



ผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของ
นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

วรรณสา สายสว่าง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
พ.ศ. 2565



THE EFFECTS OF STEM EDUCATION WITH PRACTICAL SKILLS ON SCIENCE
PROBLEM SOLVING ABILITY AND MATHEMATICS REASONING ABILITY OF
GRADE SIX STUDENTS

WANNA SAISAWANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF EDUCATION
IN CURRICULUM AND INSTRUCTION

GRADUATE SCHOOL

VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
UNDER THE ROYAL PATRONAGE PATHUM THANI

2022

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถ
ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผล
ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ชื่อนักศึกษา พรรณา สายสว่าง

รหัสประจำตัว 61854680203



ปริญญา ครุศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน

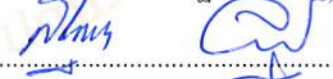
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธาน  ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา จุ้ยทอง) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรขา อรัญวงศ์)

 กรรมการ  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติพร พิชญกุล) (รองศาสตราจารย์ ดร.อรสา จรุงธรรม)

 กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติพร พิชญกุล)

 กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา จุ้ยทอง)

 ผู้ทรงคุณวุฒิ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณี ยะหะกร)


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์ฤทัย คลังพหล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 16 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

วรรณภา สายสว่าง. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. คุรุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน. อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุวรรณา จุ้ยทอง รศ.ดร.จิตติพร พิชญกุล

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สังเคราะห์การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และ 3) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดมเหยงค์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 39 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ เรื่อง ไฟฟ้า จำนวน 10 แผน 20 ชั่วโมง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.89 และ 3) แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.84 สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว

ผลการวิจัยพบว่า 1) กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ มีความเหมาะสมในทุกขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ มีคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.66$, $S.D. = 0.59$) 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($\bar{X} = 25.03$ จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน, $S.D. = 2.40$ และ $t = 10.47$) 3) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($\bar{X} = 16.05$ จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน, $S.D. = 2.03$ และ $t = 6.33$)

นวัตกรรมที่ได้จากการวิจัยเชิงประจักษ์เกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ประกอบด้วย 1) ระบุและเตรียมความพร้อม 2) สาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย 3) สนองตอบต่อเทคนิควิธีการ ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง และขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล ซึ่งในแต่ละขั้นตอนเน้นให้นักเรียนปฏิบัติทักษะย่อย ๆ นำไปสู่การปฏิบัติทักษะรวม โดยผู้สอนจะต้องกระตุ้นความท้าทายและความสนใจของผู้เรียนสู่การปฏิบัติ จนเกิดทักษะในการสร้างนวัตกรรม เพื่อเสริมสร้างให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา ทักษะปฏิบัติ การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

Wanna Saisawang. (2021). The effects of STEM Education with Practical Skills on Science Problem Solving ability and Mathematics Reasoning ability of Grade Six Students. Master of Education (Curriculum and Instruction). Advisors: Asst. Prof. Dr.Suwana Juithong, Assoc. Prof. Dr.Thitiporn Pichayakul

ABSTRACT

The objectives of this quasi experimental research were to: 1) synthesize STEM education with practical skills, 2) compare the science problem solving ability of grade 6 students after being exposed to STEM education with practical skills education process with the criterion of 70 percent of the full marks, and 3) compare the mathematics reasoning ability of grade 6 students after being exposed to STEM education with practical skills education process with the criterion of 70 percent of the full marks. The sample used in this research consisted of 39 grade 6 students studying in the second semester of the academic year 2020 at Watmahaeyong School under Ayutthaya Primary Educational Service Area Office 1. They were selected using multi-stage random sampling. The research instruments were (1) 10 20-hour lesson plans for the applied STEM education process using the electricity topic at the highest appropriate level, (2) a science problem solving ability test on the electricity topic with a reliability of 0.89, and (3) a mathematics reasoning ability test on the electricity topic with a reliability of 0.84. The statistics used for the data analysis were percentage, mean, standard deviation and one-sample t-test.

The research findings were as follows: 1) the STEM education with practical skills education process had the highest mean suitability score. ($\bar{X} = 4.66$, S.D. = 0.59). 2) The science problem solving abilities of the grade 6 students studying the electricity topic after being exposed to STEM education with practical skills education process were higher than the criterion of 70 percent of the full marks at a significance level of 0.05 ($\bar{X} = 25.03$ from score 30, S.D. = 2.40 and $t = 10.47$). And 3) the mathematics reasoning abilities of the grade 6 students studying the electricity topic after being exposed to STEM education with practical skills education process education process were higher than the criterion of 70 percent of the full marks at a significance level of 0.05 ($\bar{X} = 16.05$ from score 20, S.D. = 2.03 and $t = 6.33$).

The innovation from this applied research with STEM education with practical skills is a process comprising seven steps. The first step is recognizing problems and preparing information, which consists of (1) recognizing and getting ready, (2) demonstrating and practicing sub skills, and (3) responding to technics. The second step is designing a scientific experiment. The third step is planning a solution using mathematics reasoning. The fourth step is solving the problem. The fifth step is evaluating experimenting skills. The sixth step is improving and developing an experimental process. The seventh step is presenting problem solving and reasoning. Each step requires students to practice sub skills, which lead to combined skills. The teacher needs to create challenges and stimulate students' interest so that they can develop innovations, be able to solve scientific problems, and have mathematics reasoning abilities.

Keywords: STEM Education, Practical Skills, Science Problem Solving, Mathematics Reasoning

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยการให้คำปรึกษา การอนุเคราะห์ช่วยเหลือ และความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา จ้อยทอง ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพร พิชญกุล กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำทุกขั้นตอน ตรวจสอบข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรขา อรัญวงศ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อรสา จรุงธรรม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณี ยะหะกร และอาจารย์ ดร.ไพจิตร สดวกการ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และให้ข้อคิดเห็นที่มีคุณค่าต่อวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยซาบซึ้ง ในความกรุณาของท่านอาจารย์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรขา อรัญวงศ์ อาจารย์ ดร.วิสส์พร จิโรจน์พันธุ์ นางจารุวัฒน์ คงสุข นายวิรพล ผาสุขใจ และนายวีระชัย ทองปลั่ง ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญที่ได้กรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า และให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการโรงเรียนวัดมเหยงค์ ท่านผู้อำนวยการโรงเรียนวัดน้อย (วิเชียรสร้อยเกลียวอุบลัมภ์) ท่านผู้อำนวยการโรงเรียนท่าช้างวิทยาคม คณะครู และบุคลากรทางการศึกษาทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวก ให้ความร่วมมือ และความช่วยเหลือ ขอขอบใจนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดมเหยงค์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 ปีการศึกษา 2563 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทดลองใช้เครื่องมือ และเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ให้ สามารถนำมาประกอบการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัย ที่คอยให้ความช่วยเหลือและชี้แนะนักศึกษาทุกท่าน และสิ่งสำคัญขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจให้อย่างสม่ำเสมอ และให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ศึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จด้วยดี

วรรณมา สายสว่าง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	6
1.3 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
1.4 สมมติฐานของการวิจัย.....	6
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	7
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	9
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	12
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ และกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์.....	14
2.2 สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ และกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6.....	18
2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.....	22

2.4 ทักษะปฏิบัติ.....	29
2.5 การเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษา (STEM Education).....	35
2.6 กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ.....	44
2.7 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์.....	50
2.8 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์.....	53
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	56
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	60
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	60
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	61
3.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ.....	62
3.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	71
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	72
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	73
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	74
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	79
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	79
4.2 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	79
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	80
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	86
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	86
5.2 สรุปผลการวิจัย.....	86
5.3 อภิปรายผลการวิจัย.....	87
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	91
บรรณานุกรม.....	93

ภาคผนวก.....	98
ภาคผนวก ก หนังสือขอความอนุเคราะห์ และรายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย	99
ภาคผนวก ข รายชื่อโรงเรียนที่ขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูล และทดลองใช้เครื่องมือ	106
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้วิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อ สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบ วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	111
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ IOC ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัด ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	143
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น (KR-20) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และการ วิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นโดยหาค่า สัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) จากสูตรของครอนบาค (Cronbach) ของ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.....	148
ภาคผนวก ฉ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.....	152
ภาคผนวก ช การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม.....	166
ภาคผนวก ซ การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา ร่วมกับทักษะปฏิบัติของผู้เชี่ยวชาญ	171
ภาคผนวก ฌ การวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ตามมาตรวัดของลิ เคิร์ท (Likert scale).....	173

ภาคผนวก ญ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
 ร่วมกับทักษะปฏิบัติ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 175

ภาคผนวก ฎ ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้..... 205

ภาคผนวก ฏ เอกสารรับรองการยกเว้นพิจารณาจริยธรรมโครงการวิจัย 207

ประวัติผู้วิจัย..... 210



GRAD VRU

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	19
ตารางที่ 2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	20
ตารางที่ 3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ	21
ตารางที่ 4 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์	21
ตารางที่ 5 การสังเคราะห์ทักษะปฏิบัติ	34
ตารางที่ 6 การสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา	42
ตารางที่ 7 การสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ	45
ตารางที่ 8 กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	47
ตารางที่ 9 การสังเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	52
ตารางที่ 10 การสังเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	54
ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	62
ตารางที่ 12 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา	68
ตารางที่ 13 แสดงค่าความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ	80
ตารางที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็ม ศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม	84
ตารางที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็ม ศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม	85

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	6
ภาพที่ 2 รูปแบบการวิจัยแบบ One group posttest design	72
ภาพที่ 3 กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษารวมกับทักษะปฏิบัติ	83



GRAD VRU

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 (ฉบับที่ 1) แก้ไขเพิ่มเติมพุทธศักราช 2545 (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2553 (ฉบับที่ 3) พุทธศักราช 2562 (ฉบับที่ 4) มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ และมาตราที่ 24 ข้อ 1 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ข้อ 2 ระบุว่า ต้องฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา ข้อ 3 ระบุว่า ต้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง และข้อ 4 ระบุว่า ต้องจัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกันรวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา

วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ มีบทบาทสำคัญในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต และมีความสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและอุตสาหกรรม ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นไปอย่างกว้างขวางและรวดเร็ว อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนให้สูงขึ้น ความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาชาติ และดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมโลกอย่างมีความสุข การสร้างความเข้มแข็งทางด้านวิทยาศาสตร์นั้นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การจัดการศึกษาเพื่อเตรียมคนให้อยู่ในสังคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคที่มีประสิทธิภาพ กระทรวงศึกษาธิการ (2551) โดยการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะต้องสอดคล้องกับสภาพจริงในชีวิต และคำนึงถึงนักเรียนที่มีความสนใจและความถนัดแตกต่างกัน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) และไม่ควรเน้นแต่เพียงให้รู้เนื้อหาสาระเท่านั้น แต่ต้องคำนึงถึงความสำคัญของกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีความตระหนักอยู่เสมอว่า เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และมีความเชื่อว่ากระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถนำไปศึกษาหาความรู้ใหม่ ๆ ได้ ซึ่งเป้าหมายสูงสุดของการจัดการศึกษา คือ ผู้เรียนมีคุณภาพ โดยปัญหาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ กระบวนการเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

มุ่งเน้นทางด้านความรู้ ความจำ ครุมนุ่มแต่ผลลัพธ์ ขาดการจัดกระบวนการทางการคิดที่จะฝึกให้นักเรียนรู้จักการแก้ปัญหา คิดอย่างมีระบบ และมีเหตุมีผล วิทยากร เชียงกุล (2551)

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลกดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งองค์ประกอบของหลักสูตรทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้น ให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญ ทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลาย และประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560)

เป้าหมายของวิทยาศาสตร์ ระบุว่า ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการ และความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจ ตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ (ข้อ 6) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ซึ่งการบรรลุเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ได้นั้น สามารถบูรณาการกับสาระการเรียนรู้อื่น ตามที่กระทรวงศึกษาธิการ ระบุไว้ใน ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนี้ คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหา หรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ

โปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ที่วัดความสามารถด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เป็นการวัดความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving) และวัดพัฒนาการและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การให้เหตุผลของนักเรียน ในรอบการประเมิน PISA 2018 นั้น พบว่า ผลการประเมินของประเทศไทย นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการอ่าน 393 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 487 คะแนน) คณิตศาสตร์ 419 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 489 คะแนน) และวิทยาศาสตร์ 426 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 489 คะแนน) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) แสดงให้เห็นว่า นักเรียนไทยมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน รวมทั้งความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผล

ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินิยมขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 ผลคะแนนเฉลี่ยกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2559-2561 ตามลำดับ ดังนี้ 40.70, 38.59 และ 38.83 จะเห็นว่าค่าคะแนนเฉลี่ยแต่ละปีต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 เมื่อพิจารณารายละเอียดของสาระที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยลดลงอย่างต่อเนื่อง คือ สาระการเรียนรู้ที่ 5 พลังงาน มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ซึ่งเป็นสาระของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปฏิกิริยาการเกิดที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ มีค่าคะแนนเฉลี่ย คือ 59.86, 39.19 และ 38.65 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป้าหมาย มาตรฐาน และตัวชี้วัดดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า นักเรียนขาดทักษะทางวิทยาศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การวิเคราะห์ ซึ่งมีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยลดลง จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ของครู เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลของผู้เรียน ให้มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยการศึกษาทฤษฎี รูปแบบการสอน กระบวนการต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล การที่นักเรียนไม่ประสบผลสำเร็จ เรื่องความสามารถในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จึงสำคัญและจำเป็นในการเพิ่มความสามารถให้กับผู้เรียน การเรียนรู้ของผู้เรียนต้องมีความน่าสนใจ ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถดังกล่าวได้ โดยเฉพาะการให้ผู้เรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยการใช้ความรู้ ทักษะ จาก

การบูรณาการในรายวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบเชิงวิศวกรรม อาศัยเหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการเพิ่มความสามารถในการให้เหตุผลกับผู้เรียน

การเรียนรู้สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ดังนั้น สะเต็มศึกษาจึงไม่ใช่เรื่องใหม่ แต่เป็นการต่อยอดหลักสูตรโดยบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และการประกอบอาชีพในอนาคต สะเต็มศึกษาจึงส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2562) เกตุมณี เหมรา ได้ทำการศึกษาวิจัย พบว่า เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องของดีเมืองร้อยเอ็ด มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น หลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องของดีเมืองร้อยเอ็ดและมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น โดยเด็กสามารถระบุได้ว่าปัญหาคืออะไร และบอกวิธีการขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ จะเห็นได้ว่า การเรียนรู้สะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา และการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์สามารถนำมาบูรณาการความรู้กับศาสตร์อื่นได้ ซึ่งต้องพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในด้านปฏิบัติควบคู่กันไป ทิศนา แคมมณี (2559) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านทักษะพิสัย เป็นรูปแบบที่มุ่งช่วยพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในด้านการปฏิบัติ การกระทำ หรือการแสดงออกต่าง ๆ

การเรียนรู้ด้วยการฝึกปฏิบัติ การสร้างสรรค์ประสบการณ์ใหม่ที่ต่อเนื่องกับประสบการณ์เก่าด้วยการส่งเสริมให้เกิดประสบการณ์ใหม่ เป็นวิธีนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจในปัจจุบันและอนาคตได้ การจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริง จากการเผชิญสถานการณ์จริงและการแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากการกระทำ ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง ฝึกคิด ฝึกลงมือทำ ฝึกทักษะกระบวนการต่างๆ ฝึกการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และฝึกทักษะการแสวงหาความรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มนั้น ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนจะคิดเป็นและแก้ปัญหาเป็น ธนวัฒน์ หาญชิงชัย (2558) ซึ่งหลักการที่ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง คือ การให้ผู้เรียนลงมือประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองหรือได้ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีความหมายด้วยการปฏิบัติ การมีทักษะในการปฏิบัติเพื่อเรียนรู้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ได้ และนำความรู้นั้นไปใช้ได้อย่างมีความหมาย โดยเฉพาะในรายวิชาวิทยาศาสตร์ การฝึกปฏิบัติถือเป็นเรื่องสำคัญในการจัดการเรียนรู้ เพราะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ย่อมเกิดจากการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และเข้าใจด้วยตนเอง ซึ่งทฤษฎีการสอนทักษะปฏิบัติของเดวีส์ แฮร์โรว์ ซิมพ์สัน และทิศนา แคมมณี เป็นทฤษฎีที่ใช้สนับสนุนการศึกษา เดฟ (Deve, 1967, pp. 96-99 อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี, 2559) ได้นำเสนอแนวคิด

เกี่ยวกับการพัฒนาทักษะปฏิบัติ โดยจัดลำดับขั้นของการเรียนรู้ทางด้านทักษะปฏิบัติไว้ 5 ขั้น ได้แก่ การเลียนแบบ การลงมือกระทำตามคำสั่ง การกระทำอย่างถูกต้องแม่นยำ การแสดงออก และการกระทำอย่างเป็นธรรมชาติ แฮร์โรว์ (Harrow, 1972, pp. 96-99 อ้างถึงใน ทิศนา ขัมมณี, 2559) ได้จัดลำดับขั้นของการเรียนรู้ทางด้านทักษะ ปฏิบัติไว้ 5 ขั้น โดยเริ่มจากระดับที่ซับซ้อนน้อยไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อนมาก ซิมป์สัน (Simpson, 1972 อ้างถึงใน ทิศนา ขัมมณี, 2559) กล่าวว่าทักษะเป็นเรื่องที่มีความเกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางกายของผู้เรียน เป็นความสามารถในการประสานการทำงานของกล้ามเนื้อหรือร่างกาย ในการทำงานที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อหลาย ๆ ส่วนการทำงานดังกล่าวเกิดขึ้นได้จากการสั่งงานของสมอง ซึ่งต้องมีปฏิสัมพันธ์กับความรู้สึกที่เกิดขึ้น ทักษะปฏิบัตินี้สามารถพัฒนาได้ด้วยการฝึกฝน ซึ่งหากได้รับการฝึกฝนที่ดีแล้ว จะเกิดความถูกต้อง ความคล่องแคล่ว ความเชี่ยวชาญชำนาญ และความคงทน ผลของพฤติกรรมหรือการกระทำสามารถสังเกตได้จากความรวดเร็ว ความแม่นยำ ความแรง หรือความราบรื่นในการจัดการ และทิศนา ขัมมณี (2559) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของทักษะปฏิบัติที่ว่า ทักษะส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยทักษะย่อยจำนวนมาก การฝึกให้ผู้เรียนสามารถทำทักษะย่อย ๆ ให้ได้ก่อน แล้วค่อยเชื่อมโยงต่อกันเป็นทักษะใหญ่ จะช่วยให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะได้ดีและรวดเร็วขึ้น

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจในการดำเนินการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยสังเคราะห์จากการเรียนรู้สะสมศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ซึ่งมี 7 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 รับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถปฏิบัติทักษะย่อย ๆ เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติทักษะรวม โดยมองเห็นการแก้ปัญหาจากปัญหาย่อยสู่ปัญหาหลัก ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้เรียนนั้นเกิดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณค่า พร้อมกับเป็นผู้ที่แก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น

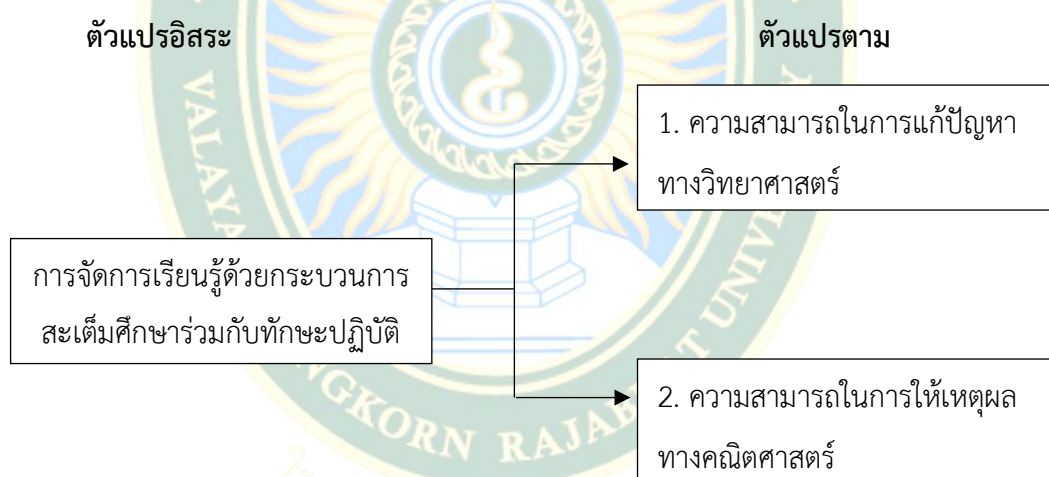
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสังเคราะห์การจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

1.3 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

1.4.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

1.4.2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 จำนวน 179 โรงเรียน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดมเหยงค์ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ของกลุ่มโรงเรียนอุดรนคร อำเภอนครหลวง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 จำนวน 39 คน ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) โดยมีขั้นตอนการสุ่ม ดังนี้

1.5.2.1 สุ่มอำเภอ จากอำเภอทั้งหมด 9 อำเภอ ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 มา 1 อำเภอ ได้อำเภอนครหลวง

1.5.2.2 สุ่มกลุ่มโรงเรียน จากกลุ่มโรงเรียนทั้งหมด 2 กลุ่ม ในอำเภอนครหลวงมา 1 กลุ่มโรงเรียน ได้กลุ่มโรงเรียนอุดรนคร

1.5.2.3 สุ่มโรงเรียน จากโรงเรียนทั้งหมด 9 โรงเรียน ในกลุ่มโรงเรียนอุดรนครมา 1 โรงเรียน ได้โรงเรียนวัดมเหยงค์

1.5.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย คือ

1.5.3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent variable) คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ

1.5.3.2 ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

1.5.4 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ

1.5.4.1 วิทยาศาสตร์ ได้แก่ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ดังนี้

1) สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพมาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด ป.6/1 ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ตัวชี้วัด ป.6/2 เขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

ตัวชี้วัด ป.6/3 ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายวิธีการและผลการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม

ตัวชี้วัด ป.6/4 ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ตัวชี้วัด ป.6/5 ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน

ตัวชี้วัด ป.6/6 ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน โดยบอกประโยชน์ ข้อจำกัด และการประยุกต์ใช้ ในชีวิตประจำวัน

1.5.4.2 เทคโนโลยี ได้แก่ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ดังนี้

1) สาระที่ 4 เทคโนโลยี มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตัวชี้วัด ป.6/1 ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการอธิบายและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน

ตัวชี้วัด ป.6/4 ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทำงานร่วมกันอย่างปลอดภัย เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพในสิทธิของผู้อื่น แจ้งผู้เกี่ยวข้องเมื่อพบข้อมูลหรือบุคคลที่ไม่เหมาะสม

1.5.4.3 การออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้แก่ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ ในรายวิชาการงานอาชีพ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง การออกแบบและสร้างชิ้นงาน ซึ่งประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้

1) สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ตัวชี้วัด ป.6/2 สร้างสิ่งของเครื่องใช้ตามความสนใจอย่างปลอดภัย โดยกำหนดปัญหาหรือความต้องการ รวบรวมข้อมูล เลือกวิธีการ ออกแบบโดยถ่ายทอดความคิดเป็นภาพร่าง 3 มิติ หรือแผนที่ความคิด ลงมือสร้าง และประเมินผล

1.5.4.4 คณิตศาสตร์ ได้แก่ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ในรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง การบวก การลบ การคูณ การหารเศษส่วน ซึ่งประกอบด้วยทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ดังนี้

1) ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อ 4 การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง

2) สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิตมาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ตัวชี้วัด ป.6/7 หาผลลัพธ์ของการบวก ลบ คูณ หารระคนของเศษส่วนและจำนวนคละ

1.5.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โดยจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ 10 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาสอนแผนการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง รวม 20 ชั่วโมง

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ปัญหา/สร้างนวัตกรรม

ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติการทดลอง

ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล

1.6.2 ทักษะปฏิบัติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนฝึกปฏิบัติ โดยประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นการรับรู้และเตรียมความพร้อม

ขั้นที่ 2 ขั้นสาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย

ขั้นที่ 3 ขั้นสนองตอบต่อเทคนิควิธีการ

ขั้นที่ 4 ขั้นการเชื่อมโยงและแสดงออก

ขั้นที่ 5 ขั้นลงมือกระทำ

ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุงและประยุกต์ใช้

ขั้นที่ 7 ขั้นการคิดริเริ่ม

1.6.3 กระบวนการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ หมายถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ที่มุ่งให้นักเรียนปฏิบัติทักษะเพื่อแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้มี 7 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 รับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ประกอบด้วย

1) รับรู้และเตรียมความพร้อม นักเรียนรับรู้ในสิ่งที่จะทำ รับรู้สถานการณ์ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนแก้ปัญหา เพื่อเตรียมความพร้อม ปรับตัวให้พร้อมในการทำงาน และการแก้ปัญหาในการขนย้ายสิ่งของทางน้ำ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้พร้อมที่จะเรียนรู้หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ

2) สาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย ผู้สอนแตกทักษะทั้งหมดที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา ให้เป็นทักษะย่อย ๆ และสาธิตส่วนย่อยแต่ละส่วนให้นักเรียนสังเกตและทำตามไปที่ละส่วนอย่างช้า ๆ

3) สนองตอบต่อเทคนิควิธีการ นักเรียนตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้ หรือสิ่งที่ผู้สอนสาธิต ด้วยการลงมือปฏิบัติทักษะย่อยที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยไม่มีการสาธิตหรือมีแบบอย่างให้ดู อาจใช้วิธีการลองผิดลองถูกจนกระทั่งกระทำได้ถูกต้อง ซึ่งสามารถระบุปัญหา ใช้ความคิดที่เป็นระบบ มีทักษะและประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์เดิมในการรวบรวมข้อเท็จจริงเพื่อเตรียมความพร้อมข้อมูลสำหรับแก้ปัญหาต่อไป

ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหามาตามสถานการณ์ด้วยตนเอง โดยใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา นำแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของตนเอง สามารถตั้งสมมติฐาน ประยุกต์ความรู้มาใช้แก้ไขปัญหามาบนพื้นฐานของหลักเหตุผล

ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ นักเรียนวางแผนวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา นำแนวคิดหรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อวางแผนวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง ซึ่งระบุทักษะในการแก้ไขปัญหอย่างเป็นระบบ

ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา/สร้างนวัตกรรม ตามแนวทางที่นักเรียนวางแผนและออกแบบ โดยเริ่มตั้งแต่การปฏิบัติทักษะย่อย ๆ ไปจนถึงทักษะรวมเพื่อแก้ปัญหาย่อยสู่การแก้ปัญหาทั้งหมด เป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง นักเรียนทดสอบทักษะ วิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา ทดสอบประสิทธิภาพ วิเคราะห์ และเปรียบเทียบจำนวน (มากกว่า น้อยกว่า) โดยสถิติทักษะย่อยแต่ละทักษะ เริ่มตั้งแต่ต้นจนจบ และประเมินผล ซึ่งในขั้นนี้ครูเป็นผู้แนะนำ เทคนิควิธีการที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาหรือทำงานนั้น ๆ ได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดสอบ ประเมิน และคำแนะนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรม มีการปรับปรุงและพัฒนา โดยฝึกปฏิบัติหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งสามารถปฏิบัติทักษะที่สมบูรณ์ได้ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น นักเรียนวิเคราะห์ และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยอาจต่อยอดชิ้นงานของตนเองให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล คือ นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหา ทางวิทยาศาสตร์และผลการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนนำเสนอ กระบวนการแก้ปัญหาผ่านประสิทธิภาพการทำงานของนวัตกรรม และนำเสนอผลของการแก้ปัญหา ผ่านประสิทธิภาพของนวัตกรรม และนำเสนอผลของการแก้ปัญหา เปรียบเทียบ และสรุปผลจาก ข้อมูล

1.6.4 ความสามารถในการแก้ปัญหาวงวิทยาศาสตร์ หมายถึง คะแนนความสามารถในการ แก้ปัญหาวงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการใช้ความคิดที่เป็นระบบ ทักษะ และประสบการณ์ทาง วิทยาศาสตร์เดิมในการรวบรวมข้อเท็จจริง ตั้งสมมติฐาน ประยุกต์ความรู้มาใช้แก้ไขปัญหา บน พื้นฐานของหลักเหตุผล เพื่อหาข้อยุติเป็นทักษะ หรือวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ด้วยการระบุ ปัญหา ตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดการ แก้ปัญหาวงวิทยาศาสตร์ แบบปรนัยเลือกตอบ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ในการวัดการแก้ปัญหาวงวิทยาศาสตร์

1.6.5 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง คะแนนความสามารถในการ ให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเกิดจากกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยการคำนวณ บวก ลบ คูณ ทหาร และการเปรียบเทียบจำนวน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล ในการสรุปผลจากการ สังเกต และการทดลอง แล้วนำข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการคำนวณมาสรุปผล โดยการ เปรียบเทียบอ้างอิงข้อเท็จจริง ให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัยได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งวัดได้จาก แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ แบบอัตนัย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัย สร้างขึ้นในการวัดการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้กระบวนการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่มีแนวคิดทักษะปฏิบัติ

1.7.2 เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการนำกระบวนการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไว้ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ให้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

1.7.3 เป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนในการนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับชั้นอื่น ๆ

1.7.4 เป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนในการนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ

1.7.5 นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ชีวิตประจำวัน และนำไปใช้ในการศึกษาต่อในระดับชั้นที่สูงขึ้นต่อไป



GRAD VRU

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัย ผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสาร แนวคิด หลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับ ดังนี้

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ และกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

2.2 สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ และกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2.3.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ของเบนจามิน บลูม

2.3.2 ทฤษฎีการเรียนรู้จากการปฏิบัติ (Learning by doing) ของจอห์น ดิวอี้

2.3.3 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

2.3.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (Discovery learning) ของบรูเนอร์

2.3.5 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

2.4 ทักษะปฏิบัติ

2.4.1 ทักษะปฏิบัติของเดวิส

2.4.2 ทักษะปฏิบัติของแฮร์โรว์

2.4.3 ทักษะปฏิบัติของซิมพ์สัน

2.4.4 ทักษะปฏิบัติตามองค์ประกอบของทักษะ (ทิศนา แคมมณี)

2.5 การเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education)

2.5.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

2.5.2 ความสำคัญของสะเต็มศึกษา (STEM Education) กับการศึกษาของไทย

2.5.3 องค์ประกอบ แนวคิด และทฤษฎีของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

2.5.4 การจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา (STEM Education)

2.6 กระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ

2.7 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.7.1 ความหมายของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.7.2 องค์ประกอบของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.8 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

2.8.1 ความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

2.8.2 วิธีการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 งานวิจัยในประเทศ

2.9.2 งานวิจัยต่างประเทศ

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ และกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

2.1.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้ และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพ และการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

2.1.2 หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

2.1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้ เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรม บนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2.1.2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

2.1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

2.1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้

2.1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาระบบ นอกระบบ และตาม อัยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

2.1.3 จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มี ศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมาย เพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบ การศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

2.1.3.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มี วินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญา เศรษฐกิจพอเพียง

2.1.3.2 มีความรู้อันเป็นสากลและมีความสามารถในการสื่อสาร การคิด การ แก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

2.1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

2.1.3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถี ชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

2.1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และ พัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันใน สังคมอย่างมีความสุข

2.1.4 สมรรถนะสำคัญ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการ เรียนรู้ ซึ่งการพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดนั้น จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะ สำคัญ 5 ประการ ดังนี้

2.1.4.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มี วัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อ แลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร และประสบการณ์อันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้ง การเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้ วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2.1.4.2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิด สังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การ สร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

2.1.4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและ อุปสรรคต่างๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสนเทศ

เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.1.4.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

2.1.4.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่างๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณธรรม

2.1.5 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

2.1.5.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

2.1.5.2 ซื่อสัตย์สุจริต

2.1.5.3 มีวินัย

2.1.5.4 ใฝ่เรียนรู้

2.1.5.5 อยู่อย่างพอเพียง

2.1.5.6 มุ่งมั่นในการทำงาน

2.1.5.7 รักความเป็นไทย

2.1.5.8 มีจิตสาธารณะ

2.1.6 มาตรฐานการเรียนรู้

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุล ต้องคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมองและพหุปัญญา หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงกำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ดังนี้

2.1.6.1 ภาษาไทย

2.1.6.2 คณิตศาสตร์

2.1.6.3 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.1.6.4 สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม

2.1.6.5 สุขศึกษาและพลศึกษา

2.1.6.6 ศิลปะ

2.1.6.7 การงานอาชีพ

2.1.6.8 ภาษาต่างประเทศ

ในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน มาตรฐานการเรียนรู้ระบุสิ่งที่ผู้เรียนพึงรู้ ปฏิบัติได้ มีคุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน นอกจากนี้มาตรฐานการเรียนรู้ยังเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนพัฒนาการศึกษาทั้งระบบ เพราะมาตรฐานการเรียนรู้จะสะท้อนให้ทราบว่าต้องการอะไร จะสอนอย่างไร และประเมินอย่างไร รวมทั้งเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบเพื่อการประกันคุณภาพการศึกษาโดยใช้ระบบการประเมินคุณภาพภายในและการประเมินคุณภาพภายนอก ซึ่งรวมถึงการทดสอบระดับเขตพื้นที่การศึกษา และการทดสอบระดับชาติ ระบบการตรวจสอบเพื่อประกันคุณภาพดังกล่าวเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยสะท้อนภาพการจัดการศึกษาว่าสามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามที่มาตรฐานการเรียนรู้กำหนดเพียงใด

2.1.7 ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดระบุสิ่งที่นักเรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้น ซึ่งสะท้อนถึงมาตรฐานการเรียนรู้ มีความเฉพาะเจาะจงและมีความเป็นรูปธรรม นำไปใช้ในการกำหนดเนื้อหา จัดทำหน่วยการเรียนรู้ จัดการเรียนการสอน และเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพผู้เรียน

2.1.7.1 ตัวชี้วัดชั้นปี เป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนแต่ละชั้นปีในระดับการศึกษาภาคบังคับ (ประถมศึกษาปีที่ 1 – มัธยมศึกษาปีที่ 3)

2.1.7.2 ตัวชี้วัดช่วงชั้น เป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4- 6)

2.1.8 เป้าหมายการเรียนรู้

จากการศึกษาเกี่ยวกับตัวชี้วัด มีหน่วยงาน นักการศึกษาให้ความสำคัญและประเภทของตัวชี้วัดไว้ ดังนี้ กระทรวงศึกษาธิการ (2551) การประเมินในชั้นเรียนมีความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน เป้าหมายการเรียนรู้และตัวชี้วัด สามารถแบ่งออกได้ 3 ตัวชี้วัด ได้แก่ ด้านความรู้ (K) ด้านกระบวนการ (P) และด้านจิตพิสัย (A) ตัวชี้วัดจึงสะท้อนว่าสิ่งที่วัดหรือประเมินนั้นจัดเป็นเป้าหมายประเภทใด การรู้และเข้าใจอย่างท่องแท้ว่าตัวชี้วัดเป็นเป้าหมายประเภทใด จะทำให้ผู้สอนสามารถออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ กิจกรรมการประเมินได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้จัดเป้าหมายการเรียนรู้ออกเป็น 5 ด้าน ประกอบด้วย

2.1.8.1 เป้าหมายด้านความรู้ความเข้าใจ เป็นเป้าหมายเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจ เนื้อหาและสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ ได้แก่ ข้อเท็จจริง เหตุการณ์ กรอบความคิด กฎเกณฑ์ หลักการ

ตลอดจน กระบวนการ วิธีการ ขั้นตอน คำสำคัญที่บ่งบอกเป้าหมายด้านนี้ คือ อธิบาย เข้าใจ พรรณนา ระบุ บอก บอกชื่อ บอกรายการ นิยาม จับคู่ เลือก เป็นต้น

2.1.8.2 เป้าหมายด้านทักษะปฏิบัติ เป็นเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการปฏิบัติหรือวิธีการต่าง ๆ ได้ดี เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน การประเมินการปฏิบัติ มักประเมินผ่านการเห็น หรือได้ยิน คำสำคัญที่บ่งบอกเป้าหมายด้านนี้ ได้แก่ สังเกต ทดลอง แสดง ทำ ตั้งคำถาม ประพฤติ ทำงาน ฟัง อ่าน พูด ประกอบการปฏิบัติ ใช้ สาธิต วัด สสำรวจ การจะมีทักษะปฏิบัติย่อมต้องผ่านเป้าหมายด้านความรู้มาก่อนเสมอ

2.1.8.3 เป้าหมายด้านการแก้ปัญหา เป็นเป้าหมายที่เกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ มักประเมินผ่านทักษะปฏิบัติ การเห็น และกระบวนการสู่ความสำคัญในการแก้ปัญหา การจะมีทักษะการแก้ปัญหาย่อมต้องผ่านเป้าหมายด้านความรู้และด้านทักษะปฏิบัติมาก่อนเสมอ

2.1.8.4 เป้าหมายด้านการคิดอย่างมีเหตุผล เป็นเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิด โดยกำหนดให้ต้องใช้ความรู้มาแก้ปัญหา ความรู้นี้ต้องเกิดจากการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง คิดด้วยรูปแบบต่าง ๆ เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดเปรียบเทียบ

2.1.8.5 เป้าหมายด้านจิตพิสัย เป็นเป้าหมายที่ไม่ใช่ผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการ แต่เป็นสถานะทางอารมณ์ ความรู้สึก เช่น แรงจูงใจ ทศนคติ

2.2 สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ และกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

2.2.1 สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) เรื่อง พลังงาน

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรัชญาการณที่ เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
<p>1. ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากหลักฐานเชิงประจักษ์</p> <p>2. เขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย</p>	<p>วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า แหล่งกำเนิดไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย หรือแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ให้พลังงานไฟฟ้า สายไฟฟ้าเป็นตัวนำไฟฟ้า ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างแหล่งกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าเข้าด้วยกัน เครื่องใช้ไฟฟ้ามีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอื่น</p>
<p>3. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายวิธีการและผลของการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม</p> <p>4. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมโดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน</p>	<p>เมื่อนำเซลล์ไฟฟ้าหลายเซลล์มาต่อเรียงกันโดยให้ขั้วบวกของเซลล์ไฟฟ้าเซลล์หนึ่งต่อกับขั้วลบของอีกเซลล์หนึ่งเป็นการต่อแบบอนุกรม ทำให้มีพลังงานไฟฟ้าเหมาะสมกับเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น การต่อเซลล์ไฟฟ้าในไฟฉาย</p>
<p>5. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน</p> <p>6. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน โดยบอกประโยชน์ ข้อจำกัด และการประยุกต์ใช้ ในชีวิตประจำวัน</p>	<p>การต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมเมื่อถอดหลอดไฟฟ้าดวงใดดวงหนึ่งออกทำให้หลอดไฟฟ้าที่เหลือดับทั้งหมด ส่วนการต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน เมื่อถอดหลอดไฟฟ้าดวงใดดวงหนึ่งออก หลอดไฟฟ้าที่เหลือก็ยังสามารถยังสว่างได้ การต่อหลอดไฟฟ้าแต่ละแบบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น การต่อหลอดไฟฟ้าหลายดวงในบ้านจึงต้องต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน เพื่อเลือกใช้หลอดไฟฟ้าดวงใดดวงหนึ่งได้ตามต้องการ</p>

ที่มา : ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตารางที่ 2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการอธิบายและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน	การแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนจะช่วยให้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพการใช้เหตุผลเชิงตรรกะเป็นการนำกฎเกณฑ์ หรือเงื่อนไขที่ครอบคลุมทุกกรณีมาใช้พิจารณาในการแก้ปัญหา
4. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทำงานร่วมกันอย่างปลอดภัย เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพในสิทธิของผู้อื่น แจ้งผู้เกี่ยวข้องเมื่อพบข้อมูลหรือบุคคลที่ไม่เหมาะสม	อันตรายจากการใช้งานและอาชญากรรมทางอินเทอร์เน็ต แนวทางในการป้องกัน

ที่มา : ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2.2.2 สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

GRAD VRU

ตารางที่ 3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
2. สร้างสิ่งของเครื่องใช้ตามความสนใจอย่างปลอดภัย โดยกำหนดปัญหาหรือความต้องการ รวบรวมข้อมูล เลือกวิธีการ ออกแบบโดยถ่ายทอดความคิดเป็นภาพร่าง 3 มิติ หรือแผนที่ความคิด ลงมือสร้าง และประเมินผล	การสร้างสิ่งของเครื่องใช้อย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่กำหนดปัญหาหรือความต้องการ รวบรวมข้อมูล หรือวิธีการ ออกแบบโดยถ่ายทอดความคิดเป็นภาพร่าง 3 มิติ หรือแผนที่ความคิด ก่อนลงมือสร้างและประเมินผล ทำให้ผู้เรียนทำงานอย่างเป็นกระบวนการ

ที่มา : ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2.2.3 สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ตารางที่ 4 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
7. หาผลลัพธ์ของการบวก ลบ คูณ หารระคนของเศษส่วนและจำนวนคละ	การบวกการลบเศษส่วนและจำนวนคละ โดยใช้ความรู้ เรื่อง ค.ร.น.

