



การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ
ความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะ
เต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



อรอนงค์ เมืองคง

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ
ความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะ
เต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ
ความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3"

ของ อรอนงค์ เมืองคง

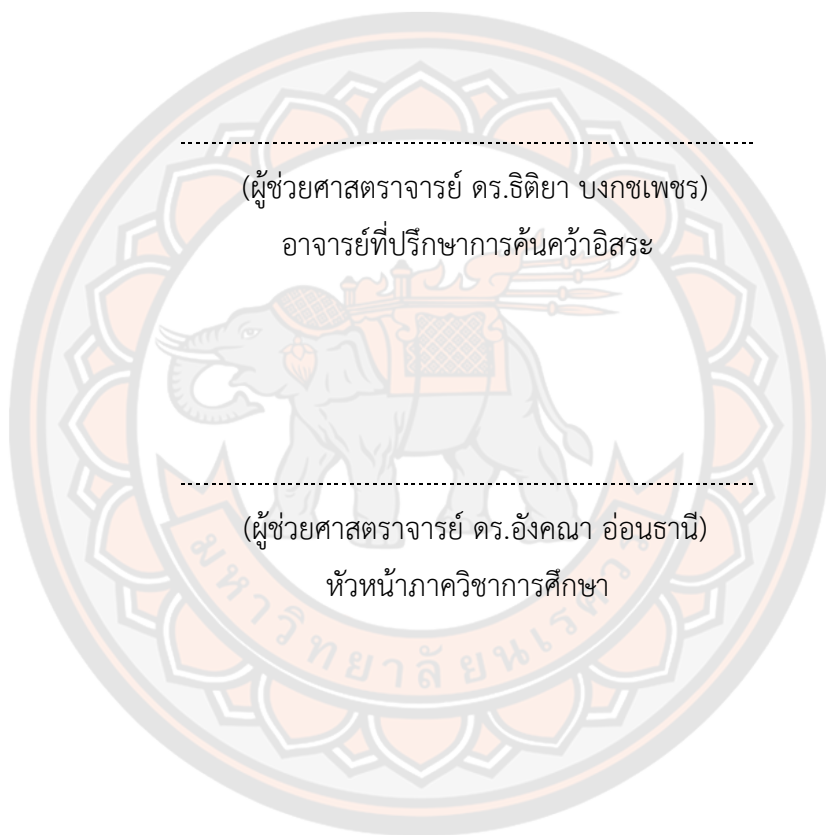
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติยา บงกชเพชร)

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา



ชื่อเรื่อง	การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยการจัดการเรียนรู้ แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ผู้วิจัย	อรอนงค์ เมืองคง
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิตยา บงกชเพชร
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565
คำสำคัญ	การใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การคิดอย่างมี วิจารณญาณ การแก้ปัญหา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ด้วยกัน 2 ประการกล่าวคือ ประการที่ 1 เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ประการที่ 2 เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดสุพรรณบุรี ประจำปีการศึกษา 2564 จำนวน 13 คน เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบสังเกตความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา แบบสังเกตความสามารถในการแก้ปัญหา แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาค่าทางสถิติ อันได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีขั้นตอน ดังนี้ ครุ่นาสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียนมาให้นักเรียนอ่าน นักเรียนหาความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหาร่วมกันโดยใช้องค์ความรู้ของ STEM ครูให้นักเรียนรับทราบเงื่อนไขในการแก้ปัญหาและร่วมกันวางแผนออกแบบชิ้นงานรวมทั้งวางแผนสำรองไว้เพื่อแผนแรกล้มเหลว ทดสอบ

การทำงานของชิ้นงาน เมื่อพบข้อผิดพลาด จะแก้ไขได้ตรงจุดและรวดเร็ว นักเรียนประเมินชิ้นงานของตนเองและอธิบายความรู้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาร่วมกัน ส่วนผลของการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจากระดับปรับปรุงและพอใช้ เป็นระดับดี จำนวน 11 คน และสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหจากระดับปรับปรุงและพอใช้ เป็นระดับดี จำนวน 8 คน โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับคุณภาพเพิ่มขึ้นในทุกวงจรปฏิบัติการตลอดการจัดการเรียนรู้



Title	AN ACTION RESEARCH FOR DEVELOPING CRITICAL THINKING AND PROBLEM SOLVING ABILITY OF 9TH GRADE STUDENTS THROUGH STEM PROBLEM BASED LEARNING IN ELECTRIC AND ELECTRONICS TOPIC
Author	Onanong Maungkong
Advisor	Assistant Professor Dr. Thitiya Bongkotphet
Academic Paper	M.Ed. Independent Study in Science Education, Naresuan University, 2022
Keywords	STEM Problem-based learning Critical Thinking Problem Solving

ABSTRACT

The purposes of the present study were 1) to explore the guideline of STEM problem-based learning that could improve students' critical thinking and problem-solving abilities and 2) to explore the development of critical thinking and problem-solving abilities of the students. The methodology was classroom action research. The participants of the study were 13 ninth grade students in an educational opportunity expansion school in Suphanburi province. The study was conducted in the academic year of 2021. The research instruments utilized were electricity and electronics lesson plans, critical thinking abilities test, critical thinking abilities observation assessment, problem-solving abilities test, problem-solving abilities observation assessment, teaching behavior observation form, and learning outcome reflection form. The data analysis employed the statistics of percentage, mean and content analysis.

The results of this study indicated that 1) the teaching approaches which could enhance students' critical thinking and problem-solving abilities was STEM problem-based learning. The teaching steps in the learning process were, firstly, the teacher provided students with electricity and electronics problems. Secondly, students collaboratively solve the problems by applying STEM model. Thirdly, the

teacher explained problem-solving rules, encouraged students to design a workpiece, then prepared a backup plan in case the first plan failed. Fourthly, students tested the working process of the workpiece and quickly fixed detected errors. Finally, students jointly assessed the workpiece and explained the knowledge which were used to solve the problems. 2) 11 students were developed critical thinking abilities from below average and average level to above average level. In addition, 8 students were developed problem-solving abilities from below average and average level to above average level. Most of the students had higher quality level in every cycle of the learning process.



ประกาศคุณูปการ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติยา บงกชเพชร อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่า เพื่อให้คำปรึกษาและแนะนำการจัดทำงานวิจัยครั้งนี้ จนทำให้การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุกท่าน ที่ให้ความรู้แก่ผู้วิจัยในการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต และขอขอบคุณ ดร.สุรียา ชาปุ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ฤทธิ์ มณีจิระปราการ นางสาววาสนา ทองดี และนางสาวสกุลรัตน์ โกพัฒนตา ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ ให้คำแนะนำและสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในระหว่างการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดสุพรรณบุรี ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

สุดท้ายขอขอบพระคุณบิดามารดาอันเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ที่สนับสนุน ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจสำคัญในการทำการค้นคว้าอิสระจนประสบความสำเร็จ และขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิตทุกท่านที่มีส่วนในการแนะนำ ช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแต่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไป

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
ประกาศคุุณุปการ.....	ช
สารบัญ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	2
ความเป็นมาของปัญหา.....	2
คำถามวิจัย.....	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
หลักสูตร.....	8
ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ.....	16
ความสามารถในการแก้ปัญหา.....	27
การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	35
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	68
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	75

รูปแบบการวิจัย.....	75
กลุ่มเป้าหมาย.....	76
บริบทของการวิจัย.....	76
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	77
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	98
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	101
ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ.....	102
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	104
ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็ม ศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์.....	104
ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์.....	154
บทที่ 5 บทสรุป.....	208
สรุปผลการวิจัย.....	208
อภิปรายผล.....	212
ข้อเสนอแนะ.....	219
บรรณานุกรม.....	221
ภาคผนวก.....	228
ประวัติผู้วิจัย.....	313

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงหน่วยการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระสำคัญของเรื่อง ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์.....	13
ตาราง 2 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางของเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.	14
ตาราง 3 แสดงการสังเคราะห์แนวความคิดการแก้ปัญหา	34
ตาราง 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์ของการวิจัยกับเครื่องมือวิจัย	78
ตาราง 6 แสดงเกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	89
ตาราง 7 แสดงเกณฑ์พฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	92
ตาราง 8 แสดงเกณฑ์พฤติกรรมการแก้ปัญหา.....	96
ตาราง 9 แสดงสรุปผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	116
ตาราง 10 แสดงสรุปผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	127
ตาราง 11 แสดงสรุปผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3	138
ตาราง 13 แสดงคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น .	155
ตาราง 14 แสดงคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน.....	158
ตาราง 15 แสดงคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	161

ตาราง 16 แสดงสรุปคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในวงจร ปฏิบัติการที่ 1-3	163
ตาราง 17 แสดงคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับ การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น .	165
ตาราง 18 แสดงคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับ การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าใน ชีวิตประจำวัน.....	170
ตาราง 19 แสดงคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับ การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้น	175
ตาราง 20 แสดงสรุปคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลัง การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3	179
ตาราง 21 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการ เรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น	181
ตาราง 22 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการ เรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	184
ตาราง 23 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการ เรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	187
ตาราง 24 แสดงสรุปคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการ จัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3	189
ตาราง 25 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังได้รับการจัดการ เรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น	191

ตาราง 26 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	197
ตาราง 27 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	202
ตาราง 28 แสดงสรุปคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3.....	206
ตาราง 29 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.....	230
ตาราง 30 แสดงคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.....	236
ตาราง 31 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 15 ข้อ	237
ตาราง 32 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและจุดประสงค์ตามตัวบ่งชี้ของความสามารถในการแก้ปัญหา	243

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 แผนภาพแสดงลักษณะสำคัญ (Key features) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	45
ภาพ 2 แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	76
ภาพ 3 แสดงคำตอบของนักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่สรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้	166
ภาพ 4 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้	167
ภาพ 5 แสดงคำตอบของนักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้	167
ภาพ 6 แสดงคำตอบของนักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้	168
ภาพ 7 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้.....	169
ภาพ 8 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่สรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้	171
ภาพ 9 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้	172
ภาพ 10 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้	172
ภาพ 11 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้	173

ภาพ 12 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตาม สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้.....	174
ภาพ 13 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่สรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความ ที่กำหนดให้ทั้งหมดได้	176
ภาพ 14 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ ทั้งหมดได้.....	176
ภาพ 15 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้	177
ภาพ 16 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมี เหตุผลเพียงพอได้	178
ภาพ 17 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตาม สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้.....	178
ภาพ 18 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการ เลือกวิธีการแก้ปัญหา.....	192
ภาพ 19 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับ ปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน.....	193
ภาพ 20 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	194
ภาพ 21 แสดงคำตอบของนักเรียนไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้และไม่ สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ หรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับ สาเหตุของปัญหา หรือไม่ได้ตอบคำถาม.....	195
ภาพ 22 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วนโดย สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้.....	196

ภาพ 23 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา.....	198
ภาพ 24 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน.....	199
ภาพ 25 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	200
ภาพ 26 แสดงคำตอบของนักเรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือก	200
ภาพ 27 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้.....	201
ภาพ 28 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา.....	203
ภาพ 29 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน.....	204
ภาพ 30 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	204
ภาพ 31 แสดงคำตอบของนักเรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้	205
ภาพ 32 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้.....	206

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 ในหมวด 4 แนวการจัดการศึกษา มาตรา 24 ได้กำหนดเป้าหมายที่ส่งเสริมการคิดของนักเรียน และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2553) ได้ให้ความสำคัญในการพัฒนานักเรียนด้านการคิด โดยกำหนดสมรรถนะสำคัญประการหนึ่ง ที่มุ่งให้นักเรียนมีความสามารถในการคิด ได้แก่ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม และความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาบนพื้นฐานของเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลต่าง ๆ พร้อมทั้งมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ เป้าหมายทางการศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นความสำคัญของการคิดและการแก้ปัญหาเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพราะเป็นการคิดที่มีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน เป็นเครื่องมือช่วยในการเลือก ตัดสินใจ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ในสังคมที่ยุ่งยากซับซ้อนได้อย่างเข้มแข็ง และเป็น การส่งเสริมการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

ถึงแม้หลักสูตรการศึกษาของไทย จะกำหนดเป้าหมายที่ส่งเสริมการคิดและการแก้ปัญหาของนักเรียนไว้ แต่ปัจจุบันก็ยังไม่ได้รับการพัฒนาอย่างจริงจัง และการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนยังขาดการส่งเสริมกระบวนการคิดและการแก้ปัญหา จนส่งผลให้คุณภาพการศึกษาไทยในปัจจุบันอยู่ในภาวะวิกฤติด้านคุณภาพ ซึ่งจะเห็นได้จากการทดสอบทางการศึกษาหลายครั้ง โดยจากผลการประเมิน PISA ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง มีทักษะการคิด วิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณและสามารถแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ผลการทดสอบในปีพ.ศ. 2561 ไทยมีคะแนนจากการทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ย 426 คะแนน จากค่าเฉลี่ย OECD 489 คะแนน สำหรับอาเซียนอยู่ในอันดับ 4 รองจากสิงคโปร์ มาเลเซีย และบรูไน และอยู่ในอันดับที่ 66 จากทั้งหมด 79 ประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) ประเทศไทยยังคงอยู่ในอันดับท้าย ๆ ในขณะที่ประเทศอื่นในเอเชียยังคงอยู่ในอันดับต้น ๆ จากผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนยังไม่สามารถสร้างกระบวนการเรียนรู้ให้เกิดการคิดอย่างมี วิจารณญาณและแก้ปัญหาได้ วิจารณ์ พานิช (2555) นักวิชาการทางการศึกษาได้ระบุสาเหตุดังกล่าวว่า เด็กไทยขาดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ครูขาดการพัฒนาการสอนที่

ส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ที่สำคัญไปกว่านั้น ก็คือ นักเรียนไม่มีศักยภาพที่จะเรียนรู้ความเปลี่ยนแปลงของโลกและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระบบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ตนเองสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างปีการศึกษา 2561-2563 โดยใช้แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีการกำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับระบบไฟฟ้าภายในบ้านเรือนมาให้ให้นักเรียน 1 สถานการณ์ แล้วให้นักเรียนเขียนตอบคำถามจำนวน 10 ข้อ ซึ่งมีคะแนนข้อละ 3 คะแนน รวมทั้งฉบับคือ 30 คะแนน ผลปรากฏว่า ในปีการศึกษา 2561 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 11.08 คะแนน ปีการศึกษา 2562 มีคะแนนเฉลี่ย 13.11 และปีการศึกษา 2563 มีคะแนนเฉลี่ย 12.67 คะแนน ซึ่งทั้ง 3 ปีการศึกษา นักเรียนมีคะแนนไม่ถึงครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม ส่งผลให้เห็นว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาอยู่ในระดับที่ต่ำมาก เช่น ครูถามว่า ถ้าให้นักเรียนเลือกพลังงานธรรมชาติมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าของโรงเรียนเรา นักเรียนคิดว่าพลังงานใดเหมาะสมที่สุด นักเรียนตอบว่า พลังงานลม เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบที่นักเรียนแต่ละคนเขียนตอบมา ทำให้ผู้วิจัยพบว่า คำตอบของนักเรียนไม่ได้แสดงถึงกระบวนการคิดอย่างรอบด้านจากข้อมูลที่ครูให้ เพราะบริเวณโรงเรียนไม่ได้มีลมพัดแรงตลอดปี คำตอบไม่มีความสมเหตุสมผล ไม่น่าเชื่อถือ รวมทั้งไม่สามารถพิจารณาคุณค่าที่แท้จริงของสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ไม่มีการคิดพิจารณาไตร่ตรองสิ่งที่เป็นประเด็นของปัญหา ไม่ใช่ข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนรู้มาใช้แก้ไขปัญหา ปัญหาเหล่านี้อาจมีสาเหตุมาจากกระบวนการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ยังเป็นแบบครูเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ ขาดการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้คิดและลงมือทำ ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดและการแก้ปัญหาที่ยังไม่ได้พัฒนา จึงควรมีการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหา

ในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาให้แก่แก่นักเรียนนั้น ครูผู้สอนมีส่วนสำคัญในการจัดการเรียนรู้ โดยจะต้องส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักการวางแผนการทำงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ โดยแนะนำให้นักเรียนวางแผนเป้าหมาย ตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินงานว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ หรือดำเนินงานตามแผน และรู้จักวิธีการในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม รอบคอบ และควบคุมตนเองให้ดำเนินงานตามแผน การทำงานหรือกิจกรรมใด ๆ ก็ตามที่ครูฝึกให้นักเรียนรู้จักการวางแผนการ ย่อมเป็นการดำเนินงานและมีการตรวจสอบ ตลอดจนเมื่อมีการดำเนินงานตามแผนแล้ว มีการประเมินผลการทำงานนั้น จัดได้ว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะการแก้ปัญหา (สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี สินธพานนท์, 2555)

การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นและสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา คือ การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็น

ฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่ง สมกร ศิลาโชติ (2561) ได้ทำการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถช่วยส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ และสุจิตรา การพิสมัย (2557) ได้ทำการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวตามข้อมูลที่ให้ได้ โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุ พิจารณาข้อมูลว่ามีเหตุผลเพียงพอหรือไม่ และตีคุณค่า ประเมินคำตอบได้อย่างถูกต้อง การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนได้รู้จักปัญหาและสาเหตุของปัญหา รวมทั้งวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหาเพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนรู้จักนำองค์ความรู้มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง (พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์, 2556)

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัย เห็นความสำคัญในการส่งเสริมทักษะในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียน และเนื้อหาเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นประเด็นที่เหมาะสมในการส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำถามวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ควรเป็นอย่างไร
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

2. เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ขอบเขตของงานวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่ง ในจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวนนักเรียน 13 คน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาหลักสูตรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา ว 23102 วิทยาศาสตร์ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีรายละเอียดของเนื้อหา ดังนี้

1. ไฟฟ้าเบื้องต้น
2. ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน
3. อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ระยะเวลาในการวิจัย

ผู้วิจัยทำการวิจัยโดยใช้เวลาดำเนินการทั้งหมด 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

ตัวแปรที่ศึกษา

1. การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
2. ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

นิยามศัพท์เฉพาะ

ในงานวิจัยครั้งนี้ มีนิยามศัพท์เฉพาะ ดังนี้

1. **การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา** หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาขาวิชา ประกอบด้วย การบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาใช้ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งครูเป็นผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงหรือสถานการณ์ที่ถูกจำลองขึ้น มาเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ และแสวงหาความรู้ผ่านกระบวนการกลุ่ม โดยให้นักเรียนได้ร่วมกันศึกษาค้นคว้า และร่วมกันอภิปราย เพื่อให้เกิดความเข้าใจปัญหา และนำองค์ความรู้มาใช้แก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ Lou et al. (2011) มีทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังนี้

1.1 การยืนยันปัญหา ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องทำความเข้าใจกับปัญหา และทำการระบุปัญหาร่วมกัน โดยต้องบอกว่าปัญหาคืออะไร มีข้อจำกัดและเงื่อนไขในการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง

1.2 การชี้แจงปัญหา ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องร่วมกันระบุความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ และสรุปองค์ความรู้ผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม

1.3 การวางแผน ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหา โดยต้อง ระบุถึงกรอบการทำงาน และปัญหาที่คาดว่าจะพบและข้อจำกัดของการทำงาน

1.4 การวางแผนฉุกเฉิน ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นแผนการสำรองและจะถูกนำมาใช้เมื่อแผนการหลักประสบกับปัญหาไม่สามารถดำเนินการต่อได้

1.5 การปรับปรุงแผน ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ และนักเรียนต้องนำเสนอแผนการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาในชั้นเรียน

1.6 การประเมิน ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องทำการประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหาและทำการแก้ไขปรับปรุง รวมถึงร่วมกันสะท้อนผลการทำกิจกรรมเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาทั้งหมด

2. ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดอย่างรอบด้าน จากข้อมูลหรือหลักฐานที่มี เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด มีความสมเหตุสมผล น่าเชื่อถือ รวมทั้งพิจารณาคุณค่าที่แท้จริงของเรื่องที่คิด ซึ่งมี 5 ด้าน ดังนี้

2.1 การสรุปอ้างอิง หมายถึง การแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวตามข้อมูลที่ปรากฏในข้อความหรือสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งความคิดเห็นนั้นอาจจะเป็นความจริงหรือบอกได้ว่าไม่เป็นความจริง ในกรณีที่ข้อมูลยังไม่เพียงพอ หรือการลงสรุปข้อมูลต่าง ๆ ที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้

2.2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น การพิจารณาและตัดสินข้อมูลที่สมมติขึ้นหรือคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ในแต่ละข้อว่าเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมด

2.3 การนิรนัย หมายถึง การคิด พิจารณา ข้อความเกี่ยวกับเหตุและผลของข้อความหลักที่มีอยู่ก่อน โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุและอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุทั้งหมด เพื่อสรุปเป็นผลของข้อความนั้น

2.4 การตีความ หมายถึง การคิดพิจารณา ข้อความย่อยว่าเป็นความจริงตามข้อความที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้อย่างมีเหตุผลเพียงพอ

2.5 การประเมินข้อโต้แย้ง หมายถึง การตีคุณค่า การประเมินคำตอบ การประเมินข้อสรุปของข้อความและการตัดสินความถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนด

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง การคิดพิจารณาไตร่ตรองสิ่งที่เป็นประเด็นของปัญหา โดยใช้ข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนรู้มาใช้แก้ไขปัญหา เพื่อให้บรรลุตามเป้าประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งมี 5 ด้าน ดังนี้

3.1 การระบุปัญหา หมายถึง การบอกปัญหาที่สำคัญที่สุดในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

3.2 การวิเคราะห์ปัญหา หมายถึง การบอกสาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา จากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์

3.3 การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา หมายถึง การวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหาหรือข้อเท็จจริงหรือข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้

3.4 การตรวจสอบผลลัพธ์ หมายถึง การอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้นสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ และผลที่ได้จะเป็นอย่างไร

3.5 การนำไปประยุกต์ใช้ หมายถึง การนำวิธีการที่ถูกต้องไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้ว



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย เรื่อง การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ
ความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและ
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตร

1.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

1.2.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

1.2.2 คำอธิบายรายวิชา ว 23102 วิทยาศาสตร์ 6

1.2.3 โครงสร้างรายวิชา ว 23102 วิทยาศาสตร์ 6

2. ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.1 ความหมายและความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.4 วิธีการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.5 การวัดและประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

3.1 ความหมายและความสำคัญของการแก้ปัญหา

3.2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา

3.3 กระบวนการแก้ปัญหา

3.4 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา

4. การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.1 สะเต็มศึกษา

4.1.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.1.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.1.3 ลักษณะการจัดการเรียนรู้และแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.2 การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.2.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.2.2 นิยามของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.2.3 ลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.2.4 ลักษณะที่สำคัญของปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.3 การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยภายในประเทศ

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตร

1.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 ในหมวด 4 แนวทางการจัดการศึกษา มาตรา 24 ได้กำหนดให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้กับนักเรียน โดยจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของนักเรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสาน สาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้สอนและนักเรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียน การสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ พร้อมทั้ง จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ มี

การประสานความร่วมมือกับบิดามารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่ายเพื่อร่วมกันพัฒนา นักเรียนตามศักยภาพ

เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายทางการศึกษาดังกล่าว สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา ขั้นพื้นฐานจึงได้กำหนดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมุ่งพัฒนา นักเรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ และได้ กำหนดสมรรถนะสำคัญของนักเรียน 5 ประการ ต่อไปดังนี้

1) ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร เพื่อ พัฒนานักเรียนให้รู้จักเลือกรับและส่งสาร โดยใช้เหตุผล พร้อมทั้งใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ

2) ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิด สังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การ สร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศ ในการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและ อุปสรรคบนพื้นฐานของเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ พร้อมทั้งมีการตัดสินใจที่มี ประสิทธิภาพ

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการ ต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและ สภาพแวดล้อม

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกใช้เทคโนโลยี ด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสมและมีคุณธรรม (สำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ), 2553)

จากที่กล่าวมาจะพบว่ากฎหมายแม่บททางการศึกษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีความสอดคล้องในการให้ความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อ พัฒนาการคิดของนักเรียน เช่นเดียวกับในประเทศสหรัฐอเมริกาที่อาจกล่าวได้ว่ามีความก้าวหน้าใน การสอนให้เด็กคิดมากที่สุดประเทศหนึ่ง จึงมีความน่าสนใจว่าทำไมจึงมีความสำคัญนัก (บรรจง อมร ชีวิน, 2554) ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการ แก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในรายวิชา ว 23102 วิทยาศาสตร์ 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคน ทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิสัยทัศน์ ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ ใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมทั้งสามารถค้นหาข้อมูลหรือสารสนเทศ ประเมินสารสนเทศ ประยุกต์ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณและความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงอย่างสร้างสรรค์ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

1.2.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญ ๔ สาระ ดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์

ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลง สถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะกระบวนการเกิดและวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหา หรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทันและมีจริยธรรม (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560)

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชา ว 23102 วิทยาศาสตร์ 6 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื้อหาสาระที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

1.2.2 คำอธิบายรายวิชา ว 23102 วิทยาศาสตร์ 6

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษา วิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ วงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและแบบขนาน ความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า การทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจร ค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน การเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า ปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตรูปแบบต่าง ๆ การถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหาร ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศ วัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิกส์ และวัสดุผสม การเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวล ปฏิกิริยาดูดความร้อน และปฏิกิริยาคายความร้อน การเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของปฏิกิริยาเคมี การเกิดฝนกรด

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล บันทึก จัดกลุ่มข้อมูล อธิบาย อภิปรายและสร้างแบบจำลอง เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถนำเสนอ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต การทดลอง แบบจำลอง และใช้สารสนเทศที่ได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ คุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ตัวชี้วัด

ว 1.1 ม.3/1, ม.3/2, ม.3/3, ม.3/4, ม.3/5, ม.3/6

ว 2.1 ม.3/1, ม.3/2, ม.3/3, ม.3/4, ม.3/5, ม.3/6, ม.3/7, ม.3/8

ว 2.3 ม.3/1, ม.3/2, ม.3/3, ม.3/4, ม.3/5, ม.3/6, ม.3/7, ม.3/8, ม.3/9

รวมตัวชี้วัด 23 ตัวชี้วัด

1.2.3 โครงสร้างรายวิชา ว 23102 วิทยาศาสตร์ 6

ตาราง 1 แสดงหน่วยการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระสำคัญของเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการ เรียนรู้	มาตรฐานการ เรียนรู้/ ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
3	ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์	ว 2.3 ม.3/1, 3/2, 3/3, 3/4, 3/5, 3/6, 3/7, 3/8, 3/9	- ความสัมพันธ์ระหว่างความต่าง ศักย์ กระแสไฟฟ้า และความ ต้านทาน - โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ - วงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทาน แบบอนุกรมและแบบขนาน - การทำงานของชิ้นส่วน อิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจร - ความต่างศักย์ไฟฟ้า - กระแสไฟฟ้า	24

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปฏิกิริยาที่ เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตาราง 2 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางของเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.3	<p>1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน และคำนวณ ปริมาณที่เกี่ยวข้องโดยใช้สมการ $V = IR$ จากหลักฐานเชิงประจักษ์</p> <p>2. เขียนกราฟความสัมพันธ์ ระหว่าง กระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า</p> <p>3. ใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้า</p>	<p>- เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าครบวงจรจะมีกระแสไฟฟ้าออกจากขั้วบวกผ่าน วงจรไฟฟ้าไปยังขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งวัดค่าได้จากแอมมิเตอร์</p> <p>- ค่าที่บอกความแตกต่างของพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยประจุระหว่างจุด 2 จุด เรียกว่า ความต่างศักย์ ซึ่งวัดค่าได้จากโวลต์มิเตอร์</p> <p>- ขนาดของกระแสไฟฟ้ามีค่าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำ โดยอัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่ เรียกค่าคงที่นี้ว่า ความต้านทาน</p>
	<p>4. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและ กระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมและแบบขนานจากหลักฐานเชิงประจักษ์</p> <p>5. เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและขนาน</p>	<p>- ในวงจรไฟฟ้า ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และ อุปกรณ์ไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชิ้นมีความต้านทานในการต่อตัวต้านทานหลายตัว มีทั้งต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน</p> <p>- การต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมในวงจรไฟฟ้า ความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากับผลรวมของความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว โดยกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน</p>

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.3 (ต่อ)	6. บรรยายการทำงาน of ชั้น ส่วน อิเล็กทรอนิกส์ อย่างง่ายในวงจรจากข้อมูลที่ รวบรวมได้ 7. เขียนแผนภาพ และ ต่อ ชั้น ส่วน อิเล็กทรอนิกส์ อย่างง่ายในวงจรไฟฟ้า	<p>- การต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบ ขนานในวงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ผ่าน วงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว โดยความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทาน แต่ละตัวมีค่าเท่ากัน</p> <p>- ชั้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีหลายชนิด เช่น ตัวต้านทาน ไดโอด ทรานซิสเตอร์ ตัวเก็บประจุ โดยชั้นส่วนแต่ละชนิดทำ หน้าที่แตกต่างกันเพื่อให้วงจรทำงานได้ ตามต้องการ</p> <p>- ตัวต้านทานทำหน้าที่ควบคุมปริมาณ กระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า ไดโอดทำ หน้าที่ให้กระแสไฟฟ้าผ่านทางเดียว ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด หรือเปิดวงจรไฟฟ้าและควบคุมปริมาณ กระแสไฟฟ้า ตัวเก็บประจุทำหน้าที่เก็บ และคายประจุไฟฟ้า</p> <p>- เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วย ชั้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์หลายชนิดที่ ทำงานร่วมกัน การต่อวงจร อิเล็กทรอนิกส์โดยเลือกใช้ชั้นส่วน อิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสมตามหน้าที่ ของชั้นส่วนนั้น ๆ จะสามารถทำให้ วงจรไฟฟ้าทำงานได้ตามต้องการ</p>

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.3 (ต่อ)	9. ตระหนักในคุณค่าของการเลือกใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยนำเสนอวิธีการใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย	- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด ซึ่งหาได้ จากผลคูณ ของกำลังไฟฟ้าในหน่วย กิโลวัตต์ กับเวลาในหน่วยชั่วโมง พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ชั่วโมง - วงจรไฟฟ้าในบ้านมีการต่อ เครื่องใช้ไฟฟ้าแบบขนานเพื่อให้ความ ต่างศักย์เท่ากัน การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าใน ชีวิตประจำวันต้องเลือกใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้า ที่มีความต่างศักย์และ กำลังไฟฟ้าให้เหมาะกับการใช้งาน และ การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า ต้องใช้อย่างถูกต้อง ปลอดภัยและ ประหยัด

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยที่ 3 ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอยู่ใน
มาตรฐานการเรียนรู้ที่ 2.3 ตัวชี้วัดที่ 1-9 มีสาระสำคัญ ดังต่อไปนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างความต่าง
ศักย์ กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ วงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม
และขนาน การทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจร ความต่างศักย์ไฟฟ้า และ
กระแสไฟฟ้า

ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ความสามารถในการคิดเป็นกระบวนการการทำงานของสมองที่มีความจำเป็นต่อการดำเนิน
ชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก ความเป็นปกติสุขและการดำเนินชีวิตที่ประสบความสำเร็จเป็นผลมา
จากความมีประสิทธิภาพของการคิด (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2553) ความสามารถในการคิดจะเป็น
เครื่องมือในการเรียนรู้และแสวงหาความรู้ตลอดชีวิต พร้อมทั้งช่วยในการเลือก ตัดสินใจ และ
แก้ปัญหาที่หลากหลายในสภาวะการณ์ต่าง ๆ ของสังคมที่มีความยุ่งยากซับซ้อนได้อย่างเข้มแข็ง และ
ถือเป็นภูมิคุ้มกันที่ดีในการดำรงชีวิตในสภาวะการณ์ปัจจุบัน การคิดอย่างมีวิจารณญาณถือได้ว่า เป็น
พื้นฐานที่สำคัญของการคิดแก้ปัญหา เพราะฉะนั้นในการพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา จึง

จำเป็นต้องพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นอันดับแรก (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2553) การคิดยังเป็นเครื่องมือในการแข่งขันและต่อสู้กับสภาวะการณ์ด้านต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การฝึกคิดจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาเด็กและเยาวชนเพื่อเติบโตไปเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพ และเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศต่อไป การคิดนั้นแบ่งออกเป็น 2 แบบ (Hilgard, 1962 อ้างอิงใน ภัทรรัตน์ แสงเดือน, 2553) คือ

1. การคิดอย่างไม่มีจุดมุ่งหมาย (Association thinking) เป็นการคิดที่ไม่ได้ตั้งใจจะคิดหรือไม่มีจุดมุ่งหมายในการคิด เช่น การคิดเสรี (Free association) การฝันกลางวัน (Day dreaming)
2. การคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย (Directed thinking) เป็นการคิดเพื่อค้นหาคำตอบในการแก้ปัญหาหรือไปสู่จุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายโดยตรง เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) เป็นการคิดอย่างมีเหตุผล นำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้

2.1 ความหมายและความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตรงกับภาษาอังกฤษคำว่า Critical Thinking เป็นคำที่มีผู้ใช้ในภาษาไทยแตกต่างกัน เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดเชิงวิพากษ์ การคิดวิเคราะห์ วิจารณ์ การคิดเชิงวิจารณ์ ถึงแม้จะมีการใช้ชื่อที่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาความหมายพบว่ามี ความคล้ายคลึงกัน สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ใช้คำว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีนักการศึกษา ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

Watson and Glaser (1980 อ้างอิงใน ขอบกิจ กนกหงส์, 2547) ได้ให้ความหมายไว้ว่าเป็นการคิดประกอบด้วย ทักษะ ความรู้ และทักษะ โดยที่ทักษะ หมายถึง ทักษะในการแสวงหาความรู้ และยอมรับการแสวงหาหลักฐานมาสนับสนุนสิ่งที่อ้างว่าเป็นจริง แล้วใช้ความรู้ด้านการอนุมานมาสรุปใจความสำคัญ และการสรุปเป็นกรณีทั่วไป โดยตัดสินจากหลักฐานอย่างสมเหตุสมผล สอดคล้องกับหลักตรรกวิทยา ตลอดจนทักษะในการใช้ทักษะและความรู้ดังกล่าว มาประเมินผล ความถูกต้องของข้อความ

Norris & Ennis (1989 อ้างอิงใน ภัทรรัตน์ แสงเดือน, 2553) ได้กล่าวไว้ว่า “การคิดอย่างมีเหตุผล ไตร่ตรอง เพื่อการตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อและสิ่งใดควรทำ”

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553) ได้กล่าวถึงความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ไว้ว่า “กระบวนการคิดไตร่ตรองอย่างรอบคอบ เกี่ยวกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา คลุมเครือ มีความขัดแย้ง เพื่อตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อหรือไม่ควรเชื่อ สิ่งใดควรทำ สิ่งใดไม่ควรทำ โดยใช้ความรู้ ความคิดจากประสบการณ์ของตนจากข้อมูลที่รอบด้าน ทั้งข้อมูลเชิงวิชาการ ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม และข้อมูลส่วนตัวของผู้คิด”

ทศนา แคมมณี (2554) ได้กล่าวไว้ว่า หมายถึง กระบวนการคิดอย่างรอบคอบ เพื่อให้ได้ ความคิด/คำตอบที่ดีที่สุด มีความสมเหตุสมผล น่าเชื่อถือ โดยการพิจารณาและประเมินข้อมูล ข้อเท็จจริง ข้อโต้แย้ง หลักฐาน และความคิดเห็นอย่างรอบด้าน ทั้งทางกว้าง ลึกและไกล รวมทั้ง พิจารณากลับกรองคุณ-โทษ และคุณค่าที่แท้จริงของเรื่อง que คิด

บรรจง อมรชีวิน (2554) ได้ให้ความหมายไว้ว่า “เป็นกระบวนการของการใช้ความรู้และ สติปัญญาของเราในการให้ได้มาในการพิจารณาประเด็นหนึ่งอย่างมีเหตุผลและสมเหตุสมผล โดยที่ สามารถระบุและเอาชนะปัจจัยอุปสรรคขัดขวางจำนวนมากที่อาจทำให้การคิดปราศจากเหตุผลไปได้”

สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี สินธพานนท์ (2555) ได้ให้ ความหมายไว้ว่า “กระบวนการคิดที่ใช้เหตุผล โดยมีการศึกษาข้อเท็จจริง หลักฐาน และข้อมูลต่าง ๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจ แล้วนำมาพิจารณาวิเคราะห์อย่างสมเหตุสมผลก่อนตัดสินใจว่าสิ่งใดควร เชื่อหรือไม่ควรเชื่อ” และได้กล่าวถึงความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า” บุคคลผู้รู้จักนำ วิธีการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปใช้ในการดำเนินชีวิตย่อมเกิดประโยชน์หลายประการ เช่น

- 1) มีความมั่นใจในการเผชิญต่อปัญหาต่าง ๆ และแก้ไขปัญหาที่นั้น ๆ ได้ถูกทาง
- 2) สามารถตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีเหตุผล
- 3) มีบุคลิกภาพที่ดี เป็นคนสุขุมรอบคอบ ละเอียดลออ ก่อนตัดสินใจในเรื่องใด จะต้องมีข้อมูลหลักฐานประกอบ แล้วคิดวิเคราะห์ด้วยเหตุผลก่อนตัดสินใจ
- 4) ทำกิจการงานต่าง ๆ ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดอย่างมีคุณภาพ เนื่องจากมีระบบความคิดอย่างเป็นขั้นตอน
- 5) มีทักษะในการสื่อสารกับผู้อื่นได้ดี ทั้งด้านการอ่าน เขียน ฟัง พูด
- 6) การพัฒนาวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่เสมอ ส่งผลให้สติปัญญาเฉียบแหลม พัฒนา ความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง
- 7) เป็นผู้มีความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย
- 8) เป็นผู้ปฏิบัติงานอยู่บนหลักการและเหตุผล ส่งผลให้งานสำเร็จอย่างมีคุณภาพ”

จากการให้ความหมายของนักการศึกษาหลายท่าน ผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของ การคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ว่า กระบวนการคิดอย่างรอบด้าน จากข้อมูลหรือหลักฐานที่มี เพื่อให้ได้ คำตอบที่ดีที่สุด มีความสมเหตุสมผล น่าเชื่อถือ รวมทั้งพิจารณาคุณค่าที่แท้จริงของเรื่อง que คิด

2.2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

จากการพิจารณานิยามและความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้น เป็นความสามารถทางสมองที่มีกระบวนการที่ซับซ้อน มีนักการศึกษาได้เสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้หลายท่านดังนี้ Dressel & Mayhew (1957 อ้างอิงใน ภัทรรัตน์ แสงเดือน, 2553) ได้กล่าวถึง ความสามารถที่ถือว่าเป็นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วยความสามารถใน 5 ด้าน ดังต่อไปนี้

1) ความสามารถในการนิยามปัญหา ประกอบด้วย

1.1) การตระหนักถึงความเป็นไปของปัญหา ได้แก่ การรู้ถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันในสภาพการณ์ การรู้ถึงความขัดแย้งและเรื่องราวที่สำคัญในสภาพการณ์ การระบุดูจุดเชื่อมต่อที่ขาดหายไปของชุดของเหตุการณ์หรือความคิด และการรู้ถึงสภาพปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบ

1.2) การนิยามปัญหา ได้แก่ การระบุถึงธรรมชาติของปัญหา ความเข้าใจถึงสิ่งที่เกี่ยวข้อง และจำเป็นในการแก้ปัญหา นิยามองค์ประกอบของปัญหา ซึ่งมีความยุ่งยากและเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม จำแนกแยกแยะองค์ประกอบของปัญหาที่มีความซับซ้อนออกเป็น ส่วนประกอบที่สามารถจัดกระทำได้ ระบุดูองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา จัดองค์ประกอบของปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอน

2) ความสามารถในการเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา คือ การตัดสินใจว่าข้อมูลใดมีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา การจำแนกแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องไม่ได้การระบุว่าข้อมูลใดควรยอมรับหรือไม่ การเลือกตัวอย่างข้อมูลที่มีความเพียงพอและเชื่อถือได้ ตลอดจนการจัดระบบระเบียบของข้อมูล

3) ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ประกอบด้วย การระบุข้อตกลงที่ผู้อ้างเหตุผลไม่ได้กล่าวไว้ การระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่คัดค้านการอ้างเหตุผล และการระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการอ้างเหตุผล

4) ความสามารถในการกำหนดและเลือกสมมติฐาน ประกอบด้วย การค้นหา การชี้แนะต่อคำตอบปัญหา การกำหนดสมมติฐานต่าง ๆ โดยอาศัยข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดมาพิจารณาเป็นอันดับแรก การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานกับข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ยังไม่ทราบและเป็นข้อมูลที่จำเป็น

5) ความสามารถในการสรุปอย่างสมเหตุสมผลและการตัดสินใจสมเหตุสมผลของการคิดหาเหตุผล ซึ่งประกอบด้วย

5.1) การลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยอาศัยข้อตกลงเบื้องต้น สมมติฐาน และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การระบุความสัมพันธ์ระหว่างคำกับประพจน์ การระบุเงื่อนไขที่จำเป็น และเงื่อนไขที่เพียงพอ การระบุความสัมพันธ์เชิงเหตุผล และการระบุและกำหนดข้อสรุป

5.2) การพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุป ได้แก่ การจำแนกการสรุปที่สมเหตุสมผลจากการสรุปที่อาศัยค่านิยม ความพึงพอใจ และความลำเอียง การจำแนกระหว่างการคิดหาเหตุผลที่มีข้อสรุปได้แน่นอนกับการคิดหาเหตุผลที่ไม่สามารถหาข้อสรุปที่เป็นข้อยุติได้

5.3) การประเมินข้อสรุปโดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ใช้ได้แก่ การระบุถึงเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการพิสูจน์ข้อสรุป การรู้ถึงเงื่อนไขที่ทำให้ข้อสรุปไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ และการตัดสินความเพียงพอของข้อสรุปในลักษณะที่เป็นคำตอบของปัญหา

Watson & Glaser (1964 อ้างอิงใน ภัทรรัตน์ แสงเดือน, 2553) ได้เสนอแนวคิดไว้ ดังนี้ การคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย เจตคติ ความรู้ และทักษะ ดังนี้

- 1) เจตคติ หมายถึง ความสนใจในการแสวงหาความรู้ ความสามารถในการพิจารณาปัญหาตลอดจนมีนิสัยในการค้นหาหลักฐานมาสนับสนุนสิ่งที่อ้างว่าจริง
- 2) ความรู้ หมายถึง ความสามารถในการอนุมาน สรุปใจความสำคัญ และการสรุปความเหมือน โดยพิจารณาหลักฐานและการใช้หลักตรรกศาสตร์
- 3) ทักษะ หมายถึง ความสามารถที่จะนำทั้งเจตคติและความรู้ไปประยุกต์ใช้พิจารณาตัดสินปัญหา สถานการณ์ ข้อความหรือข้อสรุปต่าง ๆ ได้

Decaroli (1973 อ้างอิงใน ภัทรรัตน์ แสงเดือน, 2553) เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

- 1) การนิยาม เป็นการกำหนดปัญหา ทำความตกลงเกี่ยวกับความหมายของคำ ข้อความ และการกำหนดเกณฑ์
- 2) การแสวงหาสมมติฐาน การคิดถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผล การหาทางเลือก และการพยากรณ์
- 3) การประมวลผลข่าวสาร เป็นการระบุข้อมูลที่จำเป็น รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง หาหลักฐานและจัดระบบข้อมูล
- 4) การตีความข้อเท็จจริงและการสรุปอ้างอิงจากหลักฐาน การระบุอคติ
- 5) การใช้เหตุผล โดยระบุความสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์
- 6) การประเมินผล โดยอาศัยเกณฑ์ กำหนดความสมเหตุสมผล

7) การประยุกต์ เป็นการทดสอบข้อสรุป การสรุปอ้างอิงถึงการนำไปปฏิบัติ

2.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Watson & Glaser (1964 อ้างอิงใน ภัทรรัตน์ แสงเดือน, 2553) ได้เสนอว่ากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วยความสามารถย่อย ๆ ดังนี้

1) ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ (Inference) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความน่าจะเป็นของข้อมูลหรือการสรุปข้อมูลต่าง ๆ ของข้อมูลที่กำหนดให้ได้

2) ความสามารถในการตระหนักถึงข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumptions) เป็นความสามารถในการรับรู้ข้อตกลงเบื้องต้นหรือข้อความสมมติที่กำหนดในประโยค โดยสามารถจำแนกว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น หรือข้อความใดไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น

3) ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นความสามารถในการจำแนกว่า ข้อสรุปใดเป็นผลจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างแน่นอนและข้อความใดไม่เป็นผลต่อความสัมพันธ์นั้น

4) ความสามารถในการตีความ (Interpretation) เป็นความสามารถในการลงความเห็นและอธิบายความเป็นไปได้ของข้อสรุป จำแนกได้ว่าข้อสรุปใดที่เป็นไปได้ตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

5) ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of arguments) เป็นความสามารถในการประเมินน้ำหนักข้อมูลเพื่อตัดสินว่าเข้าประเด็นกับเรื่องหรือไม่ เห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วย ควรหรือไม่ควร

ทิสนา แชมมณี และคณะ (2544 อ้างอิงใน ทิสนา แชมมณี, 2554) ได้เสนอกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ไว้ดังนี้

1) จุดมุ่งหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อให้ได้ความคิดที่รอบคอบ สมเหตุสมผล ผ่านการพิจารณาปัจจัยรอบด้านอย่างกว้างขวาง ลึกซึ้ง และผ่านการพิจารณากลับกรอง ไตร่ตรอง ทั้งด้านคุณ-โทษ และคุณค่าที่แท้จริงของสิ่งนั้นมาแล้ว

2) เกณฑ์ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้ที่คิดอย่างมีวิจารณญาณจะมีความสามารถ ดังนี้

2.1) สามารถกำหนดเป้าหมายในการคิดอย่างถูกต้อง

2.2) สามารถระบุประเด็นในการคิดอย่างชัดเจน

2.3) สามารถประมวลข้อมูล ทั้งทางด้านข้อเท็จจริง และความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่คิด ทั้งทางกว้าง ทางลึก และไกล

2.4) สามารถวิเคราะห์ข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะใช้ในการคิดได้

- 2.5) สามารถประเมินข้อมูลได้
- 2.6) สามารถใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล และเสนอคำตอบ/ทางเลือกที่สมเหตุสมผลได้
- 2.7) สามารถเลือกทางเลือก/ลงความเห็นในประเด็นที่คิดได้
- 3) วิธีการหรือขั้นตอนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 3.1) ตั้งเป้าหมายในการคิด
 - 3.2) ระบุประเด็นในการคิด
 - 3.3) ประมวลข้อมูลทั้งทางด้านข้อเท็จจริง และความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิดทั้งทางกว้าง ลึก และไกล
 - 3.4) วิเคราะห์ จำแนก แยกแยะข้อมูล จัดหมวดหมู่ของข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้
 - 3.5) ประเมินข้อมูลที่จะใช้ในแง่ความถูกต้อง ความเพียงพอ และความน่าเชื่อถือ
 - 3.6) ใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล เพื่อแสวงหาทางเลือก/คำตอบที่สมเหตุสมผลตามข้อมูลที่มี
 - 3.7) เลือกทางเลือกที่เหมาะสมโดยพิจารณาถึงผลที่ตามมา และคุณค่าหรือความหมายที่แท้จริงของสิ่งนั้น
 - 3.8) ชั่งน้ำหนัก ผลได้ ผลเสีย คุณ-โทษ ในระยะสั้นและระยะยาว
 - 3.9) ไตร่ตรอง ทบทวนกลับไปมาให้รอบคอบ
 - 3.10) ประเมินทางเลือกและลงความเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่คิด

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกกรอบกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ Watson Glaser (1980) เพื่อวัดความสามารถของนักเรียน 5 ด้าน คือ ด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการรับรู้ ข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ และด้านการประเมินข้อโต้แย้ง

2.4 วิธีการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้แก่แก่นักเรียนนั้น ครูผู้สอนมีส่วนสำคัญในการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น

- 1) ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกระบวนการสอน โดยมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างเป็นระบบ ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนรู้จักคิดในสิ่งที่เรียน รู้จักคิดในแง่การตีความหมายในรายละเอียด รู้จักขยายผลของสิ่งที่คิด และปรับสิ่งที่ได้จากการคิดดังกล่าวไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ฝึกให้นักเรียนได้รู้ปัญหา วิธีแก้ไขปัญหา

บนพื้นฐานของข้อมูลต่าง ๆ โดยนำมาวิเคราะห์พิจารณาความน่าเชื่อถือก่อนตัดสินใจ ประเด็นสำคัญ คือ การสร้างให้นักเรียนรู้จักคิดก่อนทำ และสามารถอธิบายการกระทำของตนเองว่ามีเหตุผลอย่างไร การฝึกให้นักเรียนมีเหตุผลจะใช้คำถามว่า “ทำไม” ให้นักเรียนตอบโดยมีพื้นฐานรองรับอยู่เสมอ

2) ส่งเสริมให้นักเรียนตัดสินใจด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนตัดสินใจด้วยตนเอง เป็นการพัฒนาทักษะการคิด มีความเชื่อมั่นในตนเองและมีความรู้สึกที่เป็นอิสระ ซึ่งผู้สอนอาจจัดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน และให้นักเรียนได้มีโอกาสตัดสินใจในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เป็นการฝึกฝนและพัฒนาความคิดอย่างมีวิจารณญาณ อันเป็นพื้นฐานสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง

3) จัดสื่อการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมการฝึกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งสื่อมีหลายรูปแบบ สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือ บทความประเภทต่าง ๆ หนังสือพิมพ์ นิตาน ฯลฯ เมื่อ นักเรียนอ่านแล้วครูอาจใช้คำถามฝึกการคิด เช่น เรื่องนี้คล้ายคลึงหรือแตกต่างกันอย่างไร ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในการอ่านจะช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้วิธีหนึ่ง ครูอาจจัดทำแบบฝึกทักษะการเรียนรู้ให้นักเรียน ซึ่งอาจมีรูปแบบหลากหลาย เช่น สถานการณ์จำลอง และครูใช้คำถามเพื่อฝึกการคิดหลังจากที่นักเรียนอ่านสถานการณ์นั้นแล้ว หรือฝึกการคิดจากภาพ เป็นต้น

4) ฝึกให้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันตามหัวข้อต่าง ๆ ที่น่าสนใจ หรือเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน จากข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ จากความคิดเห็นของบุคคลต่าง ๆ ในข่าวประจำวัน จากการ์ตูนล้อการเมือง จะทำให้นักเรียนมีทักษะในการอภิปรายเชิงวิเคราะห์ วิวิจารณ์ ฝึกให้นักเรียนมีทักษะในการลงข้อสรุปและรู้จักประเมินความคิดเห็นของผู้อื่น ทำให้นักเรียนรู้จักการอ้างเหตุผล และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วยใจเป็นกลาง

5) ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักการวางแผนการทำงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ โดยแนะนำให้นักเรียนวางเป้าหมาย ตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินงานว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ หรือดำเนินงานตามแผน และรู้จักวิธีการในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม รอบคอบ และควบคุมตนเองให้ดำเนินงานตามแผนการทำงานหรือกิจกรรมใด ๆ ก็ตามที่ครูฝึกให้นักเรียนรู้จักการวางแผนการ ย่อมเป็นการดำเนินงานและมีการตรวจสอบ ตลอดจนเมื่อมีการดำเนินงานตามแผนแล้ว มีการประเมินผลการทำงานนั้น จัดได้ว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้การคิดอย่างมี วิจารณญาณ (สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี สินธพานนท์, 2555)

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นอีกหนึ่งวิธีการที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ ซึ่งมีการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ (วศินีย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559)

1) นักเรียนจะใช้ทักษะวิทยาศาสตร์ในการกำหนดปัญหาที่จะนำมาจัดการเรียนรู้ ซึ่งปัญหานั้นอาจจะเป็นปัญหาที่นักเรียนสนใจ ที่ได้มาจากการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น หรือเป็นปัญหาที่นักเรียนได้รับข้อมูลจากสื่อต่าง ๆ ที่นักเรียนสนใจ เพื่อให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้

2) ครูอธิบายภาพรวมของปัญหา แล้วให้นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มร่วมกันขยายผล ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นต่อปัญหา อาจมีการถกเถียงกันด้วยความตั้งใจของนักเรียนภายในกลุ่มเนื่องจากความคิดเห็นที่มีต่อปัญหานั้น มีความหลากหลาย ทั้งนี้หากนักเรียนมีข้อสงสัยสามารถสอบถามครู

3) นักเรียนใช้กระบวนการกลุ่มในการแบ่งหน้าที่เพื่อสืบค้นข้อมูลจากสื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ นักเรียนศึกษาข้อมูล ความรู้ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการแก้ไขปัญหา

4) นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ที่ตนได้สืบค้นมาโดยใช้ทักษะการสื่อความหมายข้อมูล เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับสมาชิกในกลุ่มของตน นำเสนอข้อมูล ความรู้ ที่นักเรียนได้สืบค้นมาโดยใช้ผังความคิดหรือผังมโนทัศน์

5) นักเรียนใช้ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ เพื่อร่วมกันสรุปความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ที่ผู้เรียนเลือก เพื่อเตรียมนำเสนอข้อมูลของตนต่อสมาชิกในชั้นเรียน

6) นักเรียนทุกคนในกลุ่มร่วมกันเสนอผลงานที่กลุ่มของตนเองได้จัดทำขึ้นโดยใช้ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลในการนำเสนอผลงานของกลุ่ม โดยมีการประเมินให้คะแนนจากครูและสมาชิกในชั้นเรียน จากนั้น ครูและนักเรียนร่วมกันถามตอบเพื่อทบทวนความรู้ของนักเรียน

จากการศึกษาวิธีการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ว่า ครูต้องให้นักเรียนฝึกกระบวนการคิดอย่างรอบด้าน จากข้อมูลหรือหลักฐานที่ครูกำหนดให้ เพื่อให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด มีความสมเหตุสมผล น่าเชื่อถือ รวมทั้งนักเรียนต้องสามารถพิจารณาคุณค่าที่แท้จริงของสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

2.5 การวัดและประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การวัดความสามารถในการคิด มีเทคนิคการวัดที่สามารถเลือกใช้อย่างหลากหลาย เช่น การวัดโดยใช้แบบสอบ การสังเกตพฤติกรรมโดยตรง การสัมภาษณ์เป็นรายบุคคล การบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล ตลอดจนการตรวจผลงานจากแฟ้มสะสมผลงานหรือพัฒนางาน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่าแบบทดสอบการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ

1) แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้นเอง ศิริชัย กาญจนวาสี (2544) ได้กล่าวไว้ว่า การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดขึ้นใช้เอง เพื่อการวัดความสามารถทางการคิดของบุคคล ผู้สร้างเครื่องมือจะต้องมีความรอบรู้ในแนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิด เพื่อนำมาเป็นกรอบหรือโครงสร้างของการคิด เมื่อมีการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของโครงสร้างหรือองค์ประกอบการคิดแล้ว จะทำให้ได้ตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะที่เป็นรูปธรรม ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้างหรือองค์ประกอบการคิด จากนั้น จึงเขียนข้อความตายตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะของแต่ละองค์ประกอบของการคิดนั้น ในตอนการพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิด มีขั้นตอนดำเนินการที่สำคัญ ดังนี้

1.1) กำหนดจุดมุ่งหมายของการวัด กำหนดจุดมุ่งหมายสำคัญของการสร้างแบบวัดความสามารถทางการคิด ผู้พัฒนาแบบวัดจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการนำแบบวัดไปใช้ด้วยว่า ต้องการวัดความสามารถทางการคิดทั่ว ๆ ไป หรือต้องการวัดความสามารถทางการคิดเฉพาะวิชาการวัดนั้นมุ่งติดตามความก้าวหน้าของความสามารถทางการคิด หรือต้องการเน้นการประเมินผลสรุปรวม สำหรับการตัดสินใจ รวมทั้งการแปลผลการวัดเน้นการเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกลุ่ม หรือต้องการเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้

1.2) กำหนดกรอบของการวัดและนิยามเชิงปฏิบัติการ ผู้พัฒนาแบบวัดควรศึกษาเอกสาร แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางการคิดตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ ผู้พัฒนาแบบวัดควรคัดเลือกแนวคิดหรือทฤษฎีที่เหมาะสมกับบริบทและจุดมุ่งหมายที่ต้องการเป็นหลัก แล้วศึกษาให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง เพื่อกำหนดโครงสร้าง องค์ประกอบของความสามารถทางการคิดตามทฤษฎีและให้นิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบในเชิงรูปธรรมของพฤติกรรมที่สามารถบ่งชี้ถึงลักษณะแต่ละองค์ประกอบของการคิดนั้นได้

1.3) สร้างผังข้อสอบ การสร้างผังข้อสอบเป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบความสามารถทางการคิดที่ต้องการสร้างให้ครอบคลุม โครงสร้างหรือองค์ประกอบใดบ้างตามทฤษฎี และกำหนดว่าแต่ละส่วนมีน้ำหนักความสำคัญมากน้อยเพียงใด

1.4) เขียนข้อสอบ กำหนดรูปแบบของการเขียนข้อสอบตัวคำถาม ตัวคำตอบ และวิธีการตรวจให้คะแนน เมื่อกำหนดรูปแบบของข้อสอบแล้ว ก็ลงมือร่างข้อสอบตามผังข้อสอบที่กำหนดไว้จนครบทุกองค์ประกอบ ภาษาที่ใช้ควรเป็นไปตามหลักการเขียนข้อสอบที่ดีโดยทั่วไป แต่สิ่งที่จะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ได้แก่ การเขียนข้อสอบให้วัดตรงตามโครงสร้างของการวัด พยายาม

หลีกเลี่ยงคำถามนำและคำถามที่ทำให้ผู้ตอบสร้างตอบดี หลังจากร่างข้อสอบแล้วควรมีการทบทวนข้อสอบเพื่อพิจารณาความเหมาะสมของการวัดและความชัดเจนของภาษาที่ใช้ โดยผู้เขียนข้อสอบเอง และผู้ตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด

1.5) นำแบบสอบวัดไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง หรือกลุ่มใกล้เคียง แล้วนำผลการตอบมาทำการวิเคราะห์หาคุณภาพ โดยทำการวิเคราะห์ข้อสอบและวิเคราะห์แบบสอบ วิเคราะห์ข้อสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อในด้านความยากง่ายและอำนาจจำแนก เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายพอเหมาะและมีอำนาจจำแนกสูงไว้ พร้อมทั้งปรับปรุง ข้อที่ไม่เหมาะสม

2) แบบทดสอบการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่เป็นมาตรฐาน ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่มีผู้สร้างไว้แล้ว โดยในปี ค.ศ. 1937 Goodwin Watson and Edward M. Glaser (1980 อ้างอิงใน ขอบกิจ กนกหงส์, 2547) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีชื่อว่า “Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal” ใช้กับนักเรียนระดับ 9 ขึ้นไป จนถึงวัยผู้ใหญ่ แบบวัดมีลักษณะเป็นคู่ขนาน คือ ฟอรัม Ym และ Zm ซึ่งได้รับการใช้อย่างแพร่หลาย ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างต่อเนื่องจนถึงปี ค.ศ. 1980 ถือเป็นฉบับที่ได้รับการปรับปรุงล่าสุดยังคงมีลักษณะเป็นคู่ขนานประกอบด้วยฟอรัม A และ B โดยแต่ละฟอรัม จะประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 5 แบบทดสอบ เพื่อใช้วัดความสามารถ 5 ด้าน ดังนี้

2.1) ความสามารถในการสรุปอ้างอิง เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจ จำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ โดยลักษณะแบบวัดจะกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปประมาณ 3 - 5 ข้อ ต่อสถานการณ์นั้น ผู้ตอบต้องพิจารณา ตัดสินว่า ข้อสรุปแต่ละข้อเป็นอย่างไร โดยเลือกจากตัวเลือก 5 ตัวเลือก คือ เป็นจริง น่าจะเป็นจริง ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ น่าจะเป็นเท็จ เป็นเท็จ

2.2) ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ลักษณะแบบวัดจะกำหนดสถานการณ์มาให้ โดยมีข้อความตามมา 2 - 3 ข้อความต่อสถานการณ์นั้น ๆ แล้วพิจารณาตัดสินว่า ข้อความในแต่ละข้อเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมด

2.3) ความสามารถในการนิรนัย เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปมา 2 - 4 ข้อ ต่อข้ออ้างนั้น ๆ ผู้ตอบจะต้องพิจารณาตัดสินว่า ข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้ หรือไม่

2.4) ความสามารถในการตีความ เป็นการวัดความสามารถในการลงความเห็น และอธิบายความเป็นไปได้ของข้อสรุปนั้น ลักษณะแบบวัดจะเป็นการกำหนดของสถานการณ์มาให้ แต่ละ

สถานการณ์จะมีข้อสรุปมาให้ 2 - 3 ข้อ ผู้ตอบต้องพิจารณาว่าแต่ละข้อ ข้อใดใช่หรือไม่ใช่ ข้อสรุปที่จำเป็นของสถานการณ์นั้น

2.5) ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง เป็นการวัดความสามารถในการตอบคำถามและอ้างเหตุผลได้สมเหตุสมผล ลักษณะแบบวัดจะเป็นการกำหนดคำถาม ให้แต่ละคำถามจะมีคำตอบพร้อมเหตุผลโดยให้ผู้ตอบพิจารณาว่าคำตอบใด มีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรง กับคำถามนั้น

เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบไปใช้วัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนแล้ว สามารถนำคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบของนักเรียน มาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อประเมินระดับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ดังนี้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551)

คะแนนร้อยละ 80 - 100 หมายถึง ระดับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณดีเยี่ยม

คะแนนร้อยละ 65 - 79 หมายถึง ระดับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณดี

คะแนนร้อยละ 50 - 64 หมายถึง ระดับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านเกณฑ์

คะแนนร้อยละ 0 - 49 หมายถึง ระดับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่ผ่านเกณฑ์

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้นเอง ตามกรอบกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ Watson-Glaser (1980) เพราะสามารถทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ครอบคลุมทุกด้าน ดังนี้ ด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ และด้านการประเมินข้อโต้แย้ง

ความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถทางสติปัญญาที่ต้องอาศัยการเรียนรู้จากประสบการณ์เดิมมาแก้ปัญหาที่ประสบใหม่ ยิ่งปัญหาสลับซับซ้อนยิ่งต้องอาศัยการคิดมาก โดยการคิดแก้ปัญหาที่เป็นระบบหรือแบบแผนวิธีการที่จะทำให้การคิดแก้ปัญหาบรรลุผล

3.1 ความหมายและความสำคัญของการแก้ปัญหา

มีนักวิชาการศึกษาได้อธิบายความหมายของการแก้ปัญหา ไว้ดังนี้

กมลรัตน์ หล้าสูงส์ (อ้างอิงใน จีราวรรณ สอนสวัสดิ์, 2528, น.42) ได้อธิบายว่า การแก้ปัญหา หมายถึง การใช้ประสบการณ์เดิมทั้งทางตรงและทางอ้อมมาแก้ไขปัญหาใหม่ที่ประสบ ซึ่ง

ในการแก้ปัญหาแต่ละครั้งจะได้ผลดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับระดับความสามารถของเขาว่ปัญหา การเรียนรู้ และการรู้จักคิดแบบเป็นเหตุเป็นผล โดยแต่ละบุคคลจะมีวิธีแก้ไขปัญหาก็แตกต่างกัน แล้วแต่สภาพการณ์ที่ประสบและประสบการณ์ของบุคคล

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่ “เป็นความสามารถทางสมองในการจัดสภาวะความไม่สมดุลที่เกิดขึ้น โดยพยายามปรับตัวเองและสิ่งแวดล้อมให้สมดุลกลับเข้าสู่สภาวะสมดุลหรือสภาวะที่เราคาดหวัง”

Gagne (1970 อ้างอิงใน กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน, 2550) ให้ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาว่ เป็นรูปแบบของการเรียนรู้ซึ่งหนึ่งที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่ 2 ประเภทขึ้นไป และใช้หลักการนั้นผสมผสานกันจนเป็นความสามารถชนิดใหม่ที่เรียกว่า ความสามารถด้านการแก้ปัญหา โดยการเรียนรู้ประเภทหลักการนี้ ต้องอาศัยหลักการเรียนรู้เป็นพื้นฐานของการเรียน การเรียนรู้ประเภทนี้ กายเอ ได้อธิบายว่ เป็นการเรียนรู้อีกประเภทหนึ่งที่ต้องอาศัยการมองเห็นลักษณะร่วมกันของสิ่งเหล่านั้น

Dewey (1993 อ้างอิงใน บุญนำ อินทนนท์, 2551) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาสรุ้ได้ว่า การคิดวิเคราะห์ วิจัย เป็นการศึกษาเหตุผลในเรื่องต่าง ๆ รวมถึงการคิดสร้างสรรค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ นำไปสู่การประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่รวมถึงการค้นพบวิธีการใหม่ ๆ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมหาศาลต่อมนุษยชาติ

