ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ณัฐพงศ์ ผิวขำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ณัฐพงศ์ ผิวขำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

THE EFFECTS OF STEM EDUCATION WITH CODING ON LEARNING ACHIEVEMENT AND PROBLEM SOLVING ABILITY OF SIXTH-GRADE STUDENTS

NUTTAPONG PHEWKHAM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF EDUCATION
IN SCIENCE TEACHING
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY
2025

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ณัฐพงศ์ ผิวขำ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....
(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

.....กรรมการ
(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

.....กรรมการ
(ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์)

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

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

65920263: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา, การเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ความสามารถในการแก้ปัญหา

ณัฐพงศ์ ผิวขำ : ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (THE EFFECTS OF STEM EDUCATION WITH CODING ON LEARNING ACHIEVEMENT AND PROBLEM SOLVING ABILITY OF SIXTH-GRADE STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: กิตติมา พันธ์พฤกษา, กศ.ด., สมศิริ สิงห์ลพ, กศ.ด. ปี พ.ศ. 2568.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ 4) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดหนองจอก (ภักดีนรเศรษฐ) สำนักงานเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนห้องละ 40 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ โดยทั้งสองกลุ่มได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา สถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน และการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการวิจัยพบว่า

1.ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง มีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

65920263: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: STEM EDUCATION, CODING, LEARNING ACHIEVEMENT, PROBLEM SOLVING ABILITY

NUTTAPONG PHEWKHAM : THE EFFECTS OF STEM EDUCATION WITH CODING ON LEARNING ACHIEVEMENT AND PROBLEM SOLVING ABILITY OF SIXTH-GRADE STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: KITTIMA PANPRUEKSA, Ed.D. SOMSIRI SINGLOP, Ed.D. 2025.

The purposes of this research were 1) to compare the learning achievement of students before and after participating in a STEM education with coding, 2) to compare problem-solving ability of students before and after participating in a STEM education with coding, 3) to compare the learning achievement of students after using the STEM education with coding and a traditional instruction, and 4) to compare problem-solving ability of students after using the STEM education with coding and a traditional instruction. The samples consisted of two classrooms of sixth-grade students from Wat Nong Chok School (Pekdee Noraset) under the Nong Chok District Office, Bangkok, during the second semester of the 2024 academic year. The samples were selected using cluster random sampling and divided into an experimental group which received STEM education with coding and a control group which received 5E inquiry-based learning model. The research instruments included 1) the STEM education with coding lesson plans 2)the 5E instructional model lesson plans 3) a learning achievement test,and a problem-solving ability test. Data were analyzed using mean,standard deviation,paired-sample t-test, and independent-sample t-test.

The research findings revealed that

1. The learning achievement posttest mean scores of students who received instruction based on the STEM education with coding were statistically significant higher than pretest mean scores at the .05 level.

2. The problem-solving ability posttest mean scores of students who received instruction based on the STEM education with coding were statistically significant higher than pretest mean scores at the .05 level.

3. The learning achievement posttest mean scores of students who received instruction

based on the STEM education with coding were statistically significant higher than those who received traditional instruction at the .05 level.

4. The problem-solving ability posttest mean scores of students who received instruction based on the STEM education with coding were statistically significant higher than those who received traditional instruction at the .05 level.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ดีด้วยความกรุณาแนะนำ ช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติมา พันธ์พฤกษา อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ทำให้ผู้วิจัยได้รับแนวทางในการศึกษาค้นคว้า และประสบการณ์เป็นอย่างมาก ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อย่างละเอียดถี่ถ้วนและช่วยเหลือเอาใจใส่ด้วยดีเสมอ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเป็นผู้สอบวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำ และแนวทางการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์คงศักดิ์ วัฒนะโชติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ พยัคฆิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร โสภารัตน์ และว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ อิ่มใจ ที่ได้ให้ความกรุณา และอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัย และขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการ คณะครู และนักเรียน โรงเรียนวัดหนองจอก(ภักดีนรเศรษฐ) ที่ให้ความร่วมมือ ตลอดจนการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้อย่างดี

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ทุกท่าน ญาติพี่น้อง ครอบครัวผิวขำ และเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ได้ให้การส่งเสริม ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

คุณค่าความดีและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเกียรติบูชาพระคุณบุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ ความเมตตาแก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา จนทำให้สามารถทำงานวิจัยฉบับนี้ได้สำเร็จ

ณัฐพงศ์ ผิวขำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฒ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 7

สมมติฐานของการวิจัย 7

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 7

ขอบเขตของการวิจัย 8

กรอบแนวคิดการวิจัย 10

นิยามศัพท์เฉพาะ 11

บทที่ 2 18

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) 20

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) 26

การเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (Coding) 41

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง.....47
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....54
ความสามารถในการแก้ปัญหา.....63
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....73
บทที่ 3.....79
วิธีดำเนินการวิจัย.....79
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....79
แบบแผนของการวิจัย.....80
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....80
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ.....81
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....101
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....102
บทที่ 4.....107
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....107
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....107
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....107
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....108
บทที่ 5.....112
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....112
สรุปผลการวิจัย.....113
อภิปรายผลการวิจัย.....113
ข้อเสนอแนะ.....120
บรรณานุกรม.....123
ภาคผนวก.....130

ภาคผนวก ก 131

ภาคผนวก ข 142

ภาคผนวก ค 189

ประวัติย่อของผู้วิจัย 236

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รหัสวิชา ว 16101 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เวลาเรียน 120 ชั่วโมง 23

ตารางที่ 2 การกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง.....48

ตารางที่ 3 ตัวอย่างข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา.....72

ตารางที่ 4 แบบแผนของการวิจัย.....80

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย.....82

ตารางที่ 6 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ 93

ตารางที่ 7 โครงสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา.....100

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน 108

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน 109

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ 110

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง กับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ 111

ตารางที่ ข-12 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย.....143

ตารางที่ ข-13 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า 145

ตารางที่ ข-14 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย 147

ตารางที่ ข-15 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง แผนภาพวงจรไฟฟ้า 149

ตารางที่ ข-16 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การต่อหลอดไฟและวงจรไฟฟ้า 151

ตารางที่ ข-17 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย 153

ตารางที่ ข-18 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า 155

ตารางที่ ข-19 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย 157

ตารางที่ ข-20 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง แผนภาพวงจรไฟฟ้า 159

ตารางที่ ข-21 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การต่อหลอดไฟและวงจรไฟฟ้า 161

ตารางที่ ข-22 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งตามคำแนะนำของผู้เชียวชาญ 163

ตารางที่ ข-23 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ตามคำแนะนำของผู้เชียวชาญ 164

ตารางที่ ข-24 ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) กับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด 165

ตารางที่ ข-25 ปรับแก้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายตามคำแนะนำของผู้เชียวชาญ 168

ตารางที่ ข-26 ค่าความยาก(P) และค่าอำนาจจำแนก(B) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จำนวน 50 ข้อ (ใช้จริง 30 ข้อ) 170

ตารางที่ ข-27 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จำนวน 30 ข้อ 172

ตารางที่ ข-28 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของคำถามสอดคล้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาแต่ละขั้น 173

ตารางที่ ข-29 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาจำนวน 40 ข้อ (ใช้จริง 20 ข้อ) 175

ตารางที่ ข-30 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 20 ข้อ 176

ตารางที่ ข-31 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง 177

ตารางที่ ข-32 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง.....180

ตารางที่ ข-33 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังเรียน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ 183

ตารางที่ ข-34 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังเรียน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ.....186

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบความคิดในการวิจัย 10

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์ นับว่ามีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดองค์ความรู้ และความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติมากมาย มีผลให้เกิดการพัฒนาทางเทคโนโลยีอย่างมาก ในทางกลับกันเทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญ ที่จะให้มีการศึกษาค้นคว้ามีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง ทำให้คนเราพัฒนาวิธีคิด มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งถือได้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ เป็นสังคมแห่งความรู้ (Knowledge Based Society) ฉะนั้น ผู้เรียนทุกคนต้องได้รับการพัฒนา ให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุขอีกทั้งมีความรู้ และทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 หมวด 4 มาตรา 22 กล่าวว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองได้ตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพและมาตรา 24 ระบุว่า การจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมการเรียนรู้ต้องให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553)

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (2565, หน้า 17-18) กล่าวว่า คุณภาพการศึกษาของไทยมีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาอยู่ในเกณฑ์ต่ำ จากรายงาน ขององค์กรเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา หรือ PISA ที่ทำการทดสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน อายุ 15 ปีทั่วโลก ในด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการอ่าน พบว่า นักเรียนไทยร้อยละ 59.5 อยู่ในกลุ่มที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และมีนักเรียนไทยเพียงร้อยละ 0.18 เท่านั้นที่ทำคะแนนได้ในระดับสูงกว่าค่ามาตรฐานรวมทั้งผลคะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน หรือ O – NET ในระยะเวลา 5 ปี ย้อนหลัง ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2561 – 2565 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีผลคะแนนเฉลี่ยของประเทศไม่ถึงร้อยละ 50 ดังนี้ ร้อยละ 39.93, 35.55, 37.78, 34.31 และ 39.34 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2565) สอดคล้อง

กับผลทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน หรือ O – NET ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของโรงเรียนวัดหนองจอก(ภักดีนรเศรษฐ) ปีการศึกษา 2561 – 2565 มีแนวโน้มต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ ดังนี้ ร้อยละ 37.03,37.18, 38.09 ,30.79 และ 38.99 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2565) นอกจากนี้จากการสำรวจปัญหาเบื้องต้น พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดหนองจอก(ภักดีนรเศรษฐ) สำนักงานเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร มีปัญหาการเรียน เพราะนักเรียนส่วนใหญ่ไม่ตั้งใจเรียน ไม่ชอบอ่านหนังสือ ขาดเรียนบ่อย ไม่กล้าถามครู กิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนส่วนใหญ่ใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบท่องจำ เน้นการบรรยาย ซึ่งไม่เหมาะสมกับผู้เรียนในยุคปัจจุบัน และปัญหาเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้โทรศัพท์มือถือทำให้นักเรียนถูกรบกวนสมาธิในชั้นเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ พนม เกตุมาน (2550, หน้า 21) กล่าวว่า ในปัจจุบันมีการแข่งขันทางการเรียนมาก เด็กที่มีปัญหาการเรียนมักจะเกิดปัญหาพฤติกรรมอื่นตามมา เช่น เกเร ก้าวร้าว ดื้อ ซน เครียด วิตกกังวล หงุดหงิด เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาในระดับชาติ

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดหนองจอก(ภักดีนรเศรษฐ) มีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาในเกือบทุกสาระวิชาล้วนมีคะแนนที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับชาติ โดยเฉพาะในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนที่ควรได้รับ การพัฒนาทักษะต่างๆ ลดลง การจัดการเรียนการสอนที่หลากหลายเน้นทักษะที่จำเป็น ก็ถือได้ว่าเป็นเรื่องสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ พัฒนาความคิดและมีความรอบรู้อย่างเท่าทัน สามารถก้าวทันการเปลี่ยนแปลงเพื่อนำไปสู่สังคมฐานความรู้ได้อย่างมั่นคง และส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้ โดยเฉพาะความสามารถในการแก้ปัญหานั้นมีความสำคัญในการเรียนรู้ การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาหรือกระบวนการแก้ปัญหาให้กับนักเรียนคือ การนำปัญหา มาใช้ในกระบวนการเรียนรู้ กระบวนการนี้จะสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยต้องการแสวงหาความรู้เพื่อขจัดความสงสัย นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาหรือสถานการณ์จริงร่วมกันคิดหาหนทางการแก้ไขปัญหา เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (สุคนธ์ สินธพานนท์, 2545, หน้า 205) ดังนั้นความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถที่ผู้เรียนต้องเผชิญและแก้ปัญหาได้บนพื้นฐานของหลักเหตุผล มุ่งให้ผู้เรียนนำความรู้ทักษะ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล เมื่อมีการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสม (มนสภรณ์ วิฑูรเมธา, 2544) จากความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา จะเห็นได้ว่าการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้ปัญหาหรือสอนให้เกิดทักษะการคิดในตัวผู้เรียนนั้นเป็นสิ่งสำคัญ นักการศึกษาจึงได้เริ่ม

การศึกษาแบบที่ให้นักเรียนได้ลงมือทดลองและฝึกการพัฒนาการคิดแก้ปัญหามากขึ้น โดยมีการออกพระราชบัญญัติทางการศึกษาพุทธศักราช 2545 ในมาตรา 24 ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้และบูรณาการที่เหมาะสม ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเน้นให้มีการจัดเนื้อหาและสาระฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง จัดการสอนโดยผสมผสานความรู้ด้านต่าง ๆ ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาที่น่าสนใจในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนคือ การแก้ปัญหาที่บูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และกระบวนแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน (The Integrated Mathematics Science and Technology, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการสอนแบบบูรณาการ ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์(Engineering: E) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกันสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้ประกอบกันในหลายด้านในการทำงานไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วนๆ นอกจากนี้ STEM Education ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์ อีกด้วย (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, หน้า 6) ทั้งนี้ STEM Education ได้นำจุดเด่นของแต่ละวิชาตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียนส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้น เทคโนโลยี (T) เป็นกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ วิศวกรรมศาสตร์ (E) การคิด การสร้างสรรค์และพัฒนานวัตกรรมต่างๆ ให้กับผู้เรียนโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่ไม่ได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญประการแรก คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สอง คือภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือ ความเข้าใจความคิดรวบยอด(Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ อีกทั้ง

เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาล – มัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าใน ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่า ถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น (สมชาย อุ่นแก้ว, 2558, หน้า 5-6)

จากความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) จะสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการคิดแก้ปัญหาให้กับผู้เรียน โดยเน้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจกับปัญหา และฝึกการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการหรือวิธีการผนวกกับความรู้ทางทักษะต่างๆ ประกอบกันอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นการท่องจำทฤษฎีหรือหลักการแต่เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาและฝึกกระบวนการคิดอย่างมีเหตุมีผล การคิดแก้ปัญหา ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น อีกทั้งสะเต็มศึกษายังส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าเป็นเรื่องที่ใกล้ตัว (นันทกา พหลยุทธ, 2554, อ้างถึงใน Yoyce & Weil, 1996, pp.80-88) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีความสอดคล้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ทำให้ผู้เรียนเกิดการถ่ายโอนความรู้ ผู้เรียนสามารถบูรณาการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดรวบยอดในศาสตร์ต่างๆ เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการในหลายๆ ด้านอย่างครบถ้วน การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ สอดคล้องกับ อภิญญา สิงห์โต (2563) ที่ได้ศึกษากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อนำกิจกรรมไปทดลองใช้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.49/77.98 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และยังสอดคล้องกับนันทชา อัมฤทธิ์(2559) ที่ชี้ให้เห็นว่า แนวทางจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ และบูรณาการเพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม โดยนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นและงานวิจัยของปาริชาติ ปานศรี(2565, หน้า 3) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ทาง

วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดพระประโทณเจดีย์ จังหวัดนครปฐม พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้ การจัดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดอย่างเป็นระบบของผู้เรียนได้ เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีเริ่มเข้ามามีบทบาทในการเรียนการสอนมากขึ้น ประเทศไทยได้บรรจุให้โค้ดดิ้ง (Coding) จัดอยู่ในสาระการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 4 เทคโนโลยี ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ภายใต้ชื่อวิชาวิทยาการคำนวณ โดยวัตถุประสงค์ของรายวิชานั้น คือ “การเรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ” ดังนั้น การเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งถือได้ว่าเป็นสิ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดทุกเรื่องอย่างเป็นเหตุเป็นผล ส่งผลให้เกิดทักษะการแก้ปัญหาเพื่อหาสาเหตุและวิธีแก้ไขในแต่ละส่วนไปทีละขั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 4) โดยการจัดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งหรือภาษาคอมพิวเตอร์นั้น เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยในระยะแรกจะเรียนโดยไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ (Unplugged Coding) เพื่อให้เด็กมีพื้นฐานตรรกะการคิดแบบโค้ดดิ้ง จากนั้นจึงจะสามารถเรียนการสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ในระดับชั้นต่อไป โดยทักษะโค้ดดิ้ง ประกอบด้วย 6 ทักษะ ได้แก่ Creative Thinking: ความคิดสร้างสรรค์,Organized Thinking: การจัดระบบความคิด, Digital Literacy: ความสามารถในการเข้าใจภาษาดิจิทัล, Innovation: การคิดค้นนวัตกรรม, Newness : ความคิดริเริ่ม, Globalization: ทักษะในศตวรรษที่ 21 (กัลยา โสภณ พานิช, 2562) และผลการศึกษาความคิดเห็นของครูในระดับประถมศึกษาเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจทักษะโค้ดดิ้ง (coding) พบว่า ครูระดับประถมศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะโค้ดดิ้งอยู่ในระดับปานกลาง (ฐิตินันท์ ธีรเวชเจริญชัย , 2563, หน้า 1) จึงทำให้ครูไม่สามารถจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเข้าใจในทักษะโค้ดดิ้งได้ การจัดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเริ่มเรียนตั้งแต่ในระดับประถมศึกษาเพื่อเตรียมความพร้อมและปูพื้นฐานที่ดีให้กับนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของศิริลักษณ์ เลิศหิรัญทรัพย์(2564,หน้า 4) ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาการคำนวณ โดยการเรียนภาษาคอมพิวเตอร์(Coding) ในการจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา พบว่า ผลสัมฤทธิ์

วิชาวิทยาการคำนวณ โดยการเขียนโค้ด Coding ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องเกมปริศนา Minecraft my Hero คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังพบว่าประสิทธิภาพจากการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ Code โปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ในการจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์เท่ากับ 79.30/90.00 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของเพียงขวัญ แก้วเรือง (2564, หน้า 66) เรื่อง ผลของการศึกษาการคิดเชิงคำนวณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ) เรื่องการใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เมื่อวิเคราะห์ ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีการคิดเชิงคำนวณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนามของค่าเฉลี่ยคะแนนในแต่ละตัวแปรตาม โดยมีตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นตัวแปรร่วม พบว่า เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแล้ว นักเรียนมีการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาซึ่งมีจุดเด่นในด้านการจัดการเรียนการสอนช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งทักษะดังกล่าวเป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นั้น ส่งผลให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนมากขึ้น อีกทั้งการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถบูรณาการในศาสตร์ต่างๆได้ โดยใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายและเหมาะสมกับผู้เรียน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจต้องการศึกษาว่าการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (Coding) ส่งผลอย่างไรต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบกับการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย โดยจะเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเอง ใช้กระบวนการแก้ปัญหา แสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้การเขียนโปรแกรม การลำดับการทำงาน การตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรม ทำให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิด เกิดการเรียนรู้ผ่านการทดลอง การอภิปราย การแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้สู่สถานการณ์จริงได้อย่างเหมาะสม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน

2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

4. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แผนการสอนจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาสูงขึ้น

2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการใช้กิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งในการศึกษาเรื่องอื่นๆ หรือรายวิชาอื่นๆ

ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาค้นคว้าได้ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดหนองจอก (ภักดีนรเศรษฐ) สำนักงานเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 6 ห้องเรียน โดยมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดหนองจอก (ภักดีนรเศรษฐ) สำนักงานเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 2 ห้องเรียน คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/2 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/5 จำนวนห้องละ 40 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียนและกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ

2.1.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง

2.1.2 การจัดการเรียนการสอนแบบปกติ (การสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ; 5E)

2.2 ตัวแปรตาม

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รหัสวิชา ว 61101 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ตามหลักสูตร

แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 สาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้