ที่มา : ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ข้อ 4 การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟังและให้เหตุผลสนับสนุน หรือโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ

2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2.3.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ของเบนจามิน บลูม

อักซอร์ สวัสดี (2542) ได้ให้ความหมายของ ความรู้ หมายถึง เรื่องที่เกี่ยวกับการระลึกถึงสิ่งเฉพาะ วิธีการและกระบวนการต่าง ๆ รวมถึงวัตถุประสงค์ในด้านความรู้ โดยเน้นในเรื่องของกระบวนการทางจิตวิทยาของความจำ อันเป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงเกี่ยวกับการจัดระเบียบ โดยก่อนหน้านั้นในปี ค.ศ. 1965 บลูม และคณะ ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการรับรู้หรือพุทธิพิสัย (cognitive domain) ของคน ว่าประกอบด้วยความรู้ตามระดับต่าง ๆ รวม 6 ระดับ ซึ่งอาจพิจารณาจากระดับความรู้ในขั้นต่ำไปสู่ระดับของความรู้ในระดับที่สูงขึ้นไป โดยบลูมและคณะ ได้แจกแจงรายละเอียดของแต่ละระดับไว้ดังนี้

1) ความรู้ (Knowledge) หมายถึง การเรียนรู้ที่เน้นถึงการจำและการระลึกได้ถึงความคิด วัตถุ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นความจำที่เริ่มจากสิ่งง่าย ๆ ที่เป็นอิสระแก่กัน ไปจนถึงความจำในสิ่งที่ยู่ยากซับซ้อนและมีความสัมพันธ์ระหว่างกัน

2) ความเข้าใจหรือความคิดรวบยอด (Comprehension) เป็นความสามารถทางสติปัญญา ในการขยายความรู้ ความจำ ให้กว้างออกไปจากเดิมอย่างสมเหตุสมผล การแสดงพฤติกรรมเมื่อเผชิญกับสื่อความหมาย และความสามารถในการแปลความหมาย การสรุปหรือการขยายความสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

3) การนำไปปรับใช้ (Application) เป็นความสามารถในการนำความรู้ (knowledge) ความเข้าใจหรือความคิดรวบยอด (comprehension) ในเรื่องใด ๆ ที่มีอยู่เดิม ไปแก้ไขปัญหาที่แปลกใหม่ของเรื่องนั้น โดยการใช้ความรู้ต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีการกับความคิดรวบยอดมาผสมผสานกับความสามารถในการแปลความหมาย การสรุปหรือการขยายความสิ่งนั้น

4) การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถและทักษะที่สูงกว่าความเข้าใจ และการนำไปปรับใช้ โดยมีลักษณะเป็นการแยกแยะสิ่งที่จะพิจารณาออกเป็นส่วนย่อย ที่มีความสัมพันธ์กัน รวมทั้งการสืบค้นความสัมพันธ์ของส่วนต่าง ๆ เพื่อดูว่าส่วนประกอบปลีกย่อยนั้นสามารถเข้ากันได้หรือไม่ อันจะช่วยให้เกิดความเข้าใจต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดอย่างแท้จริง

5) การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการรวบรวมส่วนประกอบย่อย ๆ หรือส่วนใหญ่ ๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้เป็นเรื่องราวอันหนึ่งอันเดียวกัน การสังเคราะห์จะมีลักษณะของการเป็นกระบวนการรวบรวมเนื้อหาสาระของเรื่องต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อสร้างรูปแบบหรือโครงสร้างที่ยังไม่ชัดเจนขึ้นมาก่อน อันเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ภายในขอบเขตของสิ่งที่กำหนดให้

6) การประเมินผล (Evaluation) เป็นความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับความคิด ค่านิยม ผลงาน คำตอบ วิธีการและเนื้อหาสาระเพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง โดยมีการกำหนดเกณฑ์ (criteria) เป็นฐานในการพิจารณาตัดสิน การประเมินผล จัดได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สูงสุดของพุทธิลักษณะ

(characteristics of cognitive domain) ที่ต้องใช้ความรู้ความเข้าใจ การนำไปปรับใช้ การวิเคราะห์ และการสังเคราะห์เข้ามาพิจารณาประกอบกันเพื่อทำการประเมินผลสิ่งหนึ่งสิ่งใด

บลูม และคณะ (Bloom et al, 1956 อ้างถึงใน กมลรัตน์ หล้าสูงษ์, 2528) ได้จำแนก จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือ

- 1) ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain)
- 2) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain)
- 3) ด้านเจตพิสัย (Affective Domain)

โดยในแต่ละด้านมีรายละเอียด ดังนี้

พุทธิพิสัย (Cognitive Domain)

พฤติกรรมด้านสมองเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับสติปัญญา ความรู้ ความคิด ความเฉลียวฉลาด ความสามารถในการคิดเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นความสามารถทางสติปัญญา พฤติกรรมทางพุทธิพิสัย 6 ระดับ ได้แก่

1) ความรู้ ความจำ ความสามารถในการเก็บรักษามวลประสบการณ์ต่าง ๆ จากการที่ได้รับรู้ไว้และระลึกสิ่งนั้นได้ เมื่อต้องการเปรียบดั่งเทพบันทึกเสียงหรือวีดิทัศน์ที่สามารถเก็บเสียงและภาพของเรื่องราวต่าง ๆ ได้ สามารถเปิดฟัง หรือดูภาพเหล่านั้นได้ เมื่อต้องการ

2) ความเข้าใจเป็นความสามารถในการจับใจความสำคัญของสื่อ และสามารถแสดงออกมาในรูปของการแปลความ ตีความ คาดคะเน ขยายความ หรือการกระทำอื่น ๆ

3) การนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถนำความรู้ ประสบการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจ จึงจะสามารถนำไปใช้ได้

4) การวิเคราะห์ ผู้เรียนสามารถคิด หรือแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย เป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้ และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน ความสามารถในการวิเคราะห์จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ความคิดของแต่ละคน

5) การสังเคราะห์ ความสามารถในการที่ผสมผสานส่วนย่อย ๆ เข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันอย่างมีระบบ เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่สมบูรณ์และดีกว่าเดิม อาจเป็นการถ่ายทอดความคิดออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย การกำหนดวางแผนวิธีการดำเนินงานชิ้นใหม่ หรืออาจจะเกิดความคิดในอันที่จะสร้างความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นนามธรรมขึ้นมาในรูปแบบ หรือแนวคิดใหม่

6) การประเมินค่า เป็นความสามารถในการตัดสิน ตีราคา หรือสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ออกมาในรูปของคุณธรรมอย่างมีกฎเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งอาจเป็นไปตามเนื้อหาสาระในเรื่องนั้น ๆ หรืออาจเป็นกฎเกณฑ์ที่สังคมยอมรับก็ได้

ลำดับขั้นของกระบวนการทางปัญญาในจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของด้านพุทธิพิสัยของบลูม ที่ปรับปรุงใหม่ ยังคงมีลำดับขั้น 6 ขั้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ ดังนี้

1) การจดจำ (Remembering) ใช้ความจำเพื่อสร้างหรือค้นหา นิยาม ข้อเท็จจริง หรือ ทบทวนข้อมูลที่เรียนมาก่อนหน้านี้

2) การทำความเข้าใจ (Understanding) สร้างความหมายจากรูปแบบการใช้หลายประเภท อาจจะเป็นข้อความ ภาพ หรือกิจกรรม เช่น การแปลความ การสร้างตัวอย่าง การจำแนก การสรุป

3) การประยุกต์ใช้ (Applying) สามารถใช้เนื้อหาที่เรียนมาเพื่อนำไปปฏิบัติผ่านสื่อ เช่น แบบจำลอง การนำเสนอ การสัมภาษณ์ และการเลียนแบบ

4) การวิเคราะห์ (Analyzing) แบ่งเนื้อหาหรือแนวคิดออกเป็นส่วนย่อย ระบุความเชื่อมโยง ซึ่งกันและกันของแต่ละส่วน และความเชื่อมโยงต่อโครงสร้างในภาพรวม

5) การประเมิน (Evaluating) ใช้กฎเกณฑ์และมาตรฐานเพื่อพิจารณาผ่านการตรวจสอบและการวิจารณ์

6) การสร้างสรรค์ (Creating) รวบรวมองค์ประกอบและสร้างให้เป็นสิ่งที่สมบูรณ์ เรียบเรียง ให้เกิดรูปแบบหรือโครงสร้างใหม่ผ่านการสร้าง วางแผน และการผลิต

จิตพิสัย (Affective Domain)

ค่านิยม ความรู้สึก ความซาบซึ้ง ทศนคติ ความเชื่อ ความสนใจและคุณธรรม พฤติกรรม ด้านนี้อาจไม่เกิดขึ้นทันที ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และสอดแทรกสิ่งที่ดีงามอยู่ตลอดเวลา จะทำให้พฤติกรรมของผู้เรียนเปลี่ยนไปในแนวทางที่พึงประสงค์ได้

ด้านจิตพิสัย จะประกอบด้วย พฤติกรรมย่อย ๆ 5 ระดับ ได้แก่

1) การรับรู้ เป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นต่อปรากฏการณ์ หรือสิ่งเร้าอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นไปในลักษณะของการแปลความหมายของสิ่งเร้านั้นว่าคืออะไร แล้วจะแสดงออกมาในรูปของความรู้สึกที่เกิดขึ้น

2) การตอบสนอง เป็นการกระทำที่แสดงออกมาในรูปของความเต็มใจ ยินยอม และพอใจต่อสิ่งเร้านั้น ซึ่งเป็นการตอบสนองที่เกิดจากการเลือกสรรแล้ว

3) การเกิดค่านิยม การเลือกปฏิบัติในสิ่งที่เป็นที่ยอมรับกันในสังคม การยอมรับนับถือในคุณค่านั้น ๆ หรือปฏิบัติตามในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จนกลายเป็นความเชื่อ แล้วจึงเกิดทัศนคติที่ดีในสิ่งนั้น

4) การจัดระบบ การสร้างแนวคิด จัดระบบของค่านิยมที่เกิดขึ้นโดยอาศัยความสัมพันธ์ ถ้าเข้ากันได้ก็จะยึดถือต่อไป แต่ถ้าขัดกันอาจไม่ยอมรับ อาจจะยอมรับค่านิยมใหม่ โดยยกเลิกค่านิยมเก่า

5) บุคลิกภาพ การนำค่านิยมที่ยึดถือมาแสดงพฤติกรรมที่เป็นนิสัยประจำตัว ให้ประพฤติปฏิบัติแต่สิ่งที่ดีถูกต้องดีงามพฤติกรรมด้านนี้ จะเกี่ยวกับความรู้สึกและจิตใจ ซึ่งจะเริ่มจากการได้รับรู้จากสิ่งแวดล้อม แล้วจึงเกิดปฏิกิริยาโต้ตอบ ขยายกลายเป็นความรู้สึกด้านต่าง ๆ จนกลายเป็นค่านิยม

และยังพัฒนาต่อไปเป็นความคิด อุดมคติ ซึ่งจะเป็นควบคุมทิศทางพฤติกรรมของคน คนจะรู้ดีรู้ชั่ว
อย่างไรนั้น เป็นผลของพฤติกรรมด้านนี้

ทักษะพิสัย (Psychomotor Domain)

พฤติกรรมที่บ่งถึงความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่วชำนาญ ซึ่งแสดง
ออกมาได้โดยตรง โดยมีเวลาและคุณภาพของงานเป็นตัวชี้ระดับของทักษะ

พฤติกรรมด้านทักษะพิสัย ประกอบด้วย พฤติกรรมย่อย ๆ 5 ชั้น ดังนี้

1) การรับรู้ เป็นการให้ผู้เรียนได้รับรู้หลักการปฏิบัติที่ถูกต้อง หรือเป็นการเลือกหาตัวแบบที่
สนใจ

2) กระทำตามแบบ หรือเครื่องชี้แนะ เป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนพยายามฝึกตามแบบที่ตนสนใจ
และพยายามทำซ้ำ เพื่อที่จะให้เกิดทักษะตามแบบที่ตนสนใจให้ได้ หรือสามารถปฏิบัติงานได้ตาม
ข้อแนะนำ

3) การหาความถูกต้อง พฤติกรรมสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องชี้แนะ
เมื่อได้กระทำซ้ำแล้วพยายามหาความถูกต้องในการปฏิบัติ

4) การกระทำอย่างต่อเนื่อง หลังจากตัดสินใจเลือกรูปแบบที่เป็นของตัวเองจะกระทำตาม
รูปแบบนั้นอย่างต่อเนื่อง จนปฏิบัติงานที่ยุ่ยากซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง คล่องแคล่ว การที่
ผู้เรียนเกิดทักษะได้ ต้องอาศัยการฝึกฝนและกระทำอย่างสม่ำเสมอ

5) การกระทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ พฤติกรรมที่ได้จากการฝึกอย่างต่อเนื่องจนสามารถ
ปฏิบัติ ได้คล่องแคล่วว่องไวโดยอัตโนมัติ เป็นไปอย่างธรรมชาติซึ่งถือเป็นความสามารถของการปฏิบัติ
ในระดับสูง

2.3.2 ทฤษฎีการเรียนรู้จากการปฏิบัติ (Learning by doing) ของจอห์น ดิวอี้

ธนวัฒน์ หาญชิงชัย (2558) ได้สรุปทฤษฎีการเรียนรู้จากการปฏิบัติว่า จอห์น ดิวอี้ มี
ความเห็นว่าการศึกษาคือ ความเจริญงอกงามทั้งทางด้านร่างกาย สติปัญญา และคุณธรรม ดังนั้น
กระบวนการสร้างสรรค์ประสบการณ์ใหม่ที่ต่อเนื่องกับประสบการณ์เก่า ต้องส่งเสริมให้เกิด
ประสบการณ์ใหม่เพื่อเป็นวิถีนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจในปัจจุบันและอนาคตได้ การจัดการกระบวนการ
เรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงเป็นการจัดกิจกรรมในลักษณะกลุ่มปฏิบัติการที่เรียนรู้ด้วยประสบการณ์
ตรง จากการเผชิญสถานการณ์จริงและการแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากการกระทำ ผู้เรียนได้
ปฏิบัติจริง ฝึกคิด ฝึกลงมือทำ ฝึกทักษะกระบวนการต่างๆ ฝึกการแก้ปัญหาด้วยตนเองและฝึกทักษะ
การเสาะแสวงหาความรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งทางทฤษฎีและการปฏิบัติตามแนว
ประชาธิปไตย กระบวนการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้
ด้วยตนเองเพื่อให้ผู้เรียนคิดเป็นและแก้ปัญหาเป็น โดยการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ บางครั้ง
เรียกวิธีสอนนี้ว่า การสอนแบบวิทยาศาสตร์

2.3.3 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์ เป็นนักจิตวิทยาชาวสวิสเซอร์แลนด์ เพียเจต์ เชื่อว่าพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์พัฒนาขึ้นเป็นลำดับ 4 ชั้น Lall and Lall, (1983, pp. 45-54 อ้างถึงใน ทิศนา แชมมณี, 2550) กล่าวไว้ ดังนี้

1) ขั้นประสาทรับรู้และการเคลื่อนไหว (Sensori-Motor Stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 2 ปี พฤติกรรมของเด็กในวัยนี้ขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนไหวเป็นส่วนใหญ่ เช่น การไขว่คว้า การเคลื่อนไหว การมอง การดู ในวัยนี้เด็กแสดงออกทางด้านร่างกายให้เห็นว่ามีสติปัญญาด้วยการกระทำ เด็กสามารถแก้ปัญหาได้ แม้ว่าจะไม่สามารถอธิบายได้ด้วยคำพูด เด็กจะต้องมีโอกาสที่จะปะทะกับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเอง ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับพัฒนาการด้านสติปัญญาและความคิด ในขั้นนี้ ความคิดความเข้าใจของเด็กจะก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เช่น สามารถประสานงานระหว่างกล้ามเนื้อ และสายตา เด็กในวัยนี้มักจะทำอะไรซ้ำบ่อย ๆ เป็นการเลียนแบบ พยายามแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก เมื่อสิ้นสุดระยะนี้เด็กจะมีการแสดงออกของพฤติกรรมอย่างมีจุดมุ่งหมายและสามารถแก้ปัญหา โดยการเปลี่ยนวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้สิ่งที่ต้องการ แต่กิจกรรมการคิดของเด็กวัยนี้ส่วนใหญ่ยังคงอยู่ เฉพาะสิ่งที่สามารถสัมผัสได้เท่านั้น

2) ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational Stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 2-7 ปี แบ่งออกเป็นชั้นย่อยอีก 2 ชั้น คือ ขั้นก่อนเกิดสัจกับ (Preconceptual Thought) เป็นขั้นพัฒนาการของเด็กอายุ 2-4 ปี เป็นช่วงที่เด็กเริ่มมีเหตุผลเบื้องต้น สามารถจะโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ หรือมากกว่ามาเป็นเหตุผลเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน แต่เหตุผลของเด็กวัยนี้ยังมีขอบเขตจำกัดอยู่ เพราะเด็กยังคงยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง คือ ถือความคิดตนเองเป็นใหญ่ และมองไม่เห็นเหตุผลของผู้อื่น ความคิดและเหตุผลของเด็กวัยนี้ จึงไม่ค่อยถูกต้องตามความเป็นจริงนัก นอกจากนี้ความเข้าใจต่อสิ่งต่าง ๆ ยังคงอยู่ในระดับเบื้องต้น เช่น เข้าใจว่าเด็กหญิง 2 คน ชื่อเหมือนกัน จะมีทุกอย่างเหมือนกันหมด แสดงว่าความคิดรวบยอดของเด็กวัยนี้ยังไม่พัฒนาเต็มที่ แต่พัฒนาการทางภาษาของเด็กเจริญรวดเร็วมาก และขั้นการคิดแบบญาณหยั่งรู้ นี้ก็ออกเองโดยไม่ใช้เหตุผล (Intuitive Thought) เป็นขั้นพัฒนาการของเด็ก อายุ 4-7 ปี ขั้นนี้เด็กจะเกิดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวดีขึ้น รู้จักแยกประเภทและแยกชิ้นส่วนของวัตถุ เข้าใจความหมายของจำนวนเลข เริ่มมีพัฒนาการเกี่ยวกับการอนุรักษ์ แต่ไม่ชัดเจนนัก สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้โดยไม่คิดเตรียมล่วงหน้าไว้ก่อน รู้จักนำความรู้ในสิ่งหนึ่งไปอธิบายหรือแก้ปัญหาอื่น และสามารถนำเหตุผลทั่ว ๆ ไปมาสรุปแก้ปัญหา โดยไม่วิเคราะห์อย่างถี่ถ้วน การคิดหาเหตุผลของเด็กยังขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนรับรู้ หรือสัมผัสจากภายนอก

3) ขั้นปฏิบัติการคิดด้านรูปธรรม (Concrete Operation Stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 7-11 ปี พัฒนาการทางด้านสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้สามารถสร้างกฎเกณฑ์และตั้งเกณฑ์ในการแบ่งสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ได้ เด็กวัยนี้สามารถที่จะเข้าใจเหตุผล รู้จักการแก้ปัญหาสิ่งต่าง ๆ ที่

เป็นรูปธรรมได้ สามารถที่จะเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องความคงตัวของสิ่งต่าง ๆ โดยที่เด็กเข้าใจว่าของแข็งหรือของเหลวจำนวนหนึ่งแม้ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างไปก็ยังมีน้ำหนัก หรือปริมาตรเท่าเดิม สามารถที่จะเข้าใจความสัมพันธ์ของส่วนย่อย ส่วนรวม ลักษณะเด่นของเด็กวัยนี้ คือ ความสามารถในการคิดย้อนกลับ นอกจากนั้นความสามารถในการจำของเด็กในช่วงนี้มีประสิทธิภาพขึ้น สามารถจัดกลุ่มหรือจัดการได้อย่างสมบูรณ์ สามารถสนทนากับบุคคลอื่นและเข้าใจความคิดของผู้อื่นได้ดี

4) ขั้นปฏิบัติการคิดด้วยนามธรรม (Formal Operational Stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 11-15 ปี ในขั้นนี้พัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้เป็นขั้นสุดยอด คือ เด็กในวัยนี้จะเริ่มคิดแบบผู้ใหญ่ ความคิดแบบเด็กจะสิ้นสุดลง เด็กจะสามารถที่จะคิดหาเหตุผลนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถที่จะคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะตั้งสมมติฐานและทฤษฎี และเห็นว่าความเป็นจริงที่เห็นด้วยการรับรู้ที่สำคัญเท่ากับความคิดกับสิ่งที่อาจจะเป็นไปได้ เด็กวัยนี้มีความคิดนอกเหนือไปกว่าสิ่งปัจจุบัน สนใจที่จะสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับทุกสิ่งทุกอย่างและมีความพอใจที่จะคิดพิจารณาเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่มีความจริง หรือสิ่งที่เป็นนามธรรม พัฒนาการทางการรู้คิดของเด็กในช่วงอายุ 6 ปีแรกของชีวิต ซึ่งเพียงเจ็ดได้ศึกษาไว้เป็นประสบการณ์สำคัญที่เด็กควรได้รับการส่งเสริม มี 6 ขั้น ได้แก่

- 1) ขั้นความรู้แตกต่าง (Absolute Differences) เด็กเริ่มรับรู้ในความแตกต่างของสิ่งของที่มองเห็น
- 2) ขั้นรู้สิ่งตรงกันข้าม (Opposition) ขั้นนี้เด็กรู้ว่าของต่าง ๆ มีลักษณะตรงกันข้ามเป็น 2 ด้าน เช่น มี-ไม่มี หรือ เล็ก-ใหญ่
- 3) ขั้นรู้หลายระดับ (Discrete Degree) เด็กเริ่มรู้จักคิดสิ่งที่เกี่ยวข้องกับลักษณะที่อยู่ตรงกลางระหว่างปลายสุดสองปลาย เช่น ปานกลาง น้อย
- 4) ขั้นความเปลี่ยนแปลงต่อเนื่อง (Variation) เด็กสามารถเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่าง ๆ เช่น บอกถึงความเจริญเติบโตของต้นไม้
- 5) ขั้นรู้ผลของการกระทำ (Function) ในขั้นนี้เด็กจะเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง
- 6) ขั้นการทดแทนอย่างลงตัว (Exact Compensation) เด็กจะรู้ว่าการกระทำทำให้ของสิ่งหนึ่งเปลี่ยนแปลงย่อมมีผลต่ออีกสิ่งหนึ่งอย่างหักเหเหมือนกัน

2.3.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (Discovery learning) ของบรูเนอร์

บรูเนอร์เชื่อว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งนำไปสู่การค้นพบการแก้ปัญหา บรูเนอร์ เรียกว่า เป็นวิธีการเรียนรู้โดยการค้นพบ (Discovery Approach) หรือนักการศึกษาบางท่านนิยมเรียกว่าการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบ (Inquiry learning) แต่นักการศึกษาบางท่านได้ให้ความแตกต่างของการเรียนรู้โดยการค้นพบและการเรียนรู้แบบการสืบสอบแตกต่างกัน คือ การเรียนรู้โดยการค้นพบ ครูเป็นผู้จัดสิ่งแวดล้อมให้ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับสิ่งที่จะ

ให้นักเรียนเรียนรู้ และวัตถุประสงค์ของบทเรียนพร้อมด้วยคำถาม โดยตั้งความคาดหวังว่านักเรียนจะเป็นผู้ค้นพบคำตอบด้วยตนเอง ส่วนการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบมีวัตถุประสงค์ที่จะฝึกนักเรียนให้เป็นผู้ที่สามารถชี้ว่าปัญหาคืออะไร จากข้อมูลที่มีอยู่และหาวิธีว่าจะแก้ปัญหาได้อย่างไร โดยใช้ข้อมูลข่าวสารที่มีอยู่

บรูเนอร์ เชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้ประมวลข้อมูลข่าวสารจากการที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและสำรวจสิ่งแวดล้อม บรูเนอร์เชื่อว่าการรับรู้ของมนุษย์เป็นสิ่งที่เลือกหรือสิ่งที่รับรู้ขึ้นกับความใส่ใจของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งนั้น ๆ การเรียนรู้จะเกิดจากการค้นพบ เนื่องจากผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้เกิดพฤติกรรมสำรวจสภาพสิ่งแวดล้อมและเกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบขึ้น แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบ คือ

1) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเอง การเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลของการปฏิสัมพันธ์ นอกจากจะเกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนแล้ว ยังจะเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อมด้วย

2) ผู้เรียนแต่ละคนมีประสบการณ์และพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบใหม่กับประสบการณ์และมีความหมายใหม่

3) พัฒนาการทางชีวปัญญาจะเห็นได้ชัดโดยที่ผู้เรียนสามารถรับสิ่งเร้าที่ให้เลือกได้หลายอย่างพร้อม ๆ กัน

2.3.5 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

ทฤษฎีทางการศึกษาที่พัฒนาขึ้นโดย Professor Seymour Papert แห่ง M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีพื้นฐานอยู่บนกระบวนการการสร้าง 2 กระบวนการด้วยกัน

1) ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการสร้างความรู้ใหม่ขึ้นด้วยตนเอง ไม่ใช่รับแต่ข้อมูลที่หลั่งไหลเข้ามาในสมองของผู้เรียนเท่านั้น โดยความรู้จะเกิดขึ้นจากการแปลความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับ

2) กระบวนการการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด หากกระบวนการนั้นมีความหมายกับผู้เรียนคนนั้น

หลักของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

1) หลักการที่ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง หลักการเรียนรู้ตามทฤษฎี Constructionism คือ การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยให้ผู้เรียนลงมือประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองหรือได้ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีความหมาย ซึ่งจะรวมปฏิภริยาระหว่างความรู้ในตัวเองของผู้เรียนเอง ประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมภายนอกการเรียนรู้ จะได้ผลดี ถ้าหากว่าผู้เรียนเข้าใจตนเอง มองเห็นความสำคัญในสิ่งที่เรียนรู้และสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เก่า (รู้ว่าตนเองได้เรียนรู้อะไรบ้าง) และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ขึ้นมา

2) หลักการที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ โดยครูควรพยายามจัดบรรยากาศการเรียนการสอน ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีทางเลือกในการเรียนรู้ที่หลากหลาย (Many Choice) และเรียนรู้อย่างมีความสุข สามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เก่าได้ ส่วนครูเป็นผู้ช่วยเหลือและคอยอำนวยความสะดวก

3) หลักการเรียนรู้จากประสบการณ์และสิ่งแวดล้อม หลักการนี้เน้นให้เห็นความสำคัญของการเรียนรู้ร่วมกัน (Social value) ทำให้ผู้เรียนเห็นว่าคนเป็นแหล่งความรู้อีกแหล่งหนึ่งที่สำคัญ การสอนตามทฤษฎี Constructionism เป็นการจัดประสบการณ์เพื่อเตรียมคนออกไปเผชิญโลก ถ้าผู้เรียนเห็นว่าคนเป็นแหล่งความรู้สำคัญและสามารถแลกเปลี่ยนความรู้กันได้ เมื่อเขาจบออกไปก็จะปรับตัวได้ง่ายและทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ

4) หลักการที่ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือ การรู้จักแสวงหาคำตอบจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ด้วยตนเองเป็นผลให้เกิดพฤติกรรมที่ฝังแน่นเมื่อผู้เรียน "เรียนรู้ว่าจะเรียนรู้ได้อย่างไร (Learn how to Learn)"

จากทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีการเรียนรู้จากการปฏิบัติ (Learning by doing) ของจอห์น ดิวอี้ เน้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริง จากการเผชิญสถานการณ์จริงและการแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากการกระทำ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ เน้นเกี่ยวกับพัฒนาการของมนุษย์ที่เป็นไปตามลำดับขั้นและต่อเนื่อง ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (Discovery learning) ของบรูเนอร์ เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และให้ความสำคัญระหว่างกระบวนการเรียนการสอนกับผลลัพธ์ที่ถูกต้อง และทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) เน้นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นเฉพาะตัวบุคคล กระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นเกิดจากการรับข้อมูลเข้ามาใหม่ร่วมกับข้อมูลที่มีอยู่เดิม ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีการเรียนรู้จากการปฏิบัติของจอห์น ดิวอี้ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากทฤษฎีการเรียนรู้จากการปฏิบัติ (Learning by doing) ของจอห์น ดิวอี้ เน้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริง จากการเผชิญสถานการณ์จริงและการแก้ปัญหาเหมือนกัน

2.4 ทักษะปฏิบัติ

2.4.1 ทักษะปฏิบัติของเดวิส

ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะปฏิบัติของเดวิส เป็นทฤษฎีที่ใช้สนับสนุนการศึกษาการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากนักการศึกษาเพื่อมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

เดฟ (Deve, 1967, pp 96-99 อ้างถึงใน ทิศนา แชมมณี, 2559) ได้นำเสนอแนวคิดการจัดลำดับขั้นของการเรียนรู้ทางด้านทักษะปฏิบัติไว้ 5 ขั้น ได้แก่ การเลียนแบบ การลงมือกระทำตามคำสั่ง การกระทำอย่างถูกต้องแม่นยำ การแสดงออก และการกระทำอย่างเป็นธรรมชาติ โดยรูปแบบนี้มุ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสามารถทางด้านทักษะปฏิบัติต่าง ๆ กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถปฏิบัติหรือกระทำอย่างถูกต้องแม่นยำ และชำนาญ

วัตถุประสงค์ของรูปแบบ รูปแบบนี้มุ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสามารถทางด้านทักษะปฏิบัติต่าง ๆ กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถปฏิบัติหรือกระทำอย่างถูกต้องแม่นยำ และชำนาญ

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ

ขั้นที่ 1 ขั้นการเลียนแบบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนสังเกตการกระทำที่ต้องการให้ผู้เรียนทำได้ ซึ่งผู้เรียนย่อมจะรับรู้หรือสังเกตเห็นรายละเอียดต่าง ๆ ได้ไม่ครบถ้วน แต่อย่างน้อยผู้เรียนจะสามารถบอกได้ว่า ขั้นตอนหลักของการกระทำนั้น ๆ มีอะไรบ้าง

ขั้นที่ 2 ขั้นการลงมือกระทำตามคำสั่ง เมื่อผู้เรียนได้เห็นและสามารถบอกขั้นตอนของการกระทำที่ต้องการเรียนรู้แล้ว ให้ผู้เรียนลงมือทำโดยไม่มีแบบอย่างให้เห็น ผู้เรียนอาจลงมือทำตามคำสั่งของผู้สอน หรือทำตามคำสั่งที่ผู้สอนเขียนไว้ในคู่มือก็ได้ การลงมือปฏิบัติตามคำสั่งนี้ แม้ผู้เรียนจะยังไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์ แต่อย่างน้อยผู้เรียนก็ได้ประสบการณ์ในการลงมือทำและค้นพบปัญหาต่าง ๆ ซึ่งช่วยให้เกิดการเรียนรู้และปรับการกระทำให้ถูกต้องสมบูรณ์ขึ้น

ขั้นที่ 3 ขั้นการกระทำอย่างถูกต้องแม่นยำ ขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องฝึกฝนจนสามารถทำสิ่งนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่จำเป็นต้องมีแบบอย่างหรือมีคำสั่งนำทางการกระทำ การกระทำที่ถูกต้องแม่นยำตรง พอดี สมบูรณ์แบบ เป็นสิ่งที่ผู้เรียนจะต้องสามารถทำได้ในขั้นนี้

ขั้นที่ 4 ขั้นการแสดงออก ขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนฝึกฝนการปรับ/ประยุกต์ทักษะที่ได้เรียนรู้มาในสถานการณ์ใหม่ ๆ ซึ่งผู้เรียนอาจต้องผสมผสานทักษะหลาย ๆ ทักษะในการกระทำ

ขั้นที่ 5 ขั้นการกระทำอย่างเป็นธรรมชาติ ขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถกระทำสิ่งนั้น ๆ อย่างสบาย ๆ เป็นไปอย่างอัตโนมัติ โดยไม่รู้สึกรู้ว่าต้องใช้ความพยายามเป็นพิเศษ ซึ่งต้องอาศัยการปฏิบัติบ่อย ๆ ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย

ผลที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนตามรูปแบบ ผู้เรียนจะเกิดการพัฒนาทางด้านทักษะปฏิบัติจนสามารถกระทำได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

2.4.2 ทักษะปฏิบัติของแฮร์โรว์

แฮร์โรว์ (Harrow, 1972, pp. 96-99 อ้างถึงใน ทิศนา แชมมณี, 2559) ได้จัดลำดับขั้นของการเรียนรู้ทางด้านทักษะ ปฏิบัติไว้ 5 ขั้น โดยเริ่มจากระดับที่ซับซ้อนน้อยไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อนมาก ดังนั้น การกระทำจึงเริ่มจากการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อใหญ่ไปถึงการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อ

ย่อย ลำดับขั้นดังกล่าว ได้แก่ การเลียนแบบ การลงมือกระทำตามคำสั่ง การกระทำอย่างถูกต้อง สมบูรณ์ การแสดงออก และการกระทำอย่างเป็นธรรมชาติ

วัตถุประสงค์ของรูปแบบ รูปแบบนี้มุ่งให้ผู้เรียนเกิดความสามารถทางด้านทักษะปฏิบัติต่าง ๆ กล่าวคือผู้เรียนสามารถปฏิบัติหรือกระทำอย่างถูกต้องสมบูรณ์และชำนาญ

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ

ขั้นที่ 1 ขั้นการเลียนแบบ เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนสังเกตการกระทำที่ต้องการให้ผู้เรียนทำได้ ซึ่งผู้เรียนย่อมจะรับรู้หรือสังเกตเห็นรายละเอียดต่าง ๆ ได้ไม่ครบถ้วน แต่อย่างน้อยผู้เรียนจะสามารถบอกได้ว่า ขั้นตอนหลักของการกระทำนั้น ๆ มีอะไรบ้าง