Taasobshirazi and Glynn (2009, p.1070) ได้กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหาว่ การแก้ปัญหาคือกระบวนการที่ต้องการความละเอียดในการแก้ปัญหาว่หรือเอาชนะอุปสรรคใด ๆ ตามวิธีนั้น ๆ นักเรียนจะมีความสามารถและความเชี่ยวชาญในการแก้ปัญหาว่ หากนักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาว่อย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดในการแก้ปัญหาว่อีกด้วย

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553) กล่าวว่ “การแก้ปัญหาคือการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างพินิจพิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ที่เป็นประเด็นสำคัญของเรื่อง หรือสิ่งต่าง ๆ ที่คอยก่อกวน สร้างความรำคาญ สร้างความยุ่งยาก สับสน และความวิตกกังวล และพยายามหาหนทางคลี่คลายสิ่งเหล่านั้น”

John Collins and O'Brien (2011, p.282) ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่ เป็นการใช้ทั้งความรู้และประสบการณ์เดิมในการแก้ปัญหาว่กับสถานการณ์หรือความท้าทายใหม่ เป็นทักษะที่มีความสำคัญและต่างจากความรู้ที่สะสมมา

สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี สินธพานนท์ (2555) ได้สรุ้ไว้ว่ ความสามารถในการแก้ปัญหาว่ หมายถึง การนำประสบการณ์เดิมที่เกิดจากการเรียนรู้มาเป็น

พื้นฐานการแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ โดยมีขั้นตอนหรือกระบวนการในการแก้ปัญหา ให้บรรลุเป้าหมายหรือเป้าประสงค์ที่กำหนดไว้

จากการให้ความหมายของนักการศึกษาหลายท่าน ผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของการแก้ปัญหา คือ การคิดพิจารณาไตร่ตรองสิ่งที่เป็นประเด็นของปัญหา โดยใช้ข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนรู้มาใช้แก้ไขปัญหา เพื่อให้บรรลุตามเป้าประสงค์ที่กำหนดไว้

3.2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา

มีนักวิชาการศึกษาได้อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา ไว้ดังนี้

Dewey (1976 อ้างอิงใน บุญนำ อินทนนท์, 2551) กล่าวไว้ สรุปได้ว่า ชีวิตคนเราเผชิญอยู่กับสิ่งที่เป็นปัญหาอยู่ตลอดเวลาทั้งปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงภายในของร่างกายและจิตใจ ดังนั้น วิธีสอนที่ดีจะต้องรู้จักฝึกคนให้รู้จักแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยตัวของเขาเองจึงจะช่วยให้เขาสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ นอกจากนี้ มนุษย์เป็นสัตว์ที่ฉลาดเหนือสัตว์ทั้งปวง มนุษย์มีมันสมองรู้จักคิดจึงสามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่า การเรียนการสอนจึงน่าจะหาทางส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการคิดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่าการคิดอย่างมีกระบวนการตามแบบวิธีทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นความคิดที่เป็นลำดับขั้นตอน นับว่าเป็นวิธีที่ได้ผลดีที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

กลุ่มนักจิตวิทยา Gestalt (n.d. อ้างอิงใน บุญนำ อินทนนท์, 2551) ถือว่าการเรียนรู้มีใช้สิ่งที่เกิดขึ้นเองโดยบังเอิญ แต่ต้องประกอบด้วยความรู้ความเข้าใจอินทรีย์ พยายามรวบรวมความรู้ (Perception) เข้าเป็นแบบแผนที่มีความหมายก่อนเพื่อจะให้เกิดการหยั่งเห็น (Insight) และ การหยั่งเห็นที่เกิดขึ้นนี้จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา (Problem Solving)

Gagne (n.d. อ้างอิงในบุญนำ อินทนนท์, 2551) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เป็นแบบของการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่สองประเภทขึ้นไป และใช้หลักการนั้นผสมผสานกันจนเป็นความสามารถชนิดใหม่ ที่เรียกว่า ความสามารถด้านการแก้ปัญหา โดยการเรียนรู้ประเภทหลักการนี้ ต้องอาศัยหลักการเรียนรู้เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ประเภทนี้ กาเย ได้อธิบายว่า เป็นการเรียนรู้อีกประเภทหนึ่ง ที่ต้องอาศัยความสามารถในการมองเห็นลักษณะร่วมกันของสิ่งเร้าทั้งหมด

3.3 กระบวนการแก้ปัญหา

มีนักวิชาการศึกษาได้อธิบายอธิบายกระบวนการแก้ปัญหา ไว้ดังนี้

Bloom (1956, P.122) เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 เมื่อผู้เรียนพบปัญหา ผู้เรียนจะคิดหาสิ่งที่เคยพบเห็นและเกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นที่ 2 ผู้เรียนจะใช้ผลจากขั้นที่ 1 มาสร้างรูปแบบของปัญหาออกมาใหม่

ขั้นที่ 3 จำแนกแยกแยะปัญหา

ขั้นที่ 4 การเลือกใช้ทฤษฎี หลักการ ความคิด และวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหา

ขั้นที่ 5 การใช้ข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 6 ผลที่ได้จากการแก้ปัญหา

กมลรัตน์ หล้าสูงษ์ (2528, น.268) ได้แบ่งขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ระบุปัญหา
- 2) ตั้งสมมติฐาน
- 3) ทดลองหรือตรวจสอบสมมติฐาน
- 4) สรุปผลการทดลอง

Guilford (1976 อ้างอิงใน สุวิทย์ มูลคำ, 2547) ได้เสนอกระบวนการคิดแก้ปัญหา ไว้

ดังนี้

- 1) ขั้นเตรียมการ หมายถึง ขั้นในการตั้งปัญหาหรือค้นหาปัญหาที่แท้จริงของเหตุการณ์นั้นคืออะไร
- 2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา หมายถึง ขั้นในการพิจารณาว่ามีสิ่งใดบ้างที่เป็นสาเหตุสำคัญของปัญหา หรือสิ่งใดบ้างที่ไม่ใช่สาเหตุสำคัญของปัญหา
- 3) ขั้นเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา หมายถึง การหาวิธีแก้ปัญหาให้ตรงสาเหตุของปัญหาแล้วออกมาในรูปของวิธีการ ผลสุดท้ายก็จะได้ผลลัพธ์ออกมา
- 4) ขั้นตรวจสอบผล หมายถึง ขั้นในการเสนอกฎเกณฑ์เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการเสนอวิธีแก้ปัญหา ถ้าพบว่า ผลลัพธ์นั้นไม่ได้ผลที่ถูกต้องก็ต้องมีการเสนอวิธีแก้ปัญหานั้นใหม่จนกว่าจะได้วิธีการที่ดีที่สุด หรือถูกต้องที่สุด
- 5) ขั้นนำไปประยุกต์ใช้ หมายถึง การนำวิธีการที่ถูกต้องไปใช้ในโอกาสข้างหน้าเมื่อพบกับเหตุการณ์คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้ว

ภูมิ พระรักษา (2549, น.21) อธิบายถึงขั้นตอนในการแก้ปัญหาว่า มีทั้งหมด 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา หมายถึง ความสามารถในการบอกปัญหาที่สำคัญที่สุดภายในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 2 ตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการบอกได้ว่า สาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา คืออะไร จากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 3 ทดลองหรือทดสอบสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการทดสอบสมมติฐานหรือรวบรวมข้อมูล โดยการสังเกตและทดลอง

ขั้นที่ 4 สรุปผลการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลอง หรือตรวจสอบสมมติฐานมาสรุปเป็นความรู้และนำไปใช้ได้

สมจิต สวธนไพบูลย์ (2527 อ้างอิงใน กันติกา สีบกันร, 2551, น.63) อธิบายถึงวิธีการแก้ปัญหาว่า เป็นวิธีการคิดที่ใช้ในการค้นคว้าหาคำตอบ ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การลองผิดลองถูก การคิดกลับไปกลับมา แต่วิธีที่นิยมนำมาใช้ฝึกฝนในการแสวงหาความรู้มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตั้งสมมติฐาน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นพิสูจน์หรือทดลอง

ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปผลและนำไปใช้

Weir (1994 อ้างอิงใน ปราณี ทิบบแก้ว, 2552) ได้เสนอขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหาที่ประสบในสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยระบุประเด็นที่สอดคล้องกับการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) ขั้นระบุปัญหา หมายถึง ความสามารถในการบอกปัญหาที่สำคัญที่สุดในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการบอกสาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์

3) ขั้นเสนอวิธีการเพื่อแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการวางแผนเพื่อตรวจสอบเหตุของปัญหาหรือข้อเท็จจริงหรือข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้

4) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้นสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่และผลที่ได้จะเป็นอย่างไร

Morgan (1978 อ้างอิงใน สุนทร สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และ พรรณี สินธพานนท์, 2553) ได้สรุปไว้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของบุคคลต่างกัน เนื่องจากองค์ประกอบต่อไปนี้

1) สติปัญญา ผู้มีสติปัญญาคิดจะคิดแก้ปัญหาได้ดี

2) แรงจูงใจ เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดแนวโน้มในการคิดแก้ปัญหา

3) ความพร้อมในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ความพร้อมในการแก้ปัญหานั้น เนื่องจากประสบการณ์ที่มีมาก่อน

4) การเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

Grossnickle & Brueckner (1959 อ้างอิงใน สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศ
ลักษณะ และพรณี สินธพานนท์, 2553) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบกระบวนการแก้ปัญหาดังนี้

- 1) ปัญหาต้องเกี่ยวข้องกับตัวเด็ก
- 2) เป็นปัญหาที่สามารถทำการแก้ไขได้
- 3) ปัญหานั้นอยู่ในขอบเขตที่ชัดเจนที่เด็กแต่ละคนสามารถเข้าใจได้
- 4) เด็กจะเสนอวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้
- 5) เด็กได้รับคำแนะนำจากครูในการวางแผนการแก้ปัญหา การเก็บรวบรวมข้อมูลและ

การประเมินผล

- 6) นำวิธีต่าง ๆ มาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 7) เด็กจะนำกระบวนการแก้ปัญหาวางแผนไว้แล้วมาใช้ในสถานการณ์ที่เป็นต้นกำเนิด

ของปัญหาที่เกิดขึ้น

8) สรุปการแก้ปัญหา

Aka, Guven and Aydogdu (2010, p.16) เสนอวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งประกอบด้วย 5
ขั้นตอน ดังนี้

- 1) อ่านสิ่งที่ปัญหาคำหนด
- 2) เขียนสิ่งที่ปัญหาให้มา
- 3) เขียนสิ่งที่ถูกถาม
- 4) วางแผนในการแก้ปัญหา
- 5) ดำเนินการแก้ปัญหา

ทิตนา แชมมณี (2554) ได้กล่าวไว้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ต้องการ
ให้นักเรียนเกิดความคิดหาวิธีแก้ปัญหาด่าง ๆ มีขั้นตอนดังนี้

1) สังเกต ให้นักเรียนได้ศึกษาข้อมูล รับรู้และทำความเข้าใจในปัญหาจนสามารถสรุป
และตระหนักในปัญหานั้น

2) วิเคราะห์ ให้นักเรียนได้อภิปราย หรือแสดงความคิดเห็นเพื่อแยกแยะประเด็นปัญหา
สภาพ สาเหตุ และลำดับความสำคัญของปัญหา

3) สร้างทางเลือกให้นักเรียนแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาย่างหลากหลาย ซึ่งอาจมี
การทดลอง ค้นคว้า ตรวจสอบ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบกิจกรรมกลุ่ม และควรมีการกำหนดหน้าที่ใน
การทำงานให้แก่ นักเรียนด้วย

4) เก็บข้อมูล ประเมินทางเลือก นักเรียนปฏิบัติตามแผนงานและบันทึกการปฏิบัติงาน เพื่อรายงานและตรวจสอบความถูกต้องของทางเลือก

5) สรุป นักเรียนสังเคราะห์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งอาจจัดทำในรูปของรายงาน

กระบวนการแก้ปัญหาของ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2558) คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งมีแนวทาง ดังนี้ ครูสามารถใช้ปัญหาเกี่ยวกับสะเต็มเป็นหลักเพื่อให้ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการถามคำถาม และแก้ปัญหา นักเรียนต้องวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาร่วมกันภายในกลุ่ม เพื่อกำหนดกรอบในการหาแนวทางการแก้ไขปัญหา มีการสะท้อนความคิดจากประสบการณ์ของ นักเรียน นักเรียนมีโอกาสทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ในการช่วยหาแนวทางแก้ปัญหานั้นนำไปสู่การสร้างชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

จากการศึกษาวิธีการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้ว่า ครูต้องให้นักเรียนฝึกการคิดพิจารณาไตร่ตรองสิ่งที่เป็นประเด็นของปัญหา โดยใช้ข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนรู้มาใช้แก้ปัญหา เพื่อให้บรรลุตามเป้าประสงค์ที่กำหนดไว้

3.4 การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นการนำเอาเนื้อหาความรู้ ประสบการณ์ และทักษะกระบวนการที่เหมาะสมมาใช้แก้ปัญหา ดังนั้น การประเมินผลกระบวนการแก้ปัญหาจึงจำเป็นต้องประเมินด้วยวิธีการที่หลากหลาย

Dossey, et al. (2006, p.3) อธิบายว่า การจะประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา ข้อคำถามจำต้องมีจำนวนมาก เพื่อให้ผู้แก้ปัญหามีส่วนในการแสดงถึงกระบวนการคิดขั้นสูงในการอธิบายถึงความรู้ความเข้าใจในปัญหา อธิบายวิธีดำเนินการแก้ปัญหาผ่านการแสดงหลักฐานประกอบการให้เหตุผล และการบูรณาการความรู้

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2532, น.104 อ้างอิงใน สุวิชา วันสุตล, 2554, น.72) ได้กล่าวถึง วิธีการวัดและประเมินพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาไว้ว่า แม้ว่าแบบทดสอบจะไม่สามารถวัดพฤติกรรมแก้ปัญหาได้จริง แต่ก็สามารถวัดโมเมนต์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้เกือบทั้งหมด และเป็นการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ให้ความสำคัญกับการแก้ปัญหารายบุคคล โดยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาสามารถกระทำได้โดยใช้วิธีการบรรยายถึงสิ่งที่คิดว่าเป็นปัญหาในสถานการณ์ การตั้งสมมติฐาน และบรรยายถึงกระบวนการสืบเสาะความรู้ใหม่มาบูรณาการเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นอาจเป็นจริงหรือสมมติขึ้น โดยสร้างเป็นแบบทดสอบ

ประเภทเขียนตอบหรือสร้างเป็นตัวเลือกให้ผู้เรียนได้เลือกตอบ ซึ่งพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาแบ่งออกเป็น 5 พฤติกรรม ได้แก่

- 1) นักเรียนต้องกำหนดปัญหา ยอมรับ และอธิบายได้ว่าอะไรคือปัญหา
- 2) นักเรียนต้องตั้งสมมติฐานที่รัดกุมและกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ได้
- 3) นักเรียนต้องเสนอวิธีการทดลองและปฏิบัติเพื่อทดสอบสมมติฐานได้
- 4) นักเรียนต้องเลือกวิธีการทดลองหรือปฏิบัติที่เหมาะสมได้
- 5) นักเรียนต้องนำวิธีที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงได้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง ตามกรอบกระบวนการแก้ปัญหา ของ Guilford (1976) และ Weir (1994) โดยวัดความสามารถ 5 ด้าน คือ 1) ด้านการระบุปัญหา 2) ด้านวิเคราะห์ปัญหา 3) ด้านเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา 4) ด้านตรวจสอบผลลัพธ์ 5) ด้านการนำไปประยุกต์ใช้ สรุปการสังเคราะห์แนวคิดการแก้ปัญหาดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงการสังเคราะห์แนวคิดการแก้ปัญหา

แนวคิดความสามารถในการ แก้ปัญหา ของ Guilford (1976)	แนวคิดความสามารถในการ แก้ปัญหา ของ Weir (1994)	ความสามารถในการ แก้ปัญหา ที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้
1) ด้านการเตรียมการ	1) ด้านระบุปัญหา	1) ด้านระบุปัญหา
2) ด้านวิเคราะห์ปัญหา	2) ด้านวิเคราะห์ปัญหา	2) ด้านวิเคราะห์ปัญหา
3) ด้านเสนอแนวทางในการ แก้ปัญหา	3) ด้านเสนอวิธีการการเพื่อ แก้ปัญหา	3) ด้านเสนอวิธีการเพื่อ แก้ปัญหา
4) ด้านตรวจสอบผล	4) ด้านตรวจสอบผลลัพธ์	4) ด้านตรวจสอบผลลัพธ์
5) ด้านการนำไปประยุกต์ใช้		5) ด้านการนำไปประยุกต์ใช้

เมื่อผู้วิจัยวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาแล้ว สามารถนำคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ดังนี้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551)

คะแนนร้อยละ 80 - 100 หมายถึง ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาดีเยี่ยม
 คะแนนร้อยละ 65 - 79 หมายถึง ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาดี
 คะแนนร้อยละ 50 - 64 หมายถึง ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านเกณฑ์
 คะแนนร้อยละ 0 - 49 หมายถึง ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาไม่ผ่านเกณฑ์

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.1 สะเต็มศึกษา

4.1.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การพัฒนาให้เยาวชนภายในประเทศมีความรู้ความสามารถทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีควบคู่ไปกับการมีความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ กำลังเป็นประเด็นที่นานาชาติอารยประเทศทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยให้ความสำคัญและกำหนดเป็นเป้าหมายทางการศึกษา

ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นหนึ่งในประเทศที่ประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่มีคุณภาพ เนื่องจากนักเรียนไม่มีความสนใจที่จะเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ทำให้เมื่อสำเร็จการศึกษา นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อประกอบอาชีพได้ โดยเฉพาะอาชีพวิศวกร (Kochler et al., 2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, น.84) ด้วยเหตุนี้ สหรัฐอเมริกาจึงได้ดำเนินการปฏิรูประบบการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ โดยตั้งเป้าหมายใหม่ว่า เมื่อสำเร็จสิ้นการศึกษานักเรียนต้องสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ควบคู่กับความรู้และทักษะทางด้านวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยแห่งชาติ National Research Council: NRC ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาหลักสูตรการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ โดยได้จัดทำหลักสูตรที่มีการผนวกความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ด้วยกัน รวมถึงมีการแทรกเนื้อหา/แนวคิด ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีลงสู่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา และเน้นการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนหันมาสนใจในอาชีพที่ขาดแคลน ซึ่งกลายเป็นที่มาของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีการบูรณาการศาสตร์ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี เข้าไว้ด้วยกัน โดยสหรัฐอเมริกาถือเป็นประเทศแรกที่มีการจัดทำหลักสูตรแบบสะเต็มศึกษาอย่างเป็นทางการ (สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557, น.85)

สำหรับประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มองเห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องเร่งพัฒนากำลังคนให้มีความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมถึงสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการดำรงชีวิตประจำวันและการ

ประกอบอาชีพ สสวท.จึงได้ทำการปรับยุทธศาสตร์การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี ที่เน้นให้ความรู้และทักษะที่เหมาะสมกับการประกอบอาชีพในอนาคต โดยเริ่มนำแนวคิดเกี่ยวกับสะเต็มศึกษามาปรับหลักสูตรการศึกษา ซึ่งจะสังเกตเห็นได้จากการมีทุตสะเต็มในทุกภูมิภาคของประเทศ เพราะฉะนั้น สะเต็มศึกษาประเทศไทยเป็นความหวังในการสร้างนักเรียนไทยรุ่นใหม่ให้มีความรู้และทักษะ เพื่อประกอบอาชีพและนำไปสู่ความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทย โดยปรับจากสังคมผู้บริโภคเป็นสังคมผู้สร้างนวัตกรรม

4.1.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Vasquez, et.al. (2013) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการระหว่างศาสตร์ที่ไม่มีกรอบกันระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงทั้ง 4 ศาสตร์ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง

สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาขาวิชา (Interdisciplinary integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขามาสผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ให้นักเรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกยุคโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย (Dejanete, 2012; Wayne, 2012, Breiner et al., 2012 อ้างอิงใน พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์, 2556, น.50)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการบูรณาการทั้งการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) และการรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) เข้าด้วยกัน ซึ่ง เขมวดี พงศานนท์ (อ้างถึงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557 น. 85-86) อธิบายความหมายแต่ละส่วนไว้ ดังนี้

1) การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาในสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลก อวกาศ ดาราศาสตร์) ความสามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาขาวิชา และมีทักษะปฏิบัติเชิงวิทยาศาสตร์

2) การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี

3) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและตัดสินใจ

4) การรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) หมายถึง ความเข้าใจในการพัฒนา หรือการได้มาของเทคโนโลยีโดยการออกแบบเชิงวิศวกรรมและความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

นอกจากนี้ National Academy of Sciences (2014, p.14) ได้กำหนดความหมายของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science) คือ การเรียนเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ ประกอบด้วยกฎของธรรมชาติที่มีความเกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา รวมถึงหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาเหล่านี้ วิทยาศาสตร์เป็นทั้งองค์ความรู้และกระบวนการที่ได้รับการสร้างและสะสมมาอย่างยาวนานโดยผ่านกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์นำไปสู่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

เทคโนโลยี (Technology) ถึงแม้เทคโนโลยีจะไม่ใช้สาขาวิชาโดยเฉพาะ แต่เทคโนโลยีนั้นประกอบด้วย ระบบการจัดการทรัพยากรของมนุษย์และองค์กร ความรู้ กระบวนการ และเครื่องมือที่นำไปใช้ในการสร้างและการดำเนินการประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ตั้งแต่อดีต มนุษย์ได้ผลิตเทคโนโลยีเพื่อมาอำนวยความสะดวกและตอบสนองต่อความต้องการของตนเอง เทคโนโลยีสมัยใหม่คือผลิตผลจากวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเครื่องมือเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ชีวิตและการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ อีกด้วย

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) เป็นสาขาวิชาที่ประกอบด้วยองค์ความรู้และกระบวนการ เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยมนุษย์ ตลอดจนกระบวนการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดต่าง ๆ ซึ่งเงื่อนไขหรือข้อจำกัดนั้น ได้แก่ ขอบเขตของการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งรวมถึงกฎของธรรมชาติและวิทยาศาสตร์ และเงื่อนไขการผลิตและความสามารถในการซ่อมบำรุงรักษา เป็นต้น วิศวกรรมศาสตร์ใช้แนวความคิดวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการดำเนินการทางวิศวกรรม

คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ การศึกษารูปแบบ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ ตัวเลขและพื้นที่ โดยกรอบแนวคิดหรือขอบเขตของคณิตศาสตร์ในสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย ฟังก์ชัน เรขาคณิต สถิติ ความน่าจะเป็น อีกทั้งคณิตศาสตร์ยังถูกนำไปใช้ในวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีอีกด้วย

นอกจากนี้ ไบรเนอร์ และคณะ มีมุมมองว่า การจัดการศึกษาตามแนวสะเต็มเป็นการ รวบรวมแนวคิดจากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ มาบูรณา การโดยมุ่งเน้นให้นำความรู้จากวิชาเหล่านั้นมาใช้ในการแก้ปัญหาโลกแห่งความจริง

เช่นเดียวกันกับ โรเบิร์ต (Roberts, 2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557, น.86) ที่ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นวิธีการหลอมรวมศาสตร์ทั้ง 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ไว้เป็นหนึ่งเดียว โดยการหลอมรวม สามารถทำได้โดย การจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานการปฏิบัติการออกแบบ การแก้ปัญหา การค้นพบ และการใช้ วิธีการสำรวจ ซึ่งโรเบิร์ต มีมุมมองว่า สะเต็มศึกษาอาจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ คือ การบูรณา การเนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และการบูรณาการทักษะทาง วิศวกรรมศาสตร์สู่วิธีการเรียนรู้ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557, น.3) ได้ให้ ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการองค์ความรู้และทักษะทาง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม ศึกษาจะเน้นทั้งพฤติกรรมและองค์ความรู้ พฤติกรรมดังกล่าว จะรวมไปถึงการสืบเสาะหาความรู้ การ มีส่วนร่วมในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การให้เหตุผลเชิงตรรกะ การมีส่วนร่วม และการสำรวจ ตรวจสอบ โดยมีเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้เพื่อเตรียมนักเรียนให้มีความพร้อมสำหรับการศึกษาต่อ และการทำงานในศตวรรษที่ 21

ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้น คือ การจัดการ เรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาขาวิชา ประกอบด้วย การบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาใช้ผ่านการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยการนำองค์ความรู้ ทฤษฎี ตลอดจน จุดเด่นของแต่ละสาขามาผสมผสาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการ ประยุกต์ใช้ความรู้ในลักษณะการบูรณาการในบริบทหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีความสอดคล้องต่อ ชีวิตจริงของนักเรียน เพื่อให้ นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ศึกษามาใช้ในการแก้ปัญหา การ ทำงาน ตลอดจนการดำเนินชีวิตได้

4.1.3 ลักษณะการจัดการเรียนรู้และแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษามีแนวคิดและลักษณะในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น.50)

1) เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาขาวิชา (Interdisciplinary Integration) คือ เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และ คณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชา มาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยให้นักศึกษามักชี้แนะให้ อาจารย์ ผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษา จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้นักเรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ การพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนักเรียนโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มีได้หมายถึง การนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรก คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมาคือการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher- Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2) เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่า ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษา ให้แต่ละรัฐนำสะเต็มศึกษามาใช้ ผลจากการศึกษา พบว่า ผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าผู้สอนสามารถใช้สะเต็มศึกษาในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพนักเรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำสะเต็มศึกษาไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Pre-school) ด้วย

3) เป็นการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ด้านปัญญา นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา ด้านทักษะการคิด นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ ด้านคุณลักษณะ นักเรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำ ตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

Vasquez et al. (2013) อธิบายว่า สิ่งสำคัญที่ควรจำไว้ คือ สะเต็มศึกษา ไม่ใช่หลักสูตร แต่เป็นแนวทางในการออกแบบการส่งผ่านความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ ความรู้ผ่านการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม สามารถมองเห็นถึงความสัมพันธ์ในสิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยสะเต็มศึกษามีแนวทางและหลักการของการจัดเรียนรู้ ดังนี้:

1) การให้ความสำคัญกับการบูรณาการ

การบูรณาการรวมวิชาตั้งแต่ 2 วิชาขึ้นไปช่วยทำให้นักเรียนมองเห็นถึงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ที่มีร่วมกันในแต่ละสาขาวิชา ไม่ว่าจะมีการร่วมกันของวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม หรือแม้กระทั่งเป็นการร่วมกันของวิชาสังคมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์ของแต่ละสาขาวิชาด้วยตนเองได้ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างนวัตกรรมและผลลัพธ์ที่สร้างสรรค์

2) การแสดงความสัมพันธ์

การนำความรู้ใหม่ไปประยุกต์ใช้ไม่สามารถที่จะแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนตลอดเวลา ดังนั้น สิ่งสำคัญ คือ การที่นักเรียนสามารถสื่อสารวิธีการนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ เมื่อลองพิจารณาคำถามของนักเรียนที่ถามว่า ทำไมเราต้องให้ความสนใจกับวิชาต่าง ๆ และวิชาต่าง ๆ มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาในชีวิตจริงหรือไม่ การทำงานในชีวิตจริงหรือโอกาสในการทำงานในอนาคตต้องใช้วิชาเหล่านี้ไหม ถ้ามีความรู้หรือมีการพัฒนาทักษะในวิชาต่าง ๆ จะทำให้ได้ทำงานที่ดี

ขึ้นใหม่ จึงเป็นสาเหตุทำให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มควรจะมีการแสดงให้นักเรียนมองเห็นถึงความสัมพันธ์ว่าในแต่ละวิชาสามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง

3) การให้ความสำคัญกับทักษะในศตวรรษที่ 21

ความต้องการที่สำคัญสำหรับคนทำงานในอนาคตไม่ใช่แค่ความรู้ที่มีอยู่แต่เป็นการที่พวกเขาจะสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ และสามารถใช้อัดมุลนั้นในการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ และสื่อสารแนวคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำงานเป็นกลุ่ม โดยมีการร่วมมือกัน ควบคู่ไปกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทั้งหมดนี้รวมเป็นทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับคนทำงานในอนาคต

4) การให้ความท้าทายนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ในการให้ความท้าทายที่เหมาะสมกับระดับของนักเรียนจะช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจที่เพิ่มมากขึ้นและไม่ทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อการวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้หรืองานที่มอบหมายให้กับนักเรียน ซึ่งจะต้องไม่ยากจนเกินไปจนทำให้นักเรียนรู้สึกไม่ยากที่จะทำ หรือง่ายจนเกินไปจนทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย การให้ความสำคัญกับทักษะในศตวรรษที่ 21 จะช่วยให้นักเรียนทุกคนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะไม่ใช่เพียงแค่นักเรียนที่มีความสามารถหรือเชี่ยวชาญในเนื้อหานั้นเท่านั้น

5) การผสมผสานหลักการทั้ง 4 เข้าด้วยกัน

ความต้องการผลลัพธ์ที่หลากหลายทางการศึกษาในบทเรียนสะเต็มศึกษา นักเรียน จะถูกกระตุ้นให้แสดงออกโดยการอธิบายความรู้ของตนเอง แบ่งปันความรู้ของตนเอง และเพิ่มพูน ทักษะของตนเอง ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำวิธีการสอนแบบปัญหาเป็นฐาน และวิธีการสอนแบบ โครงงานเป็นฐานมาประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

หลักการทั้ง 5 หลักการนี้ ไม่มีหลักการใดหลักการหนึ่งที่จะเป็นส่วนที่ใช้ได้ดีที่สุดใน การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา อย่างไรก็ตามหลักการทั้ง 5 หลักการเป็นแนวคิดที่พบว่าสามารถใช้ได้

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2557, น.19-21) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม (activity based) หรือการทำโครงการ (project based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของนักเรียน การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาดังกล่าวนี จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้ เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่นักเรียนพึงมี นอกจากนี้ นักเรียนยังได้ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้ใน

ชีวิตประจำวันได้ โดยการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน สามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง ได้แก่

1) จัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชาในคาบเรียน ซึ่งกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่จะนำเข้าไปสอดแทรกในคาบเรียนนั้น มักจะเป็นกิจกรรมที่มีจำนวนชั่วโมงที่เหมาะสมที่จะสามารถจัดกิจกรรมได้เสร็จสิ้นภายในคาบเรียน โดยผู้สอนแต่ละรายวิชาอาจพิจารณาจากตัวชี้วัดของกิจกรรมนั้น ๆ เป็นเกณฑ์ หรือพิจารณาจากจุดประสงค์ของกิจกรรมก็ได้ว่าเกี่ยวข้องกับเนื้อหาใดบ้าง จากนั้นเมื่อถึงคาบของการเรียนการสอนในเนื้อหานั้น ๆ ก็สามารถนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาเข้าไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

2) จัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่าง ๆ โดยการสอนในรูปแบบนี้อาจทำได้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาพิเศษ หรือการทำโครงการ เป็นต้น รูปแบบการสอนโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมค่อนข้างมากหรือมีความซับซ้อนและยาก และมีข้อดีที่ทางผู้สอนสามารถจัดหาอาจารย์ที่ปรึกษาให้นักเรียนได้ครอบคลุมในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหา หรือออกแบบและสร้างชิ้นงานของนักเรียนได้

3) จัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียนต่าง ๆ เช่น ชุมนุม ชมรม ค่าย ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมแบบนี้มักเป็นกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มีหัวข้อหรือหัวเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การสร้างนวัตกรรมที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของส่วนรวม การจัดกิจกรรมโดยวิธีนี้มีข้อดีที่นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้ตลอดเวลาและต่อเนื่อง

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้น ในเรื่องของระดับการบูรณาการที่ผู้สอน สามารถจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพนักเรียนนั้นก็อยู่หลายระดับด้วยกัน ทั้งนี้ ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียน สะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

1) Disciplinary (การบูรณาการภายในวิชา) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2) Multidisciplinary integration (การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะวิชาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี

และ วิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (Theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึง ความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3) Interdisciplinary integration (การบูรณาการแบบสหวิทยาการ) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

4) Transdisciplinary integration (การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา) คือ การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือ Theme ของปัญหากว้าง ๆ ให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัย กับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ 2) ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และ 3) ความรู้เดิมของนักเรียน การจัดการเรียนรู้แบบ Problem/ Project based learning เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (Instructional strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางบูรณาการแบบนี้

Roberts (2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งเดียวกัน การหลอมรวมทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory learning Strategies) ฉะนั้น Robert จึงมองว่า สะเต็มศึกษา อาจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การบูรณาการเนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และ 2) การบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) หรือวิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

สุทธิดา จำรัส (2560, น.19) ได้สรุปแนวคิดและลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1) มีการบูรณาการความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน ตามบริบทเนื้อหาและระดับความรู้ในแต่ละชั้นของนักเรียน (สะเต็มศึกษาประเทศไทย, 2558) โดยมุ่งเน้นการรู้เรื่องสะเต็ม (STEM Literacy) เป็นเป้าหมายหลัก (สุธีระ ประเสริฐสรพร, 2558; Zollman, 2012)

2) การออกแบบกิจกรรม อ้างอิงตามกรอบการพัฒนาแนวคิดแบบ “ความก้าวหน้าในการเรียนรู้” (learning progression) (ลือชา ลดาชาติ, 2555; 2559; Duschi & Bimack, 2016) ทั้งในมิติเนื้อหาและกระบวนการ รวมทั้งใช้หลักการของการจัดหลักสูตรแบบเกลียว (spiral curriculum) โดยนักเรียนจะเพิ่มพูนความรู้จากระดับพื้นฐานไปสู่ระดับสูงตามลำดับ พัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละช่วงวัย หรือระดับการรู้คิด (Cognitive demand)

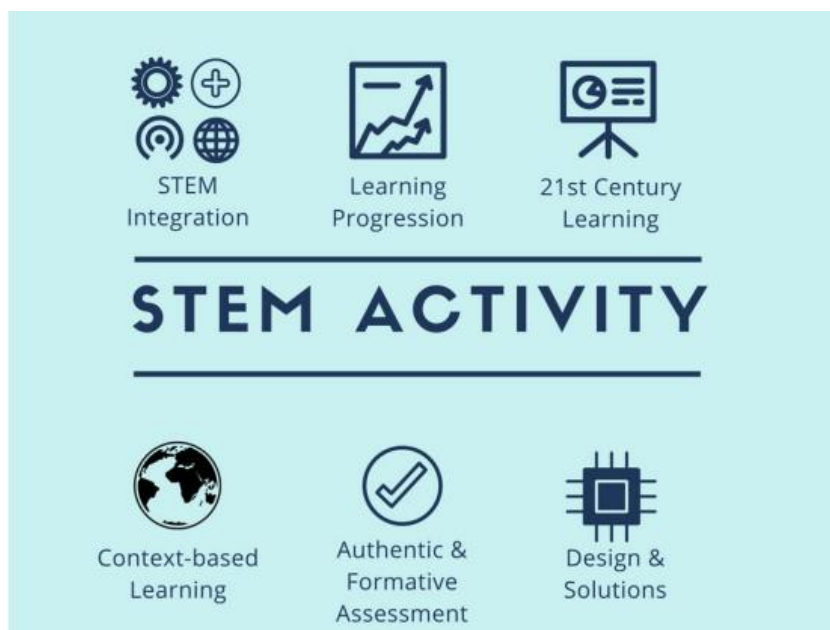
3) การเรียนรู้ต้องเชื่อมโยงกับนักเรียน บริบทที่จำเป็นสำหรับนักเรียน และเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยอาจจะยึดกรอบแนวคิดบริบทตาม PISA OECD รวมทั้งประเด็นที่ผู้สอนต้องการเน้น ซึ่งอาจจะเป็นนโยบายของสถานศึกษา หรือเป็นประเด็นเร่งด่วน เช่น นโยบายดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ หรือความเข้าใจเรื่องพลังงานในภาพรวมของประเทศ (กระทรวงพลังงาน, 2558)

4) นักเรียนผ่านประสบการณ์การเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21 Century learning, 2011) ที่เน้นการพัฒนาทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะของวิชาแกน

5) กิจกรรมเน้นการออกแบบและแก้ปัญหา โดยการลงมือปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์ชิ้นงาน/โครงการตามแนวคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-based Learning) ที่เน้นกระบวนการออกแบบ หรือแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหา

6) เน้นการวัดผลตามสภาพจริง (Authentic assessment) และการประเมินเพื่อพัฒนานักเรียน (Formative assessment) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมสะเต็มคือ โครงการหรือชิ้นงาน (Project/artifact) หรือการแก้ปัญหา

จากคำอธิบายลักษณะสำคัญ 6 ประการข้างต้น สรุปเป็นแผนภาพเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาและจุดเน้นในการพัฒนา ดังภาพ 1



ภาพ 1 แผนภาพแสดงลักษณะสำคัญ (Key features) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว
สะเต็มศึกษา

ดังนั้น ลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้นไม่ได้แยกส่วนการจัดการเรียนรู้เป็นสาขาวิชาเฉพาะ แต่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ในลักษณะการบูรณาการระหว่างสาขาวิชาทั้ง 4 ในการสร้างองค์ความรู้และการแก้ปัญหาในบริบทของสถานการณ์หรือปัญหาที่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน ทั้งนี้ ระดับการบูรณาการที่ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้นั้นก็มีอยู่ถึง 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ การบูรณาการแบบสหวิทยาการ และ การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา ซึ่งการจัดการเรียนรู้ขึ้นอยู่กับเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน

4.1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นถึงลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานั้น เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาขาวิชา ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ควรส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้โดยใช้ความรู้หลากหลายสาขาวิชาในเชิงบูรณาการ อีกทั้งควรส่งเสริมให้นักเรียนได้รู้จักการทำงานและการแก้ปัญหา เพื่อส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาอีกด้วย ทั้งนี้ก็มีวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องต่อการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนตามแนวสะเต็มศึกษาอยู่หลายวิธี เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นต้น รวมถึงการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (Lou et al., 2011, p.199 Asghar et al., 2012, p.86; Householder, &

Hailey, 2012, p.22; Morgan, & Capraro, 2013, p.29; National Academy of Sciences, 2014, pp.43-47; Rush, 2015) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ ดังกล่าวข้างต้น ล้วนเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมต่อการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาทั้งสิ้น

1) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

ได้มีนักการศึกษาหลายท่านรวมถึงหลาย ๆ สถาบันการศึกษาได้นำการจัดการ เรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้ว กิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีลักษณะที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการสืบเสาะ ค้นคว้าเกี่ยวกับโครงงานที่นักเรียนสนใจ เพื่อให้นักเรียนต้องการหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ของตนเอง จนนำไปสู่การสร้างผลงานหรือชิ้นงาน ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้อย่างเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการนำเสนอผลงานหรือชิ้นงานจากการทำโครงงานของตนเองหรือกลุ่มหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น ซึ่ง Rush (2015) ได้สังเคราะห์และสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานไว้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสะท้อนผล (Reflection)

ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนเข้าใจบริบทของปัญหาและเป็นการสร้างแรงบันดาลใจในการที่จะคิดแก้ปัญหาของนักเรียน เป็นขั้นตอนที่เชื่อมระหว่างนักเรียนรู้อะไร และนักเรียนต้องการอะไร

ขั้นที่ 2 การค้นคว้า (Research)

ขั้นตอนนี้เป็นการให้นักเรียนได้ทำการค้นคว้า โดยผู้สอนสามารถจัดบทเรียนหรือเนื้อหาให้แก่ นักเรียน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการสืบเสาะค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องหรือที่นักเรียนสนใจ การเรียนรู้ส่วนใหญ่ของนักเรียนจะเกิดในขั้นตอนนี้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ก้าวหน้าและเป็นรูปธรรมมากขึ้น เข้าใจปัญหามากขึ้น ในระหว่างที่ให้นักเรียนได้ค้นคว้านั้น ผู้สอนสามารถใช้การอภิปราย อธิบายเพิ่มเติม เพื่อเป็นการตรวจสอบและช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ มีโมโนทัศน์ที่ถูกต้องเกี่ยวกับโครงงานและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 การค้นพบ (Discovery)

เป็นขั้นตอนที่เชื่อมโยงจากขั้นตอนค้นคว้าของนักเรียน ในการนำข้อมูลที่ได้มาทำการเรียบเรียง เพื่อทำการเลือกใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับการทำโครงงานหรือการแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้ผู้สอนอาจจะให้นักเรียนทำการแบ่งกลุ่ม ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบกลุ่มย่อยเพื่อให้นักเรียนได้ทำการอภิปราย ประเมินกันในกลุ่ม แลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจ เพื่อร่วมกันหาแนวทางในการ

แก้ปัญหาและทำงานเป็นกลุ่มในการออกแบบโครงการหรือชิ้นงาน ซึ่งขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้ใช้ความรู้สะสมมาใช้ในการแก้ปัญหาตลอดจนการออกแบบชิ้นงานหรือโครงการ

ขั้นที่ 4 การประยุกต์ใช้ (Application)

เป้าหมายของขั้นตอนนี้คือการให้นักเรียนได้สร้างชิ้นงาน โครงการหรือสร้างและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนจะได้ทำการทดสอบชิ้นงานหรือแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้น และทำการปรับปรุงโครงการหรือชิ้นงานให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขั้นที่ 5 การสื่อสาร (Communication)

หลังจากที่นักเรียนได้ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานหรือแม้แต่การแก้ปัญหา นักเรียนจะได้ออกมานำเสนอผลจากการปฏิบัติงานเหล่านี้ให้กับเพื่อน ครู หรือต่อสังคม ขั้นตอนนี้ ถือได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่ง นักเรียนจะได้ใช้ทักษะที่จำเป็นอื่น ๆ ในการนำเสนอ และยังเป็นการสะท้อนผลจากการเรียนรู้ของนักเรียนให้ผู้สอนได้ทราบอีกด้วย ซึ่งผู้สอนสามารถประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้จากขั้นตอนนี้

โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงการเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษาถูกระบุไว้ว่า เป็นวิธีการสำคัญที่จะช่วยเติมเต็มช่องว่างระหว่างการเรียนรู้ของนักเรียนในปัจจุบันกับการพัฒนาความรู้ และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้ ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ระดับ ตามขั้นของ Blooms Taxonomy นั่นคือ

ขั้นที่ 1 ความจำ นักเรียนสามารถจดจำข้อมูลในเรื่องราวต่าง ๆ ที่หลากหลาย

ขั้นที่ 2 ความเข้าใจ นักเรียนสามารถนำองค์ความรู้มาใช้เพื่ออธิบายโน้ตศน์ในเรื่องที่เคยมีประสบการณ์ได้

ขั้นที่ 3 การประยุกต์ใช้ นักเรียนสามารถนำองค์ความรู้มาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ๆ ได้

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ นักเรียนสามารถแบ่งแยกความแตกต่างขององค์ความรู้ที่มีได้

ขั้นที่ 5 การสังเคราะห์ นักเรียนสามารถนำองค์ความรู้ที่มีอยู่ในการให้เหตุผลเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้นั้นได้

ขั้นที่ 6 การประเมิน นักเรียนสามารถนำองค์ความรู้ที่มีอยู่มาใช้สร้างชิ้นงานใหม่ ๆ หรือมุมมองใหม่ ๆ ได้

นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษาจะช่วยพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะที่สำคัญ 7 ทักษะ ประกอบด้วย

- 1) ทักษะการคิดวิเคราะห์
- 2) ทักษะการแก้ปัญหา
- 3) ทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 4) ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ
- 5) ทักษะความเข้าใจในวัฒนธรรมที่แตกต่าง
- 6) ทักษะทางด้านคอมพิวเตอร์กับข้อมูล และเทคโนโลยีที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร
- 7) ทักษะในการประกอบอาชีพและเรียนรู้ที่จะพึ่งพาตนเอง

จากการศึกษาถึงขั้นตอนและข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่าการจัดเรียนรู้มีจุดเด่นอยู่ที่การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกค้นคว้าหาความรู้ตามเรื่องที่ตนเองสนใจ เรียนรู้ด้วยตนเองอย่างอิสระ ตลอดจนได้แก้ปัญหาตามความสนใจของตนเองจากการทำโครงงาน โดยอาจจะทำด้วยตนเองหรือทำเป็นกลุ่มก็ได้ ผู้สอนมีหน้าที่เพียงแค่ให้คำปรึกษาและคอยชี้แนะแนวทางให้กับนักเรียน ซึ่งหน้าที่หลักในการเรียนรู้นั้นจะอยู่ที่ตัวนักเรียน โดยนักเรียนจะเป็นผู้กำหนดเป้าหมาย วางแผนในการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนวางแผนการทำงานและแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียนเอง นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการนำเสนอ ผลจากการทำโครงงานให้กับผู้อื่น ซึ่งถือว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมต่อการพัฒนาศักยภาพของนักเรียนได้หลายด้าน

2) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การบูรณาการวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันเป็นเรื่องที่คุ้นเคยสำหรับครูและนักการศึกษา เพราะการเชื่อมโยงของทั้งสองสาขาวิชาถูกนำมาใช้สำหรับการเรียนการสอนในปัจจุบันกันอย่างแพร่หลาย แต่สิ่งสำคัญที่เพิ่มขึ้นมาในการบูรณาการแบบสะเต็มศึกษา คือ สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งไม่เป็นที่คุ้นเคยมากนัก เพราะโดยทั่วไปแล้ววิศวกรรมศาสตร์นั้นจะปรากฏชัดเจนในการศึกษาระดับมหาวิทยาลัยมากกว่าในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงอาจทำให้เกิดข้อสงสัยและความสับสนระหว่างวิศวกรรมศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัยและระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของวิศวกรรมในสะเต็มศึกษาไว้ ดังนี้

สถาบันวิจัยแห่งชาติ ได้สรุปความหมายและแนวทางในการใช้วิศวกรรมสำหรับระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่ปรากฏในประเทศสหรัฐอเมริกาว่า วิศวกรรมในสะเต็มศึกษาจะมีความเกี่ยวข้องกับ การออกแบบ วางแผน การแก้ปัญหา และการใช้องค์ความรู้จากวิชาต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ผลงาน ภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด โดยส่วนมากมักจะตีความการออกแบบว่าเป็นกระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิศวกรรมในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่กล่าวถึงนั้น ไม่ได้มีความหมายลุ่มลึกจนทำให้ยากต่อการปฏิบัติ หากแต่เป็นการนำเอาองค์ความรู้โดยเฉพาะ

วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสรรค์ผลงานและเชื่อมโยงกับสถานการณ์ของโลกแห่งความเป็นจริง โดยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมอาจมีหลายรูปแบบ ที่ใช้กันในประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ในกระบวนการจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ ได้แก่ ปัญหา หรือความต้องการ แนวทางการแก้ปัญหา การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา การทดสอบและประเมินผล ซึ่งเป็นขั้นตอนการทำงานที่มีลักษณะเป็นวงจร และสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงได้ตลอดขั้นกับสถานการณ์ที่พบเจอ

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่นักเรียนต้องประยุกต์ใช้ความรู้จากหลายสาขาวิชามาใช้ในการแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนอย่างเป็นระบบ เพราะปัญหาทางวิศวกรรมนั้นเกี่ยวข้องกับโลกความเป็นจริง และมีความเกี่ยวข้องกับตัวนักเรียนและสังคม ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างลึกซึ้งยิ่งมากขึ้น Morgan et al. (2013, น.29) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งมี 7 ขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาและข้อจำกัดของปัญหา (Identify Problem and Constrains)

เป็นขั้นในการทำความเข้าใจปัญหา ระบุปัญหา ระบุขอบเขตของปัญหา ระบุข้อจำกัดของปัญหา รวมถึงผลกระทบของปัญหาต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการปฏิบัติงาน โดยคำนึงถึงข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 2 การค้นคว้าวิจัย (Research)

เป็นขั้นตอนในการค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็น เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ รวมถึงการแก้ปัญหา ซึ่งข้อมูลที่ได้เหล่านี้สามารถช่วยให้นักเรียนรู้ถึงข้อจำกัดและกฎเกณฑ์หรือข้อบังคับต่าง ๆ รวมถึงมาตรฐานการออกแบบเชิงอุตสาหกรรมที่เหมาะสม อีกทั้งในการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้น นักเรียนจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ถึงหน้าที่ การใช้งาน ข้อจำกัด และสามารถที่จะเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ในการออกแบบได้อย่างเหมาะสม ซึ่งถือได้ว่ามีความสำคัญสำหรับการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นอย่างมาก สำหรับการแก้ปัญหา การค้นคว้าข้อมูลที่เพียงพอ จะทำให้นักเรียนสามารถเลือกตัดสินใจในการเลือกแนวทางในการแก้ปัญหา สามารถคำนวณผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และสามารถที่จะกระทำการวางแผนเพื่อที่จะลดผลกระทบนั้นให้น้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 3 การระดมความคิด (Ideate)

เป็นขั้นตอนในการระดมความคิดซึ่งนักเรียนจะต้องร่วมกันเสนอแนวคิด แนวทางการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งการระดมความคิดนั้นถือเป็นการแบ่งปันความรู้ ความเข้าใจ ของกลุ่มร่วมกัน และทำให้นักเรียนมองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาในมุมมองที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ความคิด (Analyze ideas)

หลังจากรดมความคิดในขั้นก่อนหน้าแล้ว นักเรียนจะต้องนำแนวคิดเหล่านั้นมาวิเคราะห์ และร่วมกันพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหา รวมถึงการออกแบบชิ้นงานอย่างเหมาะสมและสร้างสรรค์ โดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาบูรณาการ นักเรียนจะต้องพัฒนาแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุดมาใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาทางเลือกอื่น ๆ หากแนวทางการแก้ปัญหานั้นไม่สามารถแก้ปัญหาได้ นอกจากนี้นักเรียนจะต้องกำหนดวิธีการประเมินและเกณฑ์การประเมินการแก้ปัญหาของตนเองและกลุ่มได้อย่างเหมาะสมและเป็นระบบ

ขั้นที่ 5 การสร้างชิ้นงาน (Build)

หลังจากได้ทำการวิเคราะห์ความคิดและทำการพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหา รวมถึงออกแบบชิ้นงานออกมาอย่างสมบูรณ์ นักเรียนจะต้องทำการสร้างชิ้นงานหรือลงมือแก้ปัญหาตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้น ชิ้นงานไม่จำเป็นต้องเป็นวัตถุเสมอไป สามารถที่จะเป็นโมเดลหรือแผนผังกระบวนการก็ได้

ขั้นที่ 6 การทดสอบและปรับปรุงแก้ไข (Test and Refine)

หลังจากที่สร้างชิ้นงานสมบูรณ์แล้ว นักเรียนจะต้องนำชิ้นงานไปทำการทดลองใช้หรือทดสอบว่าสามารถทำงานหรือใช้งานได้ตามเป้าหมายที่ออกแบบไว้หรือไม่ ทั้งนี้รวมถึงการประเมินชิ้นงานที่ได้ทำการออกแบบอีกด้วย โดยนักเรียนจะต้องทำการบันทึกผลการทดลองและการประเมินต่าง ๆ ไว้เพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานตามข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 7 การนำเสนอและการสะท้อนผล (Communication and Reflect)

หลังจากได้ทำการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว นักเรียนต้องทำการรายงานผลจากการปฏิบัติงานทั้งหมดตั้งแต่กระบวนการออกแบบ การสร้างชิ้นงาน การทดสอบ และการปรับปรุงชิ้นงานหลังจากการทดสอบ รวมถึงผลจากการแก้ปัญหา ในการสื่อสารนักเรียนจะต้องสามารถเลือกวิธีการสื่อสารได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ผู้สอนสามารถกำหนดวิธีการที่คิดว่าจะมีความเหมาะสมให้กับนักเรียนได้

การนำการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนมีประโยชน์ต่อกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนหลายประการ ได้แก่

- 1) ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการคิดขั้นสูง
- 2) เป็นบริบทของชีวิตจริงซึ่งเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
- 3) เป็นกระบวนการที่มีโครงสร้างที่ดี สามารถใช้แก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนได้
- 4) ส่งเสริมให้เกิดทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21
- 5) สร้างความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีสู่ผลิตภัณฑ์และกระบวนการต่าง ๆ ในโลกความเป็นจริง
- 6) สร้างจิตธุรกิจและความเชื่อมโยงระหว่างอุตสาหกรรม
- 7) ส่งเสริมการเป็นเจ้าของที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้จากการค้นพบและการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่ซ้ำใคร
- 8) ปลูกฝังทักษะที่จำเป็นสำหรับการทำงานแบบร่วมมือและการทำงานเป็นทีมให้ประสบความสำเร็จ
- 9) ส่งเสริมความสนใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี
- 10) มีสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น

จากการศึกษาถึงขั้นตอนและข้อดีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่าการจัดการเรียนรู้นี้มีจุดเน้นที่กระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ เป็นกระบวนการออกแบบเพื่อสร้างเทคโนโลยีในการแก้ปัญหา และช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงกระบวนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน

3) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน

Lou et al. (2011, p.199) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนว สะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐานทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา ขั้นตอนนี้จะเป็นการถามนักเรียนเพื่อเป็นการยืนยัน และอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายและการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหา

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องระบุนความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ไขปัญหา ประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ และหาวิธีแก้ปัญหาผ่านการอภิปรายในกลุ่ม

ขั้นที่ 3 การวางแผน นักเรียนจะต้องออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหา โดยประกอบด้วย กรอบการทำงาน หน้าที่ ปัญหาที่คาดว่าจะพบและข้อจำกัดของการทำงาน เป็นต้น

ขั้นที่ 4 การวางแผนฉุกเฉิน นักเรียนจะถูกถามให้อธิบายแผนสำรองหรือแผนฉุกเฉิน โดยนักเรียนต้องอธิบายถึงขั้นตอนและวิธีแก้ปัญหานั้น

ขั้นที่ 5 การปรับปรุงแผน ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ และให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ขั้นที่ 6 การประเมิน นักเรียนต้องทำการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นและทำการแก้ไขปรับปรุง และร่วมกันอภิปรายถึงกระบวนการการเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาทั้งหมด

ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษาจะให้ความสนใจไปที่ปัญหาในลักษณะข้ามกลุ่มสาระวิชา ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ นอกจากนี้ ยังช่วยให้นักเรียนได้ใช้ความรู้และความคิดจากหลายสาขาวิชาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา และทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในเชิงลึกมากขึ้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษาถือว่าเป็นความท้าทายหนึ่งของผู้สอน เนื่องจากผู้สอนจะต้องออกแบบสภาพแวดล้อมและประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่แก่นักเรียนเพื่อส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนได้รู้จักใช้ความรู้และบูรณาการความรู้จากหลากหลายสาระวิชา (Asghar et al., 2012, p.89)

สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา 2550, น.6-8 (อ้างอิงใน วาสนา ภูมิ, 2555, น.29-30) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา

เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่นักเรียนอยากรู้หรืออยากเรียนได้และเกิดความสนใจที่จะค้นคว้าหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา

นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า

นักเรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียนรู้ ดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันอภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ

นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน

นักเรียนนำข้อมูลที่ได้อาจจัดระบบองค์ความรู้และนำเสนอผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย นักเรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้เกี่ยวข้องร่วมกันประเมินผลงาน

โดยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐานมีข้อดีมากกว่าวิธีการสอนแบบบรรยายอยู่หลายประการสามารถสรุปได้ดังนี้ (Asghar et al., 2012, p.90)

- 1) ส่งเสริมความเข้าใจถึงความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของแต่ละสาขาวิชา และทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญ
- 2) ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดขั้นสูงและเป็นการจุดประกายความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน
- 3) ช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจวิทยาศาสตร์มากขึ้น
- 4) ส่งเสริมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลในการทำงานเป็นกลุ่ม
- 5) ส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียน
- 6) ส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและพัฒนาให้นักเรียนมีการนำความรู้ไปใช้และบูรณาการความรู้ได้อย่างเหมาะสม

ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

- 1) ได้ความรู้ที่สอดคล้องกับบริบทจริงและสามารถนำไปใช้ได้
- 2) พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล (Rational Thinking) การคิดสังเคราะห์ (Synthetic Thinking) การคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) การคิดแก้ปัญหา (Problem Solving Thinking)

3) นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองอย่างต่อเนื่อง นำไปสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต (Life-long learning) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของบุคคลในศตวรรษที่ 21

4) นักเรียนสามารถทำงานและสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5) เป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียน

6) ความคงอยู่ (retention) ของความรู้จะนานขึ้น

จากการศึกษาถึงขั้นตอนและข้อดีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่าการจัดการเรียนรู้ที่มีจุดเด่นที่การใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาเป็นตัวขับเคลื่อนการเรียนรู้ของนักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้หรือมโนคติเกี่ยวกับเนื้อหา และสามารถเชื่อมโยงความรู้ตลอดจนประยุกต์ใช้ความรู้ในแต่ละสาขาวิชา โดยการให้นักเรียนร่วมกันแก้ไขปัญหา ซึ่งปัญหาที่ผู้สอนหยิบยกขึ้นมาในการจัดการเรียนรู้นั้นมีความสอดคล้องต่อชีวิตจริงของนักเรียนหรือสังคมที่นักเรียนอาศัยอยู่ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่ส่งเสริมต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาของนักเรียนได้

สรุป

จากที่กล่าวมาในเรื่องของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีนักการศึกษาหลายท่านที่ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยการใช้ขั้นตอนที่มีมาบูรณาการ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ที่ใช้พื้นฐานของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ซึ่งแต่ละวิธีการจัดการเรียนรู้นั้นต่างส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการต่าง ๆ ในการเรียนรู้และการแก้ปัญหา หากผู้สอนจัดการเรียนรู้โดยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้รวมถึงได้ร่วมกันแก้ปัญหาผ่านกระบวนการกลุ่ม ผู้วิจัยคาดว่าวิธีการจัดการเรียนรู้ดังที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้น่าจะสามารถส่งเสริมศักยภาพของนักเรียนได้

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐานมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ สาเหตุมาจากสิ่งสำคัญที่จะเกิดขึ้นกับตัวนักเรียน โดยการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหา เนื่องจากปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้นี้ต้องเป็นปัญหาที่พบเจอในชีวิตจริง ทำให้เป็นปัญหาที่ไม่มีวิธีแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ตายตัว ซึ่งนักเรียนจะต้องเรียนรู้วิธีการหรือกระบวนการที่จะนำไปสู่การค้นหาคำตอบในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้มากที่สุด

อีกทั้ง ผู้วิจัยเห็นว่า สะเต็มศึกษานั้นเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการ ส่งเสริมสมรรถนะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เนื่องจาก ปัญหาหรือสถานการณ์ ที่พบเจอในชีวิตจริงนั้นมีความซับซ้อน การจะแก้ปัญหาด้วยการใช้ศาสตร์เพียงศาสตร์เดียวนั้นอาจ เป็นเรื่องยาก ฉะนั้น การจัดการการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มน่าจะช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ในแต่ละ สาขาวิชาได้ดีขึ้น รวมไปถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้

4.2 การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.2.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

ในปี ค.ศ.1990 สหรัฐอเมริกาได้ประกาศให้ทศวรรษต่อไปเป็น ทศวรรษของสมอง และทศวรรษของการศึกษา (The decade of brain and the decade of education) เนื่องมาจาก ผลการค้นคว้าวิจัย เรื่อง สมอง ทำให้นักการศึกษาเห็นว่า สมองมนุษย์มีลักษณะเฉพาะเป็นแหล่งเก็บ ข้อมูล รวมถึงเป็นแหล่งกำเนิดของพฤติกรรม เป็นอวัยวะที่มีความสลับซับซ้อนมากที่สุดในร่างกาย มนุษย์ สมองของคนเราสามารถรับเรื่องราวที่เกิดจากการเรียนรู้ได้ทุกอย่าง (receive all education) และด้วยความแตกต่างกันของสมอง ส่งผลให้คนเรามีลักษณะของการเรียนรู้ (Learning style) ที่แตกต่างกัน จึงทำให้วิธีการเรียนรู้ของมนุษย์แต่ละคนมีความแตกต่างกันไป

นอกจากการค้นคว้าในเรื่องสมองแล้ว สหรัฐอเมริกายังได้มีการศึกษาวิจัยเชิง ปฏิบัติการเพื่อดูแนวโน้มและวิสัยทัศน์ของหลักสูตรที่เหมาะสมกับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ใช้กลุ่ม ตัวอย่าง 150 คน จากหลากหลาย อาชีพ เช่น นักธุรกิจระดับชาติ ผู้นำทางการศึกษา และตัวแทนจากรัฐบาล เครื่องมือวิจัยสำหรับโครงการนี้ คือการใช้เทคนิค Delphi ในการศึกษา ระยะเวลาในการวิจัย 3 ปี ในรายงานส่วนหนึ่งสรุปไว้ว่า การเตรียมนักเรียนให้พร้อมที่จะเผชิญกับความเปลี่ยนแปลงในอนาคต มีความจำเป็นที่จะต้องปลูกฝังให้นักเรียนมีทักษะการคิดแบบมีวิจารณญาณและมีทักษะในการตัดสินใจ นักเรียนต้องสามารถเข้าถึงข้อมูลและสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ โดยนักเรียนต้องมีลักษณะกล้าเสี่ยง เป็นนักสำรวจ และเป็นนักคิดที่รู้จักให้ความร่วมมือกับผู้อื่น รวมทั้งต้องมีการบูรณาการหลักสูตรเพื่อให้เกิดกิจกรรมแบบสหวิทยาการ (Inter disciplinary activity) ด้วย

ต่อมาได้มีทฤษฎีการเรียนรู้ใหม่ๆ เกิดขึ้นหลายทฤษฎี ทฤษฎีการเรียนรู้ที่นักการศึกษาส่วนใหญ่ให้ความสนใจกันมาก ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivist learning theory) ซึ่งมีแนวคิดที่สอดคล้องกับการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 มากที่สุด โดยในกลุ่มนี้มีความเชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนได้สร้างความรู้ที่เป็นของตนเองขึ้นมาจากความรู้ที่มีอยู่เดิมหรือจากความรู้ที่รับเข้ามาใหม่ จากแนวคิดดังกล่าวจึงนำไปสู่การปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนและ

วิธีการสอนแนวใหม่ให้กับห้องเรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งครูไม่ใช่ผู้จัดการทุกสิ่งทุกอย่าง นักเรียนต้องได้ลงมือปฏิบัติเอง สร้างความรู้ที่เกิดจากความเข้าใจของตนเอง และมีส่วนร่วมในการเรียนมากขึ้น (Active learning) รูปแบบการเรียนรู้ที่เกิดจากแนวคิดนี้มีอยู่หลายรูปแบบ ได้แก่ การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative learning) การเรียนรู้แบบช่วยเหลือกัน (Collaborative learning) การเรียนรู้โดยการค้นคว้าอย่างอิสระ (Independent investigation method) รวมทั้งการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) ในช่วงแรกของศตวรรษที่ 20 จอห์น ดิวอี้ (John Dewey) นักการศึกษาชาวอเมริกันซึ่งเป็นผู้คิดค้นวิธีสอนแบบแก้ปัญหาและเป็นผู้เสนอแนวคิดที่ว่า การเรียนรู้เกิดจากการปฏิบัติหรือได้ลงมือกระทำด้วยตนเอง (Learning by doing) จากแนวคิดนี้ได้นำไปสู่แนวคิดของการสอนในรูปแบบต่าง ๆ ดังที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน แนวคิดของ PBL ก็มีรากฐานมาจากแนวคิดของดิวอี้ เช่นเดียวกัน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีการพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ (Faculty of Health Sciences) ของมหาวิทยาลัย McMaster ที่ประเทศแคนาดา โดยได้ถูกนำมาใช้ในกระบวนการติว (tutorial process) ให้กับนักศึกษาแพทย์ฝึกหัด และในเวลาต่อมา วิธีการดังกล่าวได้กลายเป็นรูปแบบการเรียนรู้ (Learning model) ที่ทำให้มหาวิทยาลัยในสหรัฐอเมริกา นำไปเป็นแบบอย่างในการจัดการเรียนรู้ โดยเริ่มจากปลายปี ค.ศ. 1950 มหาวิทยาลัย Case Western Reserve ได้นำมาใช้เป็นแห่งแรกและได้จัดตั้งห้องทดลองพหุวิทยาการ (Multi-disciplinary Laboratory) เพื่อทำเป็นห้องปฏิบัติการสำหรับทดลองรูปแบบการสอนใหม่ ๆ รูปแบบการสอนที่มหาวิทยาลัย Case Western Reserve พัฒนาขึ้นมานั้นได้กลายมาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรของโรงเรียนหลายแห่งในสหรัฐอเมริกา ทั้งในระดับมัธยมศึกษา ระดับอุดมศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัย

ในช่วงปลายทศวรรษที่ 60 มหาวิทยาลัย McMaster ได้พัฒนาหลักสูตรแพทย์ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นครั้งแรกทำให้มหาวิทยาลัยแห่งนี้เป็นที่ยอมรับและรู้จักกันทั่วโลกว่าเป็นผู้นำทางด้านจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (world class leader) โรงเรียนแพทย์ที่มีชื่อเสียงอย่างเช่น Harvard Medical School และ Michigan State University, College of Human Medicine ก็ได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไปใช้จึงทำให้โรงเรียนแพทย์ในมหาวิทยาลัยอื่น ๆ ให้การยอมรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในการสอนมากขึ้น จนกระทั่งกลางปี ค.ศ. 1980 เทคนิคการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ได้เริ่มขยายออกไปสู่การสอนในสาขาอื่น ๆ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษาศาสตร์ สังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ เป็นต้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นที่

