STEM education pedagogy. Retrieved from <http://stem-nsw.com.au/teaching-stem/principles-of-stem-education>
- Diaz, Donna, & King, Pam. (2007). *Adapting A Post Secondary Stem Instructional Model To K 5 Mathematics Instruction*. Paper presented at the 2007 Annual Conference & Exposition.
- Dick, W Carey. (2009). *The systematic design of instruction*: NJ: Upper Saddle River. Pearson.
- Donohoe, Claire, Topping, Keith, & Hannah, Elizabeth. (2012). The impact of an online intervention (Brainology) on the mindset and resiliency of secondary school pupils: a preliminary mixed methods study. *Educational Psychology*, 32(5), 641-655.
- Dweck, Carol S. (2000). *Self-Theories: Their role in motivation, personality and development*. Hove: Psychology Press.
- Dweck, Carol S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*: Random House Digital, Inc.
- Dweck, Carol S. (2008). Mindsets and math/science achievement.
- Dweck, Carol S. (2010 ,January). Mind-Sets and Equitable Education. *Principal Leadership*, 26-29.
- Dweck, Carol S. (2015). Carol Dweck revisits the growth mindset. *Education Week*, 35(5), 20-24.
- Dweck, Carol S. (2017). mindset. Retrieved from <http://mindsetonline.com>
- Edens, Kellah M. (2000). Preparing problem solvers for the 21st century through problem-based learning. *College Teaching*, 48(2), 55-60.
- English, Lyn D, Hudson, Peter B, & Dawes, Les A. (2013). Engineering based problem solving in the middle school: Design and construction with simple machines. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 3(2), 1-13.
- English, Lyn D, & King, Donna T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 14.

- Esparza, Julie, Shumow, Lee, & Schmidt, Jennifer A. (2014). Growth Mindset of Gifted Seventh Grade Students in Science. *NCSSSMST Journal*, 19(1), 6-13.
- Faria, Luísa, & Fontaine, Anne-Marie. (1997). Adolescents' personal conceptions of intelligence: The development of a new scale and some exploratory evidence. *European Journal of Psychology of Education*, 12(1), 51.
- Franklin, Anne. (2016). Growth mindset development: Examining the impact of a standards-based grading model on middle school students' mindset characteristics. In Robyn Cooper, Randal Peters, & Douglas Stilwell (Eds.), *ProQuest Dissertations and Theses*: ProQuest Dissertations Publishing.
- Gagne, Robert M, & Briggs, Leslie J. (1992). *Principles of instructional design* (4th ed.): Holt, Rinehart & Winston.
- Good, Catherine, Aronson, Joshua, & Inzlicht, Michael. (2003). Improving adolescents' standardized test performance: An intervention to reduce the effects of stereotype threat. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 24(6), 645-662. doi:10.1016/j.appdev.2003.09.002
- Gronlund, Norman E. (1998). *Assessment of student achievement*: ERIC.
- Guzey, S. Selcen, Moore, Tamara J., Harwell, Michael, & Moreno, Mario. (2016). STEM Integration in Middle School Life Science: Student Learning and Attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 550-560. doi:10.1007/s10956-016-9612-x
- Han, Sunyoung, Capraro, Robert, & Capraro, Mary Margaret. (2015). How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089-1113. doi:10.1007/s10763-014-9526-0
- Han, Sunyoung, Capraro, Robert M., & Capraro, Mary M. (2016). How science, technology, engineering, and mathematics project based learning affects high-need students in the U.S. *Learning and Individual Differences*, 51, 157-166. doi:10.1016/j.lindif.2016.08.045

- Hanover Research. (2011). K-12 STEM Education Overview. Retrieved from <https://sites.google.com/a/mc2stemhs.net/pk8-stem-schools/announce/hanoverresearch>
- Hattie, JA. (2017). Visible learning plus: 250+ influences on student achievement: Retrieved from Visable Learning: <https://visible-learning.org/wpcontent>
- Herak, Patrick James. (2010). *Construction and Validation of an Instrument to Measure Problem-Solving Skills of Suburban High School Physical Science Students*. The Ohio State University.
- Honey, Margaret, Pearson, Greg, & Schweingruber, Heidi. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*: National Academies Press Washington, DC.
- Hong, Ying-yi, Chiu, Chi-yue, Dweck, Carol S, Lin, Derrick M-S, & Wan, Wendy. (1999). Implicit theories, attributions, and coping: A meaning system approach. *Journal of Personality and Social psychology*, 77(3), 588.
- Institute of Education Science. (2017). Achievement. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?ti=Achievement>
- James, A. Ejiwale. (2013). Barriers To Successful Implementation of STEM Education. *Journal of Education and Learning*, 7(2), 63-74. doi:10.11591/edulearn.v7i2.220
- Johnson, Kerry A, & Foa, Lin J. (1989). *Instructional design: New alternatives for effective education and training*: National University Continuing Education Association.
- Jonassen, David H. (2010). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*: Routledge.
- Joyce, Bruce, & Weil, Marsh. (1972). *Models of Teaching Model*. Boston: A Liyn dan Bacon.
- Kemp, Jerrold E. (1998). *Designing effective instruction* (2nd ed.. ed.). Upper Saddle River, N.J.: Upper Saddle River, N.J. : Merrill.
- Kennedy, TJ, & Odell, MRL. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.

- Kristofic Jr, David A. (2014). *Utilizing Improvement Science to advance a STEM improvement effort: Increase the number of underserved and underrepresented students who pursue a science, technology, engineering, and mathematic education by building collective capacity*. Duquesne University.
- Laboy-Rush, Diana. (2011). Integrated STEM education through project-based learning. Retrieved from <http://www.rondout.k12.ny.us/common/pages/DisplayFile.aspx>.
- Lam, Paul C, Doverspike, Dennis, Zhao, Julie, Zhe, Jiang, & Menzemer, Craig C. (2008). An evaluation of a STEM program for middle school students on learning disability related IEPs. *Journal of STEM education*, 9(1-2), 21.
- Lamb, Richard, Akmal, Tariq, & Petrie, Kaylan. (2015). Development of a cognition-priming model describing learning in a STEM classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 410-437.
- Lee, Benjamin D, & Paredis, Christiaan JJ. (2014). A conceptual framework for value-driven design and systems engineering. *Procedia CIRP*, 21, 10-17.
- Lee, Yu-Hao, Heeter, Carrie, Magerko, Brian, & Medler, Ben. (2012). Gaming mindsets: implicit theories in serious game learning. *Cyberpsychology, behavior and social networking*, 15(4), 190-194. doi:10.1089/cyber.2011.0328
- Lerdpornkulrat, Thanita, Koul, Ravinder, & Sujivorakul, Chuchai. (2012). The Influence of Ability Beliefs and Motivational Orientation on the Self-Efficacy of High School Science Students in Thailand. *Australian Journal of Education*, 56(2), 163-181. doi:10.1177/000494411205600205
- Li, Yanyan, Huang, Zhinan, Jiang, Menglu, & Chang, Ting-Wen. (2016). The Effect on Pupils' Science Performance and Problem-Solving Ability through Lego: An Engineering Design-Based Modeling Approach. *Educational Technology & Society*, 19(3), 143-156.
- Lou, Shi-Jer, Shih, Ru-Chu, Diez, C. Ray, & Tseng, Kuo-Hung. (2011). The Impact of Problem-Based Learning Strategies on STEM Knowledge Integration and Attitudes: An Exploratory Study among Female Taiwanese Senior High School Students.