3.1 วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

3.2 ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า

3.3 การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

3.4 แผนภาพวงจรไฟฟ้า

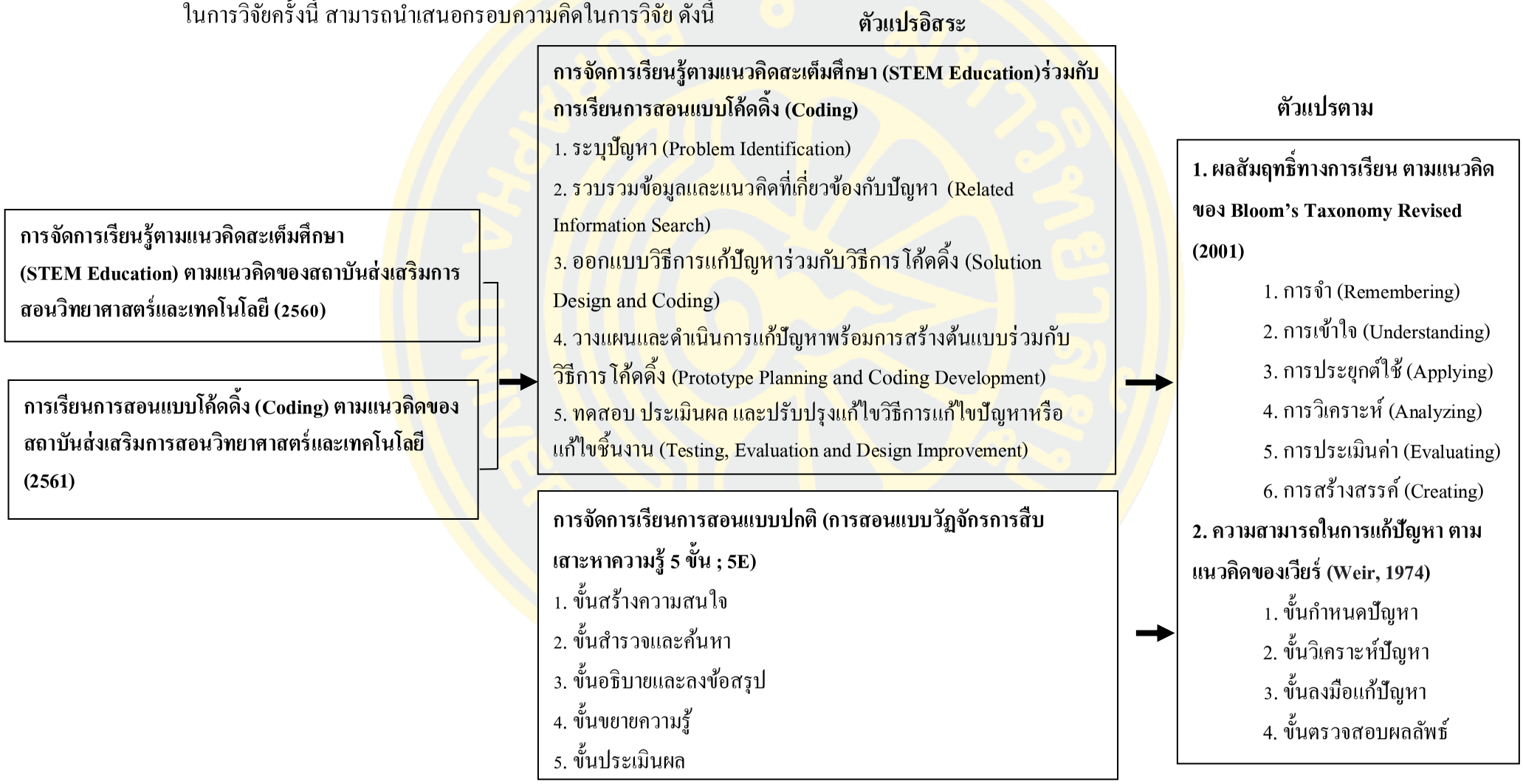
3.5 การต่อหลอดไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ใช้ระยะเวลา 19 ชั่วโมง แบ่งเป็น สอบก่อนเรียน 2 ชั่วโมง การจัดการเรียนการสอน 15 ชั่วโมง และสอบหลังเรียน 2 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำเสนอกรอบความคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบความคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 วิชา ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบทางวิศวกรรมโดยการให้นักเรียนได้ เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งผู้วิจัยได้นำขั้นตอนและวิธีการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) มี 6 ขั้นตอนดังนี้

1) ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนเสนอสถานการณ์ปัญหาต่างๆ และผู้เรียนระบุปัญหา ตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ผู้เรียนต้องพิจารณาปัญหาจากสิ่งที่ผู้เรียนค้นพบหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหา

2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้เรียนอาจมีการดำเนินการดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูล คือการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

2.2 การค้นหาแนวคิด ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้รวบรวม มาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้เรียนต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มา ในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นขั้นตอนในการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) กำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่ เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

2. การเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (Coding) หมายถึง การเขียนโปรแกรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ จัดประสบการณ์เรียนรู้ตามแนวคิดของการสอนวิทยาการคำนวณในเนื้อหาของการเขียนโปรแกรม และ การโค้ดดิ้ง (Coding) ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) นำมาเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือการเขียนชุดคำสั่งหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในรูปโค้ด (Code) เพื่อให้คอมพิวเตอร์เข้าใจและทำในสิ่งที่ผู้เขียนโค้ดต้องการ เป็นการเขียนคำสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานด้วยภาษาหรือรหัส (Code) ที่คอมพิวเตอร์เข้าใจ เพื่อให้ผู้เรียนพิจารณา ออกแบบ การเขียนโปรแกรมแสดงลำดับวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ โดยใช้ภาษาที่มนุษย์เข้าใจง่าย สามารถเขียนโปรแกรมแสดงลำดับขั้นตอนในรูปแบบ การอธิบาย การเขียนบอกเล่า การเขียนด้วยสัญลักษณ์ (ผังงาน) เพื่อถ่ายทอดกระบวนการทางความคิดอย่างมีลำดับขั้นตอน และสามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ การเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งแบ่งเป็นขั้นตอนตามแนวสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)ได้ 4 ขั้นตอนดังนี้

1) การใช้คำถามเพื่อพัฒนาการคิด คือให้พิจารณาปัญหาโดยการย่อยปัญหา การหารูปแบบและพิจารณาแนวคิดตามรูปแบบ

2) การออกแบบและเรียงลำดับการแก้ปัญหา คือกำหนดอัลกอริทึมที่สามารถกำหนดเป็นวิธีการต่างๆได้ เช่น การเขียนแบบข้อความ การเขียนรหัสลำลอง และการเขียนผังงาน

3) การเขียนโปรแกรม (Coding) คือการใช้บล็อกอย่างง่ายใน Coding เป็นการทำให้ผู้เขียนโค้ดมีทัศคติที่ดีต่อการเขียนโค้ดมีแรง บันดาลใจในการทำงาน พร้อมกับเห็นผลลัพธ์อย่างง่ายจากการเขียนโปรแกรม

4) การตรวจสอบเพื่อการปรับปรุงแก้ไข คือการตรวจสอบความถูกต้องของโค้ดที่ผู้เขียนโค้ดเขียนขึ้น หากมีข้อผิดพลาดใดสามารถแก้ไขได้ด้วยตนเองก่อนมีการเผยแพร่และจัดทำข้อมูล

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (Coding) หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 วิชา ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบทางวิศวกรรมโดยการให้นักเรียนได้ เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง โดยการผสมผสานร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (Coding) ในขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้รวบรวม มาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต โดยใช้คำถามเพื่อพัฒนาการคิดรวมทั้งการออกแบบและเรียงลำดับการแก้ปัญหาตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง Coding ในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา และขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมการสร้างต้นแบบ กำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ออกแบบและเรียงลำดับการแก้ปัญหา กำหนดอัลกอริทึมที่สามารถกำหนดเป็นวิธีการต่างได้ และเขียนโปรแกรม (Coding) โดยใช้บล็อกอย่างง่ายใน Coding โดยจัดเป็นขั้นตอนในกระบวนการเรียนรู้ดังนี้

1) ระบุปัญหา (Problem Identification) คือ ครูผู้สอนเสนอสถานการณ์ปัญหาต่างๆ และผู้เรียนระบุปัญหา ตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้เรียนต้องพิจารณาปัญหาจากสิ่งที่ผู้เรียนค้นพบหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหา

2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) คือ หลังจากผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้เรียน อาจมีการดำเนินการดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูล คือการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

2.2 การค้นหาแนวคิด ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาร่วมกับวิธีการโค้ดดิ้ง (Solution Design and Coding) คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวม มาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้การผสมผสานการเรียนรู้แบบโค้ดดิ้ง การเขียนโปรแกรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ กระบวนการจัดประสบการณ์เรียนรู้ตามแนวคิดของการสอนวิทยาการคำนวณในเนื้อหาของการเขียนโปรแกรม และ การโค้ดดิ้ง (Coding) ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) นำมาเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือผู้เรียนนำความรู้ที่ได้รวบรวม มาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการกำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต โดยใช้คำถามเพื่อพัฒนาการคิดรวมทั้งการออกแบบและเรียงลำดับการแก้ปัญหาตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง Coding ในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนเขียนชุดคำสั่งหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในรูปโค้ด (Code) เพื่อให้คอมพิวเตอร์เข้าใจในปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาของตนและทำในสิ่งที่ผู้เขียนโค้ดต้องการ สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้เรียนต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มา ในการสร้างภาพร่างหรือสัญลักษณ์ ชุดบล็อกคำสั่ง กำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมการสร้างต้นแบบร่วมกับวิธีการโค้ดดิ้ง (Prototype Planning and Coding Development) คือ การพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ผ่านชุดอุปกรณ์บอร์ด micro:bit เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์สำหรับการศึกษา กำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ออกแบบและเรียงลำดับการแก้ปัญหา กำหนดอัลกอริทึมที่สามารถกำหนดเป็นวิธีการต่างๆได้ และเขียนโปรแกรม (Coding) โดยใช้บล็อกอย่างง่ายใน Coding

5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและ

พัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) คือขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ที่ผ่านการปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาจนมีประสิทธิภาพ นำเสนอต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่ เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

4. การจัดการเรียนการสอนแบบปกติ หมายถึง การสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ที่ประกอบด้วย 5 ขั้น ได้แก่

1) ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนดำเนินการสำรวจ ทดลอง ค้นหา และรวบรวมข้อมูล วางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบ หรือออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติ เช่น สังเกต วัด ทดลอง รวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ แปลผล สรุปและอภิปราย พร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งอาจเป็นรูปวาด ตาราง แผนผัง ผลงานมีความหลากหลาย สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือโต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ โดยมีการอ้างอิงความรู้ประกอบการให้เหตุผล สมเหตุสมผล การลงข้อสรุปถูกต้องเชื่อถือได้ มีเอกสารอ้างอิงและหลักฐานชัดเจน

4) ขั้นขยายความรู้ ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้งขึ้น นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม หรือขยายกรอบความคิดกว้างขึ้นหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่หรือนำไปสู่การศึกษาค้นคว้า ทดลอง เพิ่มขึ้น เช่น ตั้งประเด็นเพื่อให้นักเรียน ชี้แจงหรือร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซักถามให้นักเรียนชัดเจนหรือกระจ่างในความรู้ที่ได้หรือเชื่อมโยงความรู้ที่ได้กับความรู้เดิม

5) ขั้นประเมินผล นักเรียนระบุสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งด้านกระบวนการและตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่ได้ เช่น วิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน คิดพิจารณาให้

