การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

ชยพัทธ์ นาคกุลบุตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

ชยพัทธ์ นาคกุลบุตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

THE DEVELOPMENT OF ANALYTICAL THINKING ABILITY AND CREATIVE THINKING BY LEARNING MANAGEMENT BASED ON STEM EDUCATION

CHAYAPHAT NAKKUNLABUT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER OF EDUCATION
IN SCIENCE TEACHING
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY
2021

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ชยพัทธ์ นาคกุลบุตร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....
(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง ทับศรี)

..... กรรมการ
(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. สฎายุ ธีระวณิชตระกูล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

62910040: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา, การคิดวิเคราะห์, ความคิดสร้างสรรค์

ชยพัทธ์ นาคกุลบุตร : การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา.
(THE DEVELOPMENT OF ANALYTICAL THINKING ABILITY
AND CREATIVE THINKING BY LEARNING MANAGEMENT BASED ON STEM EDUCATION) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สมศิริ สิงห์ลพ, กศ.ด., เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์, กศ.ด. ปี พ.ศ. 2564.

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) ก่อนเรียนและหลังเรียน และหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่มจำนวน 28 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว

ผลการวิจัยพบว่า 1) การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 4) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

62910040: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: STEM EDUCATION, ANALYTICAL THINKING, CREATIVE THINKING

CHAYAPHAT NAKKUNLABUT :

THE DEVELOPMENT OF ANALYTICAL THINKING ABILITY AND CREATIVE THINKING BY LEARNING MANAGEMENT BASED ON STEM EDUCATION. ADVISORY COMMITTEE: SOMSIRI SINGLOP, Ed.D., CHADE SIRISAWAT, Ed.D. 2021.

The purposes of this research were to compare analytical thinking and creative thinking by learning management based on STEM education before learning and after learning with the 70 percent criteria. The participants were 28 ninth grade students who studied in the second semester of 2020 academic year at Angsila School. They were selected through the cluster random sampling. The research instruments were lesson plans using STEM education techniques, analytical thinking test and creative thinking test. The data was analyzed by using Mean, Standard Deviation, dependent sample t-test, and one sample t-test.

The results were summarized as follows: 1) The posttest scores of analytical thinking of ninth grade students after learning with the STEM Education techniques were statistically significant higher than the pretest scores at the .05 level. 2) The posttest scores of analytical thinking of ninth grade students after learning with the STEM Education techniques were statistically significant higher than the 70 percent criteria at the .05 level. 3) The posttest scores of creative thinking of ninth grade students after learning with the STEM education techniques were statistically significant higher than the pretest scores at the .05 level. 4) The posttest scores of creative thinking of ninth grade students after learning with the STEM education techniques were statistically significant higher than the 70 percent criteria at the .05 level.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนร่วมต่อความสำเร็จของวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา” ดังนี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน กรรมสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้อง ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์ อาจารย์ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คงศักดิ์ วัฒนะโชติ และอาจารย์ไพศาล เสริมศรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้อำนวยการโรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคมตลอดจนคณะครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2563 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณพ่อ แม่ และทุกคนในครอบครัว ที่ได้ให้การส่งเสริม และสนับสนุน เป็นกำลังใจที่ดีในการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง

ชยพัทธ์ นาคกุลบุตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 7

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 8

ขอบเขตการวิจัย 8

นิยามศัพท์เฉพาะ 11

บทที่ 2 14

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) 14

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา 23

ความคิดสร้างสรรค์ 59

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 74

บทที่ 3 77

วิธีดำเนินงานวิจัย 77

รูปแบบการวิจัย 78

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 79

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 100

การวิเคราะห์ข้อมูล 100
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 101
บทที่ 4 104
ผลการวิจัย 104
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 104
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 104
บทที่ 5 112
สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ 112
สรุปผลการวิจัย 113
อภิปรายผลการวิจัย 113
ข้อเสนอแนะ 118
บรรณานุกรม 120
ภาคผนวก 128
ภาคผนวก ก 129
ภาคผนวก ข 131
ภาคผนวก ค 135
ภาคผนวก ง 164
ประวัติย่อของผู้วิจัย 220

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง....17

ตารางที่ 2 บทบาทครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา....43

ตารางที่ 3 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด....67

ตารางที่ 4 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์....69

ตารางที่ 5 แบบแผนการทดลองแบบ One group pretest-posttest design....78

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและเวลาเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา....80

ตารางที่ 7 ตารางแสดงการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้....94

ตารางที่ 8 ตารางแสดงการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ตามจุดประสงค์การเรียนรู้....95

ตารางที่ 9 วิเคราะห์ผลการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน....105

ตารางที่ 10 วิเคราะห์ผลการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน....106

ตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) กับเกณฑ์ร้อยละ 70....107

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) กับเกณฑ์ร้อยละ 70....107

ตารางที่ 13 วิเคราะห์ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน....108

ตารางที่ 14 วิเคราะห์ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน 109

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) กับเกณฑ์ร้อยละ 70 110

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) กับเกณฑ์ร้อยละ 70 110

ตารางที่ 17 แสดงค่าการประเมินค่าความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.136

ตารางที่ 18 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น 137

ตารางที่ 19 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 60 ข้อ 140

ตารางที่ 20 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 ข้อ 142

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 143

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 144

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 145

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 146

ตารางที่ 25 คะแนนการคิดวิเคราะห์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) 147

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) 148

ตารางที่ 27 ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) 149

ตารางที่ 28 คะแนนการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน ได้แก่ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์ความสำคัญ และวิเคราะห์เชิงหลักการ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็มด้านละ 10 คะแนน) 150

ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน ได้แก่ วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์เชิงหลักการ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) 152

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน ได้แก่ วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์เชิงหลักการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) 156

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์คะแนนความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องตัวความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) 158

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์คะแนนความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องตัวความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) 163

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบความคิดในการวิจัย 10

ภาพที่ 2 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา 31

ภาพที่ 3 ขั้นตอนการวัดและประเมินทักษะการคิดวิเคราะห์.....58

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสังคมโลกยุคปัจจุบันเป็นสังคมที่มีความก้าวหน้าทั้งทางด้านเศรษฐกิจและเทคโนโลยี ดังนั้นมนุษย์จึงต้องทำการปรับตัวให้เข้ากับยุคสมัยเพื่อสร้างชีวิตให้มีศักยภาพในการดำรงชีวิต และเป็นประชาชนที่มีคุณภาพในการพัฒนาประเทศ (ขจรเดช บุตรพรม, 2557, หน้า 1) ซึ่งการจะทำให้ประเทศมีความเจริญก้าวหน้ายืนหยัดอยู่ในกระแสโลกาภิวัตน์ได้นั้น จะต้องพัฒนาประชาชนให้มีคุณภาพโดยเริ่มตั้งแต่วัยเยาว์ซึ่งปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้คนมีคุณภาพคือ การมีความสามารถในการคิด เพราะความสามารถในการคิดเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพทุกด้านทั้งทางร่างกาย สังคม อารมณ์และสติปัญญา (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556, หน้า 292-296) นอกจากนี้ในสังคมปัจจุบันและอนาคตวิทยาศาสตร์ยังเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน ทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและในงานอาชีพ เครื่องใช้ตลอดจนผลผลิตต่าง ๆ ที่คนได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

นอกจากนี้การพัฒนาทักษะที่มีความสอดคล้องกับความต้องการในตลาดแรงงานและทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ของคนในแต่ละช่วงวัยตามความเหมาะสม เช่น เด็กวัยเรียนและวัยรุ่นพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ มีความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งการให้ความสำคัญกับการพัฒนาให้มีความพร้อมในการต่อยอดพัฒนาทักษะในทุกด้าน ทักษะการทำงานและการใช้ชีวิตที่พร้อมเข้าสู่ตลาดงาน วัยแรงงานเน้นการสร้างความรู้และทักษะในการประกอบอาชีพที่สอดคล้องกับตลาดแรงงานทั้งทักษะขั้นพื้นฐาน วัยสูงอายุเน้นพัฒนาทักษะที่เอื้อต่อการประกอบอาชีพที่เหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559, หน้า 15) ด้วยความสำคัญดังกล่าวระบบการศึกษาไทยภายใต้การปฏิรูปการศึกษาในสังคมยุค 4.0 ซึ่งเน้นคุณภาพผู้เรียน คือ คิดเองได้ ทำเองเป็น เน้นสร้างสรรค์นวัตกรรม และในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มุ่งเน้นผู้เรียนให้ศึกษาค้นคว้าอย่างอิสระด้วยตนเอง สามารถคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา รู้จักตัวเองอย่างถ่องแท้ค้นพบความถนัด และสนใจของตนเอง (เอกรินทร์ สี่มหาศาล, 2560)

นอกจากนี้ในการปฏิรูปการศึกษาของไทยในทศวรรษที่ 2 (พ.ศ.2552 – 2561) ได้เน้นประเด็นหลัก 3 ประการ คือ 1) พัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษาและการเรียนรู้ของคนไทย โดยการพัฒนาผู้เรียน สถานศึกษา แหล่งเรียนรู้ สภาพแวดล้อม หลักสูตรและเนื้อหา พัฒนาวิชาชีพครู คณาจารย์ได้อย่างยั่งยืน ภายใต้ระบบบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ 2) โอกาสทางการศึกษาและการเรียนรู้ เพิ่มโอกาสทางการศึกษาและการเรียนรู้ อย่างทั่วถึงและมีคุณภาพ เพื่อให้ประชาชนทุกคน ทุกเพศทุกวัย มีโอกาสเข้าถึงการศึกษา และเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต 3) ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนของสังคมในการบริหารและจัดการศึกษาโดยเพิ่มบทบาทของผู้ที่อยู่ภายนอกระบบการศึกษาด้วยทั้ง 3 ประการนี้ จะส่งผลให้คนไทยยุคใหม่มีคุณลักษณะ ดังนี้ 1) มีความสามารถในการสื่อสาร สามารถคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาและมีความคิดสร้างสรรค์ 2) สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง รักการอ่านและมีนิสัยใฝ่เรียนรู้ตลอดชีวิต (พัชรี นาคผง, 2562, หน้า 2-3)

นอกจากนี้ผลการสำรวจความต้องการแรงงานของนายจ้างและองค์กรเกิดใหม่ปี 2557 ขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนาพบว่า ปัจจุบันทักษะที่นายจ้างในองค์กรยุคใหม่ที่ประสบความสำเร็จคาดหวังมากที่สุดคือ ทักษะด้านการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ (สุภกร บัวสาย, 2558) “องค์การ โออีซีดีจึงมีแผนในการเพิ่มการประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และการคิดวิเคราะห์ในการสอบ PISA ประจำปี 2564 เพื่อส่งสัญญาณให้แก่ระบบการศึกษาทั่วโลกให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของตลาดแรงงานที่ต้องการกำลังคนที่มีทักษะในศตวรรษที่ 21มากขึ้น โดยเฉพาะทักษะความคิดสร้างสรรค์และการคิดวิเคราะห์” (สำนักข่าวอิศรา, 2558) และสุรชัย รดาการ (2012) กล่าวว่า “ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นสิ่งจำเป็นต่อความอยู่รอดในโลกของการแข่งขัน เพราะความคิดสร้างสรรค์ เป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและสร้างสิ่งใหม่ ทั้งสิ่งประดิษฐ์คิดค้น ความคิด การนำเสนอคุณค่า พัฒนากระบวนการดำเนินงาน และการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่จนถึงการพัฒนานวัตกรรมในรูปแบบเชิงพาณิชย์”

จากการจัดการเรียนการสอนที่เน้นแต่การบรรยาย ทำให้นักเรียนขาดทักษะในการคิดและแสดงออก จนทำให้เกิดการเลียนแบบผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับ วัชรี นวลผ่อง (2553, หน้า 2) ที่กล่าวว่า การสอนยังเป็นแบบเดิมที่ครูเป็นผู้บอกและนักเรียนเป็นผู้รับ จึงทำให้นักเรียนไม่มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงาน ขณะตอบคำถามนักเรียนยังตอบตามความรู้สึกของตนเอง ไม่มีความคิดแปลกใหม่ และในมาตราที่ 24 ได้ให้แนวทางการจัดการศึกษาให้มีเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลและเน้นให้นักเรียน ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และ

การประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาจากการจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น นอกจากนี้ยังจัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกันรวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2542, หน้า 14-15) และจากข้อมูลที่ได้ศึกษาพบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์นั้นควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยมที่เน้นเรื่องปัญหา และทำการแก้ปัญหาด้วยการค้นพบความรู้ด้วยวิธีสืบสอบ (Inquiry method) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเอง เรียนรู้และสืบค้นข้อมูลด้วยตัวเอง ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง (นภาภรณ์ เพียงดวงใจ, 2558, หน้า 4)

จากผลการประเมินทักษะของนักเรียนในระดับนานาชาติ (PISA) 2018 เป็นการประเมินศักยภาพของนักเรียนที่มีอายุ 15 ปีในด้านการใช้ความรู้ ทักษะจำเป็น เพื่อเผชิญกับโลกในชีวิตจริงที่วัดสมรรถนะ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการอ่าน ด้านคณิตศาสตร์ และด้านวิทยาศาสตร์ โดยเน้นการคิดวิเคราะห์การคิดและหาคำอธิบาย ซึ่งผลการประเมิน PISA ในปี 2018 ในระดับนานาชาติ พบว่า นักเรียนจากจีนสี่มณฑล (ปักกิ่ง เซี่ยงไฮ้ เจียงซู และเจ้อเจียง) และสิงคโปร์ มีคะแนนทั้งสามด้านสูงกว่าทุกประเทศ สำหรับประเทศที่มีคะแนนสูงสุดห้าอันดับแรกในด้านการอ่านซึ่งเป็นด้านที่เน้นในรอบการประเมินนี้ ได้แก่ จีนสี่มณฑล สิงคโปร์ มาเก๊า ฮ่องกง และเอสโตเนีย สำหรับผลการประเมินของประเทศไทย นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการอ่าน 393 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 487 คะแนน) คณิตศาสตร์ 419 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 489 คะแนน) และวิทยาศาสตร์ 426 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 489 คะแนน) ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลคะแนนการทดสอบ PISA ของไทยอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยทุกด้าน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) นอกจากนี้ยังมีผลการวิจัยโครงการ “การศึกษาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์และการมีจิตสาธารณะเพื่อพัฒนาศักยภาพการเป็นคนดีคนเก่งของนักเรียนไทย” ได้มีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนไทย เริ่มจากการกำหนดโครงสร้างและรูปแบบข้อคำถามในแบบทดสอบความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ตามแบบทดสอบมาตรฐานการประเมินทักษะของนักเรียนในระดับนานาชาติ (PISA) และ Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) โดยวัดความสามารถในการคิด

วิเคราะห์ของผู้เรียนที่ไม่เน้นการท่องจำเนื้อหาสาระการเรียนรู้แต่มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ความรู้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยกำหนดการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ระดับชั้น (ประถมศึกษาปีที่ 6 และมัธยมศึกษาปีที่ 4) แต่ละระดับชั้นประกอบด้วย 3 กลุ่มวิชาได้แก่ การรู้การอ่าน (Reading literacy) การรู้คณิตศาสตร์ (Mathematics literacy) และการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) และผลการวิจัยพบว่าความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ใช้เกณฑ์การวัด 3 วิธี นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ทั้ง 3 วิชา เพียงร้อยละ 2.09 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 40 ทุกวิชาคิดเป็นร้อยละ 15.94 เกณฑ์การกระจายปกติ และ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผ่านเกณฑ์การประเมินเพียงร้อยละ 16.65 เท่านั้น (ดวงจันทร์ วรคามิน, 2559)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม พบว่าโรงเรียนอ่างศิลานั้นเป็นโรงเรียนที่มีขนาดเล็ก ด้วยบริบทของโรงเรียนนักเรียนส่วนใหญ่เป็นผู้ย้ายถิ่นฐานตามผู้ปกครองมาทำงานที่พื้นที่ใกล้เคียง ระดับผลการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลาง การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนอยู่ในระดับที่ต้องพัฒนา นอกจากนี้ในด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน จะคิดสร้างสรรค์ในรูปแบบที่ทำตามแบบอย่างหรือตัวอย่างที่มีการกำหนดให้แต่เมื่อให้ออกแบบหรือคิดด้วยตนเองนั้นนักเรียนจะใช้ความคิดสร้างสรรค์ในระดับที่น้อยมากนอกจากนี้จากการที่ผู้วิจัยได้ฝึกปฏิบัติการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคมพบว่า เมื่อทำการวัดและประเมินผลทางด้านการคิดวิเคราะห์ นักเรียนมีคะแนนทางด้านการคิดวิเคราะห์ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนที่โรงเรียนได้กำหนดตามการวัดและประเมินผลหลักสูตรสถานศึกษา นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดที่เกิดจากการเรียนในเนื้อหาที่เรียนโดยนำเสนอในรูปแบบการใช้แผนผังความคิดผลปรากฏว่า นักเรียนสร้างสรรค์ชิ้นงานที่นำเสนอในรูปแบบแผนผังความคิดยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถนำเอาความคิดสร้างสรรค์มาใช้ในการจัดทำชิ้นงานให้น่าสนใจได้

จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการเรียนรู้โดยแนวทางที่ผู้วิจัยสนใจที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ STEM Education หรือ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ STEM Education หรือสะเต็มศึกษาเกิดจากการนำศาสตร์ทั้ง 4 มาบูรณาการการเรียนรู้เข้าด้วยกันได้แก่ S หมายถึง Science หรือ วิทยาศาสตร์ T หมายถึง Technology หรือ เทคโนโลยี E หมายถึง Engineering หรือ วิศวกรรมศาสตร์ และ M หมายถึง Mathematics หรือคณิตศาสตร์ ซึ่งศาสตร์ทั้ง 4 ด้านนี้

เป็นศาสตร์ที่จำเป็นต่อมนุษย์ในสังคมปัจจุบันและในอนาคต เพราะการศึกษาแบบสะเต็มเป็นการสอนที่แตกต่างไปจากอดีตที่เน้นให้เด็กท่องจำบทเรียน แต่สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนการสอนที่เน้นให้เด็กเรียนรู้ด้วยการลงมือทดลองปฏิบัติ เน้นการคิดเพื่อสร้างสรรค์และคิดวิเคราะห์นำความรู้มาใช้ในแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559, หน้า 99-100) จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, หน้า 49-56) การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559)

จากที่กล่าวมาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษายังมีจุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่ง คือ การผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012) จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง สร้างความท้าทายในการเรียนรู้สามารถที่จะคิดวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่น่าสนใจ และมีการบูรณการศาสตร์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน ส่งผลต่อการพัฒนากระบวนการคิดสร้างสรรค์เพื่อออกแบบและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์หรือแนวทางการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ของผู้เรียน (วงค์ณภา แก้วไกรษร และ นันทรัตน์ แก้วไกรษร, 2561) จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีความสำคัญต่อผู้เรียนคือส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรมที่ใช้ความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจสาระและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น ทำให้ผู้เรียนเกิดการถ่ายโอนการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถ

เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดรวบยอดในศาสตร์ต่าง ๆ ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียน ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์และคุณค่าของสิ่งที่เรียน สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนเข้ากับชีวิตจริง (จำรัส อินทลาภาพร, 2558b, หน้า 63-64) นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษางานวิจัยของ กมลทิพย์ สำราญจักร์ (2558) ที่ได้วิจัยเกี่ยวกับการศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีคะแนนทดสอบก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 9.00 คะแนน และมีคะแนนทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 11.89 คะแนน โดยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนโดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นมีคะแนนการทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และ สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ (2559)ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน โดยมีผลการวิจัยจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลช่วยให้การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ดีขึ้นเนื่องจากนักเรียนได้วางแผนและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

จากสภาพการณ์ที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ โดยผู้วิจัยเชื่อว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาจะส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้มากกว่าการรับรู้และจดจำอีกทั้งนักเรียนยังสามารถนำความรู้ที่ได้เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของตนเองได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาก่อนและหลังเรียน

2. เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาก่อนและหลังเรียน

4. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานของการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ Hopkins Public School (2016) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้ความหมาย คำว่า STEM หมายถึง การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไม่ได้หมายความถึงการจัดการเรียนการสอนสี่วิชานี้แบบเอกเทศ STEM คือ การบูรณาการหลักสูตร รายวิชา หรือเชื่อมโอกาสการเรียนรู้ในศาสตร์ทั้งสี่ให้แก่ผู้เรียนได้เกิดการสำรวจ ค้นพบ และรู้จักแก้ปัญหา กมลทิพย์ สำราญจักร (2558) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นักเรียนมีความสามารถทางการคิดวิเคราะห์หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน และ Mayasari, Kadarohman, Rusdiana, and Kaniawati (2016) ได้ทำการศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน “พลังงานทดแทน (พลังงานจากแสงอาทิตย์)” โดยการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods) และประเมินระดับความคิดสร้างสรรค์โดยใช้ 4P ผลการวิจัยพบว่า ชิ้นงานที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ และนักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานไว้ 4 ข้อดังนี้

1. การคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. การคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษาในวิชาอื่น ๆ

3. ได้แนวทางในการพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และความคิดสร้างสรรค์ให้กับนักเรียน

4. ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการสัมนาการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน และเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาไปปรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวนห้องเรียน 8 ห้อง นักเรียนจำนวน 320 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 28 คน ที่ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 การคิดวิเคราะห์

2.2.2 ความคิดสร้างสรรค์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เนื้อหาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น ในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 เรื่อง ดังนี้

3.1 ปริมาณทางไฟฟ้า

3.2 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนาน

3.3 พลังงานไฟฟ้า

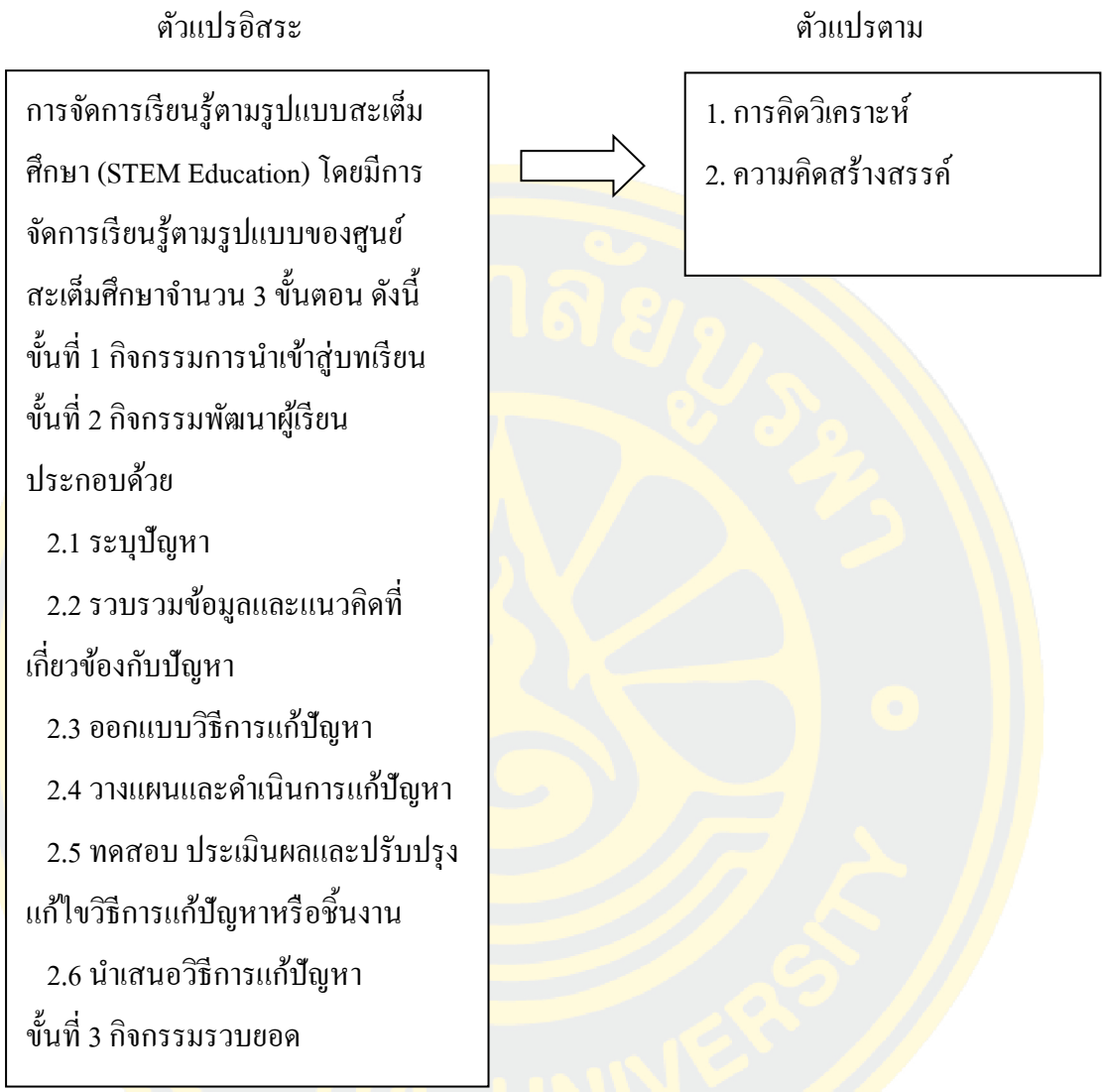
3.4 อิเล็กทรอนิกส์

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลาในการดำเนินการวิจัย 24 คาบ คาบละ 50 นาที ประกอบด้วยการสอบก่อนเรียน 2 คาบ การทดสอบหลังเรียน 2 คาบ และดำเนินการสอน 20 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (อับดุลยามีน หะยีขาเดร์, 2560) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้รู้จักการคิดแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันจากการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อช่วยพัฒนาการคิดวิเคราะห์ (นูรอาซีกีน สาและคณะ, 2560) และการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน (ภัสสร ติดมา, 2558) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบความคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ 4 ศาสตร์ความรู้ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถใช้กระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน รวมทั้งเพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้ทุกแขนงมาใช้ เพื่อพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบันและพัฒนาประเทศในอนาคต การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 กิจกรรมการนำเข้าสู่บทเรียน หมายถึง การทบทวนความรู้เดิมและใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้โดยการพูดคุยถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับการออกแบบชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหาและบทเรียนในเนื้อหานั้น ๆ

ขั้นที่ 2 กิจกรรมพัฒนานักเรียน การจัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ความเข้าใจและทักษะ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบตามขั้นตอนของศูนย์สะเต็มศึกษา โดยมีองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

2.1 ระบุปัญหา คือ การกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันโดยครูผู้สอน และผู้เรียนทำการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาดังกล่าวเพื่อดำเนินการแก้ปัญหาหรือออกแบบชิ้นงาน

2.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา คือ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเตอร์เน็ต สื่อวีดิโอต่าง ๆ และการทดลอง เป็นต้น

2.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา คือ การนำความรู้ต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ทำการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา โดยออกแบบเป็นเค้าโครงหรือโครงร่างของชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา

2.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา คือ การลงมือปฏิบัติชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ทำการออกแบบโครงร่างไว้

2.5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน คือ การนำชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ลงมือปฏิบัติมาทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานทางด้านต่าง ๆ เพื่อนำไปปรับปรุงชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา

2.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา คือ การนำเสนอชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่สมบูรณ์ ผ่านทางช่องทางต่าง ๆ เช่น การนำเสนอภายในห้อง การนำเสนอผ่านโซเชียลมีเดีย เป็นต้น

ขั้นที่ 3 กิจกรรมรวบยอด หมายถึง การสรุปเนื้อหากิจกรรมและอภิปรายร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน เพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ให้ผู้เรียนได้เข้าใจตรงกัน

2. การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการตรึกตรองและมีเหตุผลของบุคคลเป็นขั้นตอนโดยการจัดการเรียนรู้ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า ผู้เรียนสามารถแยกแยะได้ว่าสิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญ จากเหตุการณ์นั้น ๆ สามารถค้นหาความสัมพันธ์ เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และสามารถค้นหาเรื่องราวของระบบ เรื่องราวและสิ่งต่าง ๆ ในการทำงานได้ โดยมีองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์เชิงหลักการ

3. แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ใช้วัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือกโดยใช้ข้อมูลเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น มาใช้ในการสร้างสถานการณ์เพื่อสร้างข้อคำถามและใช้แนวคิดของบลูม 3 ด้าน ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกได้ว่า สิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญ สิ่งใดมีบทบาทมากที่สุด

3.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ว่า มีอะไรสัมพันธ์กัน สัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด สอดคล้องหรือขัดแย้งกัน

3.3 การวิเคราะห์เชิงหลักการ หมายถึง ความสามารถในการค้นหาโครงสร้างระบบเรื่องราว ที่อยู่ได้ในสภาพเช่นนั้น เนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นหลักการสำคัญ

4. ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการคิดที่หลากหลาย มีการนำความรู้จากประสบการณ์ของตนเชื่อมโยงกับประสบการใหม่ ๆ จากนั้นเกิดเป็นการคิดสร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่ มีคุณค่า และเป็นประโยชน์ โดยใช้แนวคิดของทอแรนซ์ (Torrance) ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 ข้อในการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

5. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ชุดข้อคำถามที่ใช้ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเขียนบรรยาย โดยมีการให้คะแนนแบบรูบริค (Rubric)

มีคะแนนต่ำสุดในแต่ละด้านเท่ากับ 1 คะแนนและสูงสุดในแต่ละด้านเท่ากับ 4 คะแนน คะแนนรวมต่ำสุดเท่ากับ 12 คะแนน และคะแนนรวมสูงสุดเท่ากับ 36 คะแนน จากสถานการณ์ที่ครูเป็นผู้กำหนด โดยใช้แนวคิดของ ทอแรนซ์ (Torrance) ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 ข้อดังนี้

5.1 ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับความคิดของบุคคลอื่นและแตกต่างจากความคิดธรรมดา

5.2 ความคิดคล่องตัว หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน

5.3 ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถที่จะคิดได้อย่างหลากหลายและอิสระสามารถดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ มาใช้ในการคิดดัดแปลงให้ไม่ซ้ำกัน

5.4 ความคิดละเอียดลออ คือ ความคิดในรายละเอียด เพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นยิ่งในการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จ

6. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง คะแนนที่ยอมรับได้เกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งวิเคราะห์จากแบบวัดการคิดวิเคราะห์และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา รวมทั้งตามเกณฑ์ที่โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคมได้กำหนดอยู่ที่ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนรวม (หลักสูตรโรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม, 2561)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเรื่อง การพัฒนาการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) ผู้วิจัยได้ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะนำเสนอตามลำดับหัวข้อดังนี้

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
2. แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
3. การจัดการเรียนการรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา
4. การคิดวิเคราะห์
5. ความคิดสร้างสรรค์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นโดยมีรายละเอียดของการจัดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ดังนี้

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ ๑ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว ๑.๑ เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๑.๒ เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๑.๓ เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว ๒.๑ เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว ๒.๒ เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๒.๓ เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ ๓ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว ๓.๑ เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว ๓.๒ เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ ๔ เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว ๔.๑ เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว ๔.๒ เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระวิทยาศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในรายวิชาพื้นฐาน และศึกษาคำอธิบายรายวิทยาศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม โดยมีรายละเอียด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว ๒.๓ เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

ระดับชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.3	1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องโดยใช้สมการ V = IRจากหลักฐานเชิงประจักษ์ 2. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า 3. ใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้า	• เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าครบวงจรจะมีกระแสไฟฟ้าออกจากขั้วบวกผ่านวงจรไฟฟ้าไปยังขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งวัดค่าได้จากแอมมิเตอร์ • ค่าที่บอกความแตกต่างของพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยประจุระหว่างจุด ๒ จุด เรียกว่าความต่างศักย์ซึ่งวัดค่าได้จากโวลต์มิเตอร์ • ขนาดของกระแสไฟฟ้ามีค่าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำโดยอัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่ เรียกค่าคงที่นี้ว่าความต้านทาน
	4. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมและแบบขนานจากหลักฐานเชิงประจักษ์ 5. เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและขนาน 6. บรรยายการทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรจากข้อมูลที่รวบรวมได้	• ในวงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชิ้นมีความต้านทาน ในการต่อตัวต้านทานหลายตัว มีทั้งต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน • การต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมในวงจรไฟฟ้า ความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากับผลรวมของความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระดับชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	7. เขียนแผนภาพและต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรไฟฟ้า	โดยกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน • การต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบขนานในวงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ที่ผ่านวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวโดยความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน
	8. อธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้าโดยใช้สมการ W = Pt รวมทั้งคำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน 9. ตระหนักในคุณค่าของการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยนำเสนอวิธีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย	• เครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีค่ากำลังไฟฟ้าและความต่างศักย์กำกับไว้ กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ ความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์ ค่าไฟฟ้าส่วนใหญ่คิดจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด ซึ่งหาได้จากผลคูณของกำลังไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์ กับเวลาในหน่วยชั่วโมง พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ชั่วโมง หรือหน่วย • วงจรไฟฟ้าในบ้านมีการต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบขนานเพื่อให้ความต่างศักย์เท่ากัน การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวันต้องเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์และกำลังไฟฟ้าให้เหมาะกับการใช้งาน และการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องใช้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และประหยัด

คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม)

ศึกษา วิเคราะห์ ตระหนักคุณค่า บรรยาย และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า การใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ แผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและขนาน การทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่าย คำนวณพลังงานไฟฟ้า การเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า อธิบายการเกิดคลื่นและบรรยายส่วนประกอบของคลื่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กฎการสะท้อนของแสง การเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา การหักเหของแสง ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสงและการทำงานของทัศนอุปกรณ์ ความสว่างของแสง ที่มีต่อดวงตา โดยเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อการศึกษาภายใต้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อเป็นพื้นฐานในการปรับใช้กับการประกอบอาชีพในอนาคต และห่างไกลอบายมุข

ศึกษา วิเคราะห์ ประเมิน ระบุปัญหา และออกแบบการแก้ไขปัญหาโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามามีส่วนร่วมภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ตรงความต้องการของชุมชนหรือท้องถิ่นเพื่อพัฒนางานอาชีพโดยใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์เครื่องมือ กลไกไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ให้ถูกต้องกับลักษณะของงาน และปลอดภัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาสาระสำคัญ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มักมีการจัดการเรียนรู้โดยการทำโครงงาน เป็นกระบวนการที่ส่งผลให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิด ประกอบด้วย วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ใช้ในการสร้างองค์ความรู้หรือประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง ตามทฤษฎีคอนสตรักติวิสม์ (Constructivism) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยมที่เน้นเรื่องปัญหา และทำการแก้ปัญหาด้วยการค้นพบความรู้ด้วยวิธีสืบสอบ (Inquiry method) การทำโครงงานจึงเป็นวิธีที่ดีในการช่วยพัฒนาความคิด เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเอง เรียนรู้ด้วยตัวเอง ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง (นภาภรณ์ เพียงดวงใจ, 2558) สอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559) ซึ่งมีเป้าหมายในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้

ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) กล่าวว่าวิธีสอนหรือกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่นิยมใช้มีหลายวิธีแต่ไม่มีข้อมูลยืนยันว่ามีวิธีการจัดการเรียนรู้หรือกิจกรรมใดที่ดีที่สุด ดังนั้นครูวิทยาศาสตร์จึงต้องใช้ดุลยพินิจในการเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน เนื้อหารายวิชา ตลอดจนอุปกรณ์การสอนที่มีอยู่ วิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับว่ามีความเหมาะสมกับธรรมชาติของวิชามีดังนี้

1. วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry method) เป็นวิธีการที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา โดยใช้คำถาม จัดเป็นวิธีการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและบทบาทของครูนั้นจะลดลง มีขั้นตอนการสอน 6 ขั้นดังนี้

1.1 ขั้นนำเสนอสถานการณ์หรือสิ่งที่เป็นปัญหา คือ ครูมีการเล่าเรื่องราวหรือใช้สื่ออุปกรณ์หรือใช้สถานการณ์จริงเพื่อทำให้เด็กเกิดความสนใจในสถานการณ์ดังกล่าว

1.2 ขั้นสังเกต คือ ผู้เรียนสังเกตสิ่งที่ครูต้องการสื่อสาร โดยใช้ประสารทสัมผัสทั้ง 5 หรือเครื่องมือบางอย่างช่วยก็ได้

1.3 ขั้นอธิบาย คือ ครูให้ผู้เรียนคิดหาสาเหตุของปัญหาแล้วตั้งสมมติฐานที่เกี่ยวกับปัญหานั้น ๆ จากความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

1.4 ขั้นทดสอบ คือ ครูให้นักเรียนสืบค้นเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาให้มากที่สุดเพื่อทดสอบสมมติฐาน

1.5 ขั้นสรุป คือ นักเรียนทำการสรุปความรู้ที่ได้จากการทดสอบเพื่ออธิบายคำตอบของปัญหา

1.6 ขั้นการนำความรู้ไปใช้ คือ นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

2. วิธีการสอนแบบทดลอง (Laboratory method) เป็นการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง จะทำให้ผู้เรียนได้สังเกตจากของจริงและได้ประสบการณ์ตรงทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและในขณะที่ผู้เรียนทำการทดลองนั้นควรอยู่ภายใต้การแนะนำและช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดจากครูผู้สอน ซึ่งขั้นตอนการสอนแบบทดลองมี 4 ขั้นตอนดังนี้

2.1 ขั้นนำ คือ ครูนำเสนอรูปแบบวิธีการทดลองที่จะให้นักเรียนได้ทำการทดลอง โดยมีการอธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการทดลอง และข้อควรระวังต่าง ๆ ในการทดลอง

2.2 ขั้นทดลอง คือ นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนในการปฏิบัติการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือเท่านั้น นักเรียนจะต้องทำการจดบันทึกผลการทดลองที่ได้ไว้ด้วย

2.3 ขั้นเสนอผลการทดลอง คือ นักเรียนทำการนำเสนอผลการทดลองที่นักเรียนได้จดบันทึกเอาไว้จากขั้นทดลอง นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน

2.4 ขั้นสรุปผล คือ นักเรียนนำเสนอความคิดรวบยอดจากการทดลองโดยมีครูเป็นผู้ช่วยในการสรุปผลการทดลองเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ตรงกัน

3. วิธีการสอนแบบแก้ปัญหา (Problem solving method) เป็นวิธีการสอนที่ฝึกให้ผู้เรียนได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา ซึ่งมีขั้นตอนการสอน 5 ขั้นดังนี้

3.1 ขั้นกำหนดปัญหา คือ ครูนำเสนอวัตถุ สิ่งของ เหตุการณ์หรือสถานการณ์บางอย่างที่เป็นปัญหา เพื่อให้นักเรียนบอกถึงปัญหา รวมทั้งกำหนดนิยามของปัญหาให้มีความชัดเจน