International Journal of Technology and Design Education, 21(2), 195-215.

doi:10.1007/s10798-010-9114-8

Madsen, A, Sayre, E, & McKagan, S. (2016). Effect size: What is it and when and how should I use it? Retrieved from

<https://www.physport.org/recommendations/Entry.cfm?ID=93385>

Mangold, Jennifer, & Robinson, Stefanie. (2013a). *The Engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms*. Paper presented at the 2013 ASEE Annual Conference & Exposition.

Mangold, Jennifer, & Robinson, Stefanie. (2013b). The engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms.

McCutchen, Krystal L., Jones, Martin H., Carbonneau, Kira J., & Mueller, Christian E. (2016). Mindset and standardized testing over time. *Learning and Individual Differences*, 45(C), 208-213. doi:10.1016/j.lindif.2015.11.027

Mehalik, Matthew M., Doppelt, Yaron, & Schunn, Christian D. (2008). Middle-School Science Through Design-Based Learning versus Scripted Inquiry: Better Overall Science Concept Learning and Equity Gap Reduction. *Journal of Engineering Education*, 97(1), 71-85. doi:10.1002/j.2168-9830.2008.tb00955.x

Mercer, Sarah. (2012). Dispelling the myth of the natural-born linguist. *ELT journal*, 66(1), 22-29.

Mindsetworks. (2012). Evidence of impact: Brainology and MindsetWorks SchoolKit. Retrieved from

<https://www.mindsetworks.com/websitemedia/info/impactsummaryhandout.pdf>

Morgan, James R, Moon, April M, & Barroso, Luciana R. (2013). Engineering better projects *STEM Project-Based Learning* (pp. 29-39): Springer.

Morgenroth, Thekla. (2015). How role models affect role aspirants' motivation and goals.

Mueller, Claudia M, & Dweck, Carol S. (1998). Praise for intelligence can undermine children's motivation and performance. *Journal of Personality and Social psychology*, 75(1), 33.

- Museum of Science. (2017). The Engineering Design Process. Retrieved from <http://www.eie.org/overview/engineering-design-process>
- Musial, Diann. (2009). *Foundations of meaningful educational assessment*. Boston: Boston : McGraw-Hill Higher Education.
- Narum, Jeanne L. (2011). Reflections on the Potential Impacts of Reports on STEM Reform. *Peer Review*. Retrieved from <https://www.aacu.org/peerreview/2011/summer/narum>
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*: National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*: National Academies Press.
- National Research Council. (2013). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*: National Academies Press.
- O'Rourke, Eleanor, Peach, Erin, Dweck, Carol S, & Popovic, Zoran. (2016). *Brain points: A deeper look at a growth mindset incentive structure for an educational game*. Paper presented at the Proceedings of the Third (2016) ACM Conference on Learning@ Scale.
- Oosterhof, Albert. (1999). *Developing and using classroom assessments*. USA: Prentice-Hall Inc.
- Ostrow, Korinn S, Schultz, Sarah E, & Arroyo, Ivon. (2014). *Promoting Growth Mindset Within Intelligent Tutoring Systems*. Paper presented at the EDM (Workshops).
- Paunesku, David. (2013). *Scaled-up social psychology: Intervening wisely and broadly in education*. Stanford University Stanford, CA.
- Posner, George J, Strike, Kenneth A, Hewson, Peter W, & Gertzog, William A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227.
- Quang, Le Xuan, Hoang, Le Huy, Chuan, Vu Dinh, Nam, Nguyen Hoai, Anh, Nguyen Thi Tu, & Nhung, Vu Thi Hong. (2015). Integrated Science, Technology, Engineering

and Mathematics (STEM) Education through Active Experience of Designing Technical Toys in Vietnamese Schools. 11(2), 1-12.

doi:10.9734/BJESBS/2015/19429

Rattan, Aneeta, Savani, Krishna, Chugh, Dolly, & Dweck, Carol S. (2015). Leveraging mindsets to promote academic achievement: Policy recommendations.

Perspectives on Psychological Science, 10(6), 721-726.

Revell, Timothy (2017). Kids can pick up attitude from robots they play and learn.

Retrieved from <https://www.newscientist.com/article/2121801-kids-can-pick-up-attitude-from-robots-they-play-and-learn-with>

Ricci, Mary Cay. (2013). *Mindsets in the classroom : building a culture of success and student achievement in schools*. Texas: Prufrock Press.

Salkind, Neil J. (2012). *Tests & measurement for people who (think they) hate tests & measurement*. Thousand Oaks, Calif.: SAGE.

Sanders, Mark E. (2012). Integrative STEM education as “best practice”. Retrieved from <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51563/SandersiSTEMEdBestPractice.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Schwartz, K. (2017). Four Teaching Moves That Promote A Growth Mindset In All Readers.

Retrieved from <https://ww2.kqed.org/mindshift/2017/04/03/four-strategies-that-promote-a-growth-mindset-in-struggling-readers/>

Shahali, Edy Hafizan Mohd, Halim, Lilia, Rasul, Mohamad Sattar, Osman, Kamisah, &

Zulkifeli, Mohd Afendi. (2017). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 13(5), 1189-1211.

Silpakit, Chatchawan, Silpakit, Orawan, & Chomchuen, Rossukon. (2015). The validity study of the mindset assessment scale. *Journal of Mental Health of Thailand*, 23(3), 166-174.

Sriram, Rishi. (2014). Rethinking Intelligence: The Role of Mindset in Promoting Success for Academically High-Risk Students. *Journal of College Student Retention: Research, Theory & Practice*, 15(4), 515-536. doi:10.2190/CS.15.4.c

The Next Generation Science Standards. (2013). APPENDIX I – Engineering Design in the NGSS Retrieved from

https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20I%20-%20Engineering%20Design%20in%20NGSS%20-%20FINAL_V2.pdf

Tseng, Kuo-Hung, Chang, Chi-Cheng, Lou, Shi-Jer, & Chen, Wen-Ping. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87-102.

Tsupros, Sl. (2009). Challenges in science, technology and mathematics in United States Hays blaine lanzta sr Ed. *D pg*, 3.

US Department of Education. (2015). Science, technology, engineering, and math: Education for global leadership. Retrieved from <https://www.ed.gov/stem>

Vasquez, J. A. , Sneider, C. I., & Comer, M. W. . (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth: Heinemana.