รอบคอบทั้งกระบวนการและผลงาน อภิปราย ประเมินปรับปรุง เพิ่มเติมและสรุป ถ้ายังมีปัญหา ให้ศึกษาทบทวนใหม่อีกครั้ง อ้างอิงทฤษฎีหรือหลักการและเกณฑ์ เปรียบเทียบผลกับสมมติฐาน เปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม ทราบจุดเด่น จุดด้อยในการศึกษาค้นคว้า หรือทดลอง

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความสามารถที่เกิดจากการเรียนการสอน การฝึกฝนหรือประสบการณ์ต่างๆ ของตัวบุคคล มีการวัดประเมินผลตามแนวคิดของ Bloom's Taxonomy Revised (2001) ในด้านพุทธพิสัย (Cognitive domain) วัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ซึ่งเป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยทำการออกข้อสอบตามจุดประสงค์ในการเรียนรู้ครอบคลุม 6 ด้าน วัดเป็นคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังนี้

1) การจำ (Remembering) เป็นความสามารถในการเก็บรักษามวลประสบการณ์ต่าง ๆ จากการที่ได้รับรู้ไว้และระลึกสิ่งนั้นได้เมื่อต้องการ

2) การเข้าใจ (Understanding) เป็นกระบวนการสร้างความรู้อย่างมีความหมาย จากสื่อ จากการอธิบาย การพูด การเขียน การแยกแยะ การเปรียบเทียบ การจัดหมวดหมู่ หรือการอธิบาย ที่จะนำไปสู่ความ เข้าใจในสิ่งที่กำลังเรียนรู้

3) การประยุกต์ใช้ (Applying) เป็นการนำความรู้ความเข้าใจไปประยุกต์ใช้ หรือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ด้วยกระบวนการหรือวิธีการดำเนินการอย่างเป็นขั้นเป็นตอน

4) การวิเคราะห์ (Analyzing) เป็นกระบวนการนำส่วนต่างๆ ของการเรียนรู้ มาประกอบเป็น โครงสร้างใหม่ ด้วยการพิจารณาว่ามีส่วนใด สัมพันธ์กับส่วนอื่นอย่างไร พิจารณาโครงสร้างโดยรวมของสิ่ง ที่เรียนรู้ แยกแยะวัตถุประสงค์ที่แตกต่างผ่านกระบวนการอย่างเป็นระบบ

5) การประเมินค่า (Evaluating) เป็นการตัดสิน เลือก การตรวจสอบ สิ่งที่ได้จากการเรียนสู่บริบทของตนเอง ที่ สามารถวัดได้ และตัดสินได้ว่าอะไรถูกหรือผิดบนเงื่อนไขและมาตรฐานที่สามารถตรวจสอบได้ บนพื้นฐานของ เหตุผลและเกณฑ์ที่แน่ชัด

6) การสร้างสรรค์ (Creating) เป็นการสร้างองค์ประกอบของสิ่งที่เรียนรู้ร่วมกันด้วยการสังเคราะห์ เพื่อเชื่อมโยง ให้รูปแบบใหม่ของสิ่งที่เรียนรู้หรือโครงสร้างของความรู้ที่ผ่านการวางแผน และ การสร้างหรือการผลิตอย่างเหมาะสม

6. ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง การที่นักเรียนสามารถคิดค้นหาวิธีที่จะนำมาใช้คิดแก้ปัญหา โดยศึกษาวิธีจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ เช่น ห้องสมุด อินเตอร์เน็ต ถามจาก ผู้รู้

เป็นต้น ความสามารถในการแก้ปัญหาสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ซึ่งเป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยมีการกำหนดสถานการณ์ปัญหา 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์จะถามคำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหาตามแนวคิดของเวียร์ 4 ขั้น ได้แก่

1) ขั้นกำหนดปัญหา คือ ขั้นในการตั้งปัญหาหรือวิเคราะห์ประโยคที่เป็นปัญหา หรือความสามารถในการบอกปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา คือ นิยามสาเหตุของปัญหาโดยแยกแยะจากลักษณะที่สำคัญในการบอกสาเหตุของปัญหา จากสถานการณ์ที่กำหนด

3) ขั้นลงมือแก้ปัญหา คือ การค้นหาแนวทางแก้ปัญหาและตั้งสมมติฐาน คิดวิธีการแก้ปัญหา ให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา

4) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ คือ หลังแก้ปัญหา พิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา อภิปรายผลที่เกิดขึ้นหลังจากการคิดแก้ปัญหาว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
    1.1 คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
    1.2 รหัสตัวชี้วัดรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
    1.3 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
    2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
    2.2 จุดเริ่มต้นของแนวคิดสะเต็มศึกษา
    2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
    2.4 การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
    2.5 ประโยชน์จากการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา
3. การเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง
    3.1 ความหมายของทักษะโค้ดดิ้ง
    3.2 แนวคิดเกี่ยวกับ Coding
    3.3 ขั้นตอนของ Coding
4. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    5.2 ลักษณะของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    5.3 การวัดและการประเมินผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    5.4 ประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6. ความสามารถในการแก้ปัญหา

6.1 ความหมายของปัญหา

6.2 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา

6.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหา

6.4 ขั้นตอนกระบวนการในการแก้ปัญหา

6.5 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1 งานวิจัยในประเทศ

7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ความสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2563, หน้า 3) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กล่าวว่า กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นโดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสารการเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยี

- การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับ เทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

- วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับ การคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารผ่านเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของ สสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของ การเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะ การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของ คลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพกาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลง ลมฟ้าอากาศ และภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอน และเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

1. คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ศึกษา วิเคราะห์ สารอาหารประโยชน์ของสารอาหารแต่ละประเภทจากอาหารที่ตนเองรับประทานเพื่อการเลือกรับประทานอาหารให้ได้สารอาหารครบถ้วนในสัดส่วนที่เหมาะสมกับเพศและวัย รวมทั้งความปลอดภัยต่อสุขภาพ โดยมีแบบจำลอง ระบบย่อยอาหาร อวัยวะในระบบย่อยอาหารมีหน้าที่สำหรับการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหาร ความสำคัญของระบบย่อยอาหาร การดูแลรักษาอวัยวะในระบบย่อยอาหารให้ทำงานเป็นปกติ มีการแยกสารผสม โดยการหยิบออก การร่อน การใช้แม่เหล็กดึงดูด การรินออก การกรอง และการตกตะกอน สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการแยกสาร การเกิดผลของแรงไฟฟ้าซึ่งเกิดจากวัตถุที่ผ่านการขัดถู จากส่วนประกอบ หน้าที่ ของวงจรไฟฟ้าแต่ละส่วนอย่างง่าย โดยมีแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน สามารถใช้การต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนานด้วยวิธีการที่เหมาะสม มีประโยชน์ ข้อจำกัด ของการเกิดเงามืด เงามัว จากแผนภาพรังสีของแสงแสดงการเกิดเงามืดเงามัว จากแบบจำลองปรากฏการณ์สุริยุปราคา และจันทรุปราคา มีการพัฒนาของเทคโนโลยีอวกาศและการใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ส่วนกระบวนการเกิดหินอัคนี หินตะกอน และหินแปร ดูจากแบบจำลองวัฏจักรหิน เพื่อหาประโยชน์ของหินและแร่ในชีวิตประจำวัน มีแบบจำลองการเกิดของซากดึกดำบรรพ์สภาพแวดล้อมในอดีต ที่เกิดจากลมบก ลมทะเล และมรสุม จากแบบจำลอง สามารถส่งผลต่อการเกิดของมรสุมในฤดูต่างๆ ของประเทศไทย เกิดผลกระทบของ น้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม แผ่นดินไหว สึนามิ ร่วมถึงผลกระทบของภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย เพื่อหาแนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภัยธรรมชาติ จากแบบจำลองเพื่ออธิบายการเกิดและผลของปรากฏการณ์เรือนกระจก กิจกรรมที่ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจกที่มีทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกลูกเห็บ

ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหา การทำงาน การคาดการณ์ผลลัพธ์ จากปัญหาอย่างง่าย ออกแบบ และเขียนโปรแกรมอย่างง่าย โดยใช้ซอฟต์แวร์ หรือสื่อ และตรวจหาข้อผิดพลาดและแก้ไขใช้อินเทอร์เน็ตค้นหาความรู้ รวบรวม ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศ โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่หลากหลาย เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพในสิทธิของผู้อื่น โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล การเปรียบเทียบข้อมูลจากหลักฐานเชิงประจักษ์ และการอภิปรายเพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจสามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจเกิดการรับรู้ และเห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสมที่พึงประสงค์ต่อการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน

2. รหัสตัวชี้วัดรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 1.2 ตัวชี้วัด ว 1.2 ป.6/1,ว 1.2 ป.6/2,ว 1.2 ป.6/3,ว 1.2 ป.6/4,ว 1.2 ป.6/5

มาตรฐาน ว 2.1 ตัวชี้วัด ว 2.1 ป.6/1

มาตรฐาน ว 2.2 ตัวชี้วัด ว 2.2 ป.6/1

มาตรฐาน ว 2.3 ตัวชี้วัด ว 2.3 ป.6/1,ว 2.3 ป.6/2,ว 2.3 ป.6/3,ว 2.3 ป.6/4,ว 2.3 ป.6/5, ว 2.3 ป.6/6,ว 2.3 ป.6/7,ว 2.3 ป.6/8

มาตรฐาน ว 3.1 ตัวชี้วัด ว 3.1 ป.6/1,ว 3.1 ป.6/2

มาตรฐาน ว 3.2 ตัวชี้วัด ว 3.2 ป.6/1,ว 3.2 ป.6/3,ว 3.2 ป.6/3,ว 3.2 ป.6/4,ว 3.2 ป.6/5, ว 3.2 ป.6/6,ว 3.2 ป.6/7,ว 3.2 ป.6/8,ว 3.2 ป.6/9

มาตรฐาน ว 4.2 ตัวชี้วัด ว 4.2 ป.6/1, ว 4.2 ป.6/2,ว 4.2 ป.6/3,ว 4.2 ป.6/4

รวมทั้งหมด 30 ตัวชี้วัด

3. โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รหัสวิชา ว 16101 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เวลาเรียน 120 ชั่วโมง