นิยมกันอย่างแพร่หลาย และมีการนำไปใช้ตามมหาวิทยาลัยต่าง ๆ มากขึ้น ตัวอย่าง มหาวิทยาลัยที่นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไปใช้ เช่น Harvard, New Mexico, Bowman Gray, Boston, Illinois, Southern Illinois, Michigan State, Tufts, Mercer, Southern Illinois, Stamford, Northwestern, Indiana and the University of Illinois, University of Hawaii, University of Missouri -- Columbia, University of Texas - Houston, University of California - Irvine, University of Pittsburgh, University of Delaware เป็นต้น นอกจากมหาวิทยาลัยในสหรัฐอเมริกาแล้ว มหาวิทยาลัยของประเทศแทบทุกส่วนของโลก ก็ให้ความสนใจในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไปใช้ เช่น มหาวิทยาลัย Maastricht ที่เนเธอร์แลนด์, มหาวิทยาลัย Newcastle, Monash, Melbourne ที่ออสเตรเลีย, มหาวิทยาลัย Aalborg ที่เดนมาร์ค, มหาวิทยาลัยในประเทศแคนาดา อังกฤษ ฝรั่งเศส ฟินแลนด์ อัฟริกาใต้ สวีเดน ฮองกง สิงคโปร์ เป็นต้น ความนิยมใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในต่างประเทศนั้น สามารถเห็นได้ชัดเจนจากการเชื่อมโยงเครือข่ายการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในการสอนเหมือนกันทางอินเทอร์เน็ตและจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) โดยมีการเผยแพร่ทั้งตำรา เอกสาร และบทความจำนวนมาก มีผลงานวิจัยที่เผยแพร่เฉพาะส่วนบทคัดย่อและงานวิจัยทั้งฉบับเป็นร้อยเรื่อง โดยส่วนใหญ่จะเป็นผลการวิจัยทางสาขาแพทย์มากที่สุด มีวารสารเฉพาะชื่อ The Journal of Clinical Problem - based Learning มีการจัดตั้งศูนย์เพื่อการวิจัยและการเรียนการสอน (The Center for Problem-based Learning)

สำหรับในประเทศไทยนั้น ปัจจุบันการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ทั้งระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานและระดับอุดมศึกษาเป็นที่นิยมกันมากขึ้น มีงานวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน ที่เรียกว่าการวิจัยในชั้นเรียนที่ใช้มากมาย มหาวิทยาลัยหลายแห่งที่ส่งเสริมและได้ทดลองนำไปใช้แล้ว เช่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รวมถึงมหาวิทยาลัยเอกชนหลายแห่ง โดยเฉพาะมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีการพัฒนารูปแบบ PBL ในการสอนร่วมกับผู้สอนจากมหาวิทยาลัย Stanford และ Vanderbilt

4.2.2 นิยามของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มาจากคำภาษาอังกฤษคือ Problem-based learning : PBL เมื่อดูจากคำศัพท์ Problem-based Learning ก็คือ วิธีการเรียนรู้วิธีหนึ่ง ที่มีรูปแบบการเรียนรู้ โดยการนำปัญหามาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามมีนักการศึกษาหลายท่านได้ตีความและให้นิยามไว้อย่างหลากหลาย โดยผู้วิจัยสามารถรวบรวมได้ ดังนี้

ทองจันทร์ หงส์ลดาธรรม ได้ให้คำนิยามของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นวิธีการพัฒนาหลักสูตรและวิธีการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นและเน้นที่กิจกรรมของนักศึกษา การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไม่ใช่วิธีการเรียน การแก้ปัญหาโดยเพิ่มเข้าไปในหลักสูตรเดิมอย่างง่าย ๆ แต่เป็นวิธีที่จัดหลักสูตรให้มีกิจกรรมการเรียนรู้เกิดขึ้น โดยอิงอาศัยปัญหาจริงที่เป็นจริงในการปฏิบัติการของวิชาชีพนั้นเป็นตัวแกน ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะเริ่มต้นด้วยการให้ปัญหาที่เป็นสถานการณ์จริงกับนักศึกษา ก่อนที่จะให้ความรู้ของสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องจริงเพื่อแก้ปัญหาด้วยวิธีนี้ หลักสูตรและการสอนจึงจะนำนักศึกษาไปสู่การแสวงหาวิชาความรู้ และทักษะด้วยตนเอง โดยผ่านขั้นตอนการแก้ปัญหาที่จัดไว้ให้ โดยอาศัยวัสดุการเรียนการสอนที่ครูกำหนดให้ตามหลักสูตร

วัลลี สัตยาศัย (2547, น.16) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem based Learning หรือ PBL) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นตามแนวคิด ตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรคนิยม (Constructivism) โดยให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่จากการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริงเป็นบริบทของการเรียนรู้ เป็นการค้นคว้าด้วยตนเองโดยให้นักเรียนช่วยกันคิดแก้ปัญหา นักเรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้และผู้สอนต้องเป็นผู้คอยให้ความช่วยเหลือในการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งได้ความรู้ตามศาสตร์ในสาขากลุ่มสาระที่ตนศึกษาด้วย ดังนั้น การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจและการแก้ไขปัญหาคือหลัก

จอร์น และคณะ (John, et al, 2011, p.282-283) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่จัดหลักสูตรที่มีโครงสร้างการแก้ไขปัญหาย่างหลวม ๆ เพื่อให้นักเรียนพยายามที่จะแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และทักษะจากหลายสาขาวิชาในระดับการศึกษาขั้นสูง วิธีการเรียนการสอนนี้ใช้ปัญหาที่ซับซ้อนและน่าสนใจเป็นบริบทและตัวกระตุ้นการเรียนรู้ โดยครูผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยการความสะดวกและเป็นผู้แนะแนว ส่วนนักเรียนเป็นเจ้าของกระบวนการเรียนที่ดำเนินการเพื่อหาทางแก้ปัญหาบางอย่างที่เกิดขึ้น

ทิศนา แคมมณี (2557) ที่กล่าวถึงความหมายของการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ว่า เป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำนักเรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง หรือผู้สอนอาจจัดสภาพการณ์ให้นักเรียนเผชิญปัญหา และฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือกและวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหานั้น รวมทั้งช่วยให้นักเรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะ กระบวนการคิด และ

กระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ นอกจากนี้ ไพศาล สุวรรณน้อย ยังได้ให้ ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ไว้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning หรือ PBL) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากแนวคิดตามทฤษฎี การเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) โดยให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่ จากการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโลกเป็นบริบทของการเรียนรู้ (Learning Context) เพื่อให้นักเรียน เกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา รวมทั้งได้ความรู้ตามศาสตร์ในสาขาวิชาที่ตนศึกษาไปพร้อมกันด้วย การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความ เข้าใจและการแก้ไขปัญหาเป็นหลัก ถ้า มองในแง่ของยุทธศาสตร์การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นเทคนิคการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เผชิญหน้ากับปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะในการคิดหลายรูปแบบ เช่น การคิดวิเคราะห์ คิววิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ

ดังนั้นสรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดจากการใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการที่จะแสวงหาวิธีแก้ปัญหา โดยเน้นการฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจปัญหานั้นอย่างชัดเจน และทำให้นักเรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิดและแก้ปัญหา

4.2.3 ลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

ลักษณะของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Gallagher, et al., 1995, p.137-138; วลี สัตยาศัย, 2547, น.16) สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) เป็นการเรียนที่นักเรียนเป็นศูนย์กลาง ภายใต้การแนะนำแนวทางของผู้สอนประจำกลุ่ม นักเรียนจะต้องรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง ระบุสิ่งที่ตนต้องการจะรู้เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้น โดยแสวงหาความรู้จากแหล่งที่จะให้ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ซึ่งอาจมาจากหนังสือ วารสาร คณาจารย์ หรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

2) การเรียนเป็นกลุ่มย่อยกลุ่มละประมาณ 5-8 คน พร้อมกับผู้สอนประจำกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยความหลากหลายของบุคคลต่าง ๆ

3) มีผู้สอนประจำกลุ่มเป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือแนะนำแนวทาง ไม่บอกข้อมูล และไม่สอนแบบบรรยาย ไม่บอกนักเรียนว่าคิดถูกหรือผิด และสิ่งใดที่นักเรียนต้องศึกษาหรืออ่าน แต่มีบทบาทในการตั้งคำถามให้นักเรียนถามตนเองเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ดีขึ้นและจัดการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

4) รูปแบบของปัญหามุ่งให้มีการรวบรวมข้อมูลและกระตุ้นการเรียนรู้ ปัญหาที่นำเสนอเป็นสิ่งที่ท้าทายนักเรียนที่จะต้องเผชิญในการปฏิบัติจริง ตรงประเด็น และกระตุ้นการเรียนรู้

ให้หาทางแก้ปัญหา เป็นสิ่งที่นักเรียนตระหนักถึงความจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และรวบรวมข้อมูลจากศาสตร์วิชาต่าง ๆ

5) ปัญหาเป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา

6) ความรู้ใหม่ได้มาโดยผ่านการเรียนรู้ด้วยตนเอง นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนอย่างแท้จริงในระหว่างการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีการทำงานร่วมกับผู้อื่น อภิปราย เปรียบเทียบ ทบทวน และโต้แย้งสิ่งที่เรียน

7) ปัญหาที่นำมาใช้มีลักษณะคลุมเครือไม่ชัดเจน ปัญหา 1 ปัญหา อาจมีคำตอบได้หลายคำตอบหรือมีทางแก้ไขปัญหาได้หลายทาง (ill-structured problem)

8) นักเรียนเป็นคนแก้ปัญหาโดยการแสวงหาข้อมูลใหม่ ๆ ด้วยตนเอง (self-directed learning)

9) ประเมินผลจากสถานการณ์จริง โดยดูจากความสามารถในการปฏิบัติ (authentic assessment)

10) นักเรียนมีโอกาสขยายและต่อเติมความรู้ความเข้าใจให้สมบูรณ์และเป็นระบบ

11) เป็นการเรียนที่เริ่มต้นด้วยปัญหา ซึ่งรูปแบบของการเรียนจะเริ่มขึ้นเมื่อนักเรียนได้เผชิญกับปัญหา

12) ครูเป็นผู้ฝึกสอนทางความคิด แทนการเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือผู้สั่งสอน มีบทบาทหน้าที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจคำถาม ระหว่างการระบุปัญหา การจำกัดข้อมูล การวิเคราะห์ สังเคราะห์ โดยผ่านการตีความที่มีศักยภาพ

Dolmans & Schmidt (1995, p.1 อ้างอิงใน อนุชา โสมาบุตร, 2556) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีแนวคิดให้นักเรียนพบกับปัญหาในกลุ่มย่อย ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้สอนประจำกลุ่ม ปัญหาส่วนมากเป็นการบรรยายปรากฏการณ์ที่สามารถรับรู้ในสภาพที่เป็นจริง ปรากฏการณ์จะถูกอธิบายโดยกลุ่มย่อยบนพื้นฐานของหลักการกลไกการทำงานหรือกระบวนการ

ทิตินา แชมมณี (2556, น.138) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1) ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันเลือกปัญหาที่ตรงกับความสนใจหรือตามความต้องการของนักเรียน

2) ผู้สอนและนักเรียนมีการออกไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาอย่างแท้จริง หรือผู้สอนมีการจัดสถานการณ์ให้นักเรียนเผชิญปัญหา

3) ผู้สอนและนักเรียนมีการร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา

- 4) นักเรียนมีการวางแผนการแก้ปัญหาร่วมกัน
- 5) ผู้สอนมีการให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการแสวงหาแหล่งข้อมูล การศึกษาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล
- 6) ผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่หลากหลายและมีการพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสม
- 7) นักเรียนศึกษาค้นคว้า และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
- 8) นักเรียนลงมือแก้ปัญหา รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุป และประเมินผล
- 9) ผู้สอนมีการติดตามการปฏิบัติงานของผู้เรียนและให้คำปรึกษา
- 10) ผู้สอนมีการประเมินผลการเรียนรู้ทั้งทางด้านผลงานและกระบวนการของนักเรียน

4.2.4 ลักษณะที่สำคัญของปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, น.3-4 อ้างอิงใน วาสนา ภูมิ, 2555, น. 19-20) ได้กล่าวถึง ลักษณะสำคัญของปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สิ่งสำคัญที่สุดคือปัญหาหรือสถานการณ์ที่จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ โดยลักษณะของปัญหา มีดังนี้

- 1) เกิดขึ้นในชีวิตจริงและเกิดจากประสบการณ์ของนักเรียนหรือนักเรียนอาจมีโอกาสเผชิญกับปัญหานั้น
- 2) เป็นปัญหาที่พบบ่อย มีความสำคัญ มีข้อมูลประกอบเพียงพอสำหรับการค้นคว้า
- 3) เป็นปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบชัดเจนตายตัว เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน คลุมเครือ หรือนักเรียนเกิดความสงสัย
- 4) ปัญหาที่เป็นประเด็นขัดแย้ง ข้อถกเถียงในสังคม ยังไม่มีข้อยุติ
- 5) เป็นปัญหาอยู่ในความสนใจ เป็นสิ่งที่อยากรู้ แต่ไม่รู้
- 6) ปัญหาที่สร้างความเดือดร้อน เสียหาย เกิดโทษภัยและเป็นสิ่งไม่ดีหากใช้ข้อมูลโดยลำพังคนเดียวอาจทำให้ตอบปัญหาผิดพลาด
- 7) เป็นปัญหาที่มีการยอมรับว่าจริง ถูกต้อง แต่นักเรียนไม่เชื่อว่าจริง ไม่สอดคล้องกับความคิดของนักเรียน
- 8) ปัญหาที่อาจมีคำตอบหรือมีแนวทางในการแสวงหาคำตอบได้หลายทาง ครอบคลุมการเรียนรู้ที่กว้างขวางหลากหลายเนื้อหา
- 9) เป็นปัญหาที่มีความยากความง่าย เหมาะสมกับพื้นฐานของนักเรียน

10) เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องการการสำรวจค้นคว้า และการรวบรวมข้อมูลหรือทดลองดูก่อน จึงจะได้คำตอบ ไม่สามารถที่จะคาดเดาหรือทำนายได้ง่ายๆ ว่าต้องใช้ความรู้อะไร ยุทธวิธีในการสืบเสาะหาความรู้จะเป็นอย่างไร คำตอบ หรือผลของความรู้เป็นอย่างไร

11) เป็นปัญหาส่งเสริมความรู้ด้านเนื้อหาทักษะสอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษา

4.2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นหลักสำคัญในการขับเคลื่อนการเรียนรู้ ซึ่งนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอนการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

Delisle (1997, p.26-36) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เชื่อมโยงสู่ปัญหา ในขั้นตอนนี้ นักเรียนควรจะมีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับปัญหาที่มีความสำคัญและน่าสนใจ โดยผู้สอนควรเลือกปัญหาที่เชื่อมโยงกับสิ่งที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 จัดโครงสร้าง ในขั้นตอนนี้ผู้สอนต้องแน่ใจว่านักเรียนเชื่อมโยงสู่ปัญหาได้แล้วและนักเรียนจะต้องจัดขอบเขตการทำงานเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ โดยผู้สอนและนักเรียนจะร่วมกันอภิปรายเพื่อจัดโครงสร้างของการทำงานประกอบด้วย

- 1) แนวคิด/แนวทางในการแก้ปัญหา
- 2) ข้อเท็จจริง
- 3) ประเด็นที่ต้องศึกษาค้นคว้า
- 4) แผนการดำเนินงาน

ขั้นที่ 3 เข้าไปสู่ปัญหา ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะใช้กระบวนการกลุ่มในการร่วมกันสำรวจปัญหาและร่วมกันอภิปรายโครงสร้างการเรียนรู้ จากนั้น นักเรียนจะแบ่งหน้าที่ในการศึกษาค้นคว้าอย่างอิสระแล้วนำความรู้ที่ได้มาเสนอต่อกลุ่มจนกระทั่งได้ข้อมูลเพียงพอสำหรับแก้ปัญหา ผู้สอนจะเป็นผู้คอยดูแล แนะนำแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมที่อาจช่วยเหลือนักเรียนได้ และหลังจากทำการศึกษาค้นคว้าเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนและนักเรียนจะร่วมกันอภิปรายอีกครั้ง

ขั้นที่ 4 กลับเข้าสู่ปัญหาอีกครั้ง หลังจากที่นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนและนักเรียนจะร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียนอีกครั้ง โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มรายงานการศึกษา ค้นคว้า และระหว่างประเมินผู้สอนจะทำการประเมินแหล่งข้อมูล เวลาที่ใช้ และผลลัพธ์ทั้งหมดของการดำเนินงานของนักเรียน ถ้าประเมินพบว่า ความรู้ที่ได้มานั้นไม่เพียงพอก็จะมีกำหนดประเด็นที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมอีกครั้ง

ขั้นที่ 5 การผลิตผลงานหรือการแสดงความสามารถ ในขั้นนี้จะนำความรู้ที่ได้มาดำเนินงานตามแผนเพื่อผลิตผลงานหรือหาคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 6 การประเมินกระบวนการและปัญหา ในขั้นตอนของการประเมินนี้ทั้งผู้สอนและนักเรียนจะมีส่วนร่วมในการประเมิน ทั้งการประเมินทักษะการเรียนรู้ การให้เหตุผล การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม และประเมินปัญหาที่นำมาใช้ด้วย

Cowedrow (1997, p.4 อ้างอิงใน อารมณ์ แสงรัศมี, 2543, น.21) กล่าวว่ากระบวนการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานแบ่งเป็น 3 ระยะ

1) ใช้ปัญหากระตุ้นให้นักเรียนแสดงเหตุผล และนำความรู้เดิมออกมา
2) เป็นการศึกษาด้วยตนเอง นักเรียนจะเป็นอิสระจากผู้สอน นักเรียนจะทำงานที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม โดยค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

3) ประยุกต์ใช้ความรู้ นักเรียนจะนำความรู้ที่ได้รับมาใหม่ย้อนกลับไปอธิบายปัญหา Arends ได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การแนะนำปัญหา เพื่อแจ้งจุดมุ่งหมายของการเรียน สร้างทัศนคติที่ดีต่อการเรียน บอกสิ่งให้นักเรียนต้องทำ และแนะนำขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา

ขั้นที่ 2 กำหนดงานที่ต้องดำเนินการ เพื่อช่วยนักเรียนกำหนดงานที่ต้องทำ

ขั้นที่ 3 รวบรวมข้อมูล เพื่อช่วยให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลหรือดำเนินการทดลองเพื่อค้นหาข้อมูล

ขั้นที่ 4 เตรียมนำเสนอผลงาน เพื่อช่วยนักเรียนวางแผนและเตรียมนำเสนอผลงาน

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์และประเมินผลการทำงาน เพื่อช่วยนักเรียนวิเคราะห์และประเมินกระบวนการแก้ปัญหา

พวงรัตน์ บุญญานุรักษ์ (2544, น.42) กล่าวถึงกระบวนการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

- 1) ทำความเข้าใจกับปัญหาเป็นอันดับแรก
- 2) แก้ปัญหาด้วยเหตุผลอย่างมีทักษะ
- 3) ค้นหาการเรียนรู้ด้วยกระบวนการปฏิสัมพันธ์
- 4) ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
- 5) นำความรู้ที่ได้มาใหม่ใช้ในการแก้ปัญหา
- 6) สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้แล้ว

สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา 2550, (น.6-8 อ้างอิงใน วาสนา ภูมิ, 2555, น.29-30) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่นักเรียนอยากรู้หรืออยากเรียนได้ และเกิดความสนใจที่จะค้นคว้าหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษา ค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการค้นคว้ามา แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ เพียงใด

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายาม ตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของ ปัญหาอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้ และนำเสนอผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย นักเรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้เกี่ยวข้องร่วมกันประเมินผลงาน

Gabriel Gorghiu (2015) ได้กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ไว้ 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจะต้องระบุและชี้แจงปัญหาและ สิ่งที่ต้องการศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

ขั้นที่ 2 กำหนดปัญหา สมาชิกในกลุ่มจะต้องระบุและกำหนดปัญหาที่ต้องการแก้ไข ให้ชัดเจนและร่วมกันศึกษาประเด็นปัญหา

ขั้นที่ 3 ระดมความคิดเห็น สมาชิกจะต้องระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหา รวมทั้งสืบค้น และกำหนดแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 4 ทบทวนปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องให้คำอธิบาย เพิ่มเติมสำหรับแนวทางและวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 กำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ นักเรียนจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์ในการ แก้ไขปัญหา เพื่อให้มีเป้าหมายชัดเจนยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 6 ทำการศึกษาค้นคว้าอิสระ นักเรียนจะเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ทั้งหมด โดยการสืบค้นข้อมูล และหาแนวทางหรือวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 7 เผยแพร่ผลงาน นักเรียนจะต้องนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ

Ali Alrahlah (2016) ได้กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งกลุ่มทำงาน ขั้นนี้นักเรียนจะเริ่มต้นการเรียนรู้ด้วยการแบ่งกลุ่มและจัดการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่ม

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา ขั้นตอนนี้ นักเรียนจะได้รับปัญหาและศึกษาเกี่ยวกับ ปัญหาที่ได้รับให้กระจ่างขึ้น โดยจะมีการโต้แย้งจากมุมมองความรู้และประสบการณ์ของสมาชิก ภายในกลุ่ม เช่น สิ่งไหนที่รู้ สิ่งไหนที่ไม่รู้ จากประเด็นปัญหา จากนั้นจะแยกแยะช่องว่างของความรู้และตัดสินใจเลือกช่องว่างของประเด็นปัญหานั้นมาศึกษา

ขั้นที่ 3 ระดมสมอง นักเรียนรายงานผลที่ได้จากการศึกษาภายในกลุ่ม ซึ่งผลจากรายงานการศึกษาค้นคว้าจะต้องมีการสรุปที่ชัดเจน และสมาชิกภายในกลุ่มจะต้องเข้าใจตรงกันว่าประเด็นปัญหาหาคืออะไร

ขั้นที่ 4 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่และสะท้อนถึงความเข้าใจในปัญหา

ขั้นที่ 5 สรุปประเด็นปัญหาเพื่อตอบคำถามจากปัญหา

4.3 การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้รับความนิยมมากในการเรียนรู้ในปัจจุบัน แต่นักการศึกษาหรือนักวิชาการที่กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ชัดเจนยังมีจำนวนไม่มาก ดังนี้

ไอเรนดซ์ (Arends, 2001, p.266-362 อ้างอิงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2550, น.151) ได้สรุปกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

1) แนะนำปัญหา เพื่อแจ้งจุดมุ่งหมายของการเรียน สร้างทัศนคติที่ดีต่อการเรียน บอกสิ่งที่นักเรียนต้องทำ และแนะนำขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา

2) กำหนดงานที่ต้องดำเนินการ เพื่อช่วยนักเรียนกำหนดงานที่ต้องทำ

3) รวบรวมข้อมูล เพื่อช่วยให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลหรือดำเนินการทดลองเพื่อค้นหา

ข้อมูล

4) เตรียมนำเสนอผลงาน เพื่อช่วยนักเรียนวางแผนและเตรียมนำเสนอผลงาน

5) วิเคราะห์และประเมินผลการทำงาน เพื่อช่วยนักเรียนวิเคราะห์และประเมินกระบวนการแก้ปัญหา

ลู และคณะ (Lou, et al., 2011, p.199) เสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียนและใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน เพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียนและให้นักเรียนร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุดองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแผนในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวางกรอบการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรวจ เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรวจหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเอง เพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้ นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน เป็นขั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมินแบบจำลองแล้วพบว่าแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง พร้อมกับอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้

Wright (2012) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา/โอกาส (Identifying the problem/opportunity) เป็นขั้นที่นักเรียนจะทำความเข้าใจเกี่ยวกับถ้อยคำต่าง ๆ ในปัญหา แล้วแยกปัญหาให้ออกว่าอะไรเป็นสิ่งที่ต้องหาคำตอบ แล้วมีอะไรเป็นข้อมูลที่กำหนด และมีเงื่อนไขใดบ้าง หลังจากนั้นจึงพิจารณาว่าข้อมูลและเงื่อนไขที่กำหนดให้เพียงพอที่จะหาคำตอบของปัญหาได้หรือไม่

ขั้นที่ 2 การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา (Devising a plan for solving the problem) ขั้นนี้ นักเรียนจะต้องวางแผนจากข้อมูลที่ได้ในขั้นที่ 1 เพื่อวางแผนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาว่า

วิธีการแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมกับปัญหาหรือไม่ หรือต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น

ขั้นที่ 3 การดำเนินการและการประเมินแผน (Implementing and evaluating the plan) เมื่อนักเรียนได้วางแผนแล้วก็ดำเนินการแก้ปัญหา ระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหาอาจทำให้เห็นแนวทางที่ดีกว่าวิธีที่คิดไว้ ก็สามารถนำมาปรับเปลี่ยนได้ และประเมินแผนการที่ได้วางแผนไว้ ว่าสามารถแก้ปัญหาได้ผลเพียงใด

ขั้นที่ 4 นำเสนอแผน/แนวทางแก้ไข (Communicate the plan/solution) ในขั้นนี้นักเรียนนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้ลงมือทำในขั้นที่ 3

จำรัส อินทลาภาพร และคณะ (2558, น.64) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และท้าทายการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

Mallam (2017) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา โดยครูจะกำหนดปัญหา สถานการณ์ และให้นักเรียนระบุปัญหาและความสำคัญของปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว

ขั้นที่ 2 สร้างสมมติฐานและกลไกที่เป็นไปได้ นักเรียนระดมความคิดกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อสร้างสมมติฐานเกี่ยวสาเหตุความเป็นไปได้และคิดกลไกที่เป็นไปได้มาใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ครูเปิดโอกาสให้กับนักเรียนได้ค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา พร้อมระบุประเด็นการเรียนรู้ของกลุ่มตนเองได้

ขั้นที่ 4 ประเมินซ้ำและประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ ครูและนักเรียนพบกันอีกครั้งเพื่อทำการประเมินว่าความรู้ที่นักเรียนค้นคว้าด้วยตนเองนั้น เพียงพอที่จะแก้ปัญหาหรือไม่ สมมติฐานถูกต้องหรือสมบูรณ์หรือไม่ มีปัญหาเพิ่มเติมที่นักเรียนไม่ทราบอีกหรือไม่

ขั้นที่ 5 การทดสอบและไตร่ตรองการเรียนรู้ นักเรียนทดสอบสมมติฐานของตนเอง ประเมินผลงานกลุ่ม จากนั้นวงจรจะถูกทำซ้ำเมื่อนักเรียนสร้างสมมติฐานใหม่เกี่ยวกับปัญหาด้วยความรู้และทักษะที่ได้รับใหม่ จนในที่สุดพวกเขาก็บรรลุวิธีการแก้ปัญหาหรือบางครั้งก็เป็นไปได้หลายวิธี

ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ Lou, et al. (2011, p.199) ที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากมีความเหมาะสมกับบริบทที่ทำการศึกษาและสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาได้ เพราะเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาขาวิชา ประกอบด้วย การบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาใช้ผ่านกระบวนการคิดและการแก้ปัญหา ซึ่งครูจะเป็นผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงหรือสถานการณ์ที่ถุกจำลองขึ้นมา เพื่อเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยกระตุ้นกระบวนการคิด ให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ และแสวงหาความรู้ผ่านกระบวนการกลุ่ม โดยให้นักเรียนได้ร่วมกันศึกษาค้นคว้า และร่วมกันอภิปราย เพื่อให้เกิดความเข้าใจปัญหา และนำองค์ความรู้มาใช้แก้ปัญหาาร่วมกัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยภายในประเทศ

วรรณา เปลี่ยนพุ่ม (2552) ได้ศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร พบว่า ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมากที่สุดคือ ความเชื่ออำนาจภายในตนเอง รองลงมาคือ บุคลิกภาพในการแสดงความสามารถด้านเหตุผล ความสามารถในการอ่าน การตระหนักรู้ตนเอง และการรับรู้ความสามารถของตนในการเรียน ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ ความสามารถด้านเหตุผล รองลงมาคือ ความสามารถในการอ่าน และความเชื่ออำนาจภายในตนเอง ส่วนตัวแปรที่ส่งอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรียงตามลำดับความสำคัญ ดังนี้ คือ ความเชื่ออำนาจภายในตนเอง บุคลิกภาพในการแสดง การตระหนักรู้ตนเอง และการรับรู้ความสามารถของตนในการเรียน

ภัทรรัตน์ แสงเดือน (2553) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสภาัจฉา เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความตระหนักในการรู้คิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสภาัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสภาัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ชัชวาล ต้นสีนนท์ (2553) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม พบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์คะแนนร้อยละ 70

วันเพ็ญ ปัญญาสิงห์ (2554) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นักเรียนมีพัฒนาการในด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และผลการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 82.93 มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

พัชรวีร์ นามพิกุล (2554) ได้ศึกษาแนวคิดและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง การรักษา คุณภาพของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กล่าวคือ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนได้แสดงออกถึงลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณในทุกขั้นและส่งผลให้คะแนนการทำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง การรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต มีคะแนนร้อยละ 75.81

นรมน พุ่มชุมพล (2554) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พีชคณิตตัวเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์คะแนนร้อยละ 70

สิริเกศ หมัดเจริญ (2554) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน ผลการทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาฟิสิกส์เรื่อง เสียง พบว่า มีนักเรียนที่ได้คะแนนหลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 73.53 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การวิเคราะห์ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่ามีนักเรียนที่ได้คะแนนหลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 70.59

ชัตติยา ขุนสูงเนิน (2555) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนจำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 78.38 ของนักเรียนทั้งหมด มี

ความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับดีขึ้นไป นักเรียนจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 81.10 ของนักเรียนทั้งหมดมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์การวิจัย

ศุภชัย ดวงคำน้อย (2555) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสง โดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา พบว่า จำนวนนักเรียนร้อยละ 73.81 มีคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่า จำนวนนักเรียนร้อยละ 80.95 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

รุจิราพร รามศิริ (2556) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างทักษะการวิจัย ทักษะการแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 34 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน คู่มือการใช้รูปแบบหน่วยและแผนการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินทักษะการวิจัย แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหา และแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์การแปรปรวนแบบสองทางที่แบบไม่อิสระ และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า หลังเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีพัฒนาการทางด้านทักษะการวิจัยสูงขึ้นจากระดับปานกลางเป็นระดับมาก และมีจิตวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก

ดารารัตน์ ชัยพิลา (2558) ได้ทำการศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิดของ STEM Education ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาวงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน อำเภอลำสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 28 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวงวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินชิ้นงาน ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาวงวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนร้อยละ 88.35 ซึ่งอยู่ในระดับดี เนื่องจากนักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มีกระบวนการทำงานที่เป็นระบบขั้นตอนด้วยการทำ

โครงการ ได้ใช้ความรู้จากศาสตร์สาขาวิชาทั้งสี่ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาแยกแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ยังพบอีกว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นตามลำดับ และนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เนื่องจากนักเรียนสามารถนำความรู้จากการเรียนการสอนแบบโครงการตามแนวคิด STEM Education มาประยุกต์ได้ดี และยังสามารถเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลายแตกต่างกันออกไป

ปริยานุช มานูจำ (2560) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดของสะเต็มศึกษาต่อการคิดไตร่ตรอง ใช้การวิจัยแบบกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนปิยะมหาราชาลัย จังหวัดนครพนม จำนวน 71 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดการคิดไตร่ตรองก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน การทดสอบที (t-test) และ ANCOVA ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษามีการคิดไตร่ตรองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดของสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก

นาถนลิน ภูสวส์ตี (2562) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการหายใจระดับเซลล์ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย ภาคเรียนที่ 1/2561 โดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบปัญหาเป็นฐาน (2) แบบวัดการคิดแก้ปัญหา และ (3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการหายใจระดับเซลล์ สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ t – test (One Sample t-test) ผลการวิจัยพบว่า (1) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการหายใจระดับเซลล์ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.35/80.33 (2) คะแนนการคิดแก้ปัญหาโดยรวมทั้ง 4 ขั้นตอน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 คิดเป็นร้อยละ 42.6 ของคะแนนเต็ม และคะแนนระหว่างเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.00 คิดเป็นร้อยละ 54.0 ของคะแนนเต็ม และหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.80 คิดเป็นร้อยละ 77.9 ของคะแนนเต็ม และ (3)

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง เซลล์และการหายใจระดับเซลล์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Lou, et al. (2011) ทำการสำรวจผลกระทบของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ที่ใช้การบูรณาการในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ต่อทัศนคติของนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในไต้หวัน ผู้วิจัยแบ่งนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายออกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อให้แต่ละกลุ่มทำการประกวดรถเข็นไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษา จากนั้นผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลักฐาน ได้แก่ การบ้าน รายงานการทดลอง และการสังเกต จากเทปบันทึกในระหว่างดำเนินการวิจัย อีกทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมอย่างไม่เป็นทางการจากเนื้อหาการอภิปรายของแต่ละกลุ่มและชิ้นงานของนักเรียน เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ด้านเนื้อหา หลังจากดำเนินการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์กลุ่ม (Focus group interview) แบบกึ่งโครงสร้างกับอาสาสมัครจาก 5 กลุ่มที่มีคะแนนสูงสุด เพื่อประเมินถึงวิธีการนำความรู้สะเต็มศึกษาไปใช้ของกลุ่มโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ด้านเนื้อหาเช่นกัน ผลการวิจัย พบว่า 1) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถช่วยส่งเสริมทัศนคติที่มีต่อการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนได้และมีประโยชน์ต่อการเลือกประกอบอาชีพในอนาคต 2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยส่งเสริมนักเรียนให้แก้ปัญหาต่าง ๆ ทีละขั้นตอนและนำไปสู่ความสำเร็จในการประกวด ส่งผลให้นักเรียนได้สัมผัสกับการบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษาอย่างแท้จริง 3) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษา ไม่เพียงแต่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ แต่ยังมีแนวโน้มว่านักเรียนจะได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้คณิตศาสตร์ที่มั่นคงมากขึ้น และ 4) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษาช่วยเพิ่มความสามารถและประสบการณ์การบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนได้

Tawfik, Trueman and Lorz (2013) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับการอำนวยการเรียนรู้ในห้องเรียนสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อพัฒนามโนคติทางชีววิทยาของนักเรียนที่ไม่ใช่สาขาวิทยาศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัย โดยผู้เรียนที่เข้าร่วมวิจัยจะได้ลงมือแก้ปัญหาแบบกึ่งโครงสร้างผ่านบริบทจริงในโครงการพัฒนาแหล่งน้ำและลดมลพิษ ผู้เรียนจะได้ศึกษาแหล่งน้ำจริงและกำหนดปัญหาก่อนที่จะดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนโดยใช้การบูรณาการความรู้แบบสะเต็มศึกษา หลังจากดำเนินการเรียนรู้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบ

ก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน และแบบทดสอบ ปลายภาค ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับการอำนวยความสะดวกการเรียนรู้ในห้องเรียนสะเต็มศึกษา (STEM Education) สามารถขับเคลื่อนการเรียนรู้ของผู้เรียนและส่งเสริมโน้มน้าวทางชีววิทยาได้ เพราะผู้เรียนจะถูกถามคำถามในแต่ละขั้นตอน ศึกษาความรู้ด้วยตนเอง และแก้ปัญหาในบริบทจริงผ่านกิจกรรม ซึ่งจะทำได้มาซึ่งประสบการณ์ที่คุ้มค่าของผู้เรียน แต่กิจกรรมเหล่านี้จำเป็นต้องมีการจัดการที่ดีของครูผู้สอน

Almutairi (2015) ผลของการใช้กลยุทธ์การระดมสมองในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชายในคูเวต การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กลยุทธ์ระดมสมองเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในนักเรียนชายในโรงเรียน Saud Al-Kharji ในคูเวต กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชายจำนวน 98 คน ตัวอย่างถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 47 คน สอนโดยใช้กลยุทธ์ระดมสมองภายในหลักสูตรพัฒนาทักษะการคิดในปีการศึกษา 2555/2556 และกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 51 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้กลยุทธ์การระดมสมองและแบบทดสอบความคิดของทอร์รันซ์ ผลการวิจัยพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในคะแนนรวมและคะแนนย่อยของการคิดของกลุ่มทดลอง มีประสิทธิผลของการใช้กลยุทธ์การระดมสมองในการพัฒนาทักษะการคิดที่ดีกว่า ผู้วิจัยแนะนำให้ใช้กลยุทธ์นี้ในโรงเรียนคูเวต

Kowalske (2018) ศึกษาประสบการณ์การแก้ปัญหาผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ยืดการสืบเสาะหาความรู้ ใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเป็นแบบเชิงปฏิบัติการ มีกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนมัธยมปลายจำนวนนักเรียน 40 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 13 คน และนักเรียนหญิง 17 คน อายุตั้งแต่ 12-14 ปี ในวิชาศิลปะภาษา โดยใช้การสัมภาษณ์และการสังเกตผู้สอน ตรวจสอบทัศนคติและประสบการณ์ของนักเรียนตลอดหน่วยการเรียนรู้ 13 สัปดาห์ โดยมุ่งเน้นที่การรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม การเรียนการสอน พบว่า การศึกษานี้มีส่วนช่วยในการวิจัยเกี่ยวกับประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ที่ยืดการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้ให้นักเรียนมีโอกาสเรียนรู้ทักษะการแก้ปัญหาที่สำคัญ นักเรียนมุ่งเน้นไปที่การเอาชนะความท้าทาย การรู้วิธีแก้ปัญหาเป็นทักษะที่สำคัญที่ช่วยให้นักเรียนนำไปปรับใช้ในชีวิต เพื่อให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาในระดับท้องถิ่น ระดับชาติ และระดับโลก

Rehmat (2020) ศึกษาวิธีการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานสำหรับการบูรณาการ STEM พบว่า เป็นศตวรรษที่ต้องคิดหาวิธีที่เป็นนวัตกรรมในการมีส่วนร่วมและเตรียมนักเรียนสำหรับความ

ท้าทายในปัจจุบันและอนาคต ในขณะที่ปลูกฝังความสนใจในหมู่นักเรียนในสาขา STEM การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานต่อความรู้เนื้อหาของนักเรียน และการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อ STEM การศึกษาครั้งนี้ใช้การออกแบบตัววัดซ้ำแบบกึ่งทดลอง เครื่องมือ เช่น การประเมินเนื้อหาของ STEM และการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีมาตรฐานถูกนำมาใช้สำหรับการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ดำเนินการโดยใช้การวัดซ้ำแบบผสมระหว่างการวิเคราะห์เรื่องความแปรปรวน (ANOVA) ผลการวิจัยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 ระหว่างการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาและกลุ่มการเรียนรู้แบบดั้งเดิม โดยคำนึงถึงความรู้ด้านเนื้อหา และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และเพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย ตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. กลุ่มเป้าหมาย
3. บริบทของการวิจัย
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

รูปแบบการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Schumuck (2006, p. 8-12) อ้างถึงใน สิริรักษา กิจเกื้อกูล, 2557, น.177) ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่ครูกำหนดวัตถุประสงค์หรือพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อพบว่าผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถ หรือเจตคติ จึงกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาเหล่านั้น และเริ่มทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าว
- 2) ขั้นปฏิบัติ (Act) ครุนำวิธีการในขั้นวางแผนไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย
- 3) ขั้นสังเกต (Observe) ครูตรวจสอบตนเองขณะปฏิบัติการวิจัย เพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาแก้ไขอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ครูจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนหรือเพื่อนร่วมงานได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการปฏิบัติการวิจัยทดลอง โดยในขั้นนี้ต้องใช้เครื่องมือต่าง ๆ มาเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลในขั้นสังเกตกับขั้นวางแผน เพื่อนำไปสู่การได้ข้อสรุปว่า แนวทางปฏิบัติใดดีที่สุด
- 4) ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ครุนำผลสรุปจากขั้นสังเกตมาระดมสมองกับเพื่อนร่วมงาน และสะท้อนตนเอง เพื่อพิจารณาว่าครูสามารถจัดการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่ และควร

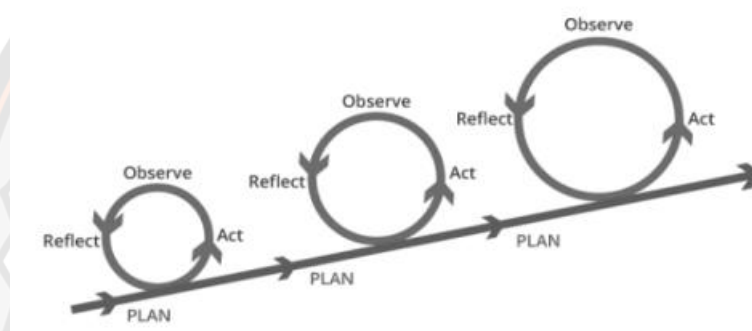
ปรับแนวทางการปฏิบัติอย่างไรให้ดีกว่าเดิม เมื่อได้ข้อสรุปแล้วจึงเริ่มดำเนินการในชั้นวางแผนของวงจรต่อไป

โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้มาถึงขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากขั้นนี้มาสรุปเป็นแนวทางการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในชั้นวางแผนของวงจรปฏิบัติการถัดไปจนครบทั้ง 3 วงจร เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนี้

วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น



ภาพ 2 แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ที่มา: Crane and Richardson, 2000

กลุ่มเป้าหมาย

ผู้วิจัยทำการเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวนนักเรียน 13 คน ประกอบด้วย นักเรียนชาย 7 คน และนักเรียนหญิง 6 คน

บริบทของการวิจัย

โรงเรียนมีบริการห้องสมุด ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และสัญญาณอินเทอร์เน็ตทั้งโรงเรียน ห้องเรียนของนักเรียนจัดโต๊ะแบบนั่งเรียนเดี่ยว จะมีอุปกรณ์ในการสอน เช่น กระดานไวท์บอร์ด โทรทัศน์คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ รวมทั้งในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่จัดโต๊ะให้นักเรียนเรียน

เป็นกลุ่ม ซึ่งสามารถนำมาช่วยในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้ และบรรยากาศในการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดอย่างมีวิจรรณญาณและการแก้ปัญหา ทำให้กระบวนการคิดของนักเรียนไม่เป็นระบบและแก้ปัญหาไม่ได้ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้ ผู้วิจัยจึงจะจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นกระบวนการคิดและการลงมือปฏิบัติให้แก่ นักเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 แผน ได้แก่

1.1) ไฟฟ้าเบื้องต้น (หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง)

1.2) ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน (Summer รีสอร์ท)

1.3) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (ไข่มุกเมโล)

2) แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้

3) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

4) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจรรณญาณ

5) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

6) แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจรรณญาณ

7) แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหา

แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ จะนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบจุดประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 1 ส่วนแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจรรณญาณ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจรรณญาณ และแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหา จะนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบจุดประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 2 โดยผู้วิจัยทำการสรุป ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์ของการวิจัยกับเครื่องมือ แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์ของการวิจัยกับเครื่องมือวิจัย

จุดประสงค์ของการวิจัย	เครื่องมือวิจัย
1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 แผน ได้แก่ 1.1 ไฟฟ้าเบื้องต้น (หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง) 1.2 ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน (Summer รีสอร์ท) 1.3 อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (ไข่มุกเมโล) 2. แบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้ 3. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 3. แบบสังเกตพฤติกรรมคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4. แบบสังเกตพฤติกรรมแก้ปัญหา

ทั้งนี้ การสร้างเครื่องมือ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้อย่างมีวิจารณญาณ แบบสังเกตพฤติกรรมแก้ปัญหา แบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1.1) ศึกษาทฤษฎี แนวคิด และหลักการจัดการเรียนรู้ เกี่ยวกับแนวการจัดการเรียนรู้แบบ ใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1.2) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ใน มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่สอดคล้องต่อการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1.3) กำหนดเนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 3 เรื่อง ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน ได้แก่ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน และอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

1.4) กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และวิชาคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาที่เลือกไว้

1.5) แบ่งเนื้อหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็น 3 เรื่อง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น จำนวน 1 แผน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน จำนวน 1 แผน และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จำนวน 1 แผน

แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ นำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ Lou, et al. (2011, p.199) ทั้งหมด 6 ขั้น มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียน และใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน เพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียนร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุดองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแผนในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวางแผนการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรวจ เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรวจหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเอง เพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้ นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

ชั้นที่ 6 ชั้นประเมิน เป็นชั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมินแบบจำลองแล้วพบว่า แบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง พร้อมกับอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้

1.6) เลือกสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นวิเคราะห์เนื้อหาเทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทั้ง 3 แผน มีรายละเอียดของการบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ดังแสดงในตาราง 5



ตาราง 5 แสดงการบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็น
 ฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	ปัญหา	องค์ประกอบของ STEM	จำนวนชั่วโมง
ไฟฟ้าเบื้องต้น	การนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า	ต้องออกแบบกังหันผลิตไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติได้ เพื่อให้ผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด	S : การนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ ในการผลิตไฟฟ้า T : การสืบค้น รวบรวมข้อมูลและ การเลือกวัสดุ E : กระบวนการออกแบบ M : สถิติในการนำเสนอข้อมูล	4
ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	รูปแบบวงจรไฟฟ้าและ อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า	ต้องออกแบบโมเดลจำลองรีเลย์ที่มีระบบไฟฟ้า	S : รูปแบบวงจรไฟฟ้าและ อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า T : การเลือกวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ อย่างปลอดภัย E : กระบวนการออกแบบ M : จำนวนและการแก้ปัญหา	4

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	ปัญหา	องค์ประกอบของ STEM	จำนวนชั่วโมง
อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	การทำงานของผู้มีส่วน อิเล็กทรอนิกส์ในวงจรไฟฟ้า	ต้องออกแบบกล่องเก็บไข่มุกแม่เหล็ก ที่ติดตั้งสัญญาณกันขโมย	S : การทำงานของผู้มีส่วน อิเล็กทรอนิกส์ในวงจรไฟฟ้า T : การสืบค้น และการตัดสินใจ เลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง E : กระบวนการออกแบบ M : ปริมาตรของปริซึม	4



1.7) นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์/วิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์) และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน จำนวน 1 ท่าน (ครูประจำการ)

เพื่อพิจารณาและประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 14 รายการ ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน และเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน
 2) ความสอดคล้องของแนวคิดสำคัญกับมาตรฐานการเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้
 3) จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม สามารถพัฒนาผู้เรียนด้านความรู้ กระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

4) ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมเหมาะสม

5) กิจกรรมการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนเหมาะสม และเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

6) กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้จริง

7) กิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนาผู้เรียนด้านความรู้ กระบวนการเรียนรู้และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ได้

8) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริม พัฒนา ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นไปตามลักษณะการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

9) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงเป็นไปตามลักษณะการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

10) วัสดุ อุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลายและเหมาะสม

11) สื่อการเรียนรู้สอดคล้อง เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้

12) นักเรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้

13) การกำหนดชิ้นงาน/ใบกิจกรรม มีความเหมาะสม

14) การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

โดยผู้วิจัยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ (Rating Scale) ซึ่งผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแบบของ Likert ให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นในแบบประเมิน มีเกณฑ์การให้คะแนนความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

3	หมายถึง	มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/เหมาะสม ระดับมาก
2	หมายถึง	มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/เหมาะสม ระดับพอใช้
1	หมายถึง	มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/เหมาะสม ระดับปรับปรุง

หลังจากนั้นนำผลการประเมินความเหมาะสมของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มา คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละรายการ แล้วนำไปเทียบเกณฑ์การแปล ความหมาย ซึ่งผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแบบของ รัตนะ บัวสนธ์ (2556) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 2.35-3.00 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 1.68-2.34 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.67 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

เกณฑ์การตัดสินผลการประเมิน คือ ใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 2.10 และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม โดยผลการประเมินความ เหมาะสมของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.61 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.12 ซึ่งถือว่า แผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้ โดยผลการประเมินความ เหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แสดงในภาคผนวก ข

1.8) ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นต่อไปนี้

1) การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้แสดงตัวชี้วัดหรือผลการเรียนรู้อย่างเฉพาะที่ นำมาใช้จริงเท่านั้น และต้องแน่ใจว่าตัวชี้วัดหรือผลการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในการบูรณาการแต่ละ สาขาวิชาของ STEM มีความเกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2) การจัดกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ ในส่วนของการวางแผนและการวางแผน ฉกฉวน นักเรียนอาจเกิดความสับสน ควรปรับกิจกรรมในขั้นของการวางแผน ให้นักเรียนทดสอบ แบบจำลองก่อน เพราะถ้านักเรียนไม่ได้มีโอกาสทดสอบแบบจำลองก่อน นักเรียนจะมองข้อผิดพลาด จากการวางแผนแรกไม่ออก ส่งผลให้ไม่สามารถคิดได้ว่าในแผนฉกฉวนจะออกแบบอย่างไร เพื่อ ปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

3) การวัดและการประเมินผล เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เป็นสถานการณ์ชุดเดียวกัน เพราะฉะนั้น ข้อคำถามแต่ละข้อที่ใช้ในแบบทดสอบต้องสามารถวัดความสามารถของแต่ละอันได้ครบทุกประเด็น

1.9) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ดำเนินการจัดการเรียนรู้กับ นักเรียนต่อไป ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แสดงในภาคผนวก

2) แบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้ เป็นแบบสังเกตที่ใช้ในการสะท้อนผลการจัดการ เรียนรู้ของแต่ละวงจร เพื่อนำผลการสังเกตมาอธิบายถึงวิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เหมาะสมต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหา ผู้ให้ข้อมูลหรือผู้สังเกต คือ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน และตัวผู้วิจัยเอง โดยบันทึกผลการ สังเกตแบบเขียนอิสระ ขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.1) ศึกษาทฤษฎี หลักการ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรม การจัดการเรียนรู้

2.2) กำหนดประเด็นของแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สถานการณ์ ปัญหาช่วยส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร กิจกรรมในแต่ละชั้นช่วยส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร และครูทำการประเมินความสามารถ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ตรงตามความต้องการหรือไม่ อย่างไร

2.3) สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนด ในชั้น 2.2

2.4) นำแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์/วิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์) และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนจำนวน 1 ท่าน (ครู ประจำการ) เพื่อตรวจสอบและพิจารณาลงความเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของภาษา และความ เหมาะสมของรูปแบบการประเมิน

2.5) นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขตามประเด็นดังต่อไปนี้

- 1) ปรับแก้ความเหมาะสมของข้อความ
- 2) ปรับแก้ความเหมาะสมของรูปแบบและลำดับในการสะท้อน เพื่อความสะดวกของ

ผู้สังเกต

2.6) นำแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการ สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

3) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยให้นักเรียนบันทึกแบบเขียนอิสระ เพื่อให้ได้ รายละเอียดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้และความต้องการเพิ่มเติมของนักเรียน โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังต่อไปนี้

3.1) ศึกษาทฤษฎี หลักการ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบถาม

3.2) กำหนดระยะเวลาในบันทึกแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ คือ หลังจากจบแผนการ จัดการเรียนรู้แต่ละแผน พร้อมทั้งกำหนดประเด็นของข้อความ ดังต่อไปนี้

3.2.1) ความเหมาะสมของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการจัด กิจกรรมและรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้

3.2.2) พฤติกรรมของครูผู้สอน เช่น การดำเนินการสอนหรือการจัดกิจกรรม และการสรุปองค์ความรู้

3.3) สร้างแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

3.4) นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์/วิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์) และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนจำนวน 1 ท่าน (ครูประจำการ) เพื่อตรวจพิจารณาและให้ข้อคิดเห็นประเด็นด้านความเหมาะสมของข้อความ และความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน

3.5) นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ ปรับปรุงแก้ไขตามประเด็นดังต่อไปนี้

- 1) ปรับแก้ความเหมาะสมของข้อความ
- 2) ปรับแก้ความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน

3.6) นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

4) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 3 ชุด จำนวนชุดละ 5 ข้อ โดยสร้างตามกรอบแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Watson & Glaser (1980 อ้างถึงในชอบกิจ กนกหงส์, 2547) เพื่อทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน 5 ด้าน คือ ด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ และด้านการประเมินข้อโต้แย้ง โดยแบบทดสอบแต่ละชุดจะใช้ทดสอบนักเรียนหลังจากที่สิ้นสุดแต่ละวงจร เพื่อประเมินผลว่า นักเรียนมีการพัฒนาทางด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณหรือไม่ มีขั้นตอนการดำเนินการสร้าง ดังนี้

4.1) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เทคนิคการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การวัดและประเมินผล และหลักการตรวจให้คะแนน

4.2) วิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อสร้างสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหาและสถานการณ์ปัจจุบัน

4.3) สร้างแบบทดสอบและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน การให้คะแนนมี 2 ระดับ ดังนี้ เลือกคำตอบที่ถูกต้องได้ 1 คะแนน และเลือกคำตอบที่ไม่ถูกต้องได้ 0 คะแนน ซึ่งแบ่งตามระดับคุณภาพ ได้ดังนี้

ได้คะแนน 4 – 5 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดี
ได้คะแนน 2 – 3 คะแนน	ระดับคุณภาพ	พอใช้
ได้คะแนน 0 – 1 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ปรับปรุง

4.4) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์/วิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์) และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนจำนวน 1 ท่าน (ครูประจำการ) แล้วนำข้อสอบไปหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป เมื่อผ่านการตรวจสอบคุณภาพพบว่า มีข้อสอบที่สามารถนำไปใช้ได้จำนวน 15 ข้อ แสดงในภาคผนวก

4.5) นำแบบทดสอบจำนวน 15 ข้อ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนวัดแก้ว เพื่อหาค่าความยาก (p) ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่า 0.2 ขึ้นไป เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเป็นรายข้อ พบว่าข้อสอบมีค่าความยากและอำนาจจำแนกที่สามารถนำไปใช้ได้ มีจำนวน 15 ข้อ แสดงในภาคผนวก

4.6) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สมบูรณ์ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

5) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบประกอบด้วย 3 สถานการณ์ ตามจำนวนวงจรปฏิบัติการ ในแต่ละสถานการณ์จะมีข้อคำถาม 5 ข้อ เพื่อให้นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทั้ง 5 พฤติกรรม ได้แก่ การระบุปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา การตรวจสอบผลลัพธ์ และการนำไปประยุกต์ใช้ ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

5.1) ศึกษาพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการแก้ปัญหา

5.2) ศึกษาความหมายและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาจากทฤษฎีและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

5.3) สร้างแบบทดสอบและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยการให้คะแนนมี 3 ระดับ ดังนี้ เขียนตอบได้ครบถ้วน 2 คะแนน เขียนตอบได้บางส่วน 1 คะแนน และไม่สามารถเขียนตอบได้หรือเขียนตอบไม่ถูกต้อง 0 คะแนน ซึ่งแบ่งตามระดับคุณภาพ ได้ดังนี้

ได้คะแนน 7 – 10 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดี
ได้คะแนน 4 – 6 คะแนน	ระดับคุณภาพ	พอใช้

ได้คะแนน 0 – 3 คะแนน ระดับคุณภาพ ปรับปรุง
เกณฑ์การให้คะแนนของตัวบ่งชี้ต่าง ๆ ของความสามารถในการแก้ปัญหา แสดงดัง ตาราง 6



ตาราง 5 แสดงเกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	
การระบุปัญหา คือ การบอกปัญหาที่สำคัญที่สุดในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	ระดับ 2 คะแนน	สามารถระบุปัญหาได้ และแสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา
	ระดับ 1 คะแนน	สามารถระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา
	ระดับ 0 คะแนน	สามารถระบุปัญหาได้ แต่ปัญหานั้นไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ หรือไม่ตอบคำถาม
การวิเคราะห์ปัญหา คือ การบอกสาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์	ระดับ 2 คะแนน	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ได้อย่างครบถ้วน
	ระดับ 1 คะแนน	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน
	ระดับ 0 คะแนน	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ แต่ไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ หรือไม่ตอบคำถาม
การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา คือ การวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหาหรือข้อเท็จจริง หรือข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้	ระดับ 2 คะแนน	สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
	ระดับ 1 คะแนน	สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ได้ โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและ

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	
		อิเล็กทรอนิกส์ ได้เพียง 1 วิธีการ
	ระดับ 0 คะแนน	ไม่สามารถระบุวิธีการ แก้ปัญหาที่สอดคล้องกับ สาเหตุที่ระบุไว้ได้ โดยไม่ได้ใช้ ความรู้เรื่องไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่ตอบ คำถาม
การตรวจสอบผลลัพธ์ คือ การอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้น จากการกำหนดวิธีการเพื่อ	ระดับ 2 คะแนน	สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหา ที่เหมาะสมได้ และสามารถให้ เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้
แก้ปัญหาที่สอดคล้องกับ สาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ หรือไม่ และผลที่ได้จะเป็น อย่างไร	ระดับ 1 คะแนน	สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหา ที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการ เลือก
	ระดับ 0 คะแนน	ไม่สามารถเลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และ ไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุน การเลือกได้ หรือเลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับ สาเหตุของปัญหา หรือไม่ ตอบคำถาม
การนำไปประยุกต์ใช้ คือ การ นำวิธีการที่ถูกต้องไปใช้ใน โอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับ	ระดับ 2 คะแนน	สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้น ได้ครบถ้วนและสอดคล้องกับ วิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้
เหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับ ปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้ว	ระดับ 1 คะแนน	สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้น ได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดย สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหา ที่กำหนดไว้

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	
	ระดับ 0 คะแนน	สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ หรือไม่ได้ตอบคำถาม

5.4) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของสถานการณ์ ความเหมาะสมของข้อคำถาม และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน และครูประจำการที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้อง (Index of consistency: IOC) ระหว่างข้อคำถามและจุดประสงค์ตามตัวบ่งชี้ของความสามารถในการแก้ปัญหา มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

- +1 หมายถึง มีความเห็นด้วยว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องสัมพันธ์กับตัวบ่งชี้
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องสัมพันธ์กับตัวบ่งชี้
- 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องสัมพันธ์กับตัวบ่งชี้

การหาประสิทธิภาพ ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จากการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่าแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 แสดงถึงว่าทุกข้อคำถามมีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ทุกข้อ แสดงในภาคผนวก

5.5) นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านไปปรับปรุง และแก้ไข แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ให้มีความเหมาะสม

5.6) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดสุพรรณบุรี

6) แบบสังเกตพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เป็นแบบสังเกตพฤติกรรมที่ใช้สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมและการทำแบบฝึกหัดของนักเรียนระหว่างจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบสังเกตพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณจะประกอบไปด้วยพฤติกรรมที่สังเกตได้ 5 พฤติกรรม ได้แก่ พฤติกรรมการสรุปอ้างอิง พฤติกรรมการระบุข้อตกลงเบื้องต้น พฤติกรรมการนิรนัย พฤติกรรมการตีความ และพฤติกรรมการประเมินข้อโต้แย้ง ผู้วิจัยสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

- 6.1) ศึกษาพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 6.2) ศึกษาความหมายและวิธีการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรม จากทฤษฎีและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 6.3) สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยการให้คะแนนมี 3 ระดับ ดังนี้ แสดงพฤติกรรมได้ครบถ้วน 3 คะแนน แสดงพฤติกรรมได้บางส่วน 2 คะแนน และไม่แสดงพฤติกรรมหรือแสดงพฤติกรรมไม่ถูกต้อง 1 คะแนน เกณฑ์การให้คะแนนของพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แสดงดัง ตาราง 7

ตาราง 6 แสดงเกณฑ์พฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

พฤติกรรมที่แสดงออก	เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	
การสรุปอ้างอิง คือ การแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวตามข้อมูลที่ปรากฏในข้อความหรือสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งความคิดเห็นนั้นอาจจะเป็นความจริงหรือบอกได้ว่าไม่เป็นความจริง ในกรณีข้อมูลที่ยังไม่เพียงพอ หรือการลงสรุปข้อมูลต่าง ๆ ที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้	ระดับ 3 คะแนน	สามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราว ครอบคลุมตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้
	ระดับ 2 คะแนน	สามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวได้ แต่ไม่ครอบคลุมตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้
	ระดับ 1 คะแนน	ไม่สามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ได้
การระบุข้อตกลงเบื้องต้น คือ การพิจารณาและตัดสินข้อมูลที่สมมติขึ้นหรือคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ในแต่ละข้อว่าเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมด	ระดับ 3 คะแนน	สามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ทั้งหมดว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์
	ระดับ 2 คะแนน	สามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้เป็นบางส่วนว่า

พฤติกรรมที่แสดงออก	เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
	<p>อะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์</p> <hr/> <p>ระดับ 1 คะแนน</p> <p>ไม่สามารถพิจารณาและตัดสินใจตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์</p>
<p>การนิรนัย คือ การคิด พิจารณา ข้อความเกี่ยวกับเหตุและผลของข้อความหลักที่มีอยู่ก่อน โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุและอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุทั้งหมด เพื่อสรุปเป็นผลของข้อความนั้น</p>	<p>ระดับ 3 คะแนน</p> <p>สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุและอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุทั้งหมด เพื่อสรุปเป็นผลของสถานการณ์นั้น</p> <hr/> <p>ระดับ 2 คะแนน</p> <p>สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุ มาสรุปเป็นผลของสถานการณ์ได้</p> <hr/> <p>ระดับ 1 คะแนน</p> <p>ไม่สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้</p>
<p>การตีความ คือ การคิดพิจารณา ข้อความย่อยว่าเป็นความจริงตามข้อความที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้อย่างมีเหตุผลเพียงพอ</p>	<p>ระดับ 3 คะแนน</p> <p>สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อยได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้อย่างมีเหตุผลเพียงพอ</p> <hr/> <p>ระดับ 2 คะแนน</p> <p>สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อยได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่</p>

พฤติกรรมที่แสดงออก	เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	
		โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้
	ระดับ 1 คะแนน	ไม่สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่
การประเมินข้อโต้แย้ง คือ การตีคุณค่า การประเมินคำตอบ การประเมินข้อสรุปของข้อความและการตัดสินความถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนด	ระดับ 3 คะแนน	สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ และตัดสินความถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้
	ระดับ 2 คะแนน	สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ แต่ไม่ได้ตัดสินความถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้
	ระดับ 1 คะแนน	ไม่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้

6.4) นำแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์/วิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์) และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนจำนวน 1 ท่าน (ครูประจำการ) เพื่อตรวจสอบและพิจารณาลงความเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของภาษา และความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน

6.5) นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขตามประเด็นดังต่อไปนี้

1) ปรับแก้ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละพฤติกรรม

6.6) นำแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับการสะท้อนผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน

7) แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เป็นแบบสังเกตพฤติกรรมที่ใช้สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมและการทำแบบฝึกหัดของนักเรียนระหว่างจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาจะประกอบไปด้วยพฤติกรรมที่สังเกตได้ 5 พฤติกรรม ได้แก่ พฤติกรรมการระบุปัญหา พฤติกรรมการวิเคราะห์ปัญหา พฤติกรรมการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา พฤติกรรมการตรวจสอบผลลัพธ์ และพฤติกรรมนำไปประยุกต์ใช้ ผู้วิจัย สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

7.1) ศึกษาพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการแก้ปัญหา

7.2) ศึกษาความหมายและวิธีการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรม จากทฤษฎีและเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

7.3) สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยการให้คะแนนมี 3 ระดับ ดังนี้ แสดงพฤติกรรมได้ครบถ้วน 3 คะแนน แสดงพฤติกรรมได้บางส่วน 2 คะแนน และไม่แสดงพฤติกรรมหรือแสดงพฤติกรรมไม่ถูกต้อง 1 คะแนน เกณฑ์การให้คะแนนของพฤติกรรมการแก้ปัญหา แสดงดัง ตาราง 8

ตาราง 7 แสดงเกณฑ์พฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหา

พฤติกรรมที่แสดงออก	เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรมแก้ปัญหา	
การระบุปัญหา คือ การบอกปัญหาที่สำคัญที่สุดในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	ระดับ 3 คะแนน	สามารถระบุปัญหาได้ และแสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา
	ระดับ 2 คะแนน	สามารถระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา
	ระดับ 1 คะแนน	สามารถระบุปัญหาได้ แต่ปัญหานั้นไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ หรือไม่ตอบคำถาม
การวิเคราะห์ปัญหา คือ การบอกสาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์	ระดับ 3 คะแนน	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ได้อย่างครบถ้วน
	ระดับ 2 คะแนน	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน
	ระดับ 1 คะแนน	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ แต่ไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ หรือไม่ตอบคำถาม
การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา คือ การวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหาหรือข้อเท็จจริง หรือข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้	ระดับ 3 คะแนน	สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
	ระดับ 2 คะแนน	สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ได้ โดยใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้เพียง 1 วิธีการ

พฤติกรรมที่แสดงออก	เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรมแก้ปัญหา	
	ระดับ 1 คะแนน	ไม่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ได้ โดยไม่ได้ใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่ตอบคำถาม
การตรวจสอบผลลัพธ์ คือ การอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา นั้นสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ และผลที่ได้จะเป็นอย่างไร	ระดับ 3 คะแนน	สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้
	ระดับ 2 คะแนน	สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือก
	ระดับ 1 คะแนน	ไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ หรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหา หรือไม่ได้ตอบคำถาม
การนำไปประยุกต์ใช้ คือ การนำวิธีการที่ถูกต้องไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้ว	ระดับ 3 คะแนน	สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ครบถ้วนและสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้
	ระดับ 2 คะแนน	สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้
	ระดับ 1 คะแนน	สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ หรือไม่ได้ตอบคำถาม