Wagner, Tony. (2008). Even our “best” schools are failing to prepare students for 21st-century careers and citizenship. *Educational Leadership*.

Wilhelm, Jennifer. (2014). Project-based instruction with future STEM educators: An interdisciplinary approach. *Journal of College Science Teaching*, 43(4), 80-90.

Wu, Ying-Tien, & Anderson, O. (2015). Technology-enhanced stem (science, technology, engineering, and mathematics) education. *Journal of Computers in Education*, 2(3), 245-249. doi:10.1007/s40692-015-0041-2

Yager, R. E., & Brunkhorst, H. . (2014). *Exemplary STEM Programs: Designs for Success*. USA

NSTA Press.

Yeager, David Scott, & Dweck, Carol S. (2012). Mindsets That Promote Resilience: When Students Believe that Personal Characteristics Can Be Developed. *Educational Psychologist*, 47(4), 302-314. doi:10.1080/00461520.2012.722805

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/1MDQEDkqGs01PhyzqEnyTVVNTS776ObCz/view>
- กัลยา, วานิชย์บัญชา. (2555). สถิติสำหรับงานวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 6.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.
- เกตุมณี, เหมรา, & ชลาธิป, สมานิต (2559). การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องของดีเมืองร้อยเอ็ด เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัย. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ ปีที่ 31, ฉบับที่ 3 (ก.ย.-ธ.ค. 2559), หน้า 153-158.
- เกริก, ศักดิ์สุภาพ. (2014). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.
- คัคณางค์, มณีศรี. (2556). จิตวิทยาทั่วไป = *General Psychology* (พิมพ์ครั้งที่ 3. ed.). กรุงเทพฯ: ช่อระกาการพิมพ์.
- โคจร, กัญญารัตน์, เหมะประสิทธิ์, สุนีย์, คุณเจริญไพศาล, น้ำฝน, & ศิริพันธ์แก้ว, ประมวล. (2554). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เรื่องสารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 วารสารวิจัย มข., 1(2).
- ชนัท, ธาตุทอง. (2559). หลักการจัดการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: เพชรเกษมการพิมพ์.
- จรรยา, ดาสา. (2559). การจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. In เอกสารประกอบการอบรมปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ศตวรรษที่ 21 (Ed.): สถาบันพัฒนาคุณภาพครู.
- จรรยาพงษ์, ชลสินธุ์, สิริณา, กิจเกื้อกูล, & วิภารัตน์, เชื้อชวดชัยสิทธิ์ (2561). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20(2).
- จรัส, อินทลาภาพร. (2558). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับครูระดับประถมศึกษา. ปรินิพนธ์ (ปร.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2558.
- ชนิตา, รุ่งเรือง, & เสรี, ชัดเข้ม. (2016). กรอบความคิดเติบโต: แนวทางใหม่แห่งการพัฒนาศักยภาพมนุษย์. วารสารวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 14(1), 1-13.

- โชติกา, ภาณุผล. (2558). การวัดและประเมินผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิจัยและ
จิตวิทยาการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ซิมเมอร์, คาร์ล. (2557). เผยความลับของสมอง เทคโนโลยีใหม่กำลังไขปริศนาทางชีววิทยาที่ยิ่งใหญ่
ที่สุด นั่นคือ สมองทำงานอย่างไร. เนชั่นแนลจีโอกราฟฟิกฉบับภาษาไทย ปีที่ 13, ฉบับที่
151, (ก.พ. 2557), หน้า 24-47.
- ดวงใจ, ลิมตโสภณ. (2539). พัฒนาการความสามารถในการกำหนดแหล่งความเชื่อของเด็ก.
ปริญญาานิพนธ์ (กศ.ม.(จิตวิทยาพัฒนาการ)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
, 2539.
- ทิตินา, แซมมณี. (2557). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี
ประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 18, [ฉบับพิมพ์ซ้ำ]. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนรักษ์, คุณศรีวัชรกุล (2554). ผลของการคุกคามจากภาพในความคิด การเห็นคุณค่าในตนเอง
และรูปแบบการอนุมานสาเหตุต่อผลงานด้านคณิตศาสตร์ในนักเรียนหญิงระดับมัธยมศึกษา
ตอนปลาย. (ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (จิตวิทยาประยุกต์)), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
กรุงเทพฯ.
- ธราญา, จิตพรธนาภิข. (2560). การศึกษาและความเป็นครูไทย (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.). กรุงเทพฯ:
กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นาคยา, ชัยชูเชิด. (2557). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหา
ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรม
วิทยาศาสตร์. วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และ
สังคมศาสตร์) ปีที่ 6, ฉบับที่ 12 (ก.ค.-ธ.ค. 2557), หน้า 87-94.
- บุญประเสริฐ, สิริธร. (2015). การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการศึกษาบนอุปกรณ์พกพา ร่วมกับกิจกรรม
การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน วิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *Veridian e-Journal* ฉบับ
ภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ และฉบับ *International
Humanities, Social Sciences and arts*.
- เบลเรนกา เจมส์. (2544). 108 วิธีวัดและประเมินพหุปัญญา = *Multiple assessments for multiple
intelligences*. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.

- เบลล์, เจมส์, แรนดัล, รอน, วรพจน์, วงศ์กิจรุ่งเรือง, & อธิป, จิตตฤกษ์. (2556). ทักษะแห่งอนาคตใหม่ : การศึกษาเพื่อศตวรรษที่ 21 = 21st century skills : rethinking how students learn (พิมพ์ครั้งที่ 2 ed.). กรุงเทพฯ: โอเพ่นเวิลด์ส.
- ปราณี, หีบแก้ว. (2552). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. วารสารวิจัย มข. ฉบับบัณฑิตศึกษา ปีที่ 9, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มี.ค. 2552), หน้า 120-128.
- ปริวรรต, สมนึก. (2558). การพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนโดยใช้สื่อวีดิทัศน์ เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง"ผลิตภัณฑ์การท่องเที่ยว": คณะการจัดการการท่องเที่ยว สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ปฟ้าณี, วิจิตรวัฒนา. (2541). แนวคิดเรื่องความเชื่อ และพฤติกรรมภูมิปัญญาของสถาบันครอบครัวไทยในอดีต. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ ปีที่ 24 (ม.ค.-มิ.ย.2541) หน้า 29-51.
- พรทิพย์, ศิริภทราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารนักบริหาร, 33(2), 49-56.
- พรณี, ลีกิจวัฒน์. (2558). วิธีการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 10 ปรับปรุงแก้ไข. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พวงชมพู, โจนส์. (2016). การสร้างกระบวนการทางความคิด (Mindset) สำหรับบุคลากรในสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษา. *Business Review Journal*, 8(1), 1-9.
- พิกุล, คำภีระปางวงศ์. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) เรื่อง ปฏิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว ปีที่ 32, ฉบับที่ 2 (ธ.ค. 2559), หน้า 239-256.
- ภมรศรี, แดงชัย. (2555). กะเทาะอุปสรรคครูไทย.
- ภักทียา, ยิมเรวัต. (2540). การเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมด้านความเชื่อและขนบธรรมเนียมประเพณี. ภาษาและวัฒนธรรม ปีที่ 16, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มิ.ย. 2540), หน้า 5-12.
- มนตรี, จุฬวัฒน์พล. (2557). "STEM" นวัตกรรมจัดการการศึกษา. Retrieved from <http://www.ipst.ac.th/index.php/news-and-announcements/training-seminar/item/952-stem>