ขั้นที่ 2 ขั้นการลงมือกระทำตามคำสั่ง เมื่อผู้เรียนได้เห็นและสามารถบอกขั้นตอนของการกระทำที่ต้องการเรียนรู้แล้ว ให้ผู้เรียนลงมือทำโดยไม่มีแบบอย่างให้เห็น ผู้เรียนอาจลงมือทำตามคำสั่งของผู้สอน หรือทำตามคำสั่งที่ผู้สอนเขียนไว้ในคู่มือก็ได้ การลงมือปฏิบัติตามคำสั่งนี้ แม้ผู้เรียนจะยังไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์ แต่อย่างน้อยผู้เรียนก็ได้ประสบการณ์ในการลงมือทำและค้นพบปัญหาต่าง ๆ ซึ่งช่วยให้เกิดการเรียนรู้และปรับการกระทำให้ถูกต้องสมบูรณ์ขึ้น

ขั้นที่ 3 ขั้นการกระทำอย่างถูกต้องสมบูรณ์ ขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องฝึกฝนจนสามารถทำสิ่งนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่จำเป็นต้องมีแบบอย่างหรือมีคำสั่งนำทางการกระทำ การกระทำที่ถูกต้อง แม่น ตรง พอดี สมบูรณ์แบบ เป็นสิ่งที่ผู้เรียนจะต้องสามารถทำได้ในขั้นนี้

ขั้นที่ 4 ขั้นการแสดงออก ขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกฝนมากขึ้น จนกระทั่งสามารถกระทำสิ่งนั้นได้ถูกต้องสมบูรณ์แบบอย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว ราบรื่น และด้วยความมั่นใจ

ขั้นที่ 5 ขั้นการกระทำอย่างเป็นธรรมชาติ ขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถกระทำสิ่งนั้น ๆ อย่างสบาย ๆ เป็นไปอย่างอัตโนมัติโดยไม่รู้สึกรว่าต้องใช้ความพยายามเป็นพิเศษ ซึ่งต้องอาศัยการปฏิบัติบ่อย ๆ ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย

ผลที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนตามรูปแบบ ผู้เรียนจะเกิดการพัฒนาทางด้านทักษะปฏิบัติจนสามารถกระทำได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

2.4.3 ทักษะปฏิบัติของซิมป์สัน

ซิมป์สัน (Simpson, 1972 อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี, 2559) กล่าวว่า ทักษะเป็นเรื่องที่มีความเกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางกายของผู้เรียน เป็นความสามารถในการประสานการทำงานของกล้ามเนื้อหรือร่างกาย ในการทำงานที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อหลาย ๆ ส่วน การทำงานดังกล่าวเกิดขึ้นได้จากการสั่งงานของสมอง ซึ่งต้องมีปฏิสัมพันธ์กับความรู้สึกที่เกิดขึ้น ทักษะปฏิบัตินี้สามารถพัฒนาได้ด้วยการฝึกฝน ซึ่งหากได้รับการฝึกฝนที่ดีแล้ว จะเกิดความถูกต้อง ความคล่องแคล่ว ความเชี่ยวชาญชำนาญการ และความคงทน ผลของพฤติกรรมหรือการกระทำสามารถสังเกตได้จากความรวดเร็ว ความแม่นยำ ความแรง หรือความราบรื่นในการจัดการ

วัตถุประสงค์ของรูปแบบ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติหรือทำงานที่ต้องอาศัยการเคลื่อนไหวหรือการประสานงานของกล้ามเนื้อทั้งหลายได้อย่างดี มีความถูกต้องและมีความชำนาญ

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ

ขั้นที่ 1 ขั้นการรับรู้ เป็นขั้นการให้ผู้เรียนรับรู้ในสิ่งที่จะทำ โดยการให้ผู้เรียนสังเกตการทำงานนั้นอย่างตั้งใจ

ขั้นที่ 2 ขั้นการเตรียมความพร้อม เป็นขั้นการปรับตัวให้พร้อมเพื่อการทำงานหรือแสดงพฤติกรรมนั้น ทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ และอารมณ์ โดยการปรับตัวให้พร้อมที่จะเคลื่อนไหวหรือแสดงทักษะนั้น ๆ และมีจิตใจและสภาวะอารมณ์ที่ดีต่อการที่จะทำหรือแสดงทักษะนั้น ๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นการสนองตอบภายใต้การควบคุม เป็นขั้นที่ให้โอกาสแก่ผู้เรียนในการตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้ ซึ่งอาจใช้วิธีการให้ผู้เรียนเลียนแบบการกระทำ หรือการแสดงทักษะนั้น หรืออาจใช้วิธีการให้ผู้เรียนลองผิดลองถูก จนกระทั่งสามารถตอบสนองได้อย่างถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นการให้ลงมือกระทำ จนกลายเป็นกลไกที่สามารถกระทำตัวเอง เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการปฏิบัติ และเกิดความเชื่อมั่นในการทำสิ่งนั้น ๆ

ขั้นที่ 5 ขั้นการกระทำอย่างสมบูรณ์แบบ เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการกระทำนั้น ๆ จนผู้เรียนสามารถทุกขั้นตอนของทักษะนั้นอย่างถูกต้อง สมบูรณ์แบบ และด้วยความมั่นใจ

ขั้นที่ 6 ขั้นการปรับปรุง/ประยุกต์ใช้ เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนปรับปรุงทักษะหรือการปฏิบัติของตนให้ดียิ่งขึ้น และประยุกต์ทักษะที่ตนได้รับการพัฒนาในสถานการณ์ต่าง ๆ

ขั้นที่ 7 ขั้นการคิดริเริ่ม เป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติหรือกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างชำนาญ และสามารถประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย จนเริ่มเกิดความคิดใหม่ ๆ ในการกระทำหรือปรับการกระทำนั้นให้เป็นไปตามที่ตนต้องการ

ผลที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนตามรูปแบบ ผู้เรียนจะสามารถกระทำหรือแสดงออกอย่างคล่องแคล่ว ชำนาญ ในสิ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนทำได้ นอกจากนั้นยังช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และความอดทนให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนด้วย

2.4.4 ทักษะปฏิบัติตามองค์ประกอบของทักษะ (ทศนา แวมมณี)

รูปแบบนี้เกิดจากแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของทักษะที่ปฏิบัติที่ว่าทักษะส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยทักษะย่อย ๆ จำนวนมาก การฝึกให้ผู้เรียนสามารถทำทักษะย่อย ๆ ให้ได้ก่อน แล้วค่อยเชื่อมโยงต่อกันเป็นทักษะใหญ่ จะช่วยให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะได้ดีและรวดเร็วขึ้น

วัตถุประสงค์ของรูปแบบ รูปแบบนี้มุ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสามารถทางด้านทักษะปฏิบัติต่างๆ กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถปฏิบัติหรือกระทำอย่างถูกต้องแม่นยำ และชำนาญ

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ

ขั้นที่ 1 ขั้นสาธิตทักษะหรือการกระทำ ขั้นนี้เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนได้เห็นทักษะหรือการกระทำที่ต้องการให้ผู้เรียนทำได้ในภาพรวม โดยการสาธิตให้ผู้เรียนดูทั้งหมดตั้งแต่ต้นจนจบ ทักษะหรือการกระทำที่สาธิตให้ผู้เรียนดูนั้น จะต้องเป็นการกระทำในลักษณะที่เป็นธรรมชาติ ไม่ช้าหรือเร็วเกินปกติ ก่อนการสาธิต ครูควรให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนในการสังเกต ควรชี้แนะจุดสำคัญที่ควรให้ความสนใจเป็นพิเศษในการสังเกต

ขั้นที่ 2 ขั้นสาธิตและให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะย่อย เมื่อผู้เรียนได้เห็นภาพรวมของการกระทำหรือทักษะทั้งหมดแล้ว ผู้สอนควรแตกทักษะทั้งหมดให้เป็นทักษะย่อย ๆ หรือแบ่งสิ่งที่กระทำออกเป็น ส่วนย่อย ๆ และสาธิตส่วนย่อยแต่ละส่วนให้ผู้เรียนสังเกตและทำตามทีละส่วนอย่างช้า ๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะย่อย ผู้เรียนลงมือปฏิบัติทักษะย่อยโดยไม่มีการสาธิตหรือมีแบบอย่างให้ดู หากติดขัดจุดใด ผู้สอนควรให้คำชี้แนะ และช่วยแก้ไขจนกระทั่งผู้เรียนทำได้ เมื่อได้แล้วผู้สอนจึงเริ่มสาธิตทักษะย่อยส่วนต่อไป และให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะย่อยนั้นจนทำได้ ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งครบทุกส่วน

ขั้นที่ 4 ขั้นให้เทคนิควิธีการ เมื่อผู้เรียนปฏิบัติได้แล้ว ผู้สอนอาจแนะนำเทคนิควิธีการที่จะช่วยให้ผู้เรียนนั้นทำงานนั้นได้ดีขึ้น เช่น ทำได้ประณีตสวยงามขึ้น ทำได้รวดเร็วขึ้น ทำได้ง่ายขึ้น หรือสิ้นเปลืองน้อยลง เป็นต้น

ขั้นที่ 5 ขั้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงทักษะย่อย ๆ เป็นทักษะที่สมบูรณ์ เมื่อผู้เรียนสามารถปฏิบัติแต่ละส่วนได้แล้ว จึงให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะย่อย ๆ ต่อเนื่องกันตั้งแต่ต้นจนจบ และฝึกปฏิบัติหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งสามารถปฏิบัติทักษะที่สมบูรณ์ได้อย่างชำนาญ

ผลที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนตามรูปแบบ ผู้เรียนจะสามารถปฏิบัติทักษะได้อย่างดี มีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาทักษะปฏิบัติของเดวิส ซิมพ์สัน แฮร์โรว์ และทิสนา แคมมณี ผู้วิจัยทำการสังเคราะห์ทักษะปฏิบัติ ดังตาราง

GRAD VRU

ตารางที่ 5 การสังเคราะห์ทักษะปฏิบัติ

ทักษะปฏิบัติ ของเดวีส์	ทักษะปฏิบัติของ แฮร์โรว์	ทักษะปฏิบัติ ของซิมพ์สัน	ทักษะปฏิบัติของ ทิตานา แชมมณี	ผู้วิจัย
-	-	ขั้นที่ 1 ขั้นการรับรู้	-	ขั้นที่ 1 ขั้นการรับรู้
-	-	ขั้นที่ 2 ขั้นการ เตรียมความพร้อม	-	และเตรียมความพร้อม
-	-	-	ขั้นที่ 1 ขั้นสาธิต ทักษะหรือการ กระทำ	ขั้นที่ 2 ขั้นสาธิตและ ปฏิบัติทักษะย่อย
ขั้นที่ 1 ขั้นการ เลียนแบบ ขั้นที่ 2 ขั้นการลง มือกระทำตาม คำสั่ง	ขั้นที่ 1 ขั้นการ เลียนแบบ ขั้นที่ 2 ขั้นการลง มือกระทำตามคำสั่ง	-	ขั้นที่ 2 ขั้นสาธิต และให้ผู้เรียน ปฏิบัติทักษะย่อย	
ขั้นที่ 3 ขั้นการ กระทำอย่าง ถูกต้องแม่นยำ	ขั้นที่ 3 ขั้นการ กระทำอย่างถูกต้อง สมบูรณ์	ขั้นที่ 3 ขั้นการ สนองตอบภายใต้การ ควบคุม	ขั้นที่ 3 ขั้นให้ ผู้เรียนปฏิบัติทักษะ ย่อย	ขั้นที่ 3 ขั้นสนองตอบ ต่อเทคนิควิธีการ
-	-	-	ขั้นที่ 4 ขั้นให้ เทคนิควิธีการ	
ขั้นที่ 4 ขั้นการ แสดงออก	ขั้นที่ 4 ขั้นการ แสดงออก	ขั้นที่ 4 ขั้นการให้ลง มือกระทำจน กลายเป็นกลไกที่ สามารถกระทำตัวเอง	ขั้นที่ 5 ขั้นให้ ผู้เรียนเชื่อมโยง ทักษะย่อย ๆ	ขั้นที่ 4 ขั้นการ เชื่อมโยงและ แสดงออก
ขั้นที่ 5 ขั้นการ กระทำอย่างเป็น ธรรมชาติ	ขั้นที่ 5 ขั้นการ กระทำอย่างเป็น ธรรมชาติ	ขั้นที่ 5 ขั้นการ กระทำอย่างสมบูรณ์ แบบ	-	ขั้นที่ 5 ขั้นลงมือ กระทำ
-	-	ขั้นที่ 6 ขั้นการ ปรับปรุง/ประยุกต์ใช้	-	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุง และประยุกต์ใช้
-	-	ขั้นที่ 7 ขั้นการคิด ริเริ่ม	-	ขั้นที่ 7 ขั้นการคิดริเริ่ม

จากตารางการสังเคราะห์ทักษะปฏิบัติ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ทักษะปฏิบัติของ เดวีส์ ทักษะปฏิบัติของแฮร์โรว์ ทักษะปฏิบัติของซิมพ์สัน และทักษะปฏิบัติตามองค์ประกอบของ ทักษะ (ทศนา แคมมณี)

สรุปได้ว่าทักษะปฏิบัติของผู้วิจัย ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการรับรู้และเตรียมความพร้อม ขั้นนี้เป็นขั้นการให้นักเรียนรับรู้ในสิ่งที่จะทำ และเตรียมความพร้อมเพื่อปรับตัวให้พร้อมในการทำงาน การแก้ปัญหา ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้พร้อมที่จะเรียนรู้หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยครูอาจสาธิตทักษะหรือการกระทำให้นักเรียนสังเกต และชี้แนะจุดสำคัญที่ควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษในการสังเกต

ขั้นที่ 2 ขั้นสาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย เมื่อนักเรียนได้เห็นภาพรวมของการกระทำหรือทักษะแล้ว ผู้สอนควรแตกทักษะทั้งหมดให้เป็นทักษะย่อย ๆ หรือแบ่งสิ่งที่กระทำออกเป็นส่วนย่อย ๆ และสาธิตส่วนย่อยแต่ละส่วนให้นักเรียนสังเกตและทำตามไปทีละส่วนอย่างช้า ๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นสนองตอบต่อเทคนิควิธีการ นักเรียนลงมือปฏิบัติทักษะย่อยโดยไม่มีการสาธิต หรือมีแบบอย่างให้ดู เป็นขั้นที่ให้โอกาสแก่นักเรียนในการตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้ ซึ่งอาจใช้วิธีการให้ผู้เรียนเลียนแบบการกระทำ หรือการแสดงทักษะนั้น หรืออาจใช้วิธีการลองผิดลองถูกของนักเรียนจนกระทั่งกระทำได้ถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นการเชื่อมโยงและแสดงออก เมื่อผู้เรียนสามารถปฏิบัติ แต่ละส่วนได้แล้ว จึงให้ผู้เรียนออกแบบและวางแผนโดยเชื่อมโยงทักษะย่อย ๆ ที่ต่อเนื่องกันตั้งแต่ต้นจนจบ ซึ่งสามารถกระทำสิ่งนั้นได้ถูกต้องสมบูรณ์แบบอย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว ราบรื่น และด้วยความมั่นใจ

ขั้นที่ 5 ขั้นลงมือกระทำ เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติการกระทำนั้น ๆ อย่างคล่องแคล่ว เป็นไปโดยอัตโนมัติ และด้วยความเชื่อมั่นในตนเองซึ่งเกิดจากการฝึกฝนหลาย ๆ ครั้ง

ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุงและประยุกต์ใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนปรับปรุงทักษะหรือการปฏิบัติของตนให้ดีขึ้น และประยุกต์ใช้ทักษะที่ตนได้รับการพัฒนาไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

ขั้นที่ 7 ขั้นการคิดริเริ่ม เมื่อนักเรียนสามารถปฏิบัติหรือกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างชำนาญ และแก้ปัญหาได้แล้ว นักเรียนจะเกิดความคิดใหม่ ๆ ในการกระทำ หรือปรับการกระทำนั้นให้เป็นไปตามที่ตนต้องการและสามารถประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลายได้

2.5 การเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education)

2.5.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

วชิณีส อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) กล่าวว่า สสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการศึกษาที่กำลังเข้ามามีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงมนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเกิดจากการนำศาสตร์ทั้ง 4 มาบูรณาการการเรียนรู้เข้าด้วยกัน ได้แก่ S หมายถึง Science หรือวิทยาศาสตร์ T หมายถึง Technology

หรือเทคโนโลยี E หมายถึง Engineering หรือวิศวกรรม และ M หมายถึง Mathematics หรือคณิตศาสตร์

โดยเริ่มครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Science Foundation : NSF)

วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) สิ่งที่ทำให้ประเทศสหรัฐอเมริกาตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการศึกษาแบบ STEM ประกอบด้วยหลายปัจจัย ดังนี้ ประการแรก การเป็นผู้นำของโลกต้องเป็นผู้นำทางนวัตกรรม เทคโนโลยีใหม่ ๆ ดังนั้น การสร้างประชากรที่มีคุณภาพเป็นผู้นำทางเทคโนโลยีต้องสร้างคนที่มีความสามารถในด้าน STEM Education ประการที่สอง จากงานวิจัยและการจัดการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กล่าวถึงการประเมินผลทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และภาษา (PISA) ของนักเรียนนานาชาติที่มีอายุ 15 ปี พบว่า ค.ศ. 2009 นักเรียนอเมริกันสอบวิชาวิทยาศาสตร์ได้คะแนนเป็นอันดับที่ 23 และสอบวิชาคณิตศาสตร์ได้คะแนนเป็นอันดับที่ 18 ผลการประเมินยังไม่เป็นที่น่าพอใจเมื่อเทียบกับนักเรียนจากประเทศในยุโรปและเอเชีย ประการที่สาม จากความก้าวหน้าและการพัฒนาทางการศึกษาอย่างต่อเนื่องของประเทศสหรัฐอเมริกา ทำให้ประเทศสหรัฐอเมริกาอยู่ในอันดับต้น ๆ ของโลกที่มีการจัดการศึกษาการพัฒนาความรู้และเทคโนโลยีที่ทันสมัยและหลากหลายด้าน แต่ยังคงขาดแคลนแรงงานจากผู้สำเร็จการศึกษาทางด้าน STEM เป็นจำนวนมาก ประการที่สี่ ในจำนวนนักเรียนทั้งประเทศ มีนักเรียนผิวสี ชนกลุ่มน้อย และสตรีหรือผู้หญิงที่ศึกษาและที่เรียนระดับปริญญาต่าง ๆ ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ จำนวนน้อยมาก และประการสุดท้าย คือ ปัญหาเด็กเรียนเล็กเรียนกลางคัน ประเทศสหรัฐอเมริกาต้องการพัฒนาประเทศ โดยใช้การศึกษาเป็นเครื่องมือพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม โดยการสร้างพลเมืองให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 เพื่อแก้ปัญหาทางการศึกษา เรื่อง คะแนนสอบ PISA แก้ความเหลื่อมล้ำของประชากรผิวสีและผู้หญิงเพื่อให้เรียนต่อสาย STEM เพิ่มขึ้น เพิ่มแรงงานในสาย STEM เพื่อแก้ปัญหาขาดแคลนแรงงานในสายนี้ และเพื่อการเป็นผู้นำของโลก

2.5.2 ความสำคัญของสะเต็มศึกษา (STEM Education) กับการศึกษาของไทย

วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) ได้กล่าวว่า สำหรับในประเทศไทยที่มีการศึกษาแบบท่องจำมาเป็นเวลานาน ต่อมานักการศึกษาเริ่มตื่นตัวและเริ่มการศึกษาที่ให้นักเรียนทดลองและคิดมากขึ้น มีการออกพระราชบัญญัติการศึกษา พ.ศ. 2545 ในมาตรา 23 ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้และการบูรณาการที่เหมาะสม ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ความรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้มีการจัดเนื้อหาและสาระ ฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง จัดการสอนโดยผสมผสานความรู้ด้านต่าง ๆ โดยบูรณาการการเรียนรู้ให้หลากหลาย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาแบบ STEM ที่เน้นการคิดทดลองและลงมือปฏิบัติ

2.5.3 องค์ประกอบ แนวคิด และทฤษฎีของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

พรทิพย์ ศิริภทราชัย (2556, เมษายน-มิถุนายน) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า วิทยาศาสตร์ หมายถึง วิชาที่เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษามักชี้แนะให้ อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็น กิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา หรือ มหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้ลึกทำทหายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้น และประสบความสำเร็จในการ เรียน เทคโนโลยี หมายถึง เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือ กระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทาง เทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมีได้หมายถึงคอมพิวเตอร์ หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ วิศวกรรมศาสตร์ หมายถึง วิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่ จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน และคณิตศาสตร์ หมายถึง วิชาที่ มีได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรก คือ กระบวนการ คิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่มการ จัด แบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สอง คือ ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถ ถ่ายทอดความคิดหรือ ความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษา คณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการสุดท้าย คือ การ ส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จาก กิจกรรมการเล่นของเด็ก หรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการจั ดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงความรู้และบูรณาการความรู้ จากศาสตร์ทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนามนุษย์ให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 โดย วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้และกฎความเป็นจริงที่อยู่ในธรรมชาติรอบตัว ทั้งที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต และสิ่งไม่มีชีวิต เทคโนโลยี หมายถึง การเปลี่ยนแปลงธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมาใช้ ประโยชน์ให้ดีขึ้น ด้วยการใช้ความรู้ ความคิด และเทคนิคต่าง ๆ หรืออาจเป็นการพัฒนาและนำสิ่ง ต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ในการทำงานและชีวิตประจำวัน วิศวกรรมศาสตร์ หมายถึง การออกแบบ การแก้ปัญหา และสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์และ

วิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา สร้างสรรค์ และอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ และคณิตศาสตร์ หมายถึง หลักการในการใช้สูตรและวิธีต่าง ๆ ในการคำนวณ เพื่อแก้ปัญหา หาผลลัพธ์ และหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับจำนวน ตัวเลข พื้นผิว เรขาคณิต โครงสร้าง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า วิทยาศาสตร์ หมายถึง การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา (หลัก กฎ และทฤษฎี) วิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และโลก อวกาศ ดาราศาสตร์) สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาสาระระหว่างสาขาวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ เทคโนโลยี หมายถึง การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี (กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์) วิศวกรรมศาสตร์ หมายถึง การพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในออกแบบและสร้างเทคโนโลยีโดยประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า และคณิตศาสตร์ หมายถึง การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี

อมรรัตน์ เทือกถาว์ ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า วิทยาศาสตร์ หมายถึง วิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) โดยวิทยาศาสตร์ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่ทำให้มนุษย์เราเข้าใจธรรมชาติมากยิ่งขึ้น และในปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาเองมีการปรับปรุง Science K-12 Framework ใหม่ในเดือนพฤษภาคม 2555 และได้เผยแพร่เพื่อทำประชาพิจารณ์ออนไลน์ โดยมีการรวมแนวความคิดของ Technology และ Engineering เข้าไปด้วย และได้ยกระดับความสำคัญของ engineering design ให้เท่าเทียมกับ scientific inquiry เทคโนโลยี หมายถึง วิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงานเพื่อแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไข หรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการ หรือความจำเป็นของมนุษย์ โดยกระบวนการแก้ปัญหาหรือการทำงานทางเทคโนโลยีนั้นจะเรียกว่า Engineering design หรือ Design process ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนคล้ายกับ scientific inquiry นั่นเอง และการจัดการเรียนรู้จะอยู่บนพื้นฐานของ problem-based หรือ project-based learning อย่างไรก็ตามคนทั่วไปมักเข้าใจผิดว่าเทคโนโลยีหมายถึงคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ ICT ต่างๆ เท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้วจะหมายถึงกระบวนการแก้ปัญหาหรือทำงานเพื่อสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราด้วย วิศวกรรมศาสตร์ หมายถึง วิชาที่เกี่ยวกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือสร้างสิ่งต่าง ๆ เพื่อมาอำนวยความสะดวกของมนุษย์โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์

คณิตศาสตร์ และกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีช่วยสร้างสรรค์ชิ้นงานนั้น ๆ อย่างไรก็ตาม ในสหรัฐอเมริกาเอง พบว่า วิชาวิศวกรรมนั้นยังไม่ได้ปรากฏเป็นที่ชัดเจนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่จะถูกแฝงเข้าไปในวิชาเทคโนโลยีมากกว่า และคณิตศาสตร์ หมายถึง วิชาที่มีความสำคัญและมีความชัดเจนในตัวอยู่แล้วด้วยธรรมชาติของคณิตศาสตร์ที่มีทฤษฎีชัดเจน ซึ่งวิชาคณิตศาสตร์จะเป็นตัวเชื่อมทั้งสามสาขาวิชาเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี

2.5.4 การจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา (STEM Education)

Vasquez (2013) ได้ระบุขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา มีขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริง/นวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา
- ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง
- ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Science+Math & Technology)
- ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Engineering)
- ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (Engineering)
- ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม

คณะกรรมการนโยบาย “สะเต็มศึกษา” ได้ระบุขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา มีขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริง/นวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา
- ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง
- ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Science+Math & Technology)
- ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Engineering)
- ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (Engineering)
- ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม

คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา ได้ระบุขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา มีขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริงที่พบหรือนวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา
- ขั้นที่ 2 รวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมนั้น
- ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยง S T E M
- ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา หรือพัฒนานวัตกรรม
- ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรมที่พัฒนาได้
- ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลของนวัตกรรมที่พัฒนาได้

ฐิติวรดา พลเยี่ยม (2561, กรกฎาคม-ธันวาคม) ได้ระบุขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนนำเสนอปัญหาให้กับผู้เรียน และมีหัวข้อที่หลากหลายให้ผู้เรียนได้เลือกตามความสนใจ โดยปัญหาจะต้องสามารถบูรณาการกับสะเต็มศึกษาได้

ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ในขั้นนี้ผู้เรียนจะแบ่งกลุ่มเพื่อศึกษาและทำความเข้าใจกับปัญหา ขั้นนี้ผู้สอนจะช่วยเติมเต็มในหัวข้อที่ผู้เรียนจะต้องไปศึกษา

ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา ขั้นนี้ผู้สอนจัดเตรียมแหล่งสำหรับให้ผู้เรียนศึกษา ผู้เรียนดำเนินการศึกษาด้วยตนเองในเรื่องที่ต้องการเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ และเขียนสรุปความรู้ที่ตนเองศึกษา

ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมิน ขั้นนี้ให้ผู้เรียนนำข้อสรุปที่ได้มาจัดระบบ และนำไปสู่การเขียนผังมโนทัศน์ตามหัวข้อที่ได้ศึกษา

ขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ ขั้นนี้ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลงาน และให้ทุกกลุ่มร่วมกันประเมินการเขียนผังมโนทัศน์ โดยใช้เกณฑ์การประเมินที่ครูเตรียมไว้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559) ได้ระบุขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไป คือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหามักมีการดำเนินการ ดังนี้

1) การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหายังไง และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

2) การค้นหาแนวคิด คือ การค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหามักพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจัดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ขอดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการกำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือก และใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบ และประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

จากการศึกษาการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยทำการสังเคราะห์การเรียนรู้สะเต็มศึกษา ดังตารางที่ 6

GRAD VRU

ตารางที่ 6 การสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

Vasquez, Sneider, and Comer (2013)	คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)	คณะกรรมการนโยบาย “สะเต็มศึกษา” กระทรวงศึกษาธิการ	รัฐวิโรดา พลเยี่ยม (2561)	ผู้วิจัย
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริง/นวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา	ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริงที่พบหรือนวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา	ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification)	ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริง/นวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา	ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา	ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	ขั้นที่ 2 รวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม	ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	ปัญหา
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยง S T E M	ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Science+Math& Technology)	-	ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์
-	-	-	-	ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา	ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา หรือ พัฒนานวัตกรรม	ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Engineering)	-	ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ปัญหา/สร้างนวัตกรรม

ตารางที่ 6 (ต่อ)

Vasquez, Sneider, and Comer (2013)	คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)	คณะกรรมการนโยบาย “สะเต็มศึกษา” กระทรวงศึกษาธิการ	รัฐวิธาน พลเยี่ยม (2561)	ผู้วิจัย
-	-	-	-	ชั้นที่ 4 การทดสอบและประเมิน	ชั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง
ชั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง	ชั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมที่พัฒนาได้	ชั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)	ชั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (Engineering)	-	ชั้นที่ 6 ปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติการทดลอง
ชั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนา นวัตกรรม	ชั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลของนวัตกรรมที่พัฒนาได้	ชั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน (Presentation)	ชั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม	ชั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์	ชั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล

จากตารางการสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สรุปได้ว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า จำเป็นต้องให้นักเรียนตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่พบ และมีความจำเป็นที่ต้องหาทักษะ วิธีการหรือสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาโดยค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ที่มีความเป็นไปได้ และสามารถนำมาประยุกต์ ในการแก้ปัญหาได้

ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้า จำเป็นต้องมีการออกแบบ วิธีการแก้ปัญหาของตนเอง ซึ่งใช้ความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ

ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้า ต้องมีการวางแผน โดยใช้ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา นำแนวคิดหรือความรู้ การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ ในเรื่องการค้าขายมาใช้ในการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้า เพื่อวางแผนในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ปัญหา/สร้างนวัตกรรม เมื่อออกแบบและวางแผนวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ต้องดำเนินการแก้ปัญหา/สร้างนวัตกรรม ตามแนวทางที่นักเรียนวางแผนและออกแบบไว้

ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง ในการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้านั้นอาศัยทักษะต่างๆ ที่สำคัญ จึงต้องทดสอบการแก้ปัญหาด้วยการทดสอบทักษะ วิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรมเพื่อ แก้ปัญหา

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติการทดลอง เมื่อประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองแล้ว เกิดจุดที่ต้องปรับปรุง จึงต้องนำผลที่ได้จากการทดสอบ ประเมินและคำแนะนำมาใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรม เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล คือ การนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์และผลการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากกระบวนการแก้ปัญหามอง อาศัยการนำเสนอผลการแก้ปัญหาเพื่อสะท้อนประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา ซึ่งการนำเสนอ กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิทยาศาสตร์และผลการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ ภาษา คณิตศาสตร์ เป็นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหามาหลักวิทยาศาสตร์ที่ได้ออกแบบไว้และเป็นวิธีการที่ ได้ผลที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นการนำเสนอผลลัพธ์ที่สามารถระบุเหตุผลเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสามารถเชื่อมโยงเข้ากับชีวิตประจำวัน

2.6 กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติเป็น ซึ่ง ประกอบไปด้วยขั้นตอน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ

กระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้วยสะเต็มศึกษา	ทักษะปฏิบัติ	กระบวนการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาและรวบรวม ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	ขั้นที่ 1 ขั้นการรับรู้และเตรียมความ พร้อม ขั้นที่ 2 ขั้นสาธิตและปฏิบัติทักษะ ย่อย ขั้นที่ 3 ขั้นสนองตอบต่อเทคนิค วิธีการ	ขั้นที่ 1 รับรู้ปัญหาและเตรียมความ พร้อมข้อมูลประกอบด้วย 1) รับรู้และเตรียมความพร้อม 2) สาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย 3) สนองตอบต่อเทคนิควิธีการ
ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์	ขั้นที่ 4 ขั้นการเชื่อมโยงและ แสดงออก	ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์
ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์		ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ เหตุผลทางคณิตศาสตร์
ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ปัญหา/สร้าง นวัตกรรม	ขั้นที่ 5 ขั้นลงมือกระทำ	ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา
ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการ ทดลอง		ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการ ทดลอง
ขั้นที่ 6 ปรับปรุงกระบวนการ ปฏิบัติการทดลอง	ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุงและประยุกต์ใช้ ขั้นที่ 7 ขั้นการคิดริเริ่ม	ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนา กระบวนการปฏิบัติการทดลอง
ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและ การให้เหตุผล		ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการ ให้เหตุผล

จากตารางที่ 7 การสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ สรุปได้ว่าขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 รับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ประกอบด้วย

1) รับรู้และเตรียมความพร้อม นักเรียนรับรู้ในสิ่งที่จะทำ รับรู้สถานการณ์ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนแก้ปัญหา เพื่อเตรียมความพร้อม ปรับตัวให้พร้อมในการทำงาน และการแก้ปัญหา เพื่อเป็นการกระตุ้นให้พร้อมที่จะเรียนรู้หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ

2) สาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย ผู้สอนแตกทักษะทั้งหมดที่ต้องใช้ในการให้เป็นทักษะย่อย ๆ และสาธิตส่วนย่อยแต่ละส่วนให้นักเรียนสังเกตและทำตามไปทีละส่วนอย่างช้า ๆ

3) สนองตอบต่อเทคนิควิธีการ นักเรียนตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้ หรือสิ่งที่ผู้สอนสาธิตด้วยการลงมือปฏิบัติทักษะย่อยที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยไม่มีการสาธิตหรือมีแบบอย่างให้ดู อาจใช้วิธีการลองผิดลองถูกจนกระทั่งกระทำได้อย่างถูกต้อง

ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหามาตามสถานการณ์ด้วยตนเอง โดยใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา นำแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของตนเอง สามารถตั้งสมมติฐาน ประยุกต์ความรู้มาใช้แก้ไขปัญหามาบนพื้นฐานของหลักเหตุผล

ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ นักเรียนวางแผนวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา นำแนวคิดหรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ การคำนวณ การเปรียบเทียบ (มากกว่า น้อยกว่า) เพื่อวางแผนวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง ซึ่งระบุทักษะในการแก้ไขปัญหอย่างเป็นระบบ

ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา/สร้างนวัตกรรม ตามแนวทางที่นักเรียนวางแผนและออกแบบ โดยเริ่มตั้งแต่การปฏิบัติทักษะย่อย ๆ ไปจนถึงทักษะรวม เพื่อแก้ปัญหาย่อยสู่การแก้ปัญหาทั้งหมด เป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง นักเรียนทดสอบทักษะ วิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา สามารถวิเคราะห์ และเปรียบเทียบจำนวน (มากกว่า น้อยกว่า) โดยสาธิตทักษะย่อยแต่ละทักษะ เริ่มตั้งแต่ต้นจนจบ และประเมินผล ซึ่งในขั้นนี้ครูเป็นผู้แนะนำเทคนิควิธีการที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาหรือทำงานนั้น ๆ ได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดสอบ ประเมิน และคำแนะนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรม โดยฝึกปฏิบัติหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งสามารถปฏิบัติทักษะที่สมบูรณ์ได้ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น นักเรียนวิเคราะห์ และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยอาจต่อยอดชิ้นงานของตนเองให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล คือ นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหามาทางวิทยาศาสตร์และผลการแก้ปัญหามาด้วยเหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาผ่านประสิทธิภาพการทำงานของนวัตกรรม และนำเสนอผลของการแก้ปัญหามาผ่านประสิทธิภาพของนวัตกรรม

ในการศึกษางานวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหามาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยพบว่าในแต่ละขั้นตอนของการจัดการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหามาทางวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ ดังตาราง

ตารางที่ 8 กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ	ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
<p>ขั้นที่ 1 รับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล</p> <p>1) รับรู้และเตรียมความพร้อม</p> <p>2) สาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย</p> <p>3) สนองตอบต่อเทคนิควิธีการ</p>	<p>ขั้นที่ 1 ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหา “พื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นจังหวัดที่เกิดอุทกภัย หากบ้านนักเรียนเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว และต้องอพยพญาติและของใช้ทางน้ำ นักเรียนจะใช้วิธีการใดที่สามารถเคลื่อนย้ายได้มากที่สุดและเร็วที่สุด” โดยมีเงื่อนไขการแก้ปัญหาโดยใช้พลังงานไฟฟ้า</p> <p>1) นักเรียนรู้สถานการณ์ปัญหา และดึงความรู้และประสบการณ์เดิมเพื่อเตรียมความพร้อมในการแก้ปัญหา</p> <p>2) ครูสาธิตการนำพลังงานไฟฟ้า (การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน) มาใช้เพื่อเป็นพื้นฐาน จากนั้นให้นักเรียนฝึกปฏิบัติการต่อเซลล์ไฟฟ้าดังกล่าว</p> <p>3) นักเรียนต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานโดยไม่มีการสาธิต (อาจจำได้หรือลองผิดลองถูก)</p>	<p>การระบุปัญหาใช้ความคิดที่เป็นระบบทักษะและประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์เดิมในการรวบรวมข้อเท็จจริง</p>	

ตารางที่ 8 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษาร่วมกับ ทักษะปฏิบัติ	ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้	ความสามารถในการ แก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์	ความสามารถใน การให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์
ขั้นที่ 2 ออกแบบทาง วิทยาศาสตร์	นักเรียนใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการ แก้ปัญหา มาออกแบบแนวทางการ แก้ปัญหาที่คาดการณ์ว่าสามารถ แก้ปัญหาได้ โดยใช้การออกแบบเชิง วิศวกรรม	การตั้งสมมติฐาน ประยุกต์ความรู้มาใช้ แก้ไขปัญห บน พื้นฐานของหลัก เหตุผล	-
ขั้นที่ 3 วางแผน วิธีการแก้ปัญหาโดย ใช้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์	นักเรียนวางแผนโดยอาศัยการ ออกแบบ ซึ่งพิจารณาสมมติฐานบน พื้นฐานของความเป็นไปได้ในการ แก้ปัญหา เช่น คำนวณปริมาณ พลังงานที่ใช้ คาดคะเนค่าพลังงานที่ เกิดขึ้น เปรียบเทียบความน่าจะเป็นไป ได้		การคิดทางคณิต โดยการคำนวณ การ เปรียบเทียบจำนวน (มากกว่า น้อยกว่า)
ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการ แก้ปัญหา	นักเรียนลงมือแก้ปัญหาโดยการ สร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบและ วางแผนได้	การปฏิบัติทดลองเพื่อ แก้ปัญหา	-
ขั้นที่ 5 ประเมิน ทักษะปฏิบัติการ ทดลอง	นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพการ ทำงานของชิ้นงาน	การวิเคราะห์ข้อมูล	การเปรียบเทียบ จำนวน (มากกว่า น้อยกว่า)
ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและ พัฒนากระบวนการ ปฏิบัติการทดลอง	นักเรียนปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มี ประสิทธิภาพมากขึ้น โดยอาจต่อ ยอดชิ้นงานของตนเองให้สามารถ แก้ปัญหาได้ดีมากยิ่งขึ้น		การคิดทางคณิต โดยการคำนวณ การ เปรียบเทียบ
ขั้นที่ 7 นำเสนอการ แก้ปัญหาและการให้ เหตุผล	นักเรียนนำเสนอกระบวนการ แก้ปัญหาของตนเองผ่าน ประสิทธิภาพการทำงานชิ้นงาน และนำเสนอผลของการแก้ปัญหา ผ่านประสิทธิภาพของชิ้นงาน โดยให้ เหตุผลทางคณิตศาสตร์	การสรุปผลเพื่อหาข้อ ยุติเป็นทักษะ หรือ วิธีการที่เหมาะสมใน การแก้ปัญหา	การสรุปผลจากการ สังเกต และการ ทดลองนำเสนอ ข้อเท็จจริงทาง คณิตศาสตร์ที่ได้จาก การคำนวณมา สรุปผล