7.4) นำแบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์/วิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์) และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนจำนวน 1 ท่าน (ครูประจำการ) เพื่อตรวจสอบและพิจารณาลงความเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของภาษา และความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน

7.5) นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขตามประเด็นดังต่อไปนี้

1) ปรับแก้ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละพฤติกรรม

7.6) นำแบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการสะท้อนผลการแก้ปัญหาของนักเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลตามระเบียบวิธีวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ระหว่างจัดการเรียนรู้ และหลังจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งหมด 3 วงจร ดังนี้

ก่อนเข้าสู่วงจรที่ 1 ผู้วิจัยพบปัญหาในชั้นเรียนว่า นักเรียนขาดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ผู้วิจัยจึงเริ่มศึกษาว่ามีวิธีการจัดการเรียนรู้ใดบ้างที่สามารถส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ ซึ่งผู้วิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีแนวโน้มที่จะช่วยส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้

วงจรที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น (หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง)

ขั้นที่ 1 วางแผน

ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทั้ง 3 เรื่อง ได้แก่ ไฟฟ้าเบื้องต้น (หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง) ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน (Summer รีสอร์ท) และอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (ไข่มุกเมโล) ตามขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่กล่าวไว้ข้างต้น อีกทั้งสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมทั้ง 6 เครื่องมือ ได้แก่ 1) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 3) แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน 4) แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน 5) แบบสังเกต

พฤติกรรมจัดการเรียนรู้ และ 6) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ ที่กล่าวไว้ข้างต้น และจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับบันทึกผลการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น (หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง) ตามที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 1 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อทำการจัดการเรียนรู้จบตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว จะทดสอบนักเรียนโดยการใช้แบบทดสอบ วัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแบบทดสอบวัดความสามารถในการ โดยระหว่างที่ ดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยจะทำการบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ สังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญไม่สามารถมา สังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนได้

ขั้นที่ 3 สังเกต

ในระหว่างจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาของนักเรียนในการสังเกตการแสดงผลของนักเรียน นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญจะเข้าร่วม สังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและทำการสะท้อนผลลงในแบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้ ส่วนผู้วิจัยจะสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของตนเองลงในแบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้ด้วย เช่นกัน ในขณะที่นักเรียนทุกคนจะสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 สะท้อนผล

ผู้วิจัยวิเคราะห์และประเมินสิ่งที่ได้จากการปฏิบัติทั้งหมดทั้งจุดเด่น สิ่งปฏิบัติแล้วได้ผล สิ่ง ที่ปฏิบัติแล้วไม่ได้ผล จากแบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ สำหรับนักเรียน เพื่อหาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมและนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการ เรียนรู้ในวงจรที่ 2 และนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ส่วนผลการทดสอบวัด ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และแบบ สังเกตพฤติกรรมในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียน จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อ สะท้อนถึงการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนใน วงจรที่ 1 นี้ และตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

วงจรที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็ม ศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน (Summer รีสอร์ท)

ขั้นที่ 1 วางแผน

ผู้วิจัยปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน (Summer รีสอร์ท) ตามผลการสะท้อนในวงจรที่ 1 และจัดเตรียมเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้ง 6 เครื่องมือ เช่นเดียวกับขั้นวางแผนของวงจรที่ 1

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ และขั้นที่ 3 สังเกต

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน (Summer รีสอร์ท) และเก็บรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับขั้นปฏิบัติและสังเกตในวงจรที่ 1

ขั้นที่ 4 สะท้อนผล

ผู้วิจัยวิเคราะห์การพัฒนาศาสมารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเช่นเดียวกับขั้นสะท้อนผลของวงจรที่ 1 และนำผลการวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมไปใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3

วงจรที่ 3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (ไข่มุกเมโล)

ขั้นที่ 1 วางแผน

ผู้วิจัยปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (ไข่มุกเมโล) ตามผลการสะท้อนในวงจรที่ 2 และจัดเตรียมเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้ง 6 เครื่องมือ เช่นเดียวกับขั้นวางแผนของวงจรที่ 1

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ และขั้นที่ 3 สังเกต

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (ไข่มุกเมโล) และเก็บรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับขั้นปฏิบัติและสังเกตในวงจรที่ 1

ขั้นที่ 4 สะท้อนผล

ผู้วิจัยวิเคราะห์การพัฒนาศาสมารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเช่นเดียวกับขั้นสะท้อนผลของวงจรที่ 1 และทำการสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมต่อการพัฒนาศาสมารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหา

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ตามจุดประสงค์การวิจัย ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยจะวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 2 เครื่องมือ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ที่มีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

6.1.1 เริ่มอ่านเนื้อหาจากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

6.1.2 จัดกลุ่มข้อความจากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทั้ง 6 ขั้นตอน และวิเคราะห์แยกข้อความในแต่ละขั้นออกเป็นข้อดีและข้อควรปรับปรุง จากนั้น จับประเด็นสำคัญของประโยค พร้อมใส่รหัสข้อมูลโดยใช้วลีสั้น ๆ เช่น การควบคุมชั้นเรียน สื่อและอุปกรณ์ และ ลักษณะกิจกรรม เป็นต้น เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะของข้อความนั้น ๆ

6.1.3 จัดกลุ่มข้อมูลที่มีรหัสเดียวกันเข้าด้วยกัน โดยใส่แหล่งที่มาของข้อมูลว่ามาจากเครื่องมือใด พร้อมกับบ่งวันที่ เวลา และสถานที่ ประกอบข้อมูลนั้น ๆ

6.1.4 ทำการลงข้อสรุปเพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจร และเมื่อวงจรปฏิบัติการทั้งหมดสิ้นสุดลงโดยเขียนเป็นความเรียงและทำตารางสรุป

6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากผู้เรียน โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามชนิดของเครื่องมือในการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

6.2.1 ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการ มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

- 1) ผู้วิจัยทำการตรวจคำตอบในแต่ละข้อตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ได้กำหนดไว้

6.2.2 ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการ มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) ผู้วิจัยทำการตรวจคำตอบและวิธีคิดของนักเรียนในแต่ละข้อตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ได้กำหนดไว้

2) ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาในการจัดกลุ่มคำตอบและวิธีคิดที่หลากหลายของนักเรียนออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ดี พอใช้ และปรับปรุง ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในแต่ละสถานการณ์ในแบบทดสอบ โดยนับจำนวนนักเรียนและเปรียบเทียบค่าเป็นร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ พร้อมทั้งยกตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแต่ละการประเมิน

6.2.3 ข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการ มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) ผู้วิจัยทำการสังเกตและวิเคราะห์ตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ได้กำหนดไว้

6.2.4 ข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมในการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการ มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) ผู้วิจัยทำการสังเกตและวิเคราะห์ตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ได้กำหนดไว้

ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยยืนยันความน่าเชื่อถือ (Credibility) ของงานวิจัย โดยใช้การตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) ทั้ง 2 ด้าน คือ การตรวจสอบแบบสามเส้าด้านเครื่องมือวิจัย (Method Triangulation) และการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Source Triangulation) รวมทั้งใช้การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ ตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

7.1 การตรวจสอบแบบสามเส้าด้านเครื่องมือวิจัย (Method Triangulation) จะเห็นว่าผู้วิจัยใช้เครื่องมือ จำนวน 2 เครื่องมือ ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมจัดการการเรียนรู้และแบบสะท้อนผลการเรียนรู้ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 และดูผลสรุปว่าจะไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้เครื่องมือจำนวน 4 เครื่องมือ ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน และแบบสังเกตพฤติกรรมในการแก้ปัญหาของนักเรียน ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัย ข้อที่ 2 และดูผลสรุปว่าจะไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

7.2 การตรวจสอบแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Source Triangulation) จะเห็นว่าผู้วิจัยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้กับผู้ให้ข้อมูล 2 แหล่ง ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัย และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียน เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 และดูผลสรุปว่าจะไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

7.3 การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยนำข้อมูลพร้อมผลการวิเคราะห์ให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยตรวจสอบว่ากระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดำเนินไปอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการหรือไม่



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลมาวิเคราะห์และเสนอผลการวิเคราะห์ โดยจำแนกออกเป็น 2 ตอน ตามจุดประสงค์การวิจัย ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัยศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิจัยตามลำดับการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 วงจร ได้แก่ วงจรที่ 1 ไฟฟ้าเบื้องต้น วงจรที่ 2 ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน และวงจรที่ 3 เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยแต่ละวงจรจะประกอบด้วย การเตรียมการจัดการเรียนรู้ การดำเนินการจัดการเรียนรู้ และการสรุปผลการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

1.1 การเตรียมการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยทำการศึกษาขอบเขตเนื้อหาเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และอ่านรายละเอียดของเนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อีกทั้งผู้วิจัยค้นคว้าสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและเลือกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ใน 3 หัวข้อ ได้แก่ ไฟฟ้าเบื้องต้น ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน และอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขอบเขตเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่

ผู้วิจัยเลือก พร้อมเชื่อมโยงกระบวนการทางวิศวกรรมเข้ากับสถานการณ์ เมื่อผู้วิจัยศึกษาเนื้อหาและสถานการณ์เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และทบทวนเนื้อหาความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน และอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามที่ได้ศึกษามา พร้อมทั้งส่งแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของสถานการณ์ ความเหมาะสมของข้อความ และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ มีจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระคณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน และครูประจำการที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ม.3 จำนวน 1 ท่าน หลังจากนั้น ผู้วิจัยนำเครื่องมือมาปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสังเกตพฤติกรรม การจัดการเรียนรู้และสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรม การจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ตามที่ได้ศึกษา หลังจากนั้น ผู้วิจัยส่งเครื่องมือทั้งหมดให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ และปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยกำหนดเวลาเก็บข้อมูลในวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2565 รวมทั้งหมด 4 ชั่วโมง โดยก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แบบสังเกตพฤติกรรม การจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 ชุด แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 13 ชุด แบบสังเกตพฤติกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณจำนวน 13 ชุด และแบบสังเกตพฤติกรรม การแก้ปัญหาของนักเรียน จำนวน 13 ชุด พร้อมทั้งจัดเตรียมกล้องวิดีโอสำหรับบันทึกพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ อีกทั้งจัดเตรียมสื่อและอุปกรณ์การจัดการเรียนรู้ ได้แก่ Power Point ประกอบการสอนเรื่อง หมูบ้านน้อย บนดอยแห่งหนึ่ง ฝาขวดน้ำพลาสติก ข้อนพลาสติก ฟิวเจอร์บอร์ด ไม้เสียบลูกชิ้น ไม้ไอติม เจเนอเรเตอร์ขนาดเล็ก ชุดถ่านน้ำสำเร็จรูป พัดลมตั้งโต๊ะ มัลติมิเตอร์ ปืนกาว กรรไกร คัตเตอร์ เทปกาว และไม้บรรทัด นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทดลองจัดการเรียนรู้และสร้างแบบจำลองกังหันผลิตไฟฟ้าด้วยตนเอง เพื่อจะได้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในขณะดำเนินกิจกรรมและปรับปรุงแก้ไขได้ทันก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้

1.2 การดำเนินการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2565 ตามที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจกับปัญหา และทำการระบุปัญหาร่วมกัน โดยต้องบอกว่าปัญหาคืออะไร มีข้อจำกัดและเงื่อนไขในการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง

ในขณะที่จัดการเรียนรู้ผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพลังงานธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้า (<https://www.youtube.com/watch?v=sfiSNjE7AUY>) จากนั้นจะให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้า แล้วผู้วิจัยค่อยแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน แล้วแสดงสถานการณ์ ดังนี้

“หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง”

ไปท์ หมู่บ้านน้อยชาวคอยวัย 22 ปี เข้ามาเรียนในเมืองหลวง เขาตั้งใจศึกษาเล่าเรียนเกี่ยวกับสาขาพัฒนาสังคมจนจบ เพื่อที่จะไปพัฒนาบ้านเกิดของตนเอง บ้านเกิดของเขายู่บนดอยแห่งหนึ่ง ซึ่งห่างไกลจากตัวเมืองมาก ความเจริญเข้าไม่ถึง ไม่มีไฟฟ้าใช้ ทำให้ใช้ชีวิตค่อนข้างยากลำบาก เพราะไม่มีเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อการอำนวยความสะดวกในชีวิต ยามค่ำคืนจะมีเพียงแสงจันทร์ แสงดาว และตะเกียงดวงน้อย ๆ ของชาวบ้านแต่ละหลังเท่านั้น ถึงอย่างไรก็ตาม ดอยแห่งนี้ก็ถูกโอบล้อมไว้ด้วยความสวยงามของธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นภูเขาที่เขียวขจี น้ำตกเล็ก ๆ ที่น้ำไหลแรงตลอดทั้งปีอยู่ด้านบนของหุบเขา แล้วยังมีลมพัดแรงอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี รวมถึงมีการปลูกพืชพรรณธรรมชาติอย่างหลากหลาย เช่น ชา กาแฟ สตอร์เบอร์รี่ กะหล่ำปลี เป็นต้น

เมื่อนักเรียนอ่านสถานการณ์เสร็จ ผู้วิจัยจะใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนว่า “จากสถานการณ์ หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นของสถานการณ์นี้ คืออะไร” จากนั้นจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุนสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ และผู้วิจัยถามนักเรียนว่า จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนสรุปว่าสถานการณ์นี้ต้องการแก้ไขปัญหาคืออะไรและมีวิธีแก้ปัญหามาอย่างไร โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้

ผลสะท้อนจากผู้เชี่ยวชาญพบข้อบกพร่องเกี่ยวกับพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยว่า ผู้วิจัยจัดโต๊ะเรียนเป็นกลุ่มไว้ในห้องเรียนแล้ว แต่ยังไม่ได้แบ่งเด็กนักเรียนออกเป็นกลุ่มนักเรียนทุกคนจึงนั่งตามความสมัครใจของตนเอง พร้อมกับรู้สึกตื้นตันว่าตนเองจะได้อยู่กับใคร อยู่กับใคร ทำให้มีการคุยกันเพื่อจะจับกลุ่มกันเอง โดยที่ไม่ได้สนใจดูคลิปวิดีโอการนำเข้าสู่บทเรียนของครู เลยส่งผลให้ไม่สามารถตอบคำถามที่ครูถามได้ จึงต้องมีการเปิดคลิปวิดีโอให้นักเรียนดูอีกครั้ง

...คลิปวิดีโอน่าสนใจดี แต่เด็กไม่สนใจดู ครูควรจัดกลุ่มเด็กให้เรียบร้อยก่อน ค่อยเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอน เด็กจะได้ไม่ต้องกังวล และจะได้ตั้งใจดูคลิปด้วย

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

จากแบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้ ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลว่า ตอนที่ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ผลิตไฟฟ้า นักเรียนค่อนข้างเงียบ แต่ดูเหมือนว่ามีความอยากอภิปรายกัน แต่กลัวว่าจะอภิปรายไม่ตรงประเด็น เพราะฉะนั้นครูควรยกตัวอย่างให้นักเรียนฟังสัก 1 ตัวอย่าง เพื่อให้นักเรียนพอเข้าใจและสามารถอภิปรายร่วมกันต่อไปได้

...นักเรียนมีความอยากอภิปราย แต่มองภาพไม่ออก ครูควรยกตัวอย่างให้ฟังก่อน จะได้อภิปรายกันได้

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบปัญหา ในระหว่างที่ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอปัญหาของสถานการณ์และแนวทางในการแก้ปัญหาให้เพื่อน ๆ ในห้องเรียนฟัง ผู้เชี่ยวชาญและผู้วิจัยเห็นพ้องต้องกันว่า ครูควรย้ำทวนคำตอบของแต่ละกลุ่มอีกครั้ง เนื่องจากตอนนำเสนอ นักเรียนบางกลุ่มอาจจะพูดเสียงไม่ดัง ฟังไม่ชัด ครูจึงจำเป็นต้องทวนคำตอบของนักเรียนอีกครั้ง ให้นักเรียนทั้งห้องได้ยิน พร้อมกับแนะนำว่า คำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ นักเรียนจะได้เข้าใจว่าคำตอบของแต่ละกลุ่มมีความเหมือนและความแตกต่างจากกลุ่มของตนเองอย่างไร เพื่อส่งผลต่อการทำกิจกรรมขั้นต่อไป

...ครูควรทวนคำตอบของแต่ละกลุ่มให้นักเรียนในห้องฟัง เพื่อที่จะได้ทำความเข้าใจไปพร้อม ๆ กัน

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

...ต้องย้ำคำตอบแต่ละกลุ่มอีกครั้ง เพื่อให้ทั้งห้องได้ยิน เนื่องจากผู้นำเสนอบางคนเสียงเบา ได้ยินไม่ทั่วห้อง

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

อีกทั้งพบปัญหาเกี่ยวกับการพูดสื่อสารลำดับขั้นตอนในการทำกิจกรรมของผู้วิจัย นักเรียนบางคนไม่ตั้งใจฟัง จึงไม่เข้าใจลำดับขั้นตอนในการทำกิจกรรม ผู้เชี่ยวชาญจึงสะท้อนผลว่า ครูควรชี้แจงลำดับขั้นตอนในการทำกิจกรรมมากกว่าการพูดสื่อสาร เพราะถ้านักเรียนไม่ตั้งใจฟัง นักเรียนจะไม่เข้าใจทันที เช่น การทำ Power Point แสดงลำดับขั้นตอนให้นักเรียนเห็นอย่างชัดเจน

ถึงแม้ว่านักเรียนอาจฟังไม่เข้าใจ แต่พอได้มาเห็น Power Point แสดงลำดับขั้นตอนในการทำกิจกรรม นักเรียนจะเข้าใจทันที

...ครูควรแสดงลำดับขั้นตอนในการทำกิจกรรมมากกว่าการพูดสื่อสาร เพื่อให้
นักเรียนเข้าใจชัดเจน เช่น ทำ Power Point

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

จุดแข็งของขั้นนี้ คือ สถานการณ์ปัญหา เรื่อง หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง นักเรียน
มีความสนใจ เพราะเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนไม่เคยเจอมาก่อน จึงเป็นตัวกระตุ้นอย่างดี ในการให้
นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม และอีกอย่าง ครูผู้สอนจะใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียน
ต้องคิดอยู่เสมอ ถึงแม้ว่าจะตอบถูกบ้าง ไม่ถูกบ้าง แต่ก็เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้เป็น
อย่างดี

...ครูใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนอยู่ตลอด ส่งผลให้นักเรียนต้องคิดและสามารถตอบ
คำถามได้

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

...สถานการณ์ที่นำมาให้นักเรียนวิเคราะห์ดี เพราะทำให้นักเรียนสนใจที่จะตอบ
คำถาม

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันระบุนิยามความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการ
การแก้ไขปัญหา ประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์
โดยสรุปองค์ความรู้ผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม

ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงหลักการ STEM ที่นำมาใช้ในการ
แก้ปัญหา จากนั้นผู้วิจัยจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันว่า ในการแก้ปัญหาไม่มีไฟฟ้าใช้ใน
หมู่บ้าน นักเรียนควรมีความรู้เกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้าง หลังจากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลตามหัวข้อ
ดังกล่าว แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ก่อนที่นักเรียนจะได้ออกแบบและวางแผนสร้างกังหัน
ผลิตไฟฟ้า ผู้วิจัยจะแสดงอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองให้นักเรียนทราบ และผู้วิจัยจะ
กำหนดว่านักเรียนแต่ละกลุ่มมีจำนวนเงินจำกัดสำหรับการซื้ออุปกรณ์สร้างกังหันผลิตไฟฟ้า ไม่
ว่าจะปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองกี่ครั้งก็ตาม จะมีเงินสำหรับใช้จ่ายแค่จำนวนนี้เท่านั้น และทุกกลุ่มต้อง

เขียนใบสั่งซื้อสินค้าตามจำนวนที่ต้องการและมาซื้อสินค้าที่ผู้วิจัย โดยผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขว่า กังหันผลิตไฟฟ้าของกลุ่มใดผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด จะได้คะแนนสูงสุดคือ 4 คะแนน กลุ่มที่เหลือคะแนนจะลดลงตามลำดับ จากนั้นก็แสดงเกณฑ์ในการประเมินกังหันผลิตไฟฟ้า เพื่อให้นักเรียนทราบว่าควรจะมีประดิษฐ์กังหันอย่างไรให้ได้คะแนนมากที่สุด

ผลการสะท้อนจากผู้เชี่ยวชาญพบข้อบกพร่องเกี่ยวกับการให้นักเรียนอภิปรายถึงหลักการ STEM ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา เนื่องจากนักเรียนเพิ่งได้เรียนรู้แบบบูรณาการเป็นครั้งแรก นักเรียนจึงยังไม่เข้าใจว่า STEM คืออะไร ครูผู้สอนควรชี้แจงให้นักเรียนทราบก่อนว่า STEM คือการเรียนรู้แบบนำแต่ละสาขาวิชาบูรณาการเข้าด้วยกัน โดย S ย่อมาจาก Science คือ องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ T ย่อมาจาก Technology คือ องค์ความรู้ทางเทคโนโลยี E ย่อมาจาก Engineering คือ กระบวนการแก้ปัญหาแบบวิศวกรรม และ M ย่อมาจาก Mathematics คือ องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่สามารถอธิบายทั้ง 4 องค์ความรู้ ได้อย่างชัดเจน เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น

...นักเรียนไม่รู้ว่า STEM คืออะไร ควรสอนให้รู้และยกตัวอย่างให้เข้าใจก่อน ไม่งั้นนักเรียนจะไม่สามารถทำกิจกรรมต่อไปได้

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

อีกทั้งยังพบว่า ในชั้นที่ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่า ในการแก้ปัญหาไม่มีไฟฟ้าใช้ นักเรียนควรมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้าง นักเรียนตอบคำถามตามแนวทางของ STEM ทุกกลุ่ม ซึ่งความหมายของคำถามนี้ ไม่ได้ต้องการให้ตอบคำถามตามแนวทางของ STEM ต้องการให้หาหัวข้อประเด็นความรู้หลัก ๆ ที่ต้องใช้ในการสร้างกังหัน เช่น หลักการผลิตไฟฟ้าของกังหัน รูปแบบของกังหัน และวัสดุที่ใช้ ส่งผลให้เห็นว่า การอธิบายคำถามของครูไม่มีความกระจ่างชัด ควรอธิบายให้ชัดเจนกว่านี้ พร้อมทั้งยกตัวอย่างให้นักเรียนฟังด้วย

...นักเรียนไม่เข้าใจในคำถาม ครูต้องอธิบายคำถามให้ชัด พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

ปัญหาอีกอย่างหนึ่ง คือ การกำหนดจำนวนเงินที่ใช้ในการซื้อของเพื่อนำไปสร้างแบบจำลอง ครูกำหนดจำนวนเงินที่จำกัดจนเกินไป จนลืมนึกไปว่านักเรียนต้องซื้ออุปกรณ์สำหรับแก้ไขในแผนสำรองและแผนสุดท้ายด้วย เงินที่ระบุให้แต่ละกลุ่มไม่สามารถใช้จ่ายซื้อของได้แค่แผน

แรกเท่านั้น ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนว่า ครูควรทดลองกำหนดจำนวนเงินที่สามารถใช้เพียงพอสำหรับ 3 แผนการ เสียก่อน แล้วจึงมากำหนดจำนวนเงินให้นักเรียน

...จำนวนเงินที่ครูระบุให้ไม่พอใช้ซื้อของ ครูควรทดลองใช้จ่ายเองก่อน ค่อยกำหนดให้นักเรียน

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

แต่อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้มีข้อดีคือ การระบุงค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่สามารถบอกได้ทั้งการบูรณาการความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ และหัวข้อที่จำเป็นสำหรับการสร้างกังหันผลิตไฟฟ้า โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมความคิดและอภิปรายคำตอบในชั้นเรียน ซึ่งช่วยส่งเสริมการคิดและการแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี เพราะนักเรียนได้ใช้ความรู้แบบบูรณาการอย่างหลากหลาย

...กิจกรรมในขั้นนี้ดี ช่วยให้นักเรียนสามารถระบุงค์ความรู้ที่จำเป็นในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลายได้

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

นอกจากนี้ วัสดุอุปกรณ์ที่ครูเตรียมมาไว้ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองมีหลากหลายชนิด ส่งผลให้นักเรียนตื่นตาตื่นใจกับการทำกิจกรรมมากขึ้น นักเรียนดูมีความสุข ซึ่งดูได้จากรอยยิ้มสีหน้า แววตาของนักเรียน ในขณะที่ครูนำวัสดุอุปกรณ์แต่ละชิ้นมาให้ให้นักเรียนดู

...นักเรียนดูมีความสุขและตื่นตาตื่นใจ เมื่อได้เห็นวัสดุอุปกรณ์ที่ครูเตรียมมาให้

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 3 การวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหา โดยต้องระบุงค์กรอบการทำงาน ปัญหาที่คาดว่าจะพบ และข้อจำกัดของการทำงานแบบจำลอง

ในขณะที่จัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกังหันผลิตไฟฟ้า เพื่อให้ผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด จากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ และให้แต่ละกลุ่มเลือกวิธีการสร้างกังหันที่ต้องการจากข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยคำนึงถึงทรัพยากรที่มีอยู่

จากนั้นผู้วิจัยจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบกังหันผลิตไฟฟ้าจากข้อมูลและแนวคิดที่ได้จากการวิเคราะห์ และให้นักเรียนวางแผนและลงมือสร้างกังหันตามที่ออกแบบไว้

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้สะท้อนให้เห็นว่า ในการทำงานของนักเรียน จะมีนักเรียนที่เก่งที่สุดในกลุ่มเป็นคนออกแบบและวางแผนอยู่คนเดียว ทำให้นักเรียนคนอื่นไม่ได้ช่วยคิดและทำงาน ครูควรหาวิธีการกระตุ้นให้สมาชิกในกลุ่มทุกคนช่วยคิดและวางแผนร่วมกัน

...นักเรียนที่เก่งวางแผนอยู่คนเดียว ทำให้สมาชิกในกลุ่มที่เหลือไม่ได้ช่วยกันทำงาน

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

อีกทั้งพบข้อบกพร่องเกี่ยวกับสื่อ กล่าวคือ ผู้วิจัยควรให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุหน้าที่ของตนเองให้ชัดเจนเพื่อช่วยให้ทุกคนสนใจกิจกรรมและช่วยกันระดมความคิดมากขึ้น เพราะขั้นตอนการวางแผนถือเป็นส่วนที่สำคัญ ดังนั้น หากนักเรียนทุกคนรู้หน้าที่ของตนเองก็จะช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการทำงานมากขึ้น

...นักเรียนไม่ช่วยกันคิดช่วยกันทำ ควรระบุหน้าที่ของแต่ละคนให้ชัดเจน

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

แต่ในการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้มีข้อดีที่น่าสนใจ คือ กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและลงมือวางแผนในการแก้ปัญหา ซึ่งการวางแผนจำเป็นต้องใช้องค์ความรู้หลายอย่างเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด ดังนั้น ถ้านักเรียนทุกคนช่วยกันคิดและวางแผนโดยอาศัยองค์ความรู้ของ STEM ที่ได้เรียนมา จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการคิดและแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี

...กิจกรรมช่วยส่งเสริมทักษะการคิดและการแก้ปัญหาได้ เพราะนักเรียนได้มีการร่วมกันคิดและวางแผน ก่อนที่จะสร้างแบบจำลองจริงให้ออกมามีประสิทธิภาพ

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 4 การวางแผนฉุกเฉิน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นแผนสำรอง และจะถูกนำมาใช้เมื่อแผนการหลักประสบกับปัญหาไม่สามารถดำเนินการต่อได้

ในขณะดำเนินการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการสำรองหรือขั้นตอนต่อไปที่จะปฏิบัติ หากแผนการแรกไม่ประสบความสำเร็จหรือมีความยากลำบาก โดยแต่ละกลุ่มจะลงรายละเอียดของการทำงานมากขึ้น โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องสามารถอธิบายแผนการสำรองได้ จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบการทำงานของกังหันทั้งแผนแรกและแผนสำรองว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้หรือไม่ โดยใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากเจนเนอเรเตอร์พร้อมกับบันทึกข้อมูลการทดสอบลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้

แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้สะท้อนให้เห็นถึงข้อบกพร่องเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนในการเรียนรู้ ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนว่า ควรให้นักเรียนวางแผนการทั้งแผนแรกและแผนฉุกเฉินให้เสร็จก่อน จึงเริ่มสร้างแบบจำลอง เพราะนักเรียนบางกลุ่มวางแผนเสร็จเร็ว จึงมาซื้ออุปกรณ์ไปสร้างแบบจำลองก่อน ในขณะที่บางกลุ่มยังวางแผนไม่เสร็จ ทำให้นักเรียนบางคนตื่นเต้นและสนใจอุปกรณ์ของเพื่อนกลุ่มอื่นมากกว่าการช่วยเหลือเพื่อนกลุ่มของตนเองให้วางแผนเสร็จ ดังนั้น ควรให้ทุกกลุ่มวางแผนให้เสร็จเรียบร้อยก่อน ค่อยเริ่มสร้างแบบจำลองพร้อมกัน

...นักเรียนกลุ่มที่ยังวางแผนไม่เสร็จไม่ช่วยเพื่อนวางแผน เนื่องจากสนใจในอุปกรณ์ของกลุ่มอื่น

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

ข้อบกพร่องอีกอย่างหนึ่งคือ ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันวางแผนฉุกเฉิน เพราะแผนฉุกเฉินจะเป็นตัวช่วยในการแก้ปัญหาให้ง่ายขึ้น ในขณะการจัดการเรียนรู้ นักเรียนบางคนไม่สนใจช่วยเพื่อนวางแผนฉุกเฉิน ซึ่งส่งผลให้นักเรียนไม่ได้ฝึกทักษะในด้านนี้ ดังนั้น ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนช่วยกันวางแผนฉุกเฉิน

...นักเรียนบางคนไม่ช่วยเพื่อนในการวางแผนฉุกเฉิน จะส่งผลให้นักเรียนไม่มีทักษะในด้านนี้

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

อย่างไรก็ตาม การวางแผนฉุกเฉินเป็นสิ่งที่ดีในขั้นตอนนี้ เพราะแผนฉุกเฉินจะช่วยในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ดีขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมองเห็นปัญหาและแก้ไขในสิ่งที่บกพร่องได้

...การให้นักเรียนวางแผนฉุกเฉินเป็นสิ่งที่ดี เพราะจะช่วยให้การแก้ไขแบบจำลองมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 5 การปรับปรุงแผน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ นักเรียนต้องนำเสนอแผนการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาในชั้นเรียน

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะให้นักเรียนปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้ผลการทดสอบตามแผนแรกและแผนฉุกเฉิน เป็นข้อมูลในการหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายแผนการที่ปรับปรุงแล้วลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้

ผลสะท้อนจากผู้เชี่ยวชาญแสดงให้เห็นถึง ผู้วิจัยไม่ได้เน้นให้นักเรียนเห็นถึงประโยชน์ของแผนหลักและแผนการฉุกเฉิน ส่งผลให้เมื่อนักเรียนได้ลงมือสร้างแบบจำลองจริง ๆ ไม่ได้สร้างตามแบบที่วางแผนไว้ ทำแบบลองผิดลองถูกไม่ได้ใช้องค์ความรู้ที่สืบค้นมาก่อนหน้านี้เลย

...นักเรียนแต่ละกลุ่มไม่ได้ทำตามที่วางแผนไว้ ดูเหมือนลองผิดลองถูกกันเองมากกว่า

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

นอกจากนี้ นักเรียนสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า อุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการสร้างไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้เสียเวลาในการสร้างแบบจำลอง ดังนั้น ผู้วิจัยควรเลือกอุปกรณ์ที่มีคุณภาพดี และตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนนำมาใช้งานจริงด้วย

...ปืนไฟที่ใช้ให้ความร้อนแก่กาวร้อน ไม่ติด ครูต้องซื้อมาส้ารองเยอะ ๆ จะได้ไม่

เสียเวลาในการทำงาน

(นักเรียนคนที่ 6, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 11 กุมภาพันธ์ 2565)

จุดแข็งของการเรียนรู้ในขั้นนี้คือ การสร้างแบบจำลองของนักเรียน นักเรียนดูมีความสุข สนุกสนานมาก อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของนักเรียนอีกด้วย เพราะนักเรียนได้ช่วยกันวางแผนอย่างเป็นระบบมาแล้ว

...กิจกรรมในขั้นนี้ดีมาก เพราะนักเรียนทำกิจกรรมด้วยความสนุกสนาน ดูมีความสุข

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

...นักเรียนสนุกกับกิจกรรมนี้มาก และเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนคิดและแก้ปัญหาอย่างแท้จริง

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 6 การประเมิน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำการประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหาและทำการปรับปรุงแก้ไข รวมถึงร่วมกันสะท้อนผลการทำกิจกรรมเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาทั้งหมด

ในขณะที่จัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบการทำงานของกังหันที่ปรับปรุงแล้ว พร้อมทั้งบันทึกผลการทดสอบลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยจะให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม แล้วแปลความหมายของข้อมูล และนำเสนอผลการทดสอบ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างกราฟในรูปแบบใดก็ได้ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและความสูง (ในกรณีของกลุ่มนักเรียนใช้พลังงานน้ำ) และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างกราฟในรูปแบบใดก็ได้ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและความเร็วของลม (ในกรณีของกลุ่มนักเรียนใช้พลังงานลม) จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอกังหันผลิตไฟฟ้าที่สร้างขึ้น โดยนำเสนอแนวคิดในการสร้าง รูปแบบของกังหัน เหตุผลในการเลือกใช้วัสดุ รวมทั้งผลการทดสอบ และการปรับปรุงแก้ไขกังหันจนมีประสิทธิภาพมากที่สุด หลังจากนั้นนักเรียนนำเสนอเสร็จผู้วิจัยและนักเรียนประเมินผลและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างกังหันเพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด และแนวทางการสร้างกังหันผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้งานจริง

ผลการสะท้อนของผู้เชี่ยวชาญแสดงให้เห็นว่า ควรให้นักเรียนมานำเสนอชิ้นงานหน้าชั้นเรียน เพื่อให้เพื่อนกลุ่มอื่นเห็นโดยทั่วกันและสามารถแสดงความคิดเห็นได้ และตัวผู้วิจัยเองจะสามารถประเมินแบบจำลองได้ง่ายขึ้น

...ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมานำเสนองานหน้าห้อง เพื่อให้เห็นโดยทั่วกันและสามารถซักถามได้ด้วย

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

นักเรียนสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า การจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีความชัดเจนดีแล้ว

(นักเรียนคนที่ 8, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 10 กุมภาพันธ์ 2565)

1.3 สรุปผลการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ในวงจรมีแสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยยังดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ไม่แสดงคำสั่งต่าง ๆ อย่างชัดเจน ส่งผลให้นักเรียนบางคนเกิดความสับสน ไม่รู้ว่าตนเองจะต้องทำอย่างไรในแต่ละกิจกรรม อีกทั้งผู้วิจัยยังไม่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เพราะผู้วิจัยยังไม่สามารถกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนสนใจสถานการณ์ปัญหาได้ ส่งผลให้นักเรียนหลายคนไม่รู้ว่าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาคืออะไร และไม่ได้ตรวจสอบอย่างละเอียดว่า การสร้างแบบจำลองของนักเรียนนั้น เป็นไปตามแผนการที่วางไว้หรือไม่ ซึ่งส่วนใหญ่ก็ไม่ได้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ สร้างแบบจำลองผิดพลาดโดยไม่ได้ใช้องค์ความรู้ที่สืบค้นมาประกอบการตัดสินใจในการสร้างแบบจำลอง ดังแสดงในตาราง 9



ตาราง 8 แสดงสรุปผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ชั้นการสอน	ข้อดี	ข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข	
		ข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
1. การยืนยันปัญหา	- ครู ใช้ คำถาม กระตุ้นนักเรียนอยู่ตลอด ส่งผลให้นักเรียนต้องคิดและสามารถตอบคำถามได้	- นักเรียนไม่สนใจดูคลิปวิดีโอที่ครูเตรียมมาให้	- ครูควรจัดกลุ่มเด็กให้เรียบร้อยก่อน ค่อยเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอน เด็กจะได้ไม่ต้องกังวล และจะได้ตั้งใจดูคลิปวิดีโอด้วย
	- สถานการณ์ที่นำมาให้นักเรียนวิเคราะห์ดี เพราะทำให้นักเรียนสนใจที่จะตอบคำถาม	- นักเรียนต้องการอภิปรายร่วมกัน แต่ไม่รู้จะเริ่มอย่างไร	- ครูควรยกตัวอย่างให้ฟังก่อน นักเรียนจะเห็นภาพและสามารถอภิปรายร่วมกันได้
		- นักเรียนแต่ละกลุ่มไม่ได้ เข้าใจไปในแนวทางเดียวกัน	- ครูควรทวนคำตอบของแต่ละกลุ่มให้นักเรียนในห้องฟังเพื่อที่จะได้ทำความเข้าใจไปพร้อม ๆ กัน
		- ครูพูดสื่อสารแสดงลำดับขั้นตอนในการทำกิจกรรมไม่ชัดเจน ส่งผลให้นักเรียนบางคนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน	- ครูควรแสดงลำดับขั้นตอนในการทำกิจกรรมมากกว่าการพูดสื่อสาร เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจชัดเจน เช่น ทำ Power Point

ชั้นการสอน	ข้อดี	ข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข	
		ข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
2. การชี้แจงปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถระบุความรู้ที่จำเป็นในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย - วัสดุอุปกรณ์ที่ครูเตรียมมาไว้ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองมีความหลากหลาย 	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนไม่รู้ว่า STEM คืออะไร 	<ul style="list-style-type: none"> - ครูควรสอนให้รู้และยกตัวอย่างให้เข้าใจก่อน ไม่นั้นนักเรียนจะไม่สามารถทำกิจกรรมต่อไปได้
		<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนไม่เข้าใจคำถามที่ครูถาม - จำนวนเงินที่ครูระบุให้นักเรียนใช้ซื้อของไม่เพียงพอ 	<ul style="list-style-type: none"> - ครูต้องอธิบายคำถามให้ชัด พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ - ครูควรทดลองใช้จ่ายด้วยตนเองก่อน แล้วจึงกำหนดจำนวนเงินให้นักเรียน
3. การวางแผน	<ul style="list-style-type: none"> - กิจกรรมช่วยส่งเสริมทักษะการคิดและการแก้ปัญหาได้ เพราะนักเรียนได้มีการคิดและวางแผน ก่อนที่จะสร้างแบบจำลองจริงให้ออกมา มีประสิทธิภาพ 	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนที่เก่งที่สุดในกลุ่มเป็นคนออกแบบและวางแผนอยู่คนเดียว ทำให้นักเรียนคนอื่นไม่ได้ช่วยคิดและทำงาน 	<ul style="list-style-type: none"> - ครูควรหาวิธีการกระตุ้นให้สมาชิกในกลุ่มทุกคนช่วยกันคิดและวางแผนร่วมกัน
4. การวางแผนฉุกเฉิน	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนได้วางแผนฉุกเฉิน เพื่อช่วยแก้ไขแบบจำลองมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น 	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนกลุ่มที่ยังวางแผนไม่เสร็จไม่ช่วยเพื่อนวางแผน เนื่องจากสนใจในอุปกรณ์ของกลุ่มอื่น 	<ul style="list-style-type: none"> - ควรให้ทุกกลุ่มวางแผนให้เสร็จเรียบร้อยก่อน ค่อยเริ่มสร้างแบบจำลองพร้อมกัน

ชั้นการสอน	ข้อดี	ข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข	
		ข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
5. การปรับปรุงแผน	- การสร้างแบบจำลองของนักเรียน นักเรียนคู่มือมีความสนุกสนานมาก อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของนักเรียนอีกด้วย เพราะนักเรียนได้ช่วยกันวางแผนอย่างเป็นระบบมาแล้ว	- นักเรียนสร้างแบบจำลองไม่ได้ เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ทำแบบลองผิดลองถูกไม่ได้ใช้องค์ความรู้ที่สืบค้นมาใช้ในการสร้าง	- ครูควรเน้นให้นักเรียนเห็นถึงประโยชน์ของแผนการหลักและแผนการฉุกเฉิน
6. การประเมิน	- การจัดการเรียนรู้ในชั้นตอนนี้มีความชัดเจน	- นักเรียนนำเสนอชิ้นงานที่กลุ่มตนเองทำให้นักเรียนกลุ่มอื่นไม่เห็นอย่างชัดเจน	- ครูควรให้นักเรียนมานำเสนอชิ้นงานหน้าชั้นเรียน เพื่อให้เพื่อนกลุ่มอื่นเห็นโดยทั่วกัน และสามารถแสดงความคิดเห็นได้

2. การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

2.1 การเตรียมการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน ตามผลการสะท้อนจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยปรับปรุงแก้ไขดังนี้ เน้นการจัดการเรียนรู้แบบผู้เรียนเป็นศูนย์กลางมากขึ้น โดยกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนสนใจสถานการณ์ปัญหา เพื่อจะได้สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ส่งเสริมให้นักเรียนระดมความคิดร่วมกัน และใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายมากขึ้น พร้อมทั้งให้นักเรียนได้มีโอกาสนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน และนำคลิปวิดีโอที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองมาให้ให้นักเรียนดู เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่

เป็นรูปธรรมมากขึ้น เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีคุณภาพดี เพื่อไม่ให้นักเรียนเสียเวลาในการสร้างแบบจำลอง และทำ Power Point แสดงลำดับขั้นตอนในการทำกิจกรรมและคำสั่งต่าง ๆ เพื่อให้ นักเรียนรับทราบอย่างชัดเจน

ผู้วิจัยกำหนดเวลาในการเก็บข้อมูล วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2565 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยก่อนจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ ได้แก่ Power Point เรื่อง Summer รีสอร์ท ที่มีลำดับขั้นของกิจกรรมและคำสั่งต่าง ๆ อย่างชัดเจน และเตรียมคลิปวิดีโอเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าในบ้าน เพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียน พร้อมทั้งจัดเตรียมอุปกรณ์ ได้แก่ พิวเจอร์บอร์ด กระดาษสี แบตเตอรี่ขนาด 9 โวลต์ แบตเตอรี่ขนาด 1.5 โวลต์ หลอด LED สายไฟ แบงโค้ว ดินน้ำมัน ลวดเสียบ กระดาษ กระดาษฟอยด์ ปากกาเมจิก ดินสอ ยางลบ ไม้บรรทัด เทปกาว และกรรไกร โดยผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพของอุปกรณ์ทุกชิ้นตามผลการสะท้อนในวงจรที่ 1 และได้ทดลองจัดการเรียนรู้และสร้างแบบจำลองรีสอร์ทด้วยตนเอง เพื่อจะได้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและสามารถปรับปรุงแก้ไขได้ทันก่อนนำไปใช้จริง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยเตรียมเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรม การจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 ชุด แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 13 ชุด และแบบสังเกตพฤติกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 13 ชุด และแบบสังเกตพฤติกรรมแก้ปัญหาของนักเรียน จำนวน 13 ชุด

2.2 การดำเนินการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน ในวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2565

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจกับปัญหา และทำการระบุปัญหาร่วมกัน โดยต้องบอกว่าปัญหาคืออะไร มีข้อจำกัดและเงื่อนไขในการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง

เพื่อไม่ให้เป็นการเสียเวลา ผู้วิจัยให้นักเรียนนั่งประจำกลุ่มของตนเองตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าในบ้าน (<https://www.youtube.com/watch?v=JhhqL0eo8MQ>) และถามนักเรียนว่า ในบ้านของเรามีระบบไฟฟ้าใช้ได้อย่างไร และให้นักเรียนตอบคำถาม แล้วแสดงสถานการณ์ให้นักเรียนดู ดังนี้

“Summer รีสอร์ท”

Summer นักธุรกิจรุ่นใหม่ไฟแรง เจ้าของอสังหาริมทรัพย์นับร้อยล้าน เขาต้องการสร้างรีสอร์ทที่อยู่บนเกาะกลางทะเลแห่งหนึ่ง ซึ่งมีบ้านพักประมาณ 5 หลัง มีระบบไฟฟ้าใช้อย่างเพียงพอ แต่ก่อนที่จะสร้าง Summer ต้องการให้นักออกแบบจากทั่วฟ้าเมืองไทย แข่งขันกันออกแบบรีสอร์ทพร้อมระบบไฟฟ้าให้แก่เขา และต้องเป็นระบบไฟฟ้าที่ดีที่สุด ถ้าระบบไฟฟ้ามีปัญหาที่บ้านพักหลังใด บ้านพักหลังอื่นต้องไม่มีผลกระทบเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นน้อยที่สุด พร้อมทั้งนำโมเดลมาเสนอขาย

ให้เขาฟัง ถ้างานของใครออกแบบได้ถูกใจและคุ้มทุนคุ้มค่าที่สุด Summer จะซื้องานนั้นในราคา 1 ล้านบาท

เมื่อนักเรียนอ่านจบผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนว่า “จากสถานการณ์ Summer รีสอร์ท นักเรียนคิดว่าสถานการณ์นี้เกิดปัญหาอะไรขึ้น” และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุนสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ และถามนักเรียนว่า จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ สถานการณ์นี้ต้องการแก้ปัญหาอะไรและมีวิธีแก้ปัญหายังไง

ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า เมื่อนักเรียนเข้ามาในห้อง นักเรียนคุยกันส่งเสียงดัง ผู้วิจัยควรให้นักเรียนอยู่ในอาการสงบก่อน จึงเริ่มดำเนินกิจกรรม

...นักเรียนเดินเข้ามาในห้องแล้วเสียงดัง ควรให้เงียบก่อน แล้วค่อยดำเนินกิจกรรม
(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

แต่สถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยเตรียมมาสามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้สังเกตได้จาก นักเรียนทุกคนเงียบและอ่านสถานการณ์ คงเป็นเพราะนักเรียนเริ่มคุ้นชินกับกิจกรรมมากขึ้น และรู้บทบาทหน้าที่ของตนเองมากขึ้นด้วย

...สถานการณ์ปัญหาดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้
(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

นอกจากนี้ กิจกรรมช่วยส่งเสริมความสามารถในการคิดและการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ดี เพราะนักเรียนได้อ่านสถานการณ์แล้วได้มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการนำความรู้เดิมมาประยุกต์ใช้ในการพิจารณาสถานการณ์

...นักเรียนได้อ่านสถานการณ์ร่วมกับการวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถส่งเสริมทักษะการคิดและการแก้ปัญหาได้

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันระบุนความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยชสรูปองค์ความรู้ผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม

ในขณะที่จัดการเรียนรู้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงหลักการ STEM ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันว่า ในการสร้างแบบจำลองรีซอร์ทพร้อมระบบไฟฟ้า นักเรียนควรมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้าง หลังจากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลตามหัวข้อดังกล่าว แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ แต่ก่อนที่นักเรียนจะได้ออกแบบและวางแผนสร้างแบบจำลองรีซอร์ทและระบบไฟฟ้า ผู้วิจัยแสดงอุปกรณ์สำหรับใช้ในการสร้างทั้งหมดให้นักเรียนดูและกำหนดว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีเงินจำนวนจำกัด สำหรับใช้ในการซื้ออุปกรณ์สร้างแบบจำลองรีซอร์ทพร้อมระบบไฟฟ้า ไม่ว่าจะปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองกี่ครั้งก็ตาม จะมีเงินสำหรับใช้จ่ายแค่จำนวนนี้เท่านั้น และทุกกลุ่มต้องเขียนใบสั่งซื้อสินค้าตามจำนวนที่ต้องการและมาซื้อสินค้าที่ผู้วิจัย โดยกำหนดเงื่อนไขว่า แบบจำลองรีซอร์ทพร้อมระบบไฟฟ้า จะต้องมีย่านพักครบตามจำนวนที่ต้องการและระบบไฟฟ้าต้องติดทุกหลัง พร้อมทั้งแสดงเกณฑ์ในการประเมินแบบจำลองรีซอร์ทพร้อมระบบไฟฟ้า เพื่อให้ให้นักเรียนทราบว่าควรจะมีประติสัมพันธ์แบบจำลองอย่างไรให้ได้คะแนนมากที่สุด

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนบางคนแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่ไม่มี ความเกี่ยวข้องกับสิ่งที่ครูถาม เป็นเพราะผู้วิจัยไม่ได้กระตุ้นนักเรียนเท่าที่ควร ดังนั้น เมื่อผู้วิจัยพบว่านักเรียนแสดงความคิดเห็นนอกนอกประเด็น ต้องพยายามกระตุ้นให้นักเรียนกลับมาอยู่ในประเด็นให้ได้

...นักเรียนบางคนแสดงความคิดเห็นผิดประเด็น

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

...มีนักเรียนตอบคำถามไม่ตรงประเด็น ครูควรพยายามดึงกลับมาอยู่ในประเด็นให้ได้

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

นอกจากนี้ ในขณะที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันว่า ในการสร้างแบบจำลอง นักเรียนควรมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้าง นักเรียนตอบมาเป็นหัวข้อ เช่น ประเภทของวงจรไฟฟ้า ขนาดของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า แต่ไม่ได้เขียนรายละเอียดปลีกย่อยของแต่ละหัวข้อว่าควรเป็นอย่างไร เป็นเพราะผู้วิจัยไม่ได้อธิบายให้ชัดเจน นักเรียนจึงทำไม่ถูกต้อง

...ในหัวข้อความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบจำลอง ควรอธิบายให้ชัดเจนว่าต้องการให้นักเรียนเขียนรายละเอียดอย่างไร

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ถือเป็นจุดแข็ง เพราะเป็นเรื่องที่ดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้ โดยผู้วิจัยสังเกตเห็นความตั้งใจในการร่วมมือกันทำงานมากขึ้น

...นักเรียนตั้งใจช่วยกันทำงานมากขึ้น

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

รูปแบบของกิจกรรมช่วยส่งเสริมความสามารรถในการคิดและแก้ปัญหาของนักเรียนได้ดี เพราะนักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายถึงการนำองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่จำเป็น มาใช้ในการแก้ปัญหา อีกทั้งผู้วิจัยคอยกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามตลอด จึงเป็นอีกปัจจัยที่ส่งเสริมทักษะการคิดและการแก้ปัญหาของนักเรียน

...สามารถระบุดองค์ความรู้ที่จำเป็นในการสร้างชิ้นงานได้

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

นอกจากนี้ ลำดับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมได้ดีและมีความชัดเจนมากขึ้น โดยนักเรียนได้ระดมความคิดในการนำองค์ความรู้เกี่ยวกับ STEM มาใช้ แล้วต่อด้วยความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง ส่งผลให้นักเรียนรู้จากนำองค์ความรู้ต่าง ๆ มาใช้ได้อย่างเหมาะสม

...ลำดับกิจกรรมได้ดีขึ้น และส่งเสริมให้นักเรียนใช้องค์ความรู้ได้หลากหลาย

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 3 การวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหา โดยต้องระบุถึงกรอบการทำงาน ปัญหาที่คาดว่าจะพบ และข้อจำกัดของการทำงานของแบบจำลอง

ขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองรีสอร์ทและระบบไฟฟ้า เช่น ระยะห่างของบ้านพักแต่ละหลัง ขนาดของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการทำสายไฟฟ้า และจำนวนของหลอดไฟฟ้า LED ที่ต้องใช้ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบแบบจำลองรีสอร์ทและระบบไฟฟ้าจากข้อมูลและแนวคิดที่ได้จากการวิเคราะห์ และให้นักเรียนวางแผนและลงมือสร้างแบบจำลองตามทีออกแบบไว้

ผลการสะท้อนจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า วิธีการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนพยายามหาวิธีการแก้ปัญหาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นองค์ความรู้ที่นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันมา

...นักเรียนพยายามหาวิธีแก้ปัญหาจากองค์ความรู้ที่ได้เรียนมา

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 4 การวางแผนฉุกเฉิน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นแผนสำรอง และจะถูกนำมาใช้เมื่อแผนการหลักประสบกับปัญหาไม่สามารถดำเนินการต่อได้

ในขณะที่จัดการเรียนรู้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการสำรองหรือขั้นตอนต่อไปที่จะปฏิบัติ หากแผนการแรกไม่ประสบความสำเร็จหรือมีความยากลำบาก โดยแต่ละกลุ่มจะลงรายละเอียดของการทำงานมากขึ้น จากนั้นผู้วิจัยจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบการทำงานของแบบจำลองทั้งแผนแรกและแผนสำรอง ว่าสามารถเป็นไปตามเงื่อนไขหรือไม่ พร้อมกับบันทึกข้อมูลการทดสอบลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้

จากผลสะท้อนของผู้เชี่ยวชาญทำให้ทราบว่า การกำหนดจำนวนเงินในการซื้ออุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนมีความรอบคอบมากขึ้นในการวางแผน เพราะนักเรียนต้องเลือกวิธีการที่ดีที่สุดและประหยัดงบประมาณมากที่สุด

...นักเรียนมีการวางแผนงานอย่างรอบคอบ น่าจะเป็นผลมาจากจำนวนเงินที่จำกัดในการซื้อของ

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 5 การปรับปรุงแผน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องดำเนินการแก้ปัญหตามแผนการที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ นักเรียนต้องนำเสนอแผนการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาในชั้นเรียน

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ คือ ให้นักเรียนปรับปรุงชิ้นงาน โดยใช้ผลการทดสอบตามแผนแรกและแผนสำรองเป็นข้อมูลในการหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขมากขึ้น และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายแผนการที่ปรับปรุงแล้วลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้

ผลสะท้อนจากปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมชั้นเรียนของผู้วิจัย เนื่องจากเป็นขั้นที่นักเรียนต้องสร้างแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลองให้ดีขึ้น จึงมีความวุ่นวายระหว่างจัดการเรียนรู้ เนื่องจากนักเรียนเปลี่ยนอิริยาบถบ่อยและพูดคุยกันเสียงดัง ดังนั้น ผู้วิจัยควรควบคุมชั้นเรียนให้มีความวุ่นวายน้อยลง

...นักเรียนวุ่นวายและเสียงดังขณะปรับปรุงแบบจำลอง

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า ผู้วิจัยเตรียมอุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลองได้อย่างหลากหลาย แต่ถ้าหากอุปกรณ์มากจนเกินไป จะทำให้นักเรียนมีโอกาสเลือกผิดพลาดสูง ส่งผลให้เสียเวลาในการสร้างแบบจำลองมากเกินไป

...อุปกรณ์หลากหลายดี แต่ถ้ามากจนเกินไป โอกาสที่นักเรียนเลือกผิดสูง ทำให้ใช้เวลานาน

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

อย่างไรก็ตาม การเรียนรู้ในขั้นนี้สามารถส่งเสริมการคิดและการสร้างสรรค์ผลงานได้เป็นอย่างดี เพราะนักเรียนได้จับต้องอุปกรณ์ มีการวางแผน และสร้างแบบจำลองตามที่ได้วางแผนไว้ อีกทั้งยังได้เห็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าของนักเรียน เนื่องจากถูกจำกัดด้วยงบประมาณ จึงต้องพยายามหาอุปกรณ์ที่คุ้มทุนคุ้มค่าที่สุดในการสร้างแบบจำลอง

...ขั้นนี้สามารถส่งเสริมการคิดและสร้างสรรค์ผลงานได้ดี

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

...นักเรียนแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ดี เพราะถูกจำกัดด้วยงบประมาณ

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 6 การประเมิน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำการประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหาและทำการปรับปรุงแก้ไข รวมถึงร่วมกันสะท้อนผลการทำกิจกรรมเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาทั้งหมด

ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบการทำงานของแบบจำลองรีสอร์ทและระบบไฟฟ้าที่ปรับปรุงแล้ว พร้อมทั้งบันทึกผลการทดสอบลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองรีสอร์ทและระบบไฟฟ้าที่สร้างขึ้น โดยนำเสนอแนวคิดในการสร้าง รูปแบบของวงจรไฟฟ้า เหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ รวมทั้งผลการทดสอบและการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองจนมีประสิทธิภาพมากที่สุด จากนั้นครูและนักเรียนประเมินผลและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างแบบจำลองรีสอร์ทและระบบไฟฟ้า เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และแนวทางที่นำไปใช้สร้างในงานจริง

ผลการสะท้อนจากผู้เชี่ยวชาญทำให้ทราบว่า ผู้วิจัยควรให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองและอธิบายกระบวนการ หรือสิ่งที่ได้เรียนรู้มาทั้งหมดทุกกลุ่ม เพราะจะช่วยให้ผู้วิจัยทราบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความเข้าใจในระดับใด

...ให้นักเรียนนำเสนอทุกกลุ่ม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยควรควบคุมไม่ให้นักเรียนห้องอื่นมาวุ่นวายในขณะที่ทำกิจกรรม เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนเป็นแบบใหม่ ทำให้นักเรียนห้องอื่นมาสนใจด้วยความสนใจ จึงเกิดความวุ่นวายขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยควรควบคุมไม่ให้นักเรียนห้องอื่นเข้ามาวุ่นวายในห้องเรียนที่จัดกิจกรรม

...นักเรียนห้องอื่นมาสนใจดูการจัดกิจกรรม ส่งผลให้เกิดความวุ่นวายในห้องเรียน

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลว่า ถึงแม้ว่าทุกกลุ่มจะได้นำเสนอแบบจำลองหมดแล้ว อย่างไรก็ตามผู้วิจัยควรเลือกกลุ่มนักเรียนที่มีผลการประเมินสูงสุดมานำเสนออีกครั้ง เพื่อเป็นตัวอย่างที่ดีให้แก่กลุ่มอื่น

...ควรเลือกกลุ่มที่มีคะแนนสูงสุดมานำเสนออีกครั้ง เพื่อเป็นตัวอย่างที่ดีให้แก่กลุ่มอื่น

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

นักเรียนหลายคนสะท้อนว่า เวลาที่ครูให้สร้างแบบจำลอง น้อยเกินไป ทำให้ชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ

...ให้เวลาในการสร้างน้อยเกินไป ทำไม่ทัน

(นักเรียนคนที่ 1, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 18 กุมภาพันธ์ 2565)

...เวลาที่ให้นำน้อยเกินไป ทำให้ชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพ

(นักเรียนคนที่ 1, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 18 กุมภาพันธ์ 2565)

อย่างไรก็ตามการประเมินสามารถวัดทักษะการคิดและการแก้ปัญหาได้ เพราะนักเรียนต้องรู้ถึงปัญหา สาเหตุ และได้สร้างแบบจำลองเพื่อทดลองแก้ปัญหา นั้น โดยนักเรียนมีการวางแผนในการสร้างแบบจำลอง ทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอผลการแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยสามารถประเมินได้จากชิ้นงานและการนำเสนอของนักเรียน

...ครูสามารถประเมินผลนักเรียนได้จากชิ้นงานและการนำเสนอผลงาน

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2565)

2.3 สรุปผลการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ในวงจรนี้แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยปรับกิจกรรมให้นักเรียนได้ใช้องค์ความรู้ที่หลากหลายมาเป็นส่วนหนึ่งในการคิดและการแก้ปัญหามากขึ้น ทำให้นักเรียนแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกน้อยลง และกิจกรรมที่นักเรียนต้องซื้ออุปกรณ์ไว้สำหรับสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนมีความรอบคอบในการคิดและวางแผนมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยยังควบคุมชั้นเรียนได้ไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากนักเรียนห้องอื่นให้ความสนใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จึงมาเฝ้าดู ส่งผลให้เกิดความวุ่นวายในการควบคุมชั้นเรียน ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 9 แสดงสรุปผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นการสอน	ข้อดี	ข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข	
		ข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
1. การยืนยันปัญหา	<p>- สถานการณ์ปัญหาสามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้ สังเกตได้จาก นักเรียนทุกคนเงียบ และ ตั้งใจอ่าน สถานการณ์</p> <p>- นักเรียนได้อ่าน สถานการณ์ร่วมกับการวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถส่งเสริมทักษะการคิดและการแก้ปัญหาได้</p>	<p>- นักเรียนเข้ามาในห้อง แล้วคุยกันเสียงดัง</p>	<p>- ครูควรให้นักเรียนอยู่ในอาการสงบก่อน จึงเริ่มดำเนินกิจกรรม</p>
2. การชี้แจงปัญหา	<p>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการนำองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่จำเป็นมาใช้ในการแก้ปัญหาได้</p>	<p>- นักเรียนบางคนแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกับสิ่งที่ครูถาม</p> <p>- ในขณะที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกัน ว่า ในการสร้างแบบจำลอง นักเรียนควรมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้าง นักเรียนตอบมาเป็นหัวข้อ เช่น ประเภทของวงจรไฟฟ้า ขนาดของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า แต่ไม่ได้เขียนรายละเอียดปลีกย่อยของแต่ละหัวข้อว่าควรเป็นอย่างไร</p>	<p>- ครูต้องพยายามกระตุ้นให้นักเรียนกลับมาอยู่ในประเด็นให้ได้</p> <p>- ครูควรอธิบายให้ชัดเจนว่าต้องการให้นักเรียนเขียนรายละเอียดอย่างไร</p>

ชั้นการสอน	ข้อดี	ข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข	
		ข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
3. การวางแผน	- นักเรียนพยายามหาวิธีการแก้ปัญหาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นองค์ความรู้ที่นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันมา	- นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก ไม่ได้นำองค์ความรู้ที่ได้เรียนรู้มาใช้	- ครูควรตรวจสอบการวางแผนการหลักของนักเรียนว่าได้ใช้องค์ความรู้ที่ได้สืบค้นมาประกอบการตัดสินใจในการวางแผนหรือไม่
4. การวางแผนฉุกเฉิน	- นักเรียนมีความรอบคอบมากขึ้นในการวางแผน เนื่องจากการกำหนดจำนวนเงินในการซื้ออุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลอง ส่งผลให้นักเรียนต้องเลือกวิธีการที่ดีที่สุดและประหยัดงบประมาณมากที่สุด	- นักเรียนไม่นำหลักการที่เกี่ยวข้องกับ STEM มาเป็นส่วนสำคัญในการวางแผนแก้ปัญหา	- ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนนำหลักการที่เกี่ยวข้องกับ STEM มาเป็นส่วนสำคัญในการวางแผนแก้ปัญหา และเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการวางแผนฉุกเฉิน
5. การปรับปรุงแผน	- ชั้นนี้สามารถส่งเสริมการคิดและการสร้างสรรค์ผลงานได้เป็นอย่างดี เพราะนักเรียนได้จับต้องอุปกรณ์ มีการวางแผนและสร้างแบบจำลองตามที่ได้วางแผนไว้ อีกทั้งยังได้เห็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าของนักเรียน เนื่องจากถูกจำกัดด้วยงบประมาณ จึงต้องพยายามหาอุปกรณ์ที่คุ้มค่าที่สุดในการสร้างแบบจำลอง	- นักเรียนวุ่นวายและเสียตัง ขณะ ที่ ปรับปรุงแบบจำลอง - อุปกรณ์มากจนเกินไป ทำให้นักเรียนมีโอกาเลือกใช้ผิดพลาดสูง ส่งผลให้เสียเวลาในการสร้างแบบจำลองมากเกินไป	- ครูควรควบคุมชั้นเรียนให้มีความวุ่นวายน้อยลง - ครูเตรียมอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลองให้มีความหลากหลาย แต่ไม่มากเกินไป เพื่อให้นักเรียนเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง

ชั้นการสอน	ข้อดี	ข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข	
		ข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
6. การประเมิน	- การประเมินสามารถวัดทักษะการคิดและการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ เพราะนักเรียนต้องรู้ถึงปัญหา สาเหตุ และได้สร้างแบบจำลองเพื่อทดลองแก้ปัญหานั้น โดยนักเรียนมีการวางแผนในการสร้างแบบจำลอง ทดสอบปรับปรุง และนำเสนอผลการแก้ปัญหา	- นักเรียนบางกลุ่มมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง	- ครูให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองและอธิบายกระบวนการ หรือสิ่งที่ได้เรียนรู้มาทั้งหมดทุกกลุ่ม จะทำให้ครูทราบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความเข้าใจในระดับใด
		- นักเรียนห้องอื่นมา ยินดูการจัดกิจกรรม ส่งผลให้เกิดความวุ่นวายในห้องเรียน	- ครูควบคุมไม่ให้นักเรียนห้องอื่นมาวุ่นวายในขณะที่ทำกิจกรรม
		- นักเรียนไม่ทราบว่า ชิ้นงานแบบไหนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด	- ครูควรเลือกกลุ่มนักเรียนที่มีผลการประเมินสูงสุดมา นำเสนออีกครั้ง เพื่อเป็นตัวอย่างที่ดีให้แก่กลุ่มอื่น
		- เวลาที่ครูให้สร้างแบบจำลองน้อยเกินไป ทำให้ชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ	- ครูควรเพิ่มเวลาในการสร้างแบบจำลองให้นักเรียน เพื่อให้ นักเรียนได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ

3. การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

3.1 การเตรียมการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามผลการสะท้อนจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยปรับปรุงแก้ไข ดังนี้ มีการควบคุมชั้นเรียนมากขึ้น โดยพยายามกระตุ้นนักเรียนที่ไม่ทำกิจกรรมให้ช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่มทำกิจกรรม และมีการทำความเข้าใจกับนักเรียนห้องอื่น เพื่อไม่ให้มารบกวนในขณะที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอน ให้นักเรียนออกมานำเสนองานหน้าชั้นเรียนทุกกลุ่ม และนำเสนอผลงานของกลุ่มที่ได้คะแนนการประเมินสูงสุดอีกครั้ง เพื่อเป็นตัวอย่างที่ดีให้เพื่อน ๆ ในห้องเรียนสำหรับนำไปใช้ในครั้งต่อไป เพิ่มเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสร้างชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ผู้วิจัยกำหนดเวลาในการเก็บข้อมูล วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2565 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยก่อนจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้และอุปกรณ์การจัดการเรียนรู้ ได้แก่ Power Point เรื่อง ไข่มุกเมโล สวิตช์แบบเลื่อน LDR ลำโพงบัสเซอร์ ถ่านไฟฉายขนาด 1.5 V ถ่านไฟฉายขนาด 9 V กระจกสำหรับถ่านขนาด 1.5 V แผ่นโปรโตบอร์ด คีมตัดลวด สายไฟ กระจกหลัง พิวเจอร์บอร์ด คัตเตอร์ กาว กรรไกร ไม้บรรทัด และหัวแร้ง ตะกั่วบัดกรี โดยผู้วิจัยตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทุกชิ้น อีกทั้งได้ทดลองจัดการเรียนรู้และสร้างแบบจำลองกล่องสัญญาณกันขโมยด้วยตนเอง เพื่อจะได้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและปรับปรุงแก้ไขได้ทันเวลา

นอกจากนี้ ผู้วิจัยจัดเตรียมเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรม การจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 ชุด แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียน จำนวน 13 ชุด แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 13 ชุด และแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน จำนวน 13 ชุด อีกทั้งจัดเตรียมกล้องวิดีโอสำหรับบันทึกเหตุการณ์การจัดการเรียนรู้

3.2 การดำเนินการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2565 ตามที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจกับปัญหา และทำการระบุปัญหาร่วมกัน โดยต้องบอกว่าปัญหาคืออะไร มีข้อจำกัดและเงื่อนไขในการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง

ผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียนโดยถามนักเรียนว่า นักเรียนเคยโดนขโมยของมีค่าหรือไม่ (ตอบตามประสบการณ์ของนักเรียน) แล้วถามต่อว่า แล้วนักเรียนมีวิธีการอย่างไรบ้างเพื่อไม่ให้โดน

ขโมยของ จากนั้นเปิดคลิปวิดีโอเกี่ยวกับ สัญญากันขโมยให้นักเรียนดู (<https://www.youtube.com/watch?v=OXwagvS4754>) แล้วแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน จากนั้นครูแสดงสถานการณ์ ดังนี้

“ไข่มุกเมโล”

บ้านของปออยู่ริมฝั่งทะเล ครอบครัวประกอบอาชีพประมง วันหนึ่งปอลงไปดำน้ำเล่นกับเพื่อน ๆ เห็นความสวยงามของใต้ท้องทะเล เห็นฝูงปลาแหวกว่ายอยู่ใกล้ ๆ กับปะการัง ปอได้เหลือบไปเห็นหินก้อนกลมมนก้อนเล็ก ๆ ก้อนหนึ่ง เขาเห็นแล้วรู้สึกชอบ จึงเรียกให้เพื่อน ๆ มาดู แล้วเก็บใส่กระเป๋ากลับบ้านไปด้วย ด้วยความอยากรู้ของปอ ในคืนนั้นเขาจึงนำลักษณะของหินก้อนนั้น ไปค้นหาข้อมูล แล้วพบว่า หินก้อนที่เขาเก็บมา มีลักษณะคล้าย ๆ กับ ไข่มุกเมโล ซึ่งมีมูลค่ามหาศาลมาก ปอดีใจมาก ระหว่างรอที่จะนำไปตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญว่าไข่มุกจริงหรือไม่ ปอก็คิดความกังวล เพราะเพื่อน ๆ ได้รับรู้หลายคน ถ้าเพื่อน ๆ รู้ว่าหินก้อนนี้มีมูลค่ามหาศาลขนาดนี้ อาจจะขโมยของเขาไปได้ แต่ปอก็ไม่มีเงินที่จะไปซื้อตู้เซฟมาเก็บไว้ได้

ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียนว่า “จากสถานการณ์ ไข่มุกเมโล นักเรียนคิดว่าเกิดปัญหาอะไรขึ้น” และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุนสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ และถามนักเรียนว่า จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ต้องการแก้ปัญหาอะไรและมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร

ผู้วิจัยสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของตนเองว่า ต้องพยายามกระตุ้นนักเรียนตั้งแต่เริ่มทำกิจกรรม เพราะในขณะที่เริ่มทำกิจกรรมมีนักเรียนบางคนมีอาการเหม่อลอย ไม่สนใจที่จะอ่านสถานการณ์ปัญหา

...นักเรียนบางคนเหม่อลอย ไม่อ่านสถานการณ์ปัญหา

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนได้ดี คือ ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียนว่า “จากสถานการณ์ ไข่มุกเมโล นักเรียนคิดว่าเกิดปัญหาอะไรขึ้น” และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุนสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ และถามนักเรียนอีกว่า จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ต้องการแก้ปัญหาอะไรและมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร เป็นต้น

...ครูใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียนได้ดี

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

นอกจากนี้กิจกรรมในขั้นตอนนี้ ช่วยส่งเสริมทักษะในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ดี เพราะนักเรียนเจอปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูเตรียมไว้ให้ จากนั้นนักเรียนจะได้อภิปรายปัญหา ร่วมกัน

...กิจกรรมส่งเสริมทักษะในการแก้ปัญหาได้ดี เมื่อนักเรียนได้เห็นปัญหา จะช่วยกัน ระบุปัญหา และเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาร่วมกันได้

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันระบุความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการ แก้ไขปัญหา ประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยสรุปองค์ความรู้ผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม

ขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงหลักการ STEM ที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน และให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่า ในการสร้าง กล่องเก็บก้อนหินดังกล่าวพร้อมติดตั้งสัญญาณกันขโมย นักเรียนควรมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง ไตบ้าง หลังจากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลตามหัวข้อดังกล่าว แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ แต่ก่อนที่นักเรียนจะได้ออกแบบและวางแผนสร้างกล่องสัญญาณกันขโมย ผู้วิจัยจะแสดงอุปกรณ์ สำหรับใช้ในการสร้างชิ้นงานทั้งหมดให้นักเรียนทราบ และกำหนดว่านักเรียนแต่ละกลุ่มมีเงินจำนวน จำกัด สำหรับใช้ในการซื้ออุปกรณ์สร้างกล่องสัญญาณกันขโมย ไม่ว่าจะปรับปรุงแก้ไขกล่องกี่ครั้งก็ ตาม จะมีเงินสำหรับใช้จ่ายแค่จำนวนนี้เท่านั้น และทุกกลุ่มต้องเขียนใบสั่งซื้อสินค้าตามจำนวนที่ ต้องการและมาซื้อสินค้าที่ผู้วิจัย โดยผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขว่า เมื่อกล่องถูกเปิด สัญญาณกันขโมยต้อง ทำงาน พร้อมทั้งแสดงเกณฑ์ในการประเมินกล่องสัญญาณกันขโมย เพื่อให้นักเรียนทราบว่า ควรจะ ประดิษฐ์ชิ้นงานอย่างไรให้ได้คะแนนมากที่สุด

ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า ผู้วิจัยกระตุ้นทักษะการคิดของนักเรียนได้ ตรงประเด็น เช่น ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงหลักการ STEM ที่นำมาใช้ในการ ออกแบบและสร้างชิ้นงาน และให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่า ในการสร้างกล่องเก็บก้อนหินดังกล่าว พร้อมติดตั้งสัญญาณกันขโมย นักเรียนควรมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องไตบ้าง

...ครูกระตุ้นทักษะการคิดของนักเรียนได้ตรงประเด็น เช่น ให้นักเรียนอภิปราย ร่วมกันว่า ในการสร้างกล่องติดตั้งสัญญาณกันขโมย นักเรียนควรมีความรู้เรื่องไตบ้าง

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

กิจกรรมการชี้แจงปัญหา ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถระบุนิยามที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ชัดเจนมากขึ้น เพราะผู้วิจัยให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ผ่านการอภิปรายภายในกลุ่มร่วมกัน

...นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุนิยามที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ชัดเจนมากขึ้น
(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

...นักเรียนระบุนิยามที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ดีขึ้น
(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

กิจกรรมการสืบค้นข้อมูลดำเนินไปได้ด้วยดี เพราะนักเรียนรู้บทบาทหน้าที่ของตนเองมากขึ้นและเข้าใจวิธีการเรียนรู้ เพราะผ่านการสืบค้นในลักษณะนี้มา 2 กิจกรรมแล้ว โดยสังเกตได้จาก นักเรียนหลายกลุ่มตั้งใจสืบค้นข้อมูลและสืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะช่วยกันสรุปเป็นองค์ความรู้ของกลุ่มตนเอง

...นักเรียนตั้งใจสืบค้นข้อมูลมากขึ้น เพราะรู้บทบาทหน้าที่ของตนเองและเข้าใจวิธีการเรียนรู้
(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า แหล่งข้อมูลที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ให้นักเรียนสืบค้นมีความเหมาะสมกับนักเรียนและมีเนื้อหาที่เฉพาะ ตรงตามสถานการณ์ ส่งผลให้นักเรียนส่วนมากสามารถเลือกแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น สามารถนำไปเป็นแนวทางแก้ปัญหาจริงได้

...แหล่งข้อมูลที่เตรียมไว้ให้นักเรียนสืบค้นมีความเหมาะสมและตรงตามสถานการณ์
(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 3 การวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหา โดยต้องระบุนิยามกรอบการทำงาน ปัญหาที่คาดว่าจะพบ และข้อจำกัดของการทำงานรูปแบบจำลอง

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกล่องสัญญาณกันขโมย จากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ เช่น รูปแบบของกล่อง การต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และการเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบกล่องสัญญาณกันขโมยจากข้อมูลและแนวคิดที่ได้จากการวิเคราะห์ และให้นักเรียนวางแผนและลงมือสร้างกล่องสัญญาณกันขโมยตามที่ออกแบบไว้

ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า กิจกรรมนี้ช่วยส่งเสริมกระบวนการวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียน เพราะนักเรียนต้องระดมความคิดเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกล่องสัญญาณกันขโมย และออกแบบกล่องสัญญาณกันขโมยจากข้อมูลและแนวคิดที่ได้จากการระดมความคิด

...กิจกรรมช่วยส่งเสริมการวางแผนให้แก่ นักเรียน เพราะนักเรียนได้ระดมความคิดเพื่อรวบรวมข้อมูลในการออกแบบและกล่องสร้างสัญญาณกันขโมย

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญยังได้สะท้อนอีกว่า ผู้วิจัยกระตุ้นนักเรียนในการทำกิจกรรมได้ดี เพราะผู้วิจัยได้เข้าไปดูนักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม พร้อมทั้งตรวจสอบความเข้าใจในการวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจและตั้งใจทำกิจกรรมมากขึ้น

...ครูกระตุ้นการทำงานของนักเรียนได้ดี เพราะได้เดินเข้าไปให้ความช่วยเหลือนักเรียนทุกกลุ่ม

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 4 การวางแผนฉุกเฉิน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นแผนสำรอง และจะถูกนำมาใช้เมื่อแผนการหลักประสบกับปัญหาไม่สามารถดำเนินการต่อได้

ขณะจัดการเรียนรู้คือ ผู้วิจัยปรับกิจกรรมให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบการทำงานของแบบจำลองที่วางแผนในแผนแรกก่อน แล้วจึงวางแผนการสำรองหรือขั้นตอนต่อไปที่จะปฏิบัติ หลังจากแผนการแรกไม่ประสบความสำเร็จหรือมีความยากลำบาก โดยแต่ละกลุ่มจะลงรายละเอียดของการทำงานมากขึ้น จากนั้นทดสอบแบบจำลองที่ได้จากแผนการสำรองว่าสามารถเป็นไปตามเงื่อนไขหรือไม่ พร้อมกับบันทึกข้อมูลการทดสอบลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการสะท้อนทำให้ผู้วิจัยทราบว่า การที่ให้นักเรียนทำการทดสอบแบบจำลองตามแผนแรกก่อน จะทำให้นักเรียนเห็นข้อบกพร่องของชิ้นงานอย่างชัดเจน นำไปสู่การแก้ปัญหาในแผนการต่อไปได้ตรงประเด็นมากขึ้น

...จากการที่นักเรียนได้ทดสอบตามแผนแรกก่อน จะทำให้นักเรียนเห็นข้อผิดพลาดชัดเจน ส่งผลให้วางแผนแก้ปัญหาต่อไปได้ง่ายขึ้น

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 5 การปรับปรุงแผน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ นักเรียนต้องนำเสนอแผนการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาในชั้นเรียน

ขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยให้นักเรียนปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้ผลการทดสอบตามแผนแรกและแผนสำรอง เป็นข้อมูลในการหาแนวทางการปรับปรุง เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขมากขึ้น และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายแผนการที่ปรับปรุงแล้วลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการสะท้อนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มที่สร้างแบบจำลองเสร็จแล้ว คุยกันเสียงดัง ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มที่ยังไม่เสร็จ ไม่มีสมาธิในการทำงาน ทำให้งานเสร็จล่าช้าออกไป

...นักเรียนกลุ่มที่เสร็จแล้วเสียงดัง ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มอื่นไม่มีสมาธิในการทำงาน

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลว่า กิจกรรมนี้สามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาได้ดี เนื่องจากนักเรียนต้องแก้ปัญหาตามแผนการที่ได้วางไว้ และเมื่อพบข้อผิดพลาด ก็นำไปปรับปรุงแก้ไขให้ชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

...ส่งเสริมการแก้ปัญหาได้ดี เพราะนักเรียนได้แก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ และนำข้อผิดพลาดไปปรับปรุงเพื่อให้งานดีขึ้น

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 6 การประเมิน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำการประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหาและทำการปรับปรุงแก้ไข รวมถึงร่วมกันสะท้อนผลการทำกิจกรรมเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาทั้งหมด

ในชั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบการทำงานของกล่องสัญญาณกันขโมยที่ปรับปรุงแล้ว พร้อมทั้งบันทึกผลการทดสอบลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ และให้นักเรียนนำเสนอกล่องสัญญาณกันขโมยที่สร้างขึ้น โดยนำเสนอแนวคิดในการสร้าง ลักษณะของกล่อง รูปแบบของวงจร เหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ ในการทำสัญญาณกันขโมย รวมทั้งผลการทดสอบและการปรับปรุงแก้ไขกล่องสัญญาณกันขโมยจนมีประสิทธิภาพมากที่สุด สุดท้ายผู้วิจัยและนักเรียนประเมินผลและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างกล่องสัญญาณกันขโมย เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ผู้เชี่ยวชาญให้การสะท้อนผลว่า กิจกรรมขั้นการประเมิน เป็นกิจกรรมที่ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนได้ดี เพราะนอกจากให้นักเรียนประเมินผลชิ้นงานและทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ยังให้นักเรียนร่วมกันสะท้อนผลการทำกิจกรรมที่ได้เรียนรู้มาทั้งหมด

...กิจกรรมสุดท้าย เป็นกิจกรรมที่ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี นอกจากนักเรียนจะได้ประเมินผลงานของตนเองแล้ว ยังได้ร่วมกันสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้มาทั้งหมดด้วย

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

นักเรียนส่วนมากสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมและเพียงพอในการจัดทุกกิจกรรม

...เวลาเพียงพอในการทำกิจกรรม

(นักเรียนคนที่ 5, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียน, 25 กุมภาพันธ์ 2565)

...เวลาที่ครูให้มีความเหมาะสมแล้ว

(นักเรียนคนที่ 7, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียน, 25 กุมภาพันธ์ 2565)

3.3 สรุปผลการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ในวงจรนี้แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยปรับกิจกรรมให้นักเรียนใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับ STEM มาใช้ในการแก้ปัญหามากขึ้น และนักเรียนรู้จักวางแผนในการแก้ปัญหา ทำให้ลดการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกของนักเรียนได้ อีกทั้งผู้วิจัยเพิ่มเวลาในการสร้างแบบจำลองให้นักเรียน ส่งผลให้แบบจำลองของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น กิจกรรมการสืบค้นความรู้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาค่าเงินไปได้ด้วยดี เพราะแหล่งข้อมูลที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ให้มีความเหมาะสมกับ

นักเรียนและตรงตามสถานการณ์ปัญหา อีกทั้งส่งเสริมกระบวนการวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียน โดยให้นักเรียนระดมความคิดเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง และ ออกแบบสร้างแบบจำลองจากข้อมูลและแนวคิดที่ได้จากการระดมความคิดของนักเรียน นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังกระตุ้นนักเรียนในการทำกิจกรรม โดยการเข้าไปดูนักเรียนทุกกลุ่มในขณะที่นักเรียนสร้างแบบจำลอง เพื่อให้ความช่วยเหลือเมื่อนักเรียนต้องการ ส่งผลให้นักเรียนมีความมั่นใจในการสร้างชิ้นงานมากขึ้น ผู้วิจัยมีการปรับกิจกรรมโดยให้นักเรียนทำการทดสอบแบบจำลองตามแผนแรกก่อน ส่งผลให้นักเรียนเห็นข้อบกพร่องของชิ้นงานอย่างชัดเจน นำไปสู่การแก้ปัญหาในแผนการต่อไปได้ตรงประเด็นมากขึ้น และในกิจกรรมการปรับปรุงแผนก็สามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาได้ เนื่องจากนักเรียนต้องแก้ปัญหตามแผนการที่ได้วางไว้ และเมื่อพบข้อผิดพลาด จะนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในขั้นตอนการประเมินผลสามารถตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนได้ เพราะนอกจากให้นักเรียนประเมินผลชิ้นงานและทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ยังให้นักเรียนร่วมกันสะท้อนผลการทำกิจกรรมที่ได้เรียนรู้มาทั้งหมด ส่วนเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมและเพียงพอในการทำกิจกรรม แต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนตั้งใจเรียนตั้งแต่เริ่มทำกิจกรรมและควบคุมนักเรียนกลุ่มที่สร้างแบบจำลองเสร็จแล้วให้ดี เพื่อไม่ให้ไปรบกวนนักเรียนกลุ่มที่ยังสร้างแบบจำลองไม่เสร็จ ดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 10 แสดงสรุปผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นการสอน	ข้อดี	ข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข	
		ข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
1. การยืนยันปัญหา	<p>- ครูใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนและให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้</p> <p>- กิจกรรมในชั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมทักษะในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ดี เพราะนักเรียนเจอปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูเตรียมไว้ให้ จากนั้นนักเรียนจะได้อภิปรายปัญหาร่วมกัน</p>	<p>- นักเรียนบางคนมีอาการเหม่อลอย ไม่สนใจที่จะอ่านสถานการณ์ปัญหา</p>	<p>- ครูต้องพยายามกระตุ้นให้นักเรียนสนใจเรียนตั้งแต่เริ่มทำกิจกรรม</p>
2. การชี้แจงปัญหา	<p>- ครูกระตุ้นทักษะการคิดของนักเรียนได้ตรงประเด็น เช่น ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่า ในการสร้างกล่องติดตั้งสัญญาณกันขโมย นักเรียนควรมีความรู้เรื่องใดบ้าง</p> <p>- นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถระบุความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ไขปัญหาค้นหาได้ชัดเจนมากขึ้น</p>	-	-

ชั้นการสอน	ข้อดี	ข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข	
		ข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
3. การวางแผน	<p>- กิจกรรมช่วยส่งเสริมการวางแผนให้แก่ นักเรียน เพราะนักเรียนได้ ระดมความคิดเพื่อรวบรวมข้อมูลในการออกแบบ และ ก่อสร้าง สัญญาณกันขโมย</p> <p>- ครูกระตุ้นการทำงานของนักเรียนได้ดี เพราะได้เดินเข้าไปให้ความช่วยเหลือ นักเรียนทุกกลุ่ม</p>	-	-
4. การวางแผนฉุกเฉิน	- จากการที่นักเรียนได้ทดสอบตามแผนแรกก่อน จะทำให้นักเรียนเห็นข้อผิดพลาดชัดเจน ส่งผลให้วางแผนแก้ปัญหาต่อไปได้ง่ายขึ้น	-	-
5. การปรับปรุงแผน	- กิจกรรมส่งเสริมการแก้ปัญหาได้ดี เพราะนักเรียนได้แก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ และนำข้อผิดพลาดไปปรับปรุงเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้น	- นักเรียนกลุ่มที่เสร็จแล้วเสียงดัง ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มอื่นไม่มีสมาธิในการทำงาน	- ครูควบคุมนักเรียนกลุ่มที่เสร็จแล้วให้อยู่ในอาการที่สงบ

ชั้นการสอน	ข้อดี	ข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข	
		ข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
6. การประเมิน	<p>- กิจกรรมสามารถตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ นักเรียนจะได้ประเมินผลงานของตนเองแล้ว ยังได้ร่วมกันสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้มาทั้งหมดด้วย</p> <p>- เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมและเพียงพอในการจัดทุกกิจกรรม</p>	-	-

4. สรุปวิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจร ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 12 แสดงสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมี
 วิจารณ์ญาณและความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

แนวทางการจัดการเรียนรู้	วงจักรปฏิบัติการ	แนวทางการจัดการเรียนรู้
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจักรปฏิบัติการที่ 1	แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา	วงจักรปฏิบัติการที่ 2	
	วงจักรปฏิบัติการที่ 3	

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรมุ่งปฏิบัติที่ 1	วงจรมุ่งปฏิบัติที่ 2	วงจรมุ่งปฏิบัติที่ 3	แนวทางการจัดการเรียนรู้
	<p>ของแต่ละกลุ่มมีความเหมือนและความแตกต่างจากกลุ่มของตนเองอย่างไร เพื่อส่งผลต่อการทำกิจกรรมขั้นต่อไป</p>	<p>สถานการณ์ที่กำหนดให้ และถามนักเรียนอีกว่า จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ต้องการแก้ปัญหาอะไรและมีวิธีการแก้ปัญหายังไร เป็นต้น</p>	<p>กระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน เช่น “จากสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่าเกิดปัญหาอะไรขึ้น” เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกค้นพบปัญหาด้วยตนเอง โดยครูจะตั้งคำถามที่ถูกต้องให้นักเรียนรู้ก่อน นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ โดยให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ และใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนอีกครั้งว่า จากสถานการณ์ที่กำหนดให้</p>	<p>แนวคิดสะเต็มศึกษา</p>

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรถูกปฏิบัติ	แนวทางการจัดการเรียนรู้
วงจรถูกปฏิบัติที่ 1	วงจรถูกปฏิบัติที่ 2	วงจรถูกปฏิบัติที่ 3
<p>ครูผู้สอนควรชี้แจงให้นักเรียนทราบก่อนว่า STEM คือการเรียนรู้แบบ นำแต่ ละสาขาวิชา มา บูรณาการเข้าด้วยกัน โดย S ย่อมาจาก Science คือ วิทยาศาสตร์ T ย่อมาจาก Technology คือ เทคโนโลยี ทางเทคโนโลยี E อยู่ในประเด็นให้</p>	<p>นักเรียนบางคนแสดงความ คิดเห็นในประเด็นที่ไม่มี ความเกี่ยวข้องกับสิ่งที่คุณถาม เป็นเพราะคุณไม่ได้ กระตุ้นนักเรียนเท่าที่ควร ดังนั้น เมื่อครูพบว่านักเรียน แสดงความคิดเห็นออกมาจาก ประเด็น ต้องพยายาม กระตุ้นให้นักเรียนกลับมา อยู่ในประเด็นให้ได้</p>	<p>ครูควรใช้คำถามกระตุ้น กระบวนการคิดของ นักเรียนที่ต่อเนื่องจากชั้น การเรียนรู้ที่ต่อเนื่องจากชั้น การเรียนรู้ปัญหา เช่น ใน การแก้ปัญหา นั้นนักเรียน ต้องการแก้ปัญหาอะไรและ วิธีการแก้ปัญหาอย่างไร เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการ ระบุนปัญหา และการหา เจาะลึกในการแก้ปัญหา ให้กับนักเรียน</p>
<p>ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา</p>	<p>ครูกระตุ้นทักษะการคิดของ นักเรียนได้ตรงประเด็น เช่น ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ร่วมกันอภิปรายถึงหลักการ STEM ที่นำมาใช้ในการ ออกแบบและสร้างชิ้นงาน และให้นักเรียนอภิปราย ร่วมกันว่า ในการสร้าง แบบจำลอง นักเรียนควรมี</p>	<p>แต่ละคนสืบค้นข้อมูลหา แนวทางที่ใช้ในการ แก้ปัญหา หลังจากนั้นครู</p>

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรถูกปฏิบัติที่ 1	วงจรถูกปฏิบัติที่ 2	วงจรถูกปฏิบัติที่ 3	แนวทางการจัดการเรียนรู้
<p>ย้อมจาก Engineering คือ กระบวนการแก้ปัญหา แบบวิศวกรรม และ M ย่อมาจาก Mathematics คือ องค์กรความรู้ทาง คณิตศาสตร์ พร้อมทั้ง ยกตัวอย่างสถานการณ์ ปัญหาที่สามารถอธิบายทั้ง 4 องค์ความรู้ ได้อย่าง ชัดเจน เพื่อให้เด็กเรียนรู้ มีความเข้าใจมากขึ้น</p>	<p>ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง ใดบ้าง</p>	<p>แนวคิดสะเต็มศึกษา</p>	<p>ครูเปิดโอกาสให้นักเรียน แต่ละคนนำผลการสืบค้น ข้อมูลมาอภิปรายภายใน กลุ่ม เพื่อระบุมุมมองที่ใช้ใน การแก้ปัญหา ที่เป็นองค์ ความรู้ของ STEM ร่วมกัน เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มสรุป แนวทางที่ใช้ในการ แก้ปัญหาเรียบร้อยแล้ว ครู ควรนำผลสรุปแนวทางที่ใช้ ในการแก้ปัญหาของ นักเรียนแต่ละกลุ่มมาแสดง ให้นักเรียนทุกคนได้เห็น อย่างชัดเจน พร้อมทั้ง อภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน ว่า องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง</p>	<p>แนวทางการจัดการเรียนรู้</p> <p>แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตาม</p> <p>แนวคิดสะเต็มศึกษา</p>

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรมุ่งปฏิบัติการ	วงจรมุ่งปฏิบัติการที่ 1	วงจรมุ่งปฏิบัติการที่ 2	วงจรมุ่งปฏิบัติการที่ 3
<p>แนวทางการจัดการเรียนรู้</p> <p>แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</p>				
		<p>ครูควรหาวิธีการกระตุ้นให้สมาชิกในกลุ่มทุกคนช่วยคิดและวางแผนร่วมกัน เพราะว่าในการทำงานของนักเรียน จะมีนักเรียนที่เก่งที่สุดในกลุ่มเป็นคนออกแบบและวางแผนอยู่</p>	<p>ครูควรตรวจสอบการวางแผนการหลักของนักเรียนว่าใช้ได้ข้อดีความรู้ที่ได้สืบค้นมาประกอบกันตัดสินใจในการวางแผนหรือไม่ เพราะพบว่านักเรียนวางแผนอยู่ในการทำงาน</p>	<p>กับ STEM ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาอะไรบางอย่างจากนั้นนักเรียนทุกคนจะได้มีโอกาสพบเพื่อนแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้ในการแก้ปัญหาหรือไม่</p>
<p>ขั้นที่ 3 การวางแผน</p>				

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรมุ่งปฏิบัติการ	วงจรมุ่งปฏิบัติการที่ 1	วงจรมุ่งปฏิบัติการที่ 2	วงจรมุ่งปฏิบัติการที่ 3
<p>แนวทางการจัดการการเรียนรู้</p> <p>แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</p>		<p>คนเดียว ทำให้นักเรียนคน ฝึก ไม่ได้นำองค์ความรู้ที่ได้</p> <p>อื่นไม่ได้ช่วยคิดและทำงาน เรียนรู้มาใช้</p>		
			<p>อุปกรณ์ได้ให้นักเรียน เพื่อป้องกันไม่ให้นักเรียน สร้างแบบจำลองแบบลอง ผิดลองถูก เพราะนักเรียน ต้องวางแผนในการสร้าง ชิ้นงานให้รอบคอบเพื่อไม่ให้ เสียเงินไปโดยเปล่า ประโยชน์ ในขณะที่จัดการ เรียนรู้ครูต้องแสดงวัสดุ อุปกรณ์ทุกชิ้นให้นักเรียน เห็นอย่างชัดเจน พร้อมทั้ง อธิบายเงื่อนไขการสร้าง และเกณฑ์การประเมิน แบบจำลอง เพื่อให้นักเรียน ทราบแนวทางในการสร้าง ชิ้นงานให้ได้คะแนนมาก</p>	

ที่สุด นอกจากนั้นครูต้องอธิบายให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการวางแผน โดยการนำองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่สืบค้นได้มาประกอบ การตัดสินใจ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนรู้แนวทางในการสร้างแบบจำลองและใช้เวลาในการสร้างน้อยลง ดังนั้นครูต้องตรวจสอบว่านักเรียนทุกคนได้ใช้องค์ความรู้ STEM ในการวางแผนสร้างแบบจำลองหรือไม่ จากนั้นนักเรียนจะช่วยกันระดมความคิดเพื่อวางแผนในการสร้างแบบจำลอง สิ่งที่สำคัญที่สุดในขั้นนี้คือ นักเรียนต้องนำองค์ความรู้ที่ได้จากขั้นการ



ชี้แจงปัญหามาเป็นส่วน
สำคัญในการวางแผน เช่น
การวางแผนสร้างกล่อง
สัญญาณกันขโมย นักเรียน
จะได้ออกแบบลักษณะของ
กล่อง และต้องรู้คุณสมบัติ
ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
ทุกชิ้น หากนักเรียนไม่รู้
คุณสมบัติของอุปกรณ์
อิเล็กทรอนิกส์ จะทำให้
นักเรียนต่อวงจรไม่ถูกต้อง
จะเห็นว่าองค์ความรู้ของแต่ละ
สาขาวิชามีความจำเป็น
ต่อการวางแผน เพื่อให้
นักเรียนสามารถเลือก
แนวทางในการวางแผน
สร้างชิ้นงานอย่างเหมาะสม



ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรถูกปฏิบัติที่ 1	วงจรถูกปฏิบัติที่ 2	วงจรถูกปฏิบัติที่ 3	แนวทางการจัดการเรียนรู้
<p>ขั้นที่ 4 การวางแผนฉุกเฉิน</p>	<p>ครูควรรกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันวางแผนฉุกเฉิน เพราะแผนฉุกเฉินจะเป็นตัวช่วยในการแก้ปัญหาให้เกิดขึ้น ในขณะที่การจัดการเรียนรู้ของนักเรียนบางคนไม่สนใจช่วยเพื่อนวางแผนฉุกเฉิน ซึ่งส่งผลให้นักเรียนไม่ได้ฝึกทักษะในด้านนี้ ดังนั้น ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนช่วยกันวางแผนฉุกเฉิน</p>	<p>ครูควรรกระตุ้นให้นักเรียนนำหลักการที่เกี่ยวกับ STEM มาเป็นส่วนสำคัญในการวางแผนแก้ปัญหา และเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการวางแผนฉุกเฉิน</p>	<p>ครูให้นักเรียนทำการทดสอบแบบจำลองตามแผนแรกก่อนส่งผลให้นักเรียนเห็นข้อบกพร่องของชิ้นงานอย่างชัดเจน นำไปสู่การวางแผนฉุกเฉินเพื่อแก้ปัญหาได้ตรงประเด็นมากขึ้น</p>	<p>ครูควรเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของแผนฉุกเฉิน การที่นักเรียนมีแผนการฉุกเฉินจะช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาหรือปรับปรุงข้อผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว เพราะไม่ต้องวางแผนใหม่ สามารถนำแผนสำรองมาประยุกต์ใช้ได้เหมาะสมได้เลย จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมความคิดในการวางแผนฉุกเฉิน และต้องสามารถอธิบายแผนการฉุกเฉินให้ผู้อื่นเข้าใจได้ สิ่งที่ควรเน้นย้ำจะเหมือนกับขั้น</p>

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรมติบัตรที่ 1	วงจรมติบัตรที่ 2	วงจรมติบัตรที่ 3	แนวทางการจัดการเรียนรู้
<p>ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้</p>	<p>วงจรมติบัตรที่ 1</p>	<p>วงจรมติบัตรที่ 2</p>	<p>วงจรมติบัตรที่ 3</p>	<p>แนวทางการจัดการเรียนรู้</p>
<p>ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้</p>	<p>วงจรมติบัตรที่ 1</p>	<p>วงจรมติบัตรที่ 2</p>	<p>วงจรมติบัตรที่ 3</p>	<p>แนวทางการจัดการเรียนรู้</p>
<p>ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้</p>	<p>วงจรมติบัตรที่ 1</p>	<p>วงจรมติบัตรที่ 2</p>	<p>วงจรมติบัตรที่ 3</p>	<p>แนวทางการจัดการเรียนรู้</p>

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรมุ่งปฏิบัติการ	วงจรมุ่งปฏิบัติการ	แนวทางการจัดการเรียนรู้
วงจรมุ่งปฏิบัติการที่ 1	วงจรมุ่งปฏิบัติการที่ 2	วงจรมุ่งปฏิบัติการที่ 3	แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
<p>ทำแบบลองผิดลองถูก ปรับปรุงแบบจำลองมาก ไม่ได้ใช้องค์ความรู้ที่สืบค้น เก็บความจำเป็น มาก่อนหน้านั้นเลย</p>	<p>จะให้โอกาสนักเรียนอีก 1 ครั้ง ในการปรับปรุง แบบจำลองเป็นครั้งสุดท้าย โดยใช้ข้อผิดพลาดจาก แผนการแรกและแผนการ ฉุกเฉินมาปรับปรุงซึ่งงานให้ ดีขึ้น และนักเรียนจะต้อง เลือกว่าต้องการสร้าง แบบจำลองในลักษณะใด พร้อมให้เหตุผล, ผล ประกอบการเลือกด้วยว่า ทำไมจึงเลือกสร้าง แบบจำลองในลักษณะนี้ เมื่อนักเรียนได้ออก แบบจำลองที่ต้องการสร้าง ได้แล้ว ครูควรให้อิสระกับ</p>		

นักเรียนในการปรับปรุง
แบบจำลองครั้งสุดท้าย
เนื่องด้วยการสร้าง
แบบจำลองเป็นการให้
นักเรียนลงมือปฏิบัติจริงใน
การแก้ปัญหา ฉะนั้นครูควร
ให้เวลาในขั้นตอนนี้ให้มาก
หน่อย เพราะนักเรียน
จะต้องใช้เวลาในการสร้าง
ทดสอบ และเลือกสร้าง
แบบจำลองที่มี
ประสิทธิภาพมากที่สุด แต่
ถึงอย่างไร ต้องจำกัดเวลา
ในการสร้างแบบจำลองให้
เหมาะสม เพื่อป้องกัน
นักเรียนใช้วิธีแบบลองผิด
ลองถูกในการสร้าง
แบบจำลอง



ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรถูกปฏิบัติ	แนวทางการจัดการเรียนรู้
วงจรถูกปฏิบัติที่ 1	วงจรถูกปฏิบัติที่ 2	วงจรถูกปฏิบัติที่ 3
<p>ครูควรให้นักเรียนมา นำเสนอชิ้นงานหน้าชั้น เรียน เพื่อให้เพื่อนกลุ่มอื่น เห็นโดยทั่วกันและสามารถ แสดงความคิดเห็นได้ และ ตัวครูเองจะสามารถได้ง่าย ประเมินแบบจำลองได้ง่าย</p>	<p>ถึงแม้ว่าทุกกลุ่มจะได้ นำเสนอแบบจำลอง แต่ อยากรู้ก็ตาม ครูควรเลือก กลุ่มนักเรียนที่มีผลการ ประเมินสูงสุดมานำเสนออีก ครั้ง เพื่อเป็นตัวอย่างที่ดี ให้แก่กลุ่มอื่น</p>	<p>ครูและนักเรียนร่วมกัน ประเมินชิ้นงานของแต่ละ กลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยนักเรียนทุกคนต้องได้ นำเสนอผลงานของตนเอง ต้องอธิบายความรู้ที่นำมาใช้ ในการสร้างแบบจำลอง สุดท้ายครูต้องสรุปกิจกรรม และความรู้ทั้งหมดที่ เกี่ยวข้องให้นักเรียนฟังอีกครั้ง เพื่อให้ให้นักเรียนมีความ เข้าใจที่ถูกต้องและเป็นการ เสริมความรู้ที่ขาดให้แก่นักเรียน</p>
<p>ขั้นที่ 6 การประเมิน</p>		<p>แนวคิดสะเต็มศึกษา</p>

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

1. การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัยศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยการวิเคราะห์ผลในสองส่วนคือ 1) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้จากการใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนแต่ละคนที่แสดงถึงความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ 2) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แต่ละวงจรปฏิบัติการ ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ที่ได้จากการใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ วิเคราะห์ออกมาเป็นคะแนนเฉลี่ยและร้อยละจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยเทียบกับเกณฑ์การประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้วิจัยวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน จาก 5 พฤติกรรม ได้แก่ การสรุปอ้างอิง การระบุข้อตกลงเบื้องต้น การนิรนัย การตีความ และการประเมินข้อโต้แย้ง

1.1 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

1.1.1 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

ผู้วิจัยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ในวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2565 รวมเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง หมูบ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.08 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 47.2 รายละเอียดคะแนนแสดงดังตาราง 13

ตาราง 11 แสดงคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

นักเรียน	องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ					คะแนนรวม (15)
	การสรุป อ้างอิง (3)	การระบุ ข้อตกลง เบื้องต้น (3)	การนิรนัย (3)	การ ตีความ (3)	การ ประเมิน ข้อโต้แย้ง (3)	
1	2	1	1	1	2	7
2	2	1	2	1	2	8
3	1	2	1	1	2	7
4	1	1	1	1	2	6
5	1	2	1	1	2	7
6	2	1	1	1	2	7
7	2	2	1	1	2	8
8	2	2	2	2	2	10
9	1	2	1	1	1	6
10	1	2	1	1	1	6
11	1	2	1	1	2	7
12	2	1	1	1	2	7
13	1	1	2	1	1	6
คะแนนเฉลี่ย	1.46	1.54	1.23	1.08	1.77	7.08

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมกรรมการประเมินข้อโต้แย้งได้มากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมกรรมการตีความเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การสรุปอ้างอิง

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราว ครอบคลุมตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวได้ แต่ไม่

ครอบคลุมตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ คิดเป็นร้อยละ 46.15 และนักเรียนที่ไม่สามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ได้ คิดเป็นร้อยละ 53.85 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากไม่สามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ได้

การระบุข้อตกลงเบื้องต้น

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ทั้งหมดว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้เป็นบางส่วนว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ คิดเป็นร้อยละ 53.85 และนักเรียนที่ไม่สามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ คิดเป็นร้อยละ 46.15 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้เป็นบางส่วนว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์

การนิรนัย

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุและอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุทั้งหมด เพื่อสรุปเป็นผลของสถานการณ์นั้น คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุมาสรุปเป็นผลของสถานการณ์ได้ คิดเป็นร้อยละ 23.08 และนักเรียนที่ไม่สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ คิดเป็นร้อยละ 76.92 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากไม่สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้

การตีความ

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้อย่างมีเหตุผลเพียงพอ คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้ คิดเป็นร้อยละ 7.69 และนักเรียนที่ไม่สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ คิดเป็นร้อยละ 92.31 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากไม่สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่

การประเมินข้อโต้แย้ง

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ และตัดสินความถูกต้องของ ข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับ สถานการณ์ที่กำหนดให้ คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ แต่ ไม่ได้ตัดสินความถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่ง เกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ คิดเป็นร้อยละ 76.92 และนักเรียนที่ไม่สามารถประเมิน ข้อสรุปของสถานการณ์ได้ คิดเป็นร้อยละ 23.08 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถประเมินข้อสรุป ของสถานการณ์ได้ แต่ไม่ได้ตัดสินความถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้อง ด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

1.1.2 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการ จัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

ผู้วิจัยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ในการวัด ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็น ฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน ในวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2565 รวมเวลา ทั้งหมด 4 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 10.12 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 67.47 รายละเอียดคะแนน แสดงดังตาราง 14

ตาราง 12 แสดงคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

นักเรียน	องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ					คะแนนรวม (15)
	การสรุป อ้างอิง (3)	การระบุ ข้อตกลง เบื้องต้น (3)	การนิรนัย (3)	การ ตีความ (3)	การ ประเมิน ข้อโต้แย้ง (3)	
1	2	2	2	2	2	10
2	2	2	2	2	3	11
3	2	2	2	2	2	10
4	2	2	2	1	2	9
5	2	2	2	2	2	10
6	2	2	2	2	2	10
7	2	2	2	2	3	11
8	3	2	3	2	3	13
9	2	2	2	2	1	9
10	2	2	2	2	1	9
11	2	2	2	2	2	10
12	2	2	2	2	2	10
13	2	2	2	2	1	9
คะแนนเฉลี่ย	2.08	2.00	2.08	1.92	2.00	10.12

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมสรุปอ้างอิงและพฤติกรรมการนิรนัยได้มากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมการตีความ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การสรุปอ้างอิง

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราว ครอบคลุมตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 7.69 นักเรียนที่สามารถแสดงความคิด

คิดเห็นต่อเรื่องราวได้ แต่ไม่ครอบคลุมตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 92.31 และนักเรียนที่ไม่สามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวได้ แต่ไม่ครอบคลุมตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้

การระบุข้อตกลงเบื้องต้น

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ทั้งหมดว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ เท่าเดิมคิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้เป็นบางส่วนว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 100 และนักเรียนที่ไม่สามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้เป็นบางส่วนว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์

การนิรนัย

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุและอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุทั้งหมด เพื่อสรุปเป็นผลของสถานการณ์นั้น เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 7.69 นักเรียนที่สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุมาสรุปเป็นผลของสถานการณ์ได้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 92.31 และนักเรียนที่ไม่สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุมาสรุปเป็นผลของสถานการณ์ได้

การตีความ

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้อย่างมีเหตุผลเพียงพอ เท่าเดิมคิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 92.31 และนักเรียนที่ไม่สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 7.69 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถคิดพิจารณาข้อความ

ย่อได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้

การประเมินข้อโต้แย้ง

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ และตัดสินใจถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 23.08 นักเรียนที่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ แต่ไม่ได้ตัดสินใจถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 53.84 และนักเรียนที่ไม่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 23.08 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ แต่ไม่ได้ตัดสินใจถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

1.1.3 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ผู้วิจัยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2565 รวมเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.04 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80.27 รายละเอียดคะแนนแสดงดังตาราง 15

ตาราง 13 แสดงคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

นักเรียน	องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ					คะแนนรวม (15)
	การสรุป อ้างอิง (3)	การระบุ ข้อตกลง เบื้องต้น (3)	การนิรนัย (3)	การ ตีความ (3)	การ ประเมิน ข้อโต้แย้ง (3)	
1	3	3	2	2	2	12
2	2	2	3	3	3	13
3	3	2	2	2	3	12
4	2	3	2	2	2	11
5	3	2	2	2	3	12
6	2	3	3	2	2	12
7	3	2	2	3	3	13
8	3	3	3	3	3	15
9	3	2	2	2	2	11
10	2	3	2	2	2	11
11	3	3	2	2	2	12
12	2	2	3	3	2	12
13	3	2	2	2	2	11
คะแนนเฉลี่ย	2.62	2.46	2.31	2.31	2.38	12.04

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการสรุปอ้างอิงได้มากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมการนิรนัยและพฤติกรรมการตีความ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การสรุปอ้างอิง

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราว ครอบคลุมตามข้อมูลที่

ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 61.54 นักเรียนที่สามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวได้ แต่ไม่ครอบคลุมตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 38.46 และนักเรียนที่ไม่สามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราว ครอบคลุมตามข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้

การระบุข้อตกลงเบื้องต้น

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ทั้งหมดว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 46.15 นักเรียนที่สามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้เป็นบางส่วนว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 53.85 และนักเรียนที่ไม่สามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถพิจารณาและตัดสินข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้เป็นบางส่วนว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์

การนิรนัย

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุและอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุทั้งหมด เพื่อสรุปเป็นผลของสถานการณ์นั้น เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 30.77 นักเรียนที่สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุมาสรุปเป็นผลของสถานการณ์ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 69.23 และนักเรียนที่ไม่สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของสถานการณ์ได้ โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุมาสรุปเป็นผลของสถานการณ์ได้

การตีความ

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้อย่างมีเหตุผลเพียงพอ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 30.77 นักเรียนที่สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 69.23 และนักเรียนที่ไม่สามารถคิดพิจารณาข้อความย่อได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่

กำหนดไว้หรือไม่ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถคิดพิจารณาข้อความย่อๆ ได้ว่าเป็นความจริงตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้

การประเมินข้อโต้แย้ง

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ และตัดสินความถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 38.46 นักเรียนที่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ แต่ไม่ได้ตัดสินความถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 61.54 และนักเรียนที่ไม่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ แต่ไม่ได้ตัดสินความถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

ผลจากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ดังตาราง 16

ตาราง 14 แสดงสรุปคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3

องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ						
วงจรปฏิบัติการ	การระบุ			การประเมิน		
	การสรุปอ้างอิง (3)	ข้อตกลงเบื้องต้น (3)	การนิรนัย (3)	การตีความ (3)	ข้อโต้แย้ง (3)	คะแนนรวม (15)
1	1.46	1.54	1.23	1.08	1.77	7.08
2	2.08	2.00	2.08	1.92	2.00	10.12
3	2.62	2.46	2.31	2.31	2.38	12.04

จากตาราง จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนมีคะแนนการ พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ที่ 7.08 คะแนน แต่เมื่อถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีคะแนนการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปในแนวทางที่ดีขึ้นอยู่ที่ 12.04 คะแนน นอกจากผลการสังเกตของผู้วิจัยในการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 แล้ว ผู้วิจัยยังมีการวิเคราะห์ความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนจากผลการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วย การใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังจากสิ้นสุดแต่ละวงจรปฏิบัติการ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แสดงดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.2 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดการ เรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

1.2.1 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการ จัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง สมบัติของ ลิซ่า ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ นักเรียน เรื่อง สมบัติของลิซ่า พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน มี คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.08 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 41.6 ระดับคุณภาพ พอใช้ รายละเอียดคะแนนแสดงดังตาราง 17

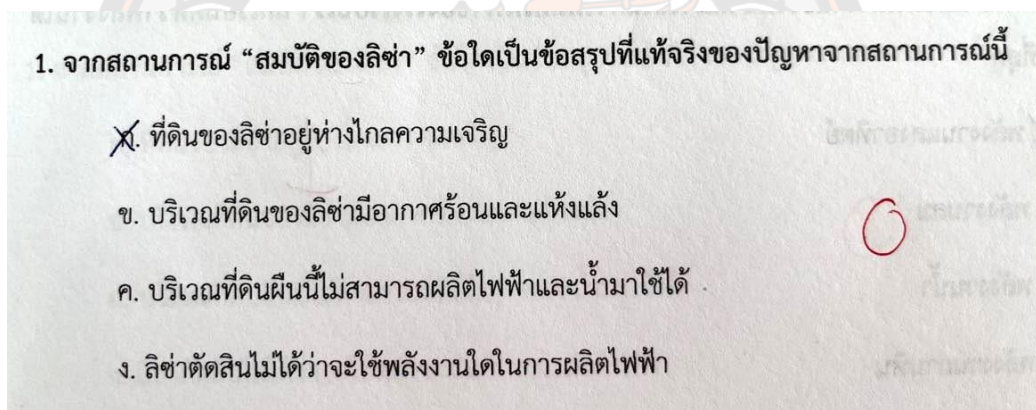
ตาราง 15 แสดงคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

นักเรียน	องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ						ระดับคุณภาพ
	การสรุป อ้างอิง (1)	การระบุ		การประเมิน		คะแนนรวม (5)	
		ข้อตกลง เบื้องต้น (1)	การนิรนัย (1)	การตีความ (1)	ข้อโต้แย้ง (1)		
1	1	0	0	0	1	2	พอใช้
2	1	0	1	0	1	3	พอใช้
3	0	1	0	0	1	2	พอใช้
4	0	0	0	0	1	1	ปรับปรุง
5	0	1	0	0	1	2	พอใช้
6	1	0	0	0	1	2	พอใช้
7	1	1	0	0	1	3	พอใช้
8	1	1	1	1	1	5	ดี
9	0	1	0	0	0	1	ปรับปรุง
10	0	1	0	0	0	1	ปรับปรุง
11	0	1	0	0	1	2	พอใช้
12	1	0	0	0	1	2	พอใช้
13	0	0	1	0	0	1	ปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ย	0.46	0.54	0.23	0.08	0.77	2.08	พอใช้

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมกรรมการประเมินข้อโต้แย้งได้มากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมกรรมการตีความเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การสรุปอ้างอิง

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง สมบัติของลิซ่า แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถสรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้ คิดเป็นร้อยละ 46.15 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถสรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้ คิดเป็นร้อยละ 53.85 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากไม่สามารถสรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า จากสถานการณ์ สมบัติของลิซ่า ข้อใดเป็นข้อสรุปที่แท้จริงของปัญหาจากสถานการณ์นี้ นักเรียนจะตอบข้อ ก. ที่ดินของลิซ่าอยู่ห่างไกลความเจริญ ข้อ ข. บริเวณที่ดินของลิซ่ามีอากาศร้อนและแห้งแล้ง และข้อ ค. บริเวณที่ดินผืนนี้ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าและนำมาใช้ได้ ซึ่งทั้ง 3 ข้อ เป็นคำตอบที่ผิด คำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ ง. ลิซ่าตัดสินใจไม่ได้ว่าจะใช้พลังงานใดในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งเป็นคำตอบที่สามารถสรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้ แสดงดังภาพ 3

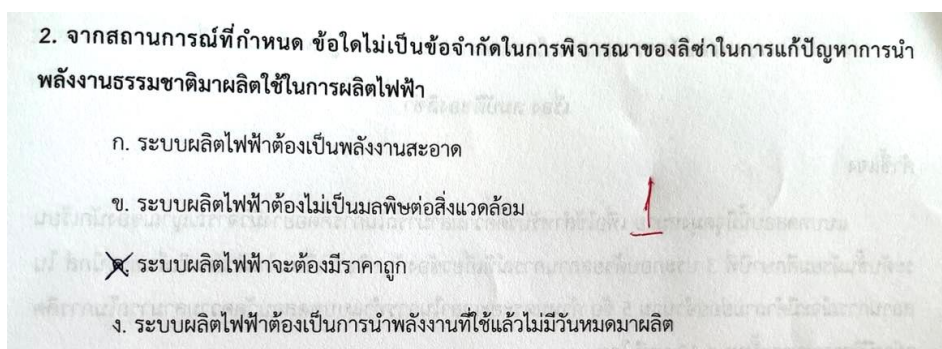


ภาพ 3 แสดงคำตอบของนักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่สรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้

การระบุข้อตกลงเบื้องต้น

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง สมบัติของลิซ่า แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้ คิดเป็นร้อยละ 53.85 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้ คิดเป็นร้อยละ 46.15 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้ แต่จากคะแนนเฉลี่ยที่ได้คือ 0.54 คะแนน จากคะแนนเต็ม 1 คะแนน ถือว่าเป็นคะแนนที่ผ่านเกณฑ์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า จากสถานการณ์ที่กำหนด ข้อใดไม่เป็นข้อจำกัดในการ

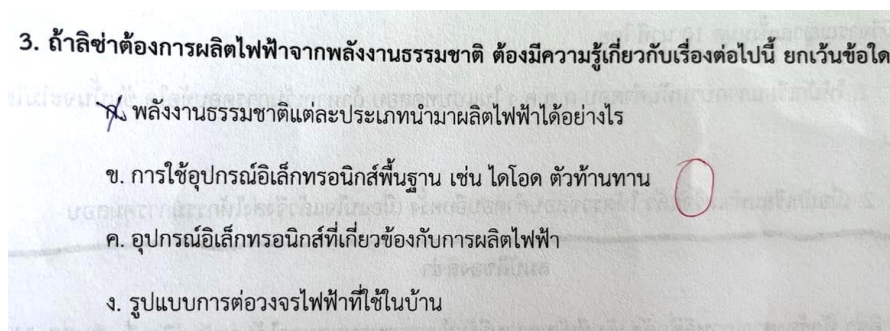
พิจารณาของลิซ่าในการแก้ปัญหาการนำพลังงานธรรมชาติมาผลิตใช้ในการผลิตไฟฟ้า นักเรียนตอบ
ข้อ ค. ระบบผลิตไฟฟ้าจะต้องมีราคาถูกลง ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงดังภาพ 4



ภาพ 4 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้

การนิรนัย

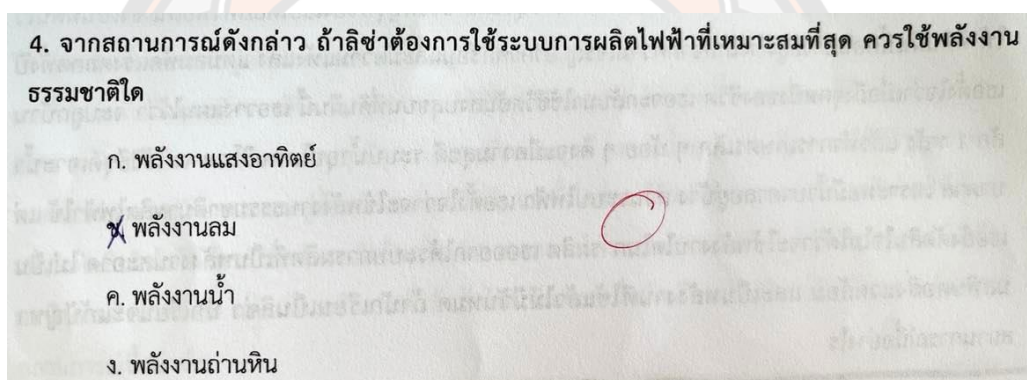
แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง สมบัติของลิซ่า แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้ คิดเป็นร้อยละ 23.08 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้ คิดเป็นร้อยละ 76.92 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากไม่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า ถ้า ลิซ่าต้องการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติ ต้องมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องต่อไปนี้ ยกเว้นข้อใด นักเรียน จะตอบข้อ ก. พลังงานธรรมชาติแต่ละประเภทนำมาผลิตไฟฟ้าได้อย่างไร ข้อ ค. อุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้า และข้อ ง. รูปแบบการต่อวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในบ้าน ซึ่งทั้ง 3 ข้อ เป็นคำตอบที่ผิด คำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ ข. การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน เช่น ไดโอด ตัวต้านทาน ซึ่งเป็นคำตอบที่สามารถนำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้ แสดงดังภาพ 5



ภาพ 5 แสดงคำตอบของนักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้

การตีความ

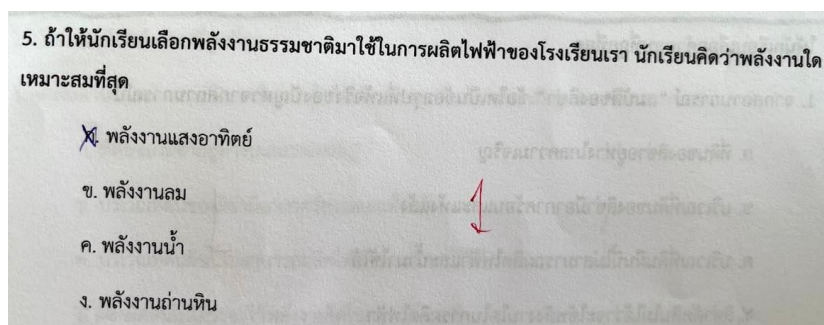
แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดจากอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง สมบัติของลิซ่า แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้ คิดเป็นร้อยละ 7.69 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้ คิดเป็นร้อยละ 92.31 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากไม่สามารถสามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า สถานการณ์ดังกล่าว ถ้าลิซ่าต้องการใช้ระบบการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด ควรใช้พลังงานธรรมชาติใด นักเรียนจะตอบข้อ ข. พลังงานลม ข้อ ค. พลังงานน้ำ และข้อ ง. พลังงานถ่านหิน ซึ่งทั้ง 3 ข้อ เป็นคำตอบที่ผิด คำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ ก. พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นคำตอบที่สามารถพิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอ แสดงดังภาพ 6



ภาพ 6 แสดงคำตอบของนักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้

การประเมินข้อโต้แย้ง

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง สมบัติของลิซ่า แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ คิดเป็นร้อยละ 76.92 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ คิดเป็นร้อยละ 23.08 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า ถ้าให้นักเรียนเลือกพลังงานธรรมชาติมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าของโรงเรียนเรา นักเรียนคิดว่าพลังงานใดเหมาะสมที่สุด นักเรียนตอบข้อ ก. พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงดังภาพ 7



ภาพ 7 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

1.2.2 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.62 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 72.40 ระดับคุณภาพ พอใช้ รายละเอียดคะแนนแสดงดังตาราง 18

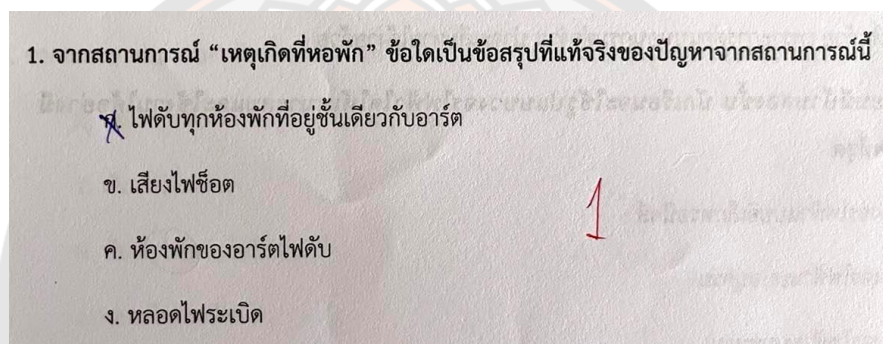
ตาราง 16 แสดงคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

นักเรียน	องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ					คะแนนรวม (5)	ระดับคุณภาพ
	การสรุป อ้างอิง (1)	ข้อตกลง เบื้องต้น (1)	การระบุ การนิรนัย (1)	การ ประเมิน ข้อ โต้แย้ง (1)	การ ประเมิน ข้อ โต้แย้ง (1)		
1	1	1	1	0	1	4	ดี
2	1	1	1	0	0	3	พอใช้
3	1	1	1	1	1	5	ดี
4	1	1	1	0	1	4	ดี
5	1	1	1	1	1	5	ดี
6	1	1	1	1	0	4	ดี
7	1	1	1	0	0	3	พอใช้
8	1	1	1	1	1	5	ดี
9	1	0	1	0	0	2	พอใช้
10	0	1	1	0	1	3	พอใช้
11	0	0	1	1	0	2	พอใช้
12	1	1	1	1	1	5	ดี
13	0	1	1	1	0	3	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย	0.78	0.85	1.00	0.54	0.54	3.62	พอใช้

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการนิรนัยได้มากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมการตีความและการประเมินข้อโต้แย้งเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุดเท่ากัน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การสรุปอ้างอิง

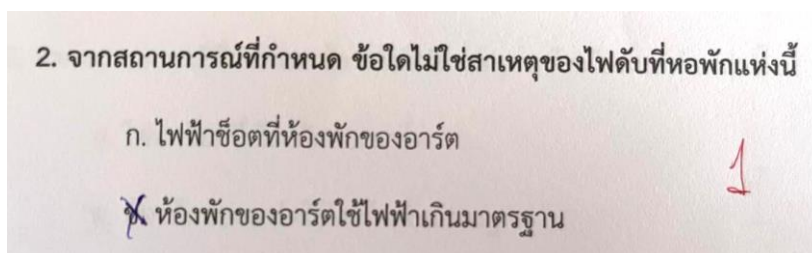
แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถสรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้ เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 76.92 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถสรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้ คิดเป็นร้อยละ 23.08 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถสรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า จากสถานการณ์ เหตุเกิดที่หอพัก ข้อใดเป็นข้อสรุปที่แท้จริงของปัญหาจากสถานการณ์นี้ นักเรียนตอบข้อ ก. ไฟดับทุกห้องพักที่อยู่ชั้นเดียวกับอาร์ต ซึ่ง เป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงดังภาพ 8



ภาพ 8 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่สรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้

การระบุข้อตกลงเบื้องต้น

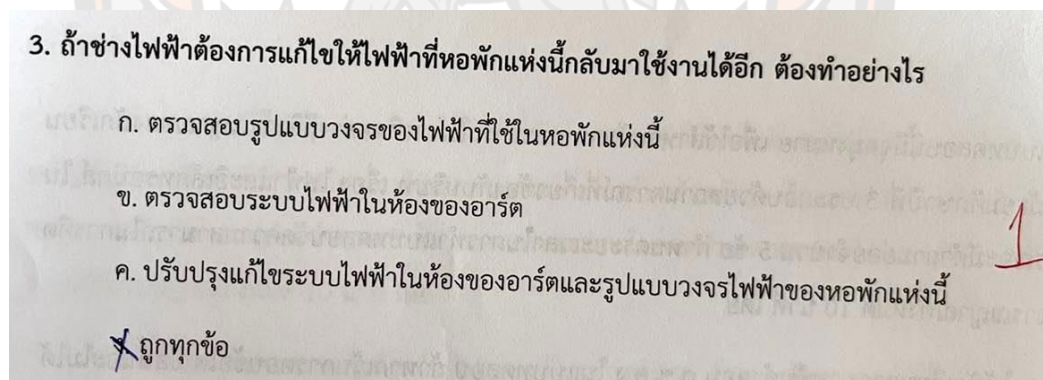
แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้ เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 84.62 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้ คิดเป็นร้อยละ 15.38 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า จากสถานการณ์ที่กำหนด ข้อใดไม่ใช่สาเหตุของไฟดับที่หอพักแห่งนี้ นักเรียนตอบข้อ ข. ห้องพักของอาร์ตใช้ไฟฟ้าเกินมาตรฐาน ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงดังภาพ 9



ภาพ 9 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้

การนิรนัย

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้ เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ไม่มีนักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้เลย จะเห็นว่า นักเรียนทุกคนสามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า ถ้าช่างไฟฟ้าต้องการแก้ไขให้ไฟฟ้าที่หอพักแห่งนี้กลับมาใช้งานได้ อีก ต้องทำอะไร นักเรียนตอบข้อ ง. ถูกทุกข้อ ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงดังภาพ 10

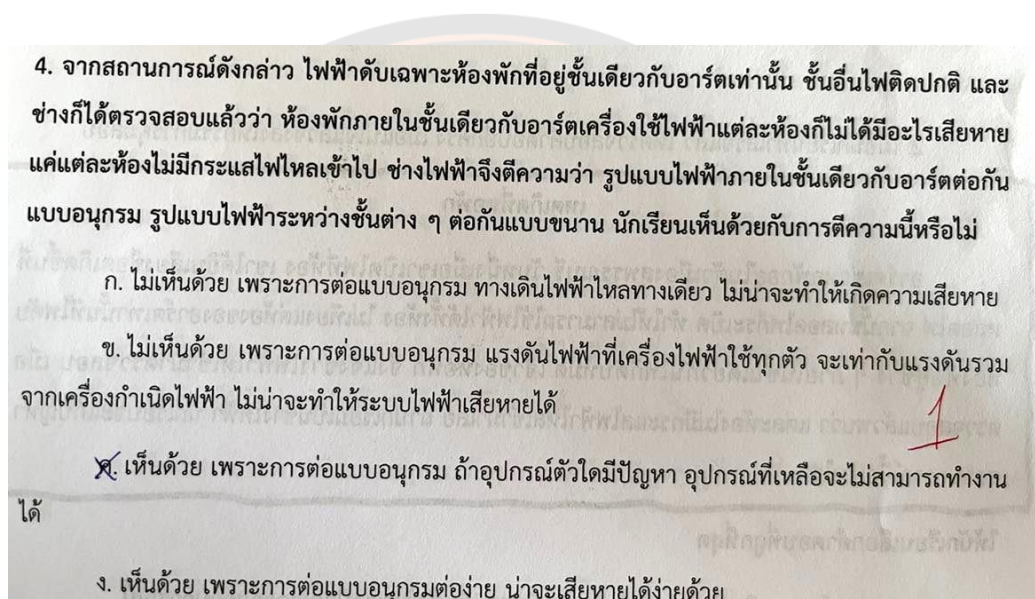


ภาพ 10 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้

การตีความ

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดจากอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้ เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 53.85 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้ คิดเป็นร้อยละ 46.15 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้ แต่จากคะแนนเฉลี่ยที่ได้คือ 0.54 คะแนน จาก