- มะลิวรรณ, โคตรศรี. (2548). การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของความสามารถในการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารวิจัยและวัดผล การศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ปีที่ 3,, ฉบับที่ 1 (มี.ค. 2548) หน้า 32-48.
- มิลินทรา, กวินกมลโรจน์. (2557). การวิจัยและพัฒนากระบวนการที่เน้นที่อิงทฤษฎีการเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลงเพื่อปรับชุดความคิดด้านการจัดการเรียนการสอนของครูประถมศึกษา. (วิทยานิพนธ์ (ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต)), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- มูลนิธียุสถิรคุณ. (2559). การพัฒนากรอบความคิดเติบโต *Growth mindset*. กรุงเทพฯ: ม.ป.ส.
- มูลนิธียุสถิรคุณ. (ม.ป.ป.ก). อัจฉริยะหรือพรสวรรค์ไม่สำคัญ...เท่า *Growth mindset*. กรุงเทพฯ: ม.ป.ส.
- ยุพิน, มงคลไทร. (2558). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบแก้ปัญหาสำหรับ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. 10(30). doi:10.14456/jssra.2015.26
- ลักขณา, สรวิวัฒน์. (2558). การรู้คิด. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้ง เฮาส์.
- วศิณีส, อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ *STEM Education* (สะเต็มศึกษา) (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วารินทร์, รัชมีพรหม. (2542). การออกแบบและพัฒนาระบบการสอน = *Instructional systems design and development*. กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- วิจารณ์, พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ ๒๑. กรุงเทพฯ: ตาปลา พับลิเคชั่น.
- วิชัย, วงษ์ใหญ่. (2554). นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้สู่ความเป็นพลเมือง (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.). กรุงเทพฯ: อาร์แอนด์ปรีนท์.
- วิชาญ, เลิศลพ. (2543). การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้โดยวิธีจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ สสวท. และรูปแบบการผสมผสานระหว่างวัฏจักรการเรียนรู้กับ สสวท. ปรินทิพนิพนธ์ (กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2543.
- วิชุดา, กิจธรรม. (2558). แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. วารสารสถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มศว ครอบคลุม 60 ปี, 24-43.
- วิทยากร, เชียงกุล. (2559). สภาวะการศึกษาไทย ปี 2557/2558 จะปฏิรูปการศึกษาไทยให้ทันโลกใน ศตวรรษที่ 21 ได้อย่างไร. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์.

- ศิริชัย, กาญจนวาสี. (2535). การวิจัยเชิงทดลองทางพฤติกรรมศาสตร์ การออกแบบและการวิเคราะห์ข้อมูล. วารสารครุศาสตร์ ปีที่ 20, ฉบับที่ 3 (ม.ค.-มี.ค. 2535), หน้า 73-90.
- ศิริพร, มโนพิเชษฐวัฒนา. (2547). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการที่เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ที่กระตือรือร้น เรื่อง ร่างกายมนุษย์. ปรินูญานินพนธ์ (กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2547.
- ศิริมา, วงษ์สกุลดี, พรณทิพา, พรหมรักษ์, & เวชฤทธิ์, อังคนะภัทรขจร. (2015). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่องสถิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts)*, 8(2), 1265-1281.
- ศิริลักษณ์, ขาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องอ้อยสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินูญานินพนธ์ (กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2558.
- สตรีเอวา, จำปารัตน์. (2014). The Lifelong Learning Mindset Model of Private University Undergraduate Students, Bangkok Metropolis. วารสารพฤติกรรมศาสตร์ (*Warasan Phuettikammasat*), 20(1).
- สเตอร์นเบิร์ก, โรเบิร์ต เจ. (2545). การสอนเพื่อปัญญาแห่งความสำเร็จ. กรุงเทพฯ: บริษัทเพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2560). Retrieved from <http://www.onetresult.niets.or.th/VNET/AnnouncementWeb/Notice/FrBasicStat.aspx>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ.: บริษัทศรีเมืองการพิมพ์จำกัด.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548). เอกสารประกอบการเผยแพร่ ขยายผลและอบรมรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555a). ครูวิทยาศาสตร์มีอาชีพแนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิผล. กรุงเทพฯ อินเทอร์เน็ตเอ็ดดูเคชั่น ชัพพลายส์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555b). ครูวิทยาศาสตร์มีอาชีพแนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ
- กรุงเทพฯ: อินเทอร์เน็ตเอ็ดดูเคชั่น ชัพพลายส์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). ผลการประเมิน PISA 2012

คณิตศาสตร์ การอ่านและวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

สมุทรปราการ: แอดวานซ์ พรินติ้ง เซอร์วิส.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). รายงานเอกสารประกอบการแถลงข่าว

ผลการประเมินโครงการ TIMSS 2015 และ PISA 2015 กรุงเทพฯ: ม.ป.พ. .

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). สะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ. .

สมจิต, จันทรฉาย. (2557). การออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอน. นครปฐม: เพชรเกษมพรินติ้งกรุ๊ป.

สมโภชน์, เขียมสุภาสิต. (2553). ทฤษฎีและเทคนิคการปรับพฤติกรรม = *Theories and techniques in behavior modification* (พิมพ์ครั้งที่ 7 ed.). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สวาท, ดิละโพธิ์. (2558). ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการเรียนรู้การจัดการชั้นเรียนของครู และบรรยากาศของโรงเรียนกับความสามารถในการเผชิญและฟื้นฝ่าอุปสรรค (AQ) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. สารนิพนธ์ (กศ.ม. (การบริหารการศึกษา) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2558.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ฉบับที่ 12 Retrieved from

https://www.nesdb.go.th/ewt_w3c/ewt_dl_link.php?nid=6422

สำนักงานปฏิรูปการศึกษา, & สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: สำนักงาน.

สำนักงานยูเนสโก. (2557). สร้างแรงบันดาลใจให้เยาวชน. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ. .

สำนักนายกรัฐมนตรี. (2560). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564.

Retrieved from <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2559/A/115/1.PDF>

สิริพัชร, เจษฎาวิโรจน์. (2546). การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ. กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : บัณฑิตพอยท์.

สุชุม, กุมน้อย, & นวลศรี, ชำนาญกิจ (2558). ผลการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์, 10(29), 133-144.