จากตารางที่ 8 กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ สรุปได้ว่าประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 รับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ประกอบด้วย

1) รับรู้และเตรียมความพร้อม นักเรียนรับรู้ในสิ่งที่จะทำ รับรู้สถานการณ์ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนแก้ปัญหา เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า จะรับรู้ปัญหาการเกิดอุทกภัย เพื่อเตรียมความพร้อม ปรับตัวให้พร้อมในการทำงาน และการแก้ปัญหาในการขนย้ายสิ่งของทางน้ำ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้พร้อมที่จะเรียนรู้หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ

2) สาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย ผู้สอนแตกทักษะทั้งหมดที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า สาธิตการใช้พลังงานไฟฟ้าในการแก้ปัญหาการขนย้ายสิ่งของทางน้ำ โดยการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน ให้เป็นทักษะย่อย ๆ และสาธิตส่วนย่อยแต่ละส่วนให้นักเรียนสังเกตและทำตามไปทีละส่วนอย่างช้า ๆ

3) สนองตอบต่อเทคนิควิธีการ นักเรียนตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้ หรือสิ่งที่ผู้สอนสาธิตด้วยการลงมือปฏิบัติทักษะย่อยที่ใช้ในการแก้ปัญหา เช่น นักเรียนฝึกปฏิบัติการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน โดยไม่มีการสาธิตหรือมีแบบอย่างให้ดู อาจใช้วิธีการลองผิดลองถูกจนกระทั่งกระทำได้ถูกต้อง

ซึ่งสามารถระบุปัญหา ใช้ความคิดที่เป็นระบบ มีทักษะและประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์เดิมในการรวบรวมข้อเท็จจริงเพื่อเตรียมความพร้อมข้อมูลสำหรับแก้ปัญหาต่อไป

ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหามาตามสถานการณ์ด้วยตนเอง เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า ออกแบบการสร้างอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย โดยใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา นำแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของตนเอง สามารถตั้งสมมติฐาน ประยุกต์ความรู้มาใช้แก้ไขปัญหามบนพื้นฐานของหลักเหตุผล

ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ นักเรียนวางแผนวิธีการแก้ไขโดยใช้ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า วางแผนการสร้างอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย นำแนวคิดหรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ เช่น การคำนวณปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้า ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้น การเปรียบเทียบ (มากกว่า น้อยกว่า) เพื่อวางแผนวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง ซึ่งระบุทักษะในการแก้ไขปัญหอย่างเป็นระบบ

ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา/สร้างนวัตกรรม ตามแนวทางที่นักเรียนวางแผนและออกแบบ เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า จะสร้างอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย โดยเริ่มตั้งแต่การปฏิบัติทักษะย่อย ๆ ไปจนถึงทักษะรวม เพื่อแก้ปัญหาอยู่สู่การแก้ปัญหาทั้งหมด เป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง นักเรียนทดสอบทักษะ วิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า มีการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย ทดสอบประสิทธิภาพของการขนย้ายด้วยการทดลอง สามารถวิเคราะห์ และเปรียบเทียบจำนวน (มากกว่า น้อยกว่า) เช่น เปรียบเทียบปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้า เปรียบเทียบปริมาณกระแสไฟฟ้า เปรียบเทียบระยะเวลา โดยสาธิตทักษะย่อยแต่ละทักษะ เริ่มตั้งแต่ต้นจนจบ และประเมินผล ซึ่งในขั้นนี้ครูเป็นผู้แนะนำเทคนิควิธีการที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาหรือทำงานนั้น ๆ ได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดสอบ ประเมิน และคำแนะนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรม เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า มีการปรับปรุงและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย โดยฝึกปฏิบัติหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งสามารถปฏิบัติทักษะที่สมบูรณ์ได้ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น นักเรียนวิเคราะห์ และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยอาจต่อยอดชิ้นงานของตนเองให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล คือ นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และผลการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาผ่านประสิทธิภาพการทำงานของนวัตกรรม และนำเสนอผลของการแก้ปัญหาผ่านประสิทธิภาพของนวัตกรรม เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ผ่านประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย โดยใช้ความรู้ หลักการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้า ทักษะวิทยาศาสตร์ในกระบวนการทำงานของอุปกรณ์ช่วยขนของที่สามารถแก้ปัญหานั้น และนำเสนอผลของการแก้ปัญหา ผ่านประสิทธิภาพของอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย โดยระบุผลการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบ และสรุปผลจากข้อมูล

2.7 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.7.1 ความหมายของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

กูด (Good, 1973, p. 44 อ้างถึงใน วรณภา เหล่าไพศาลพงษ์, 2554) ได้ระบุความหมายของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่าการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการที่ดีที่สุด เป็นวิธีการ

ที่เกี่ยวกับการรวบรวมข้อเท็จจริง การตั้งสมมติฐานเพื่อหาข้อยุติ ปัญหาของแต่ละคนอาจไม่เหมือนกัน และวิธีการให้เหตุผลก็ต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อเท็จจริงที่รวบรวมมาได้ หรือขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่ตนมีอยู่

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ระบุความหมายของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่างๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2560) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งหมายถึง การใช้ความคิดที่เป็นระบบ ความสามารถทางสติปัญญาด้านต่าง ๆ ทักษะและประสบการณ์เดิมมาประกอบกันเพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาหาแนวทางปฏิบัติหรือวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

2.7.2 องค์ประกอบของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2560) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งหมายถึง การใช้ความคิดที่เป็นระบบ ความสามารถทางสติปัญญาด้านต่าง ๆ ทักษะและประสบการณ์เดิมมาประกอบกันเพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาหาแนวทางปฏิบัติหรือวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ประกอบด้วย

- 1) ระบุปัญหา
- 2) ตั้งสมมติฐาน
- 3) รวบรวมข้อมูล
- 4) วิเคราะห์ข้อมูล
- 5) สรุปผล

ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การสังเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

<p>หลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน 2551 (ปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์</p>	<p>ทักษะการเรียนรู้ใน ศตวรรษที่ 21 (สสวท.) กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ (2560)</p>	<p>Good (1973, p. 44 อ้างถึงใน วรรณภา เหล่าไพศาลพงษ์, 2554)</p>	<p>ผู้วิจัย</p>
<p>เป็นความสามารถในการแก้ปัญหา และอุปสรรคต่างๆ ที่เผชิญได้อย่าง ถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของ หลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูล สารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และ การเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ ต่างๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกัน และแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจ ที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึง ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม</p>	<p>การใช้ความคิดที่เป็น ระบบ ความสามารถทาง สติปัญญาด้านต่างๆ ทักษะและประสบการณ์ เดิมมาประกอบกันเพื่อ เป็นข้อมูลในการพิจารณา หาแนวทางปฏิบัติหรือ วิธีการที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหา ประกอบด้วย</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ระบุปัญหา 2. ตั้งสมมติฐาน 3. รวบรวมข้อมูล 4. วิเคราะห์ข้อมูล 5. สรุปผล 	<p>การแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์เป็น วิธีการที่ดีที่สุด เป็น วิธีการที่เกี่ยวกับการ รวบรวมข้อเท็จจริง การตั้งสมมติฐาน เพื่อหาข้อยุติปัญหา ของแต่ละคนอาจไม่ เหมือนกัน และ วิธีการให้เหตุผลก็ ต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับ ข้อเท็จจริงที่ รวบรวมมาได้ หรือขึ้นอยู่กับ ประสบการณ์ที่ตนมี อยู่</p>	<p>การแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ เป็น การใช้ความคิดที่ เป็นระบบ ทักษะ และประสบการณ์ ทางวิทยาศาสตร์ เดิม ในการรวบรวม ข้อเท็จจริง ตั้งสมมติฐาน ประยุกต์ความรู้มา ใช้แก้ไขปัญหาบน พื้นฐานของหลัก เหตุผล เพื่อหาข้อ ยุติเป็นทักษะ หรือ วิธีการที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหา ด้วยการระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและ สรุปผล</p>

จากตารางที่ 9 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ สรุปว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การใช้ความคิดที่เป็น ระบบ ทักษะ และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์เดิมในการรวบรวมข้อเท็จจริง ตั้งสมมติฐาน ประยุกต์ความรู้มาใช้แก้ไขปัญหา บนพื้นฐานของหลักเหตุผล เพื่อหาข้อยุติเป็นทักษะ หรือวิธีการที่

เหมาะสมในการแก้ปัญหา ด้วยการระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล

2.8 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

2.8.1 ความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ตัวชี้วัดและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้ระบุทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟังและให้เหตุผลสนับสนุน หรือโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ

รังสรรค์ ทองสุกนอก (2559) กล่าวว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นการสนับสนุนความเชื่อ หรือเพื่อหาความจริงหรือข้อสรุปในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยกระบวนการการนำเอาสิ่งที่เป็นเหตุหรือสิ่งที่กำหนดให้ เรียกว่า สมมติฐาน มาทดลองหรือพิสูจน์เพื่อให้ได้ข้อสรุปหรือผล กระบวนการนี้เรียกว่า การให้เหตุผล (Reasoning) การให้เหตุผลที่สำคัญทางคณิตศาสตร์มีอยู่ 2 วิธี ได้แก่

1) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) หมายถึง วิธีการสรุปผลจากการสังเกต การทดลองจากกรณีย่อย ๆ แล้วนำมาสรุปผลทั่วไป

2) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) หมายถึง วิธีการให้เหตุผล โดยเริ่มจากเหตุหรือสมมติฐาน แล้วอาศัยความจริงที่ยอมรับมายืนยัน จนกระทั่งได้ผลหรือข้อสรุปที่ต้องการ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) กล่าวว่า การให้เหตุผล เป็นกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการรวบรวมข้อเท็จจริง ข้อความ แนวคิด สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ แจกแจงความสัมพันธ์ หรือการเชื่อมโยง เพื่อให้เกิดข้อเท็จจริง หรือสถานการณ์ใหม่ การให้เหตุผลเป็นทักษะและกระบวนการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างเป็นระบบ สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม การคิดอย่างมีเหตุผลเป็นเครื่องมือสำคัญที่ผู้เรียนจะนำไปใช้พัฒนาตนเองในการเรียนรู้สิ่งใหม่ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานและการดำรงชีวิต

2.8.2 วิธีการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

รังสรรค์ ทองสุกนอก (2559) กล่าวว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นการสนับสนุนความเชื่อ หรือเพื่อหาความจริงหรือข้อสรุปในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยกระบวนการการนำเอาสิ่งที่เป็นเหตุหรือสิ่งที่กำหนดให้ เรียกว่า สมมติฐาน มาทดลองหรือพิสูจน์เพื่อให้ได้ข้อสรุปหรือผล กระบวนการนี้เรียกว่า การให้เหตุผล (Reasoning) การให้เหตุผลที่สำคัญทางคณิตศาสตร์มีอยู่ 2 วิธี ได้แก่

1) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) หมายถึง วิธีการสรุปผลจากการสังเกต การทดลองจากกรณีย่อย ๆ แล้วนำมาสรุปผลทั่วไป

2) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) หมายถึง วิธีการให้เหตุผล โดยเริ่มจากเหตุหรือสมมติฐาน แล้วอาศัยความจริงที่ยอมรับมายืนยัน จนกระทั่งได้ผลหรือข้อสรุปที่ต้องการ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังตาราง

ตารางที่ 10 การสังเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ตัวชี้วัดและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	สสวท.	รังสรรค์ ทองสุกนอก (2559)	ผู้วิจัย
การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟังและให้เหตุผลสนับสนุน หรือโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ	การให้เหตุผลเป็นกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เช่น การคำนวณ ภาษาคณิตศาสตร์ การเปรียบเทียบ ในการรวบรวมข้อเท็จจริงข้อความแนวคิดสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ แจกแจงความสัมพันธ์หรือการเชื่อมโยงเพื่อให้เกิดข้อเท็จจริงหรือสถานการณ์	การสนับสนุนความเชื่อ หรือเพื่อหาความจริงหรือข้อสรุปในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยกระบวนการการนำเอาสิ่งที่ เป็นเหตุ หรือสิ่งที่กำหนดให้ เรียกว่า สมมติฐาน มาทดลอง หรือพิสูจน์เพื่อให้ได้ข้อสรุป หรือผล กระบวนการนี้ เรียกว่า การให้เหตุผล (Reasoning) การให้เหตุผลที่สำคัญทางคณิตศาสตร์มีอยู่ 2 วิธี ได้แก่ 1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย	การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการคิดทางคณิตโดยการคำนวณ บวก ลบ คูณ หาร การเปรียบเทียบจำนวน มากกว่า น้อยกว่า เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผลในการสรุปผลจากการสังเกต และการทดลอง แล้วนำข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ที่ได้จาก

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ตัวชี้วัดและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	สสวท.	รังสรรค์ ทองสุกนอก (2559)	ผู้วิจัย
	<p>ใหม่ การให้เหตุผลเป็นทักษะและกระบวนการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผลคิดอย่างเป็นระบบสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ สามารถคาดการณ์วางแผนตัดสินใจและแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม การคิดอย่างมีเหตุผลเป็นเครื่องมือสำคัญที่ผู้เรียนจะนำไปใช้พัฒนาตนเองในการเรียนรู้สิ่งใหม่เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานและการดำรงชีวิต</p>	<p>(Inductive Reasoning) หมายถึง วิธีการสรุปผลจากการสังเกต การทดลองจากกรณีย่อย ๆ แล้วนำมาสรุปผลทั่วไป</p> <p>2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) หมายถึง วิธีการให้เหตุผล โดยเริ่มจากเหตุหรือสมมติฐาน แล้วอาศัยความจริงที่ยอมรับมายืนยัน จนกระทั่งได้ผลหรือข้อสรุปที่ต้องการ</p>	<p>การคำนวณมาสรุปผล โดยการเปรียบเทียบ อ้างข้อเท็จจริง ให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัยได้อย่างสมเหตุสมผล</p>

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สรุปว่าความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยการคำนวณ บวก ลบ คูณ หาร การเปรียบเทียบจำนวน มากกว่า น้อยกว่า เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล ในการสรุปผลจากการสังเกต และการทดลอง แล้วนำข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการคำนวณมาสรุปผล โดยการเปรียบเทียบอ้างข้อเท็จจริง ให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัยได้อย่างสมเหตุสมผล

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 งานวิจัยในประเทศ

เกตุมณี เหมรา และชลธิป สมหาโต (2559) ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ของดีเมืองร้อยเอ็ดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัย ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรม พบว่า เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ของดีเมืองร้อยเอ็ด มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น หลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ของดีเมืองร้อยเอ็ด และมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น โดยเด็กสามารถระบุได้ว่า ปัญหาคืออะไร และบอกวิธีการขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้

เจษฎา ชวนะไพศาล พินดา วราสุนันท์ และสาธิต อธิษฐาน (2560) ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางเลนวิทยา ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้ 1) นักเรียนมีความรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) ทักษะสะเต็มศึกษาเรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนจากการประเมินตนเองและครูประเมินอยู่ในระดับปานกลาง 3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในภาพรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

จำรัส อินทลาภาพร (2558) ได้ทำการศึกษาวิจัยการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับครูระดับประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า หลักสูตรฝึกอบรมมีประสิทธิผลตามเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ (1) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของครูหลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนฝึกอบรม (2) ความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของครูอยู่ในระดับสูง (3) พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของครูอยู่ในระดับมาก (4) พฤติกรรมการโค้ชของครูอยู่ในระดับมาก (5) ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (6) ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (7) ผู้เรียนมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีอยู่ในระดับดี

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้ทำการศึกษาวิจัยผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนอยู่ในระดับดี และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อุไรวรรณ ภูจำพล และวาสนา กิรีติจำเริญ (2561) ได้ทำการศึกษาวิจัยการศึกษาผลการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา พบว่า 1) ผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการเรียนรู้ด้านคุณภาพของชิ้นงาน หน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีกระบวนการในการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เป็นผู้ค้นพบปัญหาที่เกิดขึ้นจริงด้วยตนเอง ทำความเข้าใจในปัญหาและทำการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา รวมทั้งประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา วางแผนและแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ เน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ได้ทำการศึกษาวิจัย เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีวิตตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนที่เรียนรู้ชีวิตตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 76.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 75 จัดอยู่ในระดับดีมาก 2) นักเรียนที่เรียนรู้ชีวิตตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่เรียนรู้ชีวิตตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับดีในงานวิจัยนี้ยังพบว่า การจัดการเรียนรู้ชีวิตตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในด้านการนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่ในระดับดีเยี่ยม ดังนั้น จึงควรศึกษาการประยุกต์ใช้สะเต็มศึกษากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์อื่นต่อไป

2.9.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Sokolowski (2019) พบว่า ในการศึกษากิจกรรมของห้องปฏิบัติการสหวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองและการศึกษาการเคลื่อนไหวของลูกบอลกลิ้ง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมคณิตศาสตร์เป็นวิธีการที่กระตุ้นทักษะการใช้เหตุผลของนักเรียน และช่วยให้พวกเขาบูรณาการแนวคิดของวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกัน

Yildirim (2018) พบว่า การศึกษาผลสัมฤทธิ์จากการเรียนรู้ STEM ในปัจจุบัน คือ การวางโครงสร้างของการศึกษาเชิงประจักษ์ที่ดำเนินการเกี่ยวกับการศึกษา STEM ซึ่งมุ่งเน้นไปที่ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนนอกเหนือไปจากทักษะความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหา รวมทั้งทัศนคติและความ

สนใจต่อวิชา STEM หลักการการศึกษา STEM และการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างประเทศ เช่น PISA เป็นผลกระทบเชิงบวก STEM มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่โรงเรียนและทัศนคติต่อสาขาวิชา STEM ของแต่ละบุคคล นอกจากนี้ยังสนับสนุนว่าหลักการการศึกษาของ STEM เสริมสร้างการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

Sara (2018) พบว่า ในการศึกษาผลของการฝึกอบรมเพิ่มเติมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียน ในบริบทระดับชาติและนานาชาติ ด้วยข้อมูลทางสถิติที่มีการวิเคราะห์ตามปัญหาการวิจัยระหว่างปี 2553-2560 พบว่า ผลของการฝึกอบรมเพิ่มเติมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเท่ากับ 0.442 ผลของทัศนคติเท่ากับ 0.620 และผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ 0.820 ผลลัพธ์เหล่านี้เป็นผลกระทบปานกลางต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและทัศนคติต่อหลักสูตร และเป็นผลกระทบต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง แสดงว่าผลการวิจัยที่ตรวจสอบมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผลลัพธ์การเรียนรู้ ทัศนคติต่อหลักสูตร และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

Darhim (2018) พบว่า การให้เหตุผลเป็นหนึ่งในความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีความหมายที่ซับซ้อนมาก ความซับซ้อนนี้ทำให้เกิดการใช้เหตุผลรวมถึงความสามารถที่นักเรียนไม่สามารถเข้าถึงได้ง่าย ในทำนองเดียวกันการศึกษาเกี่ยวกับเหตุผลมีความหลากหลาย ค่อนข้างเกี่ยวข้องกับคุณภาพของการใช้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์เป็นหลัก การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของมุมมองทางคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดลินเกอร์ ซึ่งดูว่าสภาพแวดล้อมมีผลต่อการใช้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์อย่างไร ในเรื่องนี้วิเคราะห์ 2 มุมมอง คือ การให้เหตุผลแบบลอกเลียนแบบและการใช้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ การใช้เหตุผลเชิงเลียนแบบสามารถจดจำได้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแม้ว่านักเรียนโดยทั่วไปยังคงมีปัญหาในการใช้เหตุผล นักเรียนมีแนวโน้มที่จะใช้เหตุผลเชิงเลียนแบบซึ่งหมายความว่านักเรียนมักจะใช้ขั้นตอนปกติเมื่อต้องรับมือกับการใช้เหตุผล มันแสดงให้เห็นว่าวิธีการดั้งเดิมยังคงครองสถานการณ์การเรียนรู้ประจำวันของนักเรียน

Tati (2017) พบว่า การเรียนรู้ STEM เน้นการพัฒนา STEM หนังสือการวิจัยเกี่ยวกับการใช้การเรียนรู้ STEM เพื่อพัฒนาความรู้ STEM ของนักเรียนยังมีข้อจำกัด การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของการใช้ STEM การเรียนรู้ผ่านโครงการการออกแบบแบบจำลองเรือต่อความรู้ของนักเรียนในหัวข้อพลังงาน วิธีการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง โดยมีกลุ่มทดลองก่อนและหลังการทดลองแบบไม่สุ่ม จำนวน 2 ห้องเรียน กลุ่มทดลองใช้การเรียนรู้ด้วยโครงงานด้วยวิธี STEM และกลุ่มควบคุมใช้การเรียนรู้ด้วยโครงงานโดยไม่ใช้วิธีการ STEM เครื่องมือทดสอบผลการเรียนรู้ STEM ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้วย STEM ซึ่งประกอบด้วยความรู้วิทยาศาสตร์ การรู้คณิตศาสตร์ และความรู้ด้านวิศวกรรม เทคโนโลยี การวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และ

วิศวกรรม ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งมีความแตกต่างกันมากกว่า 0.8 ความแตกต่างของการใช้การจัดการเรียนรู้ STEM ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เกิดจากกิจกรรมวิศวกรรมการออกแบบ ซึ่งต้องการให้นักเรียนใช้ความรู้จากทุกสาขาของ STEM ความท้าทายที่ต้องเผชิญในการเรียนรู้ STEM ผ่านกิจกรรมวิศวกรรมการออกแบบ เป็นวิธีการให้นักเรียนได้ปฏิบัติ ดังนั้น การฝึกปฏิบัติแบบบูรณาการ STEM ในการแก้ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่ให้การตอบสนองเชิงบวกต่อการเรียนรู้ STEM ผ่านการเรียนรู้ผ่านโครงการออกแบบเรือจำลอง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษาในการจัดการเรียนการสอนวิชาต่าง ๆ ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และสามารถแก้ปัญหาเป็น มีความสามารถในการคิดคำนวณ ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ประกอบกับงานวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ทักษะปฏิบัติในรูปแบบต่าง ๆ ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะที่ถูกต้อง และสามารถปฏิบัติทักษะต่าง ๆ ได้อย่างดี ผู้วิจัยจึงนำกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติมาใช้ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เรื่อง ไฟฟ้า ที่จะเกิดขึ้นกับตัวนักเรียน

GRAD VRU

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีดำเนินการ ดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
- 3.4 วิธีดำเนินการวิจัย
- 3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 จำนวน 179 โรงเรียน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดมเหยงค์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ของกลุ่มโรงเรียนอุดรนคร อำเภอนครหลวง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 จำนวน 39 คน ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) โดยมีขั้นตอนการสุ่ม ดังนี้

3.1.2.1 สุ่มอำเภอ จากอำเภอทั้งหมด 9 อำเภอ ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 มา 1 อำเภอ ได้อำเภอนครหลวง

3.1.2.2 สุ่มกลุ่มโรงเรียน จากกลุ่มโรงเรียนทั้งหมด 2 กลุ่ม ในอำเภอนครหลวงมา 1 กลุ่มโรงเรียน ได้กลุ่มโรงเรียนอุดรนคร

3.1.2.3 สุ่มโรงเรียน จากโรงเรียนทั้งหมด 9 โรงเรียน ในกลุ่มโรงเรียนอุดรนครมา 1 โรงเรียน ได้โรงเรียนวัดมเหยงค์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 10 แผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลาแผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง รวม 20 ชั่วโมง ประกอบด้วย

- 3.2.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้า
- 3.2.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แผนภาพวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย
- 3.2.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบปิด วงจรไฟฟ้าแบบเปิด
- 3.2.1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม
- 3.2.1.5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน
- 3.2.1.6 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า
- 3.2.1.7 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การต่อหลอดไฟฟ้า
- 3.2.1.8 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรม
- 3.2.1.9 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง การต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน
- 3.2.1.10 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง ประโยชน์ของการต่อหลอดไฟฟ้า

3.2.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.2.3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ โดยมีเกณฑ์การประเมินในการให้คะแนนแบบรูบิก (Rubric scoring) ในแบบการให้คะแนนองค์รวม (Holistic scoring) ในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยให้ประเมินบันทึกคะแนนเป็น 5 ระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยได้แนวคิดเกณฑ์การประเมินจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. การคำนวณ	สามารถคิดคำนวณหรือเสนอรูปแบบวิธีการหาคำตอบได้อย่างถูกต้องแม่นยำ	การคำนวณ หรือวิธีการหาคำตอบถูกต้อง	การคำนวณมีข้อผิดพลาดบางส่วน	การคำนวณผิดทั้งหมด	ไม่แสดงการคำนวณ
2. การเปรียบเทียบจำนวน	เปรียบเทียบจำนวนมากกว่าและน้อยกว่าระหว่างค่าตัวเลขได้ถูกต้องแม่นยำเหมาะสม	เปรียบเทียบจำนวนมากกว่าและน้อยกว่าระหว่างค่าตัวเลขเหมาะสม แต่ไม่กะทัดรัด	เปรียบเทียบจำนวนมากกว่าหรือน้อยกว่าระหว่างค่าตัวเลขไม่รัดกุมไม่สมบูรณ์	เปรียบเทียบจำนวนมากกว่าและน้อยกว่าระหว่างค่าตัวเลขไม่ถูกต้อง	ไม่มีการเปรียบเทียบจำนวน
3. การสรุปด้วยเหตุผล	วิเคราะห์วิธีการผลของการแก้ปัญหาได้อย่างมีเหตุผลมองเห็นความเชื่อมโยงหรือการขยายผลไปสู่หลักการของปัญหาได้อย่างสมบูรณ์	แสดงวิธีการ หรือการหาเหตุผลสนับสนุนการหาคำตอบได้บางส่วนเชื่อมโยงไปสู่หลักการของปัญหาได้บางส่วน	แสดงเหตุผลสนับสนุนการหาคำตอบเล็กน้อยแสดงการเชื่อมโยงหลักการการแก้ปัญหาได้เล็กน้อย	ไม่แสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบเชื่อมโยงไปสู่หลักการที่ไม่ถูกต้อง	ไม่แสดงการหาคำตอบ

3.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีวิธีการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ใช้เวลาสอนแผนละ 2 ชั่วโมง ประกอบด้วยขั้นตอนการเรียนรู้ ดังนี้ ขั้นที่ 1 รับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการ

แก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ชั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา ชั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง ชั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง และชั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์จากเนื้อหาของรายวิชา การจัดหน่วยการเรียนรู้ และสัดส่วนเวลาเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีขั้นตอน ดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรสถานศึกษา คู่มือการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ ในด้านมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ และกระบวนการเรียนรู้

3.3.1.2 ศึกษาการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ทักษะปฏิบัติ จากหนังสือ เอกสารทางวิชาการ และงานวิจัย รวมถึงเทคนิคการวัดผลประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การงานอาชีพ และคณิตศาสตร์ แล้วนำมาสังเคราะห์เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 10 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 รับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ประกอบด้วย

1) รับรู้และเตรียมความพร้อม นักเรียนรับรู้ในสิ่งที่จะทำ รับรู้สถานการณ์ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนแก้ปัญหา

2) สาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย ผู้สอนแตกทักษะทั้งหมดที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา ให้เป็นทักษะย่อย ๆ และสาธิตส่วนย่อยแต่ละส่วนให้นักเรียนสังเกตและทำตามไปทีละส่วนอย่างช้าๆ

3) สนองตอบต่อเทคนิควิธีการ นักเรียนตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้ หรือสิ่งที่ผู้สอนสาธิต ด้วยการลงมือปฏิบัติทักษะย่อยที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยไม่มีการสาธิตหรือมีแบบอย่างให้ดู อาจใช้วิธีการลองผิดลองถูกจนกระทั่งกระทำได้อย่างถูกต้อง

ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหามาตามสถานการณ์ด้วยตนเอง โดยใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา นำแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของตนเอง สามารถตั้งสมมติฐาน ประยุกต์ความรู้มาใช้แก้ปัญหามาบนพื้นฐานของหลักเหตุผล

ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ นักเรียนวางแผนวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา นำแนวคิดหรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ เช่น การคำนวณปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้า

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้น การเปรียบเทียบ (มากกว่า น้อยกว่า) เพื่อวางแผนวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง

ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา/สร้างนวัตกรรม ตามแนวทางที่นักเรียนวางแผนและออกแบบ โดยเริ่มตั้งแต่การปฏิบัติทักษะย่อย ๆ ไปจนถึงทักษะรวม เพื่อแก้ปัญหาย่อยสู่การแก้ปัญหาทั้งหมด เป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง นักเรียนทดสอบทักษะ วิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา สามารถวิเคราะห์ และเปรียบเทียบจำนวน (มากกว่า น้อยกว่า) โดยสถิติทักษะย่อยแต่ละทักษะ เริ่มตั้งแต่ต้นจนจบ และประเมินผล ซึ่งในขั้นนี้ครูเป็นผู้แนะนำเทคนิควิธีการที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาหรือทำงานนั้น ๆ ได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดสอบ ประเมิน และคำแนะนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรม วิเคราะห์ และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยอาจต่อยอดชิ้นงานของตนเองให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และผลการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาผ่านประสิทธิภาพการทำงานของนวัตกรรม และนำเสนอผลของการแก้ปัญหาผ่านประสิทธิภาพของนวัตกรรม

3.3.1.3 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ วิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีองค์ประกอบดังนี้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา) จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และบันทึกผลหลังการสอน โดยบูรณาการกับวิชาการงานอาชีพ และคณิตศาสตร์

3.3.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่องและไม่ถูกต้อง เพื่อให้แผนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ตามมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert scale) และวิเคราะห์ความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ มีเกณฑ์การให้คะแนนคำตอบ ดังนี้

5 หมายถึง ระดับความเหมาะสมหรือมีความสอดคล้องมากที่สุด

4 หมายถึง ระดับความเหมาะสมหรือความสอดคล้องมาก

3 หมายถึง ระดับความเหมาะสมหรือระดับความสอดคล้องปานกลาง

2 หมายถึง ระดับความเหมาะสมหรือระดับความสอดคล้องน้อย

1 หมายถึง ระดับความเหมาะสมหรือระดับความสอดคล้องน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมาย เพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ย ในช่วงคะแนนดังต่อไปนี้
 คะแนนเฉลี่ย 4.21-5.00 แปลความว่า ระดับความเหมาะสมหรือมีความสอดคล้องมากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ย 3.41-4.20 แปลความว่า ระดับความเหมาะสมหรือมีความสอดคล้องมาก
 คะแนนเฉลี่ย 2.61-3.40 แปลความว่า ระดับความเหมาะสมหรือมีความสอดคล้องปานกลาง
 คะแนนเฉลี่ย 1.81-2.60 แปลความว่า ระดับความเหมาะสมหรือมีความสอดคล้องน้อย
 คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.80 แปลความว่า ระดับความเหมาะสมหรือมีความสอดคล้องน้อยที่สุด

ผลการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้พบว่า ทุกองค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมหรือสอดคล้องกันในระดับมากที่สุด สำหรับขั้นปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง และขั้นนำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล มีระดับความเหมาะสมหรือมีความสอดคล้องมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D = 0.45) ขั้นการรับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ขั้นปฏิบัติการแก้ปัญหา และขั้นประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง มีระดับความเหมาะสมหรือมีความสอดคล้องมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D = 0.55) ขั้นตอนแบบทางวิทยาศาสตร์และขั้นวางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีระดับความเหมาะสมหรือมีความสอดคล้องมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D = 0.89)

3.3.1.6 เสนอโครงการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อขอรับพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และได้รับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เมื่อวันที่ 7 ธันวาคม 2563

3.3.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลอง (Try-out) จำนวน 2 แผนการจัดการเรียนรู้ กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดน้อย (วิเชียรสร้อยเกลียวอุปถัมภ์) ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 16 คน เพื่อหาข้อบกพร่องในการใช้ ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้กับเวลาที่กำหนด แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้ดีขึ้นก่อนนำไปทดลองจริง

3.3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ เพื่อใช้ในการวิจัยต่อไป

3.3.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยมีวิธีการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

3.3.2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จุดมุ่งหมาย ขอบเขตเนื้อหา และกำหนดรูปแบบของข้อสอบ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

3.3.2.2 ศึกษาการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

3.3.2.3 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3.3.2.4 สร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ โดยจัดทำข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ

3.3.2.5 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเหมาะสมและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.3.2.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และด้านการวัดผลทางการศึกษาจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา ว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แต่ละข้อสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ประเมิน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อทดสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้น

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อทดสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้น

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อทดสอบไม่วัดจุดประสงค์การเรียนรู้ข้อนั้น

นำผลการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน นำมาหาค่าเฉลี่ย โดยถือเกณฑ์ว่าแบบทดสอบที่มีค่าเฉลี่ยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 เป็นแบบทดสอบที่ใช้ได้ ผลการพิจารณาได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00

3.3.2.7 เสนอโครงการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อขอรับพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และได้รับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เมื่อวันที่ 7 ธันวาคม 2563

3.3.2.8 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นและปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนท่าช้างวิทยาคม จำนวน 25 คน ซึ่งเคยเรียน เรื่อง ไฟฟ้า มาแล้ว นำผลการวิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบโดยหาค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.32-0.64 ค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.24-0.88 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับ โดยใช้สูตร

(KR-20) ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder and Richardson Method) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, น. 198) โดยมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.89

3.3.2.9 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ได้หาคคุณภาพเรียบร้อยแล้ว จำนวน 30 ข้อ ไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.3.3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ โดยมีเกณฑ์การประเมินในการให้คะแนนแบบรูบิก (Rubric scoring) ในแบบการให้คะแนนองค์รวม (Holistic scoring) ในการวัดการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยให้ประเมินบันทึกคะแนนเป็น 5 ระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีวิธีการสร้างและหาคคุณภาพ ดังนี้

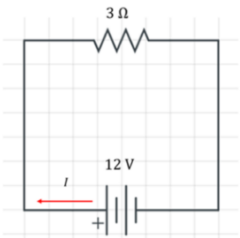
3.3.3.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) จุดมุ่งหมาย ขอบเขตเนื้อหา และกำหนดรูปแบบของข้อสอบ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

3.3.3.2 ศึกษาการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

3.3.3.3 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษา โดยได้แนวคิดการสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังตาราง

GRAD VRU

ตารางที่ 12 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

ข้อ	คำถาม	จุดประสงค์การเรียนรู้	การเรียนรู้สะเต็มศึกษา			
			วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	การออกแบบเชิงวิศวกรรม (E)	คณิตศาสตร์ (M)
1	ถ่านไฟฉาย 1 ก้อน มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1.5 โวลต์ การต่อถ่าน 3 ก้อนแบบอนุกรมกับแบบขนานจะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากันหรือไม่อย่างไร ระบุเหตุผลพร้อมแสดงวิธีคิด	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้ 2. นักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการอธิบายและออกแบบได้ 3. นักเรียนสามารถคำนวณโดยใช้คณิตศาสตร์ได้ 	✓	✓	✓	✓
2	<p>จากวงจรไฟฟ้าในภาพ</p>  <p>หากเพิ่มขนาดตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทาน 3 โอห์ม อีก 1 ตัว การต่อวงจรแบบใดที่ทำให้ได้กระแสไฟฟ้าในวงจรมากที่สุด จงอธิบายเหตุผลเขียนแผนภาพและแสดงวิธีทำ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ 2. นักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการอธิบายและออกแบบได้ 3. นักเรียนสามารถคำนวณโดยใช้คณิตศาสตร์ได้ 	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม	จุดประสงค์การเรียนรู้	การเรียนรู้สะเต็มศึกษา			
			วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	การออกแบบเชิงวิศวกรรม (E)	คณิตศาสตร์ (M)
3	ทดลองต่อวงจรไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 โวลต์จำนวน 2 ก้อนต่อแบบอนุกรมความต้านทานของตัวต้านทานในหลอดไฟ 2 หลอด มีค่า 1 และ 2 โอห์ม นักเรียนจะวางแผน ออกแบบ และเลือกต่อหลอดไฟฟ้าแบบใดที่ทำให้มีกระแสไฟไหลในวงจรมากที่สุด เขียนแผนภาพแสดงการต่อวงจร แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายเหตุผลประกอบ	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ 2. นักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการอธิบายและออกแบบได้ 3. นักเรียนสามารถคำนวณโดยใช้คณิตศาสตร์ได้ 	✓	✓	✓	✓
4	เมื่อต่อวงจรไฟฟ้า 2 วงจร ดังภาพ  โดยกำหนดค่าความต้านทานของตัวต้านทานในหลอดไฟฟ้ามี่ค่า 3 โอห์ม หลอดไฟฟ้าในวงจรใดสว่างมากกว่า เพราะเหตุใดจงอธิบาย พร้อมแสดงวิธีทำ	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้ 2. นักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการอธิบายและออกแบบได้ 3. นักเรียนสามารถคำนวณโดยใช้คณิตศาสตร์ได้ 	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม	จุดประสงค์การเรียนรู้	การเรียนรู้สะเต็มศึกษา			
			วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	การออกแบบเชิงวิศวกรรม (E)	คณิตศาสตร์ (M)
5	นักเรียนทำการทดลองต่อหลอดไฟฟ้า 2 หลอดที่มีขนาดต่างกัน เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 220 โวลต์ โดยทำการทดลองทีละครั้ง ครั้งที่ 1 ได้กระแสไฟฟ้า 1.10 แอมแปร์ ครั้งที่ 2 ได้กระแสไฟฟ้า 2.20 แอมแปร์ จงอธิบายสาเหตุที่ทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรไม่เท่ากัน พร้อมแสดงวิธีทำ	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้ 2. นักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการอธิบายและออกแบบได้ 3. นักเรียนสามารถคำนวณโดยใช้คณิตศาสตร์ได้ 	√	√	√	√