คะแนนเต็ม 1 คะแนน ถือว่าเป็นคะแนนที่ผ่านเกณฑ์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า จากสถานการณ์ดังกล่าว ไฟฟ้าดับเฉพาะห้องพักที่อยู่ชั้นเดียวกับอาร์ตเท่านั้น ชั้นอื่นไฟติดปกติ และช่างก็ได้ตรวจสอบแล้วว่า ห้องพักภายในชั้นเดียวกับอาร์ตเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละห้องก็ไม่ได้มีอะไรเสียหาย แค่แต่ละห้องไม่มีกระแสไฟไหลเข้าไป ช่างไฟฟ้าจึงตีความว่า รูปแบบไฟฟ้าภายในชั้นเดียวกับอาร์ตต่อกันแบบอนุกรม รูปแบบไฟฟ้าระหว่างชั้นต่าง ๆ ต่อกันแบบขนาน นักเรียนเห็นด้วยกับการตีความนี้หรือไม่ นักเรียนตอบข้อ ค. เห็นด้วย เพราะการต่อแบบอนุกรม ถ้าอุปกรณ์ตัวใดมีปัญหา อุปกรณ์ที่เหลือจะไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงดังภาพ 11

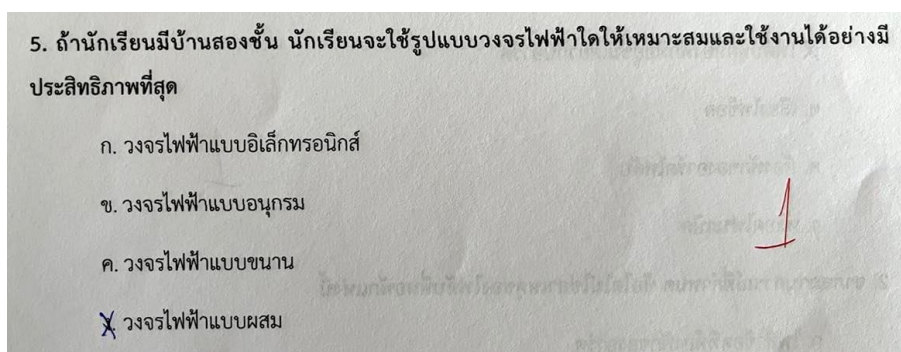


ภาพ 11 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้

การประเมินข้อโต้แย้ง

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ลดลง คิดเป็นร้อยละ 53.85 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ คิดเป็นร้อยละ 46.15 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่จากคะแนนเฉลี่ยที่ได้คือ 0.54 คะแนน จากคะแนนเต็ม 1 คะแนน ถือว่าเป็นคะแนนที่ผ่านเกณฑ์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า ถ้านักเรียนมีบ้านสองชั้น นักเรียนจะใช้รูปแบบวงจรไฟฟ้าใดให้เหมาะสม

และใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด นักเรียนตอบข้อ ง. วงจรไฟฟ้าแบบผสม ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงดังภาพ 12



ภาพ 12 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

1.2.3 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง iphone13 ของเอ็ม ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง iphone13 ของเอ็ม พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 89.20 ระดับคุณภาพ ดี รายละเอียดคะแนนแสดงดังตาราง 19

ตาราง 17 แสดงคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

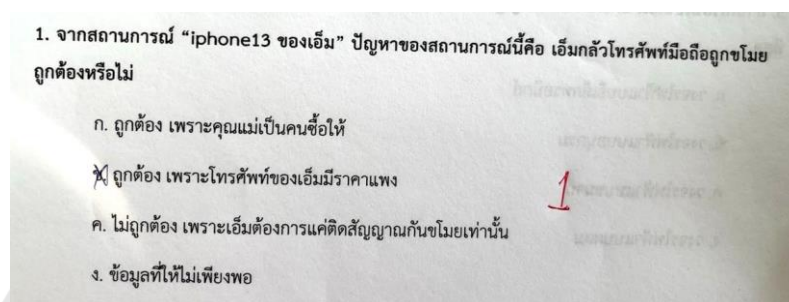
นักเรียน	องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ						คะแนนรวม	ระดับคุณภาพ
	การสรุปอ้างอิง	การระบุข้อตกลงเบื้องต้น		การประเมินข้อโต้แย้ง	การตีความ	การประเมินข้อโต้แย้ง		
		การสรุปอ้างอิง	การระบุข้อตกลงเบื้องต้น					
(1)	(1)	การนิรนัย (1)	(1)	(1)	(5)			
1	1	1	1	0	1	4	ดี	
2	1	1	1	0	1	4	ดี	
3	1	1	1	1	1	5	ดี	
4	1	1	1	0	1	4	ดี	
5	1	1	1	1	1	5	ดี	
6	1	1	1	1	1	5	ดี	
7	1	1	1	1	1	5	ดี	
8	1	1	1	1	1	5	ดี	
9	1	0	1	0	1	3	ดี	
10	0	1	1	0	1	3	ดี	
11	1	1	1	1	1	5	ดี	
12	1	1	1	1	1	5	ดี	
13	0	1	1	1	0	3	พอใช้	
คะแนนเฉลี่ย	0.85	0.92	1.00	0.62	0.92	4.46	ดี	

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการระบุข้อตกลงเบื้องต้นและการประเมินข้อโต้แย้งได้มากที่สุดเท่ากัน ในขณะที่พฤติกรรมการตีความเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การสรุปอ้างอิง

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง iphone13 ของเอ็ม แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถสรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้

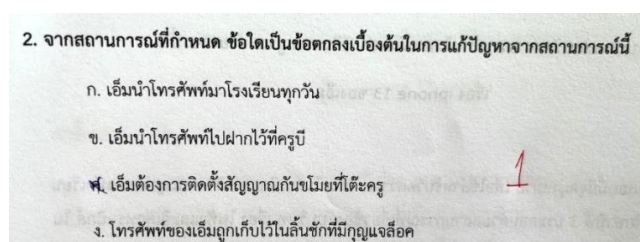
เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 84.62 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถสรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้ คิดเป็นร้อยละ 15.38 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถสรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า จากสถานการณ์ iphone13 ของเอ็ม ปัญหาของสถานการณ์นี้คือ เอ็มกลัวโทรศัพท์มือถือถูกขโมยถูกต้องหรือไม่ นักเรียนตอบข้อ ข. ถูกต้อง เพราะโทรศัพท์ของเอ็มมีราคาแพง ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงดังภาพ 13



ภาพ 13 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่สรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้ทั้งหมดได้

การระบุข้อตกลงเบื้องต้น

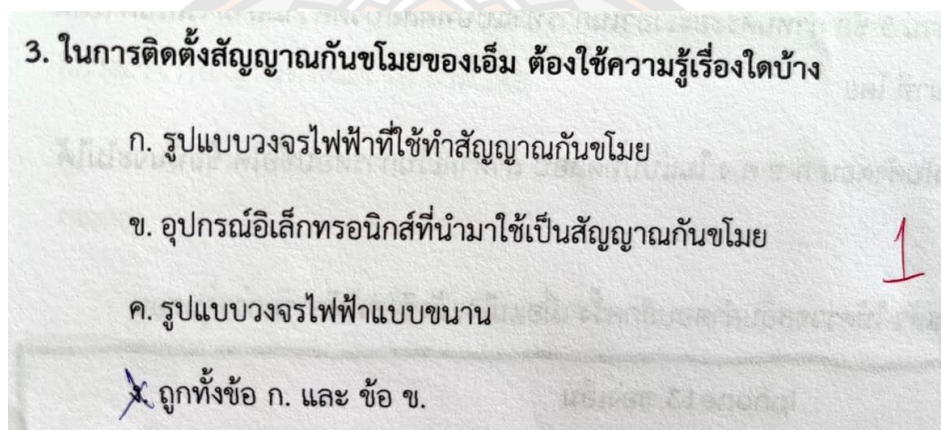
แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง iphone13 ของเอ็ม แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้ เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 92.31 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้ คิดเป็นร้อยละ 7.69 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า จากสถานการณ์ที่กำหนด ข้อใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์นี้ นักเรียนตอบข้อ ค. เอ็มต้องการติดตั้งสัญญาณกันขโมยที่โต๊ะครู ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงดังภาพ 14



ภาพ 14 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้

การนิรนัย

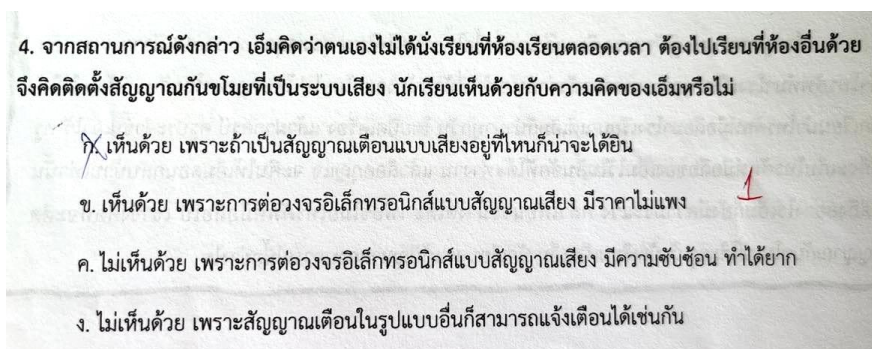
แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้ เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 100 ไม่มีนักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้เลย จะเห็นว่า นักเรียนทุกคนสามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า ในการติดตั้งสัญญาณกันขโมยของเอ็ม ต้องใช้ความรู้เรื่องใดบ้าง นักเรียนตอบข้อ ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ข้อ ข. ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงดังภาพ 15



ภาพ 15 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่นำสาเหตุทั้งหมดมาสรุปเป็นผลได้

การตีความ

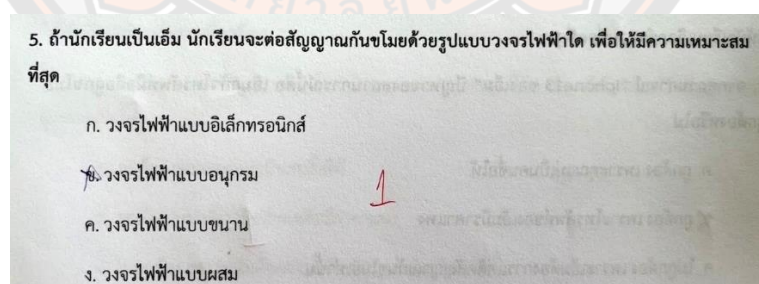
แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดจากอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง iphone13 ของเอ็ม แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้ เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 69.23 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้ คิดเป็นร้อยละ 30.77 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า จากสถานการณ์ดังกล่าว เอ็มคิดว่าตนเองไม่ได้นั่งเรียนที่ห้องเรียนตลอดเวลา ต้องไปเรียนที่ห้องอื่นด้วย จึงคิดติดตั้งสัญญาณกันขโมยที่เป็นระบบเสียง นักเรียนเห็นด้วยกับความคิดของเอ็มหรือไม่ นักเรียนตอบข้อ ก. เห็นด้วย เพราะถ้าเป็นสัญญาณเตือนแบบเสียงอยู่ที่ไหนก็จะได้ยิน ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงดังภาพ 16



ภาพ 16 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่พิจารณาตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอได้

การประเมินข้อโต้แย้ง

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง iphone13 ของ เอ็ม แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ กลับมาเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 92.31 แต่นักเรียนที่ไม่สามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ คิดเป็นร้อยละ 7.69 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า ถ้านักเรียนเป็นเอ็ม นักเรียนจะต่อสัญญาณกันขโมยด้วยรูปแบบวงจรไฟฟ้าใด เพื่อให้มีความเหมาะสมที่สุด นักเรียนตอบข้อ ข. วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงดังภาพ 17



ภาพ 17 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกข้อที่ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

ผลจากการสังเกตพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ดังตาราง 20

ตาราง 18 แสดงสรุปคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3

วงจรปฏิบัติการ	องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ						ระดับคุณภาพ
	การสรุปอ้างอิง (1)	การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (1)	การนิรนัย (1)	การตีความ (1)	การประเมินข้อโต้แย้ง (1)	คะแนนรวม (5)	
1	0.46	0.54	0.23	0.08	0.77	2.08	พอใช้
2	0.78	0.85	1.00	0.54	0.54	3.62	พอใช้
3	0.85	0.92	1.00	0.62	0.92	4.46	ดี

จากตาราง จะเห็นได้ว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเท่ากับ 2.08 คะแนน ระดับคุณภาพ พอใช้ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน ได้ทำการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนอีกครั้งพบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นเป็น 3.62 คะแนน ระดับคุณภาพ พอใช้ และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ได้ทำการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนอีกครั้งหนึ่งพบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สูงขึ้นอีกเป็น 4.46 คะแนน ระดับคุณภาพ ดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลังจากการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทั้ง 3 วงจร นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

1.3 สรุปการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน

ระหว่างจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณร้อยละ 47.20 ระหว่างจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 67.47 และระหว่างจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้นอีกเป็นร้อยละ 80.27 จะเห็นว่าความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ

นักเรียนเพิ่มขึ้นตลอดการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกับผลการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณร้อยละ 41.60 หลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 72.40 และหลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้นอีกเป็นร้อยละ 89.20 จะเห็นว่าความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนเพิ่มขึ้นตลอดหลังการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการเช่นกัน

2. การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัยศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยการวิเคราะห์ผลในสองส่วนคือ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้จากการใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคนที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหาในระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แต่ละวงจรปฏิบัติการ ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ที่ได้จากการใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา วิเคราะห์ออกมาเป็นคะแนนเฉลี่ยและร้อยละจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา โดยเทียบกับเกณฑ์การประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้วิจัยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน จาก 5 พฤติกรรม ได้แก่ การระบุปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา การตรวจสอบผลลัพธ์ และการนำไปประยุกต์ใช้

2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

2.1.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

ผู้วิจัยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาของ ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ในวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2565 รวมเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.15 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 47.67 รายละเอียดคะแนนแสดงดังตาราง 21

ตาราง 19 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

นักเรียน	องค์ประกอบการแก้ปัญหา					คะแนนรวม (15)
	การระบุปัญหา (3)	การวิเคราะห์ปัญหา (3)	การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา (3)		การนำไปประยุกต์ใช้ (3)	
			การตรวจสอบผลลัพธ์ (2)	การนำเสนอ		
1	1	1	2	1	2	7
2	2	1	2	1	2	8
3	1	2	1	1	1	6
4	2	1	1	1	2	7
5	1	1	2	1	1	6
6	2	1	2	1	2	8
7	1	1	1	1	2	6
8	2	1	2	1	2	8
9	1	1	2	2	1	7
10	1	1	2	1	1	6
11	2	1	2	1	2	8
12	2	1	2	1	2	8
13	2	1	1	2	2	8
คะแนนเฉลี่ย	1.54	1.08	1.69	1.15	1.69	7.15

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาและพฤติกรรมการนำไปประยุกต์ใช้ได้มากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมการวิเคราะห์ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การระบุปัญหา

แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่สามารถบอกปัญหาที่สำคัญที่สุดในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถบอกปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ คิดเป็นร้อยละ 53.85 และนักเรียนที่ไม่สามารถบอกปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ คิดเป็นร้อยละ 46.15 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถบอกปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

การวิเคราะห์ปัญหา

แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่สามารถบอกสาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา จากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์ได้ คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาตามสถานการณ์ได้ คิดเป็นร้อยละ 7.69 และนักเรียนที่ไม่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาตามสถานการณ์ได้ คิดเป็นร้อยละ 92.31 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากไม่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาตามสถานการณ์ได้

การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา

แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่สามารถวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหาและสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้ คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหาและนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้ คิดเป็นร้อยละ 69.23 และนักเรียนที่ไม่สามารถวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหา และเชื่อมโยงไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้ คิดเป็นร้อยละ 30.77 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหา และนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้

การตรวจสอบผลลัพธ์

แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่สามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้นสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ และผลที่ได้จะเป็นอย่างไร คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้นสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ คิดเป็นร้อยละ 15.38 และนักเรียนที่ไม่สามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้นสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ คิดเป็นร้อยละ 84.62 จะเห็น

ว่า นักเรียนส่วนมากไม่สามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา นั้น สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่

การนำไปประยุกต์ใช้

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถนำวิธีการที่ถูกต้องไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับ ปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้วได้ คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถนำวิธีการไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้วได้ คิดเป็นร้อยละ 69.23 และนักเรียน ที่ไม่สามารถนำวิธีการไปใช้ในโอกาสข้างหน้าได้ เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบ เห็นมาแล้ว คิดเป็นร้อยละ 30.77 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถนำวิธีการไปใช้ในโอกาส ข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้วได้

2.1.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบ ใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

ผู้วิจัยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน ในการวัดความสามารถใน การแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน ในวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2565 รวมเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าใน ชีวิตประจำวัน พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.08 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60.53 รายละเอียดคะแนนแสดงดังตาราง 22

ตาราง 20 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

นักเรียน	องค์ประกอบการแก้ปัญหา					คะแนนรวม (15)
	การระบุปัญหา (3)	การวิเคราะห์ปัญหา (3)	การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา (3)		การนำไปประยุกต์ใช้ (3)	
			การตรวจสอบผลลัพธ์ (2)	การนำเสนอ (2)		
1	2	2	2	1	2	9
2	2	2	2	2	2	10
3	2	2	1	1	2	8
4	2	2	2	1	2	9
5	1	1	2	2	2	8
6	2	2	2	2	2	10
7	2	2	1	1	2	8
8	2	2	2	2	2	10
9	2	1	2	2	2	9
10	1	2	2	2	1	8
11	2	2	2	2	2	10
12	2	2	2	2	2	10
13	2	2	2	2	2	10
คะแนนเฉลี่ย	1.85	1.85	1.92	1.69	1.92	9.08

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาและพฤติกรรมการนำไปประยุกต์ใช้ได้มากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมการตรวจสอบผลลัพธ์เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การระบุปัญหา

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถบอกปัญหาที่สำคัญที่สุดในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ เท่าเดิมคิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถบอกปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 84.62 และนักเรียนที่ไม่สามารถบอกปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 15.38 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถบอกปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

การวิเคราะห์ปัญหา

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถบอกสาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา จากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์ได้ เท่าเดิมคิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาตามสถานการณ์ได้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 84.62 และนักเรียนที่ไม่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาตามสถานการณ์ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 15.38 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถบอกสาเหตุของปัญหาตามสถานการณ์ได้

การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหาและสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้ เท่าเดิมคิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหา และนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 84.62 และนักเรียนที่ไม่สามารถวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหา และเชื่อมโยงไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 15.38 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหา และนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้

การตรวจสอบผลลัพธ์

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้น สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ และผลที่ได้จะเป็นอย่างไร เท่าเดิมคิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้น สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 69.23 และนักเรียนที่ไม่สามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้น สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 30.77 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้น สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่

การนำไปประยุกต์ใช้

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถนำวิธีการที่ถูกต้องไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้วได้ เท่าเดิมคิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถนำวิธีการไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้วได้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 92.31 และนักเรียนที่ไม่สามารถนำวิธีการไปใช้ในโอกาสข้างหน้าได้ เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้ว ลดลงคิดเป็นร้อยละ 7.69 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถนำวิธีการไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้วได้

2.1.3 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ผู้วิจัยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2565 รวมเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.46 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 76.40 รายละเอียดคะแนนแสดงดังตาราง 23

ตาราง 21 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

นักเรียน	องค์ประกอบการแก้ปัญหา					คะแนนรวม (15)
	การระบุปัญหา (3)	การวิเคราะห์ปัญหา (3)	การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา (3)		การนำไปประยุกต์ใช้ (3)	
			การตรวจสอบผลลัพธ์ (2)	การนำเสนอ (2)		
1	2	2	2	2	3	11
2	3	3	2	2	2	12
3	2	2	2	2	3	11
4	3	2	2	2	2	11
5	2	2	2	2	3	11
6	2	2	3	3	2	12
7	2	2	2	2	3	11
8	3	2	2	2	3	12
9	2	2	3	2	2	11
10	2	2	2	3	2	11
11	3	3	2	2	2	12
12	2	2	3	3	2	12
13	3	2	2	2	3	12
คะแนนเฉลี่ย	2.38	2.15	2.23	2.23	2.08	11.46

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการระบุปัญหาได้มากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมการนำไปประยุกต์ใช้เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การระบุปัญหา

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถบอกปัญหาที่สำคัญที่สุดในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 38.46 นักเรียนที่สามารถบอกปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 61.51 และนักเรียนที่ไม่สามารถบอกปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถบอกปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

การวิเคราะห์ปัญหา

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถบอกสาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา จากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์ได้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 15.38 นักเรียนที่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาตามสถานการณ์ได้ เท่าเดิมคิดเป็นร้อยละ 84.62 และนักเรียนที่ไม่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาตามสถานการณ์ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถบอกสาเหตุของปัญหาตามสถานการณ์ได้

การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหาและสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 23.08 นักเรียนที่สามารถวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหา และนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 76.92 และนักเรียนที่ไม่สามารถวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหา และเชื่อมโยงไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถวางแผนเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหา และนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้

การตรวจสอบผลลัพธ์

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้น สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ และผลที่ได้จะเป็นอย่างไร เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 23.08 นักเรียนที่สามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้น สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 76.92 และนักเรียนที่ไม่สามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้น สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้น สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่

การนำไปประยุกต์ใช้

แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถนำวิธีการที่ถูกต้องไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้วได้ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 46.15 นักเรียนที่สามารถนำวิธีการไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้วได้ ลดลงคิดเป็นร้อยละ 53.85 และนักเรียนที่ไม่สามารถนำวิธีการไปใช้ในโอกาสข้างหน้าได้ เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้ว ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถนำวิธีการไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบเห็นมาแล้วได้

ผลจากการสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ดังตาราง 24

ตาราง 22 แสดงสรุปคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3

องค์ประกอบการแก้ปัญหา						
วงจรปฏิบัติการ	การระบุปัญหา (3)	การวิเคราะห์ปัญหา (3)	การเสนอ		การนำไปประยุกต์ใช้ (3)	คะแนนรวม (15)
			แนวทางในการแก้ปัญหา (3)	การตรวจสอบผลลัพธ์ (3)		
1	1.54	1.08	1.69	1.15	1.69	7.15
2	1.85	1.85	1.92	1.69	1.92	9.08
3	2.38	2.15	2.23	2.23	2.08	11.46

จากตาราง จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนมีคะแนนการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ที่ 7.15 คะแนน แต่เมื่อถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีการมีคะแนนการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาไปในแนวทางที่ดีขึ้นอยู่ที่ 11.46 คะแนน นอกจากผลการสังเกตของผู้วิจัยในการสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียนที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 1-

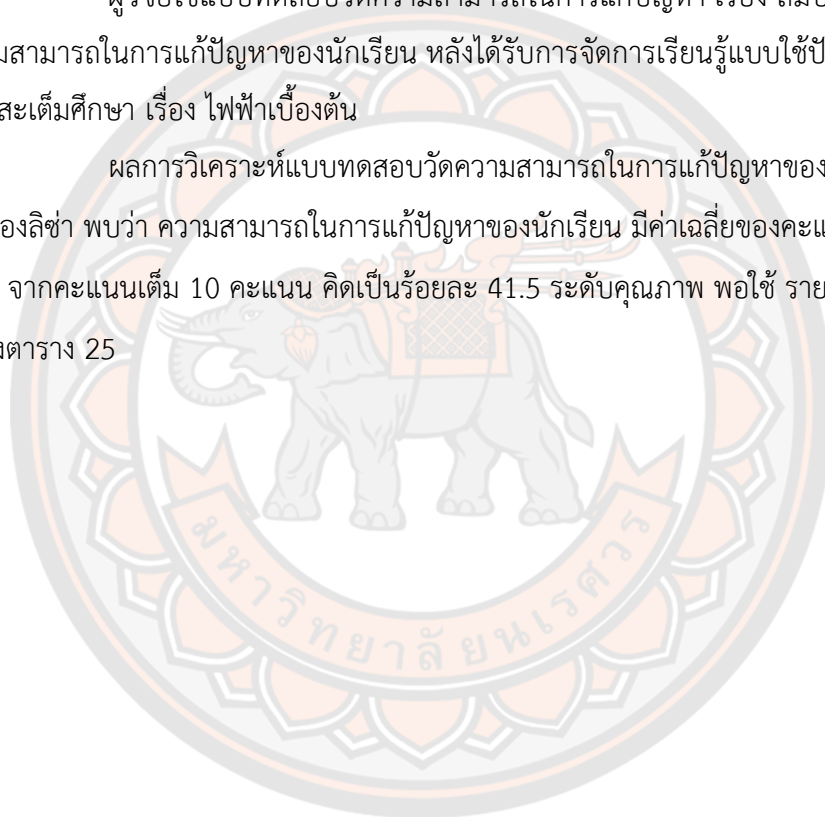
3 แล้ว ผู้วิจัยยังมีการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนจากผลการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยการใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังจากสิ้นสุดแต่ละวงจรปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แสดงดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

2.2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง สมบัติของลิซ่า ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง สมบัติของลิซ่า พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน มีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 4.15 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 41.5 ระดับคุณภาพ พอใช้ รายละเอียดคะแนนแสดงดังตาราง 25



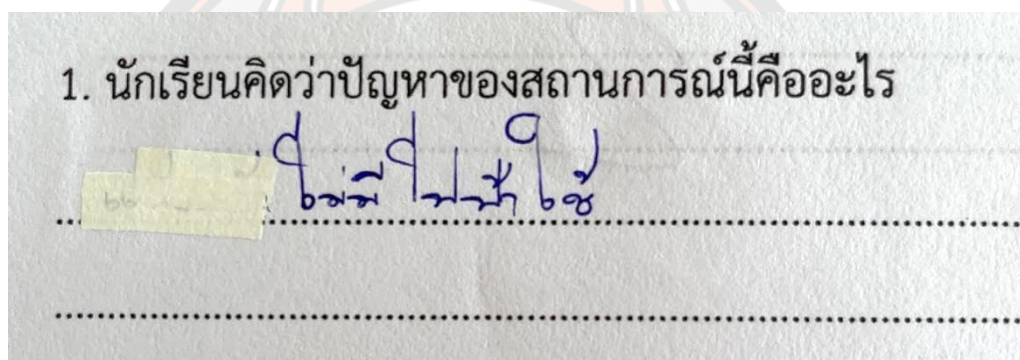
ตาราง 23 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

นักเรียน	องค์ประกอบการแก้ปัญหา					คะแนนรวม (10)	ระดับคุณภาพ
	การเสนอ						
	การระบุปัญหา (2)	การวิเคราะห์ปัญหา (2)	แนวทางในการแก้ปัญหา (2)	การตรวจสอบผลลัพธ์ (2)	การนำไปประยุกต์ใช้ (2)		
	การระบุปัญหา (2)	การวิเคราะห์ปัญหา (2)	แนวทางในการแก้ปัญหา (2)	การตรวจสอบผลลัพธ์ (2)	การนำไปประยุกต์ใช้ (2)		
1	0	1	2	0	1	4	พอใช้
2	1	1	1	1	1	5	พอใช้
3	0	1	1	0	1	3	ปรับปรุง
4	1	1	1	0	1	4	พอใช้
5	0	0	2	0	1	3	ปรับปรุง
6	1	1	2	0	1	5	พอใช้
7	0	1	1	0	1	3	ปรับปรุง
8	1	1	2	0	1	5	พอใช้
9	0	0	1	2	1	4	พอใช้
10	0	0	2	0	1	3	ปรับปรุง
11	1	1	2	0	1	5	พอใช้
12	1	1	2	0	1	5	พอใช้
13	1	1	1	0	1	4	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย	0.54	0.77	1.54	0.23	1.00	4.15	พอใช้

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาได้มากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมการตรวจสอบผลลัพธ์เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การระบุปัญหา

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง สมบัติของลิซ่า แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ระบุปัญหาได้และแสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 53.85 และนักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้ แต่ปัญหานั้นไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ หรือไม่ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 46.15 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ว่า “ไม่มีไฟฟ้าใช้” แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นว่า ลิซ่าตัดสินใจไม่ได้ว่าจะเลือกพลังงานใดมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า แสดงดังภาพ 18

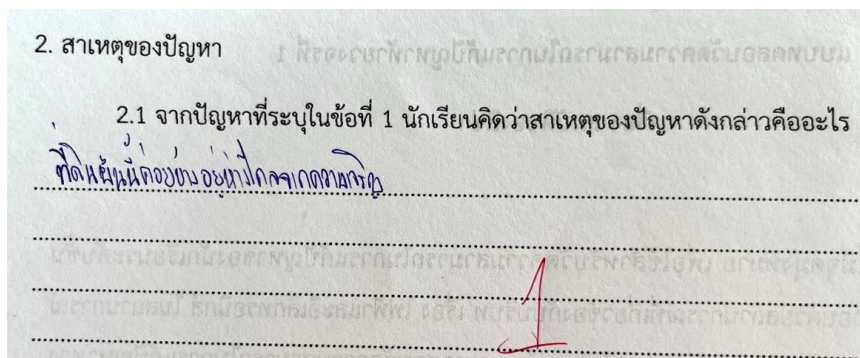


ภาพ 18 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา

การวิเคราะห์ปัญหา

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง สมบัติของลิซ่า แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ได้อย่างครบถ้วน ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.92 และนักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ แต่ไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ หรือไม่ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 23.08 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ว่า ที่ดินผืนนี้ค่อนข้างอยู่ห่างไกลจากความเจริญ แต่ไม่ได้ระบุว่าลิซ่าตั้งใจว่าจะใช้พลังงานธรรมชาติมาผลิตไฟฟ้าใช้

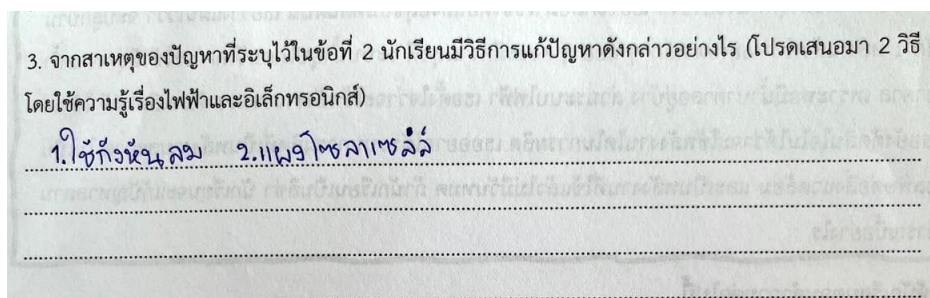
เธอยากได้ระบบการผลิตที่เป็นพลังงานสะอาด ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่มีวันหมด แสดงดังภาพ 19



ภาพ 19 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน

การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง สมบัติของลิซ่า แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 53.85 นักเรียนที่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ได้ โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้เพียง 1 วิธีการ ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 46.15 และนักเรียนที่ไม่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ได้ โดยไม่ได้ใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างเช่น สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้ว่า 1. ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้า และ 2. ใช้พลังงานจากลมในการผลิตไฟฟ้า แสดงดังภาพ 20



ภาพ 20 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และ สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

การตรวจสอบผลลัพธ์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง สมบัติของลิซ่า แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 7.69 นักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือก ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 7.69 และนักเรียนที่ไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ หรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหา หรือไม่ได้ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.62 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ หรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหา หรือไม่ได้ตอบคำถาม ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า หากลิซ่าต้องการให้ผลิตไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องมีระบบส่งไฟฟ้าที่ไกล ๆ นักเรียนจะเลือกวิธีการแก้ปัญหาใดให้เหมาะสมกับสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่า ทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา นักเรียนตอบว่า ปั่นไฟจากลม เพราะพื้นที่ที่ลิซ่าอยู่มีลมพัดพัดแรง ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ตรงประเด็น คำตอบที่ตรงประเด็น คือ เลือกวิธีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพราะอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าอยู่ใกล้บริเวณตัวบ้าน โดยเฉพาะ โซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งอยู่บนหลังคาบ้าน ทำให้ไม่จำเป็นต้องมีระบบส่งไฟฟ้าที่ไกล ๆ แสดงดังภาพ 21

4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 หากลิซ่าต้องการให้ผลิตไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องมีระบบส่งไฟฟ้าที่ไกล ๆ นักเรียนจะเลือกวิธีการแก้ปัญหาใดที่เหมาะสมกับสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา

..... ปัญหาจากลม เพราะ พัดที่ลิซ่าอยู่ลมพัดแรง

.....

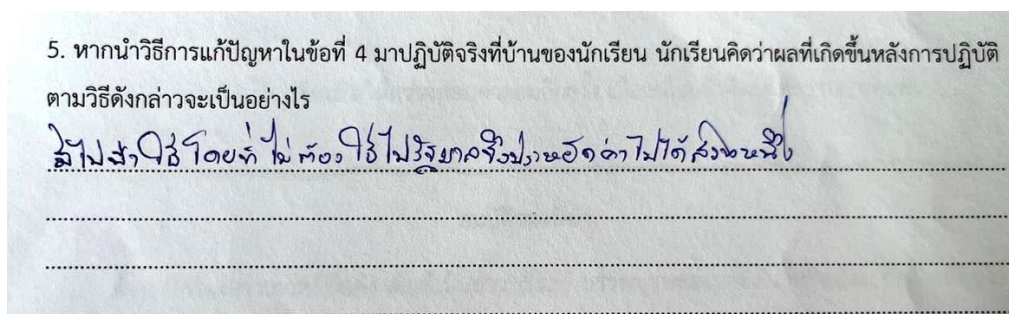
.....

.....

ภาพ 21 แสดงคำตอบของนักเรียนไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้และไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ หรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหา หรือไม่ได้ตอบคำถาม

การนำไปประยุกต์ใช้

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง สมบัติของลิซ่า แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ครบถ้วนและสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 100 และนักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ หรือไม่ได้ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า หากนำวิธีการแก้ปัญหา มาปฏิบัติจริงที่บ้านของนักเรียน นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร คำตอบของนักเรียน คือ มีไฟฟ้าใช้ โดยที่ไม่ต้องใช้ไฟรัฐบาล จึงประหยัดค่าไฟไปได้ส่วนหนึ่ง ซึ่งคำตอบยังไม่ครบถ้วนทั้งหมด คำตอบที่ครบถ้วนคือ แผงโซลาร์เซลล์ บนหลังคาช่วยบังแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบหลังคา ช่วยลดความร้อนของหลังคา ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ แสดงดังภาพ 22



ภาพ 22 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วนโดย สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้

2.2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก ในการ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตาม แนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน มีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 5.31 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 53.1 ระดับคุณภาพ พอใช้ รายละเอียดคะแนน แสดงดังตาราง 26

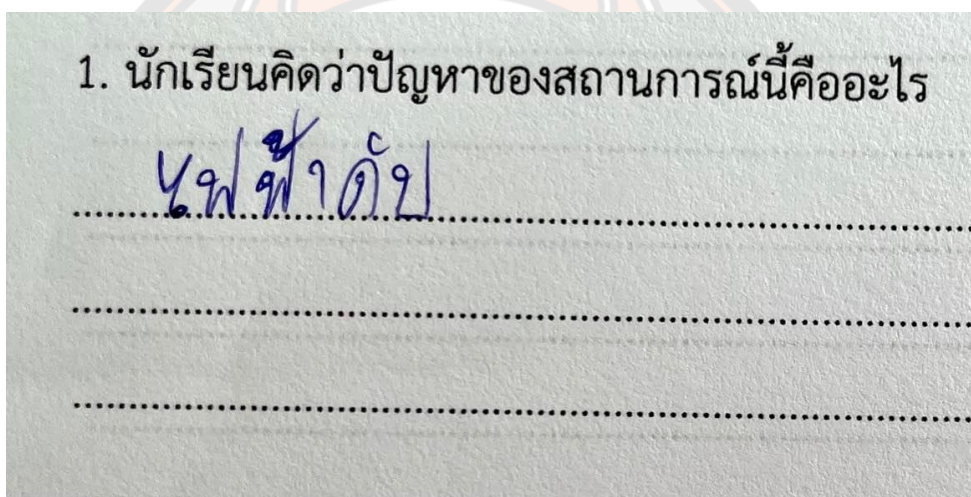
ตาราง 24 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

นักเรียน	องค์ประกอบการแก้ปัญหา					คะแนนรวม (10)	ระดับคุณภาพ
	การเสนอ						
	การวิเคราะห์ปัญหา (2)	การตรวจสอบผลลัพท์ (2)	การนำเสนอ (2)	การนำป้ประยุกต์ใช้ (2)	การวิเคราะห์ปัญหา (2)		
	การวิเคราะห์ปัญหา (2)	การตรวจสอบผลลัพท์ (2)	การนำเสนอ (2)	การนำป้ประยุกต์ใช้ (2)	การวิเคราะห์ปัญหา (2)		
1	1	1	2	1	1	6	พอใช้
2	1	1	1	1	1	5	พอใช้
3	1	1	1	1	1	5	พอใช้
4	1	1	1	1	1	5	พอใช้
5	1	1	2	1	1	6	พอใช้
6	1	1	2	1	1	6	พอใช้
7	1	1	1	1	1	5	พอใช้
8	1	1	2	1	1	6	พอใช้
9	1	1	1	2	1	6	พอใช้
10	1	0	2	0	1	4	พอใช้
11	1	1	2	1	1	6	พอใช้
12	1	1	2	0	1	5	พอใช้
13	1	1	1	0	1	4	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย	1.00	0.92	1.54	0.85	1.00	5.31	พอใช้

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาได้มากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมการตรวจสอบผลลัพท์เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การระบุปัญหา

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ระบุปัญหาได้และแสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ในระดับ 2 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ในระดับ 1 คะแนน เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 100 และนักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้ แต่ปัญหานั้นไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ หรือไม่ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถระบุได้ว่า “ไฟดับที่หอพัก” แต่ไม่แสดงให้เห็นว่า เหตุเกิดจากห้องของอาร์ต แสดงดังภาพ 23

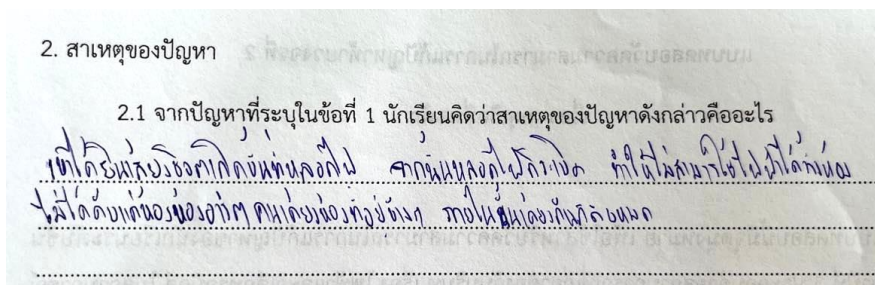


ภาพ 23 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา

การวิเคราะห์ปัญหา

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ได้อย่างครบถ้วน ในระดับ 2 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน ในระดับ 1 คะแนน เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 92.31 และนักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ แต่ไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ หรือไม่ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน ลดลง คิดเป็นร้อยละ 7.69 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ว่า

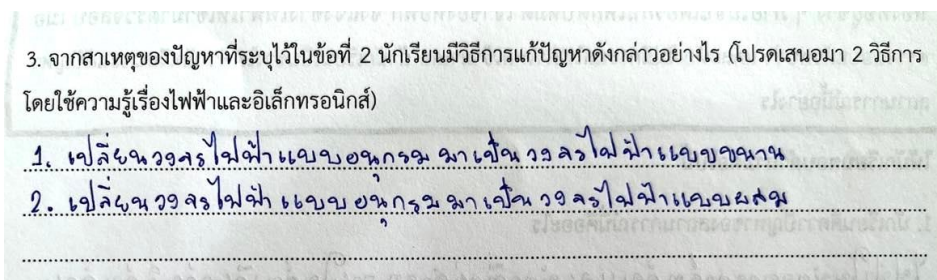
มีเสียงซ็อดที่หลอดไฟ หลอดไฟระเบิด ห้องอาร์ตไฟดับ ห้องที่อยู่ในชั้นเดียวกับอาร์ตก็ไฟดับ แต่ไม่ได้ระบุว่าในแต่ละห้องไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร แสดงดังภาพ 24



ภาพ 24 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน

การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา

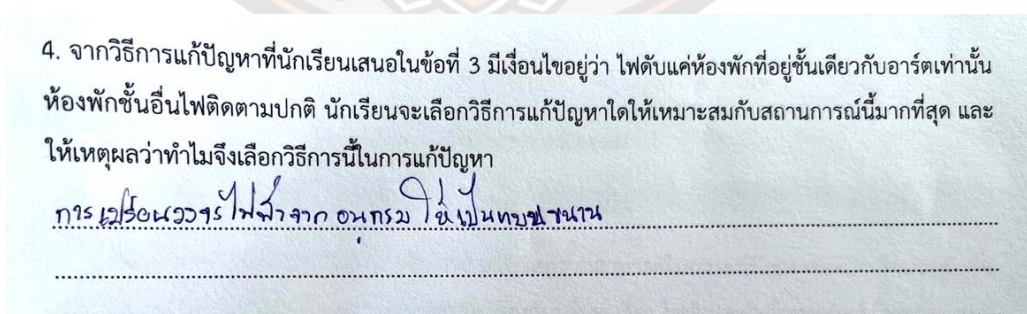
แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในระดับ 2 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 53.85 นักเรียนที่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ได้ โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้เพียง 1 วิธีการ ในระดับ 1 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 46.15 และนักเรียนที่ไม่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ได้ โดยไม่ได้ใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้ว่า 1. เปลี่ยนรูปแบบวงจรไฟฟ้าเป็นแบบขนาน และ 2. เปลี่ยนรูปแบบวงจรไฟฟ้าเป็นแบบผสม แสดงดังภาพ 25



ภาพ 25 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และ สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

การตรวจสอบผลลัพธ์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ ในระดับ 2 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 7.69 นักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือก ในระดับ 1 คะแนน เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 69.23 และนักเรียนที่ไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ หรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหา หรือไม่ได้ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน ลดลง คิดเป็นร้อยละ 23.08 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือก ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ว่า เปลี่ยนรูปแบบวงจรไฟฟ้าในหอพักใหม่เป็นแบบขนาน แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลว่าทำไมจึงเลือกเปลี่ยนวงจรไฟฟ้าในหอพักเป็นแบบขนาน แสดงดังภาพ 26



ภาพ 26 แสดงคำตอบของนักเรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือก

การนำไปประยุกต์ใช้

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง เหตุเกิดที่หอพัก แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ครบถ้วนและสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ ในระดับ 2 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 0 นักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ ในระดับ 1 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 100 และนักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ หรือไม่ได้ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ ตัวอย่างเช่น โจทย์ถามว่า หากนำวิธีการแก้ปัญหามาปฏิบัติจริงที่โรงเรียนของเรา นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร คำตอบของนักเรียน คือ จะไม่มีปัญหาไฟฟ้าดับทุกห้อง แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่นักเรียนไม่ระบุนายละเอียดให้ครบถ้วนชัดเจนมากกว่านี้ แสดงดังภาพ 27

5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริงที่โรงเรียนของเรา นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร

จะไม่มีปัญหาไฟฟ้าดับทุกห้อง

ภาพ 27 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้

2.2.3 ความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ipnone13 ของเอ็ม ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน เรื่อง iphone13 ของเอ็ม พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน มีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 7

คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70 ระดับคุณภาพ ดี รายละเอียดคะแนนแสดง
ดังตาราง 27

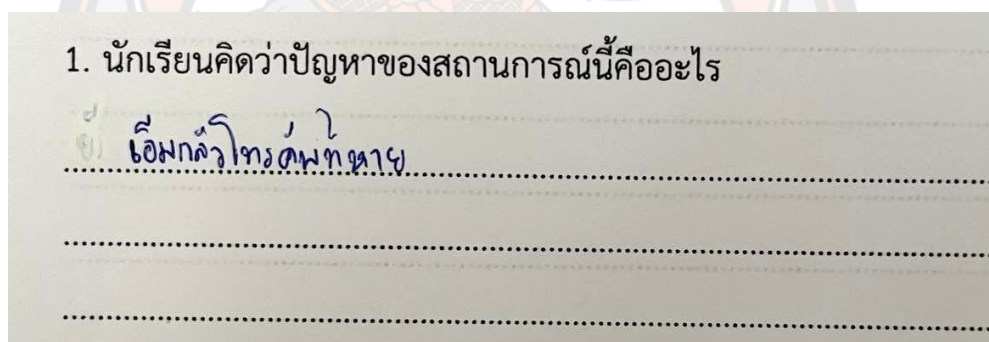
ตาราง 25 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้
แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

นักเรียน	องค์ประกอบการแก้ปัญหา					คะแนน รวม (10)	ระดับ คุณภาพ
	การเสนอ						
	การ ระบุ ปัญหา (2)	การ วิเคราะห์ ปัญหา (2)	แนวทาง ในการ แก้ปัญหา (2)	การ ตรวจสอบ ผลลัพธ์ (2)	การนำไป ประยุกต์ใช้ (2)		
1	1	1	2	1	1	6	พอใช้
2	2	1	1	1	2	7	ดี
3	1	2	1	2	2	8	ดี
4	1	1	2	1	2	7	ดี
5	2	1	2	2	2	9	ดี
6	2	1	2	2	1	8	ดี
7	2	1	2	2	1	8	ดี
8	2	2	2	2	1	9	ดี
9	1	1	1	2	1	6	พอใช้
10	1	1	2	0	1	5	พอใช้
11	1	1	2	1	1	6	พอใช้
12	2	1	2	1	2	8	ดี
13	1	1	1	0	1	4	ปรับปรุง
คะแนน เฉลี่ย	1.46	1.15	1.69	1.31	1.38	7.00	ดี

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา ได้มากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมการวิเคราะห์ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การระบุปัญหา

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง iphone13 ของเอ็ม แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่ระบุปัญหาได้และแสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ในระดับ 2 คะแนน เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 46.15 นักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ในระดับ 1 คะแนน ลดลง คิดเป็นร้อยละ 53.85 และนักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้ แต่ปัญหานั้นไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ หรือไม่ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ว่า “เอ็มกลัวโทรศัพท์มือถือหาย” แต่ไม่ได้ระบุว่า ผাগครุ และได้ล๊อคไว้ในลิ้นชักแล้ว แสดงดังภาพ 28



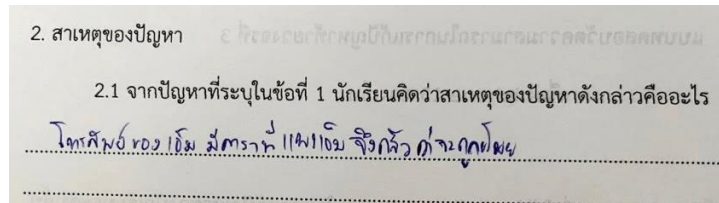
ภาพ 28 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้ แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหา

การวิเคราะห์ปัญหา

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง iphone13 ของเอ็ม แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ได้อย่างครบถ้วน ในระดับ 2 คะแนน เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 15.38 นักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน ในระดับ 1 คะแนน ลดลง คิดเป็นร้อยละ 84.62 และนักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ แต่ไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ หรือไม่ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน ลดลง คิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถระบุสาเหตุของปัญหา

ได้ว่า เพราะโทรศัพท์มีราคาแพง แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นว่า ต้องมีวิธีเก็บรักษาเป็นอย่างดี แสดงดังภาพ

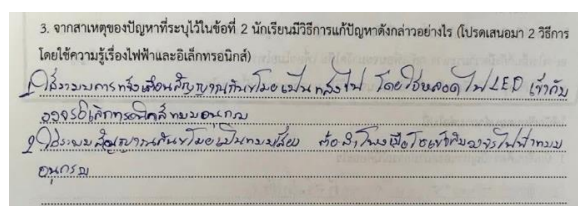
29



ภาพ 29 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ แต่ไม่ครบถ้วน

การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา

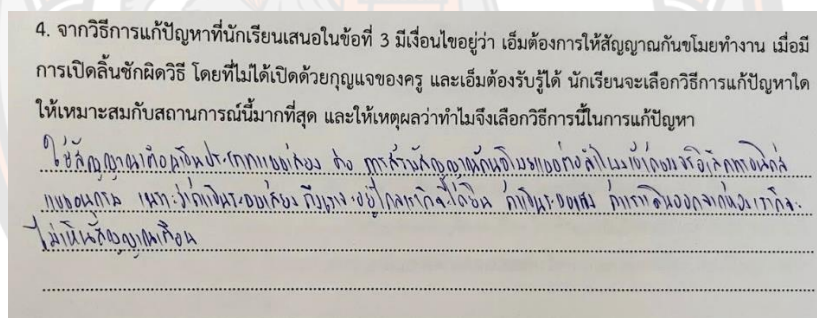
แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง iphone13 ของเอ็ม แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในระดับ 2 คะแนน เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 69.23 นักเรียนที่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ได้ โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้เพียง 1 วิธีการ ในระดับ 1 คะแนน ลดลง คิดเป็นร้อยละ 30.77 และนักเรียนที่ไม่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ได้ โดยไม่ได้ใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้ว่า 1. ใช้ระบบแจ้งเตือนสัญญาณกันขโมยเป็นแสงไฟ โดยการต่อหลอด LED เข้ากับวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบอนุกรม และ 2. ใช้ระบบแจ้งเตือนสัญญาณกันขโมยเป็นเสียง โดยการต่อลำโพงเปียโซเข้ากับวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบอนุกรม แสดงดังภาพ 30



ภาพ 30 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

การตรวจสอบผลลัพธ์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง iphone13 ของเอ็ม แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ ในระดับ 2 คะแนน เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 46.15 นักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือก ในระดับ 1 คะแนน ลดลง คิดเป็นร้อยละ 38.46 และนักเรียนที่ไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ หรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหา หรือไม่ได้ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน ลดลง คิดเป็นร้อยละ 15.39 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ ตัวอย่างเช่น สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ว่า ใช้สัญญาณกันขโมยแบบสัญญาณเตือนประเภทเสียง คือ การสร้างสัญญาณกันขโมยแบบต่อลำโพงเปียโซเข้ากับวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบอนุกรม เพราะถ้าเป็นระบบเสียง อยู่ไกลออกไปหน่อย เอ็มก็จะได้ยิน แต่ถ้าเป็นระบบแสง เมื่อเอ็มออกไปจากห้องนั้น เอ็มก็จะไม่เห็นสัญญาณเตือนแล้ว แสดงดังภาพ 31

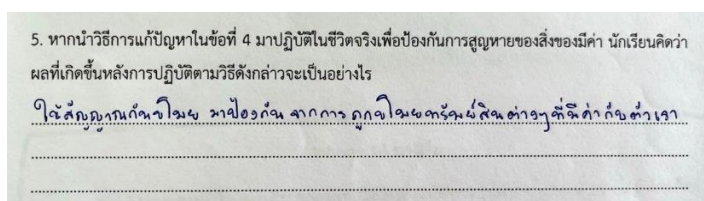


ภาพ 31 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้

การนำไปประยุกต์ใช้

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง iphone13 ของเอ็ม แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ครบถ้วนและสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ ในระดับ 2 คะแนน เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 38.46 นักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ ในระดับ 1 คะแนน ลดลง คิดเป็นร้อยละ 61.54 และนักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ หรือไม่ได้ตอบคำถาม ในระดับ 0 คะแนน เท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่า นักเรียน

ส่วนมากสามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ว่า ใช้สัญญาณกันขโมยมาป้องกันจากการถูกขโมยทรัพย์สินต่าง ๆ ที่มีค่ากับตัวเรา แต่นักเรียนไม่ได้ระบุว่าสัญญาณกันขโมยจะทำหน้าที่ตรวจจับบุคคลที่จะเข้ามาขโมยทรัพย์สิน สัญญาณกันขโมยจะแจ้งเตือนให้เจ้าของทรัพย์สินทราบได้ทันที แสดงดังภาพ 32



ภาพ 32 แสดงคำตอบของนักเรียนที่สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้

ผลจากการสังเกตพฤติกรรมและการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ดังตาราง 28

ตาราง 26 แสดงสรุปคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3

องค์ประกอบการแก้ปัญหา							
การเสนอ							
วงจรปฏิบัติการ	การระบุปัญหา (2)	การวิเคราะห์ปัญหา (2)	แนวทางในการแก้ปัญหา (2)	การตรวจสอบผลลัพธ์ (2)	การนำไปประยุกต์ใช้ (2)	คะแนนรวม (10)	ระดับคุณภาพ
1	0.54	0.77	1.54	0.23	1.00	4.15	พอใช้
2	1.00	0.92	1.54	0.85	1.00	5.31	พอใช้
3	1.46	1.15	1.69	1.31	1.38	7.00	ดี

จากตาราง จะเห็นได้ว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเท่ากับ 4.15 คะแนน ระดับคุณภาพ พอใช้ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน ได้ทำการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนอีกครั้ง พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา สูงขึ้นเป็น 5.31 คะแนน ระดับคุณภาพ พอใช้ และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ได้ทำการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนอีกครั้งหนึ่งพบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา สูงขึ้นอีกเป็น 7.00 คะแนน ระดับคุณภาพ ดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทั้ง 3 วงจร นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

2.3 สรุปการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

ระหว่างจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาร้อยละ 47.67 ระหว่างจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 60.53 และระหว่างจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นอีกเป็นร้อยละ 76.40 จะเห็นว่าความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเพิ่มขึ้นตลอดการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจร ปฏิบัติการ ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกับผลการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาร้อยละ 41.50 หลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 53.10 และหลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นอีกเป็นร้อยละ 70.00 จะเห็นว่าความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเพิ่มขึ้นตลอดหลังการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการเช่นกัน

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามลักษณะของวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน หลังจากดำเนินการวิจัยผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา ครูควรนำสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงหรือสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน และต้องมีความเกี่ยวข้องกับเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่สำคัญสถานการณ์ที่นำมา นั้นต้องสามารถบูรณาการความรู้ของ STEM ได้ ต้องมีความเหมาะสมกับระดับชั้นและความรู้พื้นฐานของผู้เรียน จากนั้น ครูควรใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน เช่น “จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าเกิดปัญหาอะไรขึ้น” เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกค้นพบปัญหาด้วยตนเอง โดยครูจะต้องไม่เฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียนรู้ก่อน นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ โดยให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ และใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนอีกครั้งว่า จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ต้องการแก้ปัญหาอะไรและมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมกระบวนปัญหาและการหาเงื่อนไขในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา ครูควรใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนที่ต่อเนื่องจากขั้นการยืนยันปัญหา เช่น ในการแก้ปัญหา นั้น นักเรียนควรมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้าง เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนสืบค้นข้อมูลหาแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหา หลังจากนั้นครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำผลการสืบค้นข้อมูลมาอภิปรายภายในกลุ่ม เพื่อระบุนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่เป็นองค์ความรู้ของ STEM ร่วมกัน เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มสรุปแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาเรียบร้อยแล้ว ครูควรนำผลสรุปแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มมาแสดงให้นักเรียนทุกคนได้เห็นอย่างชัดเจน พร้อมทั้งอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียนว่า องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ STEM ที่

นำมาใช้ในการแก้ปัญหาอะไรบ้าง จากนั้นนักเรียนทุกกลุ่มจะได้มีโอกาสทบทวนแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้ในการแก้ปัญหาหรือไม่

ขั้นที่ 3 การวางแผน ครูควรเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองอย่างหลากหลาย เพื่อให้นักเรียนมีโอกาสได้เลือกใช้ให้เหมาะสมตามองค์ความรู้ที่นักเรียนได้สืบค้นมา แต่อย่างไรก็ตามครูควรตั้งเงื่อนไขราคาที่สามารถซื้ออุปกรณ์ได้ให้แก่ นักเรียน เพื่อป้องกันไม่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองแบบลองผิดลองถูก เพราะนักเรียนต้องวางแผนในการสร้างชิ้นงานให้รอบคอบเพื่อไม่ให้เสียเงินไปโดยเปล่าประโยชน์ ในขณะที่จัดการเรียนรู้ครูต้องแสดงวัสดุอุปกรณ์ทุกชิ้นให้นักเรียนเห็นอย่างชัดเจน พร้อมทั้งอธิบายเงื่อนไขการสร้าง และเกณฑ์การประเมินแบบจำลอง เพื่อให้ นักเรียนทราบแนวทางในการสร้างชิ้นงานให้ได้คะแนนมากที่สุด นอกจากนี้ครูต้องอธิบายให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการวางแผน โดยการนำองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่สืบค้นได้มาประกอบการตัดสินใจ ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนรู้แนวทางในการสร้างแบบจำลองและใช้เวลาในการสร้างน้อยลง ดังนั้นครูต้องตรวจสอบว่า นักเรียนทุกกลุ่มได้ใช้องค์ความรู้ STEM ในการวางแผนสร้างแบบจำลองหรือไม่ จากนั้นนักเรียนจะช่วยกันระดมความคิดเพื่อวางแผนในการสร้างแบบจำลอง สิ่งที่สำคัญที่สุดในขั้นนี้คือนักเรียนต้องนำองค์ความรู้ที่ได้จากขั้นการชี้แจงปัญหาเป็นส่วนสำคัญในการวางแผน เช่น การวางแผนสร้างกล่องสัญญาณกันขโมย นักเรียนจะได้ออกแบบลักษณะของกล่อง และต้องรู้คุณสมบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกชิ้น หากนักเรียนไม่รู้คุณสมบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จะทำให้นักเรียนต่อวงจรไม่ถูกต้อง จะเห็นว่าองค์ความรู้ของแต่ละสาขาวิชามีความจำเป็นต่อการวางแผน เพื่อให้ นักเรียนสามารถเลือกแนวทางในการวางแผนสร้างชิ้นงานอย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 4 การวางแผนฉุกเฉิน ครูควรเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการฉุกเฉิน การที่นักเรียนมีแผนการฉุกเฉินจะช่วยให้ นักเรียนแก้ปัญหาหรือปรับปรุงข้อผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว เพราะไม่ต้องวางแผนใหม่ สามารถนำแผนสำรองมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมได้เลย จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมความคิดในการวางแผนฉุกเฉิน และต้องสามารถอธิบายแผนการฉุกเฉินให้ผู้อื่นเข้าใจได้ สิ่งที่ควรเน้นย้ำจะเหมือนกับขั้นการวางแผน คือ นักเรียนต้องนำองค์ความรู้ที่ได้จากการสืบค้นในขั้นการชี้แจงปัญหาประกอบการตัดสินใจในการวางแผนฉุกเฉิน เพื่อให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

ขั้นที่ 5 การปรับปรุงแผน ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองตามแผนการแรก และแผนการฉุกเฉินที่นักเรียนวางไว้ จากนั้นนักเรียนจะทดสอบแบบจำลอง และเห็นข้อผิดพลาดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา ครูจะให้โอกาสนักเรียนอีก 1 ครั้ง ในการปรับปรุงแบบจำลองเป็นครั้งสุดท้าย โดยใช้ข้อผิดพลาดจากแผนการแรกและแผนการฉุกเฉินมาปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น และนักเรียนจะต้องเลือกว่าต้องการสร้างแบบจำลองในลักษณะใด พร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือกด้วยว่า ทำไมจึงเลือกสร้างแบบจำลองในลักษณะนี้ เมื่อนักเรียนเลือกแบบจำลองที่ต้องการสร้างได้แล้ว ครู

ควรให้อิสระกับนักเรียนในการปรับปรุงแบบจำลองครั้งสุดท้าย เนื่องด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริงในการแก้ปัญหา ฉะนั้นครูควรให้เวลาในชั้นตอนนี้ให้มากหน่อย เพราะนักเรียนจะต้องใช้เวลาในการสร้าง ทดสอบ และเลือกสร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ถึงอย่างไร ต้องจำกัดเวลาในการสร้างแบบจำลองให้เหมาะสม เพื่อป้องกันนักเรียนใช้วิธีแบบลองผิดลองถูกในการสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 6 การประเมิน ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินชิ้นงานของแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยนักเรียนทุกกลุ่มต้องได้นำเสนอผลงานของตนเอง ต้องอธิบายความรู้ที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง สุดท้ายครูต้องสรุปกิจกรรมและความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องให้นักเรียนฟังอีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องและเป็นการเสริมความรู้ที่ขาดให้แก่นักเรียน

2. ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

หลังดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ได้ทำการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.08 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ระดับคุณภาพ พอใช้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 41.6 โดยนักเรียนส่วนมากแสดงพฤติกรรมการประเมินข้อโต้แย้งได้มากที่สุด เพราะนักเรียนสามารถประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ในขณะที่พฤติกรรมการตีความความเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนไม่สามารถพิจารณาสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอ

หลังดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน ได้ทำการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.62 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ระดับคุณภาพ พอใช้ เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 72.40 โดยนักเรียนส่วนมากแสดงพฤติกรรมการนิรนัยได้มากที่สุด เพราะนักเรียนสามารถนำสาเหตุทั้งหมดจากสถานการณ์มาสรุปเป็นผลได้ ในขณะที่พฤติกรรมการตีความและการประเมินข้อโต้แย้งเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุดเท่ากัน เพราะนักเรียนยังไม่สามารถพิจารณาสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ตามความเป็นจริงทั้งหมดและยังมีเหตุผลไม่เพียงพอ อีกทั้งยังไม่สามารถประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ทั้งหมด

หลังดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ได้ทำการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ

4.46 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ระดับคุณภาพ ดี เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 89.20 โดยนักเรียนส่วนมากแสดงพฤติกรรมการระบุข้อตกลงเบื้องต้นและการประเมินข้อโต้แย้งได้มากที่สุดเท่ากัน เพราะนักเรียนสามารถระบุข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมดได้ และสามารถประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ในขณะที่พฤติกรรมการตีความเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนยังไม่สามารถพิจารณาสถานการณ์ที่กำหนดให้ตามความเป็นจริงทั้งหมดได้และยังมีเหตุผลไม่เพียงพอ

3. ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

หลังดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ได้ทำการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ระดับคุณภาพ พอใช้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 41.50 โดยนักเรียนส่วนมากแสดงพฤติกรรมการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาได้มากที่สุด เพราะนักเรียนสามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ด้วย ในขณะที่พฤติกรรมการตรวจสอบผลลัพธ์เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ หรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหา

หลังดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน ได้ทำการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.31 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ระดับคุณภาพ พอใช้ เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 53.10 โดยนักเรียนส่วนมากนักเรียนแสดงพฤติกรรมการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาได้มากที่สุด เพราะนักเรียนสามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้มากขึ้น ในขณะที่พฤติกรรมการตรวจสอบผลลัพธ์เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ยังไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา

หลังดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ได้ทำการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ระดับคุณภาพ ดี เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 70 โดยนักเรียนส่วนมากแสดงพฤติกรรมการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาได้มากที่สุด เพราะนักเรียนสามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2

วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ อีกทั้งใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น ในขณะที่พฤติกรรมการวิเคราะห์ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนสามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ได้ แต่ยังระบุสาเหตุของปัญหาได้ไม่ครบถ้วน

อภิปรายผล

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

การศึกษาครั้งนี้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หลังจากการศึกษาพบว่า วิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีรายละเอียดมากมาย ซึ่งสามารถอภิปรายได้ดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยเป็นผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงหรือสถานการณ์ที่ถูกจำลองขึ้น มาเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้และแสวงหาความรู้ผ่านกระบวนการกลุ่ม โดยให้นักเรียนได้ร่วมกันศึกษาค้นคว้าและร่วมกันอภิปราย เพื่อให้เกิดความเข้าใจปัญหา และนำองค์ความรู้มาใช้แก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการจัดเรียนรู้มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

ในขั้นการยืนยันปัญหา ผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหา และทำการระบุปัญหาร่วมกัน โดยต้องบอกว่าปัญหาคืออะไร มีข้อจำกัดและเงื่อนไขในการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง ผู้วิจัยนำสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงหรือสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับ สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา (2550 อ้างอิงใน วาสนา ภูมิ, 2555, น. 29-30) กล่าวว่า ผู้สอนต้องจัดสถานการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่นักเรียนอยากรู้อยากเรียนได้และเกิดความสนใจที่จะค้นคว้าหาคำตอบ และมีความเกี่ยวข้องกับเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สถานการณ์ที่นำมาใช้สามารถบูรณาการความรู้ของ STEM ได้ ผู้วิจัยมีการใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน เช่น “จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าเกิดปัญหาอะไรขึ้น” ทำให้นักเรียนได้ฝึกค้นพบปัญหาด้วยตนเอง สอดคล้องกับ Andrew Miller (2015 อ้างอิงใน บุญชนก ธรรมวงศา, 2561, ย่อหน้า 3) ที่กล่าวว่า การถามคำถามเป็นหนทางพานักเรียนไปสู่นักคิดที่ดีได้ ทำให้พวกเขามั่นใจในตนเองและพิสูจน์ความคิดเห็นของตนเอง