- สุคนธ์, ฐิทธิเวทย์. (2554). การออกแบบการจัดการเรียนรู้ = *Learning management design : TL 711 (611) (H)* (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สุคนธ์, สนิทพานนท์. (2555). พัฒนาทักษะการคิด--ตามแนวปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุจริชัย, จรัสสิงห์. (2551). การศึกษาความเชื่อในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ช่วงชั้นที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากทม. เขต 1. ปรินทิพนิพนธ์ (กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2551.
- สุพรรณิ, ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. สสวท. ปีที่ 42, ฉบับที่ 186 (ม.ค.-ก.พ. 2557), หน้า 3-5.
- สุวิทย์, อัสนันท์. (2556). ผลของโครงสร้างเป้าหมาย ความเชื่อเกี่ยวกับความฉลาด และความมั่นใจในความฉลาดของตนเองที่มีต่อเป้าหมายเชิงสัมฤทธิ์และความมุ่งมั่นในการเรียนรู้เชิงพฤติกรรมของนิสิตนักศึกษาในระดับปริญญาตรีสาขาครุศาสตร์ศึกษาศาสตร์. ปรินทิพนิพนธ์ (วท.ด. (การวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2556.
- สุรางค์, ไคว้ตระกูล. (2556). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 11.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิมล, ว่องวานิช. (2546). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน = *Classroom action research* (พิมพ์ครั้งที่ 5.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อภิสิทธิ์, ธงไชย. (2559). ความสำคัญของวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ ปีที่ 31, ฉบับที่ 3 (ก.ย.-ธ.ค. 2559), หน้า 48-53.
- อมรรัตน์, บุญผไท. (2558). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการตั้งปัญหาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิต สังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐในกรุงเทพมหานคร. วารสารครุศาสตร์ (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) ปีที่ 43, ฉบับที่ 4 (ต.ค.-ธ.ค. 2558), หน้า 112-128.
- อาทิตยา, พูนเรือง. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. ปรินทิพนิพนธ์ (กศ.ม. (ชีววิทยา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2559.

- อุดมนิธิภักคณนธ์, พรหมภักดิ์, & อินทร์วิทย์, ประเสริฐ. (2016). การพัฒนาคุณภาพมาตรฐานโรงเรียน
สังกัดกรุงเทพมหานคร. *BUABANDIT JOURNAL OF EDUCATIONAL
ADMINISITRATION*, 15, 57-66.
- อุมาพร จารุสมบัติ. (2557). ดาวเทียมดวงใหม่ตรวจวัดความชื้นของดิน. *สสวท. ปีที่ 42, ฉบับที่ 190*
(ก.ย.-ต.ค. 2557), หน้า 16-21.





ภาคผนวก





ภาคผนวก ข

ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นการประเมิน	ผลประเมิน ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	แปลผล
	1	2	3		
1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} มีหลักการสะท้อนถึงการผสมผสานหลักการ สะเต็มศึกษากับหลักการการสร้างสรรค์แนวคิดเติบโต	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} มีหลักการสอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} มีหลักการสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} มีจุดมุ่งหมายสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
5. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} มีหลักการที่สามารถส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหา	1	1	1	1	สอดคล้อง
6. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} มีหลักการที่สามารถส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโต	1	1	1	1	สอดคล้อง
7. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} มีขั้นตอนหรือกระบวนการที่ชัดเจนและต่อเนื่อง	0	1	1	0.67	สอดคล้อง
8. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} ในขั้นที่ 1 ความเข้าใจ มีจุดมุ่งหมายบทบาทผู้เรียนและบทบาทผู้สอนเหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
9. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} ในขั้นที่ 2 ระบุปัญหา มีจุดมุ่งหมายบทบาทผู้เรียนและบทบาทผู้สอนเหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	1	1	1	1	สอดคล้อง

ตาราง 16 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผลประเมิน			IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1	2	3		
10. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} ในขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูลและส่งเสริมการทำตามเป้าหมาย มีจุดมุ่งหมาย บทบาทผู้เรียนและบทบาทผู้สอนเหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	1	1	1	1	สอดคล้อง
11. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} ในขั้นที่ 4 ออกแบบการแก้ปัญหา มีจุดมุ่งหมาย บทบาทผู้เรียนและบทบาทผู้สอนเหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	1	1	1	1	สอดคล้อง
12. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} ในขั้นที่ 5 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา มีจุดมุ่งหมาย บทบาทผู้เรียนและบทบาทผู้สอนเหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	0	1	1	0.67	สอดคล้อง
13. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} ในขั้นที่ 6 ทดสอบและส่งเสริมมุมมองกรอบแนวคิดเติบโต มีจุดมุ่งหมาย บทบาทผู้เรียนและบทบาทผู้สอนเหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
14. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM ^{GM} ในขั้นที่ 7 นำเสนอและส่งเสริมการเติบโตทางความคิด มีจุดมุ่งหมาย บทบาทผู้เรียนและบทบาทผู้สอนเหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	1	1	1	1	สอดคล้อง

ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นการประเมิน	ผลประเมิน			IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่				
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 : การสร้างเครื่องฉายโฮโลแกรม					
1. เนื้อหาสาระสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
4. การวัดผลประเมินผลเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
5. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
6. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 : การแสดงกล					
1. เนื้อหาสาระสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
4. การวัดผลประเมินผลเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
5. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
6. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง

ตาราง 17 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผลประเมิน			IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	คนที่				
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 : การสร้างเครื่องฉายภาพ					
1. เนื้อหาสาระสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
4. การวัดผลประเมินผลเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
5. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
6. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	0	1	1	0.67	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 : การแสดงละครเงา					
1. เนื้อหาสาระสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
4. การวัดผลประเมินผลเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
5. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
6. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	0	1	1	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 18 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดกรอบแนวคิดเติบโตที่ประเมินโดย
ผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ผลประเมิน ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	แปลผล
	1	2	3		
1. ข้อมูลทั่วไปไม่มีความเหมาะสมกับปัจจัยของกรอบแนวคิดเติบโต	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. ความฉลาดหรือสติปัญญาของฉันในการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้มากนัก Your intelligence is something about you that you can't change very much	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. ฉันสามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ได้ แต่ฉันไม่สามารถเปลี่ยนแปลงความฉลาดหรือสติปัญญาขั้นพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ You can learn new things, but you can't really change your basic intelligence	1	1	1	1	สอดคล้อง
4. ไม่ว่าขณะนี้ฉันจะมีสติปัญญาในการเรียนวิทยาศาสตร์มากแค่ไหน ฉันยังสามารถเปลี่ยนแปลงความฉลาดหรือสติปัญญาในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้อีกมาก No matter how much intelligence you have, you can always change it quite a bit.	1	1	1	1	สอดคล้อง
5. ฉันสามารถเปลี่ยนระดับความฉลาดหรือสติปัญญาของฉันในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ในระดับมาก You can always substantially change how intelligent you are	1	1	1	1	สอดคล้อง