3.3.3.4 สร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ โดยจัดทำข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (Rubric scoring) ในแบบการให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic scoring) ในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยให้ประเมินบันทึกคะแนนเป็น 5 ระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.3.3.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเหมาะสมและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3.3.3.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และด้านการวัดผลทางการศึกษา จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา ว่าแต่ละข้อสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ประเมิน ดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อทดสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้น
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อทดสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้น
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อทดสอบไม่วัดจุดประสงค์การเรียนรู้ข้อนั้น

นำผลการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน นำมาหาค่าเฉลี่ย โดยถือเกณฑ์ว่าแบบทดสอบที่มีค่าเฉลี่ยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 เป็นแบบทดสอบที่ใช้ได้ ผลการพิจารณาได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00

3.3.3.7 เสนอโครงการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อขอรับพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และได้รับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เมื่อวันที่ 7 ธันวาคม 2563

3.3.3.8 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น และปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนท่าช้างวิทยาคม จำนวน 25 คน ซึ่งเคยเรียน เรื่อง ไฟฟ้า มาแล้ว นำผลการวิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบโดยหาค่าความยากง่าย (P_e) อยู่ระหว่าง 0.52-0.62 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.58-0.74 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ทั้งฉบับ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) โดยการคำนวณจากสูตรของครอนบาค (Cronbach) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2538, น. 200) โดยมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.84

3.3.3.9 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ได้หาค่าคุณภาพเรียบร้อยแล้ว จำนวน 5 ข้อ ไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยโดยการทดลองจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษา ร่วมกับทักษะปฏิบัติของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.4.1 ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษา ร่วมกับทักษะปฏิบัติ วิชาวิทยาศาสตร์จำนวน 10 แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ทำการจัดการเรียนรู้เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ประกอบไปด้วย

- 3.4.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้า
- 3.4.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แผนภาพวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย
- 3.4.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบปิด วงจรไฟฟ้าแบบเปิด
- 3.4.1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม

- 3.4.1.5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน
- 3.4.1.6 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า
- 3.4.1.7 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การต่อหลอดไฟฟ้า
- 3.4.1.8 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรม
- 3.4.1.9 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง การต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน
- 3.4.1.10 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง ประโยชน์ของการต่อหลอดไฟฟ้า

3.4.2 นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามที่กำหนด

3.4.3 หลังจากทดลองจัดการเรียนรู้เสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงทดสอบหลังเรียนหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ แบบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.4 ผู้วิจัยนำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน และบันทึกคะแนน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experimental research) โดยมีรูปแบบการวิจัย แบบ One group posttest design คือ มีกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียว หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ และมีการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง ดังภาพ

กลุ่มทดลอง	X-----O
------------	---------

- X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ
- O หมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

ภาพที่ 2 รูปแบบการวิจัยแบบ One group posttest design

3.5.1 การดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้น และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองตามขั้นตอน ดังนี้

3.5.1.1 ขั้นตอนการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ใช้ในการทดลองโดยการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ

3.5.1.2 ขั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้

แนะนำวิธีการเรียนรู้ พร้อมทั้งแจ้งจุดประสงค์และเงื่อนไขในการเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ

3.5.1.3 ขั้นตอนการสอน

ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ใช้จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ วิชาวิทยาศาสตร์ 10 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาสอนแผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง รวม 20 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

3.5.1.4 ขั้นหลังสอน

1) เมื่อดำเนินการสอนครบตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว จึงดำเนินการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ

2) นำคะแนนหลังเรียนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.6.2 การทดสอบสมมติฐาน

3.6.2.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ด้วยการทดสอบค่า t-test for one sample โดยการคำนวณสูตร ชูศรี วงศ์รัตน์ (2553)

3.6.2.2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ด้วยการทดสอบค่า t-test for one sample โดยการคำนวณสูตร ชูศรี วงศ์รัตน์ (2553)

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.7.1 สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1.1 ค่าร้อยละ (Percentage) โดยคำนวณจากสูตร บุญชม ศรีสะอาด (2545)

$$P = \frac{F}{N} \times 100$$

เมื่อ

P แทน ร้อยละ
 F แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
 N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

3.7.1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยการคำนวณจากสูตร ชูศรี วงศ์รัตน์ (2553)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ

\bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย
 $\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของข้อมูล
 n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.7.1.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยการคำนวณจากสูตร ชูศรี วงศ์รัตน์ (2553)

$$\text{S.D.} = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ

S.D. แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $\sum X$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
 $(\sum X^2)$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมดยกกำลังสอง
 $\sum X^2$ แทน ผลรวมของข้อมูลแต่ละตัวยกกำลังสอง

n แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวน
ข้อมูลทั้งหมด

3.7.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

3.7.2.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบทดสอบวัด
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยการคำนวณ
จากสูตร ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539)

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

เมื่อ

IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง
 $\sum R$ แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.7.2.2 ค่าความยากง่าย (Difficulty) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยการคำนวณจากสูตร ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538)

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

เมื่อ

P แทน ค่าความยากง่าย
 R แทน จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก
 N แทน จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

3.7.2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยการคำนวณจากสูตร ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538)

$$D = \frac{R_u - R_l}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ

D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
R_u	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง
R_l	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน
n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

3.7.2.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยการคำนวณจากสูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder and Richardson Method) ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538)

สูตร KR.-20
$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum pq}{s_t^2} \right)$$

เมื่อ

r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่น
n	แทน	จำนวนข้อคำถาม
p	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกในข้อหนึ่งๆ
q	แทน	สัดส่วนของคนทำผิดในข้อหนึ่งๆ ($q = 1 - p$)
s_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวน

3.7.2.5 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยการคำนวณจากสูตร ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539)

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

เมื่อ

IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้อง
$\sum R$	แทน	ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.7.2.6 ค่าความยากง่าย (Difficulty) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยการคำนวณจากสูตรของวิทเนย์ และซาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970 อ้างถึงใน พร้อมพรรณ อุตมสิน, 2544)

$$P_E = \frac{S_h + S_l - (n_t)(X_{\min})}{(n_t)(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ

P_E	แทน	ค่าความยากง่าย
S_h	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
S_l	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
X_{\max}	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
X_{\min}	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้
n_t	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกัน

3.7.2.7 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยการคำนวณจากสูตรของวิทเนย์ และซาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970 อ้างถึงใน พร้อมพรรณ อุตมสิน, 2544)

$$r = \frac{S_h - S_l}{(n_h)(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ

r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
S_h	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
S_l	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
X_{\max}	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
X_{\min}	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้
n_h	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูง

3.7.2.8 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) โดยการคำนวณจากสูตรของครอนบัค (Cronbach) ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538)

$$f = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_r^2} \right]$$

เมื่อ

∞	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
n	แทน	จำนวนข้อคำถาม
S_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
S_r^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

3.7.3 สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

โดยใช้สถิติ t-test for one sample ในการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยการคำนวณจากสูตร ชูศรี วงศ์รัตน์ (2553)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad \text{โดย } df = n-1$$

เมื่อ

t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาใน t-distribution
\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
μ_0	แทน	ค่าคงที่ค่าหนึ่งหรือเกณฑ์ที่ตั้งขึ้น
S	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
df	แทน	ค่าของขั้นแห่งความเป็นอิสระ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล จากการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ซึ่งผู้วิจัยขอ นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยลำดับ ดังนี้

- 4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
- 4.2 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
- 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของ สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ย
S.D.	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	สถิติที่ใช้ในการทดสอบ (t-test)
df	แทน	ความเป็นอิสระ
Sig.	แทน	ค่านัยสำคัญจากการคำนวณค่า (t-test)
*	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.2 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยขอนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

- 4.2.1 การสังเคราะห์การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ
- 4.2.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

4.2.3 การเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

4.3.1 ผลการสังเคราะห์การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ

ตารางที่ 13 แสดงค่าความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ 7 ขั้นตอนของผู้เชี่ยวชาญ ตามมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert scale)

ขั้นตอนที่	รายการการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผลค่าเฉลี่ย
	การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มี 7 ขั้นตอน ดังนี้			
1	ขั้นการรับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล	4.60	0.55	มากที่สุด
2	ขั้นออกแบบทางวิทยาศาสตร์	4.60	0.89	มากที่สุด
3	ขั้นวางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	4.60	0.89	มากที่สุด
4	ขั้นปฏิบัติการแก้ปัญหา	4.60	0.55	มากที่สุด
5	ขั้นประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง	4.60	0.55	มากที่สุด
6	ขั้นปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง	4.80	0.45	มากที่สุด
7	ขั้นนำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล	4.80	0.45	มากที่สุด
	เฉลี่ย	4.66	0.59	มากที่สุด

จากตารางที่ 13 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัย อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในระดับประถมศึกษา โดยใช้มาตรวัดของลิเคิร์ต ค่าเหมาะสมในทุก

ขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ มีคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 4.66 คะแนน ($\bar{X} = 4.66, S.D = 0.59$)

โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ หมายถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ที่มุ่งให้นักเรียนปฏิบัติทักษะเพื่อแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้มี 7 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 รับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ประกอบด้วย

1) รับรู้และเตรียมความพร้อม นักเรียนรับรู้ในสิ่งที่จะทำ รับรู้สถานการณ์ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนแก้ปัญหา เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า จะรับรู้ปัญหาการเกิดอุทกภัย เพื่อเตรียมความพร้อม ปรับตัวให้พร้อมในการทำงาน และการแก้ปัญหาในการขนย้ายสิ่งของทางน้ำ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้พร้อมที่จะเรียนรู้หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ

2) สาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย ผู้สอนแตกทักษะทั้งหมดที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า สาธิตการใช้พลังงานไฟฟ้าในการแก้ปัญหาการขนย้ายสิ่งของทางน้ำ โดยการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน ให้เป็นทักษะย่อย ๆ และสาธิตส่วนย่อยแต่ละส่วนให้นักเรียนสังเกตและทำตามไปทีละส่วนอย่างช้า ๆ

3) สนองตอบต่อเทคนิควิธีการ นักเรียนตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้ หรือสิ่งที่ผู้สอนสาธิต ด้วยการลงมือปฏิบัติทักษะย่อยที่ใช้ในการแก้ปัญหา เช่น นักเรียนฝึกปฏิบัติการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม และการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน โดยไม่มีการสาธิตหรือมีแบบอย่างให้ดู อาจใช้วิธีการลองผิดลองถูกจนกระทั่งกระทำได้อย่างถูกต้อง

ซึ่งสามารถระบุปัญหา ใช้ความคิดที่เป็นระบบ มีทักษะและประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์เดิมในการรวบรวมข้อเท็จจริงเพื่อเตรียมความพร้อมข้อมูลสำหรับแก้ปัญหาต่อไป

ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหามาตามสถานการณ์ด้วยตนเอง เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า ออกแบบการสร้างอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย โดยใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา นำแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของตนเอง สามารถตั้งสมมติฐาน ประยุกต์ความรู้มาใช้แก้ปัญหา บนพื้นฐานของหลักเหตุผล

ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ นักเรียนวางแผนวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า วางแผนการสร้างอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย นำแนวคิดหรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ เช่น การคำนวณปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้า ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้น การเปรียบเทียบ (มากกว่า น้อยกว่า) เพื่อวางแผนวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง ซึ่งระบุทักษะในการแก้ไขปัญหายังเป็นระบบ

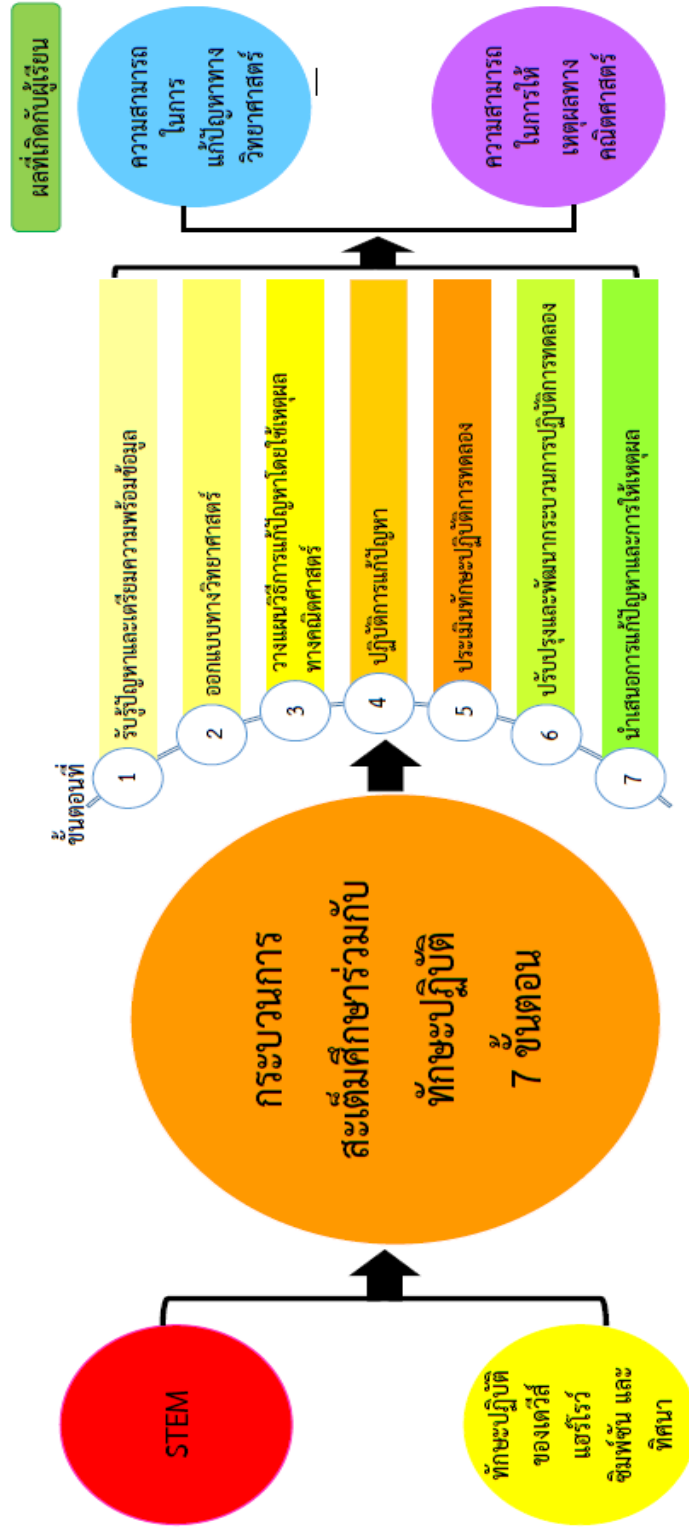
ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา/สร้างนวัตกรรม ตามแนวทางที่นักเรียนวางแผนและออกแบบ เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า การสร้างอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย โดยเริ่มตั้งแต่การปฏิบัติทักษะย่อย ๆ ไปจนถึงทักษะรวม เพื่อแก้ปัญหาย่อยสู่การแก้ปัญหาทั้งหมด เป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง นักเรียนทดสอบทักษะ วิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า มีการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย ทดสอบประสิทธิภาพของการขนย้ายด้วยการทดลอง สามารถวิเคราะห์ และเปรียบเทียบจำนวน (มากกว่า น้อยกว่า) เช่น เปรียบเทียบปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้า เปรียบเทียบปริมาณกระแสไฟฟ้า เปรียบเทียบระยะเวลา โดยสาธิตทักษะย่อยแต่ละทักษะ เริ่มตั้งแต่ต้นจนจบ และประเมินผล ซึ่งในขั้นนี้ครูเป็นผู้แนะนำเทคนิควิธีการที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาหรือทำงานนั้น ๆ ได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดสอบ ประเมิน และคำแนะนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรม เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า มีการปรับปรุงและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย โดยฝึกปฏิบัติหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งสามารถปฏิบัติทักษะที่สมบูรณ์ได้ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น นักเรียนวิเคราะห์ และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยอาจต่อยอดชิ้นงานของตนเองให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล คือ นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และผลการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาผ่านประสิทธิภาพการทำงานของนวัตกรรม และนำเสนอผลของการแก้ปัญหาผ่านประสิทธิภาพของนวัตกรรม เช่น การเรียนรู้ เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ผ่านประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย โดยใช้ความรู้ หลักการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้า ทักษะวิทยาศาสตร์ในกระบวนการทำงานของอุปกรณ์ช่วยขนของที่สามารถแก้ปัญหานั้น และนำเสนอผลของการแก้ปัญหา ผ่านประสิทธิภาพของอุปกรณ์ช่วยขนของจากอุทกภัย โดยระบุผลการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบ และสรุปผลจากข้อมูล

รูปแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ



ภาพที่ 3 กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ

4.3.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ด้วยการทดสอบค่า t-test for one sample โดยการคำนวณจากสูตร ชูศรี วงศ์รัตน์ (2553)

ตารางที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

คะแนนความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม = 21				
	\bar{X}	S.D.	df	t	Sig.
	25.03	2.401	38	10.473*	.000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 14 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ มีคะแนนเฉลี่ย 25.03 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 83.43 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม แสดงว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ด้วยการทดสอบค่า t-test for one sample โดยการคำนวณจากสูตร ชูศรี วงศ์รัตน์ (2553)

ตารางที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม = 14				
	\bar{X}	S.D.	df	t	Sig.
	16.05	2.025	38	6.325*	.000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 15 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ มีคะแนนเฉลี่ย 16.05 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.25 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

GRAD VRU

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สามารถสรุปผลการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.2 สรุปผลการวิจัย

5.3 อภิปรายผลการวิจัย

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1 เพื่อสังเคราะห์การจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ

5.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

5.1.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

5.2 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการตามขั้นตอน และนำผลการวิจัยมาวิเคราะห์ ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

5.2.1 ค่าความเหมาะสมกระบวนการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติของผู้เชี่ยวชาญ ในทุกขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ มีคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 4.66 คะแนน ($\bar{X} = 4.66$, S.D = 0.59)

5.2.2 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.2.3 คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.3 อภิปรายผลการวิจัย

5.3.1 คะแนนความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ในทุกขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 4.66 คะแนน ($\bar{X} = 4.66$, S.D = 0.59) โดยชั้นที่มีความเหมาะสมเท่ากัน ได้แก่ ชั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง และชั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D = 0.45) ชั้นที่ 1 การรับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ชั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา และชั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D = 0.55) ชั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ และชั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D = 0.89) ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ มุ่งให้นักเรียนปฏิบัติทักษะเพื่อแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ได้แก่ ชั้นที่ 1 รับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ประกอบด้วย 1) รับรู้และเตรียมความพร้อม 2) สาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย 3) สนองตอบต่อเทคนิควิธีการ ชั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ ชั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ชั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา ชั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง ชั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง และชั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล ทั้งนี้ เนื่องจากขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติทั้ง 7 ขั้นตอน เป็นขั้นตอนที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองจากประสบการณ์ ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ คือ ชั้นที่ 1 รับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ประกอบด้วย 1) รับรู้และเตรียมความพร้อม นักเรียนรับรู้ในสิ่งที่จะทำ รับรู้สถานการณ์ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนแก้ปัญหา เพื่อเป็นการกระตุ้นให้พร้อมที่จะเรียนรู้หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ 2) สาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย ผู้สอนแตกทักษะทั้งหมดที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา ให้เป็นทักษะย่อย ๆ และสาธิตส่วนย่อยแต่ละส่วนให้นักเรียนสังเกตและทำตามไปที่ละส่วนอย่างช้า ๆ 3) สนองตอบต่อเทคนิควิธีการ นักเรียนตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้ หรือสิ่งที่ผู้สอนสาธิตด้วยการลงมือปฏิบัติทักษะย่อยที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยไม่มีการสาธิตหรือมีแบบอย่างให้ดู อาจใช้วิธีการลองผิดลองถูกจนกระทั่งกระทำได้อย่างถูกต้อง ชั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ด้วยตนเอง โดยใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา นำแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของตนเอง สามารถตั้งสมมติฐาน ประยุกต์ความรู้มา

ใช้แก้ไขปัญหา บนพื้นฐานของหลักเหตุผล ชั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ นักเรียนวางแผนวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะ วิธีการแก้ปัญหา นำแนวคิดหรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ การเปรียบเทียบ (มากกว่า น้อยกว่า) เพื่อวางแผนวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง ชั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา/สร้างนวัตกรรม ตามแนวทางที่นักเรียนวางแผนและออกแบบ โดยเริ่มตั้งแต่การปฏิบัติทักษะย่อย ๆ ไปจนถึงทักษะรวม เพื่อแก้ปัญหาย่อยสู่การแก้ปัญหาทั้งหมด เป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ปัญหา ชั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง นักเรียนทดสอบทักษะ วิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา สามารถวิเคราะห์ และเปรียบเทียบจำนวน (มากกว่า น้อยกว่า) เปรียบเทียบระยะเวลา โดยสาธิตทักษะย่อยแต่ละทักษะ เริ่มตั้งแต่ต้นจนจบ และประเมินผล ชั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดสอบ ประเมิน และคำแนะนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรม โดยฝึกปฏิบัติหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งสามารถปฏิบัติทักษะที่สมบูรณ์ได้ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น และชั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล คือ นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และผลการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาผ่านประสิทธิภาพการทำงานของนวัตกรรม และนำเสนอผลของการแก้ปัญหาผ่านประสิทธิภาพของนวัตกรรม ดังนั้น การจัดการกระบวนการเรียนรู้จากกระบวนการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติจึงสำคัญ และจำเป็นในการพัฒนาทักษะนำมาสู่การเรียนรู้ที่สำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับ (วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา 2559) กล่าวถึงสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงความรู้และบูรณาการความรู้ จากศาสตร์ทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนามนุษย์ให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้วยการใช้ความรู้ ความคิด และเทคนิคต่าง ๆ หรืออาจเป็นการพัฒนาและนำสิ่งต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ในการทำงานและชีวิตประจำวัน แล้วยังสอดคล้องกับเดฟ (Deve, 1967: 96-99 อ้างถึงใน ทิศนา ขัมมณี, 2559) กล่าวว่า ผู้เรียนเกิดความสามารถทางด้านทักษะปฏิบัติต่าง ๆ คือ ผู้เรียนสามารถปฏิบัติหรือกระทำอย่างถูกต้องแม่นยำ และชำนาญ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสามารถทางด้านทักษะปฏิบัติต่าง ๆ ซึ่งช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้

5.3.2 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ มีคะแนนเฉลี่ย 25.03 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 83.43 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม แสดงว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

0.05 ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ทั้ง 7 ขั้นตอน โดยเฉพาะขั้นที่ 1 ระบุปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง และขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลนั้น เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลได้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นขั้นตอน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจริง และมีความสนใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และค้นพบความรู้จากการเรียนรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้จากการปฏิบัติ (Learning by doing) ของจอห์น ดิวอี้ ที่เน้นการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงจากการเผชิญสถานการณ์จริงและการแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากการกระทำ และทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (Discovery learning) ของบรูเนอร์ ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง แล้วยังสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งหมายถึง การใช้ความคิดที่เป็นระบบ ความสามารถทางสติปัญญาต่าง ๆ ทักษะและประสบการณ์เดิมมาประกอบกันเพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาหาแนวทางปฏิบัติหรือวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ส่งผลให้หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ เกตุมณี เหมรา และชลธิป สมานิติ (2559) ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ของติเมืองร้อยเอ็ดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรม กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เด็กปฐมวัยชายและหญิงที่มีอายุระหว่าง 5-6 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ระดับชั้นอนุบาลปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนโคกสว่างหาญไพรวัลย์ จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 19 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (STEM Education) จำนวน 24 แผน แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัย โดยเป็นคำถามจำลองสถานการณ์จำนวน 10 ข้อ แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรม วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องของติเมืองร้อยเอ็ดมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น หลังได้รับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องของติเมืองร้อยเอ็ดและมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น โดยเด็กสามารถระบุได้ว่าปัญหาคืออะไร และบอกวิธีการขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ได้ทำการศึกษาวิจัย เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียน

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 76.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 75 จัดอยู่ในระดับดีมาก 2) นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70

5.3.3 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ มีคะแนนเฉลี่ย 16.05 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.25 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ทั้ง 7 ขั้นตอน โดยเฉพาะขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง และขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลนั้น เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถใช้อ็องค์ประกอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การคำนวณ การเปรียบเทียบจำนวน และการสรุปด้วยเหตุผลได้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ตามคำกล่าวของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ที่กล่าวว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ สามารถคาดการณ์วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และรังสรรค์ ทองสุกนอก (2559) กล่าวว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นการสนับสนุนความเชื่อ หรือเพื่อหาความจริงหรือข้อสรุปในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยกระบวนการการนำเอาสิ่งที่เป็นเหตุ หรือสิ่งที่กำหนดให้ เรียกว่า สมมติฐาน มาทดลองหรือพิสูจน์เพื่อให้ได้ข้อสรุปหรือผล ส่งผลให้หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เจษฎา ชวนะไพศาล พินดา วราสุนันท์ และสามารถ อรัญนารถ (2560) ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/3 โรงเรียนบางเลนวิทยา จำนวน 25 คน ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) นักเรียนมีความรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) ทักษะสะเต็มศึกษาเรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนจากการประเมินตนเองและครูประเมินอยู่ในระดับปานกลาง 3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในภาพรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก แสดงว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัตินั้นส่งเสริมให้นักเรียนคิดทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน คิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์ โดยการคำนวณ บวก ลบ คูณ หาร เปรียบเทียบ โดยส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล และสรุปผลจากการสังเกตและการทดลอง นำไปให้เหตุผลได้

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ และการวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

5.4.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

5.4.1.1 ผู้สอนต้องศึกษาและทำความเข้าใจ ขั้นตอนแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติเป็นอย่างดี มีความอดทนในการรอฟังความคิดเห็นต่าง ๆ จากผู้เรียน ใส่ใจ และคอยให้คำชี้แนะอย่างทั่วถึง ไม่ลำเอียงหรืออคติ สร้างความรู้สึกเป็นกันเอง ระหว่างผู้เรียนและครูผู้สอน

5.4.1.2 ในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ครูผู้สอนจะต้องเตรียมสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในการทำกิจกรรมทุกครั้ง เพื่อสร้างความสนใจของผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมมากขึ้น

5.4.1.3 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมค่อนข้างมาก โดยแต่ละกระบวนการ ครูผู้สอนสามารถยืดหยุ่นเวลาตามความเหมาะสม

5.4.1.4 ในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ครูผู้สอนควรให้กำลังใจเมื่อนักเรียนสามารถทำสิ่งต่าง ๆ ได้ถูกต้อง เช่น ปรบมือ เพื่อให้ผู้เรียนรู้สึกภูมิใจ เกิดความมั่นใจ กล้าพูด กล้าแสดงความคิดเห็นสร้างสรรค์ และกล้าแสดงออกมากขึ้น

5.4.1.5 ผู้สอนควรแนะนำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ ทั้ง 7 ขั้นตอน ให้ผู้เรียนเข้าใจก่อนดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

5.4.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.4.2.1 ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

5.4.2.2 ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอื่น ๆ เช่น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน เป็นต้น

5.4.2.3 ควรมีการศึกษา มีการวิจัย เกี่ยวกับผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ในระดับชั้นอื่น ๆ

5.4.2.4 ควรนำการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติไปใช้ในการศึกษากับเนื้อหาอื่น ๆ เช่น อาหารและสารอาหาร แรงในชีวิตประจำวัน เป็นต้น

5.4.2.5 ควรนำผลการสร้างสรรค์ชิ้นงาน/นวัตกรรมที่ผู้เรียนสร้างสรรค์เพื่อแก้ไขปัญหาได้ ไปต่อยอดงานวิจัยต่อไป

GRAD VRU

บรรณานุกรม

- กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์. (2528). **จิตวิทยาการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการแนะแนว และจิตวิทยาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- เกตุมณี เหมรา และชลธิป สมาชิกโต. (2559). **การจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาเรื่องของดีเมืองร้อยเอ็ด เพื่อพัฒนาความสามารถ ในการแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัย**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย สาขาวิชาปฐมวัยศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จรัส อินทลาภาพร. (2558). **การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับครูระดับประถมศึกษา**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาการศึกษาวิจัยและพัฒนาหลักสูตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เจษฎา ชวนะไพศาล พินดา วราสุนันท์ และสามารณ อรัญนารณ. (2560). **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางเลนวิทยา**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2553). **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 12. นนทบุรี: บริษัท ไทเนรมิตอินเตอร์ โพรเกรสซิฟ จำกัด.
- ฐิติวรดา พลเยี่ยม. (2561, กรกฎาคม-ธันวาคม). **สะเต็มศึกษา: ความเข้าใจเบื้องต้นสู่ห้องเรียนบูรณาการ**. วารสารครูพิบูล, 5(2), 122-135.
- ทศนา แคมมณี. (2550). **ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทศนา แคมมณี. (2559). **ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 20. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนวัฒน์ หาญชิงชัย. (2558). **ประวัติความเป็นมาของวิชาจิตวิทยา**. สืบค้นจาก http://dpu-psychology.blogspot.com/p/blog-page_08.html.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). **การวิจัยเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556, เมษายน-มิถุนายน). **STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21**. วารสารนักบริหาร, 33(2), 49-56.
- พร้อมพรรณ อุดมลิน. (2544). **การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ: บริษัท บพิศการพิมพ์จำกัด.

- รังสรรค์ ทองสุกนอก. (2559). **การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ Mathematical Thinking**. โรงเรียน
 นาคประสิทธิ์ มูลนิธิวัดบางช้างเหนือ จังหวัดนครปฐม.เอกสารประกอบการเรียนการสอน.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ:
 สุวีริยาสาส์น
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:
 สุวีริยาสาส์น.
- วรรณภา เหล่าไพศาลพงษ์. (2554). **การศึกษาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและความสนใจใน
 การเรียนภาษาไทย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่จัดการเรียนรู้แบบกระบวนการ
 แก้ปัญหากับการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครู**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
 สาขาวิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). **เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา)**.
 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิทยากร เชียงกุล. (2551). **จิตวิทยา ความฉลาด และความคิดสร้างสรรค์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:
 สายธาร.
- ศรายุทธ ดวงจันทร์. (2561). **ผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการ
 คิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต
 สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). **การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**.
 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). **การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**.
 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2562). **ผลการประเมิน PISA 2018**. สืบค้น
 จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/>.
- อักษร สวัสดิ์. (2542). **ความรู้ความเข้าใจและความตระหนักในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของ
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย : กรณีศึกษาในเขตบางกะปิกรุงเทพมหานคร**.
 วิทยานิพนธ์พัฒนบริหารศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาสังคม สถาบันบัณฑิตพัฒน
 บริหารศาสตร์.
- อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). **ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อ**

ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุไรวรรณ ภูจำพล และวาสนา กิรติจำเริญ. (2561). การศึกษาผลการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์. (2528). จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการแนะแนวและจิตวิทยาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.

กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

เกตุมณี เหมรา และชลาริป สมานิติ. (2559). การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องของดีเมืองร้อยเอ็ดเพื่อพัฒนาความสามารถ ในการแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัย. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐมวัยศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำรัส อินทลาภาพร. (2558). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับครูระดับประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์ดุขฎิบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เจษฎา ชวนะไพศาล พินดา วราสุนันท์ และสามารณ อธิญานารณ. (2560). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบางเลนวิทยา. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2553). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 12. นนทบุรี: บริษัท ไทเนรมิตอินเตอร์ โปรดักส์ จำกัด.

ฐิติวรดา พลเยี่ยม. (2561, กรกฎาคม-ธันวาคม). สะเต็มศึกษา: ความเข้าใจเบื้องต้นสู่ห้องเรียนบูรณาการ. วารสารครูพิบูล, 5(2), 122-135.

ทิตนา แคมมณี. (2550). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิตนา แคมมณี. (2559). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 20. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนวัฒน์ หาญชิงชัย. (2558). ประวัติความเป็นมาของวิชาจิตวิทยา. สืบค้นจาก http://dpu-psychology.blogspot.com/p/blog-page_08.html.

- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). **การวิจัยเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556, เมษายน-มิถุนายน). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. **วารสารนักรบริหาร**, 33(2), 49-56.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2544). **การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ: บริษัท บพิตรการพิมพ์จำกัด.
- รังสรรค์ ทองสุกนอก. (2559). **การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ Mathematical Thinking**. โรงเรียนนาครประสิทธิ์ มูลนิธิวัดบางช้างเหนือ จังหวัดนครปฐม.เอกสารประกอบการเรียนการสอน.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วรรณภา เหล่าไพศาลพงษ์. (2554). **การศึกษาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและความสนใจในการเรียนภาษาไทย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่จัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหากับการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครู**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วศินีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). **เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา)**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิทยากร เชียงกุล. (2551). **จิตวิทยา ความฉลาด และความคิดสร้างสรรค์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สายธาร.
- ศรายุทธ ดวงจันทร์. (2561). **ผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). **การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). **การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2562). **ผลการประเมิน PISA 2018**. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/>.
- อักษร สวัสดิ์. (2542). **ความรู้ความเข้าใจและความตระหนักในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย : กรณีศึกษาในเขตบางกะปิกรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์พัฒนบริหารศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาสังคม สถาบันบัณฑิตพัฒน

บริหารศาสตร์.

- อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุไรวรรณ ภูจำพล และวาสนา กิรติจำเริญ. (2561). การศึกษาผลการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- Darhim. (2018). *Analysis of students' mathematical reasoning*. University Pendidikan Indonesia.
- Sara, H. (2018). *The Effect of Science, Technology, Engineering and Mathematics-Stem Educational Practices on Students' Learning Outcomes: A Meta-Analysis Study*. The Turkish Online Journal of Educational Technology, 2018(17), 125-142.
- Sokolowski, A. (2019). *Developing Mathematical Reasoning Using a STEM Platform*. Lone Star College, Houston, USA.
- Tati, T. F., and Riandi, R. (2017). *The Effect of STEM Learning through the Project of Designing Boat Model toward Student STEM Literacy*. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia.
- Vasquez, J. A., Sneider, C., and Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Yıldırım. (2018). *STEM applications in mathematics education: The effect of STEM applications on different dependent variables*. Mus Alparslan University, Turkey.