3.2 ขั้นกำหนดสมมติฐาน คือ นักเรียนทำการตั้งสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบของปัญหาจากความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน รวมทั้งให้นักเรียนทำการวางแผนที่จะสืบค้นข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานที่จะนำไปสู่คำตอบ

3.3 ขั้นรวบรวมข้อมูล คือ นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลตามแผนการที่ได้วางไว้ อาจเป็นหารอ่าน การทดลอง จากนั้นจดข้อมูลไว้อย่างละเอียด และเที่ยงตรง

3.4 ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล คือ นักเรียนทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการที่ได้ศึกษาค้นคว้ามา

3.5 ขั้นสรุปผล คือ นักเรียนทำการสังเคราะห์ผลการศึกษาค้นคว้า แล้วสรุปในรูปแบบหลักการที่นำไปอธิบายตอบคำถามของปัญหาที่ตั้งไว้ได้

4. วิธีการสอนแบบโครงงาน (Project method) เป็นวิธีการสอนที่ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการกระทำจริง (Learning by doing) นักเรียนจะได้เลือกเรื่องที่ต้องการศึกษาวางแผนการทำงาน ดำเนินการจนสำเร็จตามแผนที่วางไว้ได้ด้วยตนเอง โครงงานที่นักเรียนจะทำนั้นอาจทำเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้ นับว่าเป็นการสอนที่สอดคล้องกับสภาพชีวิตจริงเป็นอย่างมาก เนื่องจากนักเรียนจะทำงานด้วยการตั้งปัญหาจริง และแก้ปัญหาด้วยการลงมือปฏิบัติจริงโดยมีขั้นตอนในการสอน 4 ขั้นได้แก่

4.1 ขั้นกำหนดจุดมุ่งหมาย คือ นักเรียนกำหนดความมุ่งหมายและลักษณะของโครงงานโดยครูเป็นผู้ชี้แนะให้นักเรียนตั้งจุดมุ่งหมายของการเรียนว่าเราเรียนเพื่ออะไร

4.2 ขั้นวางแผนหรือวางโครงการ คือ นักเรียนจะช่วยกันวางแผนว่าจะทำอย่างไรให้บรรลุจุดมุ่งหมาย จะใช้กิจกรรมใดในการทำโครงงาน และกิจกรรมใดจึงจะมีความเหมาะสม

4.3 ขั้นดำเนินการ คือ นักเรียนเริ่มการทำงานตามแผนงานที่ได้ตั้งเอาไว้ ครูคอยส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ให้นักเรียนได้คิดและตัดสินใจด้วยตนเองให้ได้มากที่สุด และควรชี้แนะนักเรียนให้รู้จักการวัดผลการทำงานเป็นระยะ ๆ เพื่อให้การทำกิจกรรมลุล่วงไปด้วยดี

4.4 ขั้นประเมินผล คือ นักเรียนทำการประเมินผลว่ากิจกรรมหรือโครงงานที่ตนทำนั้นบรรลุผลตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ หรือมีข้อบกพร่องประการใด และควรแก้ไขอย่างไรเพื่อให้ดีขึ้น

จากวิธีการสอนที่กล่าวมาสรุปได้ว่า แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้นมีหลายวิธีที่เหมาะสมสามารถเลือกใช้วิธีการตามความถนัดของครูผู้สอนและความสามารถของนักเรียนตลอดจนความสอดคล้องกับเนื้อหาที่ใช้ในการสอนและควรนำวิธีสอนแบบต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้ค้นพบด้วยตนเองให้มากที่สุด เพราะจะทำให้นักเรียนได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

ความเป็นมาและเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา มีจุดเริ่มต้นที่สหรัฐอเมริกา เนื่องจากประเทศสหรัฐอเมริกามีได้ตระหนักถึงความสำคัญในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาประกอบไปด้วยหลายปัจจัยดังนี้ ประการแรก การเป็นผู้นำของโลก ต้องการเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยี และนวัตกรรมประการที่ 2 จากการวิจัยและจัดการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กล่าวถึงการประเมินผลทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และภาษา (Program of International Assessment หรือ PISA) ของนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี พบว่าใน ค.ศ. 2003 ผลการประเมินของนักเรียนไม่เป็นที่น่าพึงพอใจเมื่อเทียบกับนักเรียนจากประเทศในยุโรปและเอเชีย ประการที่ 3 ประเทศสหรัฐอเมริกายังขาดแคลนกำลังคนทางด้านอุตสาหกรรมโดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ รวมทั้งกำลังคนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา ประการที่ 4 ในจำนวนนักเรียนทั่วประเทศมีนักเรียนผิวสี ชนกลุ่มน้อย และสตรีที่ศึกษาและเรียนปริญญาต่าง ๆ ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จำนวนน้อยมาก และประการสุดท้าย คือ ปัญหานักเรียนเลิกเรียนกลางคัน จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นสหรัฐอเมริกาจึงเริ่มนโยบายการศึกษาแบบสะเต็มศึกษาใน ค.ศ. 2002 โดยเพิ่มสะเต็มศึกษาเข้าไปในกฎหมายทางการศึกษา No Child Left Behind และประกาศนโยบาย American Competitiveness Initiative เพื่อพัฒนาประเทศในด้านการศึกษาให้เป็นผู้นำของโลกในด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยี สนับสนุนการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ พัฒนาการจัดการศึกษาสะเต็มศึกษา และสนับสนุนการเรียนต่อของนักเรียนในสายสะเต็มศึกษาอีกด้วย (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559)

จากความเป็นมาที่กล่าวมาข้างต้นจึงมีนักเรียนศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ได้ระบุเป้าเหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

Vasquez, Sneider, and Comer (2013, pp. 11-12) ระบุว่า เป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษา คือ นักเรียนสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในโลกที่มีความเจริญทางด้านเทคโนโลยีสูงและเป็นผู้รู้สะเต็ม (STEM literacy)

National Research Council (2012, pp. 277-279) ระบุเป้าหมายของการศึกษาสะเต็มศึกษาของสหรัฐอเมริกา เพื่อเพิ่มการฝึกอบรมระดับสูงและตำแหน่งงานในสาขาสะเต็มเพื่อขยายจำนวนแรงงานที่มีความรู้ความสามารถด้านสะเต็มศึกษาและเพิ่มความรอบรู้ในสาขาสะเต็มศึกษา สหรัฐอเมริกาจึงกำหนดเป้าหมายการศึกษาด้านสะเต็มไว้ 3 ประการดังนี้

1. เพื่อเพิ่มจำนวนนักศึกษาที่มุ่งสู่ระดับปริญญา และตำแหน่งงานด้านสะเต็มศึกษาให้มากขึ้น และเพิ่มโอกาสการเข้าเรียนและเพิ่มแรงงานด้านสะเต็มศึกษาของสตรีและชนกลุ่มน้อย ดังนั้นการศึกษาระดับอนุบาลถึง ชั้นมัธยมปลายจำเป็นต้องมีการสอนสะเต็มศึกษา

2. เพื่อเพิ่มจำนวนแรงงานที่มีความรู้ความสามารถและทักษะด้านสะเต็มให้มากขึ้น โดยเฉพาะการมีส่วนร่วมของแรงงานสตรีและชนกลุ่มน้อยในกำลังแรงงานของประเทศ ภายใน 10 ปีข้างหน้า อาชีพใหม่ที่จะเพิ่มเข้ามา 20 รายการ ต้องการบุคคลที่มีความสามารถด้านสะเต็มถึง 16 รายการ ในจำนวนนี้ 4 รายการต้องจบปริญญาตรีขึ้นไป

3. ต้องการให้นักเรียนทุกคน แม้ว่าบางคนจะไม่ได้เรียนด้านสะเต็มศึกษาหรือมุ่งตำแหน่งงานด้านสะเต็มต้องมีความรอบรู้เกี่ยวกับสะเต็มแม้ว่าบางคนคิดจะไม่เรียนเกี่ยวกับสะเต็มในอนาคตก็ตาม

Honey, Pearson, and Schweingruber (2014, pp. 6-7) ได้เสนอรายละเอียดเกี่ยวกับการรู้สะเต็ม ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของแนวคิดสะเต็มไว้ดังนี้

1. มีความตระหนักถึงบทบาทของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในชีวิตประจำวัน กล่าวคือ นักเรียนสามารถอธิบายความสำคัญขององค์ความรู้ตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาที่สามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตประจำวัน

2. มีความคุ้นชินกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ กล่าวคือ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดสะเต็มศึกษากับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้

3. มีการประยุกต์ใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ รวมทั้งในการทำงานหรือประกอบอาชีพต่าง ๆ กล่าวคือ นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและทักษะต่าง ๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหาและประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสม โดยต้องมีความตระหนักถึงความสำคัญของความรู้และทักษะสะเต็มต่อการประกอบอาชีพ

Capraro et al (2013, pp. 78-94) ได้กล่าวถึงเป้าหมายของการพัฒนานักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

1. มุ่งพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม และการร่วมมือ

2. มุ่งส่งเสริมนักเรียนให้มีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่าง 4 ศาสตร์วิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ กับชีวิตจริง รวมทั้งการส่งเสริมความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน

นอกจากนี้คณะกรรมการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสารสนเทศ คณะกรรมาธิการการศึกษาและการกีฬาสภานิติบัญญัติแห่งชาติ (2558) ได้ระบุเป้าหมายของการพัฒนาสะเต็มศึกษา คือ การผลิตและพัฒนากำลังคนที่มีทักษะด้านสะเต็ม การสร้างเยาวชนรุ่นใหม่ที่จะเป็นกำลังคนแห่งอนาคตที่มีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะทางด้านสะเต็ม และการพัฒนากำลังคนที่มีคุณภาพด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถสากล

จากความเป็นมาและเป้าหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษาที่กล่าวมา สะท้อนให้เห็นถึงสาเหตุที่ต้องมีการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา 4 ประการดังนี้ (วชิร ศรีคุ้ม,2558)

1. ต้องการยกระดับคุณภาพทางการศึกษา กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสามารถช่วยยกระดับคุณภาพนักเรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นได้

2. การเพิ่มกำลังคนทางด้านสะเต็ม กล่าวคือ เมื่อผู้เรียนมีทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จะนำไปสู่การเป็นกำลังคนที่มีคุณภาพ

3. การเสริมศักยภาพในการแข่งขันระหว่างประเทศ กล่าวคือ เมื่อกำลังคนทางด้านสะเต็มมีคุณภาพมากขึ้นก็จะนำไปสู่การยกระดับการแข่งขันของประเทศที่จะสามารถทัดเทียมกับนานาประเทศได้

4. การพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 กล่าวคือ นักเรียนจะสามารถพัฒนาทักษะที่จำเป็น ทำให้นักเรียนเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพสามารถคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ มีความสามารถในการสื่อสาร และสามารถทำงานเป็นทีมได้

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาเยาวชนและประเทศชาติเป็นอย่างมาก กระทรวงศึกษาธิการจึงได้กำหนดมาตรการสะเต็มศึกษาในการยกระดับคุณภาพทางการศึกษาไว้ 4 ประการ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) ดังนี้

1. ปรับเปลี่ยนวิธีการสอนในโรงเรียนให้มีความสอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษาในทุกระดับชั้น

2. ยกระดับคุณภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้ทัดเทียมกับนานาชาติ

3. พัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษาและเอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา กิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อให้สถานศึกษาและครูใช้เป็นแนวทาง

4. สร้างกำลังคนในสายอาชีพสะเต็มศึกษาที่มีคุณภาพให้แก่ประเทศ

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปความเป็นมาและเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาได้ว่า สะเต็มศึกษาถูกคิดค้นและพัฒนาโดยประเทศสหรัฐอเมริกาเนื่องจากการคาดแคลนแรงงานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ นอกจากนี้นักเรียนในสหรัฐอเมริกายังมีคะแนนสอบ PISA ที่ค่อนข้างต่ำกว่าในหลายๆประเทศจึงเป็นที่มาของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยสะเต็มศึกษามีเป้าหมายหลัก ๆ คือ เพื่อพัฒนาบุคลากรทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์และยังช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงทั้ง 4 สาขาวิชาเข้ากับชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังช่วยพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 กล่าวคือนักเรียนสามารถพัฒนาทางด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นอีกด้วย

ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็ม (STEM) เป็นคำย่อจากภาษาอังกฤษของศาสตร์ 4 สาขาวิชา คือ S มาจากคำว่า Science หรือ วิทยาศาสตร์ T มาจากคำว่า Technology หรือ เทคโนโลยี E มาจากคำว่า Engineering หรือ วิศวกรรมศาสตร์ และ M มาจากคำว่า Mathematics หรือ คณิตศาสตร์ หมายถึง องค์ความรู้ทางวิชาการของศาสตร์ทั้งสี่สาขาที่มีความเชื่อมโยงกัน ซึ่งในหลักความเป็นจริงต้องอาศัยความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน

สะเต็มศึกษา (STEM Education) ได้มีนักวิชาการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ความหมายไว้แตกต่างกัน ดังนี้

Vasquez et al. (2013, p. 10) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวคิดการเรียนรู้ที่บูรณาการสี่สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ เพื่อให้สอดคล้องกับโลกแห่งความเป็นจริง มีความเชื่อมโยงกับประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน

Roberts (2013, pp. 22-27) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งเดียว การหลอมรวมทำ

ได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory learning strategies)

Hopkins Public School (2016) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้ความหมาย คำว่า STEM หมายถึง การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไม่ได้หมายความถึงการจัดการเรียนการสอนสี่วิชานี้แบบเอกเทศ STEM คือ การบูรณาการหลักสูตรรายวิชา หรือเชื่อมโอกาสการเรียนรู้ในศาสตร์ทั้งสี่ให้แก่ผู้เรียนได้เกิดการสำรวจ ค้นพบ และรู้จักแก้ปัญหา

รักษพล ธนานุวงศ์ (2556, หน้า 18-22) ให้ความหมายของ สะเต็มศึกษา คือ การเรียนรู้เนื้อหาและทักษะทางด้านวิชา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ ตั้งอยู่บนพื้นฐานความรู้และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี อีกทั้งสี่สาขาวิชานี้เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจการพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของชาติ

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, หน้า 49-56) ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary integration) ระหว่างศาสตร์สี่ศาสตร์ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหาการค้นคว้า เพื่อพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งใช้ในการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่างสี่สาขาวิชากับชีวิตจริงและการทำงานได้ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นแค่การท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ยังเป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติจริงควบคู่กับการพัฒนาการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา และการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ รวมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

จากความหมายของสะเต็มศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบการบูรณาการความรู้จาก 4 ศาสตร์เข้าด้วยกันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถใช้กระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน รวมทั้งเพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้ทุกแขนงมาใช้ เพื่อพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบันและพัฒนาประเทศในอนาคต

แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มี แนวคิด และลักษณะของสะเต็มศึกษาดังนี้

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) ได้กล่าวถึงแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาดังนี้

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary integration) นั่นคือเป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำเอาจุดเด่นและธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานเข้าด้วยกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติโดยอาจารย์หรือครูผู้สอนมักใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัยเพราะทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายและไม่น่าสนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์แบบสะเต็มศึกษาจะทำให้นักเรียนเกิดสนใจและมีความกระตือรือร้นรู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียนส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียนมากยิ่งขึ้น

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับ กระบวนการแก้ปัญหาปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering design หรือ Design process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วย การคิดสร้างสรรค์ออกแบบและพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ โดยใช้การประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่ไม่ได้หมายถึง การนับจำนวนเท่านั้นแต่ยังเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการที่หนึ่งคือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบการจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่าน้อยกว่าเล็กกว่าใหญ่กว่าฯลฯ และประการที่สาม คือ การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาลไปจนถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่า ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาโดยให้ในแต่ละรัฐนำสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการศึกษา จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based learning, Problem-based learning และ Design-based learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดีและหากครูผู้สอนสามารถใช้สะเต็มศึกษาในการสอนได้เร็วเท่าใด ก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำสะเต็มศึกษาไปใช้สอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

3.1 ด้านปัญญาผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

3.2 ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

3.3 ด้านคุณลักษณะผู้เรียน มีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพการเป็นผู้นำตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2015, หน้า 16-21) ได้ระบุองค์ประกอบ 4 วิชาของสะเต็มศึกษาไว้ว่า ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีนั้น มีเป้าหมายหลักในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (science literate) ผู้รู้คณิตศาสตร์ (math literate) และผู้รู้

เทคโนโลยี (technology literate) ซึ่งเป้าหมายของการเรียนรู้ในวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาประกอบด้วย

1. เป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา (หลัก กฎ และทฤษฎี) วิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และโลก อวกาศ ดาราศาสตร์) สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาระหว่างสาระวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

2. เป้าหมายของการสอนคณิตศาสตร์ คือการพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผลและการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกันรวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี

3. เป้าหมายของการสอนเทคโนโลยี คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี (กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์)

4. เป้าหมายของการสอนวิศวกรรมศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในออกแบบและสร้างเทคโนโลยีโดยประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 ประการ ดังนี้

1. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้

2. มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด

3. มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบแอกทีฟ (active learning) ของผู้เรียน

4. ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้

5. สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต (ภาพที่ 2)

ภาพที่ 2 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเป็นการเน้นให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหาเพื่อนำไปสู่การฝึกทักษะที่สำคัญและสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการออกแบบสร้างสรรค์ผลงาน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาจึงมีทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนรวมทั้งมีหลักการในการจัดการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจงอยู่ 2 ประเด็น ได้แก่

1. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่าน

การสร้างสรรค์ผลงานมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ลักษณะการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึมของ (Papert, 1986) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึ่ม (Constructionism) เกิดจากการนำทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของเพียเจท์มาสร้างเป็นทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึ่ม ซึ่งทฤษฎีนี้อยู่บนพื้นฐานที่ว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีหากผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างผลงานที่มีความหมายกับตนเอง เมื่อมีการสร้างผลงานออกมาแล้วก็ถือว่านักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีคอรสตรัคชั่นนิซึ่ม เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายกระบวนการการเรียนรู้ของมนุษย์มีใจความว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีหากนักเรียนได้ลงมือกระทำด้วยตนเองร่วมกับการได้รับประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมจากภายนอกด้วย กล่าวคือ ผู้เรียนจะสามารถเก็บเกี่ยวประสบการณ์และบันทึกความรู้จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าไปเก็บไว้ในโครงสร้างความรู้ภายในสมองของตนเอง โดยนักเรียนสามารถนำเอาความรู้ดังกล่าวออกมาใช้ภายนอกได้อีกด้วย ซึ่งเกิดเป็นลักษณะของวงจรต่อกันไป

การเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตัวเองนั้น นักเรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างองค์ความรู้เดิมกับองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นจากการสังเกตปรากฏการณ์ในสิ่งแวดล้อม ประสบการณ์ และบรรยากาศแวดล้อมจะเอื้อให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ดียิ่งขึ้น

จากกระบวนการเรียนรู้ที่กล่าวมาข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการการเรียนรู้ของมนุษย์นั้นมีกระบวนการสำคัญ 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. กระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง การที่ให้นักเรียนนำเอาความรู้เข้าสู่โครงสร้างภายในสมองของตนเองแล้ว จะต้องเกิดการแปลความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับ เกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นด้วนตนเอง หากเพียงแค่รับข้อมูลเข้ามาในสมองเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการแปลความหมาย กระบวนการดังกล่าวก็จะไม่จัดว่าเป็นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

2. กระบวนการการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง การที่นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการเก็บเกี่ยวองค์ความรู้จากสิ่งแวดล้อมหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ก็ตาม จากนั้นนักเรียนจะมีโอกาสในการแปลความหมายของสิ่งที่ตนได้รับจากประสบการณ์นั้น หรือการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานขึ้นมาด้วยความชอบหรือความถนัดของตนเอง กระบวนการดังกล่าวจะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่และเกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยตัวเองได้ดียิ่งขึ้น การที่ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองตามความ

สนใจและความต้องการของผู้เรียนเองนั้นจะส่งผลให้กระบวนการการเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึม เป็นทฤษฎีที่อธิบายเกี่ยวกับการสร้างองค์ความรู้ของมนุษย์ที่เน้นให้นักเรียนได้ทำการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ในการเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของเหตุการณ์หรือสิ่งแวดล้อมนักเรียนจะมีโอกาสได้เรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมรอบตัว ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่กับความรู้เดิมของนักเรียนนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง กล่าวคือ นักเรียนมีโอกาสได้นำความรู้ในการแปลความหมายใหม่ของตนเองหรือนำไปใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานขึ้นมาด้วยตนเอง กระบวนการที่เกดขึ้นเป็นไปด้วยความมุ่งมั่นตั้งใจของตัวนักเรียนเอง

2. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาได้มีนักวิชาการได้ให้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

Vasquez et al. (2013, pp. 15-20) ได้แนะนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาไว้ 5 หลัก ดังนี้

1. มุ่งไปที่การบูรณาการ หมายถึง การผนวกสองสาขาวิชาขึ้นไปเข้าด้วยกันเพื่อให้นักเรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของวิชาต่าง ๆ รวมทั้งยังช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู้การหาวิธีแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ได้

2. แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ หมายถึง นักเรียนจะมองเห็นความสำคัญของความรู้และนำไปใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ตนมี รวมทั้งสามารถบอกความสัมพันธ์ของสถานการณ์กับความรู้หรือทักษะที่ตนมีอย่างไร ตลอดจนทราบว่าตนเองต้องพัฒนาด้านใดเพื่อนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต

3. ให้ความสำคัญกับทักษะที่ 21 หมายถึง ในโลกปัจจุบันและอนาคตทักษะในศตวรรษที่ 21 จะมีความสำคัญในชีวิตการทำงานเป็นอย่างมาก โดยบุคคลจะต้องมีความสามารถในการเข้าถึงข้อมูล มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา รวมทั้งมีความสามารถในการสื่อสารความคิด การทำงานเป็นทีม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

4. ท้าทายนักเรียน หมายถึง ครูวางแผนในการกำหนดภาระงานเพื่อให้นักเรียนเกิดความท้าทาย ซึ่งภาระงานนั้นจะต้องไม่ยากหรือง่ายจนเกินไป หากยากเกินไปจะทำให้นักเรียนล้มเลิกและ

หากง่ายเกินไปจะทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย โดยภาระงานนี้จะต้องให้นักเรียนได้ใช้ทักษะในศตวรรษที่ 21 และนักเรียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม

5. การผสมผสานวิธีการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาจะเห็นได้จากการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนที่มีความหลากหลาย นักเรียนจะเกิดการแบ่งปันความรู้และถ่ายทอดทักษะที่ตนเชี่ยวชาญให้เพื่อน ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้มีความสนุกสนาน อาจใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ 2 แนวทางประกอบกัน คือ

5.1 แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยนักเรียนได้รับปัญหาที่ต้องหาทางแก้ไขอย่างสร้างสรรค์

5.2 แบบใช้โครงงานเป็นฐาน โดยนักเรียนต้องกำหนดการเรียนรู้และสืบค้นด้วยตนเองและต้องสามารถประเมินโครงงานของตนเองได้

จำรัส อินทลาภาพร (2558a, หน้า 62-71) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายได้แก่

1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและท้าทายการคิดของผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

2. จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจโดยร่วมกันสำรวจสังเกตและกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจมีการวางแผนในการทาโครงงานร่วมกันโดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็นและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่แล้วเขียนรายงานและนำเสนอต่อสาธารณชนและนำผลงานและประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

จุดเด่นอีกข้อหนึ่งของการจัดการเรียนตามรู้แบบสะเต็มศึกษา คือการผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์

คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012)

วชิร ศรีคุ้ม (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เฉพาะ ซึ่งแตกต่างจากกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป ประกอบด้วย 6 ข้อ ดังนี้

1. สถานการณ์ (Situations) เป็นเรื่องราวที่มีความสมเหตุสมผล สามารถเชื่อมโยงได้กับชีวิตจริง หากมีความใกล้เคียงชีวิตจริงมากเท่าใดนักเรียนก็จะสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์ชีวิตได้ดีและมีความน่าสนใจมากเท่านั้น

2. สิ่งท้าทาย (Challenge) เป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ในการหาวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

3. เกณฑ์ (Criteria) เป็นการตั้งเกณฑ์เพื่อใช้ในการชี้วัดหรือกำหนดความสำเร็จในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์

4. ข้อจำกัด (Constrains) เป็นปัจจัยที่นักเรียนต้องคำนึงถึงในการทำกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ ได้แก่ วัสดุอุปกรณ์ เวลาที่ใช้ จำนวนคนในทีม ต้นทุน ความเสี่ยง ซึ่งนักเรียนต้องแก้ปัญหาภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่แต่ต้องบรรลุเกณฑ์ที่ตั้งเอาไว้ เพื่อนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหา

5. การประเมินผล (Evaluations) เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากที่สุด เป็นการประเมินของนักเรียนในเรื่องของประสิทธิภาพของกระบวนการการทำงานและการบรรลุผลสำเร็จของการแก้ปัญหา โดยครูผู้สอนอาจประเมินนักเรียนด้วยการให้อธิบายองค์ความรู้และทักษะที่ได้จากกิจกรรม

6. จุดเชื่อมโยง (link point) ในการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาแต่ละขั้นตอนมีการสอดแทรกหรือเชื่อมโยงด้วยคำถามเพื่อให้นักเรียนทราบถึงองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาเพื่อให้กิจกรรมมีความสมบูรณ์และเชื่อมโยงกับชีวิตจริงมากยิ่งขึ้น

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีแนวทางในการจัดกิจกรรมได้หลายแนวทางโดยส่วนมากจะใช้แนวทางการใช้ปัญหาเป็นฐานหรือการใช้โครงงานเป็นฐาน โดยมีการกำหนดสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนได้หาวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์นั้น ๆ ซึ่งนักเรียนจะมีการตั้งเกณฑ์การประเมินผลงานและเป็นผู้ประเมินผลงานของตนเองเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่มีความสมบูรณ์ที่สุด

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนการสอนโดยทั่วไปนั้น ครูจะเริ่มต้นจากกิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อกระตุ้นความสนใจหรือปูพื้นในเรื่องที่จะสอนก่อน จากนั้นจึงจะดำเนินการจัดกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถตามลำดับ จนกระทั่งมีความรู้ความสามารถเพียงพอที่จะทำกิจกรรมสุดท้ายหรือกิจกรรมรวบยอด เพื่อให้ได้ชิ้นงานหรือภาระงานที่จะเป็นเครื่องสะท้อนว่า นักเรียนมีความรู้ความสามารถตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในหน่วยการเรียนรู้นั้น ๆ ได้

ปราวีณยา สุวรรณัฐโชติ (2559) ได้ให้แนวทางการจัดกิจกรรมไว้ดังนี้

1. กิจกรรมการนำเข้าสู่บทเรียน (Introduction Activities) เป็นกิจกรรมที่ใช้ในการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในตอนต้น ก่อนการจัดกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาผู้เรียน กิจกรรมนำสู่การเรียนควรมีลักษณะ ดังนี้

- กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ มีความกระตือรือร้นอยากเรียนรู้
- เชื่อมโยงสู่กิจกรรมที่ช่วยพัฒนาผู้เรียนและกิจกรรมรวบยอด
- เชื่อมโยงถึงประสบการณ์เดิมที่นักเรียนมีอยู่
- ช่วยให้นักเรียนได้แสดงถึงความต้องการในการเรียนรู้ของตนเอง

2. กิจกรรมพัฒนานักเรียนหรือกิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้ (Enabling Activities) เป็นกิจกรรมที่ใช้ในการพัฒนานักเรียนให้เกิดความรู้ และทักษะที่เพียงพอต่อการทำกิจกรรมรวบยอด การกำหนดกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาผู้เรียนควรมีลักษณะ ดังนี้

- สัมพันธ์เชื่อมโยงกับตัวชี้วัดที่เป็นเป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้
- ช่วยสร้างองค์ความรู้และทักษะ เพื่อพัฒนานักเรียนไปสู่ตัวชี้วัดที่กำหนด
- กระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้
- ส่งเสริมการเรียนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ
- สามารถประเมินจากผลงานหรือภาระงานของนักเรียนได้

3. กิจกรรมรวบยอด (Culminating Activities) เป็นกิจกรรมที่แสดงว่านักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาถึงตัวชี้วัดที่กำหนดในหน่วยการเรียนรู้นั้น การกำหนดกิจกรรมรวบยอดควรมีลักษณะ ดังนี้

- เป็นกิจกรรมที่แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการของนักเรียน
- เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้แสดงออกถึงการประยุกต์ความรู้ที่เรียนมาตลอดหน่วยการเรียนรู้นั้น
- ครอบคลุมตัวชี้วัดที่เป็นเป้าหมายของหน่วย

- การประเมินการปฏิบัติกิจกรรมต้องสัมพันธ์กับตัวชี้วัด

นอกจากนี้ในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ในการจัดการเรียนการรู้ ซึ่งได้มีหน่วยงานและนักการศึกษาได้เสนอไว้ดังนี้

1. กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ของ Roderic (2001) ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นระบุปัญหา (Define the problem) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องระบุปัญหาจากสถานการณ์

1.2 ขั้นค้นหา (Explore) เป็นขั้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา

1.3 ขั้นระบุข้อจำกัด (Constrains) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องพิจารณาสถานการณ์ปัญหาว่ามีข้อจำกัดหรือเงื่อนไขใดบ้าง

1.4 ขั้นออกแบบ (Design) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับข้อจำกัดที่กำหนดไว้

1.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ออกแบบไว้ในแต่ละวิธี จากนั้นเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด

1.6 ขั้นแบ่งหน้าที่ (Delegation) เป็นขั้นที่สมาชิกในกลุ่มแบ่งบทบาทหน้าที่กันในการปฏิบัติงาน

1.7 ขั้นกำหนดงานให้จำเพาะ (Specification) เป็นขั้นกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาให้เฉพาะเจาะจงลงไป

1.8 ขั้นทดสอบ (Test) นำวิธีการแก้ปัญหาไปทดสอบการแก้ปัญหาจริงตามแผนที่วางไว้

2. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ของ Museum of Science (2007) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นตั้งคำถาม (Ask) เป็นขั้นที่นักเรียนระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข รวมทั้งพิจารณาว่าต้องการใช้วิธีใดในการแก้ปัญหาให้สำเร็จภายใต้เงื่อนไขสถานการณ์นั้น

2.2 ขั้นจินตนาการ (Imagine) เป็นขั้นให้นักเรียนสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายแล้วพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสม

2.3 ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องระบุขั้นตอนการแก้ปัญหา กำหนดวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ต้องการใช้

2.4 ขั้นสร้างสรรค์ (Create) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องปฏิบัติตามแผนงานที่วางไว้ เพื่อสร้างสรรค์วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์มาใช้ในการแก้ปัญหา

2.5 ขั้นปรับปรุง (Improve) เป็นขั้นทดสอบการแก้ปัญหาเพื่อหาข้อดีและข้อบกพร่อง นำไปสู่การต่อยอดวิธีการแก้ปัญหาที่ดีขึ้นต่อไป

3. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ของ Capraro et al (2013) มี 7 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขั้นระบุปัญหาและข้อจำกัด (Identify problem and constraints) ผู้นำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริง โดยนักเรียนระบุการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ การแก้ปัญหาดังกล่าว อาจเป็นสิ่งประดิษฐ์หรือวิธีการ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มระบุข้อจำกัดของปัญหาและเกณฑ์ที่ชี้วัดผลสำเร็จของการแก้ปัญหา

3.2 ขั้นศึกษาค้นคว้า (Research) เมื่อนักเรียนระบุสถานการณ์แล้ว ผู้สอนจัดให้มีกิจกรรมการเรียนรู้และการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและการจัดกระทำข้อมูล รวมทั้งการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ การใช้โปรแกรมแอพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์โดยสอดคล้องกับข้อจำกัดและการบรรลุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จที่กำหนดไว้

3.3 ขั้นคิดออกแบบ (Ideate) เมื่อนักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าอย่างละเอียดถี่ถ้วนแล้ว นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้ามาออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ โดยให้มีวิธีความคิดหลากหลายมากที่สุด รวมทั้งระบุความเป็นไปได้ในแต่ละความคิดอย่างมีเหตุผล

3.4 ขั้นวิเคราะห์ความคิด (Analyses ideas) หลังจากที่นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มคิดออกแบบมาแล้ว ในขั้นนี้นักเรียนช่วยกนวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการแก้ปัญหาแต่ละแบบโดยมีเป้าหมายเพื่อการได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จตามเกณฑ์ชี้วัดและสอดคล้องกับข้อจำกัดโดยอาจเลือกวิธีการแก้ปัญหาวิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือประมวลมาจากวิธีการแต่ละแบบ

3.5 ขั้นสร้างผลงาน (Build) เมื่อนักเรียนแต่ละคนในกลุ่มวิเคราะห์ความคิดแล้ว จากนั้นนักเรียนนำความคิดดังกล่าว ไปสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่าต้นแบบ (Prototype)

โดยอาศัยความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การสร้างตัวต้นแบบสำหรับการนำไปทดสอบและปรับปรุงต่อไป

3.6 ขั้นทดสอบและปรับปรุง (Test and refine) นักเรียนนำต้นแบบไปทดสอบการแก้ปัญหาว่าบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ รวมทั้งตรวจสอบและบันทึกผลของตัวต้นแบบว่ามีข้อบกพร่องอย่างไร เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาตัวต้นแบบให้ดีขึ้นจนสามารถบรรลุเกณฑ์ที่ตั้งไว้เพื่อวัดความสำเร็จ นักเรียนจะได้ข้อมูลใหม่ในการพัฒนาตัวต้นแบบให้ดีขึ้นจากนั้นนักเรียนร่วมกันในกลุ่มทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและช่วยกันออกแบบแก้ไขชิ้นงานอีกครั้งจากนั้นทำการทดสอบและปรับปรุงอีกครั้งไปเรื่อย ๆ เป็นวงจร จนกว่าจะบรรลุเกณฑ์ที่ตั้งไว้และสอดคล้องกับการแก้ปัญหา

3.7 ขั้นสื่อสารและสะท้อนผล (Communicate and reflect) นักเรียนนำตัวต้นแบบที่ผ่านการทดสอบและปรับปรุงมาแล้วนำเสนอหลักการหรือความคิดของการออกแบบการแก้ปัญหาเพื่อเผยแพร่ความคิดสู่สังคม ซึ่งนักเรียนจะได้ใช้ความรู้และทักษะทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในการทำสื่ออิเล็กทรอนิกส์สำหรับเผยแพร่ผลงานในลักษณะของนิทรรศการหรือการเผยแพร่สู่โลกออนไลน์ นอกจากนี้นักเรียนยังได้ร่วมอภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติงานของกลุ่มอีกด้วย

4. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

4.1 การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นที่นักเรียนทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

4.2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ความคุ้มทุน ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสม เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

4.3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) นักเรียนต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายในการดำเนินการให้ชัดเจนในการออกแบบและพัฒนาตัวต่นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4.4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องทำการทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้ นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

4.5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) หลังจากพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหามีผลลัพธ์ตามที่ต้องการแล้วนักเรียนต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องอาศัยวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

5. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ตามแนวทางของศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2558, หน้า 16-21) มีขั้นตอนดังนี้

5.1 ระบุปัญหา (Problem identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

5.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information search) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้

5.2.1 การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

5.2.2 การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

5.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการกำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์

คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

5.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, evaluation and design improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

5.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

จากข้อมูลที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากกระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์มีหลากหลายวิธี ซึ่งแต่ละกระบวนการนั้นมีลักษณะเฉพาะที่เหมือนกันนั่นคือการกำหนดสถานการณ์ปัญหาและให้นักเรียนได้ลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ตามแนวทางของศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีความชัดเจนในแต่ละขั้นตอน โดยมีขั้นตอนที่ไม่มากจนเกินไปและมีความเหมาะสมในการจัดการศึกษาให้แก่นักเรียนและยังเป็นที่นิยมในการจัดการรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาในประเทศไทยอีกด้วย โดยแบ่งขั้นตอนการสอนออกเป็น 3 ขั้นดังนี้

ขั้นที่ 1 กิจกรรมการนำเข้าสู่บทเรียน หมายถึง การที่ครูผู้สอนทำการทบทวนความรู้เดิมและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้โดยครูจะพูดคุยกับนักเรียนถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับการออกแบบชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหาและบทเรียนในเนื้อหานั้น ๆ

ขั้นที่ 2 กิจกรรมพัฒนานักเรียน ครูจัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ความเข้าใจและทักษะ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบตามขั้นตอนของศูนย์สะเต็มศึกษา โดยมีองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

2.1 ระบุปัญหา (Problem identification) ขั้นตอนนี้ครูเริ่มต้นให้นักเรียนได้เห็นถึงปัญหาจากนั้นให้นักเรียนได้ตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information search) หลังจากนักเรียนทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือครูให้นักเรียนทำการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องนักเรียนอาจมีการดำเนินการ ดังนี้

2.2.2 การรวบรวมข้อมูล คือการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

2.2.3 การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้

2.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design) คือ นักเรียนนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต

2.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development) หลังจากที่นักเรียนได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้

2.5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน (Testing, evaluation and design improvement) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนทำการทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

2.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากที่นักเรียนทำการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว นักเรียนต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

ขั้นที่ 3 กิจกรรมรวบยอด หมายถึง การสรุปเนื้อหากิจกรรมและอภิปรายร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน เพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ให้ผู้เรียนได้เข้าใจตรงกัน

บทบาทครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ หลักการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสามารถสรุปบทบาทของครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 บทบาทครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นระบุปัญหา	1. กำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน และให้นักเรียนหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา 2. จัดบรรยากาศการเรียนรู้ให้เอื้อต่อการจัดกิจกรรม	1. ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้เพื่อนำไปสู่การระบุปัญหา 2. ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาเพื่อระบุเกณฑ์และข้อจำกัด
2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1. แนะนำแหล่งข้อมูลให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า 2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้และปฏิบัติการทดลองเพื่อให้นักเรียนได้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการออกแบบการแก้ปัญหา 3. ตรวจสอบข้อมูลที่นักเรียนสืบค้น รวมถึงข้อมูลที่นักเรียนได้จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้	1. สืบค้น รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ประโยชน์ต่อการสร้างผลงาน 2. ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้หรือปฏิบัติการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการออกแบบการแก้ปัญหา
3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1. กระตุ้นนักเรียนเป็นรายกลุ่มหรือรายบุคคลให้ออกแบบการแก้ปัญหา 2. ตรวจสอบความเป็นไปได้ของแต่ละวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนคิด	1. นักเรียนในแต่ละกลุ่มระดมสมองเพื่อคิดออกแบบในการค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายนำไปสู่การสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1. ตรวจสอบความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดที่นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้ 2. สังเกตการปฏิบัติงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม 3. เป็นที่ปรึกษาและให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม 4. ดูแลความเรียบร้อยในการปฏิบัติงานของนักเรียน 5. กระตุ้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงาน	1. นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดสอดคล้องกับข้อจำกัดและมีความเป็นไปได้ที่จะบรรลุตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 2. นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งบทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบในการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ 3. เขียนบันทึกผลในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงานลงในแบบบันทึกกิจกรรม
5. ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน	1. จัดสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อให้นักเรียนสามารถทดสอบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ได้ 2. ประเมินผลการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม 3. ให้คำแนะนำนักเรียนในการทดสอบและประปรุงวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์	1. นำวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นตัวต้นแบบ มาทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ครูได้จัดเตรียมไว้ 2. สังเกตข้อดีและข้อบกพร่องของวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงให้ดีขึ้น
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา	1. จัดหาโอกาสและเวลา สถานที่เพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอผลงาน 2. ร่วมฟังและให้คำแนะนำในการอภิปรายสะท้อนผลการปฏิบัติงานของนักเรียน	1. ออกแบบการนำเสนอและผลิตสื่อนำเสนอ 2. อภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติงาน

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ครูมีบทบาทในการเป็นผู้กระตุ้นและให้คำชี้แนะนักเรียน เพื่อควบคุมการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ให้สำเร็จ รวมทั้งเป็นผู้ประเมินผลระหว่างการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้ปรับปรุง ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

การคิดวิเคราะห์ (Analytic thinking)

การคิดวิเคราะห์เป็นทักษะการคิดขั้นสูงซึ่งเป็นพื้นฐานของการคิดทั้งมวลที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้และการดำเนินชีวิตของมนุษย์ และเป็นทักษะที่สามารถพัฒนาได้

ความหมายของการคิดวิเคราะห์

Russel (1956, pp. 181-182) ระบุว่า การคิดวิเคราะห์หมายถึง การคิดเพื่อแก้ปัญหาชนิดหนึ่ง โดยผู้คิดจะต้องพิจารณาตัดสินเรื่องราวต่าง ๆ ว่าเห็นด้วยหรือไม่ การคิดวิเคราะห์จึงถือว่าเป็นกระบวนการการประเมินหรือการจัดหมวดหมู่โดยอาศัยเกณฑ์ที่เคยยอมรับกันมาแต่ก่อน ๆ แล้วสรุปหรือพิจารณาตัดสิน

Bloom (1976, pp. 6-9) ระบุว่า การตรึกตรองและมีเหตุผลของบุคคลเป็นขั้นตอนโดยการจัดการเรียนรู้ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า ผู้เรียนสามารถแยกแยะได้ว่าสิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญ จากเหตุการณ์นั้น ๆ สามารถค้นหาความสัมพันธ์ เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และสามารถค้นหาเรื่องราวของระบบ เรื่องราวและสิ่งต่าง ๆ ในการทำงานได้

Marzano (2001, p. 60) ระบุว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง การขยายความคิดอย่างมีเหตุผล เป็นการประยุกต์กระบวนการวิเคราะห์รายละเอียดเฉพาะของข้อมูลบนพื้นฐานความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเดิมที่สะสมอยู่ในความจำระยะสั้นในรูปแบบโครงสร้างขนาดเล็กของสติปัญญา เพื่อสร้างข้อมูลใหม่อย่างอิสระและสามารถสรุปลักษณะเฉพาะที่จำเป็นและไม่จำเป็นของข้อมูลได้

ราชบัณฑิตยสถาน (2542) ให้ความหมายของ “คิด” ว่าเป็นการทำให้ปรากฏเป็นรูปหรือประกอบให้เป็นรูปหรือเป็นเรื่องขึ้นในใจ ใคร่ครวญ ไตร่ตรอง ส่วนคำว่า“วิเคราะห์” มีความหมายว่าใคร่ครวญ แยกออกเป็นส่วน ๆ เพื่อศึกษาให้ถ่องแท้ ดังนั้นคำว่า “คิดวิเคราะห์” จึงมีความหมายว่า การใคร่ครวญ ตรึกตรองอย่างละเอียดรอบคอบแยกเป็นส่วน ๆ ในเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล

ทิศนา แขมมณี (2544, หน้า 301-302) ระบุว่า การคิดวิเคราะห์หมายถึง การแยกข้อมูลหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ แล้วใช้เกณฑ์จัดข้อมูลออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อให้เข้าใจและเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลในส่วนต่าง ๆ

ชาติ แจ่มนุช (2545, หน้า 54) ระบุว่า การคิดวิเคราะห์หมายถึง การคิดที่สามารถแยกสิ่งสำเร็จรูป ได้แก่ วัตถุสิ่งของต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว หรือบรรดาเรื่องราว เนื้อเรื่องหรือสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ตามหลักการหรือเกณฑ์ที่กำหนดให้ เพื่อค้นหาความจริงหรือความสำคัญที่แฝงอยู่ภายใน

วีระ สุดสังข์ (2550, หน้า 9-13) ระบุว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง กระบวนการทางปัญญาที่มีคุณค่าของมนุษย์ เป็นความคิดที่เต็มไปด้วยสาระ มีคุณภาพ โดยแสดงออกในลักษณะของการให้เหตุผลและการตัดสินสิ่งต่าง ๆ ด้วยความสมบูรณ์เพียบพร้อมด้านสติปัญญา การคิดวิเคราะห์จึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่ง สำหรับการสร้างความเจริญทั้งแก่บุคคล และวิทยาการต่าง ๆ ในทุก ๆ สาขา

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551,หน้า 52-53) ระบุว่า การคิดวิเคราะห์หมายถึง ความคิดในการจำแนก แยกแยะข้อมูลองค์ประกอบของสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุ เรื่องราวเหตุการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อค้นหาความจริง ความสำคัญ แก่นแท้ องค์ประกอบหรือหลักการของเรื่องนั้น ๆ ทั้งที่อาจแฝงซ่อนอยู่ภายในสิ่งต่าง ๆ หรือปรากฏได้อย่างชัดเจน รวมทั้งหาความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ ว่าเกี่ยวพันกันอย่างไร อาศัยหลักการใด จนได้ความคิดเพื่อนำไปสู่การสรุปประยุกต์ใช้ การทำนายหรือคาดการณ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

ซายารอ สือนิ (2554, หน้า 27) ระบุว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนก อธิบาย แยกแยะเหตุการณ์ ปัญหาหรือเรื่องราวต่าง ๆ เพื่อความสำคัญ ความสัมพันธ์ และหลักการหรือองค์ประกอบของสิ่งเหล่านั้น พร้อมกับเชื่อมโยงให้เกิดความถูกต้องชัดเจนและนำไปสู่การตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้สังเคราะห์นิยามของการคิดวิเคราะห์ ดังนี้

1. ความสามารถในการรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์ หมายถึง การสนทนา ซักถาม เกี่ยวกับข้อมูลเหตุการณ์ และนำความรู้ใหม่มาจัดระบบให้เป็นหมวดหมู่

2. ความสามารถในการวิเคราะห์เหตุการณ์ หมายถึง การบอกความเกี่ยวข้องและความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยเชื่อมโยงกับพื้นฐานความรู้เดิมได้อย่างถูกต้อง

3. ความสามารถในการประเมินและสรุปเหตุการณ์ หมายถึง การตัดสินใจแก้ปัญหาเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

4. ความสามารถในการประยุกต์และนำไปใช้ หมายถึง การนำประสบการณ์ที่ได้จากปัญหาหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปความหมายของการคิดวิเคราะห์ได้ว่า การคิดวิเคราะห์หมายถึง การจำแนก แยกแยะ ข้อมูลหรือเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีเหตุผลของบุคคลเป็นขั้นตอนโดยการจัดการเรียนรู้ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า ผู้เรียนสามารถแยกแยะได้ว่าสิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญ จากเหตุการณ์นั้น ๆ สามารถค้นหาความสัมพันธ์ เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และสามารถค้นหาเรื่องราวของระบบ เรื่องราวและสิ่งต่าง ๆ ในการทำงานได้

องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยองค์ประกอบหลายอย่าง เพื่อให้การคิดวิเคราะห์นั้นมีความใกล้เคียงและถูกต้องมากที่สุด รุจิร์ ภู่สาระ (2546, หน้า 30-31) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ ประกอบปัจจัยดังนี้

1. วิเคราะห์ความสำคัญ เป็นการแยกแยะองค์ประกอบย่อยที่รวมอยู่ในเรื่องราวที่ใช้สื่อความหมาย เช่น นักเรียนมีทักษะในการมองเห็นข้อแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงและสมมติฐาน

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการแยกแยะองค์ประกอบย่อยที่รวมอยู่ในเรื่องราวที่ใช้สื่อความหมาย เช่น นักเรียนมีความสามารถเข้าใจความหมายและมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อคิดเห็นในบทความที่กำหนดให้

3. วิเคราะห์หลักการ เป็นการจัดเงื่อนไขของระเบียบวิธีการในการเรียบเรียงและ เค้าโครงสร้างของเรื่องราวที่ใช้ในการสื่อความหมายให้เป็นหน่วยเดียวกันโดยรวมทั้งเค้าโครงที่มองเห็นได้และไม่อาจมองเห็นได้ไว้ด้วยกัน เช่น นักเรียนตระหนักถึงสิ่งจูงใจในการโฆษณา

สุวิทย์ มูลคำ (2547, หน้า 17) กล่าวถึงองค์ประกอบของทักษะการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า การคิดวิเคราะห์ ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ส่วนประกอบ เป็นความสามารถในการแยกแยะ ค้นหาส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งหรือเรื่องราวต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์ส่วนประกอบของพืช หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ตัวอย่างคำถาม เช่น อะไรเป็นสาเหตุสำคัญของการระบาดไข้หวัดนกในประเทศไทย

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่าง ๆ โดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างความคิด ความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผล หรือความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง

3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถในการหาหลักความสัมพันธ์ส่วนสำคัญในเรื่องนั้น ๆ ว่าสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด

บลูม (Bloom, 1976 อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556) กล่าวถึงทักษะการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วยทักษะสำคัญ 3 ด้าน ดังนี้

1. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญหรือเนื้อหาของสิ่งต่าง ๆ (Analysis of Element) เป็นความสามารถในการแยกแยะได้ว่าสิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญ สิ่งใดมีบทบาทมากที่สุด ประกอบด้วย วิเคราะห์ชนิด เป็นการให้นักเรียนวินิจฉัยว่า สิ่งนั้น เหตุการณ์นั้น ๆ จัดเป็นชนิดใด ลักษณะใด เพราะเหตุใด เช่น ทำดีได้ดี ทำชั่วได้ชั่ว วิเคราะห์สิ่งสำคัญ เป็นการวินิจฉัยว่าสิ่งใดสำคัญ สิ่งใดไม่สำคัญเป็นการค้นคว้าหาสาระสำคัญ ข้อความหลัก ข้อสรุป จุดเด่น จุดด้อย ของสิ่งต่าง ๆ วิเคราะห์เลศนัย เป็นการมุ่งเน้นสิ่งที่แอบแฝงซ้อนเร้น หรืออยู่เบื้องหลังจากสิ่งที่เห็น ซึ่งมิได้บ่งบอกตรง ๆ แต่มีร่องรอยของความเป็นจริงซ้อนเร้นอยู่

2. การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationship) เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ว่ามีอะไรสัมพันธ์กัน สัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด สอดคล้องหรือขัดแย้งกัน ได้แก่

2.1 วิเคราะห์ชนิดของความสัมพันธ์ เช่น มุ่งให้คิดว่าเป็นความสัมพันธ์แบบใดมีสิ่งใดสอดคล้องกัน หรือไม่สอดคล้องกัน มีสิ่งใดเกี่ยวข้องกับเรื่องนี้

2.2 วิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์ เช่น สิ่งใดเกี่ยวข้องมากที่สุด สิ่งใดเกี่ยวข้องน้อยที่สุด เรียงลำดับมากน้อยของสิ่งของต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.3 วิเคราะห์ขั้นตอนความสัมพันธ์ เช่น เมื่อเกิดสิ่งนี้แล้ว เกิดผลลัพธ์อะไรตามมาบ้างตามลำ ดับ การเรียงลำดับขั้นตอนของเหตุการณ์

2.4 วิเคราะห์จุดประสงค์และวิธีการ เช่น การกระทำแบบนี้เพื่ออะไร การทำบุญตักบาตร (สุขใจ) เมื่อทำอย่างนี้แล้วจะเกิดผลสัมฤทธิ์อะไร ออกกำลังกายทุกวัน (แข็งแรง) ทำอย่างนี้มีเป้าหมายอะไร มีจุดมุ่งหมายอะไร

2.5 วิเคราะห์สาเหตุและผล เช่น สิ่งใดเป็นสาเหตุของเรื่องนี้ หากไม่ทำอย่างนี้ผลจะเป็นอย่างไร ข้อความใดเป็นเหตุเป็นผลแก่กัน หรือขัดแย้งกัน

2.6 วิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปไมย เช่น บินเร็วเหมือนนก ช้อนคู่กับส้อม ตะปูจะคู่กับอะไร ควายอยู่ในนา ปลาอยู่ในน้ำ ระบบประชาธิปไตยเหมือนกับการทำงานของอวัยวะในร่างกาย

3. การคิดวิเคราะห์เชิงหลักการ (Analysis of Organizational Principles) หมายถึง การค้นหาโครงสร้างระบบ เรื่องราว สิ่งของและการทำงานต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นดำรงอยู่ได้ในสภาพเช่นนั้นเนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการอย่างไร มีเทคนิคอะไรหรือยึดถือคติใด มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยงการคิดวิเคราะห์หลักการ เป็นการวิเคราะห์ที่ถือว่ามีความสำคัญที่สุด การจะวิเคราะห์เชิงหลักการได้ดี จะต้องมีความรู้ความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ดีเสียก่อน เพราะผลจากความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์จะทำให้สามารถสรุปเป็นหลักการได้ ประกอบด้วย การวิเคราะห์โครงสร้าง เป็นการค้นหาโครงสร้างของสิ่งต่าง ๆ เช่น การทำวิจัยมีกระบวนการทำ งานอย่างไร สิ่งนี้บ่งบอกความคิดหรือเจตนาอะไร ส่วนประกอบของสิ่งนี้มีอะไรบ้าง วิเคราะห์หลักการ เป็นการแยกแยะเพื่อค้นหาความจริงของสิ่งต่าง ๆ แล้วสรุปเป็นคำตอบหลักได้ หลักการของเรื่องนี้มีว่าอย่างไร หลักการในการสอนของครูควรเป็นอย่างไร

Marzano (2001, pp. 11-12) ได้ให้องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ไว้ 5 ด้านดังนี้

1. ด้านการสังเกตและการจำแนก หมายถึง ความสามารถในการสังเกตและจำแนกแยกแยะรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เหมือนหรือต่างกันออกเป็นแต่ละส่วนให้เข้าใจง่ายอย่างมีหลักเกณฑ์ สามารถเปรียบเทียบ ระบุตัวอย่างหลักฐานลักษณะความเหมือน ความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะเชื่อมโยงไปสู่ความสามารถในการจับคู่และการจัดกลุ่มสิ่งต่าง ๆ ที่เหมือนกันทั้งรูปร่างลักษณะแหล่งกำเนิดได้ ตัวอย่างเช่น สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปลากับม้าและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างไก่พันธุ์ไข่และไก่พันธุ์เนื้อได้

การระบุความเหมือนและความต่างของสิ่งของต่าง ๆ โดยการสังเกตและจำแนกแยกแยะข้อมูลที่เหมือนกันและแตกต่างกันของสิ่งต่าง ๆ ทั้งด้านเนื้อหา ด้านความรู้และด้านทักษะโดยอาศัยความรู้เป็นเครื่องมือในการจับคู่ และระบุความเหมือนความต่าง เป็นการฝึกตั้งแต่ระดับง่ายๆในด้านรูปธรรมไปจนถึงขั้นสลับซับซ้อนที่เป็นนามธรรม มีวิธีการฝึก คือ

1.1 ระบุสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์

1.2 ระบุลักษณะคุณสมบัติสามารถจำแนกแยกแยะสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์

1.3 ตัดสินใจและระบุว่าสิ่งเหล่านั้นมีความเหมือนหรือมีความแตกต่างกันอย่างไร

1.4 สรุปความเหมือนและความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆ อย่างถูกต้องเหมาะสมและเป็นไปได้

2. ด้านการจัดกลุ่ม หมายถึง ความสามารถในการประมวลความรู้เพื่อการจัดกลุ่ม จัดลำดับและจัดประเภทของสิ่งต่าง ๆ สามารถหาคุณลักษณะหรือคุณสมบัติของสิ่งของที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกันออกเป็นพวกเป็นกลุ่มได้อย่างมีความหมาย มีหลักการและมีหลักเกณฑ์ ด้วยกระบวนการ ดังนี้

2.1 กำหนดตัวบ่งชี้ของสิ่งที่ต้องการจัดกลุ่ม

2.2 ให้คำนิยามคุณลักษณะหรือคุณสมบัติของสิ่งที่ต้องการจัดกลุ่ม

2.3 เลือกสิ่งของที่เหมือนกันในการจัดกลุ่ม กำหนดหมวดหมู่ของสิ่งต่าง ๆ และให้เหตุผลว่าเหตุใดจึงอยู่ในกลุ่ม

2.4 หาคุณสมบัติที่มีความเหมือนกันของสิ่งเหล่านั้น

2.5 กำหนดความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันให้เหตุผลว่ามีความสัมพันธ์อย่างไร

3. ด้านการคิดวิเคราะห์เหตุผล หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะข้อผิดพลาด มองเห็นความผิดปกติความสัมพันธ์และความไม่สัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์สู่การสรุปอย่างสมเหตุสมผล สามารถระบุสิ่งที่ไม่ถูกต้องสิ่งผิดปกติ เป็นไปไม่ได้ในสถานการณ์ต่าง ๆจากการสังเกตและการใช้ความรู้เดิมผสานกับความรู้ใหม่ สามารถสรุปประเด็นต่าง ๆ และยกเหตุผลประกอบได้โดยผ่านการโต้แย้งอย่างมีเหตุผลอย่างเหมาะสม และต้องมีสามารถในการสรุปความรู้ที่มีมาก่อน เป็นความรู้ที่เชื่อถือได้เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป มีพยานหลักฐานข้อมูลสนับสนุนหรือพิจารณาแล้วว่าเป็นความจริง มีองค์ประกอบสำคัญดังนี้

3.1 ความรู้เดิม หมายถึง ความรู้ที่เป็นจริง เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ความรู้ที่เชื่อกันมานาน

3.2 ความรู้จากความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

3.3 ความรู้จากข้อมูลหลักฐานที่มีอยู่ ผู้โต้เถียงจะต้องมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือประกอบในการถกเถียง มีข้อมูลสนับสนุนและหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ มาสนับสนุน

3.4 มีข้อมูลที่ได้รับการพิสูจน์ทดลองมาใช้

3.5 ข้อมูลอื่น ๆ ที่พิจารณาแล้วว่าเป็นความจริง ขยายความคิดให้เป็นที่ยอมรับ

4. ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้เดิมที่มีสรุปเป็นหลักการใหม่ ๆ นำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน โดยทั่วไปจะเป็นการให้เหตุผลเชิงอุปนัย แล้วสรุปเป็นหลักการ ดังนี้

4.1 การให้เหตุผลเชิงอุปนัย (Inductive) เป็นการคิดที่เริ่มต้นข้อมูลจากรายละเอียดจากตัวอย่างแล้วสรุปเป็นหลักการ ทฤษฎี ความรู้ใหม่ที่ได้ ข้อบกพร่องและความผิดพลาดจากการใช้เหตุผลแบบอุปนัยเกิดขึ้นได้มากจึงควรระมัดระวังในสิ่งต่อไปนี้

- การลงความเห็นแบบเร่งรีบ
- ความบังเอิญ
- ระมัดระวังในการเข้าใจผิด
- เปรียบเทียบไม่ถูกต้อง
- การวางยา
- การอ้างอิงคำขอ หรือจดหมายเวียน
- การหลบหลีกประเด็น
- อ้างอิงผู้มีอำนาจ
- มีความขัดแย้งส่วนตัว
- ละเลยเพิกเฉยข้อมูล
- อ้างคนอื่น อ้างคนส่วนใหญ่
- อ้างอิงจากอารมณ์
- อ้างอำนาจ
- คิดไม่ตรงกับใจ

4.2 การให้เหตุผลเชิงนิรนัย (Deductive) เป็นการคิดการกระทำที่ขัดแย้งตรงกันข้ามกับตนเองและข้อมูลที่เริ่มต้นจากข้อสรุปที่มีอยู่ลงไปหารายละเอียดและยกตัวอย่าง มี 2 วิธี คือ

-แบบ Synchronic เป็นการคิดที่เกิดขึ้นจากสิ่งที่เห็นหรือที่เป็นอยู่ มี 2 แบบ คือ แบ่งกลุ่ม (Category) และแสดงความสัมพันธ์ (Associate) ของสิ่งต่าง ๆ ทั้งสองประเภทนั้น

-แบบ Diachronic เป็นการคิดหาเหตุผล ผลกระทบ หรือจัดลำดับ ประกอบด้วย การทำนายดูผลที่เกิด (Prediction) และค้นหาสาเหตุหรือสิ่งเร้าที่มากระตุ้น (Effecter)

5. ด้านการทำนาย หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้หรือหลักการที่มีอยู่แล้วไปใช้เพื่อการกะประมาณและทำนายสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างจำเพาะเจาะจง สามารถเข้าใจสถานการณ์ มีความรู้ในการระบุรายละเอียดในเหตุการณ์นั้นและปรับเปลี่ยนวิธีการให้เหมาะสมกับสิ่งที่เกิดขึ้นต่อได้ โดยทั่วไปเป็นการให้เหตุผลเชิงนิรนัย คือ จากข้อสรุป กฎ สูตร ทฤษฎีหรือหลักการใหญ่แล้วระบุรายละเอียดได้

สรุปได้ว่าองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์นั้นสามารถแบ่งตามลักษณะการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1. การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นความสามารถในการจำแนกได้ว่า สิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญ สิ่งใดมีบทบาทมากที่สุด

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ มีความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ว่า มีอะไรสัมพันธ์กัน สัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด สอดคล้องหรือขัดแย้งกัน

3. การวิเคราะห์เชิงหลักการ มีความสามารถในการค้นหาโครงสร้างระบบ เรื่องราว ที่อยู่ได้ในสภาพเช่นนั้น เนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นหลักการสำคัญ

ประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์

สุวิทย์ มูลคำ (2547, หน้า 39) กล่าวถึงประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์ไว้ ดังนี้

1. ช่วยให้รู้ข้อเท็จจริง รู้เหตุผลเบื้องหลังของสิ่งที่เกิดขึ้น เข้าใจความเป็นมาเป็นไปของเหตุการณ์ต่าง ๆ รู้ว่าเรื่องนั้น มีองค์ประกอบอะไรบ้าง ทำให้เราได้ข้อเท็จจริงที่เป็นรากฐานความรู้ในการนำไปใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหา การประเมินสถานการณ์และการตัดสินใจเรื่องต่าง ๆได้อย่างถูกต้อง

2. ช่วยให้สำรวจความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่ปรากฏและไม่ด่วนสรุปตามอารมณ์ความรู้สึกหรืออคติ แต่สืบค้นตามหลักเหตุผลและข้อมูลที่เป็นจริง

3. ช่วยให้ไม่ด่วนสรุปสิ่งใดง่าย ๆ แต่สื่อสารตามความเป็นจริง ขณะเดียวกันจะช่วยให้เราไม่หลงเชื่อข้ออ้างที่เกิดจากตัวอย่างเพียงอย่างเดียว แต่พิจารณาเหตุผลและปัจจัยเฉพาะในแต่ละกรณีได้

4. ในการพิจารณาสาระสำคัญอื่น ๆ ที่ถูกบิดเบือนไปจากความประทับใจในครั้งแรกทำให้เรามองอย่างครบถ้วนในแง่มุมอื่น ๆ ที่มีอยู่

5. ช่วยพัฒนาความเป็นคนช่างสังเกต การหาความแตกต่างของสิ่งที่ปรากฏพิจารณาตามความสมเหตุสมผลของสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตัดสินสรุปสิ่งใดลงไป

6. ช่วยให้หาเหตุผลที่สมเหตุสมผลให้กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลานั้น โดยไม่พึ่งพิงอคติที่ก่อตัวอยู่ในความทรงจำ ทำให้เราสามารถประเมินสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างสมจริงสมจัง

7. ช่วยประมาณการความน่าจะเป็น โดยสามารถใช้ข้อมูลพื้นฐานที่เรามีวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ ของสถานการณ์ ณ เวลานั้น อันจะช่วยเราคาดการณ์ความน่าจะเป็นได้สมเหตุสมผลมากกว่า

จากแนวคิดข้างต้นสอดคล้องกับ จุฑามาศ เจริญธรรม (2549) กล่าวถึงประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์ไว้ทำนองเดียวกัน ดังนี้

1. ช่วยให้เรารู้ข้อเท็จจริง
2. ช่วยให้เราไม่ด่วนสรุปอะไรง่ายๆ
3. ช่วยในการพิจารณาสาระสำคัญอื่น ๆ

4. ช่วยพัฒนาความเป็นคนช่างสังเกต

5. ช่วยให้เราหาเหตุผลที่สมเหตุสมผล

6. ช่วยประมาณการความน่าจะเป็น

จากการศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์มีประโยชน์ต่อบุคคลและต่อส่วนรวม เริ่มตั้งแต่ช่วยให้บุคคลมีเหตุผล ไม่ใช้อารมณ์ในการทำงานหรือการตัดสินปัญหา เกิดการใช้สติปัญญา ซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำ งานในส่วนรวมที่จะไม่ก่อให้เกิดความผิดพลาดหรือผิดพลาดน้อย แต่กลับส่งเสริมให้เกิดความสำเร็จในการทำ งานและการดำเนินชีวิต

การวัดและการประเมินการคิดวิเคราะห์

การวัดและการประเมินการคิดวิเคราะห์นั้น มีวิธีการวัดหลากหลายวิธี ซึ่งมีแนวทางจากกลุ่มต่างนักวิชาการหรือนักการศึกษามากมาย ซึ่งจะนำเสนอให้ผู้สอนนำไปพัฒนารูปแบบและวิธีการของตนเองในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้เกิดการคิดวิเคราะห์อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้

Watson (1964) กล่าวว่า การวัดการคิดวิเคราะห์ คือ การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ พิจารณา โดยมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเหตุผลในการพิจารณาในการตัดสินใจในเรื่องราวต่าง ๆ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ นอกจากนี้ความสำคัญในเหตุการณ์หรือสถานการณ์ก็มีความเกี่ยวข้องเป็นเหตุเป็นผลซึ่งกันและกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการคิดวิเคราะห์จะต้องมีการหาเหตุผลมาเพื่อพิจารณ์อยู่เสมอ การวัดการคิดวิเคราะห์จึงมี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การระบุปัญหา จะเป็นการกำหนดปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหา พิจารณาข้อมูลเพื่อกำหนดปัญหา ข้อโต้แย้งหรือข้อมูลที่คลุมเครือ รวมทั้งการนิยามความหมายของคำและข้อความ การระบุปัญหาเป็นกระบวนการการเริ่มต้นของการคิดวิเคราะห์ เป็นการกระตุ้นให้บุคคลเริ่มต้นคิด เมื่อตระหนักว่าปัญหา หรือข้อมูลที่ได้รับมามีความคลุมเครือ จะพยายามหาคำตอบที่สมเหตุสมผลเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหานั้น ดังนั้นปัญหาจึงถือว่าเป็นสิ่งเร้าและเป็นจุดเริ่มต้นของการคิดวิเคราะห์นั่นเอง

2. การตั้งสมมติฐาน เป็นการพิจารณาแนวทาง การสรุปอ้างอิงปัญหาหรือข้อมูลที่มีความคลุมเครือ โดยการนำข้อมูลที่มีการจัดระบบแล้วมาพิจารณาเชื่อมโยงความสัมพันธ์เพื่อกำหนดแนวทางในการสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ว่า จากข้อมูลที่ปรากฏนั้นจะไปในทิศทางใดได้บ้างเพื่อให้

การพิจารณาเลือกแนวทางที่เป็นไปได้มากที่สุด หรือการตัดสินมีความสมเหตุสมผลต่อการสรุปอ้างอิงต่อไป

3. การตรวจสอบสมติฐาน เป็นการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาจากแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งการนำเอาข้อมูลหรือความรู้จากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่มาใช้เพื่อออกแบบการทดลองหรือวิธีการแก้ปัญหาเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล

4. การสรุปอ้างอิงโดยใช้ตรรกศาสตร์ เป็นการพิจารณาแนวทางที่สมเหตุสมผลที่สุดจากข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่ หลังจากได้กำหนดแนวทางหรือวิธีการที่อาจจะเป็นไปได้มากที่สุดนำไปสู่การสรุปที่สมเหตุสมผลของการคิดวิเคราะห์ เพราะหารคิดที่ดีนั้นขึ้นอยู่กับการใช้เหตุผลที่ดีและข้อสรุปที่ดีที่สุดจะต้องมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือมาทำการสนับสนุน

5. การประเมินสรุปอ้างอิง เป็นการประเมินความสมเหตุสมผลของการสรุปผลหลังจากการใช้หลักตรรกศาสตร์ โดยจะประเมินว่าข้อสรุปนั้นมีความสมเหตุสมผลหรือไม่ รวมทั้งพิจารณาว่าข้อสรุปนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ และเกิดผลอย่างไร ถ้าข้อมูลที่ได้รับมีการเปลี่ยนแปลงและมีข้อมูลเพิ่มเติมจะต้องกลับไปรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่อีกครั้งเพื่อตั้งสมมติฐานและสรุปอ้างอิงใหม่

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539, หน้า 149-154) กล่าวไว้ว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คือ การวัดความสามารถในการแยกแยะส่วนย่อยของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีจุดมุ่งหมายหรือประสงค์สิ่งใด นอกจากนั้นยังมีส่วนย่อย ๆ ที่สำคัญในแต่ละเหตุการณ์เกี่ยวพันกันอย่างไรบ้าง และเกี่ยวพันกันโดยอาศัยหลักการใด จะเห็นว่าสมรรถภาพด้านการคิดวิเคราะห์จะเต็มไปด้วยการหาเหตุผลเกี่ยวข้องกันเสมอ การคิดวิเคราะห์จึงต้องอาศัยพฤติกรรมด้านความจำ ความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้ มาประกอบการพิจารณา การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์จึงเป็นการวัดความสามารถแยกแยะแจกแจงรายละเอียด เรื่องราว ความคิด การปฏิบัติ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ โดยอาศัยหลักการหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง แบ่งย่อยตามประเภทของเนื้อหาที่วัด แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ

1. การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นการถามให้หาเหตุผลคุณลักษณะเด่นของเรื่องราวในแง่มุมต่าง ๆ ตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดให้ เป็นการวิเคราะห์ว่าสิ่งที่มีอยู่นั้นอะไรสำคัญ หรือจำเป็นหรือมีบทบาทที่สุด ตัวไหนเป็นเหตุ ตัวไหนเป็นผล เหตุผลใดถูกต้องและเหมาะสมที่สุด ตัวอย่างคำถาม เช่น ศีลห้าข้อใดสำคัญที่สุด คำตอบคือ ข้อ 5 หรือสิ่งใดสำคัญที่สุดที่ทำให้บ้านมีความมั่นคงไม่พังง่าย คำตอบคือ เสา เป็นต้น

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการหาความสัมพันธ์ หรือความเกี่ยวข้องส่วนย่อยในปรากฏการณ์หรือเนื้อหานั้น เพื่อนำมาอุปมาอุปไมย หรือค้นหาว่าแต่ละเหตุการณ์นั้นมีความสำคัญอะไรที่ไปเกี่ยวพันกัน ตัวอย่างคำถาม เช่น การดื่มนมทำให้ร่างกายสูงเพิ่มขึ้นหรือไม่ คำตอบคือการดื่มนมมีผลทำให้ร่างกายสูงเพิ่มขึ้น มีการศึกษาผลการวิจัยพบว่า ถ้าดื่มนมมาก พัฒนาการด้านส่วนสูงของร่างกายก็เพิ่มมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. วิเคราะห์หลักการเป็นความสามารถที่จะจับเค้าเงื่อนของเรื่องราวนั้นว่ายึดหลักการใด มีเทคนิค หรือยึดหลักปรัชญาใด อาศัยหลักการใดเป็นสื่อสารสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจ ตัวอย่างคำถาม เช่น โคลง ฉันท์ กาพย์ กลอน มีหลักการใดที่ร่วมกัน คำตอบ คือ สัมผัสนอก

ทิศนา แขมมณี (2544, หน้า 6) ได้กล่าวถึงการวัดการคิดวิเคราะห์นั้นต้องวัดทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

1. การวิเคราะห์หลักการ คือความสามารถในการกำหนดเกณฑ์ในการจำแนกข้อมูล

2. การวิเคราะห์เนื้อหา คือความสามารถในการแยกข้อมูล เนื้อเรื่องได้ตามหลักเกณฑ์

3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบ

สมนึก ภัททิยธนี (2546) ได้กล่าวถึง การวัดผลการเรียนการสอนด้านพุทธพิสัย (Cognitive damain) ซึ่งจำแนกโดยบลูม (Bloom) และคณะ เพื่อวัดการคิดวิเคราะห์รายละเอียดของพฤติกรรมด้านการคิดวิเคราะห์ แยกเป็น การวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึงการพิจารณาส่วนที่เป็นหัวใจหรือข้อความที่สำคัญที่สุดของโจทย์ที่ซับซ้อน ไม่ได้อยู่ในแบบฝึกหัดเพื่อจะเป็นแนวทางในการหาคำตอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถในการโยงส่วนต่าง ๆ ของโจทย์ที่เกี่ยวข้องกันอย่างสมเหตุสมผล เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา หรือหาคำตอบ การวิเคราะห์หลักการ หมายถึง การพิจารณาส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญของโจทย์ว่าควรอาศัยกฎ ทฤษฎีใดเป็นหลักการในการหาคำตอบ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2544, หน้า 13-21) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดมีหลายวิธี แยกได้ 2 ประเภท คือ

1. แนวทางของนักวัดกลุ่มจิตมิติ (Psychometrics) เป็นแนวทางของกลุ่มนักวัดทางการศึกษาและนักจิตวิทยาที่พยายามศึกษาและวัดคุณลักษณะภายในของมนุษย์มาเกือบศตวรรษแล้ว เริ่มจากการศึกษาและวัดเชาวน์ปัญญาศึกษาโครงสร้างทางสมองของมนุษย์มาด้วยความเชื่อว่า มีลักษณะเป็นองค์ประกอบและมีระดับความสามารถแตกต่างกันในแต่ละคน ซึ่งสามารถวัดได้โดย

การใช้แบบทดสอบมาตรฐาน ต่อมาได้ขยายแนวความคิดของการวัดความสามารถทางสมองสู่การวัดผลสัมฤทธิ์บุคลิกภาพ ความถนัดและความสามารถในด้านต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการคิด

2. แนวทางของการวัดจากการปฏิบัติจริง (Authentic performance measurement) แนวทางการวัดนี้เป็นทางเลือกใหม่ ที่เสนอโดยกลุ่มนักวัดการเรียนรู้ในบริบทที่เป็นธรรมชาติ โดยเน้นการวัดจากการปฏิบัติในชีวิตจริงหรือคล้ายจริงที่มีคุณค่าต่อตัวผู้ปฏิบัติ มิติของการใช้กระบวนการคิดในการปฏิบัติงาน ความร่วมมือในการแก้ไขปัญหาและการประเมินตนเองเทคนิคการวัดใช้การสังเกตงานที่ปฏิบัติ จากการเขียนเรียงความ การแก้ปัญหาในสถานการณ์เหมือนโลกแห่งความจริงและการรวบรวมงานในแฟ้มสะสมงาน หรือพัฒนางาน การวัดความสามารถในการติดตามแนวทางนักวัดกลุ่มจิตมิติ ส่วนใหญ่สนใจการวัดความสามารถในการ คิดอย่างมีวิจารญาณ

ลักษณะแบบวัดการคิดวิเคราะห์

1. ประเมินการคิดวิเคราะห์ที่อยู่ในการเรียนการสอนปกติและงานการจัดกิจกรรม ประเมินการคิดวิเคราะห์ที่อยู่ในการเรียนการสอนปกติและงานการจัดกิจกรรม เช่น การประเมินจากการทำงาน จากการทำโครงงานของผู้เรียน การประเมินใช้ประเมินตามสภาพความเป็นจริงโดยใช้ไปพร้อมกับการสอนหรือทำกิจกรรม ผู้เรียนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์จะสามารถทำความเข้าใจกับงานที่ได้รับและสามารถจำแนกแยกแยะออกเป็นงานย่อยหรือองค์ประกอบย่อยได้ สามารถสรุปและประยุกต์ในสิ่งที่ตนศึกษาได้ ประเมินจากกิจกรรมด้านการคิดวิเคราะห์ที่ผู้เรียนทำ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน ช่วยให้รู้ว่าสิ่งใดที่ตนเองมีความสามารถและสิ่งใดที่ยังต้องพัฒนาต่อไป

2. การประเมินการคิดวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือหรือแบบทดสอบประเมินการคิดวิเคราะห์โดยเฉพาะการประเมินแบบนี้จำเป็นต้องมีการสร้างแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์โดยเฉพาะ

2.1 หลักการและขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ของบุคคล ผู้สร้างเครื่องมือจะต้องมีความรอบรู้ในแนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวกับ “การคิด” เพื่อนำมาเป็นกรอบหรือโครงสร้างของการคิดเมื่อกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบของการคิดจะทำให้ตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะที่เป็นรูปธรรม ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้างหรือองค์ประกอบของการคิดจากนั้นจึงเขียนข้อความตามตัวชี้วัดหรือลักษณะของพฤติกรรมแต่ละองค์ประกอบของการคิดนั้น ๆ

2.2 การพัฒนาแบบทดสอบทางความคิดมีขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญดังนี้

2.2.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ คือการกำหนดจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้สร้างแบบทดสอบรู้ว่าจะนำแบบทดสอบไปใช้วัดความสามารถทางการคิดทั่ว ๆ ไปหรือวัดเฉพาะรายวิชา

2.2.2 กำหนดกรอบของการทดสอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของการคิดวิเคราะห์ ผู้พัฒนาแบบทดสอบควรมีการศึกษาเอกสารหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับความสามารถตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว

2.2.3 สร้างผังข้อสอบ เป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดความสามารถทางการคิดที่ต้องการสร้างว่าต้องการให้มีความครอบคลุมโครงสร้างหรือองค์ประกอบใดบ้างและกำหนดความสำคัญของแต่ละส่วนมากน้อยเพียงใด

2.2.4 เขียนข้อสอบกำหนดรูปแบบของการเขียนข้อสอบ ตัวคำถาม คำตอบ และวิธีการตรวจให้คะแนนจากนั้นลงมือร่างข้อสอบตามผังข้อสอบที่กำหนดไว้ให้ครบตามองค์ประกอบที่ตั้งไว้ ตรวจสอบความชัดเจนของภาษาโดยผู้เขียนข้อสอบเองและผู้ตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญในการสร้างข้อสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

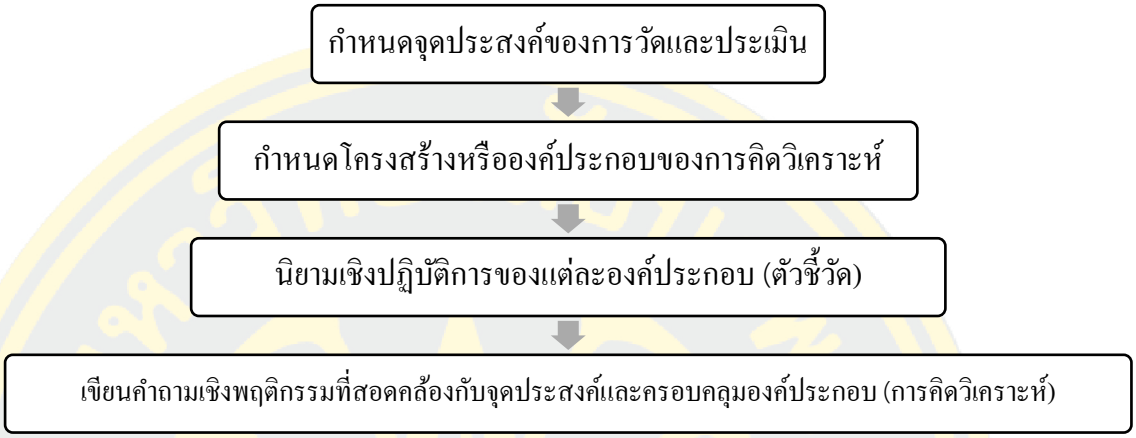
2.2.5 นำแบบทดสอบไปทดลองวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบเป็นรายข้อในด้านความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) เพื่อคัดเลือกแบบทดสอบที่มีความยากง่ายและอำนาจจำแนกที่เหมาะสมและปรับปรุงข้อสอบที่ไม่เหมาะสม

2.2.6 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้จริง

3. ประเมินการคิดวิเคราะห์จากการบูรณาการตัวชี้วัดของการคิดวิเคราะห์ร่วมกับการประเมินผลในรายวิชาอื่น โดยสามารถประเมินการคิดเข้ากับแต่ละวิชาได้หมดและไม่ต้องแยกประเมินการคิดวิเคราะห์ออกมาโดยเฉพาะ และเป็นการสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเข้ากับวิชาต่าง ๆ หรือกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เรียนลักษณะเครื่องมือประเมินที่ต้องมีตัวชีวัดหรือวัตถุประสงค์การประเมินพฤติกรรมด้านการคิดวิเคราะห์ที่อยู่ในวัตถุประสงค์ของแต่ละวิชาด้วย

จากการศึกษาหลักการและขั้นตอนการประเมินผลการคิดวิเคราะห์ สรุปได้ว่า ผู้สร้างแบบวัดควรคำนึงถึงความเหมาะสมของการนำไปใช้ในการวัดเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการวัดอย่างแท้จริง ในการสร้างแบบวัดการคิดวิเคราะห์ผู้สร้างจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับการคิด เพื่อนำมาเป็นข้อกำหนดของโครงสร้างหรือองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์และ

สามารถกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบเพื่อทำให้ได้ตัวชี้วัดหรือลักษณะเชิงพฤติกรรมที่เหมาะสม โดยงานวิจัยชิ้นนี้ใช้การสร้างแบบทดสอบเพื่อให้ใช้การประเมินผลการคิดวิเคราะห์โดยมีขั้นตอนตามแผนภาพดังนี้



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการวัดและประเมินทักษะการคิดวิเคราะห์

นอกจากนี้ยังมีแนวคิดของนักวิชาการ เช่น แบบวัดการคิดวิเคราะห์ตามแนวทางของมหาวิทยาลัยแคมบริดส์ ได้กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์เป็นพื้นฐานในการศึกษาและนำไปใช้ในการแสดงมุมมองของบุคคล นักประวัติศาสตร์ใช้ทักษะนี้เมื่อต้องบันทึกเหตุการณ์ในอดีต นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้เหตุผลกับสิ่งที่ค้นพบในการทดลอง อย่างไรก็ตามประเด็นหลักก็คือความเข้าใจในสิ่งที่ต้องการนำเสนอที่ตรงกันระหว่างผู้สื่อสารและผู้รับสารซึ่งทักษะทั้งสองชนิดมีความสำคัญต่อการศึกษาอย่างมาก ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบความสามารถด้านการคิดทั้งสองชนิด แบบประเมินทักษะทางการคิด (TSA) ของมหาวิทยาลัยแคมบริดส์เป็นข้อคำถามชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ภายในเวลา 90 นาที ถ้าตอบผิดไม่มีการหักคะแนน แบบประเมินมีข้อคำถามที่เป็นการแก้ปัญหาจำนวน 25 ข้อ และคิดวิเคราะห์จำนวน 25 ข้อคำถามด้านการคิดวิเคราะห์จะมีข้อความกำหนดให้อ่านสั้น ๆ แล้วตอบคำถามเกี่ยวกับข้อความนั้น (ปรีดาวรรณ อ่อนนางใย, 2555)

พัชรี อุปปะ (2556) ได้ทำการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดการคิดวิเคราะห์โดยประกอบด้วยการคิดวิเคราะห์ด้านความสำคัญ ความสัมพันธ์ และด้านหลักการ โดยแบบวัดมีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ หากตอบถูกจะได้ 1 คะแนนและถ้าตอบผิดจะได้ 0 คะแนน

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบวัดการคิดวิเคราะห์ตามรูปแบบของบลูม โดยมีองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการ

วิเคราะห์เชิงหลักการ โดยมีรูปแบบแบบวัดการคิดวิเคราะห์เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกโดยใช้ข้อมูลเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานเรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น มาใช้ในการสร้างสถานการณ์ข้อคำถาม และมีเกณฑ์การให้คะแนนคือ หากเลือกคำตอบที่ถูกต้องจะได้ 1 คะแนนแต่หากตอบผิดจะได้ 0 คะแนน โดยมีจำนวนข้อสอบ 60 ข้อและใช้จริงจำนวน 30 ข้อ

ความคิดสร้างสรรค์

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

Anderson (1970, pp. 90-93) ระบุว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแก้ปัญหา ด้วยการคิดอย่างลึกซึ้งที่นอกเหนือไปจากการคิดอย่างปกติธรรมดาเป็นลักษณะในตัวบุคคลที่สามารถจะคิดได้หลายแง่ หลายมุม ผสมผสานจนได้ผลผลิตใหม่ที่ถูกต้องสมบูรณ์กว่า

Torrance (1962, p. 16) ระบุว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดสร้างสรรค์ผลิตผล หรือสิ่งแปลกใหม่ ที่ไม่รู้จักมาก่อน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ อาจจะเกิดจากการรวบรวมเอาความรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากประสบการณ์แล้วรวบรวมความคิดเป็นสมมติฐานจากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานแล้วรายงานผลที่ได้จากการค้นพบ

Guilford (1967, p. 62) ระบุว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) คือ ความคิดหลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม คิดได้กว้างไกล ลักษณะการคิดเหล่านี้จะนำไปสู่การประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ รวมทั้งการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาให้สำเร็จด้วย ความคิดอเนกนัยนี้ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคล่องในการคิด (Fluency) ความหยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration)

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2523, หน้า 4) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึงความสามารถในการผลิตและกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เป็นประโยชน์และแปลกใหม่จากความคิด หรือการกระทำของคนอื่นอย่างที่ไม่คาดคิดมาก่อน

สมศักดิ์ ภู่วิวรรธน์ (2537, หน้า 56) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ 2 ลักษณะ คือความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่สลับซับซ้อน ยากแก่การให้คำจำกัดความที่แน่นอนตายตัวและถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงผลงาน ผลงานนั้นต้องแปลกใหม่และมีคุณค่า

กล่าวคือ ใช้ได้โดยมีคนยอมรับ ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงกระบวนการคือการเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งของหรือความคิดที่มีความแตกต่างกันมากเข้าด้วยกัน ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์เชิงบุคคล บุคคลนั้นต้องเป็นคนที่มีความแปลก เป็นตัวของตัวเอง เป็นผู้ที่มีความคิดคล่อง มีความยืดหยุ่น และสามารถให้รายละเอียดในความคิดนั้น ๆ ได้

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560, หน้า 171-181) ระบุไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลที่คิดหลากหลายทิศทาง หลายแง่มุมโดยนำประสบการณ์ที่ผ่านมาของตนเองมาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ ๆ ทำให้เกิดความคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อบุคคลนั้น ต้องเป็นคนกล้าคิด ไม่กลัวถูกวิพากษ์วิจารณ์ และมีอิสระทางความคิด

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการคิดที่หลากหลาย มีการนำความรู้จากประสบการณ์ของตนเชื่อมโยงกับประสบการใหม่ ๆ จากนั้นเกิดเป็นการคิดสร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่ มีคุณค่า และเป็นประโยชน์

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

องค์ประกอบของความคิกสร้างสรรค์ที่มีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ และสามารถนำมาปรับใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีแนวคิดจากนักวิชาการดังนี้

ทอร์แรนซ์ (Torrance, 1965 อ้างถึงใน ดิลก ดิลกานนท์, 2534 หน้า 36-37) แบ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ดังต่อไปนี้

1. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่ม เกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลง และประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้น เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก ต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิด กล้าลอง เพื่อทดสอบความคิดของตน บ่อยครั้งต้องอาศัยความคิด จินตนาการ หรือที่เรียกว่า ความคิดจินตนาการประยุกต์ คือ ไม่ใช่คิดเพียงอย่างเดียว แต่จำเป็นต้องคิดสร้างสรรค์ และหาทางทำให้เกิดผลงานด้วย ความคิดริเริ่มนั้นสามารถอธิบายได้ตามลักษณะดังนี้คือ

1.1 ลักษณะทางกระบวนการ คือ เป็นกระบวนการคิด และสามารถแตกความคิดจากของเดิมไปสู่ความคิดแปลกใหม่ ที่ไม่ซ้ำซ้อนกับของเดิม

1.2 ลักษณะของบุคคล คือ บุคคลที่มีความคิดริเริ่ม จะเป็นบุคคลที่มีเอกลักษณ์ของตนเองเชื่อมั่นในตนเอง กล้าคิด กล้าลอง กล้าแสดงออก ไม่ขลาดกลัวต่อความไม่แน่นอน หรือ

คลุมเครือ แต่เต็มใจและยินดีที่จะเผชิญและเสี่ยงกับสภาพการณ์ดังกล่าว บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นบุคคลที่มีสุขภาพจิตดีด้วย

1.3 ลักษณะทางผลิตผล ผลงานที่เกิดจากความคิดริเริ่มจึงเป็นงานที่แปลกใหม่ ไม่เคยปรากฏมาก่อน มีคุณค่าทั้งต่อตนเอง และเป็นประโยชน์ต่อสังคมส่วนรวม คุณค่าของงานจึงมีตั้งแต่ระดับต้น เช่น ผลงานที่เกิดจากความต้องการแสดงความคิดอย่างอิสระ ซึ่งเกิดจากแรงจูงใจของตนเอง ทำเพื่อสนองความต้องการของตนเองโดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของงานและค่อย ๆ พัฒนาขึ้นโดยเพิ่มทักษะบางอย่าง ต่อมาจึงเป็นขั้นงานประดิษฐ์ ซึ่งเป็นสิ่งที่คิดค้นใหม่ ไม่ซ้ำกับใคร นอกจากนั้นก็พัฒนางานประดิษฐ์ให้ดีขึ้นจนเป็นขั้นสูงสุด

2. ความคล่องในการคิด หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้ อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีคา ตอบในปริมาณที่มากในเวลาจำกัด ความคิดคล่องสามารถ แบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

2.1 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำซึ่งเป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่วนั่นเอง

2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการโยงสัมพันธ์ เป็นความสามารถที่คิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลากำหนด

2.3 ความคล่องแคล่วทางด้านการแสดงออก เป็นความสามารถ ในการใช้วลีหรือประโยค คือความสามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคล่องแคล่วในการคิด เป็นความสามารถที่จะคิดสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เป็นความสามารถอันดับแรกในการที่จะพยายามเลือกเฟ้นให้ได้ความคิด ที่ดีและเหมาะสมที่สุด จึงจำเป็นต้องคิดออกมาให้ได้มากหลายอย่างและแตกต่างกัน แล้วจึงนำเอาความคิดที่ได้ทั้งหมดมาพิจารณาแต่ละอย่างเปรียบเทียบกันว่าความคิดอันใดจะเป็นความคิดที่ดีที่สุด

3. ความยืดหยุ่นในการคิด หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทางแบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายอย่างอย่างอิสระ

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง เป็นความสามารถที่จะคิดได้หลากหลายและสามารถคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้

4. ความคิดละเอียดลออ คือ ความคิดในรายละเอียด เพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นยิ่งในการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จ

Guilford (1967, p. 389) ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกันกับความคิดของคนอื่น และแตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการคิดจากเดิมที่มีอยู่แล้วให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น หรือสามารถพลิกแพลงให้กลายเป็นสิ่งที่ไม่เคยคาดคิด ความคิดริเริ่มอาจเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรุงแต่งผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่ ความคิดริเริ่มมีหลายระดับซึ่งอาจเป็นความคิดครั้งแรกที่เกิดขึ้นโดยไม่มีใครสอนแม้ความคิดนั้นจะมีผู้อื่นคิดไว้ก่อนแล้วก็ตาม

2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.1 ความคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word fluency) เป็นความสามารถใน การใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการ โยงสัมพันธ์ (Associational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

2.3 ความคล่องแคล่วทางด้านการแสดงออก (Expression fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค กล่าวคือ สามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคล่องแคล่วในการคิด (Ideational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดค้นสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เช่น ใช้คิดหาประโยชน์ของก้อนอิฐให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนดซึ่งอาจเป็น 5 นาที หรือ 10 นาที

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของการคิดแบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ ตัวอย่างของคนที่มีความคิดยืดหยุ่นในด้านนี้จะคิดได้ว่าประโยชน์ของหนังสือพิมพ์มีอะไรบ้าง ความคิดของผู้ที่ยืดหยุ่นสามารถจัดกลุ่มได้หลายทิศทางหรือหลายด้าน เช่น เพื่อรู้ข่าวสาร เพื่อโฆษณาสินค้า เพื่อธุรกิจ ฯลฯ ในขณะที่คนที่ไม่มีความคิดสร้างสรรค์จะคิดได้เพียงทิศทางเดียว คือ เพื่อรู้ข่าวสาร เท่านั้น

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (Adaptive flexibility) หมายถึง ความสามารถในการดัดแปลงความรู้ หรือประสบการณให้เกิดประโยชน์หลายๆ ด้าน ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา ผู้ที่มีความยืดหยุ่นจะคิดดัดแปลงได้ไม่ซ้ำกัน

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น ความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่ง ขยายความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์ขึ้น

อารี รังสินันท์ (2527, หน้า 24-34) อธิบายองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้โดยสรุปดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างความคิดธรรมดาหรือความคิดง่ายๆ ความคิดริเริ่มที่เรียกว่า Wild idea เป็นความคิดที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ความคิดริเริ่มเป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก เป็นความคิดที่จาเป็นต้องอาศัยจินตนาการผสมกับเหตุผลแล้วหาทางทำให้เกิดผลงาน ผู้ที่มีความคิดริเริ่มเป็นคนกล้าคิด กล้าแสดงออก พร้อมทั้งกับทดลอง ทดสอบความคิดนั้นอยู่เสมอ

2. ความคล่องตัว หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันเมื่อตอบปัญหาเรื่องเดียวกันความคล่องในการคิดนี้มีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาหลายๆ วิธี และต้องการนำวิธีการเหล่านั้นมาทดลองจนกว่าจะพบวิธีการที่ถูกต้อง

3. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ประเภท หรือแบบของความคิด แบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่น ที่เกิดขึ้นทันที เป็นความสามารถในการคิดอย่างอิสระให้ได้คำตอบหลายแนวทางในขณะที่คนทั่วไปจะคิดได้แนวทางเดียว

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง เป็นความสามารถในการดัดแปลง ของสิ่งเดียวให้เกิดประโยชน์หลายด้าน

4. ความคิดละเอียดลออ เป็นลักษณะของความพยายามในการใช้ความคิด และประสานความคิดต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดความสำเร็จ

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ได้ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับความคิดของบุคคลอื่นและแตกต่างจากความคิดธรรมดา

2. ความคิดคล่องตัว (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถที่จะคิดได้อย่างหลากหลายและอิสระ สามารถดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ มาใช้ในการคิดดัดแปลงให้ไม่ซ้ำกัน

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพที่ชัดเจน หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้องค์ประกอบของทอร์แรนซ์ โดยให้มีองค์ประกอบ 4 ด้านของความคิดสร้างสรรค์ได้แก่

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับความคิดของบุคคลอื่นและแตกต่างจากความคิดธรรมดา

2. ความคิดคล่องตัว (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถที่จะคิดได้อย่างหลากหลายและอิสระ สามารถดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ มาใช้ในการคิดดัดแปลงให้ไม่ซ้ำกัน

4. ความคิดละเอียดลออ (elaboration) คือ ความคิดในรายละเอียด เพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นยิ่งในการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จ

การวัดความคิดสร้างสรรค์

การวัดความคิดสร้างสรรค์ ไม่เพียงแค่ทำให้ทราบระดับความคิดสร้างสรรค์ของเด็กเท่านั้น ยังเป็นข้อมูลในการจัดการเรียนการสอนและกิจกรรมให้มีความสอดคล้องเพื่อให้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กให้สูงยิ่งขึ้นเท่านั้น แต่ยังสามารถสกัดกั้นอุปสรรคต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กได้ผลสมบูรณ์ขึ้น อารี พันธ์มณี (2537, หน้า 41-42) ได้สรุปถึงวิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การสังเกต หมายถึง การสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกเชิงสร้างสรรค์จากความคิดจินตนาการ การเล่น การปฏิบัติกิจกรรม การทดลอง การปรับปรุงและตกแต่งสิ่งต่าง ๆ การแสดงละคร การให้คำอธิบายหรือบรรยายสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนการคิดเกมใหม่ ๆ โดยสังเกตความสามารถในการใช้เวลาให้เป็นประโยชน์โดยปราศจากสิ่งเร้า นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้ไกลเกินกว่าที่ได้รับมอบหมายด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ มีความกล้าที่จะทดลอง กล้าเสี่ยง

2. การวาดภาพ หมายถึง การให้เด็กวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดเป็นการถ่ายทอดความคิดเชิงสร้างสรรค์ออกมาเป็นรูปธรรมและสามารถสื่อความหมายได้ สิ่งเร้าอาจเป็นรูปวงกลมหรือ

สี่เหลี่ยม แล้วให้เด็กวาดภาพเติมต่อตามจินตนาการ โดยพิจารณาในแง่ของแนวคิดที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร และมีความละเอียดลออในการตกแต่งภาพ

3. รอยหยดหมึก หมายถึง การให้เด็กดูภาพลอยหยดหมึกแล้วคิดหาคำตอบจากภาพที่เห็นโดยอิสระว่าเป็นภาพอะไรซึ่งมักมีการใช้กับเด็กประถม พิจารณาให้คะแนนจากจินตนาการ อารมณ์ความรู้สึก และความสามารถในการรับรู้ต่อรอยหมึกนั้น

4. การเขียนเรียงความและงานศิลปะ หมายถึง การให้เด็กเขียนเรียงความจากหัวข้อที่กำหนด ซึ่งเป็นเรื่องที่คาดไม่ถึง เช่น กำหนดให้เขียนเรื่อง "ครูที่ไม่พูด" และประเมินจากงานศิลปะของนักเรียน แล้ววัดความคิดแปลกใหม่ ความคิดจินตนาการ อารมณ์ขันจากสิ่งที่เขียนแสดงออกมา

5. แบบทดสอบ หมายถึง การให้เด็กทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์มาตรฐานซึ่งเป็นผลมาจากการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีทั้งแบบทดสอบที่ใช้ภาษาเป็นสื่อ เพื่อให้เด็กแสดงออกเชิงความคิดสร้างสรรค์ โดยมีการกำหนดเวลาในการทำด้วย

กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ (2539) ระบุว่าสามารถทำการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ ซึ่งที่นิยมใช้กันมี 3 วิธีการ ดังนี้

1. การสังเกตพฤติกรรม การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นสามารถกระทำได้ 2 ลักษณะคือ แบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมิน ทั้งนี้อาจสังเกตจากความคิดหรือจินตนาการ การเล่น การปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การปรับปรุง และตกแต่งสิ่งต่าง ๆ การแสดงละคร การให้คำอธิบายหรือบรรยายสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนการคิดเกมใหม่ ๆ โดยนักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้เกินกว่าที่ได้รับมอบหมายด้วยวิธีการแปลกใหม่ แสดงลักษณะที่กล้าทดลอง กล้าเสี่ยง

2. การตรวจคุณภาพของผลงาน การตรวจสอบคุณภาพของผลงานเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจะพิจารณาจากคุณภาพของผลงานที่นักเรียนจัดทำขึ้น ทั้งนี้ควรพิจารณาจากผลงานหลาย ๆ ชิ้นต่อเนื่องกันจะดีกว่าการพิจารณาจากผลงานเพียงชิ้นเดียว และหากได้พิจารณาจากงานในแฟ้มสะสมงานที่จัดทำมาตลอดภาคเรียนก็จะทำให้สามารถประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้อย่างเที่ยงตรงและเชื่อมั่นได้ แต่อย่างไรก็ตามการตรวจสอบคุณภาพของผลงานนี้จำเป็นต้องมีเกณฑ์ในการให้คะแนนที่ชัดเจน โดยอาจใช้วิธีการที่เรียกว่า รูบริค (rubric) และหากมีผู้ประเมินมากกว่า 1 คนก็จะยิ่งดี

3. การใช้แบบทดสอบ การวัดความคิดสร้างสรรค์โดยใช้แบบทดสอบนั้น แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์จะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ ซึ่ง สมศักดิ์ ภู่วิวรรธน์ (2537)

ได้ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างแบบทดสอบวัดสติปัญญากับแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ว่าแบบทดสอบวัดสติปัญญานั้นเป็นการวัดเกี่ยวกับความสามารถในการหาคำตอบที่ถูกต้องเหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหา ดังนั้นจึงมีคาตอบที่ถูกหรือผิดสำหรับปัญหาแต่ละข้อ แต่แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นเกี่ยวข้องกับความสามารถในการหาคำตอบที่แปลก ไม่ซ้ำแบบใครและมีคุณค่าให้ได้หลาย ๆ คำตอบหรือสามารถคิดได้หลาย ๆ ทาง ดังนั้นสำหรับข้อคำถามแต่ละข้อคำตอบที่เป็นไปได้จึงอาจมีหลายอย่าง การสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์จึงค่อนข้างยาก นอกจากนี้เกณฑ์การให้คะแนนก็ค่อนข้างยากเช่นกัน อนึ่งทอแรนซ์ (Torrance, 1969 อ้างถึงใน กมล ชูสมัย, 2528, หน้า 17) ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ว่าการวัดความคิดสร้างสรรค์ส่วนมากจะพิจารณาถึงด้านผลผลิตมากกว่ากระบวนการ

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ได้รับความเชื่อถือและจะถูกนำมาใช้อ้างอิงหรือดัดแปลงเพื่อใช้กับนักเรียนมี 2 กลุ่ม คือ

1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด (Guilford, 1967 อ้างถึงใน สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์, 2537) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 3 ชุด จำนวน 11 ฉบับ โดยแบ่งออกเป็นด้านภาษาเขียน 7 ฉบับ ด้านรูปภาพ 3 ฉบับ และโจทย์ปัญหา 1 ฉบับ แบบทดสอบนี้เหมาะกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาหรือสูงกว่า ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด

แบบทดสอบ	ข้อคำถาม
1. แบบทดสอบด้านภาษาเขียน (7 ฉบับ)	ฉบับที่ 1 ความคล่องแคล่วในการใช้สัญลักษณ์ (DSU) เช่น ให้เขียนคำที่ประกอบด้วยอักษรที่กำหนดให้ ฉบับที่ 2 ความคล่องแคล่วทางความคิด (DMU) เช่น ให้เขียนชื่อสิ่งของพวกเดียวกันของเหลวที่เป็นเชื้อเพลิง ฉบับที่ 3 ความคล่องแคล่วด้านเชื่อมโยง (DMR) เช่น ให้เขียนคำที่มีความหมายคล้ายคลึงกัน ฉบับที่ 4 ความคล่องแคล่วในการแสดงออก (DMS) เช่น เขียนประโยคประกอบคำ 4 คำ ในแต่ละคำให้เริ่มต้นด้วยอักษรที่กำหนดให้ ฉบับที่ 5 การใช้ประโยชน์อย่างอื่น (DMT) เช่น ผ้าขาวมักใช้ทำอะไรได้บ้าง ฉบับที่ 6 การสรุปผล (DBI, DBC) เช่น ถ้าคนไม่พูดจะเกิดอะไรได้บ้าง ฉบับที่ 7 ประเภทงานอาชีพ (DMI) เช่น บอกชื่อของงานอาชีพต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับคำที่กำหนดให้ เช่น หลอดไฟฟ้าวิศวกรไฟฟ้า เจ้าของโรงงานทาหลอดไฟฟ้า เป็นต้น
2. แบบทดสอบด้านรูปภาพ (3 ฉบับ)	ฉบับที่ 8 การวาดรูป (DFS) เช่น ให้วาดรูปสิ่งของเฉพาะโดยใช้เซตของรูปที่กำหนดให้ เช่น รูปสี่เหลี่ยม โดยวาดซ้ำได้ เปลี่ยนขนาดได้ แต่ห้ามนำอย่างอื่นมาหรือเพิ่มเข้ามา ฉบับที่ 9 การวาดรูป (DFU) เช่น ให้ต่อเติมเป็นรูปให้สมบูรณ์ ฉบับที่ 10 การตกแต่ง (DFI) เช่น ให้ตกแต่งภาพที่ร่างเอาไว้ด้วยแบบที่แตกต่างกันหลาย ๆ แบบ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

แบบทดสอบ	ข้อคำถาม
3. แบบทดสอบด้านโจทย์ปัญหา (1 ฉบับ)	ฉบับที่ 11 การแก้ปัญหา (DFE) เช่น แก้ปัญหาไม้ขีดไฟโดยการย้ายออกหรือย้ายให้มีรูปร่างใหม่

เนื่องจาก Guilford เป็นนักจิตวิทยากลุ่มจิตมิติที่มุ่งเน้นอธิบายโครงสร้างทางสติปัญญาว่าความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยองค์ประกอบทางสติปัญญามิติใดบ้าง มากกว่าการพยายามอธิบายการเกิดและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ แต่ทฤษฎีนี้ก็เป็นแนวทางให้ทอแรนซ์พัฒนาทฤษฎีขึ้นมาในลักษณะที่เป็นการสร้างแบบวัด ชุดการสอน ที่สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติได้

2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ (Anastasi, 1988, pp. 355-370) ได้สร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์มีชื่อว่า MTCT (Minnesota test of creative thinking) ต่อมาใช้ชื่อว่า TTCT (Torrance test of creative thinking) ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ได้หลายระดับอายุ โดยแบบทดสอบฉบับดังกล่าวจะแบ่งออกเป็น 3 ฉบับย่อย ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์

ฉบับย่อยที่	ข้อคำถาม
1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ มี 7 กิจกรรม	1. เขียนทุกคำถามที่เขาจำเป็นต้องถามเพื่อค้นหาว่าเกิดอะไรขึ้น 2. เขียนสาเหตุที่เป็นไปได้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น 3. เขียนผลที่เป็นไปได้ของเหตุการณ์ 4. เขียนวิธีการปรับปรุงเครื่องเล่น เพื่อให้เด็กได้เล่นอย่างสนุกสนานยิ่งขึ้น 5. เขียนประโยชน์พิเศษของสิ่งของที่กำหนดให้ เช่นเดียวกับแบบทดสอบการใช้ประโยชน์ของกิลฟอร์ด
	6. เขียนคำถามทั้งหมดที่อาจถามเกี่ยวกับสิ่งของสิ่งเดียวกัน 7. เขียนเหตุการณ์ทั้งหมดที่อาจเป็นไปได้ ถ้าสภาพการณ์ที่กำหนดให้เกิดขึ้นจริงเช่นเดียวกับแบบทดสอบการสรุปผลลัพธ์ของกิลฟอร์ด
2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพเป็นสื่อ มี 3 กิจกรรม	1. การสร้างรูปภาพ ให้ผู้สอบลอกกระดาษสี แล้วติดลงบนแผ่นกระดาษใหม่ วาดภาพเพิ่มเติมให้เป็นภาพที่ไม่มีใครนึกถึง เสร็จแล้วตั้งชื่อและเล่าเรื่องที่น่าสนใจตื่นเต้น 2. การต่อเติมรูปให้สมบูรณ์ เป็นการต่อเส้นให้กับรูปที่ไม่สมบูรณ์หรืออาจเพิ่มเติมเป็นรูปภาพที่ไม่มีใครนึกถึงเสร็จแล้วตั้งชื่อและเล่าเรื่องในแต่ละภาพ 3. เส้นกำหนดเส้นคู่ขนานสั้น ๆ แล้วให้สร้างรูปเพิ่มเติมให้มากที่สุด
3. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้วยเสียงและคำ มี 2 กิจกรรม	1. ให้นักเรียนฟังจากเครื่องบันทึกเสียง 2. เขียนความสัมพันธ์ของเสียงในแต่ละครั้ง

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์มี ดังนี้

ฉบับย่อยที่ 1 มี 7 กิจกรรม โดยจะตรวจให้คะแนนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ในด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

ฉบับย่อยที่ 2 มี 3 กิจกรรม โดยจะตรวจให้คะแนนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ในด้านความคิดคล่อง ความยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความละเอียดลออ

ฉบับย่อยที่ 3 มี 2 กิจกรรม โดยจะตรวจให้คะแนนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ในด้านความคิดริเริ่ม

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ที่เป็นแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อซึ่งจะวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้านได้แก่ ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

การตรวจให้คะแนนของข้อคำถามของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์จะแตกต่างจากข้อคำถามของแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ กล่าวคือข้อคำถามวัดความคิดสร้างสรรค์จะไม่มีคำตอบถูกหรือผิด แต่การได้คะแนนจะขึ้นอยู่กับจำนวนคำตอบตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด ดังนั้นนักเรียนจึงต้องเขียนคำตอบให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ และเพื่อให้เป็นแนวทางในการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ได้สอดคล้องตรงกัน จึงได้มีการกำหนดเกณฑ์ มาตรฐานในการตรวจให้คะแนนไว้โดยจะตรวจให้คะแนน 4 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ดังนี้

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาทอแรนซ์ได้แบ่งการให้คะแนนออกเป็น 3 ด้าน (อับดุลยามีน หะยีขาเดร์, 2560) คือ

1. คะแนนความคิดคล่อง จะพิจารณาจากคาตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของแบบทดสอบ โดยให้คะแนนคำตอบที่เป็นไปได้คำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับคำตอบของผู้อื่นหรือไม่ (แต่ต้องไม่ซ้ำกับคำตอบของตนเอง)

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น จะพิจารณาจากจำนวนกลุ่มหรือจำนวนประเภทของคำตอบโดยนำคำตอบที่ให้คะแนนความคิดคล่องไปแล้วมาจัดกลุ่มหรือประเภท คำตอบใดเป็นคำตอบที่อยู่

ในกลุ่มหรือประเภทเดียวกัน หรือความหมายอย่างเดียวกัน ให้จัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน แล้วตรวจนับให้คะแนนตามจำนวนกลุ่มที่จัดไว้ โดยให้คะแนนกลุ่มละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม จะพิจารณาจากความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่เป็นความคิดแปลก แตกต่างไปจากนักเรียนคนอื่น ๆ ในกลุ่ม คำตอบใดที่กลุ่มตัวอย่างตอบซ้ำกันมาก ๆ ก็ให้คะแนนน้อยหรือไม่ได้เลย แต่ถ้าคำตอบยิ่งซ้ำกับคนอื่นน้อยหรือไม่ซ้ำกับคนอื่นเลยก็จะได้คะแนนมากขึ้น โดยกำหนดให้คะแนนคำตอบตามความถี่ดังนี้

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 0 – 1.99 ให้ 2 คะแนน

จำนวนของคาตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 2 – 4.99 ให้ 1 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในแต่ละข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม จากนั้นจึงหาผลรวมของคะแนนทั้ง 3 ด้านของทุกข้อคำถามจึงเป็นคะแนนความคิดสร้างสรรค์รวมของนักเรียนคนใดคนหนึ่งการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Hu and Adey (2002) ได้อิงหลักการให้คะแนนเช่นเดียวกับแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา ความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ แต่ต่างกันที่การให้คะแนนความคิดริเริ่ม ดังนี้

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดน้อยกว่าร้อยละ 5 ให้ 2 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นอยู่ระหว่างร้อยละ 5 – 10 ให้ 1 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดมากกว่าร้อยละ 10 ให้ 0 คะแนน

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ บุญรัตน์ จันทร (2558) ใช้กรอบแนวคิดของทอแรนซ์ โดยให้คะแนนดังนี้

1. ความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สอดคล้องกับคำถามทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนดโดยคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามและถูกต้องจะได้คำตอบละ 1 คะแนน ถ้าคำตอบนั้นซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่ให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 10 คะแนนขึ้นไป จะได้ 4 คะแนน

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 7 - 9 คะแนน จะได้ 3 คะแนน

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 4 - 6 คะแนน จะได้ 2 คะแนน

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 1 - 3 คะแนน จะได้ 1 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามโดยคำตอบที่นักเรียนตอบนั้นจะถูกนำมาจัดกลุ่มคาตอบที่มีทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกัน โดยนักเรียนที่มีคำตอบแบบหลากหลายกลุ่ม คำตอบจะได้กลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

จัดกลุ่มคำตอบได้มากกว่า 6 กลุ่ม จะได้ 4 คะแนน

จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 4 - 5 กลุ่ม จะได้ 3 คะแนน

จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 2 - 3 กลุ่ม จะได้ 2 คะแนน

จัดกลุ่มคำตอบได้น้อยกว่า 1 กลุ่ม จะได้ 1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่มีความแตกต่างและแปลกใหม่ซึ่งแสดงออกถึงความริเริ่มที่สอดคล้อง กับคำถาม โดยจะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้อง โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน จะได้ 4 คะแนน

คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 2 - 3 คน จะได้ 3 คะแนน

คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 4 - 6 คน จะได้ 2 คะแนน

คำตอบที่มีผู้ตอบมากกว่า 7– 9 คน จะได้ 1 คะแนน

จากการศึกษาการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยมุ่งวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบปรับตามแนวคิดของทอแรนซ์ โดยมีลักษณะข้อสอบเป็นแบบเขียนบรรยายเพื่อวัดความสามารถใน 4 ด้านและมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (Rubric) ดังนี้

1. ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงปริมาณความคิดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือสถานการณ์หนึ่งที่ไม่ซ้ำกัน

1.1 ตอบได้ตรงประเด็นถูกต้องร้อยละ 90 ขึ้นไปในเวลาที่กำหนดจะได้รับ 4 คะแนน

1.2 ตอบตรงประเด็นถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไปในเวลาที่กำหนดจะได้รับ 3 คะแนน

1.3 ตอบตรงประเด็นถูกต้องร้อยละ 50 ขึ้นไปในเวลาที่กำหนดจะได้รับ 2 คะแนน

1.4 ตอบตรงประเด็นถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50 ในเวลาที่กำหนดจะได้รับ 1 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดแล้วจัดจำแนกได้หลากหลายกลุ่มหรือประเภท

2.1 จัดลักษณะ ประเภท กลุ่มคำตอบได้อย่างหลากหลายจะได้รับ 4 คะแนน

2.2 จัดลักษณะ ประเภท กลุ่มคำตอบได้อย่างหลากหลายเป็นส่วนใหญ่จะได้รับ 3 คะแนน

2.3 จัดลักษณะ ประเภท กลุ่มคำตอบได้อย่างหลากหลายได้เป็นบางส่วนจะได้รับ 2 คะแนน

2.4 จัดลักษณะ ประเภท กลุ่มคำตอบได้อย่างไม่หลากหลายจะได้รับ 1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดที่แปลกใหม่โดยไม่ซ้ำกับความคิดที่มีอยู่ทั่วไป

3.1 คิดแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม ดัดแปลง ประยุกต์และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง จะได้รับ 4 คะแนน

3.2 คิดแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม ดัดแปลง ประยุกต์และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ จะได้รับ 3 คะแนน

3.3 คิดแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม ดัดแปลง ประยุกต์และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องเป็นบางส่วน จะได้รับ 2 คะแนน

3.4 คิดแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม ดัดแปลง ประยุกต์และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนน้อย จะได้รับ 1 คะแนน

4. ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ความคิดในรายละเอียด เพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นยิ่งในการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จ

4.1 คิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักได้ความหมายที่สมบูรณ์และถูกต้อง จะได้รับ 4 คะแนน

4.2 คิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักได้ความหมายที่สมบูรณ์ได้เป็นส่วนใหญ่ จะได้รับ 3 คะแนน

4.3 คิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักได้ความหมายที่สมบูรณ์เป็นบางส่วน จะได้รับ 2 คะแนน

4.4 คิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักได้ความหมายที่สมบูรณ์เป็นส่วนน้อย จะได้รับ 1 คะแนน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

วิไลวรรณ พงษ์ชุบ (2553) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการวิเคราะห์และทักษะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานกับแบบสืบเสาะหาความรู้ของโรงเรียนวิเศษชัยชาญ พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวสรรคนิยมเชิงสังคมร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์เฉลี่ยหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศรายุทธ ชาญนคร และคณะ (2557) ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องบรรยากาศ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น จาก 66.97 เป็น 111.5 ด้านความคิดคล่องนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น จาก 36.72 เป็น 45.67 ด้านความคิดยืดหยุ่นนักเรียนมีคะแนนเพิ่มจาก 17.39 เป็น 28.92 ด้านความคิดริเริ่มนักเรียนมี คะแนนเพิ่มจาก 12.86 เป็น 36.92

สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ และคณะ (2559) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน นักเรียนมีความสามารถ ด้านความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ความคิดและละเอียดลออ เพิ่มขึ้น แต่ความคิดคล่องแคล่วลดลงเนื่องจากการจัดกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนวาดภาพได้มากที่สุดในเวลาที่กำหนด อาจเป็นเพราะรูปนี้คิดง่าย วาดง่าย แต่ตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 รูปภาพที่นักเรียนต้องวาดอาจจะยาก แล้วนักเรียนคิดไม่ออกว่าจะวาดออกมาในรูปไหน จึงทำให้ได้รูปภาพน้อย ในเวลาที่กำหนด จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าจากจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลช่วยให้การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ดีขึ้นเนื่องจากนักเรียนได้วางแผนและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

มัถชุรี ตุนชัยภูมิ (2560) ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาความสามารถความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยให้

นักเรียนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 20.80 คิดเป็นร้อยละ 77.04 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 13 คน คิดเป็นร้อยละ 86.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ปิยวรรณ ทศกาญจน์ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่อง บ้านพยากรณ์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ชิ้นงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ความรู้ความเข้าใจวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่อง บ้านพยากรณ์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่อง บ้านพยากรณ์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ชนกานต์ โฉมงาม (2561) ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นทีมผ่านกระบวนเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนห้องเรียนวิศว์-วิทย์ (โครงการ วมว.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยได้จัดกิจกรรมเพื่อเตรียมความพร้อมในการเรียนในหลักสูตรที่มีการบูรณาการข้ามสาระวิชา หรือ story based learning นอกจากนั้นเพื่อกระตุ้นและส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และการทางานเป็นทีม ผลจากกิจกรรมพบว่า กิจกรรมลูกชุบทำให้นักเรียนได้สร้างชิ้นงาน (ลูกชุบ) ที่มีรูปร่างสีสัน แตกต่างจากขนมลูกชุบทั่วไป สำหรับกิจกรรมสร้างชิ้นงานจากกระดาษ ด้วยโจทย์ที่ให้นักเรียนออกแบบและสร้างโมเดลของกรุงเทพมหานครในอีก 100 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2658) เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนคิด จินตนาการซึ่งเป็นโจทย์เปิดที่กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยต่างประเทศ

Roehrig, Moore, Wang, and Park (2012) ได้ศึกษาการบูรณาการการสอนด้วย STEM Education ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ในการเรียนวิศวกรรมศาสตร์ สาหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ผลการศึกษาพบว่า การบูรณาการเรียน STEM Education ในการเรียนวิศวกรรมศาสตร์ในวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยวิธี Co-Teaching โดยครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สอนร่วมกันทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถด้านวิศวกรรมเพิ่มขึ้น

Ceylan and Ozdilek (2015) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือนักเรียนเกรด 8 ผลการวิจัยพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Cox, Reynolds, Schuchardt, and Schunn (2016) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การนำคณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นถึงปลาย อายุตั้งแต่ 14-18 ปี ผลการทดลองพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่เน้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา โดยให้ผู้เรียนใช้ความสามารถทางคณิตศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ในการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจมโนทัศน์ทางชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Sarican and Akgunduz (2018) ได้ศึกษาวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการเทคโนโลยีวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการคิดไตร่ตรองที่มีต่อการแก้ปัญหาและความคงทนของความรู้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและความคงทนเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า มีการใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านต่าง ๆ เช่น การพัฒนาการคิดวิเคราะห์ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การพัฒนาการแก้ปัญหา และการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ เป็นต้น ซึ่งในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีการส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการคิดวิเคราะห์และคิดสร้างสรรค์ชิ้นงาน ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการคิดวิเคราะห์ได้ดียิ่งขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาผลของการพัฒนาการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) ในการศึกษาผู้วิจัยได้แบ่งลำดับการนำเสนอวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 8 ห้อง รวม 320 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 28 คน ที่ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sample) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experiment research) ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ โดยดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลองแบบ One group pretest-posttest design ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แบบแผนการทดลองแบบ One group pretest-posttest design

กลุ่ม	ทดสอบก่อนเรียน	ทดลอง	ทดสอบหลังหลัง
E	O_1	X_1	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มทดลอง

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง (Pretest)

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง (Posttest)

X_1 แทน การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (Treatment)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น
2. แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์
3. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ตามขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงพ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.2 ศึกษาเอกสาร หนังสือ ทฤษฎี และงานวิจัย เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

1.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ จากหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม โดยกำหนดขอบข่ายเนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาใช้เวลาทั้งสิ้น 20 คาบ คาบละ 50 นาที โดยแบ่งขั้นการสอนเป็น 3 ขั้นได้แก่

1.3.1 ขั้นที่ 1 กิจกรรมการนำเข้าสู่บทเรียน โดยครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการทบทวนความรู้เดิม และกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในเนื้อหาที่เรียนและชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหา จำนวน 1 คาบ

1.3.2 ขั้นที่ 2 กิจกรรมพัฒนานักเรียน ครูจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ จำนวน 19 คาบ โดยมีรายละเอียดในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและเวลาเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

ขั้นที่	กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ผลจากการจัดกิจกรรมตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	เวลาเรียน (คาบ)
1. ระบุปัญหา	1. ครูยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนได้อ่านบทความในหัวข้อเรื่อง “"ขยะ" วายร้ายจากน้ำมือมนุษย์ ช่วยกันลดง่าย ๆ แค่ช่วยกันแยกก่อนทิ้ง” 2. ครูใช้คำถามในการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและวางแผนการแก้ปัญหาในลำดับต่อไป	วิทยาศาสตร์ (S) - ขยะ เกิดจากสิ่งของหรือเศษวัสดุเหลือใช้ในชีวิตประจำวันที่รอนำไปกำจัดทิ้ง เช่น เศษอาหาร กล่องโฟม ขวดพลาสติก กระดาษ ฯลฯ หากแยกให้ถูกวิธีก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้มากมาย ทั้งทำปุ๋ยหมัก อาหารสัตว์ รวมถึงผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า	นักเรียนจะได้ทำการวิเคราะห์สถานการณ์ที่ครูเป็นผู้ให้ และเกิดคำถามว่าควรจะทำอย่างไรหากเกิดสถานการณ์นี้	1
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1. ครูกำหนดกรอบแนวคิดเพื่อให้นักเรียนใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาภายใต้หัวข้อ “การสร้างโคมไฟจากเศษขยะ” 2. ครูกำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นก่อนการมอบหมายงานให้นักเรียน ดังนี้ 2.1 ให้นักเรียนสร้างโคมไฟจากเศษวัสดุเหลือ	วิทยาศาสตร์ (S) - ปริมาณทางไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า เกิดจากการไหลของอิเล็กตรอน มีหน่วยทางระบบ SI ว่าแอมแปร์ เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าคือแอมมิเตอร์ กระแสไฟฟ้ามี 2 ชนิดคือ	1. นักเรียนได้ฝึกการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล 2. นักเรียนได้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ในเรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น	11

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ผลจากการจัดกิจกรรมตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	เวลาเรียน (คาบ)
	ใช้ที่นักเรียนสนใจกลุ่มละ 1 ชิ้น 2.2 กำหนดเวลาในการส่งแบบจำลอง (คาบสุดท้ายของหน่วยการเรียนรู้) 3. นักเรียนสืบค้นความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าเบื้องต้นตามกิจกรรมการทดลองต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าเบื้องต้น 4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทบทวนสถานการณ์เรื่องไฟฟ้าลัดวงจรอีกครั้ง เพื่อทบทวนสถานการณ์และให้นักเรียนใช้ความรู้ที่สืบค้นมาทำการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว	1. ไฟฟ้ากระแสตรง คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลไปทางเดียวกันตลอด เช่น ไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์ไฟฟ้าเคมีและแบตเตอร์รถ 2. ไฟฟ้ากระแสสลับ คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลกลับไปกลับมาตลอดเวลา เช่น ไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือนความต่างศักย์ ระดับของปริมาณพลังงานไฟฟ้า จากจุด 2 จุด ซึ่งวัดได้ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า โวลต์มิเตอร์ มีหน่วยเป็นโวลต์ความต้านทานไฟฟ้า หมายถึงสมบัติของลวดตัวนำที่ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า วัดได้ด้วยเครื่องมือ	มากขึ้น 3. นักเรียนได้เริ่มใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการหาข้อมูลเพื่อทำโคมไฟมากขึ้น	

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ผลจากการจัดกิจกรรมตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	เวลาเรียน (คาบ)
		- กฎของโอห์ม ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้ามีมาก ความต่างศักย์ก็จะมากขึ้น และความต้านทานไฟฟ้าจะลดน้อยลง เขียนสมการได้เป็น V = IR - วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม หมายถึง การนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อเรียงลำดับกันไป - วงจรไฟฟ้าแบบขนาน หมายถึง การต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าโดยให้ปลายทั้ง 2 นของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน - พลังงานไฟฟ้า หมายถึง พลังงานที่ใช้ไป		

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ผลจากการจัดกิจกรรมตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	เวลาเรียน (คาบ)
		หรือสร้างขึ้นมาใหม่จากกำลังไฟฟ้าที่ส่งเข้าหรือส่งออกไป โดยมีความสัมพันธ์กับเวลา - อิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง การควบคุมหรือออกแบบการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า เทคโนโลยี (T) - การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง - การใช้เว็บไซต์ PHET ในการทำการทดลอง วิศวกรรมศาสตร์ (E) - ออกแบบและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด		

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ผลจากการจัดกิจกรรมตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	เวลาเรียน (คาบ)
		คณิตศาสตร์ (M) - สามารถคำนวณค่าปริมาณไฟฟ้าต่าง ๆ ตามที่กำหนดได้		
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1. ครูแจกใบกิจกรรมกลุ่ม โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการทำโคมไฟจากวัสดุเหลือใช้ จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มาให้ได้มากที่สุด จากนั้นเปรียบเทียบแต่ละวิธีการว่ามีข้อดี ข้อจำกัดใดบ้าง รวมทั้งประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการที่เลือกมาทั้งในด้านวัสดุอุปกรณ์ต้นทุน ความปลอดภัย ฯลฯ เป็นต้น	เทคโนโลยี (T) - การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง วิศวกรรมศาสตร์ (E) - ออกแบบและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด คณิตศาสตร์ (M) - การคำนวณขนาดของแบบจำลองก่อนที่จะสร้างแบบจำลองจริง	1. นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ในการออกแบบแบบจำลองโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเอง 2. นักเรียนได้ใช้คณิตศาสตร์ในการ	2

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ผลจากการจัดกิจกรรมตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	เวลาเรียน (คาบ)
	2. สมาชิกในกลุ่มลงข้อสรุปร่วมกันเพื่อเลือกมา 1 วิธีการซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการสร้างสร้างโคมไฟและให้นักเรียนเขียนแผนภาพลงในกระดาษบรู๊ฟแล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน 3. ครูสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม		คำนวณ ระยะเวลาและวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ 3. นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล 4. นักเรียนได้ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการประดิษฐ์ชิ้นงาน 5. นักเรียนได้ใช้การคิดวิเคราะห์ในการ	

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ผลจากการจัดกิจกรรมตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	เวลาเรียน (คาบ)
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1. นักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน เช่น กำหนดขั้นตอนการทำงาน การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ งบประมาณ ระยะเวลา วิธีการเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูล ฯลฯ เป็นต้น 2. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการสร้างแบบจำลองตามแผนที่กำหนด 3. ครูอำนวยความสะดวกในการจัดหาสถานที่ เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ให้พร้อม กำหนดเวลาการทำงาน รวมทั้งมีการตรวจสอบความคิดเห็นของนักเรียน เช่น การตั้งคำถามให้ผู้เรียน	เทคโนโลยี (T) - การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง วิศวกรรมศาสตร์ (E) - ออกแบบและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด คณิตศาสตร์ (M) - การคำนวณต้นทุนการสร้างแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง	วิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา 1. นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ในการสร้างโคมไฟ 2. นักเรียนได้ใช้คณิตศาสตร์ในการคำนวณ ระยะเวลา และวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ 3. นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีในการ	2

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ผลจากการจัดกิจกรรมตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	เวลาเรียน (คาบ)
	อธิบายในสิ่งที่ออกแบบไว้ และพยายามไม่ให้ผู้เรียนหลงประเด็น		สืบค้นข้อมูล 4. นักเรียนได้ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการประดิษฐ์ชิ้นงาน 5. นักเรียนได้ใช้การคิดวิเคราะห์ในการวิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา 6. นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการประดิษฐ์	

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรมการเรียนรู้		ผลที่ได้รับ	เวลาเรียน (คาบ)
5. ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	1. ครูให้แต่ละกลุ่มนำชิ้นงานที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง 2. นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ผลแสดงในรูปของตาราง และกราฟ 3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลที่ได้จากการทดสอบหน้าชั้นเรียน เพื่อประเมินผลการทดสอบของแต่ละกลุ่มว่ากลุ่มใดให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด 4. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งคำถาม แสดงความคิดเห็น หรือเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อการปรับปรุงแก้ไขคุณภาพของชิ้นงานที่แต่ละกลุ่มได้สร้างสรรค์ขึ้นมาให้ดีขึ้น 5. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อเสนอแนะจากเพื่อน	วิทยาศาสตร์ (S) - การทดลองแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น เทคโนโลยี (T) - การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง วิศวกรรมศาสตร์ (E) - ออกแบบและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด คณิตศาสตร์ (M) - คำนวณขนาดของแบบจำลองได้ - วิเคราะห์ผลการทดลองของแบบจำลองเป็นรูปแบบกราฟได้	1. นักเรียนได้ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการสร้างตารางและกราฟต่าง ๆ 2. นักเรียนได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลออกมาในรูปแบบของกราฟและตาราง	1

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ผลที่ได้รับ	เวลาเรียน (คาบ)
	ต่างกลุ่ม และจากผลการทดสอบมาปรับปรุงชิ้นงานสำหรับการต่อยอดความรู้หรือการดำเนินการครั้งต่อไป			
6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	1. นักเรียนและครูร่วมกันจัดนิทรรศการเพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอโคมไฟ และเปิดโอกาสให้เพื่อนต่างกลุ่มเข้ามาชมผลงาน	วิทยาศาสตร์ (S) - อธิบายแบบหลักการของโคมไฟตามหลักการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (T) - ใช้เว็บไซต์ Facebook ในการเผยแพร่ผลงานได้	1. นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีในการประชาสัมพันธ์และเป็นสื่อในการนำเสนอ 2. นักเรียนได้ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายชิ้นงาน 3. นักเรียนได้ใช้กระบวนการทาง	1

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ขั้นที่	กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ผลที่ได้รับ	เวลาเรียน (คาบ)
			วิศวกรรมศาสตร์ในการอธิบายการทำงานของชิ้นงาน	
			รวม	18

1.3.3 ขั้นที่ 3 กิจกรรมรวบยอด ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนและชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหา จำนวน 1 คาบ

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 แผน ซึ่งรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนประกอบด้วย

1.4.1 สาระและผลการเรียนรู้

1.4.2 สาระสำคัญ

1.4.3 สาระการเรียนรู้

1.4.4 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.5 การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 กิจกรรมการนำเข้าสู่บทเรียน

ขั้นที่ 2 กิจกรรมพัฒนาผู้เรียน

1. ระบุปัญหา
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา
5. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 กิจกรรมรวบยอด

1.4.6 อุปกรณ์/ สื่อ/ แหล่งการเรียนรู้

1.4.7 การวัดและประเมินผล

1.4.8 บันทึกหลังการสอน

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสม และรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งได้แก่ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ อุปกรณ์/ สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล และนำไปปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเสร็จแล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมของเนื้อหา และกิจกรรม โดยมีรายละเอียดเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบประเมิน โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

ให้คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ให้คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ให้คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ให้คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ให้คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

และมีเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

กำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมคือ ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้นั้นมีความเหมาะสม สามารถนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ได้ แต่หากค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่ผ่านตามเกณฑ์ จะดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.4-4.8 (ภาคผนวก ค) ซึ่งอยู่ในระดับความเหมาะสมมากและมากที่สุด ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาดังนี้ 1. ชิ้นงานที่ได้ให้นักเรียนทำยังเห็นได้ไม่ชัดเจน (โมเดลป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร) ผู้วิจัยจึงทำการเปลี่ยนจากโมเดลป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรเป็นโคมไฟจากขยะรีไซเคิล พร้อมทั้งเปลี่ยนบทความของปัญหา 2. แผนการจัดการเรียนรู้เป็นแผนที่ค่อนข้างใหญ่ดังนั้นควรจัดให้ผู้อื่นอ่านได้ง่าย ผู้วิจัยจึงจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบของตาราง เพื่อให้ง่ายต่อการอ่านของผู้ที่สนใจ

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมและข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้แล้วนำมาปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง เช่น ระยะเวลาในการจัดกิจกรรม บางกิจกรรมมีระยะเวลาที่นานทำให้ไม่ทันต่อเวลา 1 คาบเรียน เป็นต้น

1.8 จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี

2. แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์

ผู้วิจัยจะดำเนินการสร้างแบบวัดการคิดวิเคราะห์ ตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาแนวคิด หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เพื่อสร้างแบบวัดตามแนวคิดของบลูม (Bloom) โดยวัดการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์เชิงหลักการ จากนั้นสร้างแบบวัดการคิดวิเคราะห์จากงานวิจัยต่าง ๆ

2.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ และวิธีการประเมินการคิดวิเคราะห์

2.3 สร้างแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ต้องการใช้จริง 30 ข้อ ให้ครอบคลุมกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 7 และมีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้มีรายละเอียดดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ตารางแสดงการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้

มาตรฐาน ว.2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงา ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
จุดประสงค์การเรียนรู้
1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานได้ (K)
2. บอกความหมายของความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานได้ (K)
3. คำนวณปริมาณที่เกี่ยวทางไฟฟ้าได้ (P)
4. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ (P)
5. ใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้ (P)
6. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้ (K)
7. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมและแบบขนานได้ (K)
8. เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและขนานได้ (P)
9. อธิบายความหมายของพลังงานไฟฟ้าได้ (K)
10. คำนวณพลังงานไฟฟ้าได้ (P)
11. บรรยายการทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรจากข้อมูลที่รวบรวมได้ (K)
12. เขียนแผนภาพและต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรไฟฟ้า (P)
13. คำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ (P)
14. ตะหนักในคุณค่าของการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัยได้ (A)

ตารางที่ 8 ตารางแสดงการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ตามจุดประสงค์การเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่ออก (ข้อ)	จำนวนข้อสอบที่ใช้ (ข้อ)	น้ำหนัก
1. ปริมาณทางไฟฟ้า	1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานได้ (K)	4	2	25
	2. บอกความหมายของความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานได้	2	1	
	3. คำนวณปริมาณที่เกี่ยวทางไฟฟ้าได้ (P)	7	4	
	4. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ (P)	2	1	
	5. ใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้ (P)	3	2	
2. วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน	6. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้ (K)	6	3	25
	7. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมและแบบขนานได้ (K)	5	1	
	8. เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและขนานได้ (P)	4	2	
3. พลังงานไฟฟ้า	9. อธิบายความหมายของพลังงานไฟฟ้าได้ (K)	2	1	25
	10. คำนวณพลังงานไฟฟ้าได้ (P)	5	2	
	11. คำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า	4	2	

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่ออก (ข้อ)	จำนวนข้อสอบที่ใช้ (ข้อ)	น้ำหนัก
	ภายในบ้านได้ (P)	4	2	
	12. ตะหนักในคุณค่าของการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัยได้ (A)			
4. อิเล็กทรอนิกส์	13. บรรยายการทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรจากข้อมูลที่รวบรวมได้ (K)	6	3	25
	14. เขียนแผนภาพและต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรไฟฟ้า (P)	6	4	
	รวม	60	30	100

2.4 นำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อทำการพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับการคิดวิเคราะห์ จากนั้นนำข้อเสนอแนะที่ได้รับไปปรับปรุงแก้ไข

2.5 นำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปดำเนินการหาคุณภาพของแบบทดสอบด้วยการเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ และการใช้ภาษาในการเขียนข้อความ โดยมีเกณฑ์ในการประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับการคิดวิเคราะห์ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับการคิดวิเคราะห์ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับการคิดวิเคราะห์ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับการคิดวิเคราะห์ที่ต้องการวัด

2.6 นำผลการประเมินที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่ได้จากการประเมินตั้งแต่ .50 ขึ้นไป (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

จะถือว่าแบบทดสอบนั้นมีความเหมาะสม สามารถนำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ไปใช้ได้ แต่หากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ไม่ผ่านตามเกณฑ์ จะดำเนินการปรับปรุงแบบทดสอบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.6 – 1 (ภาคผนวก ค) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ คือ ข้อสอบบางข้อรูปภาพหรือกราฟไม่ชัดเจน ทำให้ข้อสอบข้อนั้นผิดพลาดได้ ผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกข้อที่ชัดเจนและไม่เกิดความผิดพลาดเท่านั้น

2.7 นำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้วนำไปทดลองใช้ (Try- Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 3/1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2563 จำนวน 30 คนโรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี

2.8 นำแบบทดสอบมาตรวจคำตอบและหาคุณภาพแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยการหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (D) เป็นรายข้อ หากได้ค่าความยากตั้งแต่ .20 ถึง .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ถึง 1.00 จึงจะคัดเลือกแบบทดสอบไว้ใช้ ซึ่งแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์มีค่าความยาก (P) ระหว่าง 0.43-0.77 และมีค่าอำนาตจำแนก (D) ระหว่าง 0.27-0.67 (ภาคผนวก ค)

2.9 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย โดยใช้วิธีการทดสอบของโลเวทท์ (Lovet’s method) (นุชวนา เหลืองอังกูล,1992) ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ คือ 0.99 (ภาคผนวก ค)

2.10 นำแบบวัดการคิดวิเคราะห์ที่คัดเลือกไว้จำนวน 30 ข้อไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

3. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์

3.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยอาศัยแนวทางจากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance และสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์จากงานวิจัยต่าง ๆ

3.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และวิธีการประเมินความคิดสร้างสรรค์

3.3 สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอร์แรนซ์ (Torrance A. 1965 pp. 125 – 144) มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยแบบคู่ขนานจำนวน 36 ข้อ และใช้จริง 24 ข้อ แบ่งเป็นแบบทดสอบก่อนเรียนจำนวน 18 ข้อ ใช้จริง 12 ข้อและแบบทดสอบหลังเรียน 18 ข้อใช้จริง 12 ข้อ โดยใช้องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ ของ Torrance เพื่อให้มี 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ เกณฑ์ในการการให้คะแนนแต่ละข้อเป็นแบบรูบริคส์โดยมีคะแนนสูงสุดในแต่ละด้านเท่ากับ 4 และคะแนนต่ำสุดในแต่ละด้านเท่ากับ 1

3.4 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อทำการพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับความคิดสร้างสรรค์จากนั้นนำข้อเสนอแนะที่ได้รับไปปรับปรุงแก้ไข

3.5 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปดำเนินการหาคุณภาพของแบบทดสอบด้วยการเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และการใช้ภาษาในการเขียนข้อความ โดยมีเกณฑ์ในการประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับความคิดสร้างสรรค์ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับความคิดสร้างสรรค์ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับความคิดสร้างสรรค์ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับความคิดสร้างสรรค์ที่ต้องการวัด

3.6 นำผลการประเมินที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่ได้จากการประเมินตั้งแต่ .50 ขึ้นไป (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559) จะถือว่าแบบทดสอบนั้นมีความเหมาะสม สามารถนำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ไปใช้ได้ แต่หากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ไม่ผ่านตามเกณฑ์ จะดำเนินการปรับปรุงแบบทดสอบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์มีค่าเฉลี่ยอยู่

ระหว่าง 0.2 – 1 (ภาคผนวก ค) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญคือ ในการวัดด้านความละเอียดลออควรต่อเนื่องจากการวัดทั้ง 3 ด้าน เพื่อให้สอดคล้องกัน ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงโดยการแก้ไขข้อคำถามและปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกันทั้ง 4 ด้าน

3.7 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้วนำไปทดลองใช้ (Try- Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 3/1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานเรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2563 จำนวน 30 คนโรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี

3.8 นำแบบทดสอบมาตรวจคำตอบและหาคุณภาพแบบทดสอบวัดความความคิดสร้างสรรค์ โดยการหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) เป็นรายข้อ หากได้ค่าความยากตั้งแต่ .20 ถึง .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ถึง 1.00 จึงจะคัดเลือกแบบทดสอบไว้ใช้ ซึ่งแบบวัดความคิดสร้างสรรค์มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.29-0.56 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.21-0.54 (ภาคผนวก ค)

3.9 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัยโดยใช้วิธีการทดสอบของคาร์เวอร์ (Carver) (นุชวนา เหลืองอังกูล,1992) ซึ่งแบบวัดความคิดสร้างสรรค์มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.87 (ภาคผนวก ค)

3.10 นำแบบวัดการคิดวิเคราะห์ที่คัดเลือกไว้จำนวน 18 ข้อไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรม และบทบาทของนักเรียน ในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบวัดการคิดวิเคราะห์และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น จากนั้นบันทึกผลการสอบไว้เป็นคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

3. ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ใช้เวลาจัดการเรียนรู้ 14 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบคนละชุดกับแบบทดสอบก่อนเรียน

5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์มาวิเคราะห์ โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียนและหลังเรียนที่เกิดจากการสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แบบสองกลุ่มสัมพันธ์กัน (Dependent t-test) (ทดสอบสมติฐานข้อที่ 1)

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนที่เกิดจากการสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) (ทดสอบสมติฐานข้อที่ 2)

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ ก่อนเรียนและหลังเรียนที่เกิดจากการสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แบบสองกลุ่มสัมพันธ์กัน (Dependent t-test) (ทดสอบสมติฐานข้อที่ 3)

4. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนที่เกิดจากการสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) (ทดสอบสมติฐานข้อที่ 4)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าร้อยละ (p) เป็นวิธีการนำคะแนนที่สอบได้เทียบกับคะแนนเต็ม โดยเปลี่ยนค่าคะแนนเต็มให้มีค่าเป็น 100 คะแนน

$$p=\frac{f}{N}\times 100$$

เมื่อ p แทน ค่าร้อยละ

f แทน ค่าความถี่ต้องการแปลงให้เป็นค่าร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean,$\bar{x}$) คือ ค่าที่เกิดจากการนำกลุ่มของคะแนนดิบมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนคะแนนรวมทั้งหมด

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

เมื่อ n แทน จำนวนของคะแนนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

X แทน คะแนนแต่ละค่า

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

1.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, S.D.) คือ รากที่สองของค่าเบี่ยงเบนกำลังสองเฉลี่ยจากข้อมูลแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ยรวมของข้อความชุดนั้น

$$SD=\sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}}$$

เมื่อ SD แทน ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน คะแนนแต่ละชุด

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

n แทน จำนวนตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดซึ่งให้คะแนนข้อคำถามแต่ละข้อ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (Difficulty: P) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination: D)ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ โดยใช้สูตรของวิทนีย์ และซาเบอร์ส (D.R.Whitney and D.L. Sabers)

$$P_E = \frac{S_u + S_L - (2NX_{min})}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ P_E แทน ค่าความยากง่าย

S_u แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.2.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดการคิดวิเคราะห์

$$D = \frac{S_u - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

S_u แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.3 หาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์โดยใช้วิธีของโลเวทท์

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum X - \sum X^2}{(k-1)\sum(X-C)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าประมาณความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์

K แทน จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ

C แทน คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัด

X แทน คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

2.4 หาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยใช้วิธีของคาร์เวอร์

$$r_{cc} = \frac{a+c}{N}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบคู่ขนาน 2 ฉบับ

a แทน จำนวนคนที่สอบผ่านทั้ง 2 ฉบับ

c แทน จำนวนคนที่สอบไม่ผ่านทั้ง 2 ฉบับ

N แทน จำนวนคนทั้งหมดที่สอบ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน (วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป)

3.1 ใช้สถิติการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานที่เปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียน (สมโภชน์ อเนกสุข, 2556)

3.2 ใช้สถิติการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานที่เปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนกับเกณฑ์ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2556)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาโดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบที (t-test) แบบ Dependent sample และ One sample ในการศึกษาค้นคว้าผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับต่อไปนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และการแปลความหมายผลการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยขอเสนอสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
SD	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
D	แทน	ค่าความต่างของคะแนนเฉลี่ย
t	แทน	ค่าสถิติการแจกแจงแบบที
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
*	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง ไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ผลการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ผลการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 3 วิเคราะห์ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 4 วิเคราะห์ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ผลการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏผลดังตารางที่ 9 และ 10 ดังนี้

ตารางที่ 9 วิเคราะห์ผลการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มทดลอง	n	$\bar{x}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	28	9.71	4.23	27	22.407	.000
หลังเรียน	28	23.18	1.83			

จากตารางที่ 10 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 22.407$, $p = .000$)

ตารางที่ 10 วิเคราะห์ผลการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

องค์ประกอบการคิดวิเคราะห์	n	ก่อนเรียน		หลังเรียน		ค่าความต่าง	t-test	p
		$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	D		
การวิเคราะห์ความสำคัญ	28	3.18	1.57	7.75	1.21	4.57	13.978	.000
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	28	3.39	1.67	7.61	0.96	4.22	15.665	.000
การวิเคราะห์เชิงหลักการ	28	3.11	1.91	7.82	0.77	4.71	13.535	.000
คะแนนรวม	28	9.71	4.23	23.18	1.83	13.47	22.407	.000

*p < .05

จากตารางที่ 9 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า คะแนนการคิดวิเคราะห์ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์และวิเคราะห์เชิงหลักการ ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยพิจารณาความต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน พบว่า การคิดวิเคราะห์ทางด้านการวิเคราะห์เชิงหลักการมีความต่างของค่าเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 4.71 รองลงมา คือ ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญมีค่าความต่างเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 และด้านที่มีความต่างของค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์มีค่าความต่างของค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 โดยทั้ง 3 ด้านมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีผลคะแนนการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ผลการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ปรากฏผลดังตารางที่ 11 และ 12 ดังนี้

ตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) กับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มทดลอง	n	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ร้อยละ 70	$\bar{X}$	SD	df	t	p
หลังเรียน	28	30	21	23.18	1.83	27	6.310	.000

*p<.05

จากตารางที่ 11 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 6.310, p = .000)

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) กับเกณฑ์ร้อยละ 70

องค์ประกอบการคิดวิเคราะห์	n	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ร้อยละ 70	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) หลังเรียน	SD	df	t-test	p
การวิเคราะห์ความสำคัญ	28	10	7	7.75	1.21	27	3.292	.003
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	28	10	7	7.61	0.96	27	3.360	.002
การวิเคราะห์เชิงหลักการ	28	10	7	7.82	0.77	27	5.628	.000
คะแนนรวมหลังเรียน	28	30	21	23.18	1.83	27	6.310	.000

*p<.05

จากตารางที่ 12 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีคะแนนการคิดวิเคราะห์เฉลี่ย ($\bar{X}$) หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้ง 3 ด้าน โดยมีการคิดวิเคราะห์ทางด้านการวิเคราะห์เชิงหลักการมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 7.82 รองลงมาคือการวิเคราะห์ความสำคัญ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.75 การวิเคราะห์เชิงหลักการมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.61 และคะแนนเฉลี่ยของคะแนนรวมทั้งหมดเท่ากับ 23.18 โดยคะแนนทั้ง 3 ด้านและคะแนนรวมมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีผลคะแนนการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2

ตอนที่ 3 วิเคราะห์ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏผลดังตารางที่ 13 และ 14 ดังนี้

ตารางที่ 13 วิเคราะห์ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มทดลอง	n	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	28	23.86	3.27	27	20.156	.000
หลังเรียน	28	37.00	2.84			

*p<.05

จากตารางที่ 13 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 20.156, p = .000)

ตารางที่ 14 วิเคราะห์ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์	n	ก่อนเรียน		หลังเรียน		ค่าความต่าง	t-test	p
		$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	D		
ความคิดคล่องตัว	28	5.79	1.45	9.00	1.19	3.21	12.662	.000
ความคิดยืดหยุ่น	28	5.79	1.29	9.21	1.10	3.42	12.520	.000
ความคิดริเริ่ม	28	6.04	1.11	9.00	1.25	2.96	10.614	.000
ความคิดละเอียดลออ	28	6.25	1.60	9.79	1.20	3.54	12.061	.000
คะแนนรวม	28	23.86	3.27	37.00	2.84	13.14	20.156	.000

*p<.05

จากตารางที่ 14 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ ด้านด้านความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดละออ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยพิจารณาความต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ด้าน พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดละอออมีความต่างของค่าเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 3.54 รองลงมาคือ ด้านความคิดยืดหยุ่นมีค่าความต่างเฉลี่ยเท่ากับ 3.42 ด้านความคิดคล่องตัวมีค่าความต่างของค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 และด้านที่มีความต่างของค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ด้านความคิดริเริ่ม มีค่าความต่างของค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.96 โดยทั้ง 4 ด้านมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีผลคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3

ตอนที่ 4 วิเคราะห์ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) จากการทำกิจกรรมและผลการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ปรากฏผลดังตารางที่ 15 และ 16 ดังนี้

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) กับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มทดลอง	n	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ร้อยละ 70	$\bar{X}$	SD	df	t	p
หลังเรียน	28	48	33.6	37.00	2.84	27	6.332	.000

*p<.05

จากตารางที่ 15 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 6.332, p = .000)

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) กับเกณฑ์ร้อยละ 70

องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์	n	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ร้อยละ 70	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ความคิดสร้างสรรค์ (หลังเรียน)	SD	t-test	p
ความคิดคล่องตัว	28	12	8.4	9.00	1.19	2.676	.013
ความคิดยืดหยุ่น	28	12	8.4	9.21	1.10	3.914	.001
ความคิดริเริ่ม	28	12	8.4	9.00	1.25	2.546	.017
ความคิดละเอียดลออ	28	12	8.4	9.79	1.20	6.123	.000
คะแนนรวม	28	48	33.6	37.00	2.84	6.332	.000

*p<.05

จากตารางที่ 16 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ย ($\bar{X}$) หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้ง 4 ด้าน โดยมีความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดละออมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 9.79 รองลงมาคือด้านความคิดยืดหยุ่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.21 ด้านความคิดคล่องตัวและความคิดริเริ่มมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.00 และคะแนนเฉลี่ยของคะแนนรวมทั้งหมดเท่ากับ 37.00

โดยคะแนนทั้ง 4 ด้านมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีผลคะแนนการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) การคิดวิเคราะห์ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น และ2) ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวนห้องเรียน 8 ห้อง นักเรียนจำนวน 320 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 28 คน ที่ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นและให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าความสอดคล้อง .5 ขึ้นไป ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.43-0.77 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27-0.67 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .99 3) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบอัตนัย จำนวน 24 ข้อ แบ่งเป็นแบบทดสอบก่อนเรียนจำนวน 12 ข้อ และแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 12 ข้อ มีความสอดคล้อง เท่ากับ .5 ขึ้นไป ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.29-0.56 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21 – 0.54 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .87

เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการทดสอบก่อนเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง หลังจากนั้นดำเนินการสอนโดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเองในเนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ใช้เวลาสอน 20 คาบ จากนั้นทำการทดสอบหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และสถิติทดสอบค่า t

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเพื่อศึกษาการคิดวิเคราะห์ และความคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาวิทยาศาตร์พื้นฐาน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการคิดวิเคราะห์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ของการวิจัย

2. ผลการคิดวิเคราะห์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ของการวิจัย

3. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ของการวิจัย

4. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ของการวิจัย

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ที่มีต่อการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ ในราวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ผลการวิจัยและการอภิปรายผลดังนี้

1. ผลการคิดวิเคราะห์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ของการวิจัย และ ผลการคิดวิเคราะห์หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ของการวิจัย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เป็นการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนแก้ปัญหาตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 กิจกรรมการนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นที่ 2 กิจกรรมพัฒนานักเรียน แบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอนได้แก่ 1. ขั้นระบุปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา และขั้นที่ 3 กิจกรรมรวมยอด โดยครูให้นักเรียนได้อ่านและทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาที่ครูเป็นผู้กำหนดให้ เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและใกล้ตัวนักเรียน ทำให้นักเรียนได้ทำการวิเคราะห์สถานการณ์ นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา ประเด็นต่าง ๆ ข้อมูลเท็จจริงที่ได้จากสถานการณ์ และนักเรียนสามารถค้นคว้าเพิ่มเติมได้ด้วยตนเองตลอดการทำกิจกรรม จากนั้นนักเรียนจึงนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมและเริ่มลงมือวางแผนวิเคราะห์การแก้ปัญหาของแต่ละกลุ่ม จากนั้นจึงลงมือทำการแก้ไขปัญหาหรือสร้างสรรค์ชิ้นงานจากสถานการณ์ดังกล่าว แล้วจึงนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเอง จึงทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้จากการลงมือปฏิบัติงาน จะเห็นได้ว่าแต่ละขั้นตอนส่งเสริมการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มซึ่งจะทำให้นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์เพิ่มขึ้น นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และยังสามารถบูรณาการความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์สามารถวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่สามารถใช้ได้จริงในการแก้ปัญหาหรือใช้ในชีวิตประจำวันได้ (ปิยวรรณ ทศกาญจน์, 2561)

จากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการสอนสะเต็มศึกษามาใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ยังพบว่า นักเรียนมีความสนใจในการเรียนมากขึ้น เนื่องจากนักเรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอนตลอดทั้งการเรียนเรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ทำให้นักเรียนได้สืบค้นเนื้อหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนได้วิเคราะห์เนื้อหาต่าง ๆ เพื่อให้เกิดเป็นความเข้าใจของตนเองขึ้น โดยผู้วิจัยยังได้สร้างความสนใจด้วยกิจกรรมเสริมและสื่อต่าง ๆ เช่น การทดลองอิเล็กทรอนิกส์ สื่อวีดิโอต่าง ๆ ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนมากขึ้น ซึ่งในการจัดการเรียนการสอน นวัตกรรมเป็นแนวคิด การปฏิบัติ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่ยังไม่เคยมีใช้มาก่อน หรือเป็น การพัฒนาดัดแปลงจากของเดิมที่มีอยู่แล้วให้ทันสมัยและใช้ได้ผลดียิ่งขึ้น เป็นการช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เข้าใจเนื้อหาบทเรียนได้มากยิ่งขึ้น (ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, 2560) นอกจากนี้นักเรียนยังได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม ทำให้นักเรียนได้ร่วมศึกษา ค้นคว้า และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ส่งผลให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ได้ว่า เนื้อหาใดเป็นจริงเท็จเพียงใดและสามารถกลั่นกรองออกมาเป็นเนื้อหาที่ทุกคนเข้าใจร่วมกันได้ และยังช่วยให้ผู้เรียนที่เก่งสามารถช่วยในการสอนให้ผู้เรียนที่อ่อนกว่าได้เรียนรู้ไปพร้อม ๆ กัน โดยสมาชิกในกลุ่มจะได้รับความรู้จากเพื่อนร่วมกลุ่มเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาจึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งผลให้