ตาราง 18 (ต่อ)

ข้อที่	ผลประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	แปลผล
	1	2	3		
6. ฉันมีความฉลาดหรือสติปัญญาในการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับหนึ่ง ซึ่งมันไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้มากนัก You have a certain amount of intelligence, and you can't really do much to change it.	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
7. ไม่สำคัญว่าฉันจะเป็นใคร ฉันสามารถเปลี่ยนแปลงระดับความ ฉลาดหรือสติปัญญาในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างมาก No matter who you are, you can significantly change your intelligence level	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
8. ในความเป็นจริง ฉันไม่สามารถเปลี่ยนความฉลาดหรือ สติปัญญาในการเรียนวิทยาศาสตร์ของตนเองได้ To be honest, you can't really change how intelligent you are	1	1	1	1	สอดคล้อง
9. ฉันสามารถเปลี่ยนระดับความฉลาดหรือสติปัญญาขั้นพื้นฐานใน การเรียนวิทยาศาสตร์ของฉันให้เพิ่มขึ้นได้เป็นจำนวนมาก You can change even your basic intelligence level considerably.	1	1	1	1	สอดคล้อง
10. ฉันมีความสามารถพิเศษในการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับ หนึ่ง แต่ ฉันไม่สามารถเปลี่ยนแปลงความสามารถพิเศษของตนเองได้มาก You have a certain amount of talent, and you can't really do much to change it.	1	1	1	1	สอดคล้อง

ตาราง 18 (ต่อ)

ข้อที่	ผลประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	แปลผล
	1	2	3		
11. ความสามารถพิเศษในการเรียนวิทยาศาสตร์ของฉันเป็นสิ่งที่เฉพาะตัว ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงมันได้มาก Your talent in an area is something about you that you can't change very much.	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
12. ไม่ว่าฉันจะเป็นใคร ฉันสามารถเปลี่ยนระดับความสามารถพิเศษในการเรียนวิทยาศาสตร์ให้เพิ่มขึ้นได้ในระดับมาก No matter who you are, you can significantly change your level of talent	1	1	1	1	สอดคล้อง
13. ในความเป็นจริง ฉันไม่สามารถเปลี่ยนความสามารถพิเศษในการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ฉันมีให้มากขึ้นได้ To be honest, you can't really change how much talent you have.	1	1	1	1	สอดคล้อง
14. ฉันสามารถเปลี่ยนความสามารถพิเศษในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างมาก You can always substantially change how much talent you have	1	1	1	1	สอดคล้อง
15. ฉันสามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ แต่ไม่สามารถเปลี่ยนระดับความสามารถพิเศษขั้นพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์ของตนเองได้ You can learn new things, but you can't really change your basic level of talent.	1	1	1	1	สอดคล้อง

ตาราง 18 (ต่อ)

ข้อที่	ผลประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	แปลผล
	1	2	3		
16 ไม่ว่าฉันมีความสามารถพิเศษในการเรียนวิทยาศาสตร์ มากแค่ไหน ฉันก็สามารถเปลี่ยนพรสวรรค์ในการเรียน วิทยาศาสตร์ของตนเองให้มากขึ้นได้ No matter how much talent you have, you can always change it quite a bit.	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
17 ฉันสามารถเปลี่ยนระดับพื้นฐานของความสามารถพิเศษ ในการเรียนวิทยาศาสตร์ของฉันให้เพิ่มมากขึ้นได้ You can change even your basic level of talent considerably.	1	0	1	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) รายชื่อของ
แบบวัดความสามารถการแก้ปัญหาที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อ ที่	ความ เหมาะสม ภาษาที่ใช้ คนที่			$\bar{x}$	S.D.	แปลผล	ความ สอดคล้อง คนที่			IOC	แปลผล	ค่าความ ยากง่าย	ค่า อำนาจ จำแนก
	1	2	3				1	2	3				
1	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.405	0.456
2	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด	1	0	1	0.67	สอดคล้อง	0.762	0.325
3	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด	1	0	1	0.67	สอดคล้อง	0.548	0.562
4	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด	1	0	1	0.67	สอดคล้อง	0.214	0.586
5	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.333	0.436
6	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.238	0.433
7	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.762	0.256
8	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.214	0.371
9	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.619	0.351
10	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.643	0.403
11	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.500	0.528
12	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.476	0.543

ตาราง 20 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) รายชื่อของ
แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในด้าน										IOC ด้าน		แปลผล	ค่าความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก
	1 สอดคล้องกับ แนวคิดหลักคนที่					2 สอดคล้องกับ พฤติกรรมคนที่					1	2			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	1			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.67	0.23
2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	.8	1	สอดคล้อง	0.70	0.24
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.63	0.40
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.52	0.29
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.56	0.50
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.22	0.36
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.35	0.26
8	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	.8	1	สอดคล้อง	0.50	0.23
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.56	0.56
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.41	0.31
11	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	.6	.6	สอดคล้อง	0.48	0.33
12	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	.8	.8	สอดคล้อง	0.37	0.45
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.31	0.55
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.44	0.45
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.26	0.52
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.37	0.22
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.35	0.24
18	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	.8	.8	สอดคล้อง	0.41	0.33
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.44	0.41
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	0.30	0.23



แบบสอบถามชุดที่ 1

ในแบบสอบถามชุดนี้มีจำนวน 2 หน้า แบ่งเป็นแบบสอบถามย่อย จำนวน 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป จำนวน 9 ข้อ

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความเชื่อความฉลาดในการเรียน
วิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 16 ข้อ (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป

1. ระดับชั้นการศึกษา..... โรงเรียน.....
2. เพศ () ชาย () หญิง
3. ชั้นปี () มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 () มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 () มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3
4. อายุปี
5. ผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ล่าสุด)..... เกรตเฉลี่ย (ล่าสุด).....
6. ศาสนา () พุทธ () อิสลาม () คริสต์ () อื่น ๆ ระบุ.....
7. รายได้ครอบครัวต่อเดือน () ต่ำกว่า 3,000 บาท () 3,001-6,000 บาท
() 6,001-9,000 บาท () 9,001-12,000 บาท () สูงกว่า 12,000 บาท
8. ระดับการศึกษาของบิดา () ประถมศึกษา () มัธยมศึกษาปีที่ 3 () มัธยมศึกษาปีที่ 6
() ปริญญาตรี () สูงกว่าปริญญาตรี
ระดับการศึกษาของมารดา () ประถมศึกษา () มัธยมศึกษาปีที่ 3 () มัธยมศึกษาปีที่ 6
() ปริญญาตรี () สูงกว่าปริญญาตรี
9. อาชีพของบิดา () รับราชการ/วิสาหกิจ () รับจ้างทั่วไป () พนักงานเอกชน
() อาชีพอิสระ/ค้าขาย () อื่น ๆ
- อาชีพของมารดา () รับราชการ/วิสาหกิจ () รับจ้างทั่วไป () พนักงานเอกชน
() อาชีพอิสระ/ค้าขาย () อื่น ๆ