ภาคผนวก

GRAD VRU



ภาคผนวก ก

หนังสือขอความอนุเคราะห์ และรายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

GRAD VRU

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

- | | |
|--|--|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรขา อรัญวงศ์ | อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ |
| 2. อาจารย์ ดร.วิสัสมร จิโรจน์พันธ์ | อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ |
| 3. นางจรรุวัฒน์ คงสุข | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนวัดราชบุรุษบำเพ็ญ
(กริ่ง สง่า ศิษย์อุปถัมภ์)
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา
ประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 |
| 4. นายวีรพล ผาสุขใจ | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนวัดมเหยงค์
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา
ประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 |
| 5. นายวีระชัย ทองปลั่ง | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนวัดแค
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา
ประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 |

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/ ๕๑๗๕



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณจ. ประตุน้ำพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

พ.ศ. กันยายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรขา อรัญวงศ์

ด้วยนางสาววรรณมา สายสว่าง รหัสนักศึกษา ๖๑B๕๔๖๘๐๒๐๓ นักศึกษาระดับปริญญาโท
หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้
เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา จ้อยทอง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำ
การตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
ให้แก่นักศึกษา ทั้งนี้ได้มอบหมายให้ นางสาววรรณมา สายสว่าง เบอร์โทรศัพท์ ๐๘๖-๗๙๘๓๗๙๒
เป็นผู้ประสานงานโดยตรง บัณฑิตวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี
และขอขอบคุณล่วงหน้า มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กัณตฤทัย คลิ่งพหล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓

โทรสาร ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/ ๕๐๖๗



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณจ. ประตูน้ำพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

๕๕ กันยายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน อาจารย์ ดร.วิมลพร จิโรจน์พันธุ์

ด้วยนางสาววรรณมา สายสว่าง รหัสนักศึกษา ๖๑B๕๔๖๘๐๒๐๓ นักศึกษาระดับปริญญาโท
หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้
เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณมา จุ้ยทอง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำ
การตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
ให้นักศึกษา ทั้งนี้ได้มอบหมายให้ นางสาววรรณมา สายสว่าง เบอร์โทรศัพท์ ๐๘๖-๗๔๘๓๗๔๒
เป็นผู้ประสานงานโดยตรง บัณฑิตวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี
และขอขอบคุณล่วงหน้า มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กันตฤทัย คลิ่งพล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๔ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓

โทรสาร ๐-๒๕๒๔ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/พฐ๕๐



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณจ. ประตูน้ำพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

ศษ กันยายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน นางจรรุวัฒน์ คงสุข

ด้วยนางสาววรรณมา สายสว่าง รหัสนักศึกษา ๖๑B๕๔๖๘๐๒๐๓ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการเสริมศึกษาประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา จุ้ยทอง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ให้แก่นักศึกษา ทั้งนี้ได้มอบหมายให้ นางสาววรรณมา สายสว่าง เบอร์โทรศัพท์ ๐๘๖-๗๔๘๓๗๕๒ เป็นผู้ประสานงานโดยตรง บัณฑิตวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบคุณล่วงหน้า มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กนต์ฤทัย คลังพหล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓

โทรสาร ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/ ๕๙๕๑



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณจ. ประตูน้ำพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

สี่ พฤษภาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน นายวีรพล ผาสุขใจ

ด้วยนางสาววรรณมา สายสว่าง รหัสนักศึกษา ๖๑B๕๔๖๘๐๒๐๓ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการเสริมศึกษาประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา จ้อยทอง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้แก่นักศึกษา ทั้งนี้ได้มอบหมายให้ นางสาววรรณมา สายสว่าง เบอร์โทรศัพท์ ๐๘๖-๗๔๘๓๗๔๒ เป็นผู้ประสานงานโดยตรง บัณฑิตวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบคุณล่วงหน้า มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์ทัย คลังพล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓

โทรสาร ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/ ๕๖๕๕



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณจ. ประตูน้ำพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

๕๕ กันยายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน นายวีระชัย ทองปลั่ง

ด้วยนางสาววรรณมา สายสว่าง รหัสนักศึกษา ๖๑8๕๔๖๘๐๒๐๓ นักศึกษาระดับปริญญาโท
หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้
เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการเสริมศึกษาประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณมา จ้อยทอง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำ
การตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
ให้แก่นักศึกษา ทั้งนี้ได้มอบหมายให้ นางสาววรรณมา สายสว่าง เบอร์โทรศัพท์ ๐๘๖-๗๔๘๓๗๔๒
เป็นผู้ประสานงานโดยตรง บัณฑิตวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี
และขอขอบคุณล่วงหน้า มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กนต์ฤทัย คลังพหล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๕ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓

โทรสาร ๐-๒๕๒๕ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๖



ภาคผนวก ข

รายชื่อโรงเรียนที่ขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูล และทดลองใช้เครื่องมือ

GRAD VRU

รายชื่อโรงเรียนที่ขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูล และทดลองใช้เครื่องมือ

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1. โรงเรียนวัดมเหยงค์ | สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา |
| | ประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 |
| 2. โรงเรียนวัดน้อย (วิเชียรสร้อยเกลียวอุปลัมภ์) | สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา |
| | ประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 |
| 3. โรงเรียนท่าช้างวิทยาคม | สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา |
| | มัธยมศึกษา เขต 3 |



GRAD VRU

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/ *พจน*

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณจ.ประตุน้ำพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

พจน ธันวาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เก็บข้อมูล
เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดมเหยงค์

ด้วยนางสาววรรณมา สายสว่าง รหัสนักศึกษา ๖๑๒๕๔๖๘๐๒๐๓ นักศึกษาระดับปริญญาโท
หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้
เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณมา จุ้ยทอง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำการ
เก็บข้อมูลคือแบบทดสอบในหน่วยงานของท่านเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัย จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์แก่นักศึกษา
ดำเนินการเก็บข้อมูลวิจัยคือแบบทดสอบ โดยมอบให้ นางสาววรรณมา สายสว่าง หมายเลขโทรศัพท์
๐๘๖-๗๙๔๘๓๗๙๒ เป็นผู้ติดต่อประสานงานโดยตรง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์อุทัย คลิ่งพหล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓

โทรสาร ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/

๗๖๗๖



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณจ.ประตู่ท่าพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

๗ ธันวาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ทดลองใช้เครื่องมือวิจัย
เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดน้อย (วิเชียรสร้อยเกลียวอุปถัมภ์)

ด้วยนางสาววรรณมา สายสว่าง รหัสนักศึกษา ๖๑๖๕๔๖๘๐๒๐๓ นักศึกษาระดับปริญญาโท
หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้
เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา จ้อยทอง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำการ
ทดลองใช้เครื่องมือวิจัยคือแบบทดสอบในหน่วยงานของท่านเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์แก่นักศึกษา
ดำเนินการทดลองใช้เครื่องมือวิจัยคือแบบทดสอบ โดยมอบให้ นางสาววรรณมา สายสว่าง เบอร์โทรศัพท์
๐๘๖-๗๙๘๓๗๙๒ เป็นผู้ติดต่อประสานงานโดยตรง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์ทัษย์ คลังพล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓

โทรสาร ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/ *สวสพ*

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณ.ประตุน้ำพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

สว ธันวาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้เครื่องมือวิจัย
เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนท่าช้างวิทยาคม

ด้วยนางสาววรรณมา สายสว่าง รหัสนักศึกษา ๖๑B๕๔๖๘๐๒๐๓ นักศึกษาระดับปริญญาโท
หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้
เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖” โดยมี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา จ้อยทอง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำการ
ทดลองใช้เครื่องมือวิจัยคือแบบทดสอบในหน่วยงานของท่านเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์แก่นักศึกษา
ดำเนินการทดลองใช้เครื่องมือวิจัยคือแบบทดสอบ โดยมอบให้ นางสาววรรณมา สายสว่าง เบอร์โทรศัพท์
๐๘๖-๗๙๘๓๗๙๒ เป็นผู้ติดต่อประสานงานโดยตรง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กัญตฤทัย คลิ่งพหล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓

โทรสาร ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๖



ภาคผนวก ค

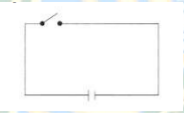

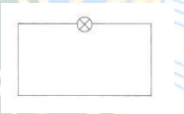
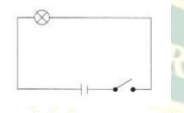
การวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้วิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อ
สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และ
แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

GRAD VRU

ตารางการวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อสร้าง
แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า
(เป็นแบบปรนัย 30 ข้อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<p>- นักเรียนสามารถระบุส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p> <p>- นักเรียนสามารถบอกหน้าที่ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p>	<p>1. เมื่อนักเรียนออกแบบต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายวงจรหนึ่งพบว่าอุปกรณ์หนึ่งในวงจรที่มีลักษณะเป็นตัวนำไฟฟ้านั้นชำรุด ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้ อุปกรณ์ดังกล่าว คือ ส่วนประกอบใดในวงจร (S,E)</p> <p>ก. หลอดไฟฟ้า ข. ถ่านไฟฉาย ค. สายไฟ (✓) ง. สวิตช์</p>		/			
<p>- นักเรียนสามารถระบุส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p> <p>- นักเรียนสามารถบอกหน้าที่ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p>	<p>2. จากข้อ 1 อุปกรณ์ในข้อใดต่อไปนี้เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าให้กับวงจร (S,T,E)</p> <p>ก. หลอดไฟฟ้า ข. ถ่านไฟฉาย (✓) ค. สายไฟ ง. สวิตช์</p>		/			

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<p>- นักเรียนสามารถระบุส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p> <p>- นักเรียนสามารถบอกหน้าที่ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p>	<p>3. วงจรไฟฟ้าหนึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ โดยมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คอยควบคุมการเปิดปิดของกระแสไฟในวงจร อุปกรณ์ดังกล่าว คือ อุปกรณ์ใด (S,T,E)</p> <p>ก. หลอดไฟฟ้า ข. ถ่านไฟฉาย ค. สายไฟ ง. สวิตช์ (✓)</p>		/			
<p>- นักเรียนสามารถระบุส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p> <p>- นักเรียนสามารถบอกหน้าที่ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p>	<p>4. จากข้อ 3 อุปกรณ์ในข้อใดทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานแสง (S,T,E)</p> <p>ก. หลอดไฟฟ้า (✓) ข. ถ่านไฟฉาย ค. สายไฟ ง. สวิตช์</p>		/			

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
- นักเรียนสามารถ ระบุส่วนประกอบ ของวงจรไฟฟ้า อย่างง่ายได้	5. จากรูป ข้อใดคือวงจรไฟฟ้า (S) ก.  ข.  ค.  ง.  (v)				/	

GRAD VRU

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้	<p>6. หากต้องการต่อวงจรไฟฟ้าให้มีกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจรจนทำให้หลอดไฟสว่าง ควรต่อตามแผนภาพวงจรไฟฟ้าในข้อใด (S,E)</p> <p>ก. </p> <p>ข. </p> <p>ค.  (v)</p> <p>ง. </p>				/	




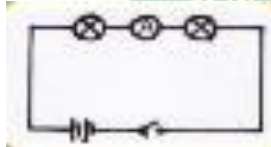
GRAD VRU


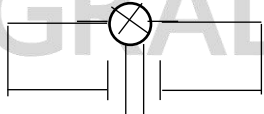
จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้	<p>7. นักเรียนสังเกตว่าหลอดไฟฟ้าสว่าง เนื่องจากกระแสไฟฟ้านั้นไหลครบวงจร ซึ่งเป็นไปตามแผนภาพวงจรไฟฟ้าในข้อใด (S)</p> <p>ก. </p> <p>ข. </p> <p>ค.  (✓)</p> <p>ง. </p>				/	





GRAD VRU

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<p>- นักเรียนสามารถระบุส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p> <p>- นักเรียนสามารถบอกหน้าที่ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p>	<p>8. ทำการทดลองหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่มีลักษณะต่างกันสองแหล่ง พบว่าแหล่งที่ 1 หลอดไฟสว่างมากกว่าแหล่งที่ 2 นักเรียนจะวิเคราะห์และสรุปผลได้อย่างไร (S,M)</p> <p>ก. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแหล่งที่ 1 มีความต่างศักย์มากกว่าแหล่งที่ 2 (✓)</p> <p>ข. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแหล่งที่ 1 มีความต่างศักย์น้อยกว่าแหล่งที่ 2</p> <p>ค. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแหล่งที่ 1 กับแหล่งที่ 2 มีความต่างศักย์เท่ากัน</p> <p>ง. ไม่สามารถอธิบายได้ เพราะความต่างศักย์ไม่มีผลต่อความสว่าง</p>				/	
<p>- นักเรียนสามารถระบุส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p> <p>- นักเรียนสามารถบอกหน้าที่ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p>	<p>9. จากข้อ 8 หากต้องใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการหาค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้า นักเรียนจะเลือกใช้อุปกรณ์ใด (S,T,E)</p> <p>ก. แอมมิเตอร์</p> <p>ข. โวลต์มิเตอร์ (✓)</p> <p>ค. โอห์มมิเตอร์</p> <p>ง. บอโรมิเตอร์</p>				/	

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<p>- นักเรียนสามารถระบุส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p> <p>- นักเรียนสามารถบอกหน้าที่ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p>	<p>10. หนูต้องการหาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าหนึ่ง เขาต้องใช้เครื่องมือใดในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าง่ายๆ (S,T,E)</p> <p>ก. แอมมิเตอร์ (✓)</p> <p>ข. โวลต์มิเตอร์</p> <p>ค. โอห์มมิเตอร์</p> <p>ง. บอโรมิเตอร์</p>				/	
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าได้</p>	<p>11. ทำการทดลองหาค่ากระแสไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าที่ต่อแบบอนุกรม 2 หลอด ผลที่ได้จะเป็นอย่างไร (S,M)</p> <p>ก. หลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 มีค่ากระแสไฟฟ้ามากกว่าหลอดที่ 2</p> <p>ข. หลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 มีค่ากระแสไฟฟ้าน้อยกว่าหลอดที่ 2</p> <p>ค. หลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 มีค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับหลอดที่ 2 (✓)</p> <p>ง. ไม่สามารถอธิบายได้</p>				/	

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p> <p>- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้</p>	<p>12. หากต้องต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านที่ประกอบไปด้วยหลอดไฟฟ้าจำนวนมาก โดยจะต้องสามารถควบคุมการเปิดปิดของวงจรได้ นักเรียนจะวางแผนและออกแบบแผนภาพวงจรไฟฟ้าให้มีอุปกรณ์ใดเพิ่มเข้าไปในวงจร (S,T,E)</p> <p>ก. _____</p> <p>ข.  (v)</p> <p>ค. </p> <p>ง. </p>				/	
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p>	<p>13. </p> <p>จากแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้า ไม่พบอุปกรณ์ใด (S,E)</p> <p>ก. หลอดไฟฟ้า</p> <p>ข. สายไฟฟ้า</p> <p>ค. สวิตช์ไฟ</p> <p>ง. มอเตอร์ (v)</p>	/				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p> <p>- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้</p>	<p>14. แผนภาพวงจรไฟฟ้าในบ้านหนึ่งมีสัญลักษณ์  หากพิจารณาวงจรไฟฟ้าในบ้านนี้ นักเรียนจะสรุปได้ว่าอย่างไร (S)</p> <p>ก. ไฟติดทุกดวง เพราะกระแสไฟไหลครบวงจร</p> <p>ข. ไฟติดทุกดวง เพราะแหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงานดีมาก</p> <p>ค. ไฟติดบางดวง เพราะแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีปัญหา</p> <p>ง. ไฟติดบางดวง เพราะสวิตช์ไฟปิดอยู่ (v)</p>					/
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้</p>	<p>15. ถ้านักเรียนใส่ถ่านไฟฉายในกระบอกไฟฉายที่ใช้ถ่านไฟฉาย 2 ก้อน สลับขั้ว 1 ก้อน ดังภาพ จะเกิดเหตุการณ์ใด (S)</p>  <p>ก. กระแสไฟฟ้าลดลง</p> <p>ข. กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น</p> <p>ค. พลังงานไฟฟ้าลดลง</p> <p>ง. ไม่มีกระแสไฟฟ้า (v)</p>	/				

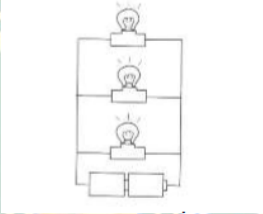
จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้	<p>16. จากข้อ 15 นักเรียนมีแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างไร (S,E)</p> <p>ก. ต่อถ่านไฟฉายตามเดิม เพราะไม่มีปัญหา ดังนี้</p>  <p>ข. ปรับการต่อถ่านไฟฉาย ดังนี้</p>  <p>ค. ปรับการต่อถ่านไฟฉาย ดังนี้</p>  <p>ง. ปรับการต่อถ่านไฟฉาย ดังนี้</p> 	/				

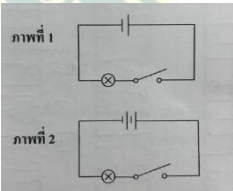
GRAD VRU

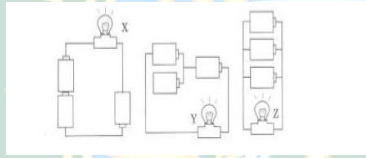
จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ - นักเรียนสามารถอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ - นักเรียนสามารถอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานได้ 	<p>17. นักเรียนคนหนึ่งออกแบบการต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้ถ่านไฟฉาย 2 ก้อน เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้า และมีวิธีการต่อดังภาพ นักเรียนคิดว่าหลอดไฟฟ้าจะสว่างหรือไม่ เพราะสาเหตุใด (S,E)</p>  <p>ก. สว่าง เพราะต่อสายไฟถูกต้อง ข. สว่าง เพราะต่อถ่านไฟฉายถูกต้อง ค. ไม่สว่าง เพราะต่อสายไฟไม่ถูกต้อง ง. ไม่สว่าง เพราะต่อถ่านไฟฉายไม่ถูกต้อง (✓)</p>	/				
<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ - นักเรียนสามารถอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานได้ 	<p>18. จากข้อ 17 ถ้าหลอดไฟไม่สว่างนักเรียนมีวิธีแก้ไขปัญหอย่างไร (S,E)</p> <p>ก. เปลี่ยนวิธีการต่อสายไฟให้ถูกต้อง ข. เปลี่ยนวิธีการต่อถ่านไฟฉายให้ถูกต้อง (✓) ค. เพิ่มจำนวนหลอดไฟให้มากขึ้น ง. เพิ่มจำนวนถ่านไฟฉายให้มากขึ้น</p>	/				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ - นักเรียนสามารถอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ - นักเรียนสามารถอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานได้ 	<p>19. หากนักเรียนต้องออกแบบการต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อต่อวงจรไฟฟ้าในระหว่างการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะออกแบบแผงวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายตามข้อใดจึงจะทำให้หลอดไฟสว่าง (S,E)</p> <p>ก. </p> <p>ข. </p> <p>ค. </p> <p>ง. </p> <p>(v)</p>	/				

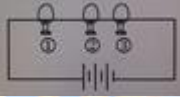
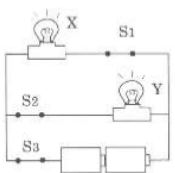
GRAD VRU

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมได้</p> <p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานได้</p>	<p>20.</p>  <p>นักเรียนทำการทดลองต่อวงจรไฟฟ้าดังแผนภาพ หากนำถ่านไฟฉายออก 1 ก้อน จะเกิดเหตุการณ์ตามข้อใด (S)</p> <p>ก. หลอดไฟสว่างเท่าเดิม</p> <p>ข. หลอดไฟสว่างมากขึ้น</p> <p>ค. หลอดไฟสว่างน้อยลง (✓)</p> <p>ง. หลอดไฟแต่ละหลอดสว่างไม่เท่ากัน</p>				/	
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมได้</p> <p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนานได้</p>	<p>21. จากข้อ 20 หากนำหลอดไฟออกเหลือเพียง 2 หลอด จะเกิดอะไรขึ้น</p> <p>ก. หลอดไฟสว่างเท่าเดิม</p> <p>ข. หลอดไฟสว่างมากขึ้น (✓)</p> <p>ค. หลอดไฟสว่างน้อยลง</p> <p>ง. หลอดไฟไม่สว่าง</p>		/			

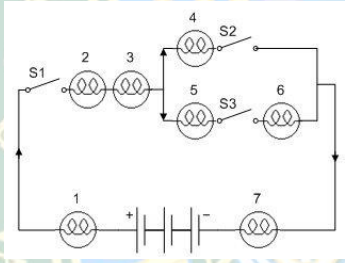
จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมได้</p> <p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนานได้</p>	<p>22. ทำการทดลอง“ต่อหลอดไฟฟ้า 2 ดวง โดยต่อขั้วหลอดไฟฟ้าดวงหนึ่ง คร่อมกับขั้วของหลอดไฟฟ้ดวงอีกดวง แล้วจึงต่อเข้ากับ แบตเตอรี่ และ สวิตซ์” วิธีการนี้เป็นการต่อวงจรไฟฟ้า แบบใด (S)</p> <p>ก. แบบตรง</p> <p>ข. แบบขนาน (✓)</p> <p>ค. แบบอนุกรม</p> <p>ง. แบบอนุกรมสลับขนาน</p>				/	
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมได้</p> <p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานได้</p>	<p>23. จากแผนภาพวงจรไฟฟ้า เมื่อกดสวิตซ์ให้กระแสไฟฟ้าผ่านแล้ว ข้อใดถูกต้อง (S,M)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>ก. หลอดไฟจากภาพที่ 1 สว่างกว่า</p> <p>ข. หลอดไฟจากภาพที่ 2 สว่างกว่า (✓)</p> <p>ค. หลอดไฟทั้งสองหลอดสว่างเท่ากัน</p> <p>ง. ไม่มีหลอดใดติดทั้งสองภาพ</p>				/	

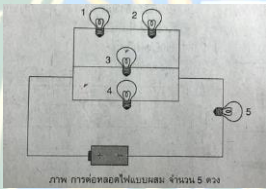
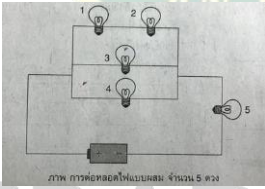
จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมได้</p> <p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานได้</p>	<p>24.</p>  <p>การต่อวงจรไฟฟ้าในภาพทำให้หลอดไฟสว่างมากน้อยไม่เท่ากัน ข้อใดเรียงลำดับความสว่างของหลอดไฟมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดได้ถูกต้อง (S,M)</p> <p>ก. X Y Z (v) ข. Y Z X ค. X Z Y ง. Z Y X</p>					/
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมได้</p>	<p>25. หลอดไฟฟ้า A และ หลอดไฟฟ้า B ซึ่งมีจำนวนวัตต์ต่างกัน ต่ออนุกรมกัน เหตุการณ์ใดต่อไปนี้เป็นความจริง (S)</p> <p>ก. ถ้าหลอด A ดับ หลอด B จะไม่ดับ ข. ถ้าหลอด B ดับ หลอด A จะไม่ดับ ค. หลอด A ดับ หลอด B จะดับด้วย (v) ง. ไม่มีข้อใดถูก</p>					/

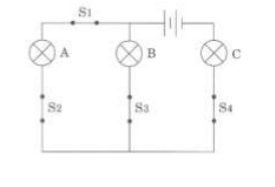
จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมได้	26. ถ้านำหลอดไฟฟ้า A และ B ที่มีจำนวนวัตต์เท่ากันมาต่อแบบอนุกรม ข้อความใดถูกต้อง (S) ก. หลอดไฟฟ้า A และ B สว่างไม่เท่ากัน ข. ถ้าหลอดไฟฟ้า A ดับ หลอดไฟฟ้า B จะไม่ดับ ค. ถ้าหลอดไฟฟ้า B ดับ หลอดไฟฟ้า A จะไม่ดับ ง. ถ้าหลอดไฟฟ้า A ดับ หลอดไฟฟ้า B จะดับด้วย (v)					/
- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้	27. วงจรไฟฟ้าหนึ่งไม่มีไฟฟ้าไหลในวงจร ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามข้อใด (S) ก. วงจรไฟฟ้าเปิด (v) ข. สวิตช์ไฟฟ้าเปิด ค. เส้นทางของวงจรไม่ขาด ง. ลวดตัวนำเป็นฉนวนไฟฟ้า	/				
- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ - นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนานได้	28. ทำการทดลอง“ต่อหลอดไฟฟ้า 2 ดวง โดยต่อเรียงกัน แล้วจึงต่อเข้ากับ แบตเตอรี่ และสวิตช์” วิธีการนี้เป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบใด (S) ก. แบบตรง ข. แบบขนาน ค. แบบอนุกรม (v) ง. แบบอนุกรมสลับขนาน		/			

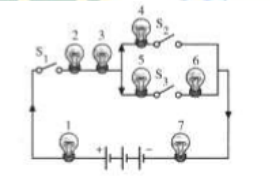
จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
- นักเรียนสามารถ อธิบายการต่อ หลอดไฟฟ้าได้	29.  นักเรียนทำการต่อวงจรไฟฟ้า ดังภาพ ข้อใดต่อไปนี้นี้กล่าว ถูกต้อง (S) ก. เป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ข. ในวงจรไฟฟ้ามีเซลล์ไฟฟ้า 1 เซลล์ ค. ถ้าหลอดไฟหลอดที่ 2 ดับ จะทำให้หลอดไฟที่เหลือ ดับด้วยทั้งหมด (✓) ง. ถ้าหลอดไฟหลอดที่ 3 ดับ จะทำให้หลอดไฟหลอดที่ 2 ยังสว่างอยู่			/		
- นักเรียนสามารถ อธิบายการต่อ หลอดไฟฟ้าได้	30.  จากแผนภาพวงจรไฟฟ้า หากสวิตช์ S3 ชำรุด นักเรียนคิด ว่าเหตุการณ์ในข้อใดจะเกิดขึ้น (S) ก. หลอดไฟ X สว่างเพียงหลอดเดียว ข. หลอดไฟ Y สว่างเพียงหลอดเดียว ค. หลอดไฟ X และ Y ดับ (✓) ง. หลอดไฟ X และ Y ยังคงสว่าง			/		

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
- นักเรียนสามารถ อธิบายการต่อ หลอดไฟฟ้าได้	31.  ถ้าหากหลอดไฟ A ชาร์ตเพียงหลอดเดียว เหตุการณ์ข้อใด จะเกิดขึ้น (S) ก. หลอดไฟ B และ C ดับ ข. หลอดไฟ B สว่างหลอดเดียว ค. หลอดไฟ C สว่างหลอดเดียว ง. หลอดไฟ B และ C สว่างทั้งคู่ (✓)			/		
- นักเรียนสามารถ อธิบายการต่อ หลอดไฟฟ้าได้	32. จากข้อ 31 หากหลอดไฟ B ชาร์ตเพียงหลอดเดียว ปัญหาในข้อใดจะเกิดขึ้น (S) ก. หลอดไฟ A และ C ดับ ข. หลอดไฟ C จะดับ และ A สว่างหลอดเดียว (✓) ค. หลอดไฟ A จะดับ และ C สว่างหลอดเดียว ง. หลอดไฟ A และ C สว่างทั้งคู่			/		
- นักเรียนสามารถ อธิบายการต่อ หลอดไฟฟ้าแบบ ขนานได้	33. ทำการทดลองต่อหลอดไฟ 3 ดวง แบบขนาน ถ้าถอด หลอดไฟออก 1 ดวง จะเกิดปัญหาหรือไม่ อย่างไร (S,E) ก. เกิด โดยวงจรเปิดทั้งวงจร ข. เกิด โดยไฟฟาลัดวงจร ค. เกิด โดยหลอดไฟดับหมดทั้ง 3 ดวง ง. ไม่เกิด โดยหลอดไฟดวงที่เหลือยังทำงานได้ (✓)	/				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้	 <p>34. ถ้ากดสวิตช์ S.1 แต่ไม่กดสวิตช์ S.2 และ S.3 หลอดไฟฟ้าใดจะสว่าง (S,E)</p> <p>ก. 2 และ 3 ข. 2, 3 และ 7 ค. 1, 2, 3, 4 และ 7 ง. ไม่มีหลอดใดสว่าง (v)</p>			/		
- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้	<p>35. จากข้อ 34 ถ้ากดสวิตช์ S.1 และ S.2 หลอดไฟฟ้าใดที่จะสว่าง (S,E)</p> <p>ก. 2 และ 3 ข. 2, 3 และ 7 ค. 1, 2, 3, 4 และ 7 (v) ง. ไม่มีหลอดใดสว่าง</p>		/			
- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้	<p>36. จากข้อ 34 ถ้าหลอดไฟฟ้าใดขาดจะทำให้ทุกหลอดดับ (S,E)</p> <p>ก. 3 (v) ข. 4 ค. 5 ง. 6</p>			/		

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
- นักเรียนสามารถ อธิบายการต่อ หลอดไฟฟ้าได้	37.  คุณครูให้นักเรียนต่อวงจรไฟฟ้างภาพ เมื่อนำหลอดไฟฟ้า หมายเลขใดออกแล้วจะทำให้หลอดไฟทุกหลอดดับได้ (S) ก. หมายเลข 2 ข. หมายเลข 3 ค. หมายเลข 4 ง. หมายเลข 5 (✓)				/	
- นักเรียนสามารถ อธิบายการต่อ หลอดไฟฟ้าได้	38.  เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าครบวงจร หลอดไฟสว่างทุกดวง หาก คุณครูให้นักเรียนนำหลอดไฟหมายเลข 2 ออกจากวงจร หลอดไฟหมายเลขใดจะดับ (S) ก. หมายเลข 1 (✓) ข. หมายเลข 3 ค. หมายเลข 4 ง. หมายเลข 5		/			

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้</p> <p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าได้</p>	<p>39.</p>  <p>จากแผนภาพวงจรไฟฟ้า ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง (S)</p> <p>ก. วงจรไฟฟ้าเป็นวงจรเปิด (✓)</p> <p>ข. หลอดไฟสว่างทั้ง 3 หลอด</p> <p>ค. หลอด A และ B ต่อกันแบบขนาน</p> <p>ง. วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้า 2 เซลล์</p>					/
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้</p> <p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าได้</p>	<p>40. จากข้อ 39 ถ้าสวิตช์ S1 ชำรุดจะเกิดเหตุการณ์ในข้อใด (S)</p> <p>ก. หลอดไฟ A ดับ (✓)</p> <p>ข. หลอดไฟ B ดับ</p> <p>ค. หลอดไฟ C ดับ</p> <p>ง. หลอดไฟ A และ C ดับ</p>			/		

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้</p> <p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าได้</p>	<p>41. จากแผนภาพวงจรไฟฟ้าในข้อ 39 ถ้าสวิตช์ S3 ชำรุด จะเกิดเหตุการณ์ในข้อใด (S)</p> <p>ก. หลอดไฟ A ดับ ข. หลอดไฟ B ดับ (v) ค. หลอดไฟ C ดับ ง. หลอดไฟ A และ C ดับ</p>			/		
<p>- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้</p> <p>- นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าได้</p>	<p>42. </p> <p>ถ้ากดสวิตช์ S1 และ S3 แต่ไม่กด S2 การทดลองดังกล่าว จะทำให้หลอดไฟใดสว่าง (S)</p> <p>ก. 2 และ 3 ข. 1, 2, 3, 4 และ 7 ค. 1, 2, 3, 5, 6 และ 7 (v) ง. ไม่มีหลอดใดสว่าง</p>	/				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้ - นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าได้	43. จากข้อ 42 ถ้าทำการทดลองกตสวิตช์ S2 และ S3 หลอดไฟจะสว่าง (S) ก. 2 และ 3 ข. 2, 3 และ 7 ค. 1, 2, 3, 4 และ 7 ง. ไม่มีหลอดใดสว่าง (v)	/		/		
- นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้ - นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าได้	44. จากข้อ 42 ถ้าทำการทดลองกตสวิตช์ S3 หลอดไฟจะสว่าง (S) ก. 2 และ 3 ข. 1, 2, 3, 4 และ 7 ค. 1, 2, 3, 5, 6 และ 7 ง. ไม่มีหลอดใดสว่าง (v)	/				
- นักเรียนสามารถระบุส่วนประกอบของ วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้	45. จากสถานการณ์ เรื่อง “จีนจ้งจอมแก่น” ที่นักเรียนได้ชมวิดีโอ นั้น ปัญหา ที่เกิดขึ้นและต้องการให้นักเรียนแก้ไขคืออะไร (S) ก. ไฟดับ ต้องการให้ซ่อมไฟ ข. ไฟดับ ต้องการให้ทำอุปกรณ์ให้แสงสว่าง (v) ค. น้ำท่วม ต้องการให้ขนย้ายสิ่งของ ง. น้ำท่วม ต้องการให้ช่วยย้ายบ้าน	/				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
- นักเรียนสามารถ บอกประโยชน์ของ การต่อเซลล์ไฟฟ้า ได้	46. เมื่อพิจารณาของเล่นต่อไปนี้ ของเล่นในข้อใดไม่มี ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า (S) ก. ตุ๊กตาล้มลุก (✓) ข. เครื่องบินบังคับ ค. หุ่นยนต์เดินได้ ง. ปืนทหารที่ยิงแล้วมีแสง			/		
- นักเรียนสามารถ บอกประโยชน์ของ การต่อเซลล์ไฟฟ้า ได้ - นักเรียนสามารถ บอกประโยชน์ของ การต่อหลอด ไฟฟ้าได้	47. ถ้าไม่ต้องการให้หลอดไฟ A ดับ เมื่อหลอดไฟ B ชำรุด ควรนำความรู้เรื่องไฟฟ้าไปแก้ปัญหาอย่างไร (S)  ก. เพิ่มถ่านไฟฉาย ข. นำสวิตช์ไฟออก ค. ต่อถ่านไฟฉายแบบขนาน ง. ต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน (✓)	/				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์				
		ระบุปัญหา	ตั้งสมมติฐาน	รวบรวมข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล	สรุปผล
- นักเรียนสามารถ บอกประโยชน์ของ การต่อหลอด ไฟฟ้าได้	48. ในการต่อหลอดไฟฟ้าในบ้าน มักพบปัญหาจากการต่อ หลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมตามข้อใด (S) ก. เกิดไฟฟ้ลัดวงจรได้ง่าย ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไม่สม่ำเสมอ ค. ใช้เวลาในการต่อหลอดไฟนานกว่าแบบอื่น ง. เมื่อหลอดไฟหลอดใดหลอดหนึ่งดับ หลอดที่เหลือ จะดับทั้งหมด (✓)				/	
- นักเรียนสามารถ บอกประโยชน์ของ การต่อเซลล์ไฟฟ้า ได้ - นักเรียนสามารถ บอกประโยชน์ของ การต่อหลอด ไฟฟ้าได้	49. ข้อใดคือประโยชน์เมื่อเกิดวงจรไฟฟ้าปิด (S) ก. อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชิ้นสามารถทำงานได้ ข. เครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชิ้นสามารถทำงานได้ ค. มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ง. ถูกต้องทุกข้อ (✓)			/		
- นักเรียนสามารถ บอกประโยชน์ของ การต่อเซลล์ไฟฟ้า ได้ - นักเรียนสามารถ บอกประโยชน์ของ การต่อหลอด ไฟฟ้าได้	50. ในวงจรไฟฟ้าหนึ่ง ถ้าเราเพิ่มหลอดไฟฟ้า แต่ แหล่งกำเนิดไฟฟ้ายังเท่าเดิม ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร (S) ก. ความสว่างแต่ละหลอดเท่าเดิม ข. ความสว่างแต่ละหลอดลดลง (✓) ค. ความสว่างแต่ละหลอดไม่เท่ากัน ง. ความสว่างแต่ละหลอดจะสว่างมากขึ้นกว่าเดิม				/	

ตารางการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า
(เป็นแบบปรนัย 30 ข้อ)

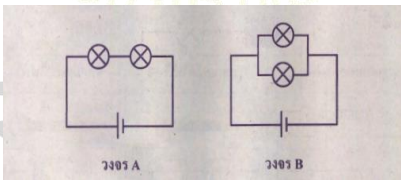
องค์ประกอบความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	ข้อที่	รวม (ข้อ)
1. ระบุปัญหา	13, 15, 17, 19, 27, 33, 42, 44, 45, 47	10
2. ตั้งสมมติฐาน	1, 2, 3, 4, 16, 18, 21, 28, 35, 38	10
3. รวบรวมข้อมูล	29, 30, 31, 32, 34, 36, 40, 41, 43, 46	10
4. วิเคราะห์ข้อมูล	5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 20, 22, 37	10
5. สรุปผล	11, 14, 23, 24, 25, 26, 39, 48, 49, 50	10

GRAD VRU

**ตารางการวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อสร้าง
แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า
(เป็นแบบอัตนัย 5 ข้อ)**

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถ ในการให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์		
		การคำนวณ	การเปรียบเทียบจำนวน	การสรุปด้วยเหตุผล
<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้ - นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง 	1. ถ่านไฟฉาย 1 ก้อน มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1.5 โวลต์ การต่อถ่าน 3 ก้อนแบบอนุกรมกับแบบขนานจะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากันหรือไม่อย่างไร ระบุเหตุผลพร้อมแสดงวิธีคิด	/	/	/
<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้ - นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง 	2. การต่อถ่านไฟฉาย 2 ก้อน แบบอนุกรมกับการต่อถ่านไฟฉาย 3 ก้อนแบบอนุกรมจะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร ระบุเหตุผล พร้อมแสดงวิธีคิด	/	/	/
<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้ 	3. เมื่อต่อวงจร ดังภาพ <div style="text-align: center;"> </div>	/	/	/

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถ ในการให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์		
		การคำนวณ	การเปรียบเทียบจำนวน	การสรุปด้วยเหตุผล
- นักเรียนมีทักษะในการ แก้ปัญหา และให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์ได้อย่าง ถูกต้อง	การต่อเซลล์ไฟฟ้าในภาพใด ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้า มากที่สุด เพราะเหตุใด จงอธิบายพร้อมแสดงวิธี ทำ			
- นักเรียนสามารถอธิบาย การเขียนแผนภาพและต่อ วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ - นักเรียนมีทักษะในการ แก้ปัญหา และให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์ได้อย่าง ถูกต้อง	4. จากวงจรไฟฟ้าในภาพ  หากเพิ่มขนาดตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทาน 3 โอห์ม อีก 1 ตัว การต่อวงจรแบบใดที่ทำให้ได้ กระแสไฟฟ้าในวงจรมากที่สุด จงอธิบายเหตุผล เขียนแผนภาพ และแสดงวิธีทำ	/	/	/
- นักเรียนสามารถอธิบาย การเขียนแผนภาพและต่อ วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ - นักเรียนมีทักษะในการ แก้ปัญหา และให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์ได้อย่าง ถูกต้อง	5. จากภาพในข้อ 4 หากลดขนาดตัวต้านทานที่ มีค่าความต้านทานเหลือ 2 โอห์ม จะทำให้ กระแสไฟฟ้าในวงจรเพิ่มขึ้นหรือไม่ จงอธิบาย เหตุผล เขียนแผนภาพประกอบ และแสดงวิธีทำ	/	/	/
- นักเรียนสามารถอธิบาย การเขียนแผนภาพและต่อ วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ - นักเรียนมีทักษะในการ แก้ปัญหา และให้เหตุผล	6. ทดลองต่อวงจรไฟฟ้าซึ่ง ประกอบด้วย ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 โวลต์จำนวน 2 ก้อนต่อ แบบอนุกรม ความต้านทานของตัวต้านทานใน หลอดไฟ 2 หลอด มีค่า 1 และ 2 โอห์ม นักเรียนจะวางแผน ออกแบบ และเลือกต่อ	/	/	/