นักเรียนได้คิดด้วยตนเองมากขึ้นและสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของนักเรียนอีกด้วย สอดคล้องกับทิศนา แขมมณี (2553) เสนอแนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญว่า ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทางสติปัญญา (intellectual participation) สมาชิกภายในกลุ่มต้องร่วมกันคิด ช่วยกันกำหนดประเด็นปัญหาร่วมกันแก้ปัญหาคิดวิเคราะห์และคิดอย่างหลากหลายการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิดในรูปแบบต่าง ๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้สอนจะต้องปลูกฝังให้เกิดในตัวผู้เรียน

ในการทดสอบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนนั้นได้ทำการวัด 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์เชิงหลักการ โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการวิเคราะห์เชิงหลักการมากที่สุดอาจเนื่องมาจาก การวิเคราะห์เชิงหลักการเป็นการวิเคราะห์ที่ค้นหาโครงสร้างระบบ เรื่องราว และมีหลักการอย่างไร ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาคือ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ทำการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นผ่านเรื่องราวต่าง ๆ ในขั้นการระบุปัญหา นักเรียนต้องทำการวิเคราะห์เรื่องราวที่ครูกำหนดให้ เพื่อให้ได้มาซึ่งปัญหาว่าบทความดังกล่าวเกิดปัญหาใดขึ้นจากนั้นนักเรียนจึงทำการสืบค้นหาข้อมูลในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนจะได้วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ จากตนเองและเพื่อนในกลุ่มจากนั้นจึงจะได้ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุดในการใช้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในขั้นที่ 3 คือ นักเรียนนำปัญหาและข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ให้ปัญหาและข้อมูลมีความสอดคล้องซึ่งกันและกันจากนั้นจึงทำการออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ในการออกแบบนักเรียนจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ชิ้นงานเพื่อลำดับการลงมือปฏิบัติชิ้นงานว่าควรทำสิ่งใดก่อนและหลังในขั้นที 4 คือขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องทำการวิเคราะห์ว่าอุปกรณ์ที่นักเรียนออกแบบมาในขั้นที่ 3 นั้นนักเรียนจะต้องทำสิ่งใดก่อนหลังพร้อมทั้งคำนวณค่าใช้จ่ายต่าง ๆ แล้วนักเรียนจึงนำชิ้นงานที่ออกแบบมาทำการทดสอบในขั้นที่ 5 คือขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงาน ในขั้นนี้นักเรียนจะได้วิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาจากการวิเคราะห์สถานการณ์ แล้วจากนั้นนักเรียนจึงนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมในขั้นสุดท้ายคือ ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา จะเห็นได้ว่า ในทุกขั้นของการจัดการเรินรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษานักเรียนจะได้ทำการวิเคราะห์สถานการณ์ ความรู้ต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มตัวเอง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาจึงมีผลต่อการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนนั่นเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลทิพย์ สำราญจักร์ (2558,บทคัดย่อ) ได้

ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 สอดคล้องกับ สถาพร พฤฑฒิกุล (2555) ที่กล่าวถึงการส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวตักรรมว่าจะต้องให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติทำให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ผ่านการลงมือทำกิจกรรม จนเกิดความเข้าใจ นำไปประยุกต์ใช้ สามารถวิเคราะห์และประเมินค่าได้

2. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ของการวิจัย และหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ของการวิจัย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมโดยที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ โดยเน้นให้นักเรียนนำความรู้จากวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาจนนำไปสู่การสร้างสรรค์ชิ้นงาน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ดังนี้ ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ที่ไม่มีถูกหรือผิดในการออกแบบนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ได้มาจากขั้นระบุปัญหา โดยนักเรียนสามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว จากนั้นนักเรียนจึงลงมือทำนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาในขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยใช้นี้เป็นการให้นักเรียนออกแบบโคมไฟเพื่อลดปัญหาขยะที่เกิดขึ้น ดังนั้นนักเรียนจึงได้ออกแบบสร้างสรรค์โคมไฟในแบบของตนเอง โดยในแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันจากนั้นจึงทำการทดสอบนวัตกรรมของแต่ละกลุ่มในขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยนักเรียนสามารถตกแต่งโคมไฟของตนเองให้สวยงามตามความคิดสร้างสรรค์ที่ไม่มีถูกผิดของนักเรียน จากนั้นนักเรียนจึงนำเสนอชิ้นงานของตนในขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา จะเห็นได้ว่านักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ของตนเองและเพื่อนในกลุ่มในการดำเนินการทำกิจกรรม ส่งผลให้นักเรียนมีความพัฒนาทางด้านการคิดสร้างสรรค์ที่มากขึ้น

นอกจากนี้ ในการเรียนการสอนผู้วิจัยได้ให้อิสระทางความคิดแก่นักเรียนได้สร้างสรรค์ผลงานได้อย่างเต็มที่โดยผู้วิจัยคอยให้คำชี้แนะเท่านั้น จึงทำให้นักเรียนมีความสนุกสนานในการทำงานและทำให้นักเรียนสนใจในการทำงานมากขึ้น แล้วยังส่งผลให้นักเรียนเปิดรับความคิดเห็นซึ่งกันและกันกับเพื่อนในกลุ่มอีกด้วย

จากการวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่นและความคิดละเอียดลออ ความคิดละเอียดลออมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด อาจเนื่องมาจากการที่แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางด้านความคิดละเอียดละออเป็นการให้นักเรียนได้แต่งเติมภาพจากโครงร่างต่าง ๆ ที่ครูกำหนดให้เพื่อสอดคล้องกับการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนได้ออกแบบได้อย่างอิสระและเป็นการใช้ภาพบรรยายแทนการเขียนเป็นตัวหนังสือ จึงทำให้นักเรียนมีความสนใจที่จะตอบคำถามและลงมือทำในด้านความคิดละเอียดลออนั่นเอง

จากผลการวิจัยดังกล่าวการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาจึงเป็นการให้นักเรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบชิ้นงาน ตลอดจนการสร้างสรรค์ชิ้นงาน อีกทั้งยังเป็นการฝึกให้นักเรียนมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นอีกด้วย สอดคล้องกับ Piltz Albert and Robert Sund (1974) ได้กล่าวถึงทักษะความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นกระบวนการคิดการกระทำ เพื่อแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ส่วนผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เน้นถึงความริเริ่มโดยมุ่งเน้นที่การพัฒนาความคิด เพื่อให้ได้ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ที่มีความแปลกใหม่ สอดคล้องกับ อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556) ที่กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 วิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์โดยทั้ง 4วิชามีความสำคัญ เท่ากัน เพื่อให้นักเรียนนำ ความรู้ทุกแขนงมาใช้เพื่อแก้ปัญหาค้นคว้า สร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัสสร ติดมา (2558,บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และนักเรียนมีพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ระหว่างเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพิ่มสูงขึ้น และยังสอดคล้องกับ ปิยวรรณ ทศกาญจน์ (2561, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้านพยากรณ์เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ชิ้นงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีทักษะการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้านพยากรณ์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไปสำหรับการนำไปใช้

จากการวิจัยนี้พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับที่ดี ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ดังนี้

1.1 จากการวิจัยผู้วิจัยพบว่า คะแนนการคิดวิเคราะห์ที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ อาจเนื่องมาจาก ในการทำกิจกรรมผู้เรียนมีการศึกษาทางด้านความสัมพันธ์ค่อนข้างน้อย เช่น การอ่านค่าตาราง การเขียนกราฟ เป็นต้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยควรเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาทางด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ให้มากขึ้น โดยให้ผู้เรียนได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟหรือตารางต่าง ๆ สอดแทรกในเนื้อหาและกิจกรรมที่เรียน

1.2 จากการวิจัยผู้วิจัยพบว่า ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้านที่ได้คะแนนมากที่สุดคือด้านการคิดละเอียดลออ เนื่องจากข้อสอบมีการให้แนวทางแก่นักเรียนทำให้นักเรียนสามารถทำได้ง่ายกว่าด้านอื่น ๆ ดังนั้นควรออกข้อสอบที่นักเรียนสามารถคิดเองได้ทั้งหมดเพื่อให้สอดคล้องกันในทุกด้าน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากการวิจัยพบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ 3 ด้าน มีการคิดวิเคราะห์ด้านวิเคราะห์เชิงหลักการมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาช่วยในการพัฒนาความคิดที่มีความเป็นกระบวนการให้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการคิดเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นในกระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งมีความใกล้เคียงกับการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาจึงจะช่วยให้นักเรียนสามารถคิดเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

2.2 จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาควรมีการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เช่น ทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม เนื่องจากในการจัดการ

เรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาขั้นที่ 2 กิจกรรมพัฒนานักเรียน นักเรียนจะได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มทักษะที่จำเป็นต้องใช้โดยเฉพาะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนจะต้องสามารถอธิบายด้วยหลักการ กฎและทฤษฎี ทางวิทยาศาสตร์ในการสื่อสารได้ นอกจากนี้ยังต้องรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนร่วมกลุ่มอีกด้วยแสดงให้เห็นว่าทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และการทำงานเป็นกลุ่มมีผลต่อการเรียนของนักเรียนจึงควรเป็นตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งต่อไป

บรรณานุกรม

กมล ชูสมัย. (2528). *การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะและหาความรู้ที่ใช้การทดลองแบบแนะแนวทางกับการทดลองแบบไม่แนะแนวทาง*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัญฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กมลทิพย์ สำราญจักร์. (2558). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ. (2539). *คู่มือพัฒนาโรงเรียนเข้าสู่มาตรฐานการศึกษา : การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

ขจรเดช บุตรพรม. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี(สสวท)*, *42*(185), 10.

จำรัส อินทลาภาพร. (2558a). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารวิชาการ ฉบับภาษาไทย มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ, 8*(1), 62-74.

จำรัส อินทลาภาพร. (2558b). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *Veridian E-Journal, 1*(8), 62-74.

จุฑามาศ เจริญธรรม. (2549). *การจัดการเรียนรู้กระบวนการคิด*. นนทบุรี: สุรัตน์การพิมพ์.

ชนกานต์ โฉมงาม. (2561). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นทีมผ่านกระบวนเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนห้องเรียนวิศว์-วิทย์ (โครงการ วมว.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2*(1), 33-55.

ชาติ แจ่มนุช. (2545). *สอนอย่างไรให้คิดเป็น*. กรุงเทพฯ: เลี่ยงเชียง.

ซายารอ สือนิ. (2554). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัดนราธิวาส*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาการวัดผลการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ดวงจันทร์ วรคามิน. (2559). *การศึกษาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์และการมีจิตสาธารณะเพื่อ*

พัฒนาศักยภาพการเป็นคนดีคนเก่งของนักเรียนไทย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุกิจบัณฑิตย์.

ดิลก ดิลกานนท์. (2534). *การฝึกทักษะการคิด เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2560). ครูและนักเรียนในยุคการศึกษาไทย 4.0. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์การเรียนรู้ทางไกลเชิงนวัตกรรม, 7*(2), 14-29.

ทิศนา แขมมณี และคณะ. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์ จำกัด.

นภาภรณ์ เพียงดวงใจ. (2558). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้โครงงานร่วมกับเทคนิคการสืบเสาะหาความรู้ ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการนิเทศ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปกร.

นูรอาซีกีน สาและคณะ. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และ สังคมศาสตร์, 4*(1), 42-53.

บุญรัตน์ จันทรและคณะ. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สมดุลกลโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. *การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53* (227-234). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). *การพัฒนาการคิด*. กรุงเทพฯ: 91191 เทคนิคพริ้นติ้ง.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). *การพัฒนาการคิด*. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

ปราวีณยา สุวรรณัฐโชติ. (2559). แนวปฏิบัติการที่ดีในจัดการออกแบบการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตได้สมรรถนะตามที่กำหนดในรายวิชา. เข้าถึงได้จาก https://sites.google.com/a/pharm.chula.ac.th/nwatkrrm-kar-suksa/6-naew-ptibati-thi-di-kar-reiyn-kar-sxn/kar-xxkbaeb-backward-design

ปรีดาวรรณ อ่อนนางใย. (2555). *การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สำนักการศึกษา กรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาการวัดผลการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ปิยวรรณ ทศกาญจน์. (2561). *การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้านพยากรณ์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ชิ้นงาน สาหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, วิทยาลัยครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*, *33*(2), 49-56.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัชรี นาคผง. (2562). *การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พัชรี อุปปะ. (2556). การสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 7*(1), 137-145.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

ภัสสร ติดมา. (2558). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภัสสร ติดมาและคณะ. (2558). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารราชพฤกษ์*, *13*(3), 71-76.

มัณชุรี ตุนชัยภูมิ. (2560). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รักษพล ธนานุวงศ์. (2556). เรียนรู้สภาวะโลกร้อนด้วย STEM Education แบบบูรณาการ. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, *41*(182), 15-20.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2542). *พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542*. กรุงเทพฯ: นานมีบุคส์พับลิเคชั่นส์.

รุจิร์ ภู่สาระ. (2546). *การพัฒนาหลักสูตรตามแนวปฏิรูปการศึกษา*. กรุงเทพฯ: บุ๊คพอยท์.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวัดผลและวิจัยทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

วงค์ณภา แก้วไกรษร และ นันทรัตน์ แก้วไกรษร. (2561). *การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชุมนุมหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ภายใต้หัวข้อหุ่นยนต์ทางเลือกแห่งอนาคต. โครงการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมแลกเปลี่ยน สพฐ*. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

วชิร ศรีคุ้ม. (2558). *การนำสะเต็มศึกษาสู่ชีวิต*. เข้าถึงได้จาก http://www.slideshare.net/wawachira/stem-education-and 21stcentury-learning.

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัชรี นวลผ่อง. (2553). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Consturctivism) เรื่องงานประดิษฐ์จากภูมิปัญญาไทย วิชางานประดิษฐ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสารคาม.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2523). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: รุ่งเรืองธรรม.

วิไลวรรณ พงษ์ชุบ. (2553). *การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานกับแบบสืบเสาะหาความรู้*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการเรียนรู้, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

วีระ สุดสังข์. (2550). *การคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.

ศรายุทธ ชาญนคร และคณะ. (2557). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องบรรยากาศ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์. *34th The Nation Graduate Research Conference*, 1871-1877.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). *การวัดและประเมินความสามารถในการคิด ในวิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2558). *คู่มือหลักสูตรอบรมครูสะเต็มศึกษา*. เข้าถึงได้จาก http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/newIntro-to-STEM.pdf.pdf.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา*. เข้าถึงได้จาก http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/05/STEM-Education2.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *โครงการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา 2,250 โรงเรียน*. เข้าถึงได้จาก http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2016/07/STEM-Policy.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *ผลการประเมิน PISA 2018*. เข้าถึงได้จาก https://pisathailand.ipst.ac.th/news-12/

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑*.กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สถาพร พฤฑฒิกุล. (2555). คุณภาพผู้เรียนเกิดจากกระบวนการเรียนรู้. *วารสารการบริหารการศึกษามหาวิทยาลัยบูรพา. 6*(2), 1-13.

สมนึก ภัททิยธนี. (2546). *การวัดผลการศึกษา*. กาฬสินธ์: ปรพสานการพิมพ์.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 8). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมศักดิ์ ภู่วิวรรธน์. (2537). *เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

สำนักข่าวอิศรา. (2558). *ศธ.ดึง4หน่วยงานสร้างทักษะคิดสร้างสรรค์-วิเคราะห์หวังผลิตเด็กตรงตลาดแรงงานโลก*. เข้าถึงได้จาก https://www.isranews.org/thaireform-other-news/43644-teach_436441.html

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2542). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545*. สำนักนายกรัฐมนตรี. เข้าถึงได้จาก https://www.pcccr.ac.th/filesAttach/OIT/O3/1.pdf

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). *ราชกิจจานุเบกษาแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-2564)*. หน้าที่ 115.

สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ และคณะ. (2559). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน. *การนำเสนอผลงานวิจันระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา, 17*,

139-152.

สุภกร บัวสาย. (2558). *ปัญหาความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา*. เข้าถึงได้จาก http://www.thaihealth.or.th/Content/27501-ปัญหาเหลื่อล้ำทางการศึกษา.html

สุรชัย รดาการ. (2012). *การคิดสร้างสรรค์เพื่อการจัดการคุณค่า*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนภาพการพิมพ์.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. *นิตยสาร สสวท. 42*(185), 35-37.

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์. (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อารี พันธ์มณี. (2537). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ.

อารี รังสินันท์. (2527). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ธนกิจการพิมพ์.

เอกรินทร์ สี่มหาศาล. (2560). *กระบวนการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษา(ตามหลักสูตรแกนกลางฯ 2551 ฉบับปรับปรุง 2560)*. เข้าถึงได้จาก http://www.sea12.go.th/spv/images/PDF/education.pdf

Anastasi, A. (1988). *Psychology Testing*. New York: Macmillan.

Anderson, R. D. (1970). *Developing children's thinking through science.* Minnesota: Prentice Hall.

Bloom, B. S. (1976). *Human characteristics and school learning*. New York: McGraw-Hill.

Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R.. (2013). *STEM Project-based learning*. Texas: Sense publisher.

Ceylan, S., & Ozdilek, Z. (2015). Improving a sample lesson plan for secondary science courses within the STEM education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* 177, 223-228.

Cox, C. D., Reynolds, B., Schuchardt, A., & Schunn, C. D. (2016). Using mathematics and engineering to solve problems in secondary level biology. *Journal of STEM Education: Innovations and Research, 17*(1), 22.

Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw – Hill Book Company.

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. A. (2014). *STEM integration in K*-12 *education:*

Status, prospects, and an agenda for research (Vol. 500). DC: National Academies Press Washington.

Hopkins Public School. (2016). STEM Curriculum. Retrieved from https://www.hopkinsschools.org/servicesdepartments/teaching-learning-assessment/curriculum-areas/stem-curriculum

Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education, 24*(4), 389-403.

Marzano, R. J. (2001). *Designing a New Taxonomy of Educational Objectives*. California: Corwin Press.

Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana, D., & Kaniawati, I. (2016). *Exploration of student's creativity by integrating STEM knowledge into creative products.* Paper presented at the AIP conference proceedings.

Museum of Science. (2007). Engineering is elementary : Engineering for children. Retrieved from www.mos.org/eie/index.php

Papert, S. (1986). Constructionism: A new opportunity for elementary science education. Retrieved from http://nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=8751190

Piltz Albert, & Robert Sund. (1974). *Creative Teaching of Science in the Elementary School*. Englewood Cliff N.J.: Prentice Hall.

Roberts, A. (2013). STEM is here. Now what? *Technology and engineering Teacher, 73*(1), 22-27.

Roderic, W. L. (2001). The design process. Retrieved from www.micron,com/students/engineer/design.html

Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics, 112*(1), 31-44.

Russel, A. M. (1956). *The Biotechnology Revolutional Perspective, Bright*. Sussex: Wheat Sheaf.

Sarican, G., & Akgunduz, D. (2018). The impact of integrated STEM education on academic achievement, reflective thinking skills towards problem solving and permanence in learning in science education. *Cypriot Journal of Educational Sciences, 13*(1), 94-113.

Torrance, E. P. a. R. E. M. (1962). *Creative Learning and Teaching*. New York: Good, Mead and Company.

Vasquez, J. A., Sneider, C. I., & Comer, M. W. (2013). *STEM lesson essentials, grades* 3-8: *Integrating science, technology, engineering, and mathematics*: Heinemann Portsmouth, NH.

Watson, G. G., E.M.,. (1964). *Wattson Glaser Critical Thinking, Appraisal Manual*. New York: Horcourt, Brace and orld.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริญญา ทองสอน	ภาคการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอน)
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีพร อนุศาสนนันท์	ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล)
3. อาจารย์ ดร. ศรัณย์ ภิบาลชนม์	ภาคการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์)
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คงศักดิ์ วัฒนะโชติ	ครูปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต“พิบูลบำเพ็ญ”มหาวิทยาลัยบูรพา (ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาวิทยาศาสตร์)
5. ครูไพศาล เสริมศรี	ครูปฏิบัติการสอนฟิสิกส์ โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม (ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาฟิสิกส์)

ภาคผนวก ข

- หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือเพื่อการวิจัย
- หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย
- เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

(สำเนา)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน มหาวิทยาลัยบูรพา บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๒๓๐๐ ต่อ ๗๐๑, ๗๐๕, ๗๐๗

ที่ อว ๘๑๓๗/๑๙๘๓ วันที่ ๖ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๓

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือการวิจัย

เรียน

ด้วย นางสาวชยพัทธ์ นาคกุลบุตร รหัสประจำตัว ๖๒๙๑๐๐๔๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา” โดยมีอาจารย์ ดร. สมศิริ สิงห์ลพ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย

เนื่องจากท่านเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวิจัยดังกล่าวอย่างดียิ่ง ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัยของนิสิตดังเอกสารแนบ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(สำเนา)

ที่ อว ๘๑๓๗/๓๕๐

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๕ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๐ มีนาคม ๒๕๖๔

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วยนางสาวชยพัทธ์ นาคกุลบุตร รหัสประจำตัว ๖๒๕๑๐๐๔๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา โดยมี อาจารย์ ดร. สมศิริ สิงห์ลพ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓/๒ ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๓ ซึ่งได้จากการสุ่มห้องเรียนแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน ๒๘ คน ระหว่างวันที่ ๑ มีนาคม - ๒ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๔ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๗-๕๓๓๐๗๒๔ หรือที่ E-mail : 62910040@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๑๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

(สำเนา)

เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการ : G-HU 231/2563

โครงการวิจัยเรื่อง : การพัฒนาการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

หัวหน้าโครงการวิจัย : นางสาวชยพัทธ์ นาคกุลบุตร

หน่วยงานที่สังกัด : นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

คณะกรรมการการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภยันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

1.เอกสารเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	ฉบับที่ 2 วันที่ 23 เดือน มกราคม พ.ศ. 2564
2.เอกสารโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย	ฉบับที่ 2 วันที่ 23 เดือน มกราคม พ.ศ. 2564
3.เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วันที่ 23 เดือน มกราคม พ.ศ. 2564
4.เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 1 วันที่ 23 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563
5.เอกสารแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	ฉบับที่ 1 วันที่ 23 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563
6.เอกสารอื่นๆ	ฉบับที่ - วันที่ – เดือน - พ.ศ. -

วันที่รับรอง : วันที่ 17 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564

วันที่หมดอายุ : วันที่ 17 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

ลงนาม (ดร.พิมลพรรณ เลิศล้ำ)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หาวิทยาลัยบูรพา

สำหรับโครงการวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา และระดับปริญญาตรี

ชุดที่ 4 (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)

ภาคผนวก ค

- ตารางแสดงค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบ
- ตารางแสดงค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*)
- ตารางแสดงผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- ตารางแสดงผลการคำนวณหาค่า t-test

ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

ตารางที่ 17 แสดงค่าการประเมินค่าความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					รวม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5			
1. ผลการเรียนรู้								
- ถูกต้องชัดเจน	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
- ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	4	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
- จุดประสงค์สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
- เนื้อหามีความเหมาะสมกับผู้เรียน	5	5	4	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
- เนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
4. ความคิดรวบยอด	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
- ขั้นที่ 1 กิจกรรมการนำเข้าสู่บทเรียน	5	5	4	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
- ขั้นที่ 2 กิจกรรมพัฒนานักเรียน								
ระบุปัญหา	5	5	4	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	5	5	4	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	5	4	4	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	5	5	4	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน	5	5	4	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน	5	4	4	4	5	22	4.40	เหมาะสมมาก
- ขั้นที่ 3 กิจกรรมรวมยอด	5	5	4	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
6. สื่อการสอน	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
7. แหล่งการเรียนรู้	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
8. วิธีการวัดและประเมินผล	5	5	4	4	5	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์

ตารางที่ 18 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง(IOC)	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง(IOC)	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
35	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
46	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
47	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
51	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
52	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง(IOC)	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
53	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
54	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
55	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
56	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
57	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
58	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	ใช้ได้
59	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
60	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้

ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

ตารางที่ 19 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 60 ข้อ

ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.63	0.33	ผ่าน	1	31	0.57	0.33	ผ่าน	16
2	0.60	0.40	ผ่าน	2	32	0.33	0.13	ไม่ผ่าน	-
3	0.17	0.07	ไม่ผ่าน	-	33	0.23	0.33	ผ่าน	-
4	0.27	0.13	ไม่ผ่าน	-	34	0.80	-0.13	ไม่ผ่าน	-
5	0.60	0.40	ผ่าน	3	35	0.50	0.33	ผ่าน	17
6	0.10	0.07	ไม่ผ่าน	-	36	0.53	0.27	ผ่าน	18
7	0.67	0.27	ผ่าน	4	37	0.63	0.33	ผ่าน	19
8	0.10	0.07	ไม่ผ่าน	-	38	0.40	-0.27	ไม่ผ่าน	-
9	0.73	0.27	ผ่าน	5	39	0.90	0.07	ไม่ผ่าน	-
10	0.67	0.53	ผ่าน	6	40	0.83	0.20	ไม่ผ่าน	-
11	0.63	0.47	ผ่าน	-	41	0.60	0.13	ไม่ผ่าน	-
12	0.93	0.13	ไม่ผ่าน	-	42	0.47	0.27	ผ่าน	20
13	0.77	0.33	ผ่าน	7	43	0.27	0.27	ผ่าน	-
14	0.60	0.13	ไม่ผ่าน	-	44	0.57	0.33	ผ่าน	21
15	0.67	0.27	ผ่าน	8	45	0.60	0.53	ผ่าน	22
16	0.60	0.27	ผ่าน	9	46	0.17	-0.07	ไม่ผ่าน	-
17	0.43	0.60	ผ่าน	10	47	0.30	0.33	ผ่าน	-
18	0.17	0.07	ไม่ผ่าน	-	48	0.70	0.33	ผ่าน	23
19	0.70	0.33	ผ่าน	11	49	0.50	0.33	ผ่าน	24
20	0.50	0.20	ผ่าน	-	50	0.47	0.27	ผ่าน	25
21	0.60	0.67	ผ่าน	12	51	0.90	0.20	ไม่ผ่าน	-
22	0.30	-0.07	ไม่ผ่าน	-	52	0.57	0.33	ผ่าน	26
23	0.17	-0.20	ผ่าน	-	53	0.07	0.13	ไม่ผ่าน	-
24	0.60	0.27	ผ่าน	13	54	0.50	0.33	ผ่าน	-

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
25	0.63	0.33	ผ่าน	14	55	0.63	0.33	ผ่าน	27
26	0.27	0.27	ผ่าน	-	56	0.83	0.20	ไม่ผ่าน	-
27	0.43	0.33	ผ่าน	-	57	0.23	-0.07	ไม่ผ่าน	-
28	0.40	0.27	ผ่าน	-	58	0.60	0.40	ผ่าน	28
29	0.67	0.13	ไม่ผ่าน	-	59	0.57	0.47	ผ่าน	29
30	0.63	0.33	ผ่าน	15	60	0.57	0.47	ผ่าน	30

ตารางที่ 20 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่า P	ค่า R	ข้อที่	ค่า P	ค่า D
1	0.63	0.33	16	0.57	0.33
2	0.60	0.40	17	0.50	0.33
3	0.60	0.40	18	0.53	0.27
4	0.67	0.27	19	0.63	0.33
5	0.73	0.27	20	0.47	0.27
6	0.67	0.53	21	0.57	0.33
7	0.77	0.33	22	0.60	0.53
8	0.67	0.27	23	0.70	0.33
9	0.60	0.27	24	0.50	0.33
10	0.43	0.60	25	0.47	0.27
11	0.70	0.33	26	0.57	0.33
12	0.60	0.67	27	0.63	0.33
13	0.60	0.27	28	0.60	0.40
14	0.63	0.33	29	0.57	0.47
15	0.63	0.33	30	0.57	0.47

หมายเหตุ ข้อสอบที่เลือกไปใช้จำนวน 30 ข้อ มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ค่าความยากง่าย (P) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.43-0.77
2. ค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าตั้งแต่ 0.27-0.67
3. ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.99

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	-1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
18	-1	+1	-1	+1	+1	1	0.20	ใช้ไม่ได้

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน					แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน				
ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.56	0.54	ผ่าน	1	1	0.48	0.21	ผ่าน	1
2	0.48	0.38	ผ่าน	2	2	0.35	0.38	ผ่าน	2
3	0.46	0.42	ผ่าน	3	3	0.46	0.33	ผ่าน	3
4	0.38	0.33	ผ่าน	4	4	0.44	0.38	ผ่าน	4
5	0.42	0.08	ไม่ผ่าน	-	5	0.38	0.33	ผ่าน	5
6	0.42	0.33	ผ่าน	-	6	0.35	0.46	ผ่าน	6
7	0.46	0.25	ผ่าน	-	7	0.52	0.29	ผ่าน	7
8	0.46	0.17	ไม่ผ่าน	-	8	0.42	0.42	ผ่าน	8
9	0.33	0.25	ผ่าน	5	9	0.42	0.17	ไม่ผ่าน	-
10	0.38	0.25	ผ่าน	6	10	0.46	0.08	ไม่ผ่าน	-
11	0.42	0.25	ผ่าน	7	11	0.54	0.00	ไม่ผ่าน	-
12	0.29	0.42	ผ่าน	8	12	0.46	0.08	ไม่ผ่าน	-
13	0.31	0.29	ผ่าน	9	13	0.35	0.21	ผ่าน	9
14	0.29	0.25	ผ่าน	10	14	0.38	0.33	ผ่าน	10
15	0.48	0.21	ผ่าน	11	15	0.33	0.42	ผ่าน	11
16	0.38	0.33	ผ่าน	12	16	0.40	0.46	ผ่าน	12
17	0.46	0.17	ไม่ผ่าน	-	17	0.56	-0.13	ไม่ผ่าน	-
18	0.31	0.13	ไม่ผ่าน	-	18	0.50	0.17	ไม่ผ่าน	-

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ข้อที่	ค่า P	ค่า D
1	0.56	0.54	1	0.48	0.21
2	0.48	0.38	2	0.35	0.38
3	0.46	0.42	3	0.46	0.33
4	0.38	0.33	4	0.44	0.38
5	0.33	0.25	5	0.38	0.33
6	0.38	0.25	6	0.35	0.46
7	0.42	0.25	7	0.52	0.29
8	0.29	0.42	8	0.42	0.42
9	0.31	0.29	9	0.35	0.21
10	0.29	0.25	10	0.38	0.33
11	0.48	0.21	11	0.33	0.42
12	0.38	0.33	12	0.40	0.46

หมายเหตุ ข้อสอบที่เลือกไปใช้จำนวน 24 ข้อ โดยแบ่งเป็นแบบทดสอบก่อนเรียนจำนวน 12 ข้อ และแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 12 ข้อ มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ค่าความยากง่าย (P) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.29-0.56
2. ค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าตั้งแต่ 0.21-0.54
3. ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87

ตารางที่ 25 คะแนนการคิดวิเคราะห์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	11	22	15	11	22
2	8	22	16	5	23
3	12	25	17	19	24
4	5	21	18	13	25
5	6	23	19	10	26
6	20	28	20	11	23
7	13	25	21	6	21
8	10	22	22	4	22
9	7	22	23	9	24
10	11	26	24	10	24
11	10	21	25	14	24
12	13	24	26	13	24
13	7	22	27	4	22
14	8	22	28	2	20
			$\bar{x}$	9.17	23.18
			SD	4.23	2.14

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest	23.18	28	1.827	.345
	Pretest	9.71	28	4.233	.800

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Posttest & Pretest	28	.721	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest & Pretest	13.464	3.180	.601

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Posttest & Pretest	12.231	14.697	22.407	27	.000

ตารางที่ 27 ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	28	23.18	1.827	.345

One-Sample Test

	Test Value = 21					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Posttest	6.310	27	.000	2.179	1.47	2.89

ตารางที่ 28 คะแนนการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน ได้แก่ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์ความสำคัญ และวิเคราะห์เชิงหลักการ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็มด้านละ 10 คะแนน)

คนที่	ก่อนเรียน			หลังเรียน		
	วิเคราะห์ความสำคัญ	วิเคราะห์ความสัมพันธ์	วิเคราะห์เชิงหลักการ	วิเคราะห์ความสำคัญ	วิเคราะห์ความสัมพันธ์	วิเคราะห์เชิงหลักการ
1	3	4	4	7	7	8
2	3	2	3	8	7	7
3	6	3	3	9	8	8
4	1	2	2	8	7	6
5	3	1	2	7	7	9
6	5	7	8	10	9	9
7	3	6	4	9	8	8
8	2	4	4	6	7	9
9	3	2	2	7	7	8
10	4	3	4	8	9	9
11	5	2	3	6	7	8
12	6	4	3	8	8	8
13	2	2	3	9	6	7
14	3	2	3	7	7	8
15	4	5	2	6	8	8
16	1	3	1	7	9	7
17	7	6	6	8	9	7
18	3	4	6	10	7	8
19	4	4	2	9	9	8
20	3	6	3	8	7	8
21	2	3	1	7	7	7
22	2	2	0	6	7	9
23	3	2	4	9	7	8

ตารางที่ 26 (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน			หลังเรียน		
	วิเคราะห์ความสำคัญ	วิเคราะห์ความสัมพันธ์	วิเคราะห์เชิงหลักการ	วิเคราะห์ความสำคัญ	วิเคราะห์ความสัมพันธ์	วิเคราะห์เชิงหลักการ
24	4	3	3	8	9	7
25	3	6	3	8	8	8
26	2	4	7	7	9	8
27	1	2	1	9	6	7
28	1	1	0	6	7	7

ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน ได้แก่ วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์เชิงหลักการ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	วิเคราะห์ความสำคัญ (Posttest)	7.75	28	1.206	.228
	วิเคราะห์ความสำคัญ (Pretest)	3.18	28	1.565	.296

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	วิเคราะห์ความสำคัญ (Posttest) & วิเคราะห์ความสำคัญ (Pretest)	28	.240	.218

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	วิเคราะห์ความสำคัญ (Posttest) – วิเคราะห์ความสำคัญ (Pretset)	4.571	1.731	.327

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	วิเคราะห์ความสำคัญ (Posttest) – วิเคราะห์ความสำคัญ (Pretset)	3.900	5.242	13.978	27	.000

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Posttest)	7.61	28	.956	.181
	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Pretest)	3.39	28	1.663	.314

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Posttest) & วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Pretest)	28	.520	.005

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Posttest) – วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Pretest)	4.214	1.424	.269

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Posttest) – วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Pretest)	3.662	4.766	15.665	27	.000

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	วิเคราะห์เชิงหลักการ (Posttest)	7.82	28	.772	.146
	วิเคราะห์เชิงหลักการ (Pretest)	3.11	28	1.912	.361

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	วิเคราะห์เชิงหลักการ (Posttest) & วิเคราะห์เชิงหลักการ (Pretest)	28	.289	.135

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	วิเคราะห์เชิงหลักการ (Posttest) – วิเคราะห์เชิงหลักการ (Pretest)	4.714	1.843	.348

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	วิเคราะห์เชิงหลักการ (Posttest) – วิเคราะห์เชิงหลักการ (Pretest)	4.000	5.429	13.535	27	.000

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน ได้แก่ วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์เชิงหลักการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
วิเคราะห์ความสำคัญ (Posttest)	28	7.75	1.206	.228

One-Sample Test

	Test Value = 7					
	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
วิเคราะห์ความสำคัญ (Posttest)	3.292	27	.003	.750	.28	1.22

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Posttest)	28	7.61	.956	.181

One-Sample Test

	Test Value = 7					
	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Posttest)	3.360	27	.002	.607	.24	.98

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
วิเคราะห์เชิงหลักการ (Posttest)	28	7.82	.772	.146

One-Sample Test

	Test Value = 7					
	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
วิเคราะห์เชิงหลักการ (Posttest)	5.628	27	.000	.821	.52	1.12

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์คะแนนความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องตัวความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดละออ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ความคิดริเริ่ม (Posttest)	9.00	28	1.247	.236
	ความคิดริเริ่ม (Pretest)	6.04	28	1.105	.209

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	ความคิดริเริ่ม (Posttest) & ความคิดริเริ่ม (Pretest)	28	.215	.272

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ความคิดริเริ่ม (Posttest) – ความคิดริเริ่ม (Pretest)	2.964	1.478	.279

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	ความคิดริเริ่ม (Posttest) – ความคิดริเริ่ม (Pretest)	2.391	3.537	10.614	27	.000

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ความคิดคล่องตัว (Posttest)	9.00	28	1.186	.224
	ความคิดคล่องตัว (Pretest)	5.79	28	1.449	.274

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	ความคิดคล่องตัว (Posttest) & ความคิดคล่องตัว (Pretest)	28	.495	.007

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ความคิดคล่องตัว (Posttest) - ความคิดคล่องตัว (Pretest)	3.214	1.343	.254

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	ความคิดคล่องตัว (Posttest) - ความคิดคล่องตัว (Pretest)	2.693	3.735	12.662	27	.000

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ความคิดหยืดหยุ่น (Posttest)	9.21	28	1.101	.208
	ความคิดหยืดหยุ่น (Pretest)	5.79	28	1.287	.243

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	ความคิดหยืดหยุ่น (Posttest) & ความคิดหยืดหยุ่น (Pretest)	28	.269	.166

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ความคิดหยืดหยุ่น (Posttest) - ความคิดหยืดหยุ่น (Pretest)	3.429	1.451	.274

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	ความคิดหยืดหยุ่น (Posttest) – ความคิดหยืดหยุ่น (Pretest)	2.866	3.991	12.502	27	.000

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ความคิดละเอียดลละออ (Posttest)	9.79	28	1.197	.226
	ความคิดละเอียดลละออ (Pretest)	6.25	28	1.602	.303

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	ความคิดละเอียดละออ (Posttest) & ความคิดละเอียดละออ (Pretest)	28	.415	.028

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ความคิดละเอียดละออ (Posttest) - ความคิดละเอียดละออ (Pretest)	3.536	1.551	.293

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	ความคิดละเอียดละออ (Posttest) – ความคิดละเอียดละออ (Pretest)	2.934	4.137	12.061	27	.000