ตอนที่ 2

คำชี้แจง แบบสอบถามนี้เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นความสามารถทางสติปัญญาในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ขอให้นักเรียนพิจารณาว่า ข้อความทางซ้ายมือ สอดคล้องกับความคิดเห็นของนักเรียนมากน้อยเพียงใด แล้ววงกลม O ล้อมตัวเลขที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่าน ดังนี้

1	2	3	4	5	6
ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย	ค่อนข้าง	ค่อนข้าง	เห็นด้วย	เห็นด้วย
อย่างยิ่ง		ไม่เห็นด้วย	เห็นด้วย		อย่างยิ่ง

ความคิดเห็นเกี่ยวกับความสามารถทางสติปัญญาในการเรียนวิทยาศาสตร์	ระดับความคิดเห็น					
1. ความฉลาดหรือสติปัญญาของฉันในการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้มากนัก	1	2	3	4	5	6
2. ฉันสามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ได้ แต่ฉันไม่สามารถเปลี่ยนแปลงความฉลาดหรือสติปัญญาขั้นพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้	1	2	3	4	5	6
3. ไม่ว่าจะขณะนี้ฉันจะมีสติปัญญาในการเรียนวิทยาศาสตร์มากแค่ไหน ฉันยังสามารถเปลี่ยนแปลงความฉลาดหรือสติปัญญาในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้อีกมาก	1	2	3	4	5	6
4. ฉันสามารถเปลี่ยนระดับความฉลาดหรือสติปัญญาของฉันในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ในระดับมาก	1	2	3	4	5	6
5. ฉันมีความฉลาดหรือสติปัญญาในการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับหนึ่ง ซึ่งมันไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้มากนัก	1	2	3	4	5	6
6. ไม่สำคัญว่าฉันจะเป็นใคร ฉันสามารถเปลี่ยนระดับความฉลาดหรือสติปัญญาในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างมาก	1	2	3	4	5	6
7. ในความเป็นจริง ฉันไม่สามารถเปลี่ยนความฉลาดหรือสติปัญญาในการเรียนวิทยาศาสตร์ของตนเองได้	1	2	3	4	5	6

ความคิดเห็นเกี่ยวกับความสามารถทางสติปัญญาในการเรียน วิทยาศาสตร์	ระดับความคิดเห็น
8. ฉันสามารถเปลี่ยนระดับความฉลาดหรือสติปัญญาขั้นพื้นฐานในการเรียน วิทยาศาสตร์ของฉันให้เพิ่มขึ้นได้เป็นจำนวนมาก	1 2 3 4 5 6
9. ฉันมีความสามารถพิเศษในการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับหนึ่ง แต่ฉันไม่ สามารถเปลี่ยนแปลงความสามารถพิเศษของตนเองได้มาก	1 2 3 4 5 6
10. ความสามารถพิเศษในการเรียนวิทยาศาสตร์ของฉันเป็นสิ่งเฉพาะตัว ซึ่งไม่ สามารถเปลี่ยนแปลงมันได้มาก	1 2 3 4 5 6
11. ไม่ว่าฉันจะเป็นใคร ฉันสามารถเปลี่ยนระดับความสามารถพิเศษในการเรียน วิทยาศาสตร์ให้เพิ่มขึ้นได้ในระดับมาก	1 2 3 4 5 6
12. ในความเป็นจริง ฉันไม่สามารถเปลี่ยนความสามารถพิเศษในการเรียน วิทยาศาสตร์ที่ฉันมีให้มากขึ้นได้	1 2 3 4 5 6
13. ฉันสามารถเปลี่ยนความสามารถพิเศษในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างมาก	1 2 3 4 5 6
14. ฉันสามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ แต่ไม่สามารถเปลี่ยนระดับความสามารถพิเศษ ขั้นพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์ของตนเองได้	1 2 3 4 5 6
15. ไม่ว่าฉันมีความสามารถพิเศษในการเรียนวิทยาศาสตร์มากแค่ไหน ฉัน สามารถเปลี่ยนความสามารถพิเศษในการเรียนวิทยาศาสตร์ของตนเองให้ มากขึ้นได้	1 2 3 4 5 6
16. ฉันสามารถเปลี่ยนระดับพื้นฐานของความสามารถพิเศษ ในการเรียนวิทยาศาสตร์ของฉันให้เพิ่มมากขึ้นได้	1 2 3 4 5 6

ดัดแปลงข้อคำถามจาก ดเวก (2006) และ ดเวก (2017)

แบบทดสอบวัดความสามารถการแก้ปัญหา

เลขที่

โรงเรียน.....ระดับชั้น.....

วันที่เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดความสามารถการแก้ปัญหาฉบับนี้ วัดความรู้และทักษะการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตจริง
2. ลักษณะของแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้ปัญหาเป็นแบบอัตนัยร่วมกับปรนัย จำนวน 12 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 30 นาที

ข้อคำถาม

สถานการณ์ที่ 1

พีชกับบอยคู่วิดีทัศน์ในอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับการแสดงโชว์วิทยาศาสตร์ ซึ่งการแสดงโชว์อันหนึ่งเป็นการทำให้ผู้ชมมองไม่เห็นเศษแก้วที่ตกลงไปในของเหลวชนิดหนึ่ง แต่เมื่อใช้ปากคีบคีบลงไปของเหลว จะได้เศษแก้วติดมากับปากคีบ พีชกับบอยอยากทำการแสดงโชว์อันนั้น จึงได้ลองทำตามวิดิทัศน์ แต่ผลที่ได้กลับมองเห็นเศษแก้วอยู่ในของเหลวเสมอ

1. การทำให้เศษแก้วที่ตกลงไปในของเหลวหายไป สามารถอธิบายด้วยเหตุผลทาง

วิทยาศาสตร์ข้อใด

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| ก) การดูดกลืนแสง | ข) การสะท้อนแสง |
| ค) การกระจายของแสง | ง) การหักเหของตัวกลาง |

สถานการณ์ที่ 2

นายดำขับรถหลงทางกลางทะเลทรายจนน้ำมันหมด บนรถของนายดำมีน้ำดื่ม แวนชยาย กระเจ๊กเงาราบ และไม้ขีดไฟ ในวันต่อมาเวลาใกล้เที่ยงมีรถคันหนึ่งผ่านมาในระยะไกล แต่ไม่ได้มุ่งหน้ามายังตำแหน่งที่เขาอยู่ เขาต้องการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือด้วยเสียง แต่คนในรถคันนั้นไม่ได้ยิน และมีที่ท่าจะขับรถผ่านเลยไป