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถ ในการให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์		
		การคำนวณ	การเปรียบเทียบจำนวน	การสรุปด้วยเหตุผล
ทางคณิตศาสตร์ได้อย่าง ถูกต้อง	หลอดไฟฟ้าแบบใดที่ทำให้มีกระแสไฟไหลใน วงจรมากที่สุด เขียนแผนภาพแสดงการต่อวงจร แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายเหตุผล ประกอบ			
- นักเรียนสามารถอธิบาย การเขียนแผนภาพและต่อ วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ - นักเรียนมีทักษะในการ แก้ปัญหา และให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์ได้อย่าง ถูกต้อง	7. ทดลองต่อวงจรไฟฟ้าซึ่ง ประกอบด้วย ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 โวลต์จำนวน 2 ก้อนต่อ แบบขนาน ความต้านทานของตัวต้านทานใน หลอดไฟ 2 หลอด มีค่า 2 และ 3 โอห์ม นักเรียนจะวางแผน ออกแบบ และเลือกต่อ หลอดไฟฟ้าแบบใดที่ทำให้มีกระแสไฟไหลใน วงจรมากที่สุด เขียนแผนภาพแสดงการต่อวงจร แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายเหตุผล ประกอบ	/	/	/
- นักเรียนสามารถ เปรียบเทียบการต่อหลอด ไฟฟ้าแบบอนุกรมและ แบบขนานได้ - นักเรียนมีทักษะในการ แก้ปัญหา และให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์ได้อย่าง ถูกต้อง	8. เมื่อต่อวงจรไฟฟ้า 2 วงจร ดังภาพ  โดยกำหนดค่าความต้านทานของตัวต้านทานใน หลอดไฟที่มีค่า 3 โอห์ม หลอดไฟฟ้าในวงจรใด สว่างมากกว่า เพราะเหตุใด จงอธิบาย พร้อม แสดงวิธีทำ	/	/	/
- นักเรียนสามารถ เปรียบเทียบการต่อหลอด	9. เมื่อต่อวงจร ดังภาพ	/	/	/

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถ ในการให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์		
		การคำนวณ	การเปรียบเทียบจำนวน	การสรุปด้วยเหตุผล
ไฟฟ้าแบบอนุกรมและ แบบขนานได้ - นักเรียนมีทักษะในการ แก้ปัญหา และให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์ได้อย่าง ถูกต้อง	 <p>โดยกำหนดค่าความต้านทานของตัวต้านทานใน หลอดมีค่า 2 โอห์ม จะมีกระแสไฟฟ้าในวงจร เท่าใด และเมื่อเทียบกับการต่อวงจรไฟฟ้าแบบ อนุกรมจะมีกระแสไฟฟ้าในวงจรเท่ากันหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมแสดงวิธีทำ</p>			
- นักเรียนสามารถ เปรียบเทียบการต่อหลอด ไฟฟ้าแบบอนุกรมและ แบบขนานได้ - นักเรียนมีทักษะในการ แก้ปัญหา และให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์ได้อย่าง ถูกต้อง	10. นักเรียนทำการทดลองต่อหลอดไฟฟ้า 2 หลอดที่มีขนาดต่างกันเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 220 โวลต์ โดยทำการทดลองทีละครั้ง ครั้งที่ 1 ได้ กระแสไฟฟ้า 1.10 แอมแปร์ ครั้งที่ 2 ได้ กระแสไฟฟ้า 2.20 แอมแปร์ จงอธิบายสาเหตุที่ ทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรไม่เท่ากัน พร้อมแสดง วิธีทำ	/	/	/

ตารางการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า
(เป็นแบบปรนัย 5 ข้อ)

องค์ประกอบความสามารถ ในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	ข้อที่	รวม (ข้อ)
1. การคำนวณ	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	10
2. การเปรียบเทียบจำนวน	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	10
3. การสรุปด้วยเหตุผล	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	10

GRAD VRU



ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ IOC ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของ
แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัด
ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

GRAD VRU

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ IOC ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้
 ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า
 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ข้อคำถามเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
21	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
31	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
32	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
33	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
34	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
35	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
36	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
37	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
38	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
39	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
40	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
41	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
42	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
43	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
44	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
45	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
46	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
47	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
48	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
49	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
50	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง



GRAD VRU

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ IOC ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้
 ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า
 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ข้อคำถามเป็นแบบอัตนัย

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง

GRAD VRU



ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น (KR-20) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_e) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) จากสูตรของครอนบัค (Cronbach) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

GRAD VRU

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (D)
และค่าความเชื่อมั่น (KR-20) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ตัวเลือกที่ถูกต้อง	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)
1	ค	0.52	0.40
2	ข	0.60	0.56
3	ก	0.48	0.48
4	ค	0.52	0.72
5	ก	0.36	0.40
6	ข	0.56	0.64
7	ค	0.56	0.32
8	ข	0.48	0.32
9	ง	0.48	0.32
10	ง	0.36	0.56
11	ข	0.64	0.64
12	ข	0.40	0.48
13	ง	0.52	0.88
14	ค	0.56	0.48
15	ข	0.44	0.40
16	ข	0.40	0.32
17	ค	0.60	0.40
18	ง	0.40	0.48
19	ค	0.32	0.32
20	ค	0.36	0.40
21	ง	0.40	0.48
22	ข	0.44	0.24
23	ง	0.32	0.32

ข้อที่	ตัวเลือกที่ถูกต้อง	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)
24	ค	0.36	0.40
25	ก	0.32	0.32
26	ง	0.32	0.48
27	ก	0.48	0.32
28	ข	0.60	0.40
29	ง	0.32	0.32
30	ข	0.32	0.32

มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR-20) เท่ากับ 0.89



GRAD VRU

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) จากสูตรของครอนบัค (Cronbach) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P_E)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.52	0.62
2	0.53	0.74
3	0.56	0.69
4	0.58	0.62
5	0.62	0.58

มีค่าความเชื่อมั่นโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) จากสูตรครอนบัค (Cronbach) ของแบบทดสอบ เท่ากับ 0.84

GRAD VRU



ภาคผนวก ฉ

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัด
ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้น
ประถมศึกษาปีที่ 6

GRAD VRU

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง ไฟฟ้า

คำชี้แจง แบบทดสอบฉบับนี้มี 30 ข้อ ใช้เวลาในการสอบ 1 ชั่วโมง คะแนนเต็ม 30 คะแนน เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว โดยทำเครื่องหมายกากบาท (X) ทับตัวอักษร ข้อ ก ข ค หรือ ง เพียงข้อใดข้อหนึ่งลงในกระดาษให้ถูกต้อง

1. เมื่อนักเรียนออกแบบต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายวงจรหนึ่ง พบว่าอุปกรณ์หนึ่งในวงจรที่มีลักษณะเป็นตัวนำไฟฟ้านั้นชำรุด ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้ อุปกรณ์ดังกล่าว คือ ส่วนประกอบใดในวงจร (S,E)

- ก. หลอดไฟฟ้า ข. ถ่านไฟฉาย
ค. สายไฟ ง. สวิตช์

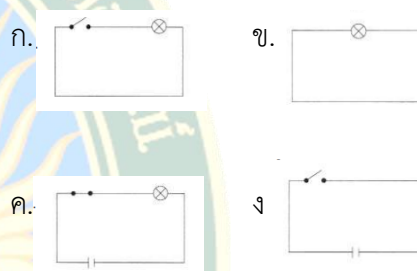
2. จากข้อ 1 อุปกรณ์ในข้อใดต่อไปนี้ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าให้กับวงจร (S,T,E)

- ก. หลอดไฟฟ้า ข. ถ่านไฟฉาย
ค. สายไฟ ง. สวิตช์

3. อุปกรณ์ในข้อใดทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานแสง (S,T,E)

- ก. หลอดไฟฟ้า ข. ถ่านไฟฉาย
ค. สายไฟ ง. สวิตช์

4. หากต้องการต่อวงจรไฟฟ้าให้มีกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจรจนทำให้หลอดไฟสว่าง ควรต่อตามแผนภาพวงจรไฟฟ้าในข้อใด (S,E)



5. ทำการทดลองหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่มีลักษณะต่างกันสองแหล่ง พบว่า แหล่งที่ 1 หลอดไฟสว่างมากกว่าแหล่งที่ 2 นักเรียนจะวิเคราะห์และสรุปผลได้อย่างไร (S,M)

- ก. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแหล่งที่ 1 มีความต่างศักย์มากกว่าแหล่งที่ 2
ข. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแหล่งที่ 1 มีความต่างศักย์น้อยกว่าแหล่งที่ 2
ค. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแหล่งที่ 1 กับแหล่งที่ 2 มีความต่างศักย์เท่ากัน
ง. ไม่สามารถอธิบายได้ เพราะความต่างศักย์ไม่มีผลต่อความสว่าง

6. หากต้องใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการหาค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้า นักเรียนจะเลือกใช้อุปกรณ์ใด (S,T,E)

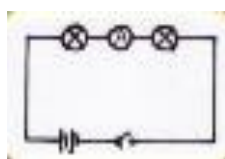
- ก. แอมมิเตอร์ ข. โวลต์มิเตอร์
ค. โอมห์มิเตอร์ ง. บอโรมิเตอร์

7. ทำการทดลองหาค่ากระแสไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าที่ต่อแบบอนุกรม 2 หลอด ผลที่ได้จะเป็นอย่างไร (S,M)

- ก. หลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 มีค่ากระแสไฟฟ้ามากกว่าหลอดที่ 2
ข. หลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 มีค่ากระแสไฟฟ้าน้อยกว่าหลอดที่ 2
ค. หลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 มีค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับหลอดที่ 2
ง. ไม่สามารถอธิบายได้

8. หากต้องต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านที่ประกอบไปด้วยหลอดไฟฟ้าจำนวนมาก โดยจะต้องสามารถควบคุมการเปิดปิดของวงจรได้ นักเรียนจะวางแผนและออกแบบแผนภาพวงจรไฟฟ้าให้มีอุปกรณ์ใดเพิ่มเข้าไปในวงจร (S,T,E)

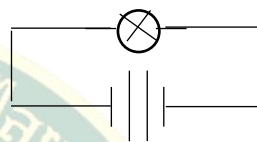
- ก. _____ ข. _____
ค. —|— ง. —⊗—



9. จากแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้า ไม่พบอุปกรณ์ใด (S,E)

- ก. หลอดไฟฟ้า ข. สายไฟฟ้า
ค. สวิตช์ไฟ ง. มอเตอร์

10. ถ้านักเรียนใส่ถ่านไฟฉายในกระบอกไฟฉายที่ใช้ถ่านไฟฉาย 2 ก้อน สลับขั้ว 1 ก้อน ดังภาพ จะเกิดเหตุการณ์ใด (S)



- ก. กระแสไฟฟ้าลดลง
ข. กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น
ค. พลังงานไฟฟ้าลดลง
ง. ไม่มีกระแสไฟฟ้า

11. จากข้อ 10 นักเรียนมีแนวทางการแก้ไขปัญหอย่างไร (S,E)

- ก. ต่อถ่านไฟฉายตามเดิม เพราะไม่มีปัญหา ดังนี้



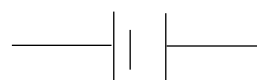
- ข. ปรับการต่อถ่านไฟฉาย ดังนี้



- ค. ปรับการต่อถ่านไฟฉาย ดังนี้



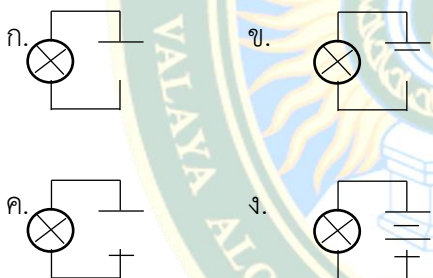
- ง. ปรับการต่อถ่านไฟฉาย ดังนี้



12. จากข้อ 11 ถ้าหลอดไฟไม่สว่างนักเรียน
มีวิธีแก้ไขปัญหอย่างไร (S,E)

- ก. เปลี่ยนวิธีการต่อสายไฟให้ถูกต้อง
- ข. เปลี่ยนวิธีการต่อถ่านไฟฉายให้ถูกต้อง
- ค. เพิ่มจำนวนหลอดไฟให้มากขึ้น
- ง. เพิ่มจำนวนถ่านไฟฉายให้มากขึ้น

13. หากนักเรียนต้องออกแบบการต่อ
วงจรไฟฟ้าเพื่อต่อวงจรไฟฟ้าในระหว่างการ
เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะออกแบบ
แผงวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายตามข้อใดจึงจะทำให้
ให้หลอดไฟสว่าง (S,E)



14. นักเรียนทำการทดลองต่อ
วงจรไฟฟ้าดังแผนภาพ
หากนำถ่านไฟฉายออก 1 ก้อน
จะเกิดเหตุการณ์ตามข้อใด (S)



- ก. หลอดไฟสว่างเท่าเดิม
- ข. หลอดไฟสว่างมากขึ้น
- ค. หลอดไฟสว่างน้อยลง
- ง. หลอดไฟแต่ละหลอดสว่างไม่เท่ากัน

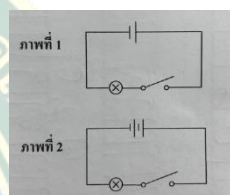
15. จากข้อ 14 หากนำหลอดไฟออกเหลือ
เพียง 2 หลอด จะเกิดอะไรขึ้น

- ก. หลอดไฟสว่างเท่าเดิม
- ข. หลอดไฟสว่างมากขึ้น

ค. หลอดไฟสว่างน้อยลง

ง. หลอดไฟไม่สว่าง

16. จากแผนภาพวงจรไฟฟ้า เมื่อกดสวิตซ์
ให้กระแสไฟฟ้าผ่านแล้ว ข้อใดถูกต้อง (S,M)



- ก. หลอดไฟจากภาพที่ 1 สว่างกว่า
- ข. หลอดไฟจากภาพที่ 2 สว่างกว่า
- ค. หลอดไฟทั้งสองหลอดสว่างเท่ากัน
- ง. ไม่มีหลอดใดติดทั้งสองภาพ

17. หลอดไฟฟ้า A และ หลอดไฟฟ้า B ซึ่งมี
จำนวนวัตต์ต่างกัน ต่ออนุกรมกัน เหตุการณ์
ใดต่อไปนี้เป็นความจริง (S)

- ก. ถ้าหลอด A ดับ หลอด B จะไม่ดับ
- ข. ถ้าหลอด B ดับ หลอด A จะไม่ดับ
- ค. หลอด A ดับ หลอด B จะดับด้วย
- ง. ไม่มีข้อใดถูก

18. ถ้านำหลอดไฟฟ้า A และ B ที่มีจำนวน
วัตต์เท่ากันมาต่อแบบอนุกรม ข้อความใด
ถูกต้อง (S)

- ก. หลอดไฟฟ้า A และ B สว่างไม่เท่ากัน
- ข. ถ้าหลอดไฟฟ้า A ดับ หลอดไฟฟ้า B จะไม่ดับ
- ค. ถ้าหลอดไฟฟ้า B ดับ หลอดไฟฟ้า A จะไม่ดับ

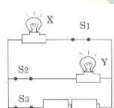
ง. ถ้าหลอดไฟฟ้า A ดับ หลอดไฟฟ้า B จะดับด้วย

19. นักเรียนทำการต่อวงจรไฟฟ้า ดังภาพ
ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง (S)



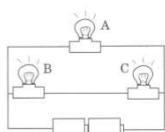
- ก. เป็นการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน
ข. ในวงจรไฟฟ้ามีเซลล์ไฟฟ้า 1 เซลล์
ค. ถ้าหลอดไฟหลอดที่ 2 ดับ จะทำให้หลอดไฟที่เหลือดับด้วยทั้งหมด
ง. ถ้าหลอดไฟหลอดที่ 3 ดับ จะทำให้หลอดไฟหลอดที่ 2 ยังสว่างอยู่

20. จากแผนภาพวงจรไฟฟ้า หากสวิตช์ S3
ชำรุด นักเรียนคิดว่าเหตุการณ์ในข้อใดจะเกิดขึ้น (S)



- ก. หลอดไฟ X สว่างเพียงหลอดเดียว
ข. หลอดไฟ Y สว่างเพียงหลอดเดียว
ค. หลอดไฟ X และ Y ดับ
ง. หลอดไฟ X และ Y ยังคงสว่าง

21. ถ้าหากหลอดไฟ A ชำรุดเพียงหลอดเดียว เหตุการณ์ข้อใดจะเกิดขึ้น (S)



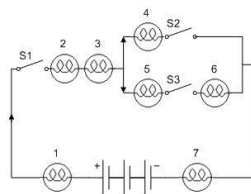
- ก. หลอดไฟ B และ C ดับ
ข. หลอดไฟ B สว่างหลอดเดียว
ค. หลอดไฟ C สว่างหลอดเดียว
ง. หลอดไฟ B และ C สว่างทั้งคู่

22. จากข้อ 21 หากหลอดไฟ B ชำรุดเพียงหลอดเดียว ปัญหาในข้อใดจะเกิดขึ้น (S)

- ก. หลอดไฟ A และ C ดับ
ข. หลอดไฟ C จะดับ และ A สว่างหลอดเดียว
ค. หลอดไฟ A จะดับ และ C สว่างหลอดเดียว
ง. หลอดไฟ A และ C สว่างทั้งคู่

23. ทำการทดลองต่อหลอดไฟ 3 ดวง แบบขนาน ถ้าถอดหลอดไฟออก 1 ดวง จะเกิดปัญหาหรือไม่ อย่างไร (S,E)

- ก. เกิด โดยวงจรเปิดทั้งวงจร
ข. เกิด โดยไฟฟ้าลัดวงจร
ค. เกิด โดยหลอดไฟดับหมดทั้ง 3 ดวง
ง. ไม่เกิด โดยหลอดไฟดวงที่เหลือยังทำงานได้



24. ถ้ากดสวิตช์ S.1 และ S.2 หลอดไฟฟ้าใดที่จะสว่าง (S,E)

- ก. 2 และ 3
ข. 2, 3 และ 7

แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
เรื่อง ไฟฟ้า

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง โดยแสดงวิธีทำอย่างละเอียด พร้อมอธิบาย
เหตุผลประกอบ

1. ถ่านไฟฉาย 1 ก้อน มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1.5 โวลต์ การต่อถ่าน 3 ก้อนแบบอนุกรมกับแบบขนาน
จะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร ระบุเหตุผลพร้อมแสดงวิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

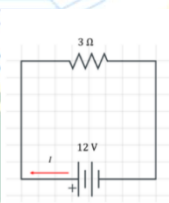
.....

.....

.....

.....

2. จากวงจรไฟฟ้าในภาพ



หากเพิ่มขนาดตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทาน 3 โอห์ม อีก 1 ตัว การต่อวงจรแบบใดที่ทำให้ได้
กระแสไฟฟ้าในวงจรมากที่สุด จงอธิบายเหตุผลเขียนแผนภาพ และแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เฉลย

แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

1. ถ่านไฟฉาย 1 ก้อน มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1.5 โวลต์ การต่อถ่าน 3 ก้อนแบบอนุกรมกับแบบขนาน จะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร ระบุเหตุผล พร้อมแสดงวิธีคิด

วิธีทำ การต่อถ่านไฟฉาย 3 ก้อน แบบอนุกรมและแบบขนานจะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าไม่เท่ากัน โดยการต่อถ่านไฟฉายแบบอนุกรมจะให้แรงเคลื่อนไฟฟ้ามากกว่าแบบขนาน ดังนี้

หาแรงเคลื่อนไฟฟ้าของการต่อถ่านไฟฉายแบบอนุกรม

$$\begin{aligned} \text{จาก } E_{\text{รวม}} &= E_1 + E_2 + E_3 \\ &= 1.5 + 1.5 + 1.5 \\ &= 4.5 \text{ V} \end{aligned}$$

จะได้ แรงเคลื่อนไฟฟ้าของการต่อถ่านไฟฉายแบบอนุกรม เท่ากับ 4.5 โวลต์

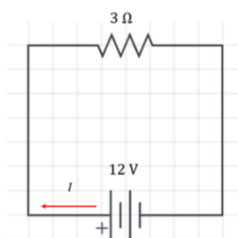
หาแรงเคลื่อนไฟฟ้าการต่อถ่านไฟฉายแบบขนาน

$$\begin{aligned} \text{จาก } E_{\text{รวม}} &= E_1 = E_2 = E_3 \\ &= 1.5 \text{ V} \end{aligned}$$

จะได้ แรงเคลื่อนไฟฟ้าของการต่อถ่านไฟฉายแบบขนาน เท่ากับ 1.5 โวลต์

จะเห็นได้ว่าการต่อถ่านไฟฉายแบบอนุกรม 3 ก้อน จะให้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 4.5 โวลต์ ส่วนการต่อถ่านไฟฉายแบบขนาน จะให้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 1.5 โวลต์ ดังนั้น การต่อถ่านไฟฉายแบบอนุกรมจึงให้แรงเคลื่อนไฟฟ้ามากกว่าแบบขนาน

2. จากวงจรไฟฟ้าในภาพ



หากเพิ่มขนาดตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทาน 3 โอห์ม อีก 1 ตัว การต่อวงจรแบบใดที่ทำให้ได้กระแสไฟฟ้าในวงจรมากที่สุด จงอธิบายเหตุผล เขียนแผนภาพ และแสดงวิธีทำ

วิธีทำ หาค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

$$\text{หาค่าตัวต้านทานรวม จาก } R_{\text{รวม}} = R_1 + R_2$$

$$= 3 + 3$$

$$= 6 \text{ โห้้ม}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า จาก $V = IR$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{12}{6}$$

$$= 2 \text{ แอมแปร์}$$

จะได้ ค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม เท่ากับ 2 แอมแปร์

หาค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบขนาน

หาค่าตัวต้านทานรวม จาก $\frac{1}{R_{\text{รวม}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

$$= \frac{1}{3} + \frac{1}{3}$$

$$= \frac{2}{3}$$

$$R_{\text{รวม}} = \frac{3}{2}$$

$$= 1.5 \text{ โห้้ม}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า จาก $V = IR$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{12}{1.5}$$

$$= 8 \text{ แอมแปร์}$$

จะได้ ค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบขนาน เท่ากับ 8 แอมแปร์

จะเห็นได้ว่า ค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม เท่ากับ 2 แอมแปร์ และค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบขนาน เท่ากับ 8 แอมแปร์ ดังนั้น ค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบขนานให้กระแสไฟฟ้ามกกว่าแบบอนุกรม

3. ทดลองต่อวงจรไฟฟ้าซึ่ง ประกอบด้วยถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 โวลต์จำนวน 2 ก้อนต่อแบบอนุกรม ความต้านทานของตัวต้านทานในหลอดไฟ 2 หลอด มีค่า 1 และ 2 โอห์ม นักเรียนจะวางแผน ออกแบบ และเลือกต่อหลอดไฟแบบใดที่ทำให้มีกระแสไฟไหลในวงจรมากที่สุด เขียนแผนภาพแสดงการต่อวงจร แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายเหตุผลประกอบ

วิธีทำ หาค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานในหลอดไฟแบบอนุกรม

$$\begin{aligned} \text{หาค่าตัวต้านทานรวม} \quad \text{จาก} \quad R_{\text{รวม}} &= R_1 + R_2 \\ &= 1 + 2 \\ &= 3 \text{ โอห์ม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หาค่ากระแสไฟฟ้า} \quad \text{จาก} \quad V &= IR \\ I &= \frac{V}{R} \\ &= \frac{3}{3} \\ &= 1 \text{ แอมแปร์} \end{aligned}$$

จะได้ ค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม เท่ากับ 1 แอมแปร์

หาค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานในหลอดไฟแบบขนาน

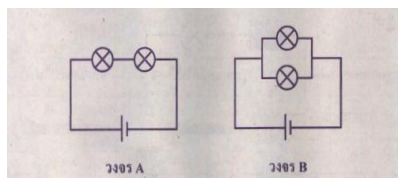
$$\begin{aligned} \text{หาค่าตัวต้านทานรวม} \quad \text{จาก} \quad \frac{1}{R_{\text{รวม}}} &= \frac{1}{1} + \frac{1}{2} \\ &= \frac{2}{2} + \frac{1}{2} \\ &= \frac{3}{2} \\ R_{\text{รวม}} &= \frac{2}{3} \\ &= 0.67 \text{ โอห์ม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หาค่ากระแสไฟฟ้า} \quad \text{จาก} \quad V &= IR \\ I &= \frac{V}{R} \\ &= \frac{3}{0.67} \\ &= 4.48 \text{ แอมแปร์} \end{aligned}$$

จะได้ ค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบขนาน เท่ากับ 4.48 แอมแปร์

จะเห็นว่า ค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม เท่ากับ 1 แอมแปร์ และค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบขนาน เท่ากับ 4.48 แอมแปร์ ดังนั้น เลือกวิธีการต่อหลอดไฟแบบขนาน เพราะให้กระแสไฟฟ้าในวงจรมากกว่า

4. เมื่อต่อวงจรไฟฟ้า 2 วงจร ดังภาพ



โดยกำหนดค่าความต้านทานของตัวต้านทานในหลอดไฟฟ้ามีค่า 3 โอห์ม หลอดไฟฟ้าในวงจรใดสว่างมากกว่า เพราะเหตุใด จงอธิบาย พร้อมแสดงวิธีทำ

วิธีทำ หาค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานในหลอดไฟแบบอนุกรม

$$\begin{aligned} \text{หาค่าตัวต้านทานรวม} \quad \text{จาก} \quad R_{\text{รวม}} &= R_1 + R_2 \\ &= 3 + 3 \\ &= 6 \text{ โอห์ม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หาค่ากระแสไฟฟ้า} \quad \text{จาก} \quad V &= IR \\ I &= \frac{V}{R} \\ &= \frac{1.5}{6} \\ &= 0.25 \text{ แอมแปร์} \end{aligned}$$

จะได้ ค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม เท่ากับ 0.25 แอมแปร์

หาค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานในหลอดไฟแบบขนาน

$$\begin{aligned} \text{หาค่าตัวต้านทานรวม} \quad \text{จาก} \quad \frac{1}{R_{\text{รวม}}} &= \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \\ &= \frac{2}{3} \\ R_{\text{รวม}} &= \frac{3}{2} \\ &= 1.5 \text{ โอห์ม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หาค่ากระแสไฟฟ้า} \quad \text{จาก} \quad V &= IR \\ I &= \frac{V}{R} \\ &= \frac{1.5}{1.5} \\ &= 1 \text{ แอมแปร์} \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบขนาน เท่ากับ 1 แอมแปร์

จะเห็นได้ว่า ค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม เท่ากับ 0.25 แอมแปร์ และค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแบบขนาน เท่ากับ 1 แอมแปร์ ดังนั้น วิธีการต่อหลอดไฟแบบ

ขนานจะทำให้หลอดไฟสว่างมากกว่าวิธีการต่อหลอดไฟแบบอนุกรมเพราะให้กระแสไฟฟ้าในวงจรมากกว่า

5. นักเรียนทำการทดลองต่อหลอดไฟฟ้า 2 หลอดที่มีขนาดต่างกันเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 220 โวลต์ โดยทำการทดลองทีละครั้ง ครั้งที่ 1 ได้กระแสไฟฟ้า 1.10 แอมแปร์ ครั้งที่ 2 ได้กระแสไฟฟ้า 2.20 แอมแปร์ จงอธิบายสาเหตุที่ทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรไม่เท่ากัน พร้อมแสดงวิธีทำ

วิธีทำ หาสาเหตุในการทดลองครั้งที่ 1

$$\begin{aligned} \text{จาก } V &= IR \\ R &= \frac{V}{I} \\ &= \frac{220}{1.10} \\ &= 200 \text{ โอห์ม} \end{aligned}$$

ดังนั้น การทดลองครั้งที่ 1 มีตัวต้านทานขนาด 200 โอห์ม

หาสาเหตุการทดลองครั้งที่ 2

$$\begin{aligned} \text{จาก } V &= IR \\ R &= \frac{V}{I} \\ &= \frac{220}{2.20} \\ &= 100 \text{ โอห์ม} \end{aligned}$$

ดังนั้น การทดลองครั้งที่ 2 มีตัวต้านทานขนาด 100 โอห์ม

จะเห็นได้ว่าการทดลองครั้งที่ 1 มีตัวต้านทานขนาด 200 โอห์ม ทำให้มีกระแสไฟฟ้าเพียง 1.10 แอมแปร์ ในขณะที่การทดลองตอนที่ 2 มีตัวต้านทานขนาด 100 โอห์ม จึงทำให้มีกระแสไฟฟ้า 2.20 แอมแปร์ ในครั้งที่ 2 นี้มากกว่าการทดลองครั้งที่ 1

GRAD VRU



ภาคผนวก ข

การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

GRAD VRU

ตารางแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า
 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้
 ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ
 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

เลขที่	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)
1	28
2	25
3	26
4	25
5	19
6	23
7	29
8	23
9	26
10	27
11	23
12	25
13	25
14	26
15	27
16	24
17	26
18	20
19	24
20	20
21	25
22	28
23	27
24	29
25	25
26	25
27	26

เลขที่	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)
28	25
29	27
30	24
31	25
32	27
33	25
34	24
35	19
36	25
37	26
38	27
39	26
รวม	976
เฉลี่ย	25.03

GRAD VRU

ตารางแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า
 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้
 ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ
 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

เลขที่	ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)
1	19
2	17
3	18
4	16
5	11
6	15
7	16
8	17
9	18
10	16
11	17
12	16
13	16
14	17
15	18
16	17
17	18
18	11
19	17
20	11
21	16
22	17
23	17
24	19
25	15
26	14
27	15

เลขที่	ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)
28	14
29	16
30	16
31	18
32	14
33	17
34	15
35	13
36	16
37	17
38	18
39	18
รวม	626
เฉลี่ย	16.05

GRAD VRU



ภาคผนวก ซ

การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา
ร่วมกับทักษะปฏิบัติของผู้เชี่ยวชาญ

GRAD VRU

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสม
ของกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ 7 ขั้นตอนของผู้เชี่ยวชาญ
โดยใช้มาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert scale)

ขั้นตอน ที่	รายการการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	แปลผล ค่าเฉลี่ย
	การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีผล ต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มี 7 ขั้นตอน ดังนี้			
1	ขั้นการรับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล	4.60	0.55	มากที่สุด
2	ขั้นออกแบบทางวิทยาศาสตร์	4.60	0.89	มากที่สุด
3	ขั้นวางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	4.60	0.89	มากที่สุด
4	ขั้นปฏิบัติการแก้ปัญหา	4.60	0.55	มากที่สุด
5	ขั้นประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง	4.60	0.55	มากที่สุด
6	ขั้นปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง	4.80	0.45	มากที่สุด
7	ขั้นนำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล	4.80	0.45	มากที่สุด
	เฉลี่ย	4.66	0.10	มากที่สุด

GRAD VRU



ภาคผนวก ฅ

การวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ตามมาตรวัดของลิเคิร์ต
(Likert scale)

GRAD VRU

**ตารางแสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ตามมาตรฐานของลิเคิร์ท
ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ เรื่อง ไฟฟ้า
ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**

ข้อที่	รายการการประเมินของแผนการจัดการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผลค่าเฉลี่ย
1	องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจนและครบถ้วน	5.00	0.00	มากที่สุด
2	ตัวชี้วัดสอดคล้องกับเนื้อหา	5.00	0.00	มากที่สุด
3	สาระสำคัญสอดคล้องกับเนื้อหา	4.80	0.45	มากที่สุด
4	สาระการเรียนรู้มีความถูกต้อง ชัดเจนเหมาะสมกับระดับชั้น	5.00	0.00	มากที่สุด
5	การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มี 7 ขั้นตอน ดังนี้			
	5.1 ขั้นการรับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล	4.60	0.55	มากที่สุด
	5.2 ขั้นตอนออกแบบทางวิทยาศาสตร์	4.60	0.89	มากที่สุด
	5.3 ขั้นวางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	4.60	0.89	มากที่สุด
	5.4 ขั้นปฏิบัติการแก้ปัญหา	4.60	0.55	มากที่สุด
	5.5 ขั้นประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง	4.60	0.55	มากที่สุด
	5.6 ขั้นปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง	4.80	0.45	มากที่สุด
	5.7 ขั้นนำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล	4.80	0.45	มากที่สุด
6	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.40	0.55	มากที่สุด
7	การวัดผลและประเมินผลตรงตามเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้	4.80	0.45	มากที่สุด
8	กำหนดเกณฑ์การประเมินชัดเจน เข้าใจง่าย	4.60	0.55	มากที่สุด



ภาคผนวก ญ

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับ
ทักษะปฏิบัติ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

GRAD VRU

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้/วิชาวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว 16101

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้า

แผนที่ 3 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบปิด วงจรไฟฟ้าแบบเปิด

สอนวันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

เวลาเรียน 20 ชั่วโมง/คาบ

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง/คาบ

เวลา.....น.