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์คะแนนความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องตัวความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดละออ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ความคิดริเริ่ม (Posttest)	28	9.00	1.247	.236
ความคิดคล่องตัว (Posttest)	28	9.00	1.186	.224
ความคิดหยืดหยุ่น (Posttest)	28	9.21	1.101	.208
ความคิดละเอียดละออ (Posttest)	28	9.79	1.197	.226

One-Sample Test

	Test Value = 8.4					
	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
ความคิดริเริ่ม (Posttest)	2.546	27	.017	.600	.12	1.08
ความคิดคล่องตัว (Posttest)	2.676	27	.013	.600	.14	1.06
ความคิดหยืดหยุ่น (Posttest)	3.914	27	.001	.814	.39	1.24
ความคิดละเอียดละออ (Posttest)	6.123	27	.000	1.386	.92	1.85

ภาคผนวก ง

- แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น
- แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์
- แบบวัดความคิดสร้างสรรค์

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

วิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

ระยะเวลาที่ใช้สอน 20 คาบ ผู้สอน นางสาวชยพัทธ์ นาคกุลบุตร

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว ๒.๓ เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 2.3 ม 3/1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องโดยใช้สมการ V = IR จากหลักฐานเชิงประจักษ์

ว 2.3 ม 3/2 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า

ว 2.3 ม 3/3 ใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้า

ว 2.3 ม 3/4 วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมและแบบขนานจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ว 2.3 ม 3/5 เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและขนาน

ว 2.3 ม 3/6 บรรยายการทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรจากข้อมูลที่รวบรวมได้

ว 2.3 ม 3/7 เขียนแผนภาพและต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรไฟฟ้า

ว 2.3 ม 3/8 อธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้าโดยใช้สมการ W = Pt รวมทั้งคำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน

ว 2.3 ม 3/9 ตระหนักในคุณค่าของการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยนำเสนอวิธีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย

2. สาระสำคัญ

กระแสไฟฟ้าจะออกจากขั้วบวกผ่านวงจรไฟฟ้าไปยังขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งวัดค่าได้จากแอมมิเตอร์ เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าครบวงจรค่าที่บอกความแตกต่างของพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย
ประจุระหว่างจุด ๒ จุด เรียกว่า ความต่างศักย์ซึ่งวัดค่าได้จากโวลต์มิเตอร์ ขนาดของกระแสไฟฟ้ามีค่าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำโดยอัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่ เรียกค่าคงที่นี้ว่า ความต้านทาน

ในวงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชิ้นมีความต้านทาน ในการต่อตัวต้านทานหลายตัว มีทั้งต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน การต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมในวงจรไฟฟ้า ความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากับผลรวมของความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว โดยกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน

การต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวโดยความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากันชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีหลายชนิด เช่น ตัวต้านทานไดโอด ทรานซิสเตอร์ ตัวเก็บประจุ โดยชิ้นส่วนแต่ละชนิดทำหน้าที่แตกต่างกันเพื่อให้วงจรทำงานได้ตามต้องการ

ตัวต้านทานทำหน้าที่ควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า ไดโอดทำหน้าที่ให้กระแสไฟฟ้าผ่านทางเดียว ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิดหรือเปิดวงจรไฟฟ้าและควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้า ตัวเก็บประจุทำหน้าที่เก็บและคายประจุไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์หลายชนิดที่ทำงานร่วมกันการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลือกใช้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสมตามหน้าที่ของชิ้นส่วนนั้น ๆ จะสามารถทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้ตามต้องการ

เครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีค่ากำลังไฟฟ้าและความต่างศักย์กำกับไว้ กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ ความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์ ค่าไฟฟ้าส่วนใหญ่คิดจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด ซึ่งหาได้จากผลคูณของกำลังไฟฟ้า ในหน่วยกิโลวัตต์ กับเวลาในหน่วยชั่วโมง พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น

กิโลวัตต์ ชั่วโมง หรือหน่วยวงจรไฟฟ้าในบ้านมีการต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบขนานเพื่อให้ความต่างศักย์เท่ากัน การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวันต้องเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์และกำลังไฟฟ้าให้เหมาะกับการใช้งาน และการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องใช้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และประหยัด

3. สาระการเรียนรู้

3.1 ปริมาณทางไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า (Electric Current) เมื่อมีอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ จะเกิดสภาพขาดอิเล็กตรอนจึงจ่ายประจุไฟฟ้าลบออกไปแทนที่ ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอน โดยอิเล็กตรอนจะไหลจากขั้วลบไปหาขั้วบวกเสมอ จนกว่าประจุไฟฟ้าบวกจะถูกทำให้เป็นกลางหมด การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนหรือการไหลของอิเล็กตรอนในสายไฟนี้เรียกว่า กระแสไฟฟ้า (Electric Current) แต่เราจะกำหนดให้ทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะตรงข้ามกับการไหลของอิเล็กตรอนเสมอ ขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายไฟฟ้านั้น มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Ampere ซึ่งแทนด้วย A)

แรงดันไฟฟ้า (Voltage) อักษรย่อ V คือแรงที่มากระทำ ให้อิเล็กตรอนหลุดเป็นอิสระ ทำให้เกิดกระแสไหล ศักย์ไฟฟ้า อักษรย่อ DV เป็นอีกคำหนึ่งที่คล้ายกับแรงดันไฟฟ้า จะหมายถึงระดับไฟฟ้า เช่น อะตอมมีประจุไฟฟ้าบวกจะมีศักย์ไฟฟ้าสูง อะตอมมีประจุไฟฟ้าลบจะมีศักย์ไฟฟ้าต่ำ ดังนั้น ความต่างศักย์ไฟฟ้า คือ ความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้า ระหว่างอะตอมทั้งสอง แรงขับเคลื่อนทางไฟฟ้า หมายถึง แรงที่สร้างให้เกิดแรงดันไฟฟ้าซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระตลอดเวลา กระแสไฟฟ้าจึงไหลตลอดเวลา แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้อาจเกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, แบตเตอรี่, ถ่านไฟฉาย และเซลล์เชื้อเพลิง ฯลฯ หน่วยของแรงดันไฟฟ้า, ความต่างศักย์ไฟฟ้า หรือแรงขับเคลื่อนทางไฟฟ้า มีหน่วยเดียวกัน คือ โวลต์ (Voltage ซึ่งแทนด้วย V)

ความต้านทานไฟฟ้า (Resistance) อักษรย่อ R คือ ความต้านทานไม่ให้กระแสผ่านในไฟฟ้า เป็นสมบัติเฉพาะของวัตถุในการที่จะขวางหรือต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าที่จะ ไหลผ่านวัตถุนั้น ๆ ไป หน่วยของความต้านทานไฟฟ้าเป็น โอห์ม (Ohm แทนด้วยสัญลักษณ์ W) ความต้านทาน 1 โอห์ม คือ ความต้านทานของเส้นลวดที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ 1 แอมแปร์ เมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ ความต้านทานของตัวนำไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ คือ

-ชนิดของวัตถุ วัตถุที่ต่างชนิดกันจะมีความต้านทานต่างกัน

-อุณหภูมิของวัตถุ เมื่ออุณหภูมิของตัวนำไฟฟ้าหนึ่งๆ เปลี่ยนไป จะมีผลให้ความต้านทานของตัวนำนั้นเปลี่ยนตามไปด้วย

กำลังไฟฟ้า (Power) อักษรย่อ P ก็คือ ผลคูณของแรงดันไฟฟ้า (V) ที่ผลักดันให้กระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) เคลื่อนที่ไปก็จะได้งานออกมา อัตราที่งานถูกทำไปนี้ก็คืออัตราของกำลังไฟฟ้า ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์

กฎของโอห์ม จอร์จ ไซมอน โอห์ม (George Simon Ohm) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไฟฟ้าทั้ง 3 ตัว คือ ระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) แรงดันไฟฟ้า (E) และตัวต้านทาน (R) และได้สรุปค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวไว้ว่า “กระแสไฟฟ้านั่นวงจรไฟฟ้านั้น จะแปรผันตรงกับ แรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแต่จะแปรผกผันกับค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้า” ดังสมการ $I = \frac{E}{R}$

3.2 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน

วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม หมายถึง การนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อเรียงลำดับกันไป โดยนำปลายด้านใดด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวที่หนึ่งมาต่อกับอุปกรณ์ตัวที่สอง จากนั้นนำปลายที่เหลือของอุปกรณ์ที่สอง ไปต่อกับอุปกรณ์ตัวที่สาม และต่อในลักษณะที่เรียงกันไปเรื่อย ๆ จนถึงอุปกรณ์ตัวสุดท้ายให้ต่อปลายที่เหลือเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้าแบบขนาน หมายถึง การนำอุปกรณ์ไฟฟ้าตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อเรียงแบบขนานกัน โดยนำปลายด้านเดียวกันของอุปกรณ์แต่ละตัวมาต่อเข้าด้วยกัน แล้วต่อปลายของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ต่อกันแล้วนั้นเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า

3.3 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) คือพลังงานที่ใช้ไปหรือสร้างขึ้นมาใหม่จากกำลังไฟฟ้าที่ส่งเข้ามาหรือส่งออกไป โดยมีความสัมพันธ์กับเวลา มีหน่วยใช้แสดงพลังงานเป็นจูล (J) พลังงานไฟฟ้าใช้สัญลักษณ์ตัว "W" สามารถเขียนสมการได้ดังนี้ $W = Pt$

ไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกนำมาใช้งานในชีวิตประจำวัน เราต้องซื้อมาจากหน่วยงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าออกจำหน่าย เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิต การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้านครหลวง เป็นต้น พลังงานไฟฟ้าเหล่านี้มิได้ถูกคิดออกมาเป็นจูล (J) แต่จะคิดออกมาเป็นกิโลวัตต์ - ชั่วโมง (Kilowatt-hour, kWh) ไม่ได้จัดเป็นหน่วย SI แต่มีความสัมพันธ์กับหน่วยระบบ SI โดยคิดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เป็นกิโลวัตต์ (kW) คิดในเวลาเป็นชั่วโมง (h) เขียนสมการออกมาได้ดังนี้

$W(kWh) = P(kW) \times t(h)$

3.4 อิเล็กทรอนิกส์

อิเล็กทรอนิกส์ (Electronics) หมายถึง การควบคุมหรือออกแบบการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า ซึ่งมีชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบของวงจร ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า

4. สมรรถณะ

4.1 ความสามารถในการสื่อสาร

4.2 ความสามารถในการคิด

4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา

4.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

4.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

5.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

5.2 ซื่อสัตย์สุจริต

5.3 มีวินัย

5.4 ใฝ่เรียนรู้

5.5 อยู่อย่างพอเพียง

5.6 มุ่งมั่นในการทำงาน

5.7 รักความเป็นไทย

5.8 มีจิตสาธารณะ

6. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)	ด้านทักษะ (P)	ด้านคุณธรรม จริยธรรม (A)
1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานได้ 2. บอกความหมายของความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานได้ 3. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้ 4. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมและแบบขนานได้ 5. อธิบายความหมายของพลังงานไฟฟ้าได้ 6. บรรยายการทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรจากข้อมูลที่รวบรวมได้	1. คำนวณปริมาณที่เกี่ยวทางไฟฟ้าได้ 2. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ 3. ใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้ 4. เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและขนานได้ 5. คำนวณพลังงานไฟฟ้าได้ 6. คำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ 7. เขียนแผนภาพและต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรไฟฟ้า	1. ตะหนักในคุณค่าของการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัยได้ 2. นักเรียนมีความตรงต่อเวลา 3. นักเรียนมีคุณธรรมจริยธรรม 4. นักเรียนมีความใฝ่เรียนรู้ 5. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ของตนเอง

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน (1 คาบ)

1. ครูชี้แจงจุดประสงค์ ข้อตกลง และทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

2. ครูถามคำถามนักเรียนว่า “ทำยังไงหลอดไฟ พัดลม และอุปกรณ์ในห้องเรียนจึงสามารถใช้งานได้” (เปิดสวิตซ์เพื่อให้กระแสไฟฟ้าเข้าสู่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์)

3. ครูถามคำถามว่า “เพราะเหตุใดพอเปิดสวิตซ์แล้วอุปกรณ์ไฟฟ้าจึงสามารถใช้งานได้” (เพราะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไปที่อุปกรณ์ได้)

4. ครูถามว่า “แล้วนักเรียนคิดว่าไฟฟ้าลัดวงจรเกิดจากอะไร” ครูยังไม่เฉลยและให้นักเรียนทำกิจกรรมต่อไป

ขั้นที่ 2 กิจกรรมพัฒนานักเรียน (18 คาบ)

1. ระบุปัญหา จำนวน 1 คาบ

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ชิ้นงานและผลการเรียนรู้
1. ครูให้นักเรียนดูวีดีทัศน์ “ขยะที่เกิดขึ้นในประเทศไทย” 2. ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวีดีทัศน์ที่ได้รับชม เช่น - นักเรียนคิดว่าปัจจุบันประเทศของเรามีขยะมาขึ้นหรือไม่ - นักเรียนคิดว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดขยะเพิ่มขึ้นคืออะไร(มีขยะที่	1. วิทยาศาสตร์ (S) - ขยะ เกิดจากสิ่งของหรือเศษวัสดุเหลือใช้ในชีวิตประจำวันที่รอนำไปกำจัดทิ้ง เช่น เศษอาหาร กล่องโฟม ขวดพลาสติก กระดาษ ฯลฯ หากแยกให้ถูกวิธีก็สามารถ	1. ใบกิจกรรม การสร้างอุปกรณ์ไฟฟ้าจากขยะ

ย่อยสลายไม่ได้เพิ่มมากขึ้น) - นักเรียนคิดว่าเราจะมีวิธีป้องกันการเกิดขยะได้อย่างไร (แยกขยะให้ถูกที่ ทิ้งขยะให้ถูกที่ และ นำขยะที่ใช้ได้กลับมารีไซเคิล) 3. ครูนำอภิปรายประกอบการใช้คำถามว่าปัญหาไฟฟ้าลัดวงจรนั้นมีผลกระทบต่อตนเองและสังคมอย่างไร (ทำให้สูญเสียทรัพย์สิน หากเกิดไฟไหม้และไฟอาจไหม้เป็นบริเวณกว้างหากมีการควบคุมไฟไม่ทัน) เพื่อให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นต่อปัญหาไฟฟ้าลัดวงจรภายในบ้าน 4. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละประมาณ 4-5 คน จากนั้นครูแจกสถานการณ์เรื่อง ไฟฟ้าลัดวงจร ให้นักเรียนได้ศึกษาเพื่อหาข้อมูลในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว	นำไปใช้ประโยชน์ต่อได้มากมาย ทั้งทำปุ๋ยหมัก อาหารสัตว์ รวมถึงผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า	

สถานการณ์ เรื่อง "ขยะ" วายร้ายจากน้ำมือมนุษย์ ช่วยกันลดง่าย ๆ แค่ช่วยกันแยกก่อนทิ้ง

"ทำไมต้องแยกขยะ ในเมื่อสุดท้ายก็เอาไปเทรวมกันอยู่ดี" คำถามคาใจที่หลายคนยังสงสัยว่าการแยกขยะมีประโยชน์อย่างไร มาหาคำตอบไปพร้อม ๆ กันกับสถานการณ์ "ขยะ" ที่กำลังลุกลามเข้าขั้นวิกฤต

"ขยะ" จากสิ่งของชิ้นเล็ก ๆ ที่กลายเป็นปัญหาใหญ่ระดับประเทศ หรือพูดว่าเข้าขั้นวิกฤตก็ไม่ผิดนัก เนื่องจากสรุปสถานการณ์มลพิษ ปี 2561 ของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เปิดเผยว่า ประเทศไทยมีปริมาณขยะมากถึง 27.8 ล้านตัน หากคิดเป็นค่าเฉลี่ยต่อคนแล้วละอยู่ที่ประมาณ 1.15 กิโลกรัมต่อคนต่อวันเลยทีเดียว

มาดูไปพร้อม ๆ กันว่า "ขยะ" มากมายเหล่านี้มาจากไหน สาเหตุอะไรที่ทำให้เกิดวิกฤต มีวิธีใดช่วยจัดการให้น้อยลงได้บ้าง แล้วทุกคนจะช่วยกันผ่าน

ปัญหานี้ไปได้อย่างไร การแยกขยะช่วยลดขยะได้จริงไหม มีวิธีคัดแยกขยะอย่างไร สร้างประโยชน์อะไรให้กับชุมชนบ้าง

ปัญหาขยะในประเทศไทย

เมื่อพูดถึงเรื่อง "ขยะ" อาจจะคิดไปว่าคือของเสียหรือสิ่งปฏิกูลที่รอการกำจัด และอยู่ในความรับผิดชอบของภาครัฐที่จะต้องเข้ามาจัดการดูแลในส่วนนี้ ซึ่งจริง ๆ แล้ว "ขยะ" เกิดจากสิ่งของหรือเศษวัสดุเหลือใช้ในชีวิตประจำวันที่รอนำไปกำจัดทิ้ง เช่น เศษอาหาร กล่องโฟม ขวดพลาสติก กระดาษ ฯลฯ หากแยกให้ถูกวิธีก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้มากมาย ทั้งทำปุ๋ยหมัก อาหารสัตว์ รวมถึงผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561 กรมควบคุมมลพิษ

จากกราฟหากเทียบกับจำนวนขยะตลอดระยะ 10 ปี ที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี 2552 จนถึงปีล่าสุด จะเห็นว่าขยะในประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ

โดยจำนวนขยะทั้งหมดในปี 2561 แบ่งออกเป็นขยะที่ถูกนำไปกำจัดอย่างถูกต้อง 10.88 ล้านตัน อีก 9.58 ล้านตัน มีการนำกลับไปใช้ใหม่ และส่วนสุดท้ายอีก 7.36 ล้านตัน ถูกนำไปกำจัดแบบไม่ถูกต้องและสร้างปัญหาตามมามากมาย ไม่ว่าจะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค มีสิ่งสกปรกปนเปื้อนในแหล่งน้ำ พื้นดิน เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังส่งกลิ่นเหม็น ฝุ่น ควัน สร้างความรำคาญและภาพที่ไม่น่าดูอีกต่างหาก

สาเหตุที่ทำให้ขยะเพิ่มขึ้นเป็นเพราะอะไร

สาเหตุที่ทำให้ขยะมีปริมาณมากขึ้นก็มาจากปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่

► จำนวนประชากรมากขึ้น หรือพูดง่าย ๆ ก็คือ ยิ่งมีจำนวนคนมากขึ้นเท่าไร จำนวนขยะก็ยิ่งเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว เพราะขยะเกิดจากสิ่งของที่อยู่ในชีวิตประจำวันของเรา ซึ่งมีทั้งส่วนที่เรานำไปใช้ประโยชน์ และส่วนเกินที่ต้องนำไปกำจัดทิ้ง

► กำจัดขยะผิดวิธี การกำจัดขยะไม่ใช่แค่การทำให้ขยะหายไปจากบ้านของเรา เช่น กองทิ้งบนดินรกร้าง นำไปเผากลางแจ้ง ทิ้งลงสู่ทะเล-แม่น้ำลำคลอง หรือจบแค่การทิ้งลงถังขยะเท่านั้น เพราะนอกจากจะทำให้ขยะเพิ่มขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมาแบบไม่รู้จบ

► การนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ยังมีน้อย แม้ในตอนนี้หลาย ๆ องค์กรจะมีการรณรงค์เรื่องการนำขยะกลับมารีไซเคิล แต่ก็ยังช่วยกำจัดขยะได้เพียงบางส่วนเท่านั้น เช่น ในปี 2561 มีการนำขยะกลับไปใช้ประโยชน์ 9.58 ล้านตัน จากขยะทั้งหมด 27.82 ล้านตัน

ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ที่มีปริมาณขยะเยอะ ๆ นับพันตันต่อวันนั้น ส่วนมากจะเป็นเมืองใหญ่ เขตอุตสาหกรรม และแหล่งท่องเที่ยว โดยเฉพาะกรุงเทพมหานคร ที่มีปริมาณขยะมากถึง 13,240 ตันต่อวัน รองลงมา คือ ชลบุรี 2,591 ตันต่อวัน และตามมาด้วย จังหวัดนครราชสีมา 2,480 ตันต่อวัน

วิธีการจัดการขยะแบบไหนถูกต้อง

การกำจัดขยะจะมีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผล ก็ขึ้นอยู่กับการจัดการขยะ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนตามแนวคิด Waste Management Hierarchy โดยการลำดับความสำคัญของการจัดการขยะ ประกอบด้วย

► Source Reduction and Reuse การลดและการใช้ซ้ำที่แหล่งกำเนิด เช่น การนำถุงผ้ากลับมาใช้ซ้ำแทนการใช้ถุงพลาสติก นำแก้วน้ำส่วนตัวไปซื้อเครื่องดื่มแทนแก้วพลาสติกแบบใช้แล้วทิ้ง หรือการนำของเก่าไปบริจาคให้กับผู้ที่ต้องการ เป็นต้น

► Recycling and Composting การนำกลับมาแปรรูปใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ หรือที่หลายคนเรียกกันติดปากว่า การรีไซเคิล นั่นเอง เช่น การประดิษฐ์ของใช้ภายในบ้านจากเศษวัสดุต่าง ๆ รวมไปถึงการนำเศษอาหารอย่าง ผัก เปลือกผลไม้ ไปทำเป็นปุ๋ยหมักสำหรับบำรุงดินอีกด้วย

► Energy Recovery การนำขยะกลับมาใช้เป็นพลังงาน ทั้งในรูปแบบของความร้อน ก๊าซชีวภาพ น้ำมัน และไฟฟ้า ด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น การกำจัดขยะด้วยเตาเผาไฟฟ้า ซึ่งสามารถกำจัดขยะได้อย่างเป็นรูปธรรม เห็นผล และนิยมใช้ในหลายประเทศ อาทิ ญี่ปุ่น เยอรมนี และสวิตเซอร์แลนด์

► Landfill การฝังกลบ ลำดับสุดท้ายของการกำจัดขยะ แม้จะกำจัดขยะได้ทุกประเภท แต่ก็มีข้อจำกัดหลาย ๆ ด้าน ได้แก่ รองรับปริมาณขยะได้จำกัด ไม่สามารถทำได้ในหลายพื้นที่ ที่สำคัญหากออกแบบบ่อฝังกลบไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ส่งกลิ่นเหม็นรบกวน มี

น้ำชะขยะปนเปื้อนกับดินและแหล่งน้ำ

ประโยชน์ของการแยกขยะ

การแยกขยะ ไม่ใช่แค่ช่วยลดขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่ ที่จะต้องทำการคัดแยกก่อนส่งไปกำจัดตามสถานที่ต่าง ๆ เช่น โรงกำจัดขยะหรือบ่อฝังกลบ และช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ รวมทั้งการนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้นเท่านั้น เพราะขยะบางประเภทยังสามารถนำไปขายสร้างรายได้ให้กับครอบครัว อีกทั้งยังช่วยขับเคลื่อน Circular Economy หรือระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนในประเทศ ให้เกิดการใช้ทรัพยากรสูงสุด เช่น นำขยะมาแปรรูปเป็นของใช้ในบ้านหรือพลังงานไฟฟ้านั่นเอง

หากถามว่าการแยกขยะลดขยะได้จริงไหม ? ก็ขอตอบเลยว่า จริง เพราะปี 2561 จากสรุปสถานการณ์มลพิษ ปี 2561 ของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระบุว่า การจัดการขยะมีแนวโน้มที่ดี เมื่อมีการคัดแยกขยะตั้งแต่ต้นทาง ทำให้สามารถนำขยะเหล่านั้นกลับไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น เช่น ในปี 2560 มีการนำขยะกลับไปใช้ 8.51 ล้านตัน แต่ในปี 2561 เพิ่มขึ้นเป็น 9.58 ล้านตัน ก็ถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีไม่น้อยเลย รู้แบบนี้แล้วก็อย่าลืมช่วยกันแยกขยะก่อนนำไปทิ้งด้วยนะคะ

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (11 คาบ)

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ชิ้นงานและผลการเรียนรู้
คาบที่ 2-3 1. ครูกล่าวทักทายนักเรียนพร้อมทั้งทบทวนสถานการณ์เรื่อง "ขยะ" วายร้ายจากน้ำมือมนุษย์ ช่วยกันลดง่าย ๆ แค่ช่วยกันแยกก่อนทิ้ง ที่เคยให้นักเรียนได้อ่าน โดยใช้การกระตุ้นด้วยคำถาม เช่น “จากที่ครูให้นักเรียนได้อ่านเรื่อง"ขยะ" วายร้ายจากน้ำมือมนุษย์ ช่วยกันลดง่าย ๆ แค่ช่วยกันแยกก่อนทิ้ง ไปคาบที่แล้วนักเรียนคิดว่าเราจะแก้ปัญหาดังกล่าวได้อย่างไร 2. ครูกำหนดกรอบแนวคิดเพื่อให้นักเรียนใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาภายใต้หัวข้อ “การสร้างโคมไฟจากเศษขยะ” 3. ครูกำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นก่อนการมอบหมายงานให้นักเรียน ดังนี้ 2.1 ให้นักเรียนสร้างโคมไฟจากขยะที่นักเรียนสนใจ	วิทยาศาสตร์ (S) - ปริมาณทางไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า เกิดจากการไหลของอิเล็กตรอน มีหน่วยทางระบบ SI ว่า แอมแปร์ เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าคือ แอมมิเตอร์ กระแสไฟฟ้ามี 2 ชนิดคือ 1. ไฟฟ้ากระแสตรง คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลไปทางเดียวกันตลอด เช่น ไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์ไฟฟ้าเคมีและแบตเตอร์รี 2. ไฟฟ้ากระแสสลับ คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลกลับไปกลับมาตลอดเวลา เช่น ไฟฟ้าที่ใช้ตาม	1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กระแสไฟฟ้าและความต้านทานได้ (K) 2. บอกความหมายของความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานได้ (K) 3. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้ (K)	1. กิจกรรมที่ 6.1 ใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าได้อย่างไร 2. กิจกรรมที่ 6.2 ใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ได้อย่างไร 3. แบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ปริมาณทางไฟฟ้า

กลุ่มละ 1 ชิ้น 2.2 กำหนดเวลาในการส่งโคมไฟ (คาบสุดท้ายของหน่วยการเรียนรู้) 3. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าเบื้องต้น เพื่อใช้เป็นองค์ความรู้ในการสร้างชิ้นงาน 3.1 ครูนำภาพปรากฏการณ์ฟ้าแลบให้นักเรียนดู พร้อมตั้งคำถามว่า - จากภาพนักเรียนเห็นอะไรบ้าง (ภาพปรากฏการณ์ฟ้าแลบ) - นักเรียนคิดว่าเหตุการณ์ในภาพจะเกิดขึ้นเมื่อใด และเพราะเหตุใดจึงเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นโดยไม่มีผิดถูก และครูยังไม่เฉลย พร้อมทั้งนำไฟฉายให้นักเรียนได้ดูการต่อวงจรอย่างง่าย เพื่อเป็นการทบทวนความรู้ 3.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ 6.1 เรื่อง การใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าได้อย่างไร (ในหนังสือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.3 เล่ม 2 หน้า 67) พร้อมทั้งนำเสนอหน้าชั้นเรียน	บ้านเรือน ความต่างศักย์ ระดับของปริมาณพลังงานไฟฟ้า จากจุด 2 จุด ซึ่งวัดได้ด้วย เครื่องมือที่เรียกว่า โวลต์มิเตอร์ มีหน่วยเป็น โวลต์ ความต้านทานไฟฟ้า หมายถึง สมบัติของลวดตัวนำที่ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า วัดได้ด้วยเครื่องมือเครื่องมือที่เรียกว่าโอห์มิเตอร์ มีหน่วยเป็น โอห์ม - กฎของโอห์ม ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้ามีมาก ความต่างศักย์ก็จะมากขึ้น และความต้านทานไฟฟ้าจะลดน้อยลง เขียนสมการได้เป็น V = IR - วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม หมายถึง		

3.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้า และการใช้แอมมิเตอร์ ดังนี้ กระแสไฟฟ้า คือ ปริมาณที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านหน้าตัดของตัวนำไฟฟ้าในหนึ่งหน่วยเวลา โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดกระแสไฟฟ้าคือ แอมมิเตอร์ 3.4 ครูถามนักเรียนว่า - จากการทดลองที่ผ่านมานักเรียนคิดว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลมาจากไหน (ความต่างศักย์ไฟฟ้า) - แล้วเราจะสามารถรู้ค่าพลังงานไฟฟ้าได้หรือไม่ (ได้โดยการใช้โวลต์มิเตอร์ในการวัด) - นักเรียนคิดว่าขั้วของถ่านไฟฉายมีผลต่อกระแสไฟฟ้าหรือไม่ (มีผลเป็นเป็นจุดที่เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า) 3.5 ครูยังไม่เฉลยพร้อมทั้งให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 6.2 ใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าได้อย่างไร (ในหนังสือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.3 เล่ม 2 หน้า 17) 3.6 นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน 3.7 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลต์มิเตอร์ ดังนี้ ความต่างศักย์ไฟฟ้า	การนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อเรียงลำดับกันไป - วงจรไฟฟ้าแบบขนาน หมายถึง การต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าโดยให้ปลายทั้ง 2 นของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน - พลังงานไฟฟ้า หมายถึง พลังงานที่ใช้ไปหรือสร้างขึ้นมาใหม่จากกำลังไฟฟ้าที่ส่งเข้าหรือส่งออกไปโดยมีความสัมพันธ์กับเวลา - อิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง การควบคุมหรือออกแบบการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า เทคโนโลยี (T) - การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง - การใช้เว็บไซต์ PHET ในการทำการทดลอง วิศวกรรมศาสตร์ (E)		

คือ ค่าพลังงานที่มีอยู่ในประจุไฟฟ้า ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดคือ โวลต์มิเตอร์ 3.8 ครูอธิบายเชื่อมโยงกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าว่าเกี่ยวข้องอย่างไรกับปรากฏการณ์ฟ้าแลบ โดยปรากฏการณ์ฟ้าแลบเกิดจากประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ที่เกิดจากความต่างศักย์ที่ต่างกันพร้อมทั้งให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ปริมาณทางไฟฟ้า	- ออกแบบและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด คณิตศาสตร์ (M) - สามารถคำนวณค่าปริมาณไฟฟ้าต่าง ๆ ตามที่กำหนดได้		
คาบที่ 4		จุดประสงค์	ชิ้นงานและผลการเรียนรู้
3.9 ครูกล่าวทักทายนักเรียนและร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับปริมาณทางไฟฟ้าโดยใช้คำถามว่า - จากที่เราทำการทดลองไปคาบที่แล้ว เราได้ทำการทดลองเกี่ยวกับอะไรบ้าง (การวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์) - แล้วนักเรียนคิดว่าถ้าไม่มีความต่างศักย์ไฟฟ้าฟ้าจะ		1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานได้ (K) 2. บอกความหมายของความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและ	1. กิจกรรมที่ 6.3 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กัน

เกิดกระแสไฟฟ้าหรือไม่ (ไม่เกิด) - จากการทดลองที่นักเรียนทำในชั่วโมงที่แล้วนักเรียนคิดว่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์สัมพันธ์กันอย่างไร (กระแสไฟฟ้าไหลเนื่องจากความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า) ครูยังไม่เฉลยพร้อมทั้งให้นักเรียนทำกิจกรรมดังนี้ 3.10 นักเรียนทำกิจกรรมที่ 6.3 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร ในหนังสือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.3 เล่ม 2 หน้า 75 พร้อมทั้งออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน 3.11 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความต่างศักย์กับกระแสไฟฟ้า พร้อมทั้งยกตัวอย่างการคำนวณกฎของโอห์ม 3.12 นักเรียนทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าพร้อมทั้งทำแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ของปริมาณไฟฟ้า		ความต้านทานได้ (K) 3. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้ (K) 7. คำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องทางไฟฟ้าได้ (P) 8. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ (P) 9. ใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้ (P)	อย่างไร 2. แบบฝึกหัดที่ 2 เรื่องความสัมพันธ์ของปริมาณไฟฟ้า
คาบ 5-6		จุดประสงค์	ชิ้นงานและผลการเรียนรู้

3.13 ครูทบทวนบทเรียนจากที่เรียนคาบที่แล้ว เรื่อง การคำนวณปริมาณทางไฟฟ้าฟ้า 3.14 ครูถามนักเรียนว่า - นักเรียนคิดว่าหลอดไฟภายในบ้านใช้งานได้อย่างไร (มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้หลอดไฟติด) - นักเรียนเคยสังเกตหรือไม่ว่าเมื่อเราปิดสวิตซ์ไฟทำไมไฟจึงดับ (การปิดสวิตซ์ไฟทำให้กระแสไฟฟ้าเข้าที่หลอดไฟไม่ได้ทำให้หลอดไฟดับ) - นักเรียนเคยสังเกตหรือไม่ว่าไฟในบ้านของเราดับแบบใดระหว่าง ปิดสวิตซ์ 1 ครั้ง แล้วไฟดับ 1 ดวง หรือ ปิดสวิตซ์ 1 ครั้งแล้วไฟดับหลายดวง - นักเรียนเคยสังเกตหรือไม่ว่าทำไมไฟในโรงหนังถึงดับพร้อมกันในขณะที่กดสวิตซ์ตัวเดียว (เนื่องจากเป็นการต่อหลอดไฟแบบอนุกรม) 3.15 ครูยังไม่เฉลย และทบทวนความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย โดยให้ดูภาพการต่อวงจรพร้อมทั้งให้นักเรียนตอบว่า วงจรใดจะติด และวงจรใดจะดับ 3.16 ครูอธิบายนักเรียนเกี่ยวกับสัญลักษณ์แทนอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในการต่อวงจร พร้อมทั้งยกตัวอย่างการวาด		3. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้ 4. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมและแบบขนานได้ 10. เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและขนานได้	1. กิจกรรมที่ 6.4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเป็นอย่างไร 2. กิจกรรมที่ 6.5 วงจรไฟฟ้าแบบขนานเป็นอย่างไร 3. แบบฝึกหัดที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนาน

ภาพวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย 3.17 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 6.4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเป็นอย่างไร ในหนังสือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.3 เล่ม 2 หน้า 85 3.18 นักเรียนทำกิจกรรมที่ 6.5 วงจรไฟฟ้าขนานเป็นอย่างไร ในหนังสือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.3 เล่ม 2 หน้า 87 3.19 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการต่อวงจรแบบอนุกรมและแบบขนาน ว่าการต่อวงจรแบบอนุกรมเป็นการต่อวงจรที่นำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาเรียงต่อกัน กระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวจะเท่ากัน และการต่อวงจรแบบขนานเป็นการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าแบบคร่อมกัน โดยกระแสไฟฟ้าแต่ละอุปกรณ์อาจจะไม่เท่ากันโดยกระแสจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความต้านทานของอุปกรณ์นั้น ๆ 3.20 นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนาน			

คาบที่ 7		จุดประสงค์	ชิ้นงานและผลการเรียนรู้
3.21 ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน 3.22 ครูถามคำถามนักเรียนว่า - นักเรียนคิดว่าในบ้านของเรามีการต่อวงจรไฟฟ้าหรือไม่ (มีการต่อวงจรไฟฟ้า) - และบ้านของเรามีอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดแล้วทำไมอุปกรณ์แต่ละชนิดติดไม่พร้อมกันเมื่อเปิดสวิตซ์ไฟ (เป็นการต่อแบบขนาน) 3.23 ครูอธิบายเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน ต่างๆ พร้อมทั้งแผงควบคุมไฟฟ้าภายในบ้าน และการทำงานของฟิวส์ และอันตรายที่เกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรหากต่อวงจรได้ไม่เหมาะสม 3.24 นักเรียนทำกิจกรรมท้ายบท ออกแบบวงจรไฟฟ้าในห้องได้อย่างไร ในหนังสือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.3 เล่ม 2 หน้า 93 3.25 ครูให้นักเรียนนำใบแจ้งค่าไฟฟ้ามาในคาบถัดไป		10. เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและขนานได้ (P)	1. กิจกรรมท้ายบท เรื่อง ออกแบบวงจรไฟฟ้าในห้องได้อย่างไร

คาบที่ 8-9		จุดประสงค์	ชิ้นงานและผลการเรียนรู้
3.26 ครูทบทวนเกี่ยวกับการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ทางไฟฟ้า และนำภาพการส่งไฟฟ้าจากโรงงานไปยังบ้านเรือน ให้นักเรียนดูพร้อมทั้งถามคำถาม - จากภาพนักเรียนสังเกตเห็นอะไรบ้าง - นักเรียนคิดว่าจากภาพมีผลต่อการใช้ชีวิตของเราอย่างไร ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นโดยไม่มีผิดหรือถูก 3.27 ครูอธิบายเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป 1 หน่วยเวลา โดยมีสูตรในการคำนวณคือ $P=\frac{W}{t}$ 3.28 ครูยกตัวอย่างการคำนวณ และอธิบายเกี่ยววิธีการคำนวณใบแจ้งค่าไฟฟ้าที่ให้นักเรียนนำมา 3.29 นักเรียนทำกิจกรรมการคำนวณค่าไฟบ้าน 3.30 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย พร้อมทั้งให้นักเรียน		5. อธิบายความหมายของพลังงานไฟฟ้าได้ (K) 11. คำนวณพลังงานไฟฟ้าได้ (P) 12. คำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ (P) 14. ตะหนักในคุณค่าของการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัยได้	1. กิจกรรมการคำนวณค่าไฟบ้าน 2. ผังมโนทัศน์เรื่อง การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย

แต่ละกลุ่มช่วยกันยกตัวอย่างารใช้ไฟฟ้าอย่างประหัดและปลอดภัย 3.31 นักเรียนทำผังมโนทัศน์เรื่อง การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย			
คาบที่ 10-11		จุดประสงค์	ชิ้นงานและผลการเรียนรู้
3.32 ครูให้นักเรียนชมภาพหุ่นยนต์ผู้สำรวจดาวอังคาร R5 ของนาซ่า พร้อมทั้งตั้งคำถาม - นักเรียนคิดว่าสิ่งนี้คืออะไร ใช้ทำอะไรและมีประโยชน์อย่างไร - นักเรียนคิดว่าจากเรื่องที่เราเรียนมาเกี่ยวกับไฟฟ้าหุ่นยนต์ตัวนี้มีความเกี่ยวข้องหรือไม่ ครูยังไม่เฉลยพร้อมทั้งให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในห้อง 3.33 ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนบทเรียนเกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้าในแบบต่าง ๆ		6. บรรยายการทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรจากข้อมูลที่รวบรวมได้ 10. เขียนแผนภาพและต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรไฟฟ้า	1. กิจกรรมที่ 6.7 ตัวต้านทานมีหน้าที่อะไร 2. แบบฝึกหัดเรื่องการหาค่าตัวต้านทาน