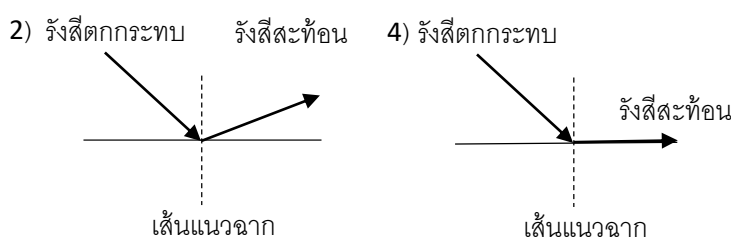
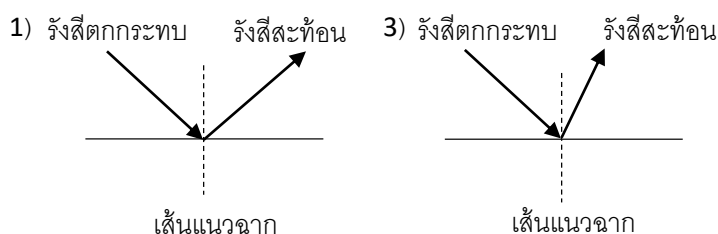
2. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| ก) น้ำมันหมด | ข) การขับรถหลงทาง |
| ค) การไม่บรรทุกอาหาร | ง) วิธีการขอความช่วยเหลือ |

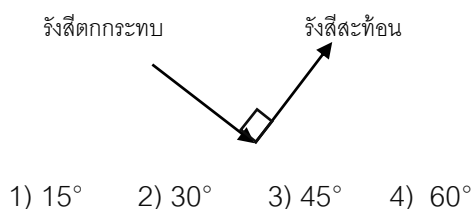
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แสงและการมองเห็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

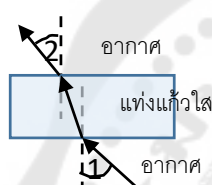
- 1) แบบทดสอบฉบับนี้วัดความรู้ความคิดทางฟิสิกส์เกี่ยวกับแสงและการมองเห็นในหน่วยการเรียนรู้การแสงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2
 - 2) ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ เวลา 30 นาที
 - 3) ให้เขียนชื่อ-สกุล ชั้น เลขที่ ด้วยปากกาในกระดาษคำตอบ
 - 4) การตอบให้กากบาทตอบตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว จากตัวเลือก 1,2,3 และ 4
 - 5) หากต้องการเปลี่ยนตัวเลือกใหม่ให้ขีดฆ่าตัวเลือกนั้น
1. เมื่อแสงจากอากาศตกกระทบผิวน้ำราบเรียบ ข้อใดถูกต้องที่สุด
 - 1) แสงจะเกิดการสะท้อนที่ผิวน้ำ
 - 2) แสงจะเกิดการสะท้อนกลับหมด
 - 3) แสงจะเกิดการหักเหเมื่อตกกระทบผิวน้ำ
 - 4) แสงจะเกิดการสะท้อนและหักเหที่ผิวน้ำ
 2. จากรูป ข้อใดเป็นไปตามกฎการสะท้อน



3. ถ้าต้องการให้รังสีตกกระทบกับรังสีสะท้อนทำมุมฉากกัน ควรวางวัตถุผิวสะท้อนราบทำมุมเท่าใดกับรังสีตกกระทบ

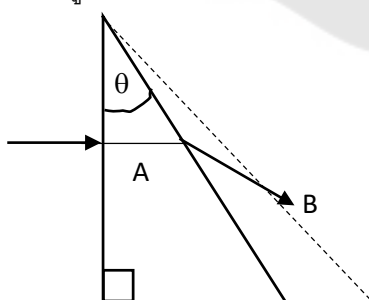


4. แสงเดินทางจากอากาศไปยังแท่งแก้วใส และออกสู่อากาศ ดังรูป มุม 1 กับ มุม 2 เป็นอย่างไร และปรากฏการณ์ดังกล่าวคืออะไร



- 1) มุม 1 ไม่เท่ากับ มุม 2 , การหักเห
- 2) มุม 1 เท่ากับ มุม 2 , การหักเห
- 3) มุม 1 ไม่เท่ากับ มุม 2 , การกระเจิง
- 4) มุม 1 เท่ากับ มุม 2 , การกระเจิง

5. ถ้าแสงตกกระทบตั้งฉากกับแท่งแก้วสามเหลี่ยมมุมฉากดังรูป ถ้าเปลี่ยนแท่งแก้วให้มีมุมยอดมากกว่า θ (ดังรูปแท่งแก้วเส้นประ) รังสี A และ B จะเปลี่ยนทิศทางหรือไม่



- 1) รังสี A และ รังสี B เปลี่ยนทิศทาง
- 2) รังสี A ไม่เปลี่ยนทิศทาง แต่ รังสี B เปลี่ยนทิศทาง
- 3) รังสี A เปลี่ยนทิศทาง แต่ รังสี B ไม่เปลี่ยนทิศทาง
- 4) รังสี A ไม่เปลี่ยนทิศทาง และ รังสี B ไม่เปลี่ยนทิศทาง



การกำหนดรหัสข้อมูล

อักษร S แทน นักเรียน

อักษร I แทน แบบสังเกต

อักษร A แทน ใบกิจกรรม

อักษร L แทน แบบบันทึกการเรียนรู้

ตัวเลข แทน ลำดับที่ของนักเรียน หรือ ลำดับที่ของแบบสัมภาษณ์ หรือ ลำดับที่ของกิจกรรม หรือ ลำดับที่ของแบบบันทึกการเรียนรู้

ตัวอย่าง

S7 หมายถึง นักเรียนคนที่ 7

I6S9 หมายถึง แบบสัมภาษณ์ 6 ในส่วนของการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 9

A2S5 หมายถึง ใบกิจกรรมประกอบกิจกรรมที่ 2 ของนักเรียนคนที่ 5

L2S5 หมายถึง แบบบันทึกการเรียนรู้ 2 ของนักเรียนคนที่ 5





MF4Version1:15/7/2556

ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและยินยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC- 303/60E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEM^{GM} เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นางสาวนันทน์มาส ลิ้มสันติธรรม

สังกัด: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารที่รับรอง:

1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงร่างการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาทบทวน

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 22 ธ.ค. 2560
2. โครงร่างการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 22 ธ.ค. 2560
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 22 ธ.ค. 2560
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 22 ธ.ค. 2560

(ลงชื่อ).....

(นายปิยชาติ บุญเพ็ญ)

เลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุวิพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E-303/2560

วันที่ให้การรับรอง : 27/12/2560

วันหมดอายุใบรับรอง : 27/12/2561

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นันทน์ภัส ลิ้มสันติธรรม
วัน เดือน ปี เกิด	15 สิงหาคม 2522
สถานที่เกิด	สงขลา
วุฒิการศึกษา	ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2540 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. 2544 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ศึกษาศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วโรดม พ.ศ. 2547 ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (หลักสูตรและการสอน) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช พ.ศ. 2561 การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	1/5 ถนนศรีสุดา ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000