อย่างมีเหตุผล กล่าวเผชิญหน้ากับความเสี่ยงในความผิดพลาดล้มเหลว หากคุณครูมีความมุ่งมั่นที่จะผลักดันให้นักเรียนเป็นนักคิดที่ดีได้ ครูควรเป็นเพียงผู้สังเกตการณ์ ที่ให้คำชี้แนะ และกระตุ้นวินัยการคิดให้เกิดขึ้นเป็นกิจวัตร และสอดคล้องกับ สายหยุด สมประสงค์ (2523 อ้างอิงใน พรรณพร นามโนรินทร์, 2554, หน้า 33) ที่กล่าวว่า ผู้สอนไม่ควรบอกปัญหาและวิธีการแก้ปัญหานักเรียนตรง ๆ เพราะถ้าบอกแล้ว นักเรียนจะไม่ได้ใช้ยุทธศาสตร์ของการคิดแก้ปัญหา นอกจากนี้ผู้วิจัยจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ โดยให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ และถามนักเรียนอีกครั้งว่า จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ต้องการแก้ปัญหอะไรและมีวิธีการแก้ปัญหายังไง ส่งผลให้นักเรียนระบุปัญหาและหาเงื่อนไขในการแก้ปัญหได้ ขั้นการชี้แจงปัญหา ผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียนนักเรียนร่วมกันระบุความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ไขปัญห ประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ และสรุปองค์ความรู้ผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม โดยผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนที่ต่อเนื่องจากขั้นการยืนยันปัญหา เช่น ในการแก้ปัญหานั้น นักเรียนควรมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้าง ส่งผลให้นักเรียนแต่ละคนสืบค้นข้อมูลหาแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญห นอกจากนั้นครูจะเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำผลการสืบค้นข้อมูลมาอภิปรายภายในกลุ่ม ทำให้นักเรียนระบุความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหที่เป็นองค์ความรู้ของ STEM ร่วมกันได้ สอดคล้องกับ ลิน (Lind, 2000 อ้างอิงใน Unal and Aral, 2014, p.280) ที่กล่าวว่า การบูรณาการองค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหต่าง ๆ มีความสำคัญมากกว่าลำดับขั้นตอนที่ถูกต้อง เพราะเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มสรุปแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะนำผลสรุปแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหของนักเรียนแต่ละกลุ่มมาแสดงให้นักเรียนทุกคนได้เห็นอย่างชัดเจน พร้อมทั้งอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียนว่า องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ STEM ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหามีอะไรบ้าง ส่งผลให้นักเรียนทุกกลุ่มมีโอกาสได้ทบทวนแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหของกลุ่มตนเองว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้ในการแก้ปัญหหรือไม่ สอดคล้องกับ Dejanete (2012 อ้างอิงใน พรทิพย์ ศิริภัทรราชัย, 2556, น. 50) กล่าวว่า การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาขาวิชาระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญห การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ และในขั้นการวางแผน ผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียนร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญห โดยต้องระบุถึงกรอบการทำงาน และปัญหาที่คาดว่าจะพบและข้อจำกัดของการทำงาน โดยผู้วิจัยเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองอย่างหลากหลายไว้ให้นักเรียน ส่งผลให้นักเรียนสามารถเลือกใช้ได้เหมาะสมตามองค์ความรู้ที่นักเรียนได้สืบค้นมา สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 27) ได้กล่าวว่า สื่อการเรียนรู้ที่นำมาสนับสนุนการจัดกระบวนการ

เรียนรู้ ควรเป็นสื่อที่หลากหลาย ทั้งสื่อธรรมชาติ สื่อสิ่งพิมพ์ของจริงที่มีในท้องถิ่น ตลอดจนเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย และนำมาใช้ให้เหมาะสมกับระดับพัฒนาการและกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง และผู้วิจัยได้ตั้งเงื่อนไขราคาให้นักเรียนสำหรับใช้จ่ายในการสร้างแบบจำลอง ทำให้นักเรียนวางแผนในการสร้างชิ้นงานให้รอบคอบเพื่อไม่ให้เสียเงินไปโดยเปล่าประโยชน์ ในขณะที่จัดการเรียนรู้ผู้วิจัยแสดงวัสดุอุปกรณ์ทุกชิ้นให้นักเรียนเห็นอย่างชัดเจน พร้อมทั้งอธิบายเงื่อนไขการสร้าง และเกณฑ์การประเมินแบบจำลอง ทำให้นักเรียนทราบแนวทางในการสร้างชิ้นงานให้ได้คะแนนมากที่สุด นอกจากนี้ผู้วิจัยอธิบายให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการวางแผน โดยการนำองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่สืบค้นได้มาประกอบการตัดสินใจ ซึ่งช่วยให้นักเรียนรู้แนวทางในการสร้างแบบจำลองและใช้เวลาในการสร้างน้อยลง และผู้วิจัยได้มีตรวจสอบว่า นักเรียนทุกกลุ่มได้ใช้องค์ความรู้ STEM ในการวางแผนสร้างแบบจำลองหรือไม่ ส่งผลให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดเพื่อวางแผนในการสร้างแบบจำลองและนักเรียนนำองค์ความรู้ที่ได้จากขั้นการชี้แจงปัญหาเป็นส่วนสำคัญในการวางแผน เช่น การวางแผนสร้างกล่องสัญญาณกันขโมย นักเรียนจะได้ออกแบบลักษณะของกล่อง และต้องรู้คุณสมบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกชิ้น หากนักเรียนไม่รู้คุณสมบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จะทำให้นักเรียนต้องงงไม่ถูกต้อง จะเห็นได้ว่าองค์ความรู้ของแต่ละสาขาวิชา มีความจำเป็นต่อการวางแผน เพราะทำให้นักเรียนสามารถเลือกแนวทางในการวางแผนสร้างชิ้นงานอย่างเหมาะสมได้ ขั้นการวางแผนฉุกเฉิน ผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นแผนสำรองและจะถูกนำมาใช้เมื่อแผนการหลักประสบกับปัญหาไม่สามารถดำเนินการต่อได้ โดยผู้วิจัยเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของแผนการฉุกเฉิน การที่นักเรียนมีแผนการฉุกเฉินจะช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาหรือปรับปรุงข้อผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว เพราะไม่ต้องวางแผนใหม่ สามารถนำแผนสำรองมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมได้เลย จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมความคิดในการวางแผนฉุกเฉิน และต้องสามารถอธิบายแผนการฉุกเฉินให้ผู้อื่นเข้าใจได้ สิ่งที่ผู้วิจัยเน้นย้ำจะเหมือนกับขั้นการวางแผน คือ นักเรียนต้องนำองค์ความรู้ที่ได้จากการสืบค้นในขั้นการชี้แจงปัญหาประกอบการตัดสินใจในการวางแผนฉุกเฉิน ส่งผลให้นักเรียนได้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม สอดคล้องกับ ทิศนา แคมมณี (2557) กล่าวว่า ผู้สอนควรฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือกและวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหานั้น รวมทั้งช่วยให้นักเรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะ กระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ ขั้นการปรับปรุงแผน ผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ และนักเรียนต้องนำเสนอแผนการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาในชั้นเรียน โดยครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองตามแผนการแรกและแผนการฉุกเฉินที่นักเรียนวางไว้ จากนั้นนักเรียนจะทดสอบแบบจำลองและเห็นข้อผิดพลาดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา ครูให้โอกาสนักเรียนอีก 1 ครั้ง ในการปรับปรุงแบบจำลองเป็นครั้ง

สุดท้าย โดยใช้ข้อผิดพลาดจากแผนการแรกและแผนการฉุกเฉินมาปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น ส่งผลให้นักเรียนต้องเลือกว่าต้องการสร้างแบบจำลองในลักษณะใด พร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือกด้วยว่าทำไมจึงเลือกสร้างแบบจำลองในลักษณะนี้ ทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพได้มากขึ้น สอดคล้องกับทฤษฎีการจัดการเรียนรู้ของดิวอี้ (Dewey, 1938 อ้างอิงใน Fuhrmann, 1996, p.87) ที่กล่าวว่า ความสามารถของมนุษย์เกิดจากการสร้างประสบการณ์ เขาจึงเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ใหม่ที่เรียกว่า “การเรียนรู้จากการลงมือทำด้วยตนเอง (Learning by doing)” การจัดการเรียนรู้ควรให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จริงในการเรียนรู้ และในขั้นการประเมิน ผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียนทำการประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหาและทำการแก้ไขปรับปรุง รวมถึงร่วมกันสะท้อนผลการทำกิจกรรมเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้และสิ่ง que นักเรียนได้เรียนรู้มาทั้งหมด โดยผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันประเมินชิ้นงานของแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยนักเรียนทุกกลุ่มได้นำเสนอผลงานของตนเอง และอธิบายความรู้ที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง อีกทั้งผู้วิจัยสรุปกิจกรรมและความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องให้นักเรียนฟังอีกครั้ง ส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องและเป็น การเสริมความรู้ที่ขาดให้แก่ นักเรียน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lou, et al. (2011) ที่พบว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ที่ใช้การบูรณาการในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนให้แก้ปัญหาต่าง ๆ ทีละขั้นตอน นำไปสู่ความสำเร็จได้ ช่วยเพิ่มความสามารถ ประสบการณ์การบูรณาการ และการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนได้

2. ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

การศึกษาครั้งนี้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หลังจากการศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้น สามารถอภิปรายผลได้ ดังต่อไปนี้

ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดการจัดการเรียนรู้ หลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น วัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 41.6 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 เพราะนักเรียนยังไม่มีประสบการณ์การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้ต่าง ๆ มาเชื่อมโยงกัน เพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ สอดคล้องกับ วรณา เปลี่ยนพุ่ม (2552) ที่กล่าวว่า นักเรียนต้องมีทักษะในการเชื่อมโยงความรู้เข้าด้วยกัน จึงจะสามารถ

แก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ หลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน วัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนอีกครั้ง พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น คิดเป็นร้อยละ 72.40 เนื่องจาก นักเรียนเริ่มคุ้นชินกับการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา อีกทั้งยังได้ฝึกให้นักเรียนสรุปข้อมูลตามที่ปรากฏในสถานการณ์ที่กำหนดให้ หาข้อตกลงของสถานการณ์ นำสาเหตุทั้งหมดจากสถานการณ์มาสรุปเป็นผล พิจารณาสถานการณ์ตามความเป็นจริงและมีเหตุผลเพียงพอ ประเมินข้อสรุปด้วยเหตุและผลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ สอดคล้องกับ ภัทรรัตน์ แสงเดือน (2553) ที่กล่าวว่า แนวทางการฝึกการคิดที่ดี คือ เริ่มจากการหาตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือเป็นสถานการณ์ที่ใกล้ตัว มาให้นักเรียนฝึกตอบคำถามจากสถานการณ์ปัญหา แต่การจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัยยังไม่เน้นให้นักเรียนทุกคนเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับ วันเพ็ญ ปัญญาสิงห์ (2554) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้ที่ดีที่สุดนั้น คือ การเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ไม่ใช่ครูเป็นศูนย์กลาง การใช้สื่ออุปกรณ์มีความหลากหลายมากเกินไป ส่งผลให้นักเรียนใช้วิธีแบบลองผิดลองถูกในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน สอดคล้องกับ ปริญญา มาบุญจำ (2560) ที่กล่าวว่า สื่อเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการจัดการเรียนการสอน เพราะช่วยส่งเสริมความเข้าใจที่ดีให้แก่ นักเรียน แต่ต้องมีในปริมาณที่เหมาะสม ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้ นักเรียนไม่สนใจในการเรียน หันมาสนใจสื่อแทนได้ และการจัดสรรเวลาในการเรียนรู้ยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร ในขณะที่ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้นมากหลังจากการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น วัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนอีกครั้ง พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น คิดเป็นร้อยละ 89.20 เนื่องจากผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนแต่ละคนมุ่งระบุปัญหา ระบุสาเหตุของปัญหา ระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุด้วยตนเอง อีกทั้งให้นักเรียนนำองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับ STEM มาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการวางแผนสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังจัดสรรเวลาการจัดการเรียนรู้ได้เหมาะสมมากขึ้น โดยเฉพาะในขั้นตอนสร้างแบบจำลอง ทำให้นักเรียนมีเวลามากพอในการสร้างแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากการที่คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดการจัดการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมีความคงทน หมายถึงว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ สอดคล้องกับ วศิณี อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นอีกหนึ่งวิธีการที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้

เมื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมย่อยของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่า พฤติกรรมการนิรนัย เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนพัฒนาได้มากที่สุด เนื่องจากกิจกรรมในขั้นชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่ครูใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนที่ต่อเนื่องจากขั้นการยืนยันปัญหา เช่น ในการแก้ปัญหา นั้น นักเรียนควรมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้าง เพื่อให้ นักเรียนแต่ละคนสืบค้นข้อมูลหาแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหา แล้วครูก็เปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำผลการสืบค้นข้อมูลมาอภิปรายภายในกลุ่ม เพื่อระบุนำความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหา ที่เป็นองค์ความรู้ของ STEM ร่วมกัน สอดคล้องกับ พัชรวีรนามพิกุล (2554) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้ที่คงทน คือ การเรียนรู้ที่นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนจะมีความเข้าใจที่ลึกซึ้ง ส่งผลให้การเรียนรู้มีความหมายต่อนักเรียน เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มสรุปแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาเรียบร้อยแล้ว ครูจะนำผลสรุปแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มมาแสดงให้นักเรียนทุกคนได้เห็นอย่างชัดเจน พร้อมทั้งอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียนว่า องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ STEM ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหามีอะไรบ้าง เพื่อนักเรียนทุกกลุ่มจะได้มีโอกาสทบทวนแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้ในการแก้ปัญหาหรือไม่ ในขณะที่พฤติกรรมการระบุนำข้อตกลงเบื้องต้นเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนพัฒนาได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนหลายคนยังระบุนำปัญหาและหาเงื่อนไขในการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง ซึ่งเกิดจากนักเรียนไม่ได้ฝึกคิดด้วยตนเอง รอดูของเพื่อนภายในกลุ่มเดียวกันหรือรอฟังครูเฉลยคำตอบ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาแล้ว นักเรียนก็ยังสามารถพัฒนาพฤติกรรมการระบุนำข้อตกลงเบื้องต้นได้อย่างต่อเนื่อง

3. ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

การศึกษาครั้งนี้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หลังจากการศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น สามารถอภิปรายผลได้ ดังต่อไปนี้

ความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดการจัดการเรียนรู้ หลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น วัดความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนคิดเป็นร้อยละ 41.5 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 เพราะนักเรียนยังไม่มีประสบการณ์การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับ ชัชวาล ต้นสินนท์ (2553) กล่าวว่าไว้ว่า ประสบการณ์คือสิ่งจำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิต ถ้ามนุษย์ผ่านการสั่งสมประสบการณ์ต่าง ๆ มาอย่างนับไม่ถ้วน จะส่งผลให้ ตัดสินใจในการดำเนินชีวิตได้ง่ายขึ้น และนักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้ต่าง ๆ มาเชื่อมโยง

กัน เพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ หลังการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน วัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนอีกครั้ง พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น คิดเป็นร้อยละ 53.1 เนื่องจากนักเรียนได้ฝึกการระบุปัญหา ระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ ระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ โดยใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นโดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับ นาฏนลิน ภูสวัสดี (2562) ที่กล่าวว่า ถ้านักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม นักเรียนจะสามารถทำนายผลของการแก้ปัญหาล่วงหน้าได้ แต่การจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัยยังไม่เน้นให้นักเรียนทุกคนเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้อย่างชัดเจน การใช้สื่ออุปกรณ์มีความหลากหลายมากเกินไป ส่งผลให้นักเรียนใช้วิธีแบบลองผิดลองถูกในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และการจัดสรรเวลาในการเรียนรู้ยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้งสองวงจรจึงไม่แตกต่างกันมาก สอดคล้องกับ ดารารัตน์ ชัยพิลา (2558) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียน ครูควรกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมให้ชัดเจนและมีความเหมาะสม ถ้าให้เวลาน้อยเกินไปนักเรียนจะทำกิจกรรมไม่ทัน แต่ถ้าให้เวลามากเกินไป นักเรียนก็จะล่าช้าในการทำกิจกรรม ควรจัดสรรเวลาให้เหมาะสม ในขณะที่ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้นมากหลังจากการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น วัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนอีกครั้ง พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น คิดเป็นร้อยละ 70 เนื่องจากผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนแต่ละคนมุ่งระบุปัญหา ระบุสาเหตุของปัญหา ระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุด้วยตนเอง อีกทั้งให้นักเรียนนำองค์ความรู้เกี่ยวกับ STEM มาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการวางแผนสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา สอดคล้องกับ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2558) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งมีแนวทางคือ ครูสามารถใช้ปัญหาเกี่ยวกับสะเต็มเป็นหลักเพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการถามคำถาม และแก้ปัญหา นักเรียนต้องวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาร่วมกันภายในกลุ่ม เพื่อกำหนดกรอบในการหาแนวทางการแก้ไขปัญหา มีการสะท้อนความคิดจากประสบการณ์ของ นักเรียน นักเรียนมีโอกาสทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ในการช่วยหาแนวทางแก้ปัญหานั้นนำไปสู่การสร้างชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังจัดสรรเวลาการจัดการเรียนรู้ได้เหมาะสมมากขึ้น โดยเฉพาะในขั้นตอนสร้างแบบจำลอง ทำให้นักเรียนมีเวลามากพอในการสร้างแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากการที่คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดการจัดการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมีความคงทน หมายถึงว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้

เมื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมย่อยของการแก้ปัญหา พบว่า พฤติกรรมการตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนพัฒนาได้มากที่สุด เนื่องจากกิจกรรมในชั้นการประเมิน เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินชิ้นงานของแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยนักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอผลงานของตนเอง และต้องอธิบายความรู้ที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง สุดท้ายครูสรุปกิจกรรมและความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องให้นักเรียนฟังอีกครั้ง ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องและเป็นการเสริมความรู้ที่ขาดให้แก่ นักเรียน ในขณะที่พฤติกรรมการเสนอแนวทางแก้ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนพัฒนาได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนหลายคนเลือกแนวทางในการวางแผนสร้างชิ้นงานยังไม่เหมาะสม แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาแล้ว นักเรียนก็ยังสามารถพัฒนาพฤติกรรมการเสนอแนวทางแก้ปัญหาได้อย่างต่อเนื่อง

สอดคล้องกับ Lou, et al. (2011) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานที่บูรณาการสะเต็มศึกษา ช่วยส่งเสริมทัศนคติและการแก้ปัญหาของนักเรียนได้เป็นอย่างดี เพราะนักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาผ่านกระบวนการที่ชัดเจนอย่างสม่ำเสมอ ทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับกระบวนการแก้ปัญหา อีกทั้งยังได้เชื่อมโยงกฎและทฤษฎีจากการเรียนเข้ากับชีวิตประจำวัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานจะนำไปสู่การแก้ปัญหาต่าง ๆ ทีละขั้นตอน ทำให้ง่ายต่อการเข้าใจปัญหา ยืนยันปัญหา แก้ปัญหา และประเมินการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้การบูรณาการความรู้ที่ชัดเจนทำให้นักเรียนปรับความรู้ความเข้าใจเดิมสู่ความรู้ที่มั่นคง เมื่อนักเรียนแก้ปัญหาได้ประสบความสำเร็จ นักเรียนจะมีทัศนคติที่ดีว่า ความรู้สะเต็มศึกษาช่วยให้เข้าใจและแก้ปัญหาได้มากขึ้น แสดงว่า การจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานที่บูรณาการสะเต็มศึกษาไม่เพียงแต่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ แต่ยังมีแนวโน้มว่า นักเรียนจะได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้คณิตศาสตร์ที่มั่นคงมากขึ้น และช่วยเพิ่มความสามารถและประสบการณ์การบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผู้สอนควรเลือกใช้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงหรือสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน และต้องมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการสอน ที่สำคัญสถานการณ์ที่นำมาใช้นั้นต้องสามารถบูรณาการความรู้ของ STEM ได้ และต้องมีความเหมาะสมกับระดับชั้นและความรู้พื้นฐานของผู้เรียนด้วย

2. ผู้สอนควรนำผลสรุปแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มมาแสดงให้นักเรียนทุกคนได้เห็นอย่างชัดเจน พร้อมทั้งอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียนว่า องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ STEM ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหามีอะไรบ้าง เพื่อส่งผลให้นักเรียนทุกกลุ่มมีโอกาสทบทวนแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้ในการแก้ปัญหาหรือไม่

3. ผู้สอนควรเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองอย่างหลากหลาย เพื่อให้ให้นักเรียนมีโอกาสได้เลือกใช้ให้เหมาะสมตามองค์ความรู้ที่นักเรียนได้สืบค้นมา แต่ผู้สอนควรตั้งเงื่อนไขราคาที่สามารถซื้ออุปกรณ์ได้ให้แก่กับนักเรียนด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองแบบลองผิดลองถูก

4. ผู้สอนควรเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของแผน การที่นักเรียนได้มีการวางแผนจะช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาหรือปรับปรุงข้อผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว สามารถนำแผนการที่วางไว้มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมได้เลย

5. ผู้สอนควรให้อิสระกับนักเรียนในการสร้างแบบจำลอง เนื่องด้วยการสร้างแบบจำลองเป็นการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริงในการแก้ปัญหา ฉะนั้นผู้สอนควรให้เวลาในขั้นตอนนี้ให้มากหน่อย เพราะนักเรียนจะต้องใช้เวลาในการสร้าง ทดสอบ และเลือกสร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

6. ผู้สอนควรสรุปกิจกรรมและความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องให้นักเรียนฟังอีกครั้ง เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องและเป็นการเสริมความรู้ที่ขาดให้แก่กับนักเรียน

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาผลของการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบบรายบุคคล เพื่อทดสอบดูว่าถ้าไม่มีการช่วยกันคิดวิเคราะห์ภายในกลุ่ม นักเรียนจะสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยตนเองได้มากขึ้นหรือไม่

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ชัตติยา ชุนสูงเนิน. (2555). ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จำรัส อินทลาภาพร. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. วารสารมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 8(1), 65-71.
- ชอบกิจ กนกหงส์. (2547). การสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชัชวาล ดันสินนท์. (2553). ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS). รายงานการศึกษาอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2558). 80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. นนทบุรี: พี บาลานซ์ดีไซด์แอนด์ปริ้นติ้ง.
- ดรรารัตน์ ชัยพิลา. (2558). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร
- ทศนา แคมมณี. (2554). ทักษะการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ สร้างสรรค์ และการคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณ: การบูรณาการในการจัดการเรียนรู้. The Journal of the Royal Institute of Thailand, 36(2), 188-204.
- ทศนา แคมมณี. (2557). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.

กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นรมน พุ่มชุมพล. (2554). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พีชคณิตตัวเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (INQUIRY CYCLE). วิทยานิพนธ์ ปริญญา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นาฏนลิน ภูลสวัสดิ์. (2652). การจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการหายใจระดับเซลล์ โดยใช้ปัญหา เป็นฐานเพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏ มหาสารคาม.

บรรจง อมรชีวิน. (2554). Thinking School สอนให้คิด. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

บุญชนก ธรรมวงศา. (2561). กระตุ้นให้เด็กคิดวิเคราะห์ ครูต้องเลิกถามว่า เข้าใจไหม และไม่รับเฉลย คำตอบ.สืบค้น 23 กรกฎาคม 2564, จาก <https://www.aksorn.com/en/think-critically>

บุญนำ อินทนนท์. (2551). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโยธินบำรุง ที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). การพัฒนาการคิด. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพรินต์ติ้ง.

ปราณี หีบแก้ว. (2552). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์เรื่องทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการ จัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปริยานุช มานุจำ. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดของสะเต็ม ศึกษาต่อการคิดไตร่ตรอง. Proceedings of AMM 2017 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, EDM-22-1-15.

พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21.วารสารนัก บริหาร. 33(2),49-56.

พัชรวีร์ นามพิกุล. (2554). การศึกษาแนวคิดและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง การรักษาคุณภาพ

ของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E-Learning Cycle). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภัทรรัตน์ แสงเดือน. (2553). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ ความตระหนักในการรู้คิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

รุจิราพร งามศิริ. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างทักษะการวิจัย ทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (ปริญญาโทปริญญาตรีบัณฑิต). นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ลือชา ลดาชาติ. (2559). ความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 7(1), 1-22.

วรรณมา เปลี่ยนพุ่ม. (2552). ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วันเพ็ญ ปัญญาสิงห์. (2554). การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วัลลี สัตยาศัย. (2547). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก รูปแบบการเรียนรู้โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง กรุงเทพฯ: บุ๊คเน็ต.

วิจารณ์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

วาสนา ภูมิ (2555). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem-based learning) เรื่อง อัตราส่วนร้อยละ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). แบบทดสอบมาตรฐานเพื่อวัดความสามารถในการคิดจากต่างประเทศ. วิทยาการด้านการคิด. 180-192. 1. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ศุภชัย ดวงคำน้อย. (2555). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง แสง โดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ. (2557). คู่มือเครือข่ายส่งเสริม. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุนทร สิ้นธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี สิ้นธพานนท์. (2555). พัฒนาทักษะการคิด ตามแนวปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพรินต์ติ้ง.
- สุทธิดา จำรัส. (2560). นิยามของส่งเสริมและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวส่งเสริม ศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 10(2), 13-29.
- สุวิทย์ มุลคำ. (2547). กลยุทธ์... การสอนคิดแก้ปัญหา. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สิริเกศ หมัดเจริญ. (2554). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ความรู้เบื้องต้นส่งเสริมศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21. เพชรบูรณ์: จุลติสการพิมพ์.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). ส่งเสริมศึกษา วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 17(2), 201-207.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2553). แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตร แห่งประเทศไทย.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับ ปรับปรุงพุทธศักราช 2560). กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). เอกสารประกอบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- อภิชัย เหล่าพิเดช และอรพิน ศิริสัมพันธ์. (2556). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เรื่อง ปัญหาทางสังคมของไทย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน วารสารวิชาการกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 6(3), 757-774.
- อาภรณ์ แสงรัศมี. (2543). ผลของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักต่อลักษณะการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Ali Airahrah. (2016). How effective the problem-based learning (PBL) in dental education. *Science Direct*, 28(1), 155-161,
- Asghar, A., Elington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM Education in secondary science contexts. *The interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 6(2), 85-125.
- Bellanca, J. & Brandt, R. (2010). 21st Century Skills : Rethinking How Student Learn. วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง และอชิป จิตตฤกษ์ ผู้แปล. กรุงเทพฯ: OPENWORLDS. Anderson, C.R.
- Delisle, R. (1997). How to use problem-based learning in the classroom. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Gabriel Gorghiu. (2015). Problem-Based Learning - An Efficient Learning Strategy In The Science Lessons Context. *International Journal of social and Behavioral Sciences*, 191, 1865-1870.
- Heylen, C., Smet, M., Buelens, H. and Sloten, J.V. (2007). Problem solving and Engineering design, introducing bachelor students to engineering practice at K.U. Leuven. *European Journal of Engineering Education*, 32(1), 375-386.
- Householder, D.L., & Hailey, C.E. (2012). Incorporating engineering design challenges Into STEM courses. Retrieved November 23, 2017, from

http://digitalcommons.usu.edu/ncete_publication/166.

- Lou, S.J., Shih, R.C., Diez, C.R. and Tseng, K.H. (2011). The impact of problem-based Learning strategies on STEM Knowledge integration and attitudes: An exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 10798(21), 195-215.
- Mallam. (2017). Problem-Based Learning (PBL) in STEM Education- Mahmoud A. Allam. Retrieved July 21, 2021, from <https://cte-blog.uwaterloo.ca/?p=5953>.
- Morgan, J.R., Capraro, M.M., & Capraro, R.M. (2013). *STEM project-based learning: An Integrated science, technology, engineering, and Mathematics (STEM) Approach*. Rotterdam: Sense.
- National Academy of Science. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, Prospects, and an agenda for research*. Retrieved November 20, 2017, from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=18612.
- Rush, D.L. (n.d.). *Integrated STEM education through project-based learning*. Retrieved November 24, 2017, from <http://www.rondout.k12.ny.us/common/Pages/DisplayFile.aspx?itemid=16466975>.
- Tawfik, A., Trueman, R.J. and Lorz, M.M. (2013). Engaging non-scientists in STEM Through problem-based learning and service learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 8(2), 75-84.
- Vasquez, J.A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials*. USA: Heineman.
- Wright, R.T. (2012). *Technology & engineering* (6th ed.). Technology & Engineering.

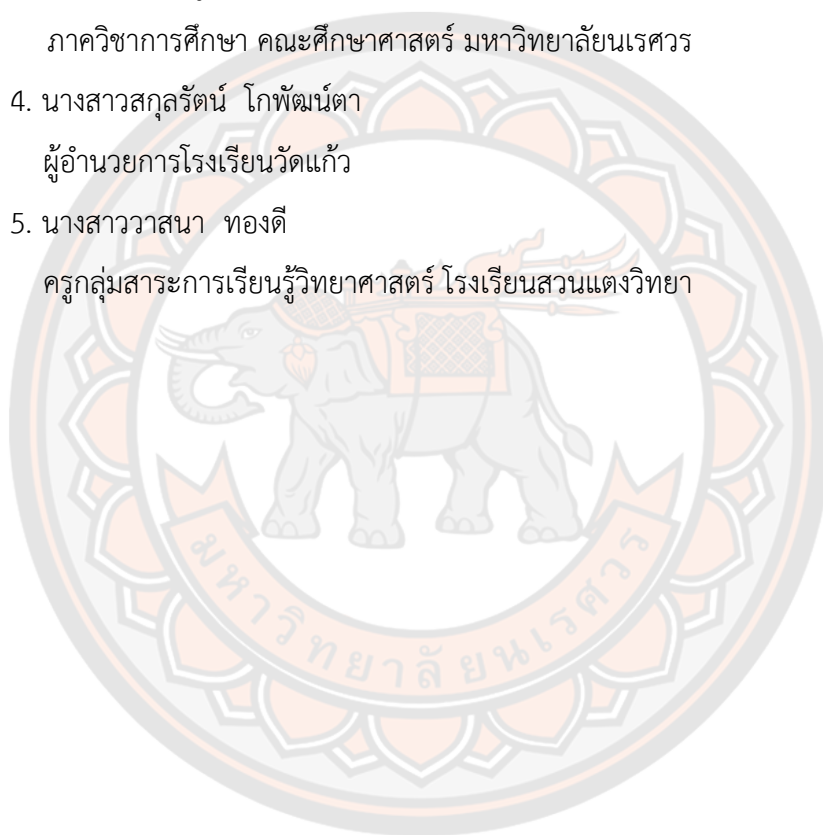


ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยนครพนม

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติยา บงกชเพชร
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ฤทธิ์ มณีจิระปรากการ
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. ดร.สุริยา ซาปู้
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
4. นางสาวสกุลรัตน์ โกพัฒน์ตา
ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดแก้ว
5. นางสาววาสนา ทองดี
ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสวนแตงวิทยา



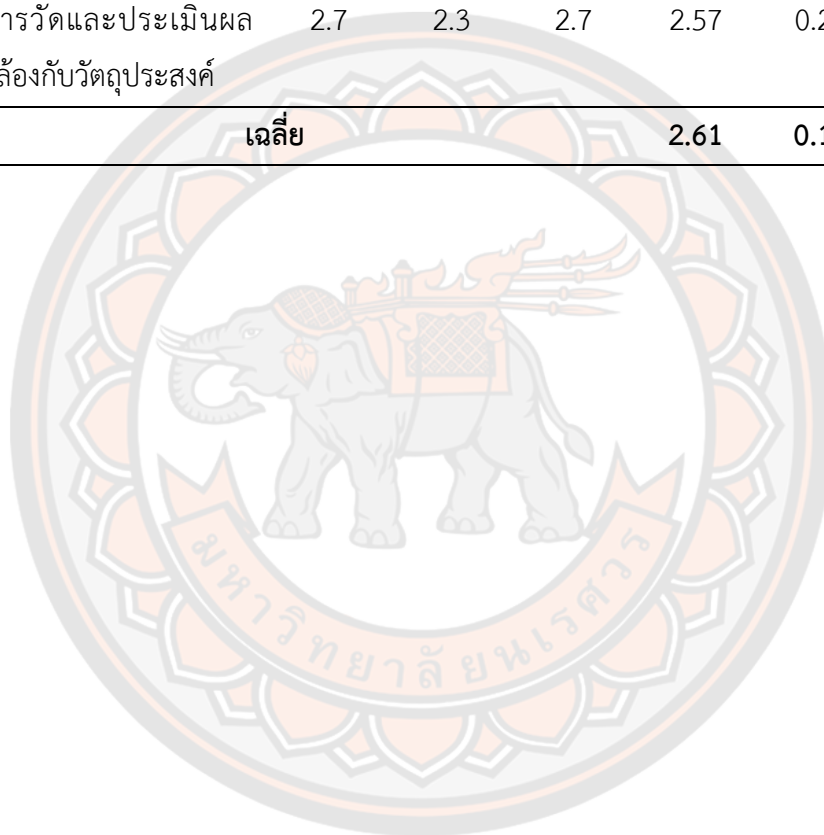
ภาคผนวก ข ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ตาราง 27 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

รายการ การประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			ผลการประเมิน		
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	\bar{X}	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนและเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน	2.7	3	2.3	2.67	0.35
2. ความสอดคล้องของแนวคิดสำคัญกับมาตรฐานการเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้	3	2.3	2.3	2.53	0.40	มาก
3. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม สามารถพัฒนาผู้เรียนด้านความรู้ กระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	2.7	2.3	2.7	2.57	0.23	มาก
4. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมเหมาะสม	2.7	2.3	2.7	2.57	0.23	มาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนเหมาะสม และเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	2.7	2.3	2.7	2.57	0.23	มาก

รายการ การประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			ผลการประเมิน		
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	\bar{x}	S.D.	ระดับ
						ความ เหมาะสม
6. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้จริง	2.3	3	2.3	2.53	0.40	มาก
7. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนาผู้เรียนด้านความรู้ กระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ได้	3	3	2.3	2.77	0.40	มาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นไปตามลักษณะการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	2.7	2.3	2.7	2.57	0.23	มาก
9. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงเป็นไปตามลักษณะการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	2.3	2.3	2.7	2.43	0.23	มาก
10. วัสดุ อุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลายและเหมาะสม	2.7	2.3	2.7	2.57	0.23	มาก
11. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	2.3	3	2.7	2.67	0.35	มาก
12. นักเรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้	3	3	2.7	2.90	0.17	มาก

รายการ การประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			ผลการประเมิน		
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	\bar{x}	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	13. การกำหนดชิ้นงาน/ใบ กิจกรรม มีความเหมาะสม	2.7	2.3	2.7	2.57	0.23
14. การวัดและประเมินผล สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	2.7	2.3	2.7	2.57	0.23	มาก
	เฉลี่ย			2.61	0.12	มาก



**ตัวอย่างแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)**

คำชี้แจง

แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น (หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง) เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

โปรดพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อตรวจสอบการใช้ภาษา ความถูกต้องของเนื้อหาตามหลักวิชาการ เสนอความคิดเห็น และประเมินว่ามีความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ระดับการประเมิน	3	หมายถึง	มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/เหมาะสม มาก
	2	หมายถึง	มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/เหมาะสม พอใช้
	1	หมายถึง	มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/เหมาะสม ปรับปรุง

***** ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของท่าน *****

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม		
	3	2	1
1. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน และเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน			
2. ความสอดคล้องของแนวคิดสำคัญกับมาตรฐานการเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้			
3. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม สามารถพัฒนาผู้เรียนด้านความรู้ กระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์			
4. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมเหมาะสม			
5. กิจกรรมการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนเหมาะสม และเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ			
6. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้จริง			

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม		
	3	2	1
7. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนาผู้เรียนด้านความรู้ กระบวนการเรียนรู้และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ได้			
8. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริม พัฒนา ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นไปตามลักษณะการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา			
9. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงเป็นไปตามลักษณะการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา			
10. วัสดุ อุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลายและเหมาะสม			
11. สื่อการเรียนรู้สอดคล้อง เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้			
12. นักเรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้			
13. การกำหนดชิ้นงาน/ใบกิจกรรม มีความเหมาะสม			
14. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์			

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนจุดเงิน

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับปรุงแผน

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน

.....

.....

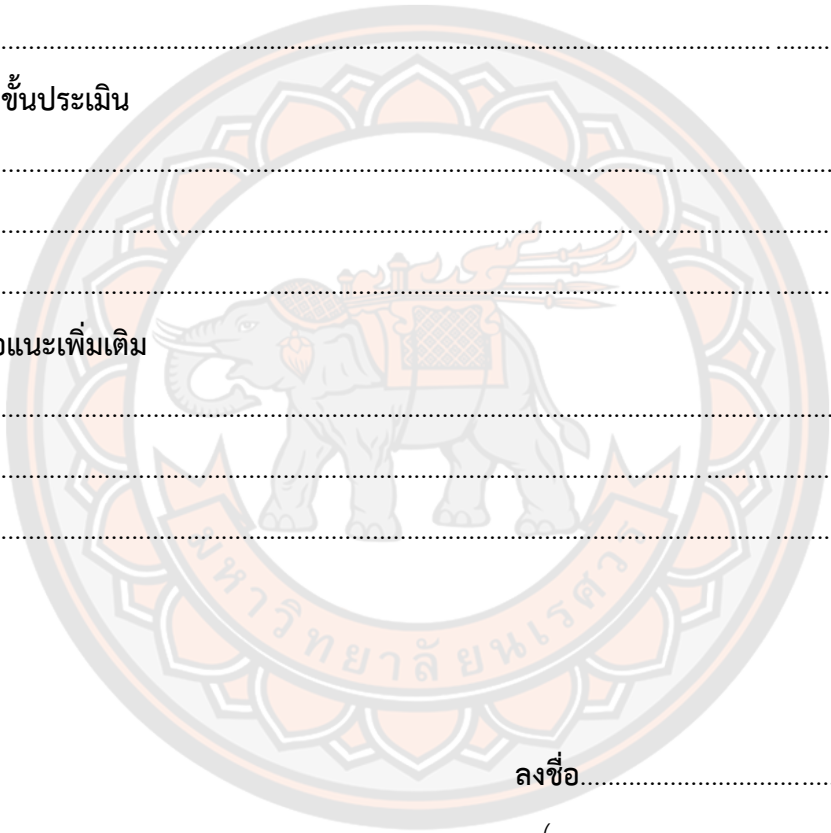
.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....



ลงชื่อ.....
(.....)

ผู้ประเมิน

ภาคผนวก ค ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) และผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ตาราง 28 แสดงคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3	+1	+1	0	0.67	นำไปใช้ได้
4	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
6	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
7	+1	+1	0	0.67	นำไปใช้ได้
8	0	+1	+1	0.67	นำไปใช้ได้
9	0	+1	+1	0.67	นำไปใช้ได้
10	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
11	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
12	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
13	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
14	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
15	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 29 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 15 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	การแปลผล	ค่าอำนาจจำแนก	การแปลผล	ผลการพิจารณา
1	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.44	ดี	นำไปใช้ได้
2	0.53	ยากพอเหมาะ	0.73	ดีมาก	นำไปใช้ได้
3	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.44	ใช้ได้	นำไปใช้ได้
4	0.53	ยากพอเหมาะ	0.73	ดีมาก	นำไปใช้ได้
5	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.57	ดี	นำไปใช้ได้
6	0.50	ยากพอเหมาะ	0.34	ใช้ได้	นำไปใช้ได้
7	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.49	ดี	นำไปใช้ได้
8	0.37	ค่อนข้างยาก	0.33	ใช้ได้	นำไปใช้ได้
9	0.53	ยากพอเหมาะ	0.22	ใช้ได้	นำไปใช้ได้
10	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.27	ใช้ได้	นำไปใช้ได้
11	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.57	ดี	นำไปใช้ได้
12	0.47	ยากพอเหมาะ	0.30	ใช้ได้	นำไปใช้ได้
13	0.53	ยากพอเหมาะ	0.39	ใช้ได้	นำไปใช้ได้
14	0.57	ยากพอเหมาะ	0.43	ดี	นำไปใช้ได้
15	0.53	ยากพอเหมาะ	0.56	ดี	นำไปใช้ได้

ตัวอย่างแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กับข้อคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับข้อคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กับข้อคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 รายการประเมินเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับข้อคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบ่งตามระดับค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง “คะแนนการพิจารณาความสอดคล้อง” ดังนี้

- 1 คือ แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมี
วิจารณญาณ
- 0 คือ ไม่แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมี
วิจารณญาณหรือไม่
- +1 คือ แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมี
วิจารณญาณ

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม หากมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม กรุณาเขียนลงในช่องว่างที่กำหนด

* * * * ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ในความกรุณาของท่าน * * * *

สถานการณ์ที่ 1 เรื่อง สมบัติของลิซ่า

ลิซ่า นักร้องสาวเกาหลีชื่อดัง เดิมทีเป็นชาวบุรีรัมย์ บรรพบุรุษของเธอได้ยกทรัพย์สิน ซึ่งเป็นที่ดินไว้ให้ ที่ดินผืนนี้ค่อนข้างอยู่ห่างไกลจากความเจริญ อากาศก็ร้อนและมีความแห้งแล้ง และมีลมพัดเกือบตลอดทั้งปี แต่เธอดังใจว่าเมื่อถึงจุดหนึ่งของชีวิต เธอจะกลับมาใช้ชีวิตอันสงบสุขบนที่ดินผืนนี้ เธอวางแผนไว้ว่า จะปลูกบ้านสัก 1 หลัง แล้วทำการเกษตรเล็ก ๆ น้อย ๆ คงจะมีความสุขดี ระบบน้ำอุปโภคบริโภค จะใช้วิธีขุดเจาะน้ำบาดาล เพราะพอมีน้ำบาดาลอยู่บ้าง ส่วนระบบไฟฟ้า เธอตั้งใจว่าจะใช้พลังงานธรรมชาติมาผลิตไฟฟ้าใช้ แต่เธอยังตัดสินใจไม่ได้ว่าจะใช้พลังงานใดในการผลิต เธออยากได้ระบบการผลิตที่เป็นพลังงานสะอาด ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่มีวันหมด ถ้านักเรียนเป็นลิซ่า นักเรียนจะแก้ปัญหาสถานการณ์นี้อย่างไร

ส่วนที่ 1 ความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับข้อคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

องค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	ข้อคำถาม	คะแนนการพิจารณาความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
1. ความสามารถในการสรุปอ้างอิง หมายถึงความสามารถในการแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวตามข้อมูลที่ปรากฏในข้อความหรือสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งความคิดเห็นนั้นอาจจะเป็นความจริงหรือบอกได้ว่าไม่เป็นความจริง ในกรณีที่ข้อมูลยังไม่เพียงพอหรือ การลงสรุปข้อมูลต่าง ๆ ที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้	1. จากสถานการณ์ “สมบัติของลิซ่า” ข้อใดเป็นข้อสรุปที่แท้จริงของปัญหาจากสถานการณ์นี้ ก. ที่ดินของลิซ่าอยู่ห่างไกลความเจริญ ข. บริเวณที่ดินของลิซ่ามีอากาศร้อนและแห้งแล้ง ค. บริเวณที่ดินผืนนี้ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าและนำมาใช้ได้ ง. ลิซ่าตัดสินใจไม่ได้ว่าจะใช้พลังงานใดในการผลิตไฟฟ้า				

องค์ประกอบของ ทักษะการคิดอย่างมี วิจารณญาณ	ข้อความ	คะแนนการ พิจารณาความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
2. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาและตัดสินใจ ข้อมูลที่สมมติขึ้นหรือคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ในแต่ละข้อว่าเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมด	2. จากสถานการณ์ที่กำหนด ข้อใดไม่เป็นข้อจำกัดในการพิจารณาของลิซ่าในการแก้ปัญหา นำพลังงานธรรมชาติมาผลิตไฟฟ้าใช้ ก. ระบบผลิตไฟฟ้าต้องเป็นพลังงานสะอาด ข. ระบบผลิตไฟฟ้าต้องเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ค. ระบบผลิตไฟฟ้าจะต้องมีราคาถูก ง. ระบบผลิตไฟฟ้าต้องเป็นการนำพลังงานที่ใช้แล้วไม่มีวันหมดมาผลิต				
3. ความสามารถในการนิรนัย หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณา ข้อความเกี่ยวกับเหตุและผลของข้อความหลักที่มีอยู่ก่อน โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุ และอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุทั้งหมด เพื่อสรุปเป็นผลของข้อความนั้น	3. ถ่านหินต้องการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติ ต้องมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องต่อไปนี้ ยกเว้นข้อใด ก. พลังงานธรรมชาติแต่ละประเภทนำมาผลิตไฟฟ้าได้อย่างไร ข. การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน เช่น ไดโอด ตัวต้านทาน ค. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้า ง. รูปแบบการต่อวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในบ้าน				

องค์ประกอบของ ทักษะการคิดอย่างมี วิจารณญาณ	ข้อคำถาม	คะแนนการ พิจารณาความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
4. ความสามารถในการตีความ หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณา ข้อความย่อว่าเป็นความจริง ตามข้อความที่กำหนดไว้ หรือ ไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูล หรือ เหตุผลที่กำหนดให้ อย่างมีเหตุผลเพียงพอ	4. จากสถานการณ์ดังกล่าว ถ้าลิซ่าต้องการใช้ระบบส่งไฟฟ้าที่สั้นที่สุด ควรใช้พลังงานธรรมชาติใด ก. พลังงานแสงอาทิตย์ ข. พลังงานลม ค. พลังงานน้ำ ง. พลังงานถ่านหิน				
5. ความสามารถในการประเมิน ข้อโต้แย้ง หมายถึง ความสามารถในการตีคุณค่า การประเมินคำตอบ การประเมินข้อสรุปของข้อความ และการตัดสินความถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนด	5. ถ้าให้นักเรียนเลือกพลังงานธรรมชาติมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าของโรงเรียนเรา นักเรียนคิดว่าพลังงานใดเหมาะสมที่สุด ก. พลังงานแสงอาทิตย์ ข. พลังงานลม ค. พลังงานน้ำ ง. พลังงานถ่านหิน				

ภาคผนวก ง ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อความถามและจุดประสงค์ตามตัวบ่งชี้ของ
ความสามารถในการแก้ปัญหา

ตาราง 30 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อความถามและจุดประสงค์ตามตัวบ่งชี้
ของความสามารถในการแก้ปัญหา

ตัว บ่งชี้	ข้อที่	คะแนนพิจารณาความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	เกณฑ์
		1	2	3		
1	1	0	1	1	0.67	ผ่าน
2	2.1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2	2.2	0	1	1	0.67	ผ่าน
3	3	0	1	1	0.67	ผ่าน
4	4	1	1	1	1.00	ผ่าน
5	5	0	1	1	0.67	ผ่าน

ตัวอย่างแบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือของแบบทดสอบการแก้ปัญหาสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ลงในช่องข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

สถานการณ์และข้อความ	ข้อเสนอแนะ
<p>สถานการณ์ที่ 1 สมบัติของลิซ่า</p> <p>ลิซ่า นักร้องสาวเกาหลีชื่อดัง เดิมทีเป็นชาวบุรีรัมย์ บรรพบุรุษของเธอได้ยกทรัพย์สิน ซึ่งเป็นที่ดินไว้ให้ ที่ดินผืนนี้ค่อนข้างอยู่ห่างไกลจากความเจริญ อากาศก็ร้อนและมีความแห้งแล้ง และมีลมพัดเกือบตลอดทั้งปี แต่เธอดังใจว่าเมื่อถึงจุดหนึ่งของชีวิต เธอจะกลับมาใช้ชีวิตอันสงบสุขบนที่ดินผืนนี้ เธอวางแผนไว้ว่า จะปลูกบ้านสัก 1 หลัง แล้วทำการเกษตรเล็ก ๆ น้อย ๆ คงจะมีความสุขดี ระบบน้ำอุปโภคบริโภค จะใช้วิธีขุดเจาะน้ำบาดาล เพราะพอน้ำบาดาลอยู่ข้างส่วนระบบไฟฟ้า เธอดังใจว่าจะใช้พลังงานธรรมชาติมาผลิตไฟฟ้าใช้ แต่เธอยังตัดสินใจไม่ได้ว่าจะใช้พลังงานใดในการผลิต เธออยากได้ระบบการผลิตที่เป็นพลังงานสะอาด ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่มีวันหมด ถ้านักเรียนเป็นลิซ่า นักเรียนจะแก้ปัญหาสถานการณ์นี้อย่างไร</p> <p>ข้อความ</p> <ol style="list-style-type: none"> นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร สาเหตุของปัญหา <ol style="list-style-type: none"> จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งทีระบุในข้อ 2.1 คือ สาเหตุของปัญหาดังกล่าว โดยใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 	

สถานการณ์และข้อคำถาม	ข้อเสนอแนะ
<p>3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์)</p> <p>4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 หากลิซ่าต้องการให้ผลิตไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องมีระบบส่งไฟฟ้าที่ไกล ๆ นักเรียนจะเลือกวิธีการแก้ปัญหาใดให้เหมาะสมกับสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา</p> <p>5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริงที่บ้านของนักเรียน นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร</p>	

สถานการณ์ที่ 2 เหตุเกิดที่หอพัก

หม่าเช่าหอพักอยู่ในตัวเมืองสุพรรณบุรี วันหนึ่งเมื่อเขาเปิดไฟที่ห้อง เขาได้ยินเสียงช็อตเกิดขึ้นที่หลอดไฟ จากนั้นหลอดไฟก็ระเบิด ทำให้ไม่สามารถใช้ไฟฟ้าได้ทั้งห้อง ไม่เพียงแต่ห้องของหม่าเท่านั้นที่ไฟดับ ห้องที่อยู่ข้าง ๆ ภายในชั้นเดียวกันไฟก็ดับหมด เจ้าของหอพัก จึงแจ้งช่างไฟฟ้าให้เข้ามาตรวจสอบ เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่า แต่ละห้องไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้ามาเลย ถ้านักเรียนเป็นช่างไฟฟ้า นักเรียนจะแก้ปัญหาสถานการณ์นี้อย่างไร

ข้อคำถาม

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร
2. สาเหตุของปัญหา
 - 2.1 จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร
 - 2.2 จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งที่ระบุในข้อ 2.1 คือ สาเหตุของปัญหาดังกล่าว โดยใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์)

สถานการณ์และข้อคำถาม	ข้อเสนอแนะ
<p>4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 มีเงื่อนไขอยู่ว่า ไฟดับแค่ห้องพักที่อยู่ชั้นเดียวกับหมาเท่านั้น ห้องพักชั้นอื่นไฟติดตามปกติ นักเรียนจะเลือกวิธีการแก้ปัญหาใดให้เหมาะสมกับสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา</p> <p>5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริงที่โรงเรียนของเรา นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร</p>	

สถานการณ์ที่ 3 iphone13 ของชนุน

ชนุน ลูกสาวเศรษฐีวัดรอเจริญ คุณแม่เพิ่งซื้อโทรศัพท์ให้ใหม่ รุ่นล่าสุด iphone 13 ชนุนนำโทรศัพท์มาโรงเรียนทุกวัน เพราะกลัวว่าถ้าเอาไว้ที่บ้านน้องจะขโมยไป โดยกฎของโรงเรียนก็ห้าม ไม่ให้นักเรียนนำโทรศัพท์มือถือมาโรงเรียน แต่ชนุนก็นำมาทุกวัน โดยปิดเครื่อง แล้วฝากครูบี ครูประจำชั้นเอาไว้ ครูบีก็จะเก็บโทรศัพท์มือถือของชนุนไว้ในลิ้นชักที่โต๊ะทำงาน แล้วถือคฤงแจ จะคืนให้ชนุนตอนกลับบ้านเท่านั้น แต่ถึงอย่างไรชนุนก็มีความระแวง กลัวเพื่อนจะมางัดโต๊ะเพื่อขโมยโทรศัพท์มือถือไป เธอจึงคิดที่จะติดสัญญาณกันขโมยที่โต๊ะครู ถ้านักเรียนเป็นชนุน นักเรียนจะแก้ปัญหาสถานการณ์นี้อย่างไร

ข้อคำถาม

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร
2. สาเหตุของปัญหา
 - 2.1 จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร
 - 2.2 จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งที่ระบุในข้อ 2.1 คือ สาเหตุของปัญหาดังกล่าว โดยใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

สถานการณ์และข้อคำถาม	ข้อเสนอแนะ
<p>3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์)</p> <p>4. จากวิธีการแก้ปัญหานักเรียนเสนอในข้อที่ 3 มีเงื่อนไขอยู่ว่า ขนุนต้องการให้สัญญาณกันขโมยทำงาน เมื่อมีการเปิดลิ้นชักผิดวิธี โดยที่ไม่ได้เปิดด้วยกุญแจของครู และขนุนต้องรับรู้ได้ นักเรียนจะเลือกวิธีการแก้ปัญหาใดให้เหมาะสมกับสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา</p> <p>5. หากนำวิธีการแก้ปัญหานี้ในข้อที่ 4 มาปฏิบัติในชีวิตจริงเพื่อป้องกันการสูญหายของสิ่งของมีค่า นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร</p>	

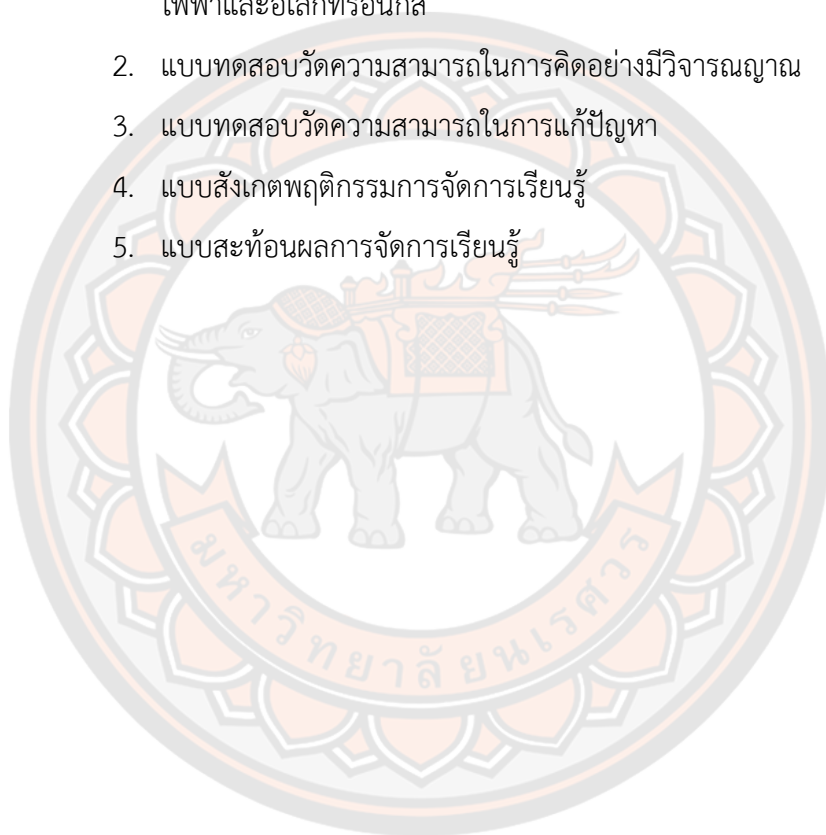
ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ประเมิน

ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
4. แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้
5. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้



ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้ : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายวิชา : วิทยาศาสตร์ 6

หน่วยการเรียนรู้ : ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

เรื่อง : ไฟฟ้าเบื้องต้น

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เวลา : 4 ชั่วโมง

ผู้สอน : นางสาวอรอนงค์ เมืองคง

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ในทางสถิติในการแก้ปัญหา

2. ตัวชี้วัด

วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์
ม.3/3 ใช้โวลต์มิเตอร์แอมมิเตอร์ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้า	ม.3/5 ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า และ อิเล็กทรอนิกส์ ให้ถูกต้องกับลักษณะของงาน และปลอดภัย เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน	ม.3/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการของชุมชนหรือท้องถิ่น เพื่อพัฒนางานอาชีพ สรุปรอบของปัญหา รวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สิน	ม.1/1 เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูลและแปลความหมายข้อมูล รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชี วิ ต จ ริ ง โดย ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

ตัวชี้วัด (ต่อ)

วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์
		<p>เส้นทางปัญญา ม.3/3 ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหาโดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และ ตัดสินใจเลือกข้อมูลที่ จำเป็น ภายใต้เงื่อนไข และทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการ แก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ ด้วยเทคนิคหรือวิธีการ ที่หลากหลาย วางแผน ขั้นตอนการทำงาน และ ดำเนินการ แก้ปัญหาอย่างเป็น ขั้นตอน</p>	
		<p>ม . 3 / 4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของ ปัญหาหรือข้อบกพร่อง ที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบ เงื่อนไข พร้อมทั้งหา แนวทางการปรับปรุง แก้ไข และนำเสนอผล การแก้ปัญหา</p>	

3. สารการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์
1) เมื่อต่อวงจรไฟฟ้า ครบวงจรจะมี กระแสไฟฟ้าออกจาก ขั้วบวกผ่านวงจรไฟฟ้า ไปยังขั้วลบของ แหล่งกำเนิดไฟฟ้า ซึ่ง วัดค่าได้จากแอมมิเตอร์	1) วัสดุแต่ละประเภทมี สมบัติแตกต่างกัน เช่น ไม้ โลหะ พลาสติก เซราม ิก จึงต้องมีการ วิเคราะห์สมบัติเพื่อ เลือกใช้ให้เหมาะสมกับ ลักษณะของงาน	1) การวิเคราะห์ สถานการณ์ปัญหาช่วย ให้เข้าใจ เจาะลึกและ กรอบของปัญหาได้ ชัดเจน จากนั้น ดำเนินการสืบค้น รวบรวมข้อมูลความรู้ จากศาสตร์ต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่ การออกแบบแนว ทางการแก้ปัญหา	สถิติ 1) การตั้งคำถามทาง สถิติ 2) การเก็บรวบรวม ข้อมูล 3) การนำเสนอข้อมูล - แผนภูมิรูปภาพ - แผนภูมิแท่ง - กราฟเส้น - แผนภูมิรูวงกลม
2) ค่าที่บอกความ แตกต่างของพลังงาน ไฟฟ้าต่อหน่วยประจุ ระหว่างจุด 2 จุด เรียกว่า ความต่างศักย์ ซึ่งวัดค่าได้จากโวลต์ มิเตอร์	2) การสร้างชิ้นงานอาจ ใช้ความรู้เรื่องกลไก ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เช่น LED LDR มอเตอร์ เฟือง คาน รอก ล้อ เพลลา	2) การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และ ตัดสินใจเลือกข้อมูลที่ จำเป็น โดยคำนึงถึง ทรัพยากรสินทางปัญญา เงื่อนไขและทรัพยากร เช่น งบประมาณ เวลา ข้อมูลและสารสนเทศ วัสดุ เครื่องมือ และ อุปกรณ์ ช่วยให้ได้แนว ทางการแก้ปัญหาที่ เหมาะสม	4) การแปลความหมาย ข้อมูล 5) การนำสถิติไปใช้ใน ชีวิตจริง
3) พลังงานน้ำ จะ สามารถสะสมพลังงาน และถ่ายโอนพลังงาน ศักย์เป็นพลังงานจลน์ เพื่อไปหมุนเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า ทำให้ผลิต กระแสไฟฟ้าได้	3) อุปกรณ์ และ เครื่องมือในการสร้าง ชิ้นงาน หรือพัฒนา วิธีการ มีหลายประเภท ต้องเลือกใช้ให้ถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย รวมทั้งรู้จัก เก็บรักษา	3) การออกแบบแนว ทางการแก้ปัญหาทำได้ หลากหลายวิธี เช่น การ ร่างภาพ การเขียน แผนภาพ การเขียนผัง งาน	
4) พลังงานลม เมื่อมีลม พัดผ่านใบกังหัน พลังงานจลน์ที่เกิดจาก ลม จะทำให้ใบพัดของ กังหันเกิดการหมุนและ ได้เป็นพลังงานกล ออกมา พลังงานกลจาก แกนหมุนของกังหันลม จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็น		4) เทคนิคหรือวิธีการใน	

สาระการเรียนรู้ (ต่อ)

วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์
พลังงานไฟฟ้า 5) ข น า ด ข อ ง กระแสไฟฟ้ามีค่าแปร ผันตรงกับความต่าง ศักย์ระหว่างปลายทั้ง สองของตัวนำ โดย อัตราส่วนระหว่างความ ต่าง ศัก ย์ แ ล ะ กระแสไฟฟ้า มีค่าคงที่ เรียกค่าคงที่นี้ว่า ความ ต้านทาน		เขียนรายงาน การทำ แผ่นนำเสนองาน การจัดนิทรรศการ การ นำเสนอ ผ ่า น ส ื่อ ออนไลน์	

4. สาระสำคัญ

พลังงานทางธรรมชาติ เช่น พลังงานน้ำ สามารถทำให้วัตถุต่าง ๆ เคลื่อนที่หรือหมุนได้ จึงมีการนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า โดยใช้หลักการถ่ายโอนพลังงานเพื่อเปลี่ยนพลังงานศักย์ให้เป็นพลังงานจลน์ โดยการหมุนของใบกังหัน จากนั้นนำไปหมุนแกนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่วนพลังงานลม เมื่อมีลมพัดผ่านใบกังหัน พลังงานจลน์ที่เกิดจากลม จะทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุนและได้เป็นพลังงานกลออกมา พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้า

การออกแบบกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ รูปแบบและจำนวนของใบพัด แรงของน้ำหรือลมที่กระทำกับใบพัด รวมถึงวัสดุที่ใช้สร้างใบพัด

ในการสร้างกังหันผลิตไฟฟ้า จำเป็นต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนรูปพลังงาน การออกแบบ และเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม การวัดความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหัน สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานที่ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์และการแปลความหมายเพื่อจะนำไปใช้งานต่อไป

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

พุทธิพิสัย

นักเรียนสามารถอธิบายหลักการที่เกี่ยวข้องข้องกับการทำงานของกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้าได้

ทักษะพิสัย

- 1) นักเรียนสามารถสรุปปัญหาที่ได้จากสถานการณ์ “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง” ได้
- 2) นักเรียนสามารถระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง” ได้
- 3) นักเรียนสามารถสรุปองค์ความรู้ที่จำเป็นในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง” ได้
- 4) นักเรียนสามารถเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม มาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง” ได้
- 5) นักเรียนสามารถตรวจสอบผลที่ได้จากการแก้ปัญหาและประเมินผลลัพธ์ที่ได้ว่าเหมาะสมต่อการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง” หรือไม่
- 6) นักเรียนสามารถนำเสนอผลที่ได้จากการแก้ปัญหา “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง” โดยใช้ข้อมูลทางสถิติได้
- 7) นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบมาแล้วได้

จิตพิสัย

- 1) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย
- 2) นักเรียนมีความใฝ่เรียนรู้ในการเรียนและการทำงาน
- 3) นักเรียนใช้วัสดุหรือทรัพยากรในการทำงานได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน

6. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา (20 นาที)

1) ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพลังงานธรรมชาติมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า (<https://www.youtube.com/watch?v=sfiSNjE7AUY>)

2) นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้า (การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติ เช่น พลังงานน้ำ จะใช้หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานศักย์ไปเป็นพลังงานจลน์ พลังงานจลน์จะสามารถทำให้อุปกรณ์หมุนได้ เมื่ออุปกรณ์จะทำงานจะทำให้แกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดอยู่กับแกนของกังหันหมุนตามไปด้วย ส่วนพลังงานลม เมื่อมีลมพัดผ่านใบกังหัน พลังงานจลน์ที่เกิดจากลม จะทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุน และได้เป็นพลังงานกลออกมา พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนพลังงานจลน์ของการหมุนของแกนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้าและส่งออกไปตามสายส่งไฟฟ้า โดยกำลังไฟฟ้าที่ได้จะแปรตามความเร็วรอบการหมุนของกังหันและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)

3) ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน จากนั้นครูแสดงสถานการณ์ ดังนี้

“หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง”

ไปท์ หมู่บ้านน้อยชาวดอยวัย 22 ปี เข้ามาเรียนในเมืองหลวง เขาตั้งใจศึกษาเล่าเรียนเกี่ยวกับสาขาพัฒนาสังคม จนจบ เพื่อที่จะไปพัฒนาบ้านเกิดของตนเอง บ้านเกิดของเขาอยู่บนดอยแห่งหนึ่ง ซึ่งห่างไกลจากตัวเมืองมาก ความเจริญเข้าไม่ถึง ไม่มีไฟฟ้าใช้ ทำให้ใช้ชีวิตค่อนข้างยากลำบาก เพราะไม่มีเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อการอำนวยความสะดวกในชีวิต ยามค่ำคืนจะมีเพียงแสงจันทร์ แสงดาว และตะเกียงดวงน้อย ๆ ของชาวบ้านแต่ละหลังเท่านั้น ถึงอย่างไรก็ตาม ดอยแห่งนี้ก็ถูกโอบล้อมไว้ด้วยความสวยงามของธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นภูเขาที่เขียวขจี น้ำตกเล็ก ๆ ที่น้ำไหลแรงตลอดทั้งปีอยู่ด้านบนของหุบเขา แล้วยังมีลมพัดแรงอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี รวมถึงมีการปลูกพืชพรรณธรรมชาติอย่างหลากหลาย เช่น ชา กาแฟ สตอร์เบอร์รี่ กะหล่ำปลี เป็นต้น



ที่มา : <https://www.klook.com/th/activity/35357-doi-mae-salong-akha-hilltribe-village-tour-chiang-mai/>

4) ครูใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนว่า “ จากสถานการณ์ หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นของสถานการณ์นี้ คืออะไร ” (ไม่มีไฟฟ้าใช้) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 1 ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

5) นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ (หมู่บ้านอยู่ห่างไกล ความเจริญ ระบบสายส่งไฟฟ้ายังไม่ถึง) โดยเขียนลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 2 สาเหตุของปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร

6) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ และถามนักเรียนว่า จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนสรุปความต้องการแก้ปัญหาของสถานการณ์และมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร (หมู่บ้านนี้ต้องการมีไฟฟ้าใช้ และต้องใช้สิ่งที่หมู่บ้านนี้มีมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า นั่นคือพลังงานทางธรรมชาติ เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม และวิธีที่จะผลิตไฟฟ้าได้ต้องมีกังหัน) ให้นักเรียนเขียนลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 3 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนสรุปความต้องการแก้ปัญหาของสถานการณ์และมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา (60 นาที)