3.34 ครูให้นักเรียนดูตัวอย่างวงจรไฟฟ้าที่มีชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อยู่ในวงจร และให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่าอุปกรณ์ที่อยู่ในวงจรต่าง ๆ ทำหน้าที่อะไร 3.35 นักเรียนทำการทดลอง กิจกรรมที่ 6.7 ตัวต้านทานมีหน้าที่อะไร (หนังสือ วิทยาศาสตร์สสวท. ม.3 เล่ม 2 หน้า 119) โดยใช้เว็บไซต์ https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_th.html ในการทำการทดลอง 3.36 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับการทดลอง 3.37 ครูนำอภิปรายเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวต้านทาน พร้อมทั้งยกตัวอย่างการคำนวณและการอ่านค่าแถบสีตัวต้านทาน 3.38 นักเรียนทำแบบฝึกหัดเรื่อง การหาค่าตัวต้านทาน			

คาบที่ 12		จุดประสงค์	ชิ้นงานและผลการเรียนรู้
3.39 ครูนำป้ายไฟที่มีไดโอดเปร่งแสงเป็นองค์ประกอบมาให้นักเรียนชมและถามนักเรียนว่า - นักเรียนคิดว่าทำไมป้ายไฟจึงมีแสง นักเรียนร่วมกันตอบคำถามโดยไม่เน้นถูกหรือผิด และครูยังไม่เฉลยพร้อมทั้งให้ทำกิจกรรมที่ 6.8 ไดโอดมีหน้าที่อะไร ในหนังสือ วิทยาศาสตร์สสวท. ม.3 เล่ม 2 หน้า 127 3.40 นักเรียนนำเสนอผลการทดลองพร้อมทั้งแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในห้อง 3.41 ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับไดโอด ว่า ไอโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขั้นให้กระแสไหลผ่านได้ทางเดียว มีหลากหลายรูปแบบรูปแบบหนึ่งคือไดโอดเปร่งแสง 3.42 ครูบอกตัวอย่างว่าไดโอดเปร่งแสงมีประโยชน์ดังนี้ ใช้ในการทำนาฬิกา ป้ายแสดงผลคะแนน และสถานะคอมพิวเตอร์ 3.43 ครูอธิบายเกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ		6. บรรยายการทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรจากข้อมูลที่รวบรวมได้ 10. เขียนแผนภาพและต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรไฟฟ้า	1. กิจกรรมที่ 6.8 ไดโอดมีหน้าที่อะไร 2. แบบฝึกหัดเรื่องการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ได้แก่ ตัวเก็บประจุ ทรานซิสเตอร์ และเบรดบร์ด 3.44 นักเรียนทำแบบฝึกหัดเรื่อง การต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์			

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (2 คาบ)

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ชิ้นงานและผลการเรียนรู้
1. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 8 เรื่องการออกแบบเพื่อออกแบบโคมไฟให้แต่ละกลุ่ม โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการในการต่อวงจรไฟฟ้าของโคมไฟจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มาให้ได้มากที่สุด จากนั้นเปรียบเทียบแต่ละวิธีการว่ามีข้อดี ข้อจำกัดใดบ้าง รวมทั้งประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการที่เลือกมาทั้งในด้านวัสดุอุปกรณ์ต้นทุน ความปลอดภัย ฯลฯ เป็นต้น 2. สมาชิกในกลุ่มลงข้อสรุปร่วมกันเพื่อเลือกมา 1 วิธีการซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง และให้นักเรียนเขียนแผนภาพลงในกระดาษบรู๊ฟโดยมีรายละเอียดของขนาดและอุปกรณ์ที่ชัดเจนจากนั้นนำเสนอหน้าชั้นเรียน 3. ครูสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม	เทคโนโลยี (T) - การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง วิศวกรรมศาสตร์ (E) - ออกแบบและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด คณิตศาสตร์ (M) - การคำนวณขนาดของแบบจำลองก่อนที่จะสร้างแบบจำลองจริง	- แผนภาพการออกแบบโคมไฟ

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (2 คาบ)

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ภาระงาน/ชิ้นงาน
1. นักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน เช่น กำหนดขั้นตอนการทำงาน การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ ระยะเวลา วิธีการเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูล ฯลฯ เป็นต้น 2. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการสร้างโคมไฟตามแบบที่ออกแบบไว้ 3. ครูอำนวยความสะดวกในการจัดหาสถานที่ เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ให้พร้อม กำหนดเวลาการทำงาน รวมทั้งมีการตรวจสอบความคิดเห็นของนักเรียน เช่น การตั้งคำถามให้ผู้เรียนอธิบายในสิ่งที่ออกแบบไว้ และพยายามไม่ให้ผู้เรียนหลงประเด็น	เทคโนโลยี (T) - การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง วิศวกรรมศาสตร์ (E) - ออกแบบและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด คณิตศาสตร์ (M) - การคำนวณต้นทุนการสร้างแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง	- โคมไฟจากขยะรีไซเคิล

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (2 คาบ)

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ชิ้นงานและผลการเรียนรู้
1. ครูให้แต่ละกลุ่มนำชิ้นงานที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพของโคมไฟ 2. นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ผลแสดงในรูปของตารางและกราฟ 3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลที่ได้จากการทดสอบหน้าชั้นเรียน เพื่อประเมินผลการทดสอบของแต่ละกลุ่มว่ากลุ่มใดให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด 4. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งคำถาม แสดงความคิดเห็น หรือเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อการปรับปรุงแก้ไขคุณภาพของชิ้นงานที่แต่ละกลุ่มได้สร้างสรรค์ขึ้นมาให้ดีขึ้น 5. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อเสนอแนะจากเพื่อน ๆ ต่างกลุ่ม และจากผลการทดสอบมาปรับปรุงชิ้นงานสำหรับการต่อยอดความรู้หรือการดำเนินการครั้งต่อไป	วิทยาศาสตร์ (S) - การทดลองแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น เทคโนโลยี (T) - การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง วิศวกรรมศาสตร์ (E) - ออกแบบและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด คณิตศาสตร์ (M) - คำนวณขนาดของแบบจำลองได้ - วิเคราะห์ผลการทดลองของแบบจำลองเป็นรูปแบบกราฟได้	- โคมไฟจากขยะรีไซเคิล

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (1 คาบ)

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา	ชิ้นงานและผลการเรียนรู้
1. นักเรียนและครูร่วมกันจัดนิทรรศการเพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอโคมไฟ และเปิดโอกาสให้เพื่อนต่างกลุ่มเข้ามาชมผลงาน 2. นักเรียนเผยแพร่ชิ้นงานลงในเว็บไซต์ Facebook เพื่อให้บุคคลทั่วไปได้รับชมชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม	วิทยาศาสตร์ (S) - อธิบายโคมไฟตามหลักการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (T) - ใช้เว็บไซต์ Facebook ในการเผยแพร่ผลงานได้	- โคมไฟจากขยะรไซเคิล

ขั้นที่ 3 ความคิดรวมยอด (1 คาบ)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับชิ้นงานของแต่ละกลุ่มเพื่อสรุปผลการแก้ปัญหาของชิ้นงาน

2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนในเรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น

6. อุปกรณ์ สื่อ และแหล่งการเรียนรู้

1. Power point

2. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์พื้นฐานของ สสวท. ม.3 เล่ม 2

3. วีดีทัศน์ “ข่าวไฟไหม้เพราะไฟฟ้าลัดวงจร”

4. สถานการณ์ เรื่อง "ขยะ" วายร้ายจากน้ำมือมนุษย์ ช่วยกันลดง่าย ๆ แค่ช่วยกันแยกก่อนทิ้ง

1. กิจกรรมที่ 6.1 ใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าได้อย่างไร

2. กิจกรรมที่ 6.2 ใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ได้อย่างไร

3. แบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ปริมาณทางไฟฟ้า

4. กิจกรรมที่ 6.3 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

5. แบบฝึกหัดที่ 2 เรื่องความสัมพันธ์ของปริมาณไฟฟ้า

6. กิจกรรมที่ 6.4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเป็นอย่างไร

7. กิจกรรมที่ 6.5 วงจรไฟฟ้าแบบขนานเป็นอย่างไร

8. แบบฝึกหัดที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนาน

9. กิจกรรมท้ายบท เรื่อง ออกแบบวงจรไฟฟ้าในห้องได้อย่างไร

10. กิจกรรมการคำนวณค่าไฟบ้าน

11. ผังมโนทัศน์ เรื่อง การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย

12. กิจกรรมที่ 6.7 ตัวต้านทานมีหน้าที่อะไร

13. แบบฝึกหัดเรื่อง การหาค่าตัวต้านทาน1. กิจกรรมที่ 6.8 ไดโอดมีหน้าที่อะไร

14. แบบฝึกหัดเรื่อง การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์

15. แผนภาพการออกแบบโคมไฟ

16. โคมไฟจากขยะรีไซเคิล

17. เว็บไซต์ https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_th.html

18. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์และตัวต้านทานเป็นต้น

19. กระดาษบรู๊ฟ

20. เว็บไซต์ www.facebook.com

8. การวัดและประเมินผล

ด้าน	รายการประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ความรู้ (K)	1. ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 2. การตรวจสมุดจดบันทึก 3. การตรวจโคมไฟจากขยะรีไซเคิล	1. แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 2. สมุดจดบันทึก 3. โคมไฟจากขยะรีไซเคิล	1. ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 2. จดบันทึกข้อมูลได้มากกว่าร้อยละ 70 3. สร้างโคมไฟได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70
1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานได้ 2. บอกความหมายของความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานได้ 3. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้	1. การตรวจแบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ปริมาณทางไฟฟ้า 2. การตรวจแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ของปริมาณทางไฟฟ้า 3. การตรวจแบบฝึกหัดที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน	1. แบบฝึกหัดที่ 1 เรื่องปริมาณทางไฟฟ้า 2. การตรวจแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ของปริมาณทางไฟฟ้า 3. แบบฝึกหัดที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน	1. ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป 2. ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป 3. ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป

4. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมและแบบขนานได้	การตรวจแบบฝึกหัดที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน	แบบฝึกหัดที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน	ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
5. อธิบายความหมายของพลังงานไฟฟ้าได้	ตรวจจากผังมโนทัศน์ เรื่อง การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย	ผังมโนทัศน์ เรื่อง การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย	ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
6. บรรยายการทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรจากข้อมูลที่รวบรวมได้	แบบฝึกหัดเรื่องการหาค่าตัวต้านทาน	แบบฝึกหัดเรื่องการหาค่าตัวต้านทาน	ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
กระบวนการ (P)	1. ความคิดสร้างสรรค์ 2. ปฏิบัติการทดลอง 3. การนำเสนอข้อมูลและการอภิปราย	1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางก่อนและหลังเรียน 2. แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน 3. แบบบันทึกภาคสนาม	ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
1. คำนวณปริมาณที่เกี่ยวทางไฟฟ้าได้ 2. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าได้	การตรวจคำถามท้ายกิจกรรมที่ 6.3 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร	คำถามท้ายกิจกรรมที่ 6.3 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร	ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป

3. ใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้			
4. เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและขนานได้	1. การตรวจคำถามท้ายกิจกรรมที่ 6.4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเป็นอย่างไร 2. การตรวจจากคำถามท้ายกิจกรรมที่ 6.5 เรื่องวงจรไฟฟ้าแบบขนานเป็นอย่างไร 3. ตรวจจากใบกิจกรรมท้ายบท เรื่อง ออกแบบวงจรไฟฟ้าภายในห้องได้อย่างไร	1. คำถามท้ายกิจกรรมที่ 6.4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเป็นอย่างไร 2. คำถามท้ายกิจกรรมที่ 6.5 เรื่องวงจรไฟฟ้าแบบขนานเป็นอย่างไร 3. ตรวจจากใบกิจกรรมท้ายบท เรื่อง ออกแบบวงจรไฟฟ้าภายในห้องได้อย่างไร	1. ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป 2. ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป 3. ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
5. คำนวณพลังงานไฟฟ้าได้ 6. คำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้	การตรวจจากการตอบคำถามใบกิจกรรมการคำนวณค่าไฟบ้าน	ใบกิจกรรมการคำนวณค่าไฟบ้าน	ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
7. เขียนแผนภาพและต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรไฟฟ้า	1. การตรวจจากการตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 6.7 ตัวต้านทานมีหน้าที่อะไร 2. การตรวจจากการตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 6.8 ไดโอดมีหน้าที่อะไร	1. กิจกรรมที่ 6.7 ตัวต้านทานมีหน้าที่อะไร 2. กิจกรรมที่ 6.8 ไดโอดมีหน้าที่อะไร	1. ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป 2. ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป

คุณลักษณะ (A)			
1. ตะหนักในคุณค่าของการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัยได้	การตรวจใบกิจกรรมการคำนวณค่าไฟฟ้า	ใบกิจกรรมการคำนวณค่าไฟฟ้า	ตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
2. นักเรียนมีความตรงต่อเวลา	1. ตรงต่อเวลา 2. มีคุณธรรมจริยธรรม 3. ใฝ่เรียนรู้ 4. มีความรับผิดชอบ	1. แบบประเมินคุณลักษณะ	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. นักเรียนมีคุณธรรมจริยธรรม			
4. นักเรียนมีความใฝ่เรียนรู้			
5. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ของตนเอง			

9. เกณฑ์การประเมิน

1. แบบทดสอบและใบงาน มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

80% ขึ้นไป	หมายถึง	ดีมาก
70 – 79%	หมายถึง	ดี
60 - 69%	หมายถึง	ปานกลาง
50 – 59%	หมายถึง	พอใช้
ต่ำกว่า 50%	หมายถึง	ต้องปรับปรุง

2. แบบประเมินคุณลักษณะ มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

3 คะแนน	หมายถึง	ดี
2 คะแนน	หมายถึง	ปานกลาง
1 คะแนน	หมายถึง	ปรับปรุง

3. แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

18 – 20 คะแนน	หมายถึง	ดีมาก
15 – 17 คะแนน	หมายถึง	ดี
12 – 14 คะแนน	หมายถึง	ปานกลาง
9 – 11 คะแนน	หมายถึง	พอใช้
ต่ำกว่า 8 คะแนน	หมายถึง	ปรับปรุง

4. แบบประเมินการประดิษฐ์ชิ้นงาน มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

12 – 15 คะแนน	หมายถึง	ดี
9 – 12 คะแนน	หมายถึง	พอใช้
5 – 8 คะแนน	หมายถึง	ปรับปรุง

10. บันทึกหลังงานสอน

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาวชยพัทธ์ นาคกุลบุตร)

วันที่...../...../.....

แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง : แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. กฎของโอห์มจะเกิดขึ้นได้จะต้องประกอบด้วยค่าพื้นฐานอะไรบ้าง (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ก. กระแส, ความต้านทาน และกำลังไฟฟ้า ข. แรงดัน, ความต้านทาน และกำลังไฟฟ้า

ค. กระแส, แรงดัน และความต้านทาน ง. กระแส, แรงดัน และกำลังไฟฟ้า

2. ตัวนำไฟฟ้าที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติเกี่ยวกับความต้านทานอย่างไร (วิเคราะห์ความสำคัญ)

ก. ความต้านทานน้อย ข. ความต้านทานมาก

ค. ความต้านทานคงที่ ง. ความต้านทานเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

3. ความแตกต่างระหว่างระดับพลังงานไฟฟ้า ระหว่างจุด 2 จุด ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ คือข้อใด (วิเคราะห์เชิงหลักการ)

ก. ประจุไฟฟ้า ข. กระแสไฟฟ้า

ค. ความต้านทานไฟฟ้า **ง. ความต่างศักย์ไฟฟ้า**

4. ตัวนำไฟฟาในขอใดเมื่อนำมาตอในวงจรไฟฟาแลวจะทำใหมีกระแสไฟฟาไหลในวงจรมากที่สุด (วิเคราะห์ความสำคัญ)

ก. มีความต้านทาน 3 โอหม ข. มีความต้านทาน 5 โอหม

ค. มีความต้านทาน 6 โอหม ง. มีความต้านทาน 7 โอหม

5. ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่มีความต้านทาน 10 โอห์ม มีขนาด 12 แอมแปร์จงหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (วิเคราะห์เชิงหลักการ)

ก. 110 V **ข. 120 V** ค. 210 V ง. 220 V

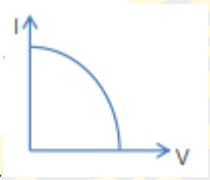
6. ไฟท้ายของรถยนต์เชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ถ้ากระแสไฟฟ้ามีค่า 0.50 แอมแปร์ ความต้านทานของไฟท้ายรถยนต์มีค่าเท่าไร (วิเคราะห์เชิงหลักการ)

ก. 10 โอห์ม ข. 14 โอห์ม ค. 20 โอห์ม **ง. 24 โอห์ม**

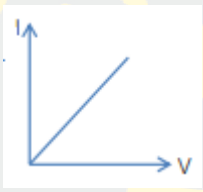
7. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีความต้านทาน 10 โอห์ม ถ้าความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของลวดตัวนำนี้มีค่า 50 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำนี้มีค่ากี่แอมแปร์ (วิเคราะห์เชิงหลักการ)

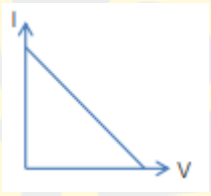
ก. 1 แอมแปร์ **ข. 5 แอมแปร์** ค. 5.1 แอมแปร์ ง. 60 แอมแปร์

8. ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเป็นไปตามข้อใด (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ก. 

ข.

ค. 

ง. 

9. เครื่องมือที่ใช้วัดความต่างศักย์ไฟฟ้า คือข้อใด (วิเคราะห์ความสำคัญ)

ก.แอมมิเตอร์ ข. โอห์มมิเตอร์ **ค. โวลต์มิเตอร์** ง.กัลวานอมิเตอร์

10.ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด (วิเคราะห์ความสำคัญ)

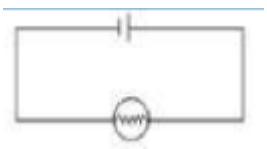
ก. แอมมิเตอร์ใช้วัดกระแสไฟฟ้า และต่อแบบขนานกับวงจร

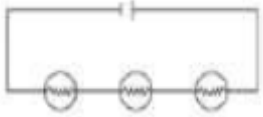
ข. โวลต์มิเตอร์ใช้วัดกระแสไฟฟ้า และต่อแบบขนานกับวงจร

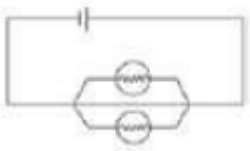
ค. แอมมิเตอร์ใช้วัดความต่างศักย์ไฟฟ้า และต่อแบบอนุกรมกับวงจร

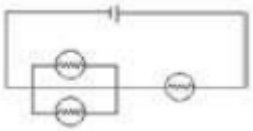
ง. โวลต์มิเตอร์ใช้วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าและต่อแบบขนานคร่อมจุดสองจุดที่ต้องการวัด

11. การต่อวงจรในข้อใดที่ให้ความสว่างน้อยที่สุด (วิเคราะห์ความสำคัญ)

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

12. ถ้านักเรียนมีหลอดไฟฟ้าเหมือนกันทุกประการจำนวน 6 หลอด นักเรียนจะต่อหลอดไฟฟ้าในวงจรอย่างไร เพื่อให้ได้ความสว่างมากที่สุด (วิเคราะห์ความสำคัญ)

ก. ต่อ 6 หลอด แบบขนาน

ข. ต่อ 6 หลอด แบบอนุกรม

ค. ต่อขนาน 2 หลอด 3 ชุด แล้วต่ออนุกรมกัน

ง. ต่ออนุกรม 3 หลอด 2 ชุด แล้วต่อขนานกัน

13. หลอด A และหลอด B มีจำนวนวัตต์ต่างกันต่ออนุกรมกันข้อความใดเป็นจริง (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ก. หลอด A และหลอด B สว่างเท่ากัน

ข. ถ้าหลอด A ดับหลอด B จะไม่ดับ

ค. ถ้าหลอด B ดับหลอด A จะไม่ดับ

ง. ถ้าหลอด A ดับหลอด B จะดับด้วย

14. ข้อใดคือความสัมพันธ์ของความต้านทานและการไหลของกระแสไฟฟ้า (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

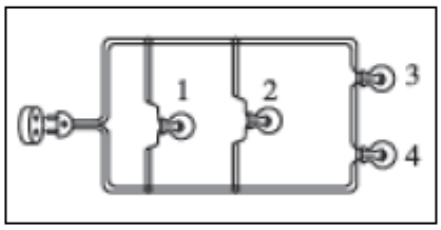
ก. ความต้านทานน้อย กระแสไฟฟ้าไหลได้น้อย

ข. ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ค. ความต้านทานมาก กระแสไฟฟ้าไหลมาก

ง. ความต้านทานมาก กระแสไฟฟ้าไหลน้อย

15. หลอดไฟฟ้าหลอดใดต่อแบบขนาน และหลอดไฟฟ้าหลอดใดต่อแบบอนุกรม



(วิเคราะห์ตวามสัมพันธ์)

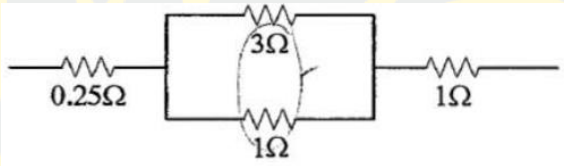
ก. 1, 2 ต่อแบบอนุกรม 3, 4 ต่อแบบขนาน

ข. 1, 2 ต่อแบบขนาน 3, 4 ต่อแบบอนุกรม

ค. 1, 3 ต่อแบบอนุกรม 2, 4 ต่อแบบขนาน

ง. 1, 4 ต่อแบบอนุกรม 2, 3 ต่อแบบขนาน

16.



ตัวต้านทานรวมเป็นเท่าใด (วิเคราะห์เชิงหลักการ)

ก. 2 โอห์ม ข. 3 โอห์ม ค. 4 โอห์ม ง. 5 โอห์ม

17. คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้าตรงกับข้อใด

ก. เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานจลน์

ข. เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล

ค. เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อน

ง. เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงอาทิตย์

18. จากข้อมูลในตาราง หลอดไฟ A ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าหลอดไฟ B กี่หน่วย เมื่อกำหนดให้ 1 หน่วย เท่ากับ 1 กิโลวัตต์ / ชั่วโมง (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ชนิดของหลอดไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า(วัตต์)	ระยะเวลาที่ใช้งาน(ชั่วโมง)
A	75	150
B	20	150

ก. 3.00 หน่วย **ข. 8.25 หน่วย** ค. 11.25 หน่วย ง. 55.00 หน่วย

19. ถ้าต่อตูเย็นกับความต่างศักย 220 โวลต์ มีกระแสไฟฟาไหลผ่าน 1.2 แอมแปร ตูเย็นเครื่องนี้มีกำลังไฟฟ้าเท่าไร (วิเคราะห์เชิงหลักการ)

ก. 183.3 วัตต **ข. 264.0 วัตต** ค. 440.0 วัตต ง. 545.4 วัตต์

20. หลอดไฟฟ้าขนาด 220V 80W ถ้าใชนาน 20 ชั่วโมงจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ากี่ยูนิต (วิเคราะห์เชิงหลักการ)

ก. 0.8 ยูนิต **ข. 1.6 ยูนิต** ค. 2.4 ยูนิต ง. 3.2 ยูนิต

21. หลอดไฟฟ้าเรืองแสงขนาด 40 วัตต์ 220 โวลต์กับหลอดไฟฟ้าธรรมดา 100 วัตต์ 110 โวลต์ เปิดนาน 10 ชั่วโมง เท่ากันจะเสียค่าไฟฟ้าต่างกันเท่าใด (ราคายูนิตละ 2 บาท) (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ก. 1.20 บาท **ข. 1.70 บาท** ค. 3.20 บาท ง. 2.20 บาท

22. ข้อสรุปใดผิด (วิเคราะห์ความสำคัญ)

ก. เมื่อกดสวิตช์เพื่อเปิดไฟมีผลทำให้วงจรไฟฟ้าเปิด

ข. การต่อหลอดไฟฟ้าเข้ากับวงจรไฟฟ้าในบ้านควรต่อแบบขนาน

ค. ถ้าฟิวส์ขาดไม่ควรใช้ลวดทองแดงต่อแทน เพราะอาจทำให้เกิดไฟไหม้ได้

ง. ฟิวส์ สวิตช์ และสะพานไฟเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการปิดและเปิดวงจรไฟฟ้าในบ้าน

23. เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดใดต้องจ่ายเงินค่าไฟฟ้ามากที่สุด (วิเคราะห์ความสำคัญ)

ก. ตู้เย็น 200 W ใช้นาน 1 ชั่วโมง ข. เครื่องซักผ้า 150 W ใช้นาน 1 ชั่วโมง

ค. โทรทัศน์สี 100 W ใช้นาน 5 ชั่วโมง ง. เตาไฟฟ้า 1,100 W ใช้นาน 20 นาที

24. ขนาดของฟิวส์มักจะบอกเป็นค่าอะไร (วิเคราะห์เชิงหลักการ)

ก. กระแสไฟฟ้า ข. การนำไฟฟ้า

ค. ความต้านทานไฟฟ้า ง. ความต่างศักย์ไฟฟ้า

25. การที่เราหมุนเครื่องรับวิทยุ เพื่อรับสถานีต่าง ๆ เกี่ยวข้องกับข้อใด (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ก. ปรับค่าตัวเก็บประจุ ข. ปรับค่าตัวต้านทานในวิทยุ

ค. เปลี่ยนค่ากระแสไฟฟ้าที่เข้าวิทยุ ง. เปลี่ยนค่ากระแสไฟฟ้าที่เผาไส้หลอดวิทยุ

26. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (วิเคราะห์ความสำคัญ)

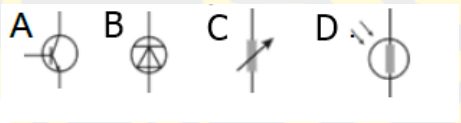
ก. อุปกรณ์ที่เป็นฉนวนไฟฟ้า

ข. อุปกรณ์ที่ควบคุมการไหลของประจุ

ค. อุปกรณ์ที่ควบคุมปริมาณและทิศทางการไหลของอิเล็กตรอน

ง. อุปกรณ์ที่ควบคุมปริมาณและทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

พิจารณาสัญลักษณ์ต่อไปนี้แล้วตอยคำถามข้อ 27



27. สัญลักษณ์ของไดโอด คือข้อใด (วิเคราะห์เชิงหลักการ)

ก. A **ข. B** ค. C ง. D

28. สัญลักษณ์ใดที่ลดปริมาณกระแสไฟฟ้าเมื่อต่อเข้าวงจรไฟฟ้า (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

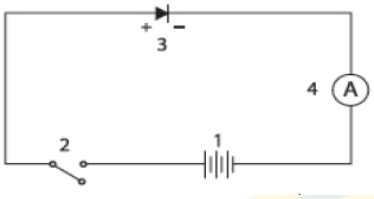
ก.

ข.

ค.

ง.

29.



การเรียงลำดับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามสัญลักษณ์ 1–4 ข้อใดถูกต้อง (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ก. แบตเตอรี่ สวิตช์ ไดโอด แอมมิเตอร์

ข. แบตเตอรี่ ไดโอด สวิตช์ ตัวต้านทาน

ค. ตัวต้านทาน สวิตช์ ไดโอดแอมมิเตอร์

ง. ตัวต้านทาน แบตเตอรี่ สวิตช์ แอมมิเตอร์

30.

จากรูป เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดใด (วิเคราะห์ความสำคัญ)

ก. LED ข. LDR ค. ตัวต้านทาน ง. ตัวเก็บประจุ

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน

1. ให้นักเรียนบอกปัญหาเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านให้มากที่สุดในเวลา 5 นาที (ความคิดคล่องตัว)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อที่ 1 แบ่งประเภทของปัญหาเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านตามสาเหตุของปัญหาให้ได้มากที่สุดในเวลา 5 นาที (ความคิดหยืดหยุ่น)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนเลือกปัญหาจากข้อที่ 1 มา 3 ปัญหา พร้อมทั้งคิดวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น (ความคิดริเริ่ม)

.....

.....

.....

.....

.....

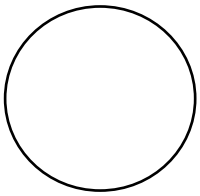
.....

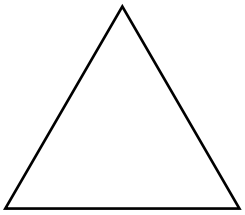
.....

.....

.....

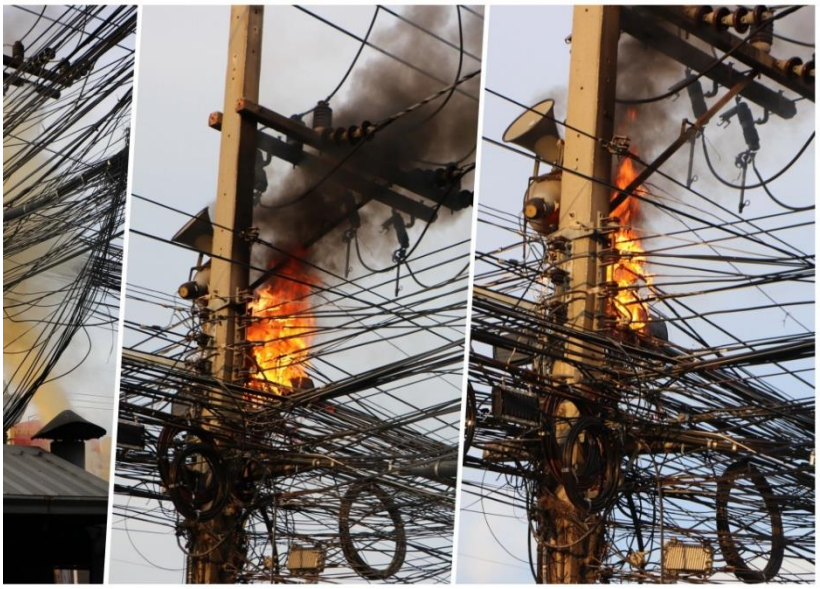
4. ให้นักเรียนต่อเติมรูปต่อไปนี้ให้เป็นรูปภาพที่สมบูรณ์ โดยออกแบบเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับไฟฟ้าภายในบ้านของนักเรียน ตามจินตนาการของตนเอง พร้อมตั้งชื่อภาพ





ชื่อภาพ..... ชื่อภาพ.....

ภาพต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 9-12



ที่มา : https://www.thairath.co.th/news/local/east/1279459

7. ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่กำหนดให้พร้อมทั้งตั้งคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในภาพมาให้มากที่สุดภายในเวลา 5 นาที (ความคิดคล่องตัว)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. จากภาพให้นักเรียนเขียนสาเหตุเกี่ยวกับเหตุการในภาพมาให้มากที่สุดภายในเวลา 5 นาที (ความคิดยืดหยุ่น)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. ให้นักเรียนบอกแนวทางการแก้ปัญหาหรือออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ไขหรือป้องกันการเกิดเหตุการณ์จากในภาพที่กำหนดให้ (ความคิดริเริ่ม)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการดับเพลิงที่จะใช้ในเหตุการณ์ข้างต้นได้ ตามจินตนาการของนักเรียน

“ยานยนต์ไฟฟ้า (EV)” เป็นยานพาหนะที่ขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยรถ EV จะใช้พลังงานจากไฟฟ้าแทนการใช้น้ำมันหรือพลังงานอื่น ๆ ระบบรถไฟฟ้าจะเก็บพลังงานเอาไว้ในแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จได้และแปลงพลังงานจากแบตเตอรี่มาขับเคลื่อนยานยนต์ จากข้อความดังกล่าวใช้ตอบคำถามข้อ 10-12

ที่มา : thailandindustrialtoday.com/นักวิจัย-สกว-ชี้ยานยนต์ไ/

9. จากข้อความดังกล่าว ให้นักเรียนบอกความแตกต่างระหว่างรถยนต์ธรรมดาทั่วไปกับยานยนต์ไฟฟ้ามาให้มากที่สุดภายในเวลา 5 นาที (ความคิดคล่องตัว)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. จากข้อความดังกล่าว ให้นักเรียนบอกประโยชน์ของยานยนต์ไฟฟ้ามาให้มากที่สุดภายในเวลา 5 นาที (ความคิดยืดหยุ่น)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11. ให้นักเรียนออกแบบยานยนต์ไฟฟ้าใบแบบของตนเอง พร้อมทั้งระบุคุณสมบัติต่าง ๆ ของยานยนต์ไฟฟ้า

.....

.....

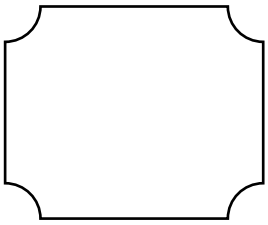
.....

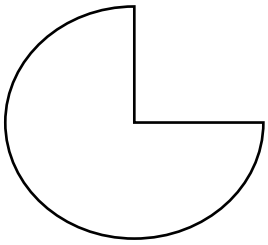
.....

.....

.....

12. ให้นักเรียนต่อเติมรูปต่อไปนี้ให้เป็นรูปภาพที่สมบูรณ์ มีความหมาย ตามจินตนาการของตนเอง พร้อมตั้งชื่อภาพ





ชื่อภาพ.....

ชื่อภาพ.....

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน

1. จงบอกวิธีใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัยมาให้มากที่สุดภายในเวลา 5 นาที (ความคิดคล่องตัว)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อที่ 1 ให้นักเรียนแบ่งประเภทของเครื่องใช้ไฟฟ้ามาให้มากที่สุดภายในเวลา 5 นาที (ความคิดหยืดหยุ่น)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อที่ 1 ให้นักเรียนออกแบบเครื่องใช้ไฟฟ้ามา 1 ชนิด ให้เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานมากที่สุดพร้อมทั้งอธิบายหลักการการทำงานของอุปกรณ์ที่นักเรียนออกแบบ

.....

.....

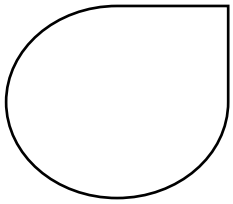
.....

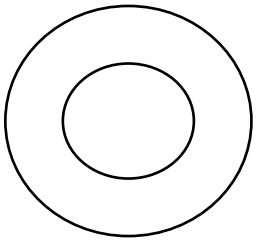
.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนต่อเติมรูปต่อไปนี้ให้เป็นรูปภาพที่สมบูรณ์ โดยออกแบบเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยประหยัดไฟฟ้าภายในบ้านของนักเรียน ตามจินตนาการของตนเอง พร้อมตั้งชื่อภาพ





ชื่อภาพ.....

ชื่อภาพ.....

BURAPHA UNIVERSITY

“อากาศร้อนส่งผลให้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น” อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 36-40 องศาเซลเซียสทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำความเย็นทำงานหนักและใช้ไฟฟ้ามากขึ้น จากสถานการณ์ระบาด COVID-19 ประชาชนทำงานที่บ้าน (WFH) ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าระยะเวลามากขึ้นเปิดแอร์นานขึ้น เปิดปิดตู้เย็นบ่อยครั้ง มีการใช้น้ำมากขึ้นทำให้ปั๊มน้ำมีการทำงานบ่อยจึงทำให้การใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น จากข้อความดังกล่าวใช้ตอบคำถามข้อ 10-12

5. ให้นักเรียนบอกเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานมากที่สุดในช่วงทำงานที่บ้าน (WFH) มาให้มากที่สุดภายในเวลา 5 นาที (ความคิดคล่องตัว)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ให้นักเรียนจำแนกประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านจากข้อ 10. มาให้หลากหลายประเภทมากที่สุดภายในเวลา 5 นาที เช่น ประเภทให้ความเย็น เป็นต้น (ความคิดยืดหยุ่น)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. ให้นักเรียนบอกวิธีการแก้ปัญหาจากข้อความดังกล่าวและการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดในช่วงการทำงานที่บ้าน (WFH) (ความคิดริเริ่ม)

.....

.....

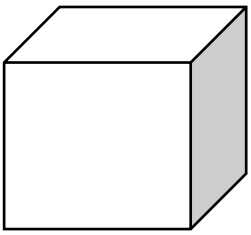
.....

.....

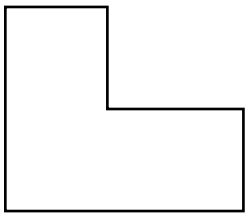
.....

.....

8. ให้นักเรียนต่อเติมรูปต่อไปนี้ให้เป็นรูปภาพที่สมบูรณ์ โดยออกแบบเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการประหยัดไฟฟ้าเมื่อต้องทำงานที่บ้าน ตามจินตนาการของตนเอง พร้อมตั้งชื่อภาพ



ชื่อภาพ.....



ชื่อภาพ.....

ภาพต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามของ 9-12

ที่มา : https://health.mthai.com/howto/health-care/19913.html

9. ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่กำหนดให้พร้อมทั้งตั้งคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในภาพมาให้มากที่สุดภายในเวลา 5 นาที (ความคิดคล่องตัว)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. จากภาพให้นักเรียนเขียนสาเหตุที่จะทำให้เกิดเหตุการในภาพมาให้มากที่สุดภายในเวลา 5 นาที (ความคิดยืดหยุ่น)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11. จากภาพให้นักเรียนบอกวิธีป้องกันและแก้ปัญหาการเกิดเหตุการณ์ในภาพ (ความคิดริเริ่ม)

.....

.....

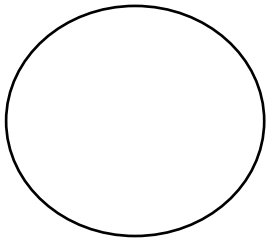
.....

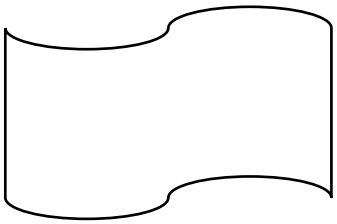
.....

.....

.....

12. ให้นักเรียนต่อเติมรูปต่อไปนี้ให้เป็นรูปภาพที่สมบูรณ์ โดยออกแบบเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันการถูกไฟดูด ตามจินตนาการของตนเอง พร้อมตั้งชื่อภาพ





ชื่อภาพ.....

ชื่อภาพ.....

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวชยพัทธ์ นาคกุลบุตร
วัน เดือน ปี เกิด	23 ธันวาคม 2538
สถานที่เกิด	จังหวัดระยอง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 46 หมู่ 6 ตำบล ปลวกแดง อำเภอ ปลวกแดง จังหวัด ระยอง
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2560 วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยบูรพา
	พ.ศ. 2564 การศึกษามหาบัณฑิต (การสอนวิทยาศาสตร์)
	มหาวิทยาลัยบูรพา