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
1	อาหารและการย่อยอาหาร	มฐ ว 1.2 ป.6/1 มฐ ว 1.2 ป.6/2 มฐ ว 1.2 ป.6/3 มฐ ว 1.2 ป.6/4 มฐ ว 1.2 ป.6/5	-สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ - การเลือกรับประทานอาหารในสัดส่วนที่เหมาะสมกับเพศและวัย - ระบบย่อยอาหารของมนุษย์	17	14
2	การแยกสารเนื้อผสม	มฐ ว 2.1 ป.6/1	-สารในชีวิตประจำวัน - การแยกสาร(การร่อน การตกตะกอน การกรอง การระเหิด การระเหยแห้ง) - สมบัติของสารเมื่อเปลี่ยนสถานะ สมบัติของสารเมื่อเปลี่ยนแปลงทางเคมี - ผลของการเปลี่ยนแปลงสาร	10	8

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
3	หินและซากดึกดำบรรพ์	มฐ ว 3.2 ป.6/1 มฐ ว 3.2 ป.6/2 มฐ ว 3.2 ป.6/3	- หิน และองค์ประกอบของหิน - ประเภทของหิน - กระบวนการเกิดหิน วัฏจักรหิน - ประโยชน์ของหินและแร่ - การเกิดซากดึกดำบรรพ์ - ประโยชน์ของซากดึกดำบรรพ์	15	11
4	ปรากฏการณ์ของโลกและภัยธรรมชาติ	มฐ ว 3.2 ป.6/4 มฐ ว 3.2 ป.6/5 มฐ ว 3.2 ป.6/6 มฐ ว 3.2 ป.6/7 มฐ ว 3.2 ป.6/8 มฐ ว 3.2 ป.6/9	- ลมบก ลมทะเล และมรสุม - ปรากฏการณ์เรือนกระจก - ภัยธรรมชาติ - ภาวะเรือนกระจก	10	11
5	เงา อุปราคา และเทคโนโลยีอวกาศ	มฐ ว 2.3 ป.6/7 มฐ ว 2.3 ป.6/8 มฐ ว 3.1 ป.6/1 มฐ ว 3.1 ป.6/2	- การเกิดเงา - การเกิดสุริยุปราคา - การเกิดจันทรุปราคา - เทคโนโลยีอวกาศ	14	11
6	ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	มฐ ว 2.2 ป.6/1 มฐ ว 2.3 ป.6/1 มฐ ว 2.3 ป.6/2 มฐ ว 2.3 ป.6/3 มฐ ว 2.3 ป.6/4 มฐ ว 2.3 ป.6/5 มฐ ว 2.3 ป.6/6	- การเกิดแรงไฟฟ้า และผลของแรงไฟฟ้า - วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย - วงจรไฟฟ้า - ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า - วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม - วงจรไฟฟ้าแบบขนาน - แม่เหล็กไฟฟ้า	19	15

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
7	วิทยาการคำนวณ	มฐ ว 4.2 ป.6/1 มฐ ว 4.2 ป.6/2 มฐ ว 4.2 ป.6/3 มฐ ว 4.2 ป.6/4	-ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการอธิบายและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน -ออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างง่าย เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ตรวจหาข้อผิดพลาดของโปรแกรมและแก้ไข - ใช้อินเทอร์เน็ตในการค้นหาข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ - ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทำงานร่วมกันอย่างปลอดภัย เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพในสิทธิของผู้อื่น แจ้งผู้เกี่ยวข้องเมื่อพบข้อมูลหรือบุคคลที่ไม่เหมาะสม	30	10
	สรุปทบทวนภาพรวม (สอบปลายภาค)			**5**	**20**
	รวมตลอดปีการศึกษา			**120**	**100**

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ตามมาตรฐาน ว 2.2 ตัวชี้วัด ป.6/1 - ป.6/6 มาใช้ในการวิจัยโดยศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้เวลาทั้งหมด 19 ชั่วโมง

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

1. ความหมายของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

ความหมายของสะเต็มศึกษา ได้มีนักการศึกษาให้ความหมายแตกต่างกัน ดังนี้

Gonzalez และ Kuenzi (2012, summary) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า หมายถึง การเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ รวมถึงการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งที่เป็นทางการ เช่น ในห้องเรียน และไม่เป็นทางการ เช่น โปรแกรมแบบฝึกหัด

Amanda Shackleford Roberts (2013, p 7) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ผ่านวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน การค้นพบและการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้นักเรียนต้องเป็นผู้แก้ปัญหาเอง รวมถึงต้องมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างชัดเจน

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, หน้า 49) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจน วิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ใน การแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

อดุลย์ วังศรีคูณ (2557, หน้า 1)ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดของ STEM เป็นการบูรณาการทั้ง 4 วิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเชื่อมโยงกับความเป็นจริงที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการในการดำเนินชีวิต การทำงาน และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEM เป็นอีกรูปแบบหนึ่ง ที่ส่งเสริมพัฒนาการด้านต่าง ๆ เพราะสะเต็มเป็นแนวทางใหม่ในการจัดการศึกษาสายวิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นการบูรณาการการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีโดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาขั้นพื้นฐานจนถึงอุดมศึกษา อาชีวศึกษา และการศึกษาตลอดชีวิต เพื่อให้คนไทยมีความรู้และทักษะสำหรับสร้างสรรค์สิ่งใหม่ สามารถประกอบวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและมีคุณภาพชีวิตที่ดีในยุคประชาคมอาเซียนได้

อัญชลี ไสยวรรณ (2559, หน้า 2) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มเป็นการจัดการเรียนการสอนให้เด็กปฐมวัยเรียนรู้โดยการปฏิบัติจริงซึ่งใช้การเชื่อมโยงสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ไม่เน้นการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดตั้งคำถาม การสืบค้น การรวบรวมข้อมูลและคิดวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมะสมกับระดับพัฒนาการของเด็กปฐมวัยและมีลักษณะ

การเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวัน จัดกิจกรรมให้ท้าทายความคิดของ เด็กโดยเปิดโอกาสให้เด็กสืบค้น แสดงความคิดเห็น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2560, หน้า 1) กล่าวว่า STEM Education คือการสอนแบบบูรณาการข้าม กลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์(Engineering: E) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่าง ลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกันเพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความ รู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้นไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วนๆ

จากความหมายของสะเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการสอนแบบบูรณาการ ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์(Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่างๆ รวมถึง รู้จักคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลรวมถึงการวิเคราะหาข้อค้นพบใหม่ ๆ เพื่อได้องค์ความรู้ที่สามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น และออกแบบพัฒนาผลงานหรือชิ้นงานต่างๆ หรือปรับปรุงจากของเดิม ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้เกิดทักษะต่างๆ ที่สำคัญกับผู้เรียน

2. จุดเริ่มต้นของแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

จุดเริ่มต้นของแนวคิด STEM มาจากสหรัฐอเมริกา ที่ประสบปัญหาเรื่อง ผลการทดสอบ PISA ของสหรัฐอเมริกา ที่ต่ำกว่าหลายประเทศและส่งผลต่อขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี และวิศวกรรม รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมการศึกษาโดยพัฒนา STEM ขึ้นมาเพื่อหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการทดสอบ PISA ให้สูงขึ้น และจะเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, หน้า 49)

สะเต็มศึกษานั้น จึงเป็นหลักสูตรโดยการบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต รวมทั้งเพื่อให้สามารถพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต อีกทั้งวิชาทั้งสี่เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมาก กับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของ

ประเทศซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21

3. แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2557, หน้า 4-6) ได้กล่าวถึงแนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษาไว้ ว่า การจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านโครงงานหรือกิจกรรมที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ โดยใช้แนวคิดการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อนำความรู้ ไปใช้ แก้ ปัญหาในชีวิตประจำวัน รวมถึงการสร้างสรรค์เทคโนโลยีที่เป็นผลผลิตจากการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งกระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรมมีขั้นตอนหลัก ดังนี้ 1. การระบุปัญหา 2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3. การวางแผนและพัฒนา 4. การทดสอบและประเมินผล และ 5. การนำเสนอผลลัพธ์ ส่วนการบูรณาการแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. การบูรณาการภายในวิชา เป็นการจัดการเรียนรู้ ที่ครูแต่ละวิชาจัดการเรียนรู้ ตามรายวิชาของตนเองแยกกัน

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ เป็นการจัดการเรียนรู้ ที่มีข้อหลัก (Theme) ของแต่ละวิชาร่วมกัน แต่การจัดการเรียนการสอนแยกกันในแต่ละรายวิชา ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างวิชากับสิ่งที่อยู่รอบตัวได้

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ในเนื้อหาสาระของ 2 วิชาขึ้นไป เพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้อง และเชื่อมโยงทักษะของแต่ละวิชาได้

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา เป็นการจัดการเรียนรู้ ที่เชื่อมโยง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ กับชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการเรียนไปแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยครูผู้สอนจะเป็นผู้ระบุปัญหาแล้วให้นักเรียนระบุปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2560, หน้า 1) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิดและลักษณะดังนี้

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือ เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษามักชี้แนะให้ อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัยเพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจแต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจมีความกระตือรือร้นรู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียน สนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับ กระบวนการแก้ปัญหาปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่างๆเพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการทำงานทาง เทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วย การคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่างๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่ มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่า แม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มิได้ หมายถึง การนับจำนวนเท่านั้นแต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญประการแรกคือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์(Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบการจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ ได้โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่าใหญ่กว่าฯลฯ ประการต่อมา คือ การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาล–มัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่า ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ผลจากการศึกษาพบว่าครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดีและถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใด ก็จะยิ่งเพิ่ม ความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำ STEM Education ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

3.1 ด้านปัญญาผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

3.2 ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ

3.3 ด้านคุณลักษณะผู้เรียน มีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพการเป็นผู้นำตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์ วิจารณ์ของผู้อื่น

ดังนั้นสะเต็มศึกษา (STEM Education) คือการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าร่วมด้วย โดยมีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้มาบูรณาการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิดและลักษณะดังนี้

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

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาล–มัธยมศึกษา ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงาน

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการ ด้านปัญญา ด้านทักษะการคิด และด้านคุณลักษณะผู้เรียน

จากแนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ยึดแนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษาตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการความรู้ ในแต่ละสาขาวิชา โดยการบูรณาการแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ การบูรณาการแบบสหวิทยาการ และการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา ส่งเสริมให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องและเชื่อมโยงของเนื้อหาในแต่ละสาขาวิชาเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน

3. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556, หน้า 35-37) ได้กล่าวถึงแนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินผล STEM Education ไว้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ STEM ต้องสอดคล้องกับหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้ สามารถนำไปบูรณาการกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบเดิม เพื่อมิให้เป็นภาระกับผู้สอนอันจะก่อให้เกิดปัญหากับการเรียนการสอนได้ นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการของการ

จัดการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ได้มุ่งเน้นแนวคิดการลงมือปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific practice) ที่ไม่เพียงแต่ ค้นคว้าเพื่อให้ได้คำตอบยังมุ่งเน้นการลงมือปฏิบัติ ทั้งการทดลองและการสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยการบูรณาการเข้ากับคณิตศาสตร์และใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering and Technology design process) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะต่าง ๆ จากการปฏิบัติ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2560, หน้า 5) กล่าวว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ต้องอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย องค์ประกอบ 6 ขั้นตอน

1. ระบุปัญหา (Problem Identification)

ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

ขั้นตอนนี้คือหลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูล คือการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

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

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้

แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึง ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

Prince (2008, อ้างถึงใน กมลฉัตร กล่อมอิ่ม ,2562, หน้า 127) กล่าวไว้ว่า ผู้สอนจะมีความเข้าใจในหลักการ แนวคิด และจุดเน้น ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ของสาระเทคโนโลยี (การออกแบบเทคโนโลยี) ตัวอย่างแนวทางการจัดการเรียนรู้ มีดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นในสิ่งที่เด็กอยากเรียนรู้ โดยสิ่งที่อยากเรียนรู้ดังกล่าวจะต้องเริ่มมาจากปัญหาที่เด็กสนใจ หรือพบในชีวิตประจำวันที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับบทเรียน อาจเป็นปัญหาของตนเองหรือปัญหาของกลุ่ม ซึ่งครูจะต้องมีการปรับเปลี่ยนแผนการจัดการเรียนรู้ตามความสนใจของเด็กอย่างเหมาะสม จากนั้นครูและเด็กร่วมกันออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับปัญหานั้น โดยปัญหาที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้บางครั้งอาจเป็นปัญหาของสังคมที่ครูเป็นผู้กระตุ้นให้เด็กคิดจากสถานการณ์ ข่าวเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จะเน้นที่กระบวนการเรียนรู้ของเด็ก เด็กต้องเรียนรู้จากการเรียน (learning to learn) เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนในกลุ่ม การปฏิบัติและการเรียนรู้ร่วมกัน (Collaborative Learning) นำไปสู่การค้นคว้าหาคำตอบหรือสร้างความรู้ใหม่บนฐานความรู้เดิมที่นักเรียนมีมาก่อนหน้านี้

2. การเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-Based Learning) เป็นการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งวางอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานหรือเหตุผลต่าง ๆ และอีกความหมาย คือ เป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการค้นคว้า หาคำตอบอย่างมีระบบเพื่ออธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษากระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนสามารถเลือกจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ในการสืบเสาะหาความรู้ตามบริบทของผู้สอน นักเรียน โรงเรียน และแหล่งการเรียนรู้ที่มีอยู่ตามความเหมาะสม โดยครูเป็นผู้สนับสนุนให้นักเรียนได้สำรวจปรากฏการณ์ต่าง ๆ และกระตุ้นให้นักเรียนสร้างความเข้าใจ ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

3. การจัดการเรียนรู้ แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) หมายถึงการจัดการเรียนรู้ ที่มีครูเป็นผู้กระตุ้นเพื่อนำความสนใจที่เกิดจากตัวนักเรียนมาใช้ในการทำกิจกรรมค้นคว้าหาความรู้ ด้วยตัวนักเรียนเอง นำไปสู่การเพิ่มความรู้ ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติ การฟังและการสังเกตจากผู้เชี่ยวชาญ โดยนักเรียนมีการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มที่จะนำไปสู่การสรุปความรู้ ใหม่ มีการเขียนกระบวนการจัดทำโครงงานและได้ผลการจัดกิจกรรมเป็นผลงานที่เป็นรูปธรรม

4. การเรียนรู้ แบบสืบเสาะ 5E เป็นกระบวนการเรียนรู้ ที่ครูนิยมใช้ กับเด็กระดับประถมศึกษาตอนปลายและนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา คือ 5Es หรือกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ จากหนังสือชื่อ The 5 Es of Inquiry-Based Science ให้ความหมายของคำว่า “Inquiry” หรือการสืบค้นว่าหมายถึง กิจกรรมหรือสิ่งที่มนุษย์ทำหรือกระบวนการเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ การทดลองหรือการทดสอบในภาวะต่างๆเพื่อสาธิตในสิ่งที่รู้หรือการค้นหาสิ่งที่ไม่รู้ การสืบค้นหรือการศึกษาจากการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน 5 Es เป็นคำย่อของ E ทั้งห้า ได้แก่ Engage การสร้างความสนใจ, Explore การสำรวจค้นหา, Explain การอธิบาย, Elaborate ขั้นขยายความรู้ และ Evaluate การประเมินผล (Chitman-Booker & Kopp ,2013, p.55)

5. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ ที่ผนวกวิชาวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อที่จะทำให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจและพัฒนาความรู้ ความสามารถในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อนำมาออกแบบชิ้นงาน ซึ่งชิ้นงานนั้นสามารถนำมาแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนั้น

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) คือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสมเพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีที่เหมาะสม

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจนรวมถึงออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและการประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบ เพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้อาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) หลังจากการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชนโดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมในการเชื่อมโยงหรือแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 6 ขั้นตอนได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริงที่พบ หรือนวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา หรือนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยเชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมและคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา หรือพัฒนานวัตกรรม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรมที่พัฒนา

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลของนวัตกรรมที่พัฒนาได้

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มจะใช้ตาม

แนวทางของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560, หน้า 5) มีทั้งหมด 6 ขั้นตอนคือ

1. ระบุปัญหา (Problem Identification)

ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้เรียนแก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้เรียนแก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาจากกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

เป็นขั้นตอนหลังจากผู้เรียนแก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูล คือการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

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

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

เป็นขั้นตอนหลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึง ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

เป็นขั้นตอนที่หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ(Prototype)ในรูปแบบของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้

ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

เป็นขั้นตอนหลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

4. การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

Edward (2013, pp.12-15) ได้เสนอวิธีการวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. ในกรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based Learning) ในการสอนวิทยาศาสตร์ ผู้สอนสามารถประเมินผู้เรียนดังนี้ คือ

1.1 การตั้งคำถามในแบบทดสอบ

1.2 การปฏิบัติการทดลอง

1.3 การรายงานผลการทดลอง

1.4 การศึกษาตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

2. ในกรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design) ผู้สอนสามารถประเมินกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของผู้เรียน ดังนี้คือ

2.1 การระดมความคิด

2.2 การพัฒนาโมเดลต้นแบบ

2.3 การทำงานเป็นทีม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2558) มีแนวทางการวัดและประเมินดังนี้

1. การประเมินตามสภาพจริง (authentic assessment) คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออก จากผลงาน ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นกระบวนการคิดขั้นสูง กระบวนการทำงานและ

ความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินตามสภาพจริงต้องประเมินหลายๆ ด้าน โดยใช้วิธีการที่หลากหลายให้สอดคล้องกับสถานการณ์ต่างๆ และต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนการพัฒนาและความสามารถของผู้เรียนเพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริง สามารถประเมินได้จากแหล่งข้อมูลและวิธีการดังนี้ สังเกตการแสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน การสัมภาษณ์ บันทึกของผู้เรียน การประชุมปรึกษาหารือหรือร่วมกันระหว่างผู้เรียนและครู การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ (practical assessment) การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (performance assessment) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แฟ้มผลงาน (portfolio assessment) การทดสอบ ฯลฯ

2. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (performance assessment) เป็นการประเมินความสามารถผู้เรียนจากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติงานได้ โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิดและผลงานที่ได้ ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถคือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงานและมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนการประเมินขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์และความสนใจของผู้เรียน เช่น การมอบหมายงานให้ทำ การกำหนดชิ้นงาน การกำหนดตัวอย่างงานให้และให้ผู้เรียนศึกษางานและปฏิบัติตามขั้นตอน

การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็ม การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออก จากผลงาน ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรม หรือสร้างชิ้นงานซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นกระบวนการคิดขั้นสูง กระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ และประเมินความสามารถผู้เรียนจากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติงานได้

สรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ควรดำเนินการอย่างหลากหลายและต่อเนื่อง ครอบคลุมการประเมินก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน เพื่อสะท้อนพัฒนาการและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ในช่วงก่อนเรียนใช้การทดสอบวัดความรู้พื้นฐาน ระหว่างเรียนเน้นการสังเกตพฤติกรรม การตั้งคำถาม การประเมินตนเองและประเมินจากเพื่อน รวมทั้งการติดตามความก้าวหน้าของงานที่ผู้เรียนทำ ส่วนการประเมินหลังเรียนให้เน้นการประเมินผลงานหรือชิ้นงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้นจริง โดยเน้นการวัดกระบวนการคิด การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง นอกจากนี้ การประเมินควรสอดคล้องกับ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เช่น การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ประเมินผ่านการทดลองและการวิเคราะห์ หรือการเรียนรู้โดยการออกแบบทางวิศวกรรม ที่ประเมินกระบวนการคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นทีม ซึ่งช่วยให้การวัดและประเมินผลสะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

5. ประโยชน์จากการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education)

Edward (2013, pp.18-20) ได้นำเสนอข้อมูลในด้านต่างๆที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1. ด้านเศรษฐกิจ (Economic Opportunity) การเรียนรู้สะเต็มศึกษาช่วยเพิ่มโอกาสในด้านเศรษฐกิจ การทำงาน การเพิ่มมูลค่า เพราะนวัตกรรมใหม่ๆที่เกิดขึ้นที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจของโลกล้วนมีพื้นฐานมาจากสะเต็มศึกษา

2. ด้านทรัพยากรบุคคล (Attract more students to technological fields) การเรียนรู้สะเต็มศึกษา ช่วยดึงดูดและสร้างทรัพยากรบุคคลให้เข้าสู่การทำงานด้านเทคโนโลยีที่ยังขาดแคลนอีกมาก

3. ด้านความมั่นคง (National Security) การเรียนรู้สะเต็มศึกษาช่วยสร้างเสริมความมั่นคงให้กับประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในด้านความมั่นคงและความปลอดภัยด้านไซเบอร์ (cyber security) ในโลกปัจจุบันที่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีด้านการสื่อสารอย่างมาก