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.3

เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดชั้นปี

ว 2.3 ป.6/2 เขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2

เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตัวชี้วัดชั้นปี

ว 4.2 ป.6/1 ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการอธิบายและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน

ว 4.2 ป.6/4 ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทำงานร่วมกันอย่างปลอดภัย เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพในสิทธิของผู้อื่น แจ้งผู้เกี่ยวข้องเมื่อพบข้อมูลหรือบุคคลที่ไม่เหมาะสม

สาระการเรียนรู้การงานอาชีพ

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1

เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ตัวชี้วัดชั้นปี

ง 2.1 ป.6/2 สร้างสิ่งของเครื่องใช้ตามความสนใจอย่างปลอดภัย โดยกำหนดปัญหาหรือความต้องการ รวบรวมข้อมูล เลือกรีวิว ออกแบบโดยถ่ายทอดความคิดเป็นภาพร่าง 3 มิติ หรือแผนที่ความคิด ลงมือสร้าง และประเมินผล

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1

เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ตัวชี้วัดชั้นปี

ค 1.1 ป.6/7 หาผลลัพธ์ของการบวก ลบ คูณ หารระคนของเศษส่วนและจำนวนคละ

สาระสำคัญ

วงจรไฟฟ้าแบบปิด หมายถึง วงจรไฟฟ้าที่ส่วนประกอบต่อครบวงจร กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้ครบวงจร วงจรไฟฟ้าแบบเปิด หมายถึง วงจรไฟฟ้าที่ส่วนประกอบต่อไม่ครบวงจร กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้ครบวงจร

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ

1. นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา โดยสามารถระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล สามารถสร้างแผนวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้

2. นักเรียนสามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถคำนวณ เปรียบเทียบจำนวน และสรุปด้วยเหตุผลได้อย่างถูกต้อง

ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน

สาระการเรียนรู้

วงจรไฟฟ้าแบบปิด วงจรไฟฟ้าแบบเปิด

กิจกรรมการเรียนการสอน

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นที่ 1 ขั้นการรับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล

1) การรับรู้และเตรียมความพร้อม

1.ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนโดยใช้ประเด็นคำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิด
ดังนี้

- จากการสร้างแผงวงจรไฟฟ้าจำลอง นักเรียนเรียนรู้อะไรบ้าง
(คำตอบขึ้นอยู่กับความคิดของนักเรียน)
- อุปกรณ์ที่นักเรียนสร้างประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
(คำตอบขึ้นอยู่กับความคิดของนักเรียน)
- วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยอะไรบ้าง
(แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า)
- แผนภาพวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายใช้สัญลักษณ์อย่างไรบ้าง
(คำตอบขึ้นอยู่กับความคิดของนักเรียน)

2. ครูกระตุ้นความสนใจอยากเรียนรู้ของนักเรียน โดยให้นักเรียนดูภาพร่างแผงวงจรไฟฟ้า
จำลองเดิมตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ จากนั้นใช้ประเด็นคำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิด ดังนี้
สว่างหรือไม่

- จากการสร้างแผงวงจรไฟฟ้าจำลองตามที่ได้ออกแบบไว้ หลอดไฟของนักเรียน
(คำตอบขึ้นอยู่กับความคิดของนักเรียน)
- หลอดไฟของนักเรียนสว่างได้เพราะสาเหตุใด
(คำตอบขึ้นอยู่กับความคิดของนักเรียน)
- หลอดไฟของนักเรียนสว่างตลอดเวลาหรือไม่
(คำตอบขึ้นอยู่กับความคิดของนักเรียน)
- นักเรียนคิดว่ามีวิธีการใดที่ทำให้หลอดไฟของนักเรียนสว่างตอนที่นักเรียนต้องการ

ใช้งานเท่านั้น

(คำตอบขึ้นอยู่กับความคิดของนักเรียน)

3. ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่เรียนรู้ “หาก
นักเรียนต้องการควบคุมการปิดเปิดไฟภายในบ้านของนักเรียน นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร” โดยมี
เงื่อนไขกำหนดให้ต่อยอดชิ้นงานจากแผงวงจรไฟฟ้าจำลองเดิมที่นักเรียนสร้างไว้ และใช้ถ่านไฟฉาย
เป็นแหล่งพลังงาน

3. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน โดยช่วยกันเตรียมความพร้อมในการแก้ปัญหา

4. เมื่อนักเรียนรู้สถานการณ์ของปัญหา นักเรียนดึงความรู้และประสบการณ์เดิมเพื่อเตรียมความพร้อมในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยคำนึงความรู้ หรือวิธีการที่เคยเรียนมาแล้วนั้นให้สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้

2) การสาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย

ครูสาธิตการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิด และวงจรไฟฟ้าแบบเปิด ดังนี้

1. ครูสาธิตการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิด และวงจรไฟฟ้าแบบเปิด โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย
2. ครูสาธิตการต่อวงจรไฟฟ้าที่มีสวิตช์เป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจร
3. ครูชี้แนะจุดที่สำคัญเพื่อให้นักเรียนเห็นเป็นแนวทางในการต่อวงจรไฟฟ้าที่มีสวิตช์เป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจรด้วยตนเอง
3. นักเรียนฝึกปฏิบัติการต่อวงจรไฟฟ้าที่มีสวิตช์เป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจร โดยครูคอยให้คำปรึกษา

3) การสนองตอบต่อเทคนิควิธีการ

1. นักเรียนต่อวงจรไฟฟ้าที่มีสวิตช์เป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจรโดยไม่มีการสาธิต (อาจทำได้หรือลองผิดลองถูก)

ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบแผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดภายใต้เงื่อนไข ดังนี้
 - 1.1 นักเรียนต่อยอดความรู้โดยใช้แผงวงจรไฟฟ้าจำลองเดิม มาพัฒนาให้สามารถควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้ โดยจะต้องสามารถควบคุมการปิดเปิดของหลอดไฟที่อยู่ในแผงวงจรไฟฟ้าจำลองได้
 - 1.2 ตั้งชื่อแผงวงจรไฟฟ้า พร้อมตั้งสมมติฐานในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบการเลือกใช้วัสดุ จำนวนวัสดุ และวิธีการในการสร้างแผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิด
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันร่างแบบแผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดลงในกระดาษเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนต่อไป

ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวางแผนวิธีการสร้างควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยอาจเสนอวิธีการสร้างในหลายๆ รูปแบบ
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคำนวณปริมาณความต่างศักย์ และคาดคะเนปริมาณกระแสไฟฟ้าจากแผงควบคุมวงจรไฟฟ้าระหว่างวงจรไฟฟ้าปิดและวงจรไฟฟ้าเปิด

3. นักเรียนเปรียบเทียบสมมติฐานที่เป็นไปได้ของปริมาณความต่างศักย์ และปริมาณกระแสไฟฟ้า ที่จะเกิดขึ้นระหว่างวงจรไฟฟ้าปิดและวงจรไฟฟ้าเปิด โดยเลือกสมมติฐานที่ดีที่สุดและสามารถแก้ปัญหาได้

ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา

1. ตัวแทนนักเรียนนำแผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้ร่างแบบไว้ มารับวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างที่ครู

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือสร้างแผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิด ตามที่ได้ร่างแบบไว้

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของแผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิด ดังนี้

1.1 ทดสอบความสว่างของหลอดไฟฟ้าว่ามีความสว่างหรือไม่ เมื่อเปิดสวิตช์

1.2 ทดสอบความสว่างของหลอดไฟฟ้าว่ามีความสว่างหรือไม่ เมื่อปิดสวิตช์

1.3 หาค่าความต่างศักย์ ปริมาณกระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้าระหว่างวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิด

2. เมื่อนักเรียนทำการทดสอบประสิทธิภาพของแผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิด ต้องบันทึกผลจากการทดสอบประสิทธิภาพเพื่อทำการปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนเพื่อเสนอแนะข้อดีและข้อที่ควรพัฒนาของแผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดของกลุ่มตนเอง

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปข้อดีและข้อที่ควรพัฒนาของแผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดของกลุ่มตนเอง

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการต่อยอดชิ้นงานของตนเองให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองผ่านประสิทธิภาพการทำงานของแผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิด โดยใช้ความรู้ การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ทักษะวิทยาศาสตร์ในกระบวนการทำงานของแผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดที่สามารถแก้ปัญหานั้น

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลของการแก้ปัญหา ผ่านประสิทธิภาพของแผงวงจรไฟฟ้า ควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิด โดยระบุผลของการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ค่าความต้านทานไฟฟ้า ค่าปริมาณกระแสไฟฟ้า

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. วัสดุสำหรับทำแผงวงจรไฟฟ้าจำลอง ได้แก่
 - 1.1 แผ่นไม้
 - 1.2 ถ่านไฟฉาย
 - 1.3 สายไฟฟ้า
 - 1.4 กระจับถ่าน
 - 1.5 หลอดไฟขนาดต่างๆ
 - 1.7 สวิตช์
2. หนังสือแบบเรียนและแบบฝึกหัดรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
3. ใบงาน เรื่อง แผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิด
4. เฉลยใบงาน เรื่อง แผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิด

การวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือวัด
ด้านพุทธิพิสัย (K) 1. นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้	การตรวจ แบบฝึกหัด	แบบประเมินผล การตรวจแบบฝึกหัด
ด้านทักษะพิสัย (P) 1. นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา โดยสามารถระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล สามารถสร้างแผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้ 2. นักเรียนสามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถคำนวณ เปรียบเทียบจำนวน และสรุปด้วยเหตุผลได้อย่างถูกต้อง	การตรวจใบงาน	แบบประเมินผล การตรวจใบงาน

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือวัด
ด้านจิตพิสัย (A) 1. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	การสังเกต พฤติกรรม การเรียนรู้	แบบสังเกต พฤติกรรมการ เรียนรู้

การประเมินผลการเรียนรู้

1. เกณฑ์การประเมินผล

- ด้านพุทธิพิสัย (K)

เกณฑ์การประเมินด้านความรู้

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้	ตอบได้ชัดเจน ครบถ้วน สมบูรณ์ ถูกต้อง	ตอบได้ยังไม่ชัดเจน แต่อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์	ตอบได้ยังไม่ชัดเจน แต่อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง ครบถ้วน ไม่สมบูรณ์	ตอบได้ยังไม่ชัดเจน ไม่ถูกต้อง ไม่สมบูรณ์ แต่แก้ไขได้	ไม่มีร่องรอยการตอบคำถาม

- ด้านทักษะพิสัย (P)

เกณฑ์การประเมินด้านทักษะ/กระบวนการ

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา สามารถสร้างแผนวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้ โดยอาศัยพลังงานไฟฟ้า และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง	มีทักษะในการแก้ปัญหา สามารถสร้างแผนวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้ โดยอาศัยถ่านไฟฉาย	มีทักษะในการแก้ปัญหา สามารถสร้างแผนวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้ โดยอาศัยถ่านไฟฉาย	มีทักษะในการแก้ปัญหา สามารถสร้างแผนวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้ โดยอาศัยถ่านไฟฉาย	มีทักษะในการแก้ปัญหา สามารถสร้างแผนวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิดได้ โดยอาศัยถ่านไฟฉาย	ไม่สามารถสร้างชิ้นงานได้

ประเด็นการ ประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
	เป็นแหล่ง พลังงาน และ ให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์ ได้ชัดเจน ครบถ้วน สมบูรณ์ ถูกต้อง	เป็นแหล่ง พลังงาน และ ให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์ได้ ยังไม่ชัดเจน แต่อยู่ใน แนวทางที่ ถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์	เป็นแหล่ง พลังงาน และ ให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์ได้ ยังไม่ชัดเจน แต่อยู่ใน แนวทางที่ ถูกต้อง ครบถ้วน ไม่ สมบูรณ์ เช่น ไม่ระบุหน่วย	เป็นแหล่ง พลังงาน และ ให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์ได้ ยังไม่ชัดเจน ไม่ถูกต้อง ไม่ สมบูรณ์ แต่ แก้ไขได้	

- ด้านจิตพิสัย (A)

เกณฑ์การประเมินด้านจิตพิสัย

ประเด็นการ ประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. นักเรียนมีความ มุ่งมั่นในการทำงาน	มีความ กระตือรือร้น ให้ความสนใจ ต่อการเรียน สม่ำเสมอ	มีความ กระตือรือร้น ให้ความสนใจ ต่อการเรียน บ่อยครั้ง	มีความ กระตือรือร้น ให้ความ สนใจต่อการ เรียนบางครั้ง	มีความ กระตือรือร้น น้อยมาก เล่น และคุย มากกว่าสนใจ เรียน	ไม่มีความสนใจ เรียน

- ด้านการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การประเมินชิ้นงานด้านการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การ ประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. การวางแผนใน การแก้ปัญหา	สามารถระบุ ปัญหาได้ตรง ประเด็น ครบ ทุกประเด็น และ	สามารถระบุ ปัญหาได้เกือบ ครบทุก ประเด็น และ ตั้งสมมติฐานที่	สามารถระบุ ปัญหาได้บาง ประเด็น และ ตั้งสมมติฐานที่	ไม่สามารถ ระบุปัญหา และ ตั้งสมมติฐาน ได้	ไม่มีร่องรอยการ วางแผน

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
	ตั้งสมมติฐานที่นำไปเป็นไปได้มากที่สุด	มีความเป็นไปได้	มีความเป็นไปได้บางส่วน		
2. การออกแบบทางวิศวกรรม	ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีการสืบค้นข้อมูลรวบรวมข้อมูลและใช้ข้อมูลเพื่อเป็นพื้นฐานประกอบการตัดสินใจในการออกแบบ	ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และมีการสืบค้นข้อมูลแต่ขาดการเชื่อมโยงจากข้อมูลที่สืบค้นได้	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม แต่ขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม แต่เป็นการออกแบบตามความคิดเห็นของตนเอง	ไม่มีร่องรอยการ ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
3. ความสำเร็จของงาน	สามารถทำงานได้สำเร็จ เป็นไปตามเงื่อนไขครบถ้วนภายในเวลาที่กำหนด	สามารถทำงานได้สำเร็จ และเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด แต่ใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดเล็กน้อย	สามารถทำงานได้สำเร็จ แต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด และใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดเล็กน้อย	ไม่สามารถทำงานได้สำเร็จ	ไม่มีร่องรอยการทำงาน
4. การนำเสนอผลงานและการสื่อสาร	นำเสนอด้วยความมั่นใจ เสียงดังชัดเจน น่าสนใจ วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล เนื้อหาครบถ้วนถูกต้อง	นำเสนอด้วยความมั่นใจ เสียงดังชัดเจน น่าสนใจ วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลเนื้อหาไม่ครบถ้วนถูกต้องเพียงบางส่วน	นำเสนอด้วยความมั่นใจ เสียงไม่ดังชัดเจน ไม่น่าสนใจ บางครั้ง วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลเนื้อหาไม่ครบถ้วน	นำเสนอด้วยความไม่มั่นใจ เสียงเบา ไม่น่าสนใจ ทั้งหมด วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลเนื้อหาไม่ครบถ้วน	ไม่สามารถนำเสนอผลงานได้

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
			ถูกต้องบางส่วน	ไม่ถูกต้องทั้งหมด	
5. ความสวยงามของชิ้นงาน	มีความคิดสร้างสรรค์แปลกใหม่ มีความสวยงาม น่าสนใจมากที่สุด	มีความสวยงาม น่าสนใจ แต่ไม่แปลกใหม่ มีความคล้ายคลึงกับผู้อื่น	มีความสวยงาม แต่ไม่น่าสนใจ ลอกเลียนแบบของผู้อื่น	ไม่สวยงาม ไม่น่าสนใจ	ไม่มีร่องรอยของชิ้นงาน

- ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

เกณฑ์การประเมินชิ้นงานด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. การคำนวณ	สามารถใส่ค่าตัวเลขในการคำนวณได้ครบทุกด้าน และคำนวณได้ถูกต้อง	สามารถใส่ค่าตัวเลขในการคำนวณได้เกือบทุกด้าน และคำนวณได้ถูกต้อง	สามารถใส่ค่าตัวเลขในการคำนวณได้ไม่ครบทุกด้าน แต่คำนวณไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถคำนวณได้หรือคำนวณได้ไม่ถูกต้อง	ไม่มีร่องรอยการคำนวณ
2. การเปรียบเทียบจำนวน	สามารถเปรียบเทียบจำนวนมากกว่า และน้อยกว่า ระหว่างค่าตัวเลขได้ถูกต้องทุกประเด็น	สามารถเปรียบเทียบจำนวนมากกว่า และน้อยกว่า ระหว่างค่าตัวเลขได้ถูกต้องเกือบทุกประเด็น	สามารถเปรียบเทียบจำนวนมากกว่า หรือน้อยกว่า ระหว่างค่าตัวเลขอย่างไรก็ตามอย่างหนึ่งเท่านั้น	ไม่สามารถเปรียบเทียบจำนวนมากกว่า และน้อยกว่า ระหว่างค่าตัวเลขได้	ไม่มีร่องรอยการเปรียบเทียบ

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
3. การสรุปด้วยเหตุผล	นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ และเปรียบเทียบ มาอ้างหลักเหตุผล เพื่อสรุปได้ถูกต้องตามหลักการทุกประเด็น	นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ และเปรียบเทียบ มาอ้างหลักเหตุผล เพื่อสรุปได้ถูกต้องตามหลักการบางประเด็น	นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ หรือเปรียบเทียบ มาอ้างหลักเหตุผล เพื่อสรุปได้อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น	ไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้จาก การคำนวณ และเปรียบเทียบ มาอ้างหลักเหตุผลเพื่อสรุปได้	ไม่มีร่องรอยการสรุปด้วยเหตุผล

ผลการประเมิน

ด้านความรู้ (K)	ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)	ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)
1. จากการตอบคำถาม ใบงาน ชิ้นงาน การทดลอง หรือนำเสนอนักเรียนได้ระดับคุณภาพ	2. จากการประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นักเรียนได้ระดับคุณภาพ	3. จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
4 จำนวน.....คน	4 จำนวน.....คน	4 จำนวน.....คน
3 จำนวน.....คน	3 จำนวน.....คน	3 จำนวน.....คน
2 จำนวน.....คน	2 จำนวน.....คน	2 จำนวน.....คน
1 จำนวน.....คน	1 จำนวน.....คน	1 จำนวน.....คน
0 จำนวน.....คน	0 จำนวน.....คน	0 จำนวน.....คน

ด้านการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
จากการตรวจชิ้นงาน นักเรียนได้ระดับคุณภาพ	จากการตรวจชิ้นงาน นักเรียนได้ระดับคุณภาพ
4 จำนวน.....คน	4 จำนวน.....คน
3 จำนวน.....คน	3 จำนวน.....คน
2 จำนวน.....คน	2 จำนวน.....คน
1 จำนวน.....คน	1 จำนวน.....คน
0 จำนวน.....คน	0 จำนวน.....คน

บันทึกหลังสอน (ปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา)

1. ปัญหาที่เกิดจากการประเมินผล

ด้านพุทธิพิสัย

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำมี..... คน คือ

.....

.....

.....

ด้านทักษะพิสัย

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำมี..... คน คือ

.....

.....

.....

ด้านจิตพิสัย

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำมี..... คน คือ

.....

.....

.....

2. วิธีการแก้ปัญหาที่เกิดจากการประเมินผล

.....

.....

.....

กิจกรรมหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาววรรณ สายสว่าง)

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการโรงเรียน

.....

.....

.....



ลงชื่อ.....ผู้อำนวยการโรงเรียน

(นายอรรถพล บุตะมะ)

...../...../.....

GRAD VRU



ใบงานหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ไฟฟ้า

เรื่อง แผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิด ภาคเรียนที่ 2/2563

ชื่อ-นามสกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

ชื่อ-นามสกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

ชื่อ-นามสกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

กิจกรรม แผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิด
เงื่อนไข “หากนักเรียนต้องการควบคุมการปิดเปิดไฟภายในบ้านของนักเรียน
นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร”



ออกแบบและวางแผนกันเถอะ

ร่างแบบ

รายการวัสดุอุปกรณ์

Large empty box for student work with a watermark of the university logo and the text 'GRAD VRU'.

Two horizontal dotted lines for writing.

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้/วิชาวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว 16101

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้า

แผนที่ 6 เรื่อง ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า

สอนวันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

เวลาเรียน 20 ชั่วโมง/คาบ

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง/คาบ

เวลา.....น.

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.3

เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดชั้นปี

ว 2.3 ป.6/4 ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมโดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2

เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตัวชี้วัดชั้นปี

ว 4.2 ป.6/1 ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการอธิบายและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน

ว 4.2 ป.6/4 ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทำงานร่วมกันอย่างปลอดภัย เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพในสิทธิของผู้อื่น แจ้งผู้เกี่ยวข้องเมื่อพบข้อมูลหรือบุคคลที่ไม่เหมาะสม

สาระการเรียนรู้การทำงานอาชีพ

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1

เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ตัวชี้วัดชั้นปี

ง 2.1 ป.6/2 สร้างสิ่งของเครื่องใช้ตามความสนใจอย่างปลอดภัย โดยกำหนดปัญหาหรือความต้องการ รวบรวมข้อมูล เลือกวิธีการ ออกแบบโดยถ่ายทอดความคิดเป็นภาพร่าง 3 มิติ หรือแผนที่ความคิด ลงมือสร้าง และประเมินผล

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1

เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ตัวชี้วัดชั้นปี

ค 1.1 ป.6/7 หาผลลัพธ์ของการบวก ลบ คูณ หารระคนของเศษส่วนและจำนวนคละ

สาระสำคัญ

การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การต่อเซลล์ไฟฟ้าในไฟฉาย และในอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. นักเรียนสามารถบอกประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้าได้
2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ

1. นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา โดยสามารถระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล สามารถสร้างอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำได้
2. นักเรียนสามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถคำนวณ เปรียบเทียบจำนวน และสรุปด้วยเหตุผลได้อย่างถูกต้อง

ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน

สาระการเรียนรู้

ประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้า

กิจกรรมการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นที่ 1 ขั้นการรับรู้ปัญหาและเตรียมความพร้อมข้อมูล

1) การรับรู้และเตรียมความพร้อม

1. ครูกระตุ้นความสนใจอยากรู้อยากเรียนของนักเรียน โดยให้นักเรียนชมวิดีโอ เรื่อง อุทกภัย ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จากนั้นใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิด ดังนี้

- เหตุการณ์ดังกล่าว คือ เหตุการณ์ใด (น้ำท่วม)
- บ้านของนักเรียนเคยประสบปัญหาเหมือนเหตุการณ์ในวิดีโอหรือไม่ (คำตอบขึ้นอยู่กับความคิดของนักเรียน)
- นักเรียนมีวิธีการรับมือกับปัญหาดังกล่าวอย่างไรบ้าง (คำตอบขึ้นอยู่กับความคิดของนักเรียน)

2. ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหา “พื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นจังหวัดที่เกิดอุทกภัย หากบ้านนักเรียนเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว และต้องอพยพญาติและของใช้ทางน้ำ นักเรียนจะใช้วิธีการใดที่สามารถเคลื่อนย้ายได้มากที่สุดและเร็วที่สุด” โดยมีเงื่อนไขการแก้ปัญหาโดยใช้พลังงานไฟฟ้า

3. นักเรียนรู้สถานการณ์ปัญหา และดึงความรู้และประสบการณ์เดิมเพื่อเตรียมความพร้อมในการแก้ปัญหา

2) การสาธิตและปฏิบัติทักษะย่อย

ครูสาธิตการนำพลังงานไฟฟ้า (การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน) มาใช้เพื่อเป็นพื้นฐาน จากนั้นให้นักเรียนฝึกปฏิบัติการต่อเซลล์ไฟฟ้าดังกล่าว ดังนี้

1. ครูสาธิตการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย
2. ครูสาธิตการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย
3. ครูชี้แนะจุดที่สำคัญเพื่อให้นักเรียนเห็นเป็นแนวทางในการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานด้วยตนเอง
4. นักเรียนฝึกปฏิบัติการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน โดยครูคอยให้คำปรึกษา

3) การสนองตอบต่อเทคนิควิธีการ

1. นักเรียนต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานโดยไม่มีการสาธิต (อาจจำได้หรือลองผิดลองถูก)

ขั้นที่ 2 ออกแบบทางวิทยาศาสตร์

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำภายใต้เงื่อนไข ดังนี้

1.1 นักเรียนออกแบบอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำให้สามารถบรรทุกสิ่งของทางน้ำได้มากที่สุด และเคลื่อนที่ได้ไกลที่สุด

1.2 ตั้งชื่ออุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ พร้อมทั้งสมมติฐานในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบการเลือกวัสดุ จำนวนวัสดุ และวิธีการในการสร้างอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำลงในกระดาษเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนต่อไป

ขั้นที่ 3 วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวางแผนวิธีการสร้างอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยอาจเสนอวิธีการสร้างในหลายๆ รูปแบบ

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคำนวณปริมาณความต่างศักย์ และคาดคะเนปริมาณกระแสไฟฟ้าจากอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำที่นักเรียนสร้าง

3. นักเรียนเปรียบเทียบสมมติฐานที่เป็นไปได้ของปริมาณความต่างศักย์ และปริมาณกระแสไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นจากการสร้างอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำโดยเลือกสมมติฐานที่ดีที่สุดและสามารถแก้ปัญหาได้

ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการแก้ปัญหา

1. ตัวแทนนักเรียนนำแบบอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำที่ได้ร่างแบบไว้ มารับวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างที่ครู

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือสร้างอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำตามที่ได้ร่างแบบไว้

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 5 ประเมินทักษะปฏิบัติการทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ ดังนี้

1.1 ทดสอบประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ

1.2 วัดระยะทางที่อุปกรณ์ขนส่งทางน้ำเคลื่อนที่ไปได้

1.3 หาค่าความต่างศักย์ ปริมาณกระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้าของอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำของแต่ละกลุ่ม

1.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำที่มีการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน

2. เมื่อนักเรียนทำการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ ต้องบันทึกผลจากการทดสอบประสิทธิภาพเพื่อทำการปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนเพื่อเสนอแนะข้อดีและข้อที่ควรพัฒนาของอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำของกลุ่มตนเอง
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปข้อดีและข้อที่ควรพัฒนาของอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำของกลุ่มตนเอง
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการต่อยอดชิ้นงานของตนเองให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 7 นำเสนอการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองผ่านประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ โดยใช้ความรู้การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน ทักษะวิทยาศาสตร์ในกระบวนการทำงานของรถของเล่นที่สามารถแก้ปัญหานั้น
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลของการแก้ปัญหาผ่านประสิทธิภาพของอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ โดยระบุผลของการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ค่าความต้านทานไฟฟ้า ค่าปริมาณกระแสไฟฟ้า

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. วัสดุสำหรับทำอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ ได้แก่
 - 1.1 กระดาษ
 - 1.2 กล่องพลาสติก
 - 1.3 ไม้พืด
 - 1.4 มอเตอร์
 - 1.5 สวิตช์
 - 1.6 ถ่านไฟฉาย
 - 1.7 สายไฟ
2. หนังสือแบบเรียนและแบบฝึกหัดรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
3. ใบงาน เรื่อง อุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ
4. เฉลยใบงาน เรื่อง อุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ

การวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือวัด
ด้านพุทธิพิสัย (K) 1. นักเรียนสามารถบอกประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้าได้ 2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้	การตรวจ แบบฝึกหัด	แบบประเมินผล การตรวจแบบฝึกหัด
ด้านทักษะพิสัย (P) 1. นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา โดยสามารถระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล สามารถสร้างอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำได้ 2. นักเรียนสามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถคำนวณเปรียบเทียบจำนวน และสรุปด้วยเหตุผลได้อย่างถูกต้อง	การตรวจใบงาน	แบบประเมินผล การตรวจใบงาน
ด้านจิตพิสัย (A) 1. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	การสังเกต พฤติกรรม การเรียนรู้	แบบสังเกตพฤติกรรม การเรียนรู้

การประเมินผลการเรียนรู้

1. เกณฑ์การประเมินผล

- ด้านพุทธิพิสัย (K)

เกณฑ์การประเมินด้านความรู้

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. นักเรียนสามารถบอกประโยชน์ของการต่อเซลล์ไฟฟ้าได้ 2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้	ตอบได้ชัดเจน ครบถ้วน สมบูรณ์ ถูกต้อง	ตอบได้ยังไม่ชัดเจน แต่อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์	ตอบได้ยังไม่ชัดเจน แต่อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง ครบถ้วน ไม่สมบูรณ์	ตอบได้ยังไม่ชัดเจน ไม่ถูกต้อง ไม่สมบูรณ์ แต่แก้ไขได้	ไม่มีร่องรอยการตอบคำถาม

- ด้านทักษะพิสัย (P)

เกณฑ์การประเมินด้านทักษะ/กระบวนการ

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา สามารถสร้างอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ โดยอาศัยพลังงานไฟฟ้า และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง	มีทักษะในการแก้ปัญหา สามารถสร้างอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ โดยอาศัย ถ่านไฟฉาย เป็นแหล่งพลังงาน และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจน ครบถ้วน สมบูรณ์ ถูกต้อง	มีทักษะในการแก้ปัญหา สามารถสร้างอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ โดยอาศัย ถ่านไฟฉาย เป็นแหล่งพลังงาน และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ ยังไม่ชัดเจน แต่อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์	มีทักษะในการแก้ปัญหา สามารถสร้างอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ โดยอาศัย ถ่านไฟฉาย เป็นแหล่งพลังงาน และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ ยังไม่ชัดเจน แต่อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง ครบถ้วน ไม่สมบูรณ์ เช่น ไม่ระบุหน่วย	มีทักษะในการแก้ปัญหา สามารถสร้างอุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ โดยอาศัย ถ่านไฟฉาย เป็นแหล่งพลังงาน และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ ยังไม่ชัดเจน ไม่ถูกต้อง ไม่แก้ไขได้	ไม่สามารถสร้างชิ้นงานได้

- ด้านจิตพิสัย (A)

เกณฑ์การประเมินด้านจิตพิสัย

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	มีความกระตือรือร้น ให้ความสนใจต่อการเรียนสม่ำเสมอ	มีความกระตือรือร้น ให้ความสนใจต่อการเรียน บ่อยครั้ง	มีความกระตือรือร้น ให้ความสนใจต่อการเรียน บางครั้ง	มีความกระตือรือร้น น้อยมาก เล่นและคุยมากกว่าสนใจเรียน	ไม่มีความสนใจเรียน

- ด้านการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การประเมินชิ้นงานด้านการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. การวางแผนในการแก้ปัญหา	สามารถระบุปัญหาได้ตรงประเด็น ครบทุกประเด็น และตั้งสมมติฐานที่น่าเป็นไปได้มากที่สุด	สามารถระบุปัญหาได้เกือบครบทุกประเด็น และตั้งสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้	สามารถระบุปัญหาได้บางประเด็น และตั้งสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้บางส่วน	ไม่สามารถระบุปัญหาและตั้งสมมติฐานได้	ไม่มีร่องรอยการวางแผน
2. การออกแบบทางวิศวกรรม	ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีการสืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูล และใช้ข้อมูลเพื่อเป็นพื้นฐานประกอบการตัดสินใจในการออกแบบ	ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และมีการสืบค้นข้อมูลแต่ขาดการเชื่อมโยงจากข้อมูลที่สืบค้นได้	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม แต่ขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม แต่เป็นการออกแบบตามความคิดเห็นของตนเอง	ไม่มีร่องรอยการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
3. ความสำเร็จของงาน	สามารถทำงานได้สำเร็จ เป็นไปตามเงื่อนไขครบถ้วน ภายในเวลาที่กำหนด	สามารถทำงานได้สำเร็จ และเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด แต่ใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดเล็กน้อย	สามารถทำงานได้สำเร็จ แต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด และใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดเล็กน้อย	ไม่สามารถทำงานได้สำเร็จ	ไม่มีร่องรอยการทำงาน
4. การนำเสนอผลงานและการสื่อสาร	นำเสนอด้วยความมั่นใจ เสียงดังชัดเจน	นำเสนอด้วยความมั่นใจ เสียงดังชัดเจน	นำเสนอด้วยความมั่นใจ เสียงไม่ดัง	นำเสนอด้วยความไม่มั่นใจ เสียงเบา ไม่	ไม่สามารถนำเสนอผลงานได้

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
	น่าสนใจ วิเคราะห์ ข้อมูล และ สรุปผลเนื้อหา ครบถ้วน ถูกต้อง	น่าสนใจ วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เนื้อหาไม่ ครบถ้วน ถูกต้องเพียง บางส่วน	ชัดเจน ไม่ น่าสนใจ บางครั้ง วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เนื้อหาไม่ ครบถ้วน ถูกต้องบางส่วน	น่าสนใจ ทั้งหมด วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เนื้อหาไม่ ครบถ้วน ไม่ ถูกต้องทั้งหมด	
5. ความสวยงาม ของชิ้นงาน	มี ความคิด สร้างสรรค์ แปลกใหม่ มี ความสวยงาม น่าสนใจมาก ที่สุด	มีความสวยงาม น่าสนใจ แต่ไม่ แปลกใหม่ มี ความคล้ายคลึง กับผู้อื่น	มีความสวยงาม แต่ไม่น่าสนใจ ลอกเลียนแบบ ของผู้อื่น	ไม่สวยงาม ไม่ น่าสนใจ	ไม่มีร่องรอย ของชิ้นงาน

- ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

เกณฑ์การประเมินชิ้นงานด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. การคำนวณ	สามารถใส่ค่า ตัวเลขในการ คำนวณได้ครบ ทุกด้าน และ คำนวณได้ ถูกต้อง	สามารถใส่ค่า ตัวเลขในการ คำนวณได้เกือบ ทุกด้าน และ คำนวณได้ ถูกต้อง	สามารถใส่ค่า ตัวเลขในการ คำนวณได้ไม่ ครบทุกด้าน แต่คำนวณไม่ ถูกต้อง	ไม่สามารถ คำนวณได้ หรือคำนวณได้ ไม่ถูกต้อง	ไม่มีร่องรอยการ คำนวณ
2. การ เปรียบเทียบ จำนวน	สามารถ เปรียบเทียบ จำนวน มากกว่า และ น้อยกว่า ระหว่างค่า ตัวเลขได้	สามารถ เปรียบเทียบ จำนวนมากกว่า และน้อยกว่า ระหว่างค่า ตัวเลขได้ถูกต้อง เกือบทุก ประเด็น	สามารถ เปรียบเทียบ จำนวน มากกว่า หรือ น้อยกว่า ระหว่างค่า ตัวเลขอย่างไร ก็ได้	ไม่สามารถ สามารถ เปรียบเทียบ จำนวน มากกว่า และ น้อยกว่า ระหว่างค่า ตัวเลขได้	ไม่มีร่องรอยการ เปรียบเทียบ

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
	ถูกต้องทุกประเด็น		อย่างหนึ่งเท่านั้น		
3. การสรุปด้วยเหตุผล	นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ และเปรียบเทียบมาอ้างหลักเหตุผล เพื่อสรุปได้ถูกต้องตามหลักการทุกประเด็น	นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ และเปรียบเทียบ มาอ้างหลักเหตุผล เพื่อสรุปได้ถูกต้องตามหลักการบางประเด็น	นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ หรือเปรียบเทียบ มาอ้างหลักเหตุผล เพื่อสรุปได้อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น	ไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ และเปรียบเทียบ มาอ้างหลักเหตุผลเพื่อสรุปได้	ไม่มีร่องรอยการสรุปด้วยเหตุผล

ผลการประเมิน

ด้านความรู้ (K)	ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)	ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)
จากการตอบคำถาม ใบงาน ชิ้นงาน การทดลอง หรือนำเสนอนักเรียนได้ระดับคุณภาพ	จากการประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นักเรียนได้ระดับคุณภาพ	จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
4 จำนวน.....คน	4 จำนวน.....คน	นักเรียนได้ระดับคุณภาพ
3 จำนวน.....คน	3 จำนวน.....คน	4 จำนวน.....คน
2 จำนวน.....คน	2 จำนวน.....คน	3 จำนวน.....คน
1 จำนวน.....คน	1 จำนวน.....คน	2 จำนวน.....คน
0 จำนวน.....คน	0 จำนวน.....คน	1 จำนวน.....คน
		0 จำนวน.....คน

ด้านการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
จากการตรวจชิ้นงาน นักเรียนได้ระดับคุณภาพ	จากการตรวจชิ้นงาน นักเรียนได้ระดับคุณภาพ
4 จำนวน.....คน	4 จำนวน.....คน
3 จำนวน.....คน	3 จำนวน.....คน
2 จำนวน.....คน	2 จำนวน.....คน
1 จำนวน.....คน	1 จำนวน.....คน
0 จำนวน.....คน	0 จำนวน.....คน

บันทึกหลังสอน (ปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา)

1. ปัญหาที่เกิดจากการประเมินผล

ด้านพุทธิพิสัย

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำมี..... คน คือ

.....

.....

.....

ด้านทักษะพิสัย

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำมี..... คน คือ

.....

.....

.....

ด้านจิตพิสัย

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำมี..... คน คือ

.....

.....

.....

2. วิธีการแก้ปัญหาที่เกิดจากการประเมินผล

.....

.....

.....

กิจกรรมหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาววรรณ สายสว่าง)

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการโรงเรียน

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้อำนวยการโรงเรียน
(นายอรรถพล บุตะมะ)
...../...../.....



GRAD VRU



ใบงานหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ไฟฟ้า

เรื่อง อุปกรณ์ขนส่งทางน้ำ

ภาคเรียนที่ 2/2563

ชื่อ-นามสกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

ชื่อ-นามสกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

ชื่อ-นามสกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

กิจกรรม แผงวงจรไฟฟ้าควบคุมวงจรไฟฟ้าแบบปิดและแบบเปิด

เงื่อนไข “พื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นจังหวัดที่เกิดอุทกภัย หากบ้านนักเรียนเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว และต้องอพยพญาติและของใช้ทางน้ำ นักเรียนจะใช้วิธีการใดที่สามารถเคลื่อนย้ายได้มากที่สุดและเร็วที่สุด”



ออกแบบและวางแผนกันเถอะ

ร่างแบบ

รายการวัสดุอุปกรณ์

.....
.....



ภาคผนวก ฎ
ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

GRAD VRU

ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สู่เต็มศึษาร่วมกับทักษะปฏิบัติ





ภาคผนวก ฎ

เอกสารรับรองการยกเว้นพิจารณาจริยธรรมโครงการวิจัย

GRAD VRU

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โทรศัพท์ ๐ ๒๙๐๙ ๓๐๓๖ ต่อ ๓๓๑

ที่ อว ๐๖๓๐.๐๘/จ.๑๕๗

วันที่ ๗ ธันวาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ผลการประเมินด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เรียน นางสาวรรรมา สายสว่าง

ตามที่ท่านได้เสนอโครงการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖ (หมายเลขโครงการ ๐๐๖๖/๒๕๖๓) มายังคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อขอรับพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์นั้น

ในการนี้ คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าวแล้ว และ มีมติ รับรอง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรสา จรูญธรรม)

รองประธานกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

(สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

COA No. 0031/2563

REC No. 0066/2563



คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage Research Ethics Committee

เอกสารรับรองการยกเว้นพิจารณาจริยธรรมโครงการวิจัย

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ดำเนินการให้การรับรองการยกเว้นพิจารณาจริยธรรมโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นมาตรฐานสากลได้แก่ Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice หรือ ICH-GCP และ 45CFR 46.101(b)

ชื่อโครงการ : ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้า ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาประยุกต์ของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

Study Title : THE EFFECTS OF LEARNING MANAGEMENT ON THE TOPIC ELECTRICITY USING
THE APPLIED STEM EDUCATION PROCESS OF GRADE 6 STUDENTS

เลขที่โครงการวิจัย : 0066/2563

ผู้วิจัยหลัก : นางสาววรรณ สายสว่าง
Principal investigator : Miss Wanna Saisawang

สังกัดหน่วยงาน : ครุศาสตร์

ผู้ร่วมวิจัย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา จุ้ยทอง
Co-investigators : Asst.Prof.Dr. Suwana Juithong

สังกัดหน่วยงาน : ครุศาสตร์

ผู้ร่วมวิจัย : รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพร พิชญกุล
Co-investigators : Assoc.Prof.Dr.Thitiporn Pichayakul

สังกัดหน่วยงาน : ครุศาสตร์

1. AF 01-10 เวอร์ชัน 1.0 วันที่ 7 ธันวาคม 2563
2. AF 02-10 เวอร์ชัน 1.0 วันที่ 7 ธันวาคม 2563
3. AF 03-10 เวอร์ชัน 1.0 วันที่ 7 ธันวาคม 2563
4. สรุปรายการเพื่อการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เวอร์ชัน 1.0 วันที่ 7 ธันวาคม 2563
5. โครงการวิจัยฉบับเต็ม เวอร์ชัน 1.0 วันที่ 7 ธันวาคม 2563
6. ประวัติผู้วิจัย เวอร์ชัน 1.0 วันที่ 7 ธันวาคม 2563
7. เครื่องมือวิจัย เวอร์ชัน 1.0 วันที่ 7 ธันวาคม 2563

ลงนาม:

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรสา จรุงธรรม)



รองประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (ประจำสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

วันที่รับรองการยกเว้นพิจารณาจริยธรรม : 7 ธันวาคม 2563

Date of Exemption : December 7, 2020

หมายเหตุ

1. ไม่ต้องส่งส่วนแก้ไขเพิ่มเติมโครงการวิจัย (Amendment) รายงานความก้าวหน้า (Progress Report) และรายงานสรุปผลการวิจัย (Final Report)
2. หากมีการแก้ไขโครงการวิจัยภายหลังการรับรอง ให้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยใหม่

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาววรรณมา สายสว่าง
วัน เดือน ปี เกิด	7 มกราคม 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดอ่างทอง
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2558 ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ที่อยู่ปัจจุบัน	44/ก หมู่ 5 ตำบลบางปลากรด อำเภอป่าโมก จังหวัดอ่างทอง
ผลงานตีพิมพ์	วรรณมา สายสว่าง, สุวรรณมา จุ้ยทอง และฐิติพร พิชญกุล. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะปฏิบัติที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 "นวัตกรรมการจัดการ : การวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างนวัตกรรมบนวิถีปกติใหม่" วันที่ 7 พฤษภาคม 2564 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์: ปทุมธานี: หน้า 425-436.
รางวัลที่ได้รับ	พ.ศ. 2563 ครูดีของแผ่นดิน

GRAD VRU