1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงหลักการ STEM ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา และบันทึกลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 4 ให้นักเรียนอธิบายถึงหลักการ STEM ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

(วิทยาศาสตร์ เกี่ยวข้องเริ่มตั้งแต่เมื่อปล่อยน้ำออกจากถังที่อยู่ระดับสูงกว่าลงมากระทบกับ กังหันที่อยู่ระดับต่ำกว่า หรือการปล่อยให้พลังงานลมกระทบกับใบพัดของกังหัน จะเกิดการถ่ายโอน พลังงานให้กับกังหัน ทำให้กังหันเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกน เมื่อกังหันหมุนจะทำให้แกนของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดอยู่กับกังหันหมุนตาม เกิดการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานจลน์ของการ หมุนของแกนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้า

เทคโนโลยี เกี่ยวข้องกับวัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น ฝาขวดน้ำพลาสติก ข้อนพลาสติก พิวเจอร์บอร์ด จึงต้องมีการวิเคราะห์สมบัติเพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน การสร้างชิ้นงานใช้ความรู้เรื่องกลไก ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์และเครื่องมือในการสร้าง ชิ้นงาน หรือพัฒนางานมีหลายประเภท ต้องเลือกใช้ให้ถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย รวมทั้งรู้จัก เก็บรักษา

วิศวกรรมศาสตร์ เกี่ยวกับการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา ช่วยให้เข้าใจ เจาะลึกและกรอบ ของปัญหาได้ชัดเจน จากนั้น ดำเนินการสืบค้น รวบรวมข้อมูลความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่ การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูล ที่จำเป็น เจาะลึกและทรัพยากร เช่น งบประมาณ เวลา ข้อมูลและสารสนเทศ วัสดุ เครื่องมือและ อุปกรณ์ ช่วยให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้ หลากหลายวิธี เทคนิคหรือวิธีการในการนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย การกำหนด ขั้นตอนและระยะเวลาในการทำงาน ก่อนดำเนินการแก้ปัญหาจะช่วยให้การทำงาน สำเร็จได้ตาม เป้าหมาย และลดข้อผิดพลาดของการทำงานที่อาจเกิดขึ้น การทดสอบและประเมินผลเป็นการ ตรวจสอบชิ้นงานหรือวิธีการว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ภายใต้กรอบของปัญหา เพื่อหา ข้อบกพร่อง และดำเนินการปรับปรุง โดยอาจทดสอบซ้ำเพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ การนำเสนอ ผลงานเป็นการถ่ายทอดแนวคิด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานและชิ้นงาน หรือวิธีการ ที่ได้ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี

คณิตศาสตร์ เกี่ยวกับการใช้สถิติ มีการตั้งคำถามทางสถิติ การเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล เช่น แผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง กราฟเส้น แผนภูมิรูปวงกลม การแปลความหมายข้อมูล และการนำ สถิติไปใช้ในชีวิตจริง)

2) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันว่า ในการแก้ปัญหาไม่มีไฟฟ้าใช้ นักเรียนควรมี ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้าง (ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ผลิตไฟฟ้า เช่น ไฟฟ้าพลังงานน้ำ ไฟฟ้าพลังงานลม และความรู้เกี่ยวกับการสร้างกังหัน เช่น หลักการผลิตไฟฟ้า หลักการทำงานของกังหัน รูปแบบของกังหัน วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้) หลังจากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล

ตามหัวดังกล่าว แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 5 ในการสร้างกังหันผลิตไฟฟ้า ควรมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้าง

3) ก่อนที่นักเรียนจะได้ออกแบบและวางแผนสร้างกังหันผลิตไฟฟ้า ครูแสดงอุปกรณ์สำหรับใช้ในการสร้างทั้งหมด ดังต่อไปนี้

- ฝาขวดน้ำพลาสติก ฝาละ 1 บาท
- ซ้อนพลาสติก อันละ 1 บาท
- ฟิวเจอร์บอร์ดขนาด แผ่นละ 10 บาท
- ไม้เสียบลูกชิ้น อันละ 1 บาท
- ไม้ไผ่ติ่ม อันละ 1 บาท

แต่ทุกกลุ่มจะได้รับ เจเนอเรเตอร์ขนาดเล็ก 1 ตัว หลอด LED 1 ดวง ปืนกาว 1 อัน กรรไกร 1 อัน คัตเตอร์ 1 อัน เทปกาว 1 อัน และไม้บรรทัด 1 อัน

4) ครูกำหนดว่านักเรียนแต่ละกลุ่มมีเงินจำนวน 40 บาท สำหรับใช้ในการซื้ออุปกรณ์สร้างกังหันผลิตไฟฟ้า ไม่ว่าจะปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองกี่ครั้งก็ตาม จะมีเงินสำหรับใช้จ่ายแค่จำนวนนี้เท่านั้น และทุกกลุ่มต้องเขียนใบสั่งซื้อสินค้าตามจำนวนที่ต้องการและมาซื้อสินค้าที่ครูผู้สอน

5) ครูกำหนดเงื่อนไขว่า กังหันผลิตไฟฟ้าของกลุ่มใดผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด จะได้คะแนนสูงสุดคือ 4 คะแนน กลุ่มที่เหลือคะแนนจะลดลงมาตามลำดับ

6) ครูแสดงเกณฑ์ในการประเมินกังหันผลิตไฟฟ้า เพื่อให้นักเรียนทราบว่าควรจะมีประติสัมพันธ์กันอย่างไรให้ได้คะแนนมากที่สุด

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน (30 นาที)

1) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกังหันผลิตไฟฟ้า เพื่อให้ผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด จากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ เช่น รูปแบบของกังหัน จำนวนแกนใบพัด วัสดุที่ใช้ทำใบพัด ความแข็งแรงของกังหัน ความสูงของระดับน้ำที่ปล่อยลงมากระทบกังหัน ความแรงของลมที่เข้ากับกังหัน และให้แต่ละกลุ่มเลือกวิธีการสร้างกังหันที่ต้องการจากข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยคำนึงถึงทรัพยากรที่มีอยู่ เช่น วัสดุที่เลือกใช้มีความเหมาะสม วิธีการสร้างไม่ยากเกินไปและสามารถสร้างได้ในเวลาที่กำหนด โดยครูกำหนดเพิ่มเติมในกรณีที่กลุ่มของนักเรียนเลือกใช้พลังงานน้ำว่าใช้ชุดถังน้ำสำเร็จรูปในการจำลองการไหลของน้ำ กำหนดความสูงของระดับน้ำจากผิวน้ำในถังถึงจุด

ที่น้ำกระทบกับกังหันที่ระยะ 0.6 เมตร 1.0 เมตร และ 1.5 เมตร และในกรณีที่กลุ่มของนักเรียนเลือกใช้พลังงานลม ว่าใช้พัดลมตั้งโต๊ะ ที่ความเร็วลม เบอร์ 1 เบอร์ 2 และ เบอร์ 3

2) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบกังหันผลิตไฟฟ้าจากข้อมูลและแนวคิดที่ได้จากการวิเคราะห์ และให้นักเรียนวางแผนและลงมือสร้างกังหันตามทีออกแบบไว้ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 6 บันทึกแนวคิดในการสร้างกังหันผลิตไฟฟ้าเป็นภาพและระบุรายละเอียด เช่น รูปร่างของใบพัด จำนวนใบพัด วัสดุที่เลือกใช้สร้างใบพัด พร้อมให้เหตุผลประกอบ

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนฉุกเฉิน (25 นาที)

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการสำรองหรือขั้นตอนต่อไปที่จะปฏิบัติ หากแผนการแรกไม่ประสบความสำเร็จหรือมีความยากลำบาก โดยแต่ละกลุ่มจะลงรายละเอียดของการทำงานมากขึ้น

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายแผนการสำรองลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 7 แนวคิดสำรองในการสร้างกังหันผลิตไฟฟ้าในกรณีที่แผนการแรกไม่ประสบความสำเร็จ

3) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบการทำงานของกังหันทั้งแผนแรกและแผนสำรองว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้หรือไม่ โดยใช้มิเตอร์วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากเจนเนอเรเตอร์ พร้อมกับบันทึกข้อมูลการทดสอบลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 8 บันทึกผลการทดสอบการทำงานของกังหันผลิตกระแสไฟฟ้า

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับปรุงแผน (55 นาที)

1) ครูให้นักเรียนปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้ผลการทดสอบตามแผนแรกและแผนสำรอง เป็นข้อมูลในการหาแนวทางการปรับปรุง เพื่อให้ผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น โดยบันทึกแนวทางการปรับปรุงลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 9 แนวทางการปรับปรุงกังหันผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อให้ผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายแผนการที่ปรับปรุงแล้วลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 10 แนวคิดการสร้างแบบจำลองกังหันผลิตไฟฟ้าที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน (50 นาที)

1) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบการทำงานของกังหันที่ปรับปรุงแล้ว พร้อมทั้งบันทึกผลการทดสอบลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 11 บันทึกผลการทดสอบการทำงานของกังหันที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว

2) ครูให้นักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 11 จากนั้นแปลความหมายของข้อมูล และนำเสนอผลการทดสอบ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างกราฟในรูปแบบใดก็ได้ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและความสูง (ในกรณีที่กลุ่มนักเรียนใช้พลังงานน้ำ) และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างกราฟในรูปแบบใดก็ได้ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและความเร็วของลม (ในกรณีที่กลุ่มนักเรียนใช้พลังงานลม) ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 12 ให้นักเรียนนำเสนอผลการทดสอบโดยการสร้างกราฟในรูปแบบใดก็ได้ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและความสูง (กรณีที่กลุ่มของนักเรียนใช้พลังงานน้ำ) และสร้างกราฟในรูปแบบใดก็ได้ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและความเร็วของลม (กรณีที่กลุ่มของนักเรียนใช้พลังงานลม) แล้วอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม

3) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอกังหันผลิตไฟฟ้าที่สร้างขึ้น โดยนำเสนอแนวคิดในการสร้างรูปแบบของกังหัน เหตุผลในการเลือกใช้วัสดุ รวมทั้งผลการทดสอบและการปรับปรุงแก้ไขกังหันจนมีประสิทธิภาพมากที่สุด

4) ครูและนักเรียนประเมินผลและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างกังหันเพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด และแนวทางการสร้างกังหันผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้งานจริง (ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างกังหันผลิตไฟฟ้า เช่น จำนวนแกนของใบพัด จะมีผลต่อการหมุนที่ต่อเนื่อง เนื่องจากต้องการให้ได้ค่าความต่างศักย์สูงนั้น ต้องทำให้กังหันหมุนได้เร็วและต่อเนื่องมากที่สุด ซึ่งหากจำนวนแกนของใบพัดน้อยเกินไป เช่น 4 แกน เมื่อน้ำหรือลมตกกระทบกับแกนที่ 1 แล้วเกิดการหมุนด้วยแรงของน้ำหรือลมและความเฉื่อยของแกน อาจไม่มีแรงในการหมุนมากพอที่ทำให้แกนที่ 2 หมุนมาตรงกับตำแหน่งที่น้ำหรือลมตกกระทบ เพราะระยะห่างระหว่างสองแกนนี้มากเกินไป ประมาณ 90 องศา ดังนั้น จึงต้องเพิ่มจำนวนของแกนใบพัดให้มากขึ้น แต่ไม่มีข้อกำหนดที่แน่นอนว่าต้องเป็นจำนวนเท่าใด เพราะต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการหมุนของกังหันด้วย เช่น น้ำหนักของกังหัน ความยาวแกนของกังหัน การมีใบพัดจำนวนมากขึ้นจะทำให้กังหันมีโมเมนต์ของความเฉื่อยมากขึ้นด้วย หากแรงจากน้ำหรือลมน้อยลงบางช่วงก็จะยังทำให้ใบพัดหมุนต่อไปได้เล็กน้อยด้วยความเฉื่อยนั่นเอง ความยาวแกนของใบพัด ถ้าแกนใบพัดยาวมากขึ้นจะทำให้ใบพัดหมุนได้ง่ายขึ้น ซึ่งอธิบายได้ด้วยหลักการของคาน เราจะพบว่าเมื่อแกนมีใบพัดยาว แม้น้ำหรือลมปริมาณน้อย ก็สามารถทำให้ใบพัดหมุนได้ง่าย แต่ถ้าใบพัดสั้นลง แรงจากน้ำหรือลมจะต้องมากขึ้นใบพัดจึงจะหมุนได้ และในการออกแบบควรพิจารณาตำแหน่งและวิธีการติดตั้งกังหันด้วย เพราะถ้าใบพัดยาวอาจจะไม่สะดวกในการติดตั้ง วัสดุที่ใช้ทำใบพัด จะมีผลต่อน้ำหนักของตัวกังหัน หากใช้วัสดุที่มีน้ำหนักมากเกินไปหรือมวลมากเกินไป ก็จะทำให้กังหันเริ่มหมุนได้ยากและหมุนช้าเพราะมีความเฉื่อยมาก แต่ถ้าใช้วัสดุที่เบาเกินไปก็จะมีผลต่อความแข็งแรงของกังหัน มุมของใบพัดที่รองรับการตกกระทบของน้ำหรือลม ควรเอียงทำมุมกับแนวระดับเล็กน้อยเพื่อให้ น้ำหรือลมสามารถผ่านใบพัดไปได้ และเกิดแรงผลักให้กังหันหมุน ลักษณะของ

ใบพัด ควรมัลักษณะโค้งงอ คล้ายถ้วย ซึ่งจะช่วยให้เกิดแรงในการหมุนกังหันมากกว่าเมื่อเทียบกับใบพัดแบบเรียบ และควรให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดของใบพัดใกล้เคียงกับพื้นที่ที่น้ำหรือลมตกกระทบเพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียพลังงาน) และบันทึกลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อที่ 13 ให้นักเรียนเขียนปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างกังหันเพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด และแนวทางการสร้างกังหันผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้งานจริง

7. การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	ผู้ประเมิน
พุทธิพิสัย นักเรียนสามารถอธิบายหลักการที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้าได้	ประเมินความถูกต้องจากแบบบันทึกใบกิจกรรม หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง	ใบ กิจกรร ม ครู หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง	
ทักษะพิสัย 1) นักเรียนสามารถสรุปปัญหาที่ได้จากสถานการณ์ “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง” ได้ 2) นักเรียนสามารถระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง” ได้ 3) นักเรียนสามารถสรุปองค์ความรู้ที่จำเป็นในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง” ได้ 4) นักเรียนสามารถเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง” ได้ 5) นักเรียนสามารถตรวจสอบผลที่ได้จากการแก้ปัญหาและประเมินผลลัพธ์ที่ได้ว่าเหมาะสมต่อการแก้ปัญหาจาก	ประเมินความถูกต้องจากแบบบันทึกใบกิจกรรม หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง	ใบ กิจกรร ม ครู หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง	

จุดประสงค์	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	ผู้ประเมิน
<p>สถานการณ์ “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง” หรือไม่</p> <p>6) นักเรียนสามารถนำเสนอผลที่ได้จากการแก้ปัญหา “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง” โดยใช้ข้อมูลทางสถิติได้</p> <p>7) นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยพบมาแล้วได้</p>			
จิตพิสัย			
1. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	- สังเกตพฤติกรรมระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้	- แบบ สังเกต พฤติกรรมด้านจิตพิสัยในชั้นเรียน	- ครู
2. นักเรียนมีความใฝ่เรียนรู้ในการเรียนและการทำงาน			
3. นักเรียนใช้วัสดุหรือทรัพยากรในการทำงานได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน	- ประเมินความถูกต้องจากแบบบันทึกใบกิจกรรมหมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง	- ใบกิจกรรมหมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง	- นักเรียน

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1) คอมพิวเตอร์ครู	จำนวน 1 เครื่อง/ห้อง
2) คอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนสืบค้นข้อมูล	จำนวน 16 เครื่อง/ห้อง
3) เครื่องฉายโปรเจคเตอร์	จำนวน 1 เครื่อง/ห้อง
4) ฝาขวดน้ำพลาสติก	จำนวน 60 ฝา/ห้อง
5) ซ้อนพลาสติก	จำนวน 40 อัน/ห้อง
6) ฟิวเจอร์บอร์ดขนาด	จำนวน 4 แผ่น/ห้อง

7) ไม้เสียบลูกชิ้น	จำนวน 40 อัน/ห้อง
8) ไม้ไอติม	จำนวน 40 ชิ้น/ห้อง
9) เจเนอเรเตอร์ขนาดเล็ก	จำนวน 1 อัน/กลุ่ม
10) หลอด LED	จำนวน 1 อัน/กลุ่ม
11) ชุดถังน้ำสำเร็จรูป	จำนวน 1 ชุด/ห้อง
12) มัลติมิเตอร์	จำนวน 1 ชุด/ห้อง
13) ปืนกาว	จำนวน 1 อัน/กลุ่ม
14) กรรไกร	จำนวน 1 อัน/กลุ่ม
15) คัตเตอร์	จำนวน 1 อัน/กลุ่ม
16) เทปกาว	จำนวน 1 อัน/กลุ่ม
17) ไม้บรรทัด	จำนวน 1 อัน/กลุ่ม
18) ใบกิจกรรมการเรียนรู้	จำนวน 1 ชุด/กลุ่ม
19) ใบสั่งซื้อของ	จำนวน 1 ชุด/กลุ่ม
20) ใบความรู้	จำนวน 1 ชุด/กลุ่ม



กิจกรรมการเรียนรู้
 “หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง”

กลุ่มที่.....

สมาชิกกลุ่ม

1. เลขที่.....
2. เลขที่.....
3. เลขที่.....
4. เลขที่.....

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



ใบกิจกรรมการเรียนรู้

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้

“หมู่บ้านน้อยบนดอยแห่งหนึ่ง”

ไปท์ หนุ่มน้อยชาวคอยวัย 22 ปี เข้ามาเรียนในเมืองหลวง เขาตั้งใจศึกษาเล่าเรียนเกี่ยวกับสาขาพัฒนาสังคม จนจบ เพื่อที่จะไปพัฒนาบ้านเกิดของตนเอง บ้านเกิดของเขาอยู่บนดอยแห่งหนึ่ง ซึ่งห่างไกลจากตัวเมืองมาก ความเจริญเข้าไม่ถึง ไม่มีไฟฟ้าใช้ ทำให้ใช้ชีวิตค่อนข้างยากลำบาก เพราะไม่มีเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อการอำนวยความสะดวกในชีวิต ยามค่ำคืนจะมีเพียงแสงจันทร์ แสงดาว และตะเกียงดวงน้อย ๆ ของชาวบ้านแต่ละหลังเท่านั้น ถึงอย่างไรก็ตาม ดอยแห่งนี้ก็ถูกโอบล้อมไว้ด้วยความสวยงามของธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นภูเขาที่เขียวขจี น้ำตกเล็ก ๆ ที่น้ำไหลแรงตลอดทั้งปีอยู่ด้านบนของหุบเขา แกมยังมีลมพัดแรงอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี รวมถึงมีการปลูกพืชพรรณธรรมชาติอย่างหลากหลาย เช่น ชา กาแฟ สตอร์เบอร์รี่ กะหล่ำปลี เป็นต้น



ที่มา : <https://www.klook.com/th/activity/35357-doi-mae-salong-akha-hilltribe-village-tour-chiang-mai/>

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. สาเหตุของปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร

.....

.....

.....

3. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนสรุปความต้องการแก้ปัญหาของสถานการณ์และมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร

.....

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนอธิบายถึงหลักการ STEM ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา
วิทยาศาสตร์ (S).....

.....

.....

.....

.....

.....

เทคโนโลยี (T).....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. บันทึกผลการทดสอบการทำงานของกังหันผลิตกระแสไฟฟ้า

แผนแรก

ลักษณะกังหัน.....

กรณีพลังงานน้ำ ทดสอบครั้งที่	ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)		
	ความสูง 0.6 เมตร	ความสูง 1.0 เมตร	ความสูง 1.5 เมตร
1			
2			
3			
4			
5			
เฉลี่ย			

กรณีพลังงานลม ทดสอบครั้งที่	ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)		
	ความแรง เบอร์ 1	ความแรง เบอร์ 2	ความแรง เบอร์ 3
1			
2			
3			
4			
5			
เฉลี่ย			

แผนสำรวจ

ลักษณะก้างหิน.....

กรณีพลังงานน้ำ ทดสอบครั้งที่	ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)		
	ความสูง 0.6 เมตร	ความสูง 1.0 เมตร	ความสูง 1.5 เมตร
1			
2			
3			
4			
5			
เฉลี่ย			
กรณีพลังงานลม ทดสอบครั้งที่	ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)		
	ความแรง เบอร์ 1	ความแรง เบอร์ 2	ความแรง เบอร์ 3
1			
2			
3			
4			
5			
เฉลี่ย			

9. แนวทางการปรับปรุงกักกันผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อให้ผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น

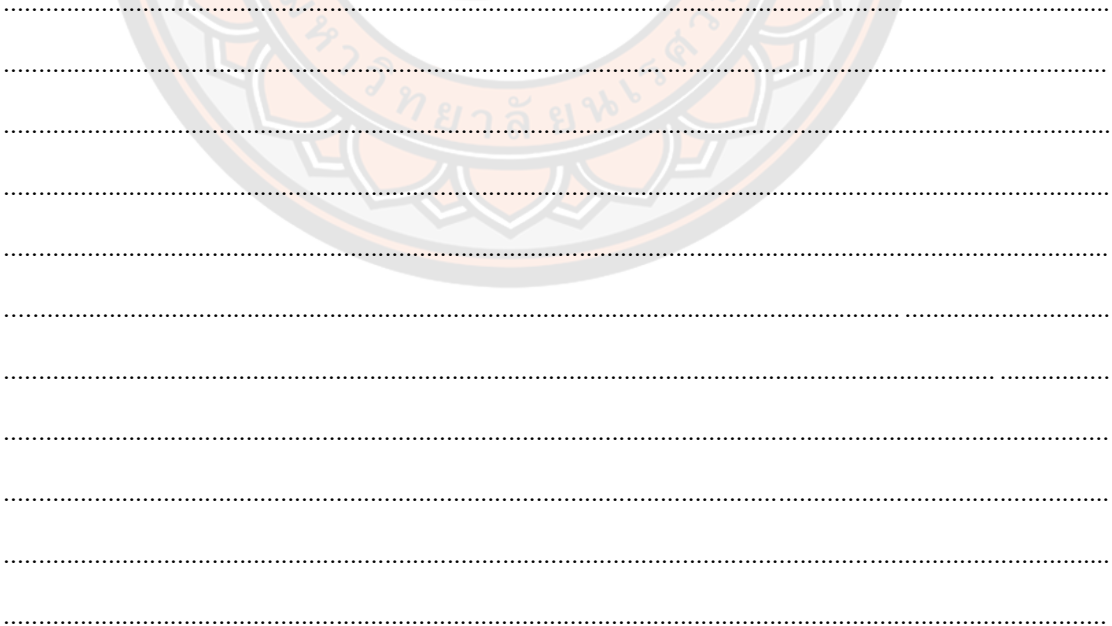
ปัญหาที่พบ	สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางแก้ไข
------------	--------------------	-------------



10. แนวคิดการสร้างแบบจำลองกักกันผลิตไฟฟ้าที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว



เหตุผลที่เลือกสร้างแบบจำลองที่มีลักษณะดังภาพ



11. บันทึกผลการทดสอบการทำงานของกังหันที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว

ลักษณะกังหัน.....

กรณีพลังงานน้ำ ทดสอบครั้งที่	ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)		
	ความสูง 0.6 เมตร	ความสูง 1.0 เมตร	ความสูง 1.5 เมตร
1			
2			
3			
4			
5			
เฉลี่ย			
กรณีพลังงานลม ทดสอบครั้งที่	ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)		
	ความแรง เบอร์ 1	ความแรง เบอร์ 2	ความแรง เบอร์ 3
1			
2			
3			
4			
5			
เฉลี่ย			

12. ให้นักเรียนนำเสนอผลการทดสอบโดยการสร้างกราฟในรูปแบบใดก็ได้ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและความสูง (กรณีที่กลุ่มของนักเรียนใช้พลังงานน้ำ) และสร้างกราฟในรูปแบบใดก็ได้ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและความเร็วของลม (กรณีที่กลุ่มของนักเรียนใช้พลังงานลม)



14. ประเมินกัณฑ์ผลิตไฟฟ้า

รายการประเมิน	คะแนนที่ได้
คะแนนชิ้นงาน (4)	
คะแนนงบประมาณ (4)	
งบประมาณที่ใช้.....บาท	
คะแนนใช้การออกแบบกระบวนการเชิงวิศวกรรม (4)	
คะแนนการบูรณาการความรู้ (4)	
รวมคะแนน (12)	

เกณฑ์การผ่านร้อยละ 70 ขึ้นไป

คะแนนรวม 16 คะแนน ต้องได้ 8.4 – 16 คะแนน จึงจะผ่าน



เกณฑ์การให้คะแนน

รายการ	ระดับ			
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
ประเมิน	(4 คะแนน)	(3 คะแนน)	(2 คะแนน)	(1 คะแนน)
ชิ้นงาน	กักหนผลลลตไฟฟฟฟฟ ได้มกทลสุด	กักหนผลลลตไฟฟฟฟฟ ได้มกลลลตบที่ 2	กักหนผลลลตไฟฟฟฟฟ ได้มกลลลตบที่ 3	กักหนผลลลตไฟฟฟฟฟ ได้มกลลลตบที่ 4
งบประมณ	ใช้งบประมณ น้อยทลสุดเป็น ลลลตบที่ 1	ใช้งบประมณ น้อยทลสุดเป็น ลลลตบที่ 2	ใช้งบประมณ น้อยทลสุดเป็น ลลลตบที่ 3	ใช้งบประมณ น้อยทลสุดเป็น ลลลตบที่ 4
การลใช้	ระบขปัญหาได้	ระบขปัญหาได้	ระบขปัญหาได้	ระบขปัญหาได้
กระบวนกร	ชัดเจน มลการ	ชัดเจน มลการ	ชัดเจน มลการ	ชัดเจน มลการ
ออกแบบเขง वलครกรรม	คั่นควลหลลลลล ทลเกลยข้งมลลล ในการสร้งกักหน มลการออกแบบ वलแผนในการ สร้งกักหนอย่าง เป็นระบบ และ ทดสอบกักหนทล สร้งขลน พร้งม ปรลปรุงแก้ลให้ ดลยลขลน และ นลเสนอลवलสร้ง กักหนในขลนเรลน	คั่นควลหลลลลล ทลเกลยข้งมลลล ในการสร้งกักหน มลการออกแบบ वलแผนในการ สร้งกักหนอย่าง เป็นระบบ และ ทดสอบกักหนทล สร้งขลน พร้งม ปรลปรุงแก้ลให้ ดลยลขลน แต่ไม่ สามารถนลเสนอ वलการสร้งกักหน ในขลนเรลนได้	คั่นควลหลลลลล ทลเกลยข้งมลลล ในการสร้งกักหน มลการออกแบบ वलแผนในการ สร้งกักหนอย่าง เป็นระบบ และ ทดสอบกักหนทล สร้งขลน แต่ไม่ สามารถปรลปรุง แก้ลให้ดลขลนได้ และไม่สามารถ นลเสนอลवलการ สร้งกักหนในขลน เรลนได้	คั่นควลหลลลลล ทลเกลยข้งมลลล ในการสร้งกักหน การออกแบบ वलแผนในการ สร้งกักหน แต่ไม่ เป็นระบบ และ ทดสอบกักหนทล สร้งขลน แต่ไม่ สามารถปรลปรุง แก้ลให้ดลขลนได้ และไม่สามารถ นลเสนอลवलการ สร้งกักหนในขลน เรลนได้

เกณฑ์การให้คะแนน (ต่อ)

รายการ ประเมิน	ระดับ			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ปรับปรุง (1 คะแนน)
การบูรณาการ ความรู้	นักเรียนมีการนำ ความรู้ด้านต่าง ๆ มาใช้ ดังนี้ วิทยาศาสตร์ใช้ วิทยาศาสตร์ใช้ ความรู้เกี่ยวกับ การผลิตไฟฟ้า จากพลังงานน้ำ และพลังงานลม เทคโนโลยีใช้ ความรู้เกี่ยวกับ การเลือกวัสดุที่ เหมาะสมในการ สร้างกังหัน คณิตศาสตร์ใช้ ความรู้เกี่ยวกับ การนำเสนอผล การทดสอบในรูป ของกราฟชนิดใด ก็ได้	นักเรียนมีการนำ ความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ คณิตศาสตร์ มา ใช้ แต่ไม่ถูกต้อง 1 ด้าน	นักเรียนมีการนำ ความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ คณิตศาสตร์ มา ใช้ แต่ไม่ถูกต้อง 2 ด้าน	นักเรียนมีการนำ ความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ คณิตศาสตร์ มา ใช้ แต่ไม่ถูกต้อง เลยทั้ง 3 ด้าน

ใบสั่งซื้อของ

กลุ่มที่

.....

งบประมาณทั้งหมด 40 บาท

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	ราคา (บาท)
1	ฝาขวดน้ำพลาสติก ฝาละ 1 บาท		
2	ช้อนพลาสติก อันละ 1 บาท		
3	ฟิวเจอร์บอร์ดขนาด แผ่นละ 10 บาท		
4	ไม้เสียบลูกชิ้น อันละ 1 บาท		
5	ไม้ไอติม อันละ 1 บาท		
			รวม

ใบความรู้ที่ 1

โรงไฟฟ้าพลังน้ำ

ทรัพยากรน้ำ นับเป็นทรัพยากรสำคัญที่ช่วยในการหล่อเลี้ยงชีวิต ทั้งการอุปโภค และบริโภคของคนไทยมาช้านาน รวมไปถึงน้ำยังใช้ในการการผลิตไฟฟ้า สร้างแสงสว่างให้คนไทยได้ใช้กันอย่างมีความสุขมากกว่าครึ่งศตวรรษ

รู้หรือไม่
FACT

โรงไฟฟ้าพลังน้ำ มี 3 ประเภท คือ

<p>โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ</p> <p>เช่น เขื่อนภูมิพล จ.ตาก</p>	<p>โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบน้ำไหลผ่านตลอดปี</p> <p>เช่น เขื่อนปากมูล จ.อุบลราชธานี</p>	<p>โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ</p> <p>เช่น โรงไฟฟ้าน้ำท่าตะกอกอง จ.นครราชสีมา</p>
---	--	---

การใช้ประโยชน์จากพลังงานน้ำนั้นมีมาตั้งแต่อดีต ทว่า สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยพลังน้ำนั้นมีการพัฒนาขึ้นในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 สำหรับในประเทศไทยเองนั้น มีการใช้พลังงานน้ำในการผลิตไฟฟ้าอย่างจริงจังในปี 2507 โดยการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่เขื่อนภูมิพล จ.ตาก

การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานนั้นมีข้อดีมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมไม่ปลดปล่อยมลพิษ มีความยืดหยุ่นในกระบวนการผลิตสูง และมีการ Startup โรงไฟฟ้าได้รวดเร็ว เชื่อนจึงถูกกำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้นในกระบวนการกู้ระบบไฟฟ้า (Black Start) หากเกิดไฟฟ้าดับในวงกว้าง Blackout (Black Start คือ การเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าด้วยตัวเอง เพื่อนำพลังงานไฟฟ้าไปจ่ายให้โรงไฟฟ้าอื่นซึ่งไม่สามารถ Black Start ตัวเองได้ แล้วจึงค่อยทยอยจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบหลักของระบบจำหน่าย เพื่อส่งต่อไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า การ Black Start เป็นขั้นตอนหนึ่งในแผนการนำระบบไฟฟ้ากลับคืนสู่ภาวะปกติ) นอกจากนี้ การผลิตไฟฟ้าจากเขื่อนนั้นจึงมักใช้จากพลังน้ำมาเสริมช่วงที่ความต้องการสูง (ช่วงพีค)

อย่างไรก็ดี โรงไฟฟ้าพลังน้ำที่เราเห็นเป็นภาพของเขื่อนต่าง ๆ ทั่วประเทศไทยนั้น ไม่ใช่ทุกแห่งจะมีวิธีการผลิตไฟฟ้าเหมือนกันทั้งหมด เนื่องจาก โรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ติดตั้งอยู่ตามเขื่อนต่างๆ ในประเทศไทยนั้น แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

1. โรงไฟฟ้าพลังน้ำจากอ่างเก็บน้ำ (Conventional) โรงไฟฟ้าประเภทนี้เป็นโรงไฟฟ้าที่น่าจะเห็นกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด โดยมีหลักการทำงานคือ กักเก็บน้ำที่อ่างเก็บน้ำของเขื่อน และเมื่อมีความต้องการไฟฟ้าเกิดขึ้นก็จะปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สำหรับลักษณะของโรงไฟฟ้าประเภทนี้จำเป็นต้องจะมีความสูงระหว่างอ่างเก็บน้ำ และท้ายน้ำ โรงไฟฟ้าประเภทนี้เน้นการชลประทานเป็นหลัก โดยมีคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำ เป็นผู้กำหนดแผนการจัดสรรน้ำในแต่ละปี ขณะที่การผลิตไฟฟ้าเป็นจุดประสงค์รอง โรงไฟฟ้าประเภทนี้ในประเทศไทยมีหลายแห่ง เช่น เขื่อนภูมิพล จ.ตาก เขื่อนสิริกิติ์ จ.อุตรดิตถ์ เขื่อนวชิราลงกรณ จ.กาญจนบุรี

2. โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบน้ำไหลผ่านตลอดปี (Run-of-the-river) โรงไฟฟ้าประเภทนี้ไม่ได้มีการกักเก็บน้ำไว้ทางต้นน้ำ แต่ปล่อยให้ น้ำไหลผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อน้ำไหลผ่านก็จะผลิตไฟฟ้าได้ทันที ซึ่งหมายถึงว่า หากมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มากเกินไปก็จะไม่สามารถกักเก็บไว้ได้ อาทิ เขื่อนปากมูล จ.อุบลราชธานี

3. โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ (Pumped-Storage) การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานประเภทนี้เปรียบเสมือนได้กับเป็นแบตเตอรี่พลังน้ำ ซึ่งโดยหลักการผลิตไฟฟ้านั้นเหมือนกับโรงไฟฟ้าจากอ่างเก็บน้ำ ทว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้จะสามารถสูบน้ำกลับขึ้นไปที่อ่างเก็บน้ำด้านบนได้ เพื่อปล่อยน้ำลงมาผลิตไฟฟ้าอีก วนแบบนี้เรื่อยไป โดยโรงไฟฟ้าในไทยที่มีระบบนี้ ได้แก่ โรงไฟฟ้าลำตะ

กองชลภาวัฒนา จ.นครราชสีมา ที่เป็นโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับทุกเครื่อง เชื้อนภูมิพล เครื่องที่ 8 และเชื้อนครินทร์ เครื่องที่ 4 -5

ทั้งนี้ การเลือกว่าจะติดตั้งโรงไฟฟ้าประเภทใดนั้นต้องคำนึงถึงภูมิประเทศที่ก่อสร้าง และการชลประทานด้วย เนื่องจากการสร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำนั้นต้องใช้พื้นที่มาก และต้องเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมด้วย

พลังน้ำ คือ พลังหรือกำลังที่เกิดจากการไหลของน้ำ ซึ่งเป็นพลังที่มีอนุภาพมาก หากไม่สามารถควบคุมได้ พลังน้ำนั้นก็สามารถทำให้เกิดความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินได้อย่างกว้างขวาง ดังตัวอย่างเช่น การเกิดอุทกภัยในบริเวณที่ลาดเชิงเขา หรือบริเวณที่มีความลาดชันสูง และการเกิดสึนามิ เป็นต้น ในทางตรงกันข้าม หากสามารถควบคุมพลังน้ำได้ตามแนวทางที่เหมาะสม พลังน้ำอันมหาศาลนั้น ก็สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์แก่มนุษยชาติ

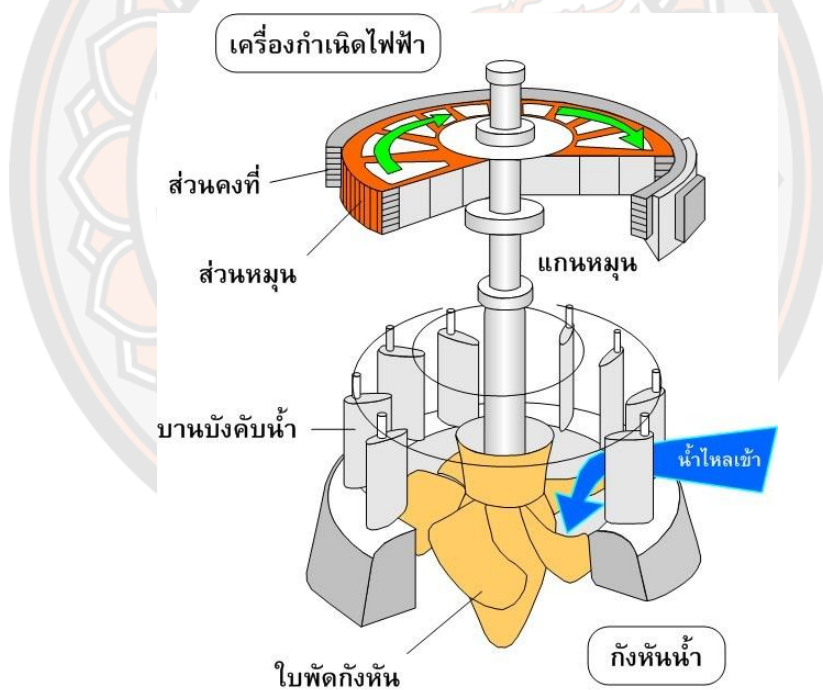


รูปโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ

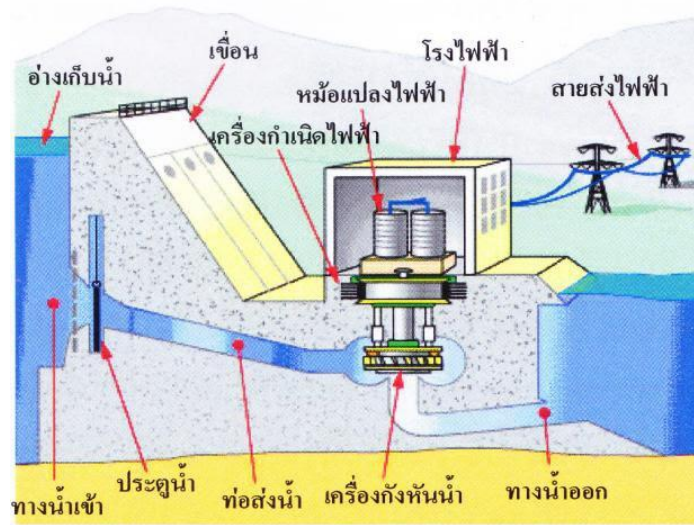
โรงไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย โรงไฟฟ้าชนิดนี้ใช้น้ำในลำน้ำธรรมชาติเป็นพลังงานในการเดินเครื่อง โดยวิธีสร้างเขื่อนปิดกั้นแม่น้ำไว้ เป็นอ่างเก็บน้ำ ให้มีระดับอยู่ในที่สูงจนมีปริมาณน้ำและแรงดันเพียงพอที่จะนำมาหมุนเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งอยู่ในโรงไฟฟ้าทำให้น้ำที่มีระดับต่ำกว่าได้ กำลังผลิตติดตั้งและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าชนิดนี้ จะเพิ่มเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันและปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเครื่องกังหันน้ำ

หลักการทำงานของไฟฟ้าพลังน้ำ

1. หลักการทำงานคือสร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ ให้มีระดับน้ำสูงกว่าระดับของโรงไฟฟ้า
2. ปล่อยน้ำปริมาณที่ต้องการไปตามท่อส่งน้ำ เพื่อไปยังโรงไฟฟ้าที่อยู่ต่ำกว่า
3. พลังน้ำจะไปหมุนเพลลาของกังหันน้ำที่ต่อกับเพลลา ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้โรเตอร์หมุน เกิดการเหนี่ยวนำขึ้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ได้พลังไฟฟ้าเกิดขึ้น



ไฟฟ้าพลังน้ำ คือ ไฟฟ้าที่เกิดจากพลังน้ำ โดยใช้พลังงานจลน์ของน้ำซึ่งเกิดจากการปล่อยน้ำจากที่สูงหรือการไหลของน้ำ หรือการขึ้น-ลงของคลื่น ไปหมุนกังหันน้ำ (Turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยพลังงานที่ได้จากไฟฟ้าพลังน้ำนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ ความแตกต่างของระดับน้ำ และประสิทธิภาพของกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ใบความรู้ที่ 2

โรงไฟฟ้าพลังงานลม

ลมเป็นแหล่งพลังงานสะอาดชนิดหนึ่งที่นานาประเทศมุ่งพัฒนาให้เกิดประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากลมมีศักยภาพในการผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี

การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม

การนำลมมาใช้ประโยชน์จะต้องอาศัยเครื่องจักรกลสำคัญ คือ “กังหันลม” ในการเปลี่ยนพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลม เป็นพลังงานกลก่อนนำไปใช้ประโยชน์ ที่สำคัญพลังงานลมใช้ไม่มีวันหมด และกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากลมยังไม่ปล่อยของเสียที่เป็นอันตรายต่อ สภาพแวดล้อม แต่การใช้พลังงานลมเพื่อการผลิตไฟฟ้าความเร็วลมจะต้องสม่ำเสมอ หรือกำลังลมเฉลี่ยทั้งปีควรมีไม่น้อยกว่าระดับ 6.4 – 7.0 เมตรต่อวินาที ที่ความสูง 50 เมตร ถึงจะสามารถผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมได้ดี



ข้อดี – ข้อจำกัด ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

ข้อดี

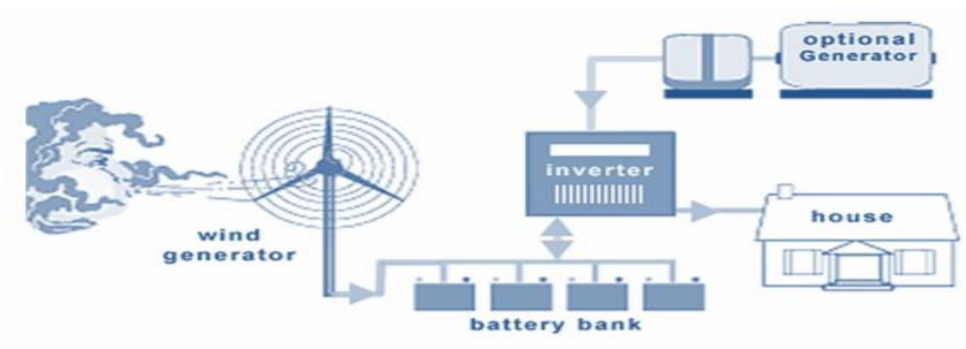
1. เป็นแหล่งพลังงานที่ได้จากธรรมชาติ ไม่มีต้นทุน
2. เป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมดสิ้น เป็นพลังงานสะอาด
3. ไม่กินเนื้อที่ ด้านล่างยังใช้พื้นที่ได้อยู่
4. มีแค่การลงทุนครั้งแรก ไม่มีค่าเชื้อเพลิง
5. สามารถใช้ระบบไฮบริดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด คือ กลางคืนใช้พลังงานลมกลางวันใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ข้อจำกัด

1. ลมในประเทศไทยมีความเร็วค่อนข้างต่ำ
2. พื้นที่ที่เหมาะสมมีจำกัด
3. ขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศ บางฤดูอาจไม่มีลม
4. ต้องใช้แบตเตอรี่ราคาแพงเป็นแหล่งเก็บพลังงาน
5. ขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับศักยภาพลมในประเทศ และขาดบุคลากรผู้เชี่ยวชาญ

หลักการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้า

เมื่อมีลมพัดผ่านใบกังหัน พลังงานจลน์ที่เกิดจากลมจะทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุน และได้เป็น “พลังงานกล” ออกมา พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็น “พลังงานไฟฟ้า” โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันลมจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมไฟฟ้า และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบต่อไป โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม ความยาวของใบพัด และสถานที่ติดตั้งกังหันลม



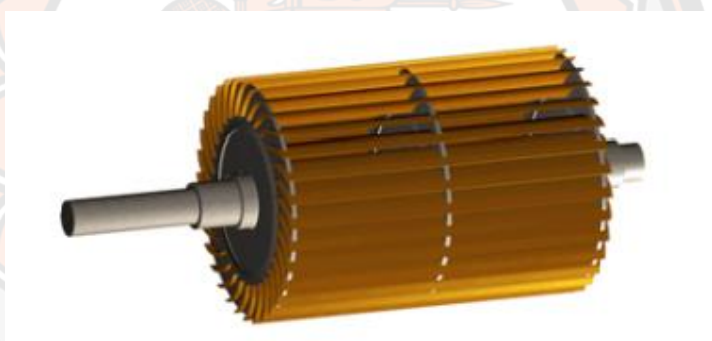
ใบความรู้ที่ 3

รูปแบบของกังหันน้ำ

กังหันน้ำ เป็นส่วนประกอบสำคัญของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานจลน์ให้เป็นพลังงานกลในการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายรูปแบบ เช่น แบบแบงกี (Bangki) แบบเพลตัน (Pelton) แบบฟรานซิส (Francis)

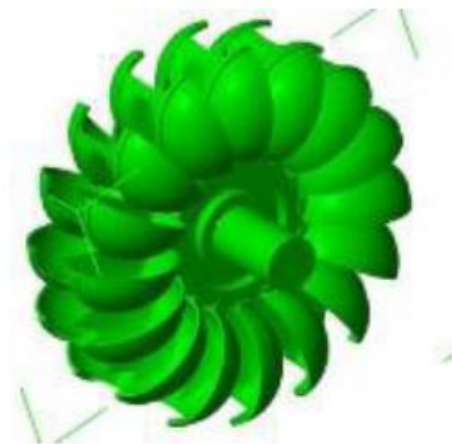
กังหันน้ำแบบแบงกี (Bangki turbine)

สามารถรับการไหลของน้ำได้ทั้งทิศทางแนวตั้งและแนวนอน โดยน้ำที่ผ่านมาตามท่อจะไหลผ่านล้นบังคับทิศทาง จากนั้นจะไหลปะทะกับใบพัด ทำให้ใบพัดหมุนและส่งกำลังไปยังเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับใบพัด



กังหันน้ำแบบเพลตัน (Pelton turbine)

สามารถรับการไหลของน้ำได้ทั้งทิศทางแนวตั้งและแนวนอน โดยน้ำจะไหลผ่านท่อส่งน้ำมาถึงหัวฉีดที่มีขนาดท่อเล็กลง น้ำจะถูกบีบอัดให้มีความเร็วและแรงดันมาก แล้วฉีดไปยังใบพัดทำให้ใบพัดหมุน เชื่อนในประเทศไทยที่ใช้กังหันรูปแบบ นี้ เช่น เชื่อนจุฬาภรณ์ จังหวัดชัยภูมิ เชื่อนบ้านขุนกลาง จังหวัดเชียงใหม่



กังหันน้ำแบบฟรานซิส (Francis turbine)

ใบพัดของกังหันจะเชื่อมต่อกับท่อรูปก้นหอยเพื่อเพิ่มความเร็วและแรงดันของน้ำให้สูงขึ้น แล้วใช้แรงดันของน้ำไปหมุนใบพัดเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เขื่อนผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยส่วนใหญ่จะใช้กังหันรูปแบบนี้ เช่น เขื่อน ภูมิพล จังหวัดตาก เขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์



ใบความรู้ที่ 4

รูปแบบของกังหันลม

กังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า

โดยทั่วไปกังหันลมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามแกนหมุนของกังหันลม ได้แก่ กังหันลมแกนหมุนแนวตั้งและกังหันลมแกนหมุนแนวนอน ซึ่งทั้งสองชนิดจะประกอบด้วยอุปกรณ์ในการทำงานผลิตไฟฟ้าที่คล้ายกัน เช่น ชุดใบพัด ชุดห้องเกียร์ทดกำลัง ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และชุดเสา โดยจะมีความแตกต่างกันตรงการวางชุดแกนหมุนใบพัด

1. กังหันลมแกนหมุนแนวตั้ง (Vertical axis wind turbine, VAWT)

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ ซึ่งทำให้สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทาง มีเพียง 2 แบบ คือ กังหันลมแดร์เรียวส (Darrieus) ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกในประเทศฝรั่งเศส และกังหันลมซาโวเนียส (Savonius) ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกในประเทศฟินแลนด์ ซึ่งการพัฒนาจึงอยู่ในวงจำกัดและมีความไม่ต่อเนื่อง ปัจจุบันมีการใช้งานกังหันลมแบบแกนตั้งน้อยมาก



2. กังหันลมแกนหมุนแนวนอน (Horizontal axis wind turbine, HAWT)

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลม โดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉาก รับแรงลม ทำหน้าที่รับแรงลมที่เคลื่อนตัวมากระทบทำให้เกิดการหมุนของใบพัด โดยกังหันลมชนิดแกนหมุนแนวนอนแบบสามใบพัดมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง เป็นกังหันลมที่ได้รับความนิยมใช้งานในเชิงพาณิชย์มากที่สุด



ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ท้ายวงจรที่ 1

เรื่อง สมบัติของลิซ่า

คำชี้แจง

แบบทดสอบนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบริบท เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในสถานการณ์จะมีคำถามย่อยจำนวน 5 ข้อ กำหนดระยะเวลาในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งหมด 10 นาที โดย

1. ให้นักเรียนกากบาทหาคำตอบ ก ข ค ง ในแบบทดสอบ ถ้าหากเว้นการตอบข้อใด ข้อนั้นจะไม่ได้คะแนน
2. เมื่อนักเรียนทำเสร็จแล้ว ให้ตรวจสอบคำตอบอีกครั้ง เมื่อแน่ใจแล้วจึงส่งให้กรรมการคุมสอบ

สมบัติของลิซ่า

ลิซ่า นักร้องสาวเกาหลีชื่อดัง เดิมทีเป็นชาวบุรีรัมย์ บรรพบุรุษของเธอได้ยกทรัพย์สิน ซึ่งเป็นที่ดินไว้ให้ ที่ดินผืนนี้ค่อนข้างอยู่ห่างไกลจากความเจริญ อากาศร้อนและมีความแห้งแล้ง แต่มีลมพัดแรงตลอดทั้งปี เธอตั้งใจว่าเมื่อถึงจุดหนึ่งของชีวิต เธอจะกลับมาใช้ชีวิตอันสงบสุขบนที่ดินผืนนี้ เธอวางแผนไว้ว่า จะปลูกบ้านสัก 1 หลัง แล้วทำการเกษตรเล็ก ๆ น้อย ๆ คงจะมีความสุขดี ระบบน้ำอุปโภคบริโภค จะใช้วิธีขุดเจาะน้ำบาดาล เพราะพอมีน้ำบาดาลอยู่บ้าง ส่วนระบบไฟฟ้า เธอตั้งใจว่า จะใช้พลังงานธรรมชาติมาผลิตไฟฟ้าใช้ แต่เธอยังตัดสินใจไม่ได้ว่าจะใช้พลังงานใดในการผลิต เธออยากได้ระบบการผลิตที่เป็นพลังงานสะอาด ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่มีวันหมด ถ้านักเรียนเป็นลิซ่า นักเรียนจะแก้ปัญหาสถานการณ์นี้อย่างไร

ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. จากสถานการณ์ “สมบัติของลิซ่า” ข้อใดเป็นข้อสรุปที่แท้จริงของปัญหาจากสถานการณ์นี้

- ก. ที่ดินของลิซ่าอยู่ห่างไกลความเจริญ
- ข. บริเวณที่ดินของลิซ่ามีอากาศร้อนและแห้งแล้ง

ค. บริเวณที่ดินผืนนี้ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าและนำมาใช้ได้

ง. ลิขัตัดสินไม่ได้ว่าจะใช้พลังงานใดในการผลิตไฟฟ้า

2. จากสถานการณ์ที่กำหนด ข้อใดไม่เป็นข้อจำกัดในการพิจารณาของลิซ่าในการแก้ปัญหาการนำพลังงานธรรมชาติมาผลิตใช้ในการผลิตไฟฟ้า

ก. ระบบผลิตไฟฟ้าต้องเป็นพลังงานสะอาด

ข. ระบบผลิตไฟฟ้าต้องไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

ค. ระบบผลิตไฟฟ้าจะต้องมีราคาถูก

ง. ระบบผลิตไฟฟ้าต้องเป็นการนำพลังงานที่ใช้แล้วไม่มีวันหมดมาผลิต

3. ถ้าลิซ่าต้องการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติ ต้องมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องต่อไปนี้ ยกเว้นข้อใด

ก. พลังงานธรรมชาติแต่ละประเภทนำมาผลิตไฟฟ้าได้อย่างไร

ข. การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน เช่น ไดโอด ตัวต้านทาน

ค. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้า

ง. รูปแบบการต่อวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในบ้าน

4. จากสถานการณ์ดังกล่าว ถ้าลิซ่าต้องการใช้ระบบการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด ควรใช้พลังงานธรรมชาติใด

ก. พลังงานแสงอาทิตย์

ข. พลังงานลม

ค. พลังงานน้ำ

ง. พลังงานถ่านหิน

5. ถ้าให้นักเรียนเลือกพลังงานธรรมชาติมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าของโรงเรียนเรา นักเรียนคิดว่าพลังงานใดเหมาะสมที่สุด

ก. พลังงานแสงอาทิตย์

ข. พลังงานลม

ค. พลังงานน้ำ

ง. พลังงานถ่านหิน



ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาท้ายวงจรที่ 1

เรื่อง สมบัติของลิซ่า

คำชี้แจง

แบบทดสอบนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อใช้สำหรับวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบริบท เรื่อง ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ ในสถานการณ์จะมีคำถามย่อยจำนวน 5 ข้อ กำหนดระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 30 นาที โดย

1. ให้นักเรียนเขียนตอบคำถามทุกข้อ ด้วยลายมือที่อ่านง่าย ในพื้นที่ที่กำหนดให้ ถ้าหากเว้น การตอบข้อใด ข้อนั้นจะไม่ได้คะแนน
2. เมื่อนักเรียนทำเสร็จแล้ว ให้ตรวจสอบคำตอบอีกครั้ง เมื่อแน่ใจแล้วจึงส่งให้กรรมการคุม สอบ

สมบัติของลิซ่า

ลิซ่า นักร้องสาวเกาหลีชื่อดัง เดิมทีเป็นชาวบุรีรัมย์ บรรพบุรุษของเธอได้ยกทรัพย์สิน ซึ่งเป็น ที่ดินไว้ให้ ที่ดินผืนนี้ค่อนข้างอยู่ห่างไกลจากความเจริญ อากาศก็ร้อนและมีความแห้งแล้ง แต่มีลมพัด แแรงตลอดทั้งปี เธอตั้งใจว่าเมื่อถึงจุดหนึ่งของชีวิต เธอจะกลับมาใช้ชีวิตอันสงบสุขบนที่ดินผืนนี้ เธอ วางแผนไว้ว่า จะปลูกบ้านสัก 1 หลัง แล้วทำการเกษตรเล็ก ๆ น้อย ๆ คงจะมีความสุขดี ระบบน้ำ อุปโภคบริโภค จะใช้วิธีขุดเจาะน้ำบาดาล เพราะพอมีน้ำบาดาลอยู่บ้าง ส่วนระบบไฟฟ้า เธอตั้งใจว่า จะใช้พลังงานธรรมชาติมาผลิตไฟฟ้าใช้ แต่เธอยังตัดสินใจไม่ได้ว่าจะใช้พลังงานใดในการผลิต เธอ อยากรู้ระบบการผลิตที่เป็นพลังงานสะอาด ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่ มีวันหมด ถ้านักเรียนเป็นลิซ่า นักเรียนจะแก้ปัญหาสถานการณ์นี้อย่างไร

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. สาเหตุของปัญหา

2.1 จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งที่ระบุในข้อ 2.1 คือ สาเหตุของปัญหาดังกล่าว โดยใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธี โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 หากลิซ่าต้องการให้ผลิตไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องมีระบบส่งไฟฟ้าที่ไกล ๆ นักเรียนจะเลือกวิธีการแก้ปัญหาใดให้เหมาะสมกับสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริงที่บ้านของนักเรียน นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนสถานการณ์ สมบัติของลิซ่า

ข้อคำถาม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร	สามารถระบุปัญหาได้ว่า “ไม่มีระบบผลิตไฟฟ้าใช้” และแสดงให้เห็นว่า ลิซ่าตัดสินใจไม่ได้ว่าจะเลือกพลังงานใดมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า	สามารถระบุปัญหาได้ว่า “ไม่มีระบบผลิตไฟฟ้าใช้” แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นว่า ลิซ่าตัดสินใจไม่ได้ว่าจะเลือกพลังงานใดมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า	สามารถระบุปัญหาได้ แต่ปัญหานั้นไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ หรือไม่ตอบคำถาม
2. สาเหตุของปัญหา	2.1 จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 อย่างครบถ้วน เช่น สาเหตุของปัญหานี้คือ ที่ดินผืนนี้ค่อนข้างอยู่ห่างไกลจากความเจริญ และลิซ่าตั้งใจว่าจะใช้พลังงานธรรมชาติมาผลิตไฟฟ้าใช้ เธออยากได้ระบบการผลิตที่เป็นพลังงานสะอาด ไม่เป็นมลพิษ ต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่มีวันหมด	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ แต่ไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 หรือไม่ตอบคำถาม

ข้อคำถาม	ระดับคะแนน			
	2	1	0	
2. สาเหตุของปัญหา	2.2 จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งที่ระบุในข้อ 2.1 คือ สาเหตุของปัญหาดังกล่าว โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	สามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนได้ สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.1 โดยใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น นอก จาก พวก แบตเตอรี่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้ว มนุษย์ยังสามารถนำพลังงานทางธรรมชาติมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ และพลังงานทางธรรมชาติส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานสะอาด ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่มีวันหมดไป	สามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนได้ สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.1 โดยใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แต่ไม่ครบถ้วน	สามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนได้ แต่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.1 และ/หรือ ไม่ได้ใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่ตอบคำถาม
3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์)	สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้ครบ 2 วิธีการ และ สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.1 และ 2.2 อีก ทั้งใช้ความรู้เรื่อง	สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่ สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.1 และ 2.2 โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	ไม่สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่ สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.1 และ 2.2 โดย ไม่ได้ใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและ	

ข้อคำถาม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์)	ไฟฟ้า และ อิเล็กทรอนิกส์ เช่น 1. ใช้พลังงานจาก แสงอาทิตย์ในการ ผลิตไฟฟ้า โดย กระบวนการไฟฟ้า จะเกิดขึ้นเมื่อ “แสงอาทิตย์” ซึ่ง ไปขึ้นคลื่น แม่เหล็กไฟฟ้าและมี พลังงาน มากระทบ กับ “แผงโซลาร์ เซลล์” ซึ่งเป็นสารกึ่ง ตัวนำ จนเกิดเป็น การถ่ายทอด พลังงาน ทำให้ กลายเป็นพลังงาน ไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น หลังจากนั้นก็ เคลื่อนที่ต่อไปยัง เครื่องแปลง กระแสไฟฟ้าเพื่อทำ ให้กลายเป็น กระแสสลับ เสร็จ แล้วก็ส่งต่อไปสู่มอเตอร์ วั ต กระแสไฟฟ้าและ หม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อ เพิ่มแรงดันและส่งใช้ งานต่อไป	ได้เพียง 1 วิธีการ	อิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่ตอบคำถาม

ข้อคำถาม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์)	2. ใช้พลังงานจากลมในการผลิตไฟฟ้า โดยใช้ กังหันลม หลักการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้านั้น เมื่อมีลมพัดผ่านใบกังหัน พลังงานจลน์ที่เกิดจากลมจะทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุน และได้เป็นพลังงานกลออกมา พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันลมจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมไฟฟ้า และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบต่อไป โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม		

ข้อคำถาม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์)	ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ เช่น 1. ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้า โดยกระบวนการไฟฟ้าจะเกิดขึ้นเมื่อ “แสงอาทิตย์” ซึ่งเป็ น ค ลี น แม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงาน มากระทบกับ “แผงโซลาร์เซลล์” ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำจนเกิดเป็นการถ่ายทอดพลังงาน ทำให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า กระแสตรงขึ้น หลังจากนั้นก็เคลื่อนที่ต่อไปยังเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเพื่อทำให้กลายเป็นกระแสสลับ เสร็จแล้วก็ส่งต่อไปสู่มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อเพิ่มแรงดันและส่งใช้งานต่อไป	ได้เพียง 1 วิธีการ	อิเล็กทรอนิกส์หรือไม่ตอบคำถาม

ข้อคำถาม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 หากลิซ่าต้องการให้ผลิตไฟฟ้าได้โดยที่ไม่ต้องมีระบบส่งไฟฟ้าที่ไกล ๆ นักเรียนจะเลือกวิธีการแก้ปัญหาใดให้เหมาะสมกับสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา	สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ เช่น เลือกวิธีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพราะอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าอยู่ใกล้บริเวณตัวบ้าน โดยเฉพาะโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งอยู่บนหลังคาบ้าน ทำให้ไม่จำเป็นต้องมีระบบส่งไฟฟ้าที่ไกล ๆ	สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือก	ไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหา หรือไม่ได้ตอบคำถาม
5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริงที่บ้านของนักเรียน นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร	สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ครบถ้วน และสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ เช่น แผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาช่วยบังแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบหลังคา ช่วยลดความร้อนของหลังคา ประหยัดค่าไฟฟ้าได้	สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้	สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ หรือไม่ได้ตอบคำถาม

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันระบุนิยามความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ไขปัญหา ประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ และสรุปองค์ความรู้ผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม

กรุณابันทึกในประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันระบุนิยามความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ไขปัญหาหรือไม่ อย่างไร

2. ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหา โดยต้องระบุถึงกรอบการทำงาน และปัญหาที่คาดว่าจะพบและข้อจำกัดของการทำงาน

กรุณابันทึกในประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมการร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

2. ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนลูกเงิน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นแผนการสำรองและจะถูกนำมาใช้เมื่อแผนการหลักประสบกับปัญหาไม่สามารถดำเนินการต่อได้

กรุณابันทึกในประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นแผนการสำรองและจะถูกนำมาใช้เมื่อแผนการหลักประสบกับปัญหาไม่สามารถดำเนินการต่อได้หรือไม่ อย่างไร

2. ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับปรุงแผน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ และนักเรียนต้องนำเสนอแผนการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาในชั้นเรียน

กรุณابันทึกในประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ และนักเรียนสามารถนำเสนอแผนการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาในชั้นเรียนของนักเรียนได้หรือไม่ อย่างไร

2. ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำการประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหาและทำการแก้ไขปรับปรุง รวมถึงร่วมกันสะท้อนผลการทำกิจกรรมเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้และสิ่ง que นักเรียนได้เรียนรู้มาทั้งหมด

กรุณابันทักในประเด็นต่อไปนี้

ครูทำการประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ตรงตามความต้องการหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้รับการสังเกต

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้สังเกต

ตัวอย่างแบบสะท้อนผลการเรียนรู้สำหรับนักเรียน

ผู้สอน นางสาวอรอนงค์ เมืองคง

สอนในระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3

รายวิชา วิทยาศาสตร์ 6 (ว 32102)

เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วัน/เดือน/ปี ที่ทำการสะท้อนผล.....

คำชี้แจง : โปรดบันทึกความคิดเห็นของนักเรียนตามความเป็นจริง

คำถาม	คำตอบ
1. นักเรียนคิดว่าระยะเวลาในการจัดกิจกรรมเหมาะสมหรือไม่ เพราะเหตุใด	
2. นักเรียนคิดว่าเกิดปัญหาอะไรในการจัดกิจกรรมครั้งนี้	

คำถาม	คำตอบ
<p>3. พฤติกรรมต่อไปนี้เป็นที่นักเรียนคิดว่า นักเรียนสามารถทำได้หรือไม่ เพราะอะไร</p> <ul style="list-style-type: none">- กำหนดปัญหา- อธิบายสาเหตุของปัญหา- เสนอวิธีการแก้ปัญหา- เลือกวิธีการแก้ปัญหา- นำวิธีการแก้ปัญหามาปฏิบัติจริง	
<p>4. นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง จากกิจกรรมในครั้ง นี้ (โดยอธิบายทั้ง 4 ด้าน ดังนี้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์)</p>	
<p>5. นักเรียนต้องการให้ครูเพิ่มเติมอะไรบ้างในการสอนครั้งต่อไป</p>	

คำถาม	คำตอบ
-------	-------

6. นักเรียนจะให้คะแนนกิจกรรมนี้กี่คะแนน
จาก 10 คะแนน

7. ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ



ลงชื่อผู้สะท้อน.....

(.....)



ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	อรอนงค์ เมืองคง
วัน เดือน ปี เกิด	19 กุมภาพันธ์ 2536
ที่อยู่ปัจจุบัน	75 หมู่ 4 ตำบลหนองน้อย อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท 17120
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนวัดแก้ว 86 หมู่ 2 ตำบลทับตีเหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี 72000
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู คศ.1
ประสบการณ์การทำงาน	4 ปี
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2560 การศึกษาระดับบัณฑิต พิสิกส์ จาก มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผลงานตีพิมพ์	-
รางวัลที่ได้รับ	-