4. ด้านสุขภาพ (Enhancing Health) ความรู้และทักษะจากการได้เรียนรู้ STEM ช่วยให้ประชากรในประเทศมีสุขภาพแข็งแรงและอายุยืนขึ้น เพราะมีเทคโนโลยีในการรักษาโรคภัยต่าง ๆ ได้ดีขึ้น มีการตรวจพบโรคร้ายต่าง ๆ ได้เร็วก่อนจะลุกลาม ทำให้สามารถทำการรักษาได้ทัน

ศิริลักษณ์ ชาวบัวลุ่ม (2558, หน้า 45) ได้อธิบายข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาต่อประเทศและผู้เรียนในสังคมต่าง ๆ ดังนี้

1.สะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมความเท่าเทียมกันทางการศึกษา เนื่องจากมีข้อมูลที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าตลอดระยะเวลามากกว่า 25 ปีที่ผ่านมาระบบการศึกษาโดยทั่วไปจะส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชายเนื่องจากแนวคิดของเนื้อหาในรายวิชาต่าง ๆ จะเน้นที่เป็นภาคทฤษฎีมากกว่า (Verbal concepts) แต่สะเต็มศึกษาได้รับการออกแบบมา โดยมีเป้าหมายการสอนให้เกิดความเท่าเทียมกันทั้งสองเพศโดยมีเป้าหมายสูงสุดคือการเป็นสมาชิกของสังคมที่ประสบความสำเร็จ

2. สะเต็มศึกษาเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาเชิงลึกได้มากขึ้นจากการบูรณาการเนื้อหา ทักษะ กระบวนการที่สัมพันธ์กันทั้ง 4 รายวิชาเข้าด้วยกันอย่างเป็นองค์รวม แทนการเรียนรู้แบบแยกส่วน ซึ่งความสามารถที่เกิดจากเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานี้เป็นสิ่งที่จำเป็นในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในอนาคต โดยผู้เรียนที่จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา

ทางด้าน STEM นั้นมีโอกาสเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาและมีโอกาสในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM สูงโดยที่มีการคาดการณ์กันว่าประมาณร้อยละ 80 ของอาชีพในทศวรรษหน้าจะเป็นอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

3. สะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดเชิงระบบ (System thinking) การรู้วิทยาศาสตร์ตลอดจนสร้างนักนวัตกรรมรุ่นใหม่ในการสร้างสรรค์ และกระบวนการใหม่ๆ อย่างยั่งยืนภายใต้ระบบเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งนวัตกรรมที่เกิดขึ้นล้วนมีพื้นฐานมาจากความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะการเรียนรู้เนื้อหาด้าน STEM ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งช่วยพัฒนาคุณลักษณะ ค่านิยม (Habits of mind) ที่พึงประสงค์สอดรับกับทักษะที่จำเป็นสำหรับทศวรรษที่ 21 สอดคล้องกับคำที่กล่าวว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นตัวเร่งให้เกิดการบูรณาการเนื้อหาด้าน STEM ที่ช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาประเทศ

4. สะเต็มศึกษาช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนาประเทศในอนาคตดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบความพร้อมในการศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยและความพร้อมในการประกอบอาชีพ (ACT College and Career Readiness) ของประเทศสหัฐอเมริกา ประจำปี ค.ศ.2010 พบว่า มีนักเรียนเพียงร้อยละ 29 ที่มีความพร้อมที่จะเข้าศึกษาต่อทางด้านวิทยาศาสตร์ในระดับอุดมศึกษาและร้อยละ 43 ที่มีความพร้อมที่จะเข้าศึกษาในด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งหากภาครัฐไม่เร่งพัฒนาสะเต็มศึกษา สหรัฐอเมริกาก็มีแนวโน้มที่จะขาดแคลนแรงงานด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ในอนาคตอันใกล้นี้

สำนักวิชาการ (2559, หน้า 11)ได้กล่าวถึงข้อดี และข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีข้อดี ดังนี้

1. เป็นการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสาขาวิชาที่เรียนกับสาขาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีทัศนะกว้างไกล

2. ผู้เรียนสามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจริงและใช้ได้อย่างเหมาะสม

3. เป็นการสอนที่ส่งเสริมกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนได้หลากหลายรูปแบบ

4. การสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาจะทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วนสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ทั้งด้านปัญญา ด้านทักษะ การคิด

เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และด้านคุณลักษณะ คือ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม มีทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีข้อจำกัด ดังนี้

1. ประเทศไทยมีเพียงหลักสูตรการสอนที่แบ่งกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ยังไม่มีกลุ่มสาระการเรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์ปรากฏอย่างชัดเจน ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจะมีลักษณะเป็นเพียงแค่การสอดแทรกอยู่ในวิชากลุ่มวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเท่านั้น ทำให้ขาดความชัดเจน ขาดความต่อเนื่อง และขาดความสอดคล้องกันของแต่ละกลุ่มสาระ จึงทำให้ไม่มีแนวทางให้ครูผู้สอนนำไปจัดการเรียนการสอนได้

2. ความไม่พร้อมด้านสื่อการสอน บทเรียน กระบวนการวัดและประเมินผล ที่ชัดเจน จะทำให้การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาประสบความสำเร็จได้ยาก

3. ครูผู้สอนไม่มีความสามารถ ไม่มีความชำนาญ และไม่มีความรู้พียงพอ ดังนั้น จึงต้องมีการเตรียมการศึกษาและวางแผนการดำเนินงาน STEM Education ให้ชัดเจน มีการอบรมให้ความรู้แก่ครู เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีรูปธรรม เนื่องจากแผนการพัฒนาครูที่ดีและชัดเจน จะมีส่วนที่ทำให้ผู้บริหารสถานศึกษาและครูผู้สอนเข้าใจและสามารถนำไปสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การรวมเนื้อหาและประสบการณ์ให้มีการบูรณาการในระดับชั้นมัธยมศึกษา และในระดับที่สูงขึ้นเป็นไปได้ยาก

จากข้อความดังกล่าว การจัดการศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นถึงการนำมาประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งการจัดการศึกษานี้ เป็นการจัดการศึกษาที่เน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งส่งเสริมให้เกิดการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน แต่ก็มีข้อจำกัดตรงที่ว่าปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีความชัดเจนในเรื่องของความรู้และกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยจะส่งเสริมด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เป็นส่วนใหญ่

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจในทฤษฎีหรือกฎผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบเหล่านั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ การจัดการศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้น ประกอบด้วยลักษณะสำคัญ 5 ประการ อันได้แก่

1. เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ 4 วิชาอันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน

2. เป็นการสอนที่ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาทั้ง 4 สาขา ให้เข้ากับชีวิตประจำวันและการทำงาน

3. เป็นการสอนที่เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 นั่นคือ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะสารสนเทศ และทักษะชีวิตและอาชีพ

4. เป็นการสอนที่มุ่งให้เกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งท้าทายความคิดของนักเรียน

5. เป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และเกิดความเข้าใจในองค์ความรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 ศาสตร์

การเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (Coding)

1. ความหมายของทักษะโค้ดดิ้ง (Coding)

กัลยา โสภณพนิช (2562, หน้า 22) กล่าวว่าโค้ดดิ้ง (Coding) เป็นทักษะภาษาเช่นเดียวกับภาษาไทย และภาษาต่างประเทศอื่น ซึ่ง Coding จะช่วยพัฒนาและเพิ่มพูนทักษะชีวิตให้กับเด็กรอบด้าน ได้แก่

1. C-Creative Thinking: ความคิดสร้างสรรค์

2. O-Organized Thinking: ความคิดที่เป็นระบบ ระเบียบและมีตรรกะวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

3. D-Digital Literacy: ความสามารถในการเข้าใจภาษาดิจิทัล

4. I-Innovation: นวัตกรรมที่ใช้ได้จริง และเกิดประโยชน์ต่อส่วนรวม

5. N-Newness: ความคิดริเริ่มที่มีความสดใหม่ ทั้งด้านความรู้ ความเข้าใจในเทคโนโลยี

6. G-Globalization: ยุคโลกาภิวัฒน์ที่มีนิยามว่า ยุคศตวรรษที่ 21

ยืน ภู่วรวรรณ (2562, หน้า 13) กล่าวว่า Coding เป็นสิ่งที่เกี่ยวพันกับชีวิต การวางแผน การคิด และการแก้ปัญหา เช่น การแต่งเพลง การวางลำดับตัวโน๊ตดนตรี การออกแบบท่าเต้น การลำดับท่าเต้นท่ารำ การเขียนกลอน การเขียนแผนธุรกิจ การลำดับการวางแผน ซึ่งต่างจากคอมพิวเตอร์ โค้ดดิ้ง หรือ การเขียนโปรแกรม ที่หมายถึงการเขียนลำดับขั้นตอน การวางคำสั่ง การสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงานโดยมีข้อตกลง รหัส หรือภาษาสั่งการที่สร้างขึ้นมาเฉพาะ มีกฎเกณฑ์ไวยากรณ์ Syntax ที่ กำหนดความหมาย (Semantic) ที่แน่นอน ไม่ให้กำกวม

กตัญชลี เอกวุธ (2562, หน้า 10) กล่าวว่า Coding หมายถึง การเขียนโค้ดด้วยภาษาคอมพิวเตอร์โดยใช้หลักการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ หรือ Coding คือชุดคำสั่งที่ทำให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้ เมื่อนำชุดคำสั่งมารวมกันก็กลายเป็น Program

Kim Dae-wook (2019, p 3) กล่าวว่า Coding หมายถึง กระบวนการแก้ปัญหาโดยการเข้ารหัส ซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานของการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์

Joohi Lee and Jo Junoh (2019, p 6) กล่าวว่า Coding หมายถึง กระบวนการในการระบุและบอกขั้นตอนการทำงานเพื่อให้งานที่ต้องการสำเร็จได้ โดยไม่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ หรือ Unplug Coding ซึ่งประกอบไปด้วยการเข้ารหัส อัลกอริธึม การทำซ้ำ การลำดับคำศัพท์หรือสัญลักษณ์ การแก้ไขจุดบกพร่อง และแผนการเข้ารหัส

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2564, หน้า 7) กล่าวว่า Coding คือการใช้ชุดคำสั่งหรือสัญลักษณ์ เพื่อสื่อถึงลำดับขั้นตอนการทำงานบางอย่างที่ต้องการ ซึ่งมีหลายรูปแบบ ทั้งการใช้ชุดคำสั่งที่ไม่ต้องใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Unplugged) เช่น การใช้บัตรคำสั่งด้วยข้อความหรือสัญลักษณ์ที่เข้าใจได้ง่าย และการใช้ชุดคำสั่งที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์(Plugged) เช่น การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น Basic, Python, Java C และ Pascal เป็นต้น โดย Coding เป็น 1 ใน 3 ของวิชาวิทยาการคำนวณ การเขียนโปรแกรมหรือการเขียนลำดับขั้นตอน การวางคำสั่ง การสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงาน ซึ่งมีข้อตกลง รหัส หรือภาษาสั่งการที่สร้างขึ้นมาเฉพาะ มีความหมายแน่นอน ไม่กำกวม โดยคำว่าคอมพิวเตอร์ Coding มีความหมายแคบกว่า Coding เพราะเน้นเฉพาะใช้กับคอมพิวเตอร์เท่านั้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2561, หน้า 12) กล่าวถึงวิทยาการคอมพิวเตอร์ คือการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ การใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน การบูรณาการกับวิชาอื่น การเขียนโปรแกรม การคาดการณ์ผลลัพธ์การตรวจหาข้อผิดพลาด การพัฒนาแอปพลิเคชันหรือพัฒนาโครงงาน อย่างสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ดังนั้นทักษะโค้ดดิ้ง หมายถึง การเขียนลำดับขั้นตอน การวางคำสั่ง การสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงานโดยมีข้อตกลง รหัส หรือภาษาสั่งการที่สร้างขึ้นมาเฉพาะ การเขียนโปรแกรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ จัดประสบการณ์เรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวคิดวิทยาการคอมพิวเตอร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะ Coding การคิดอย่างเป็นระบบขั้นตอน สามารถแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้โดยใช้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในกระบวนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้

2. แนวคิดเกี่ยวกับ Coding

ไคล์ฟ บีล (2557, อ้างถึงในสายพิณ กุลกนกวรรณ ฮัมดานี, 2560) ผู้อำนวยการฝ่ายพัฒนาการศึกษา Raspberry Pi Foundation สหราชอาณาจักร กล่าวถึงบทบาทสำคัญของการเขียน Coding ว่าในช่วงเวลาที่สหราชอาณาจักรประกาศปรับหลักสูตรวิชาคอมพิวเตอร์ที่สอนอยู่ในโรงเรียนโดยเริ่มแนะนำให้ผู้เรียนรู้จักกระบวนการคิดในทางคอมพิวเตอร์ (Computational Thinking) ตั้งแต่ระดับ Key Stage 1 (อายุ 5 - 6 ปี) โดยมีสาระสำคัญสรุปได้ว่า หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานไม่ได้สอนดนตรีเพื่อให้ผู้เรียนทุกคนกลายเป็นนักไวโอลินระดับวงซิมโฟนี ไม่ได้กำลังพยายามทำให้ผู้เรียนทุกคนเป็นเลิศทางคอมพิวเตอร์ การบรรจุวิชาเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา คือ การบอกว่าสิ่งเหล่านี้คืออะไร ทำงานอย่างไร การทำความเข้าใจจึงเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ ไคล์ฟ บีล เห็นว่ากระบวนการคิดทางคอมพิวเตอร์เป็นกระบวนการแก้ปัญหาแบบหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มทักษะการคิดและความมั่นใจในการรับมือกับปัญหาปลายเปิดที่ซับซ้อนทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อช่วยแก้ปัญหาในวิชาการสาขาอื่น ๆ ได้ด้วย โดยไคล์ฟ บีล ชี้ให้เห็นภาพการบูรณาการการเขียนโค้ดเข้ากับเนื้อหาวิชาอื่น ๆ ว่า “ผู้เรียนอาจเขียนโปรแกรมเพื่อส่งกล้องขึ้นไปในชั้นบรรยากาศระดับต่ำให้บันทึกภาพสำหรับโครงงานทางวิทยาศาสตร์ อาจใช้คำนวณผลในวิชาคณิตศาสตร์ ใช้ทำงานศิลปะเขียนโปรแกรมในวิชาดนตรี หรือแม้แต่วิชาพละก็ได้”

Alice Steinglass (2561) มีแนวคิดว่า เด็กทุกคนควรได้เรียนวิทยาการคำนวณ Coding เนื่องจากในปัจจุบันโลกแวดล้อมด้วยเทคโนโลยีมากมาย คอมพิวเตอร์เป็นสิ่งสำคัญของระบบการศึกษา เป็นสิ่งที่ครูและผู้เรียนต้องใช้ และเหตุผลที่สำคัญคือทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ได้ เมื่อตลาดแรงงานมีการเปลี่ยนแปลง มีการคาดการณ์ไว้ว่าอีก 15 ปีข้างหน้าครึ่งหนึ่งของตลาดแรงงานจะถูกแทนที่ด้วยคอมพิวเตอร์ ดังนั้น จะต้องเตรียมผู้เรียนให้พร้อมสู่การทำงานทุก ๆ ปี วิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computing Science) ซึ่งจะมีบทบาทและความสำคัญมากขึ้นและในอนาคต 5 - 10 ปี ข้างหน้า งานต่าง ๆ จะต้องใช้วิทยาการคอมพิวเตอร์เพิ่มมากขึ้น เมื่อผู้เรียนสำเร็จการศึกษาจะได้รับการเตรียมความพร้อม มีทักษะสำหรับการไปทำงานในด้านดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Google for Education (2561, อ้างถึงใน ภาสกร เรืองรองและคณะ, 2561) มีความเห็นว่าขั้นตอนการแก้ปัญหาที่มีจำนวนของลักษณะและการแสดงออกด้วยการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) เป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และยังสามารถนำมาใช้เพื่อสนับสนุนการแก้ปัญหาได้ทุกสาขารวมทั้งมนุษยศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนที่เรียนรู้ด้านการคิดเชิงคำนวณแบบข้ามหลักสูตร สามารถเริ่มต้นที่จะเห็นความสัมพันธ์ระหว่างการศึกษาเช่นเดียวกับการดำรงชีวิตทั้งภายในและนอกห้องเรียน โดยการคิดเชิงคำนวณมี

องค์ประกอบ ดังนี้ (1) การแบ่งแยกข้อมูลหรือปัญหาออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้ง่ายต่อการจัดการ (Decomposition) (2) การสังเกตรูปแบบแนวโน้มของปัญหา และความสม่ำเสมอในข้อมูลที่สามารถเกิดขึ้นซ้ำ ๆ(Pattern Recognition) (3) การระบุหลักการทั่วไปและการดึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดความคิดหลัก (Abstraction) และ (4) การออกแบบขั้นตอนตามคำแนะนำสำหรับการแก้ปัญหา (Algorithm Design)

Tim Cook (2560) กล่าวว่าการเรียนรู้วิธีเขียนโค้ดมีความสำคัญมากกว่าการเรียนภาษาอังกฤษ เป็นภาษาที่สองเนื่องจากสามารถนำไปใช้เพื่อแสดงความเป็นตัวตนที่แท้จริง ให้กับผู้คนกว่า 7,000 ล้านคนทั่วโลก และมีความเห็นว่าควรมีการเรียน เขียนโค้ดในโรงเรียนของรัฐทุกแห่งในโลกโดยความสามารถในการเขียนโค้ดจะทำให้เพิ่มโอกาสในการได้รับค่าตอบแทนหรือเงินเดือนที่สูงขึ้น เนื่องจากงานที่จ่ายค่าตอบแทนสูงที่สุดในสหรัฐอเมริกากว่าหนึ่งในสามขณะนี้คือ ต้องการคนที่มีทักษะและความคุ้นเคยกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยได้กล่าวถึงประโยชน์ของภาษาคอมพิวเตอร์ (Coding) ว่าเป็นภาษาที่ทุกคนต้องการ ไม่ใช่สำหรับนักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์เท่านั้น แต่เป็นภาษาสำหรับทุกคนในยุคปัจจุบัน

ภาสกร เรืองรอง และคณะ (2561, หน้า 11) ได้กล่าวถึงการคิดเชิงคำนวณ (Computational thinking) กับการศึกษาไทยไว้ว่า การคิดเชิงคำนวณจะมีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เน้นการเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหา จะเห็นได้ชัดเจนจากห้องเรียนที่เน้นการเรียนการสอนด้าน STEM เนื่องจากสาระหลักของการคิดเชิงคำนวณ คือ การแยกแยะปัญหาออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อง่ายต่อการบริหารจัดการ ซึ่งผู้เรียนที่ใช้แนวคิดนี้จะมีวิธีในการแก้ปัญหาที่สลับซับซ้อน โดยเปลี่ยนปัญหาให้กลายเป็นหลาย ๆ ปัญหาย่อยที่มีความเชื่อมโยงกัน ซึ่งกลยุทธ์นี้นอกจากทำให้ง่ายต่อการแก้ปัญหาแล้ว ยังทำให้ผู้เรียนมีกระบวนการคิดที่มีประสิทธิภาพอีกด้วย

ธนชาติ นุ่มนนท์ (2562, หน้า 25) มีความเห็นว่า การศึกษาการเขียนโปรแกรม (Coding) ภาษาคอมพิวเตอร์เป็นเรื่องจำเป็นสำหรับทุกคนในยุคปัจจุบัน หลักการที่แท้จริงของการเรียนโค้ดดิ้งเพื่อเน้นพัฒนาความคิดให้เป็นระบบ การแก้ปัญหา การใช้เหตุผล รู้ลำดับขั้นตอน ไม่ใช่หมายความว่าจะต้องเรียนไปเพื่อเป็นโปรแกรมเมอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคที่เทคโนโลยีกำลังเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว จึงมีความจำเป็นที่ทุกคนต้องเข้าใจโค้ดดิ้ง เพื่อการใช้ชีวิตประจำวันหรือการทำงานในอนาคต แม้จะไม่ใช่คนในสายวิชาชีพด้านเทคโนโลยีสารสนเทศก็ตาม นอกจากนี้ในอนาคตคนต้องทำงานร่วมกันกับระบบปัญญาประดิษฐ์ หรือ AI (Artificial Intelligence) ซึ่งอาจเป็นหุ่นยนต์ หรือระบบอัจฉริยะที่ต้องมีการเขียนโปรแกรม สอนลำดับขั้นตอน การทำงาน เพื่อให้เข้าใจระบบการทำงานเหล่านั้น ผู้ที่ประกอบอาชีพต่าง ๆ ในอนาคตจำเป็นต้องมีทักษะในการเขียนโปรแกรมขั้นต้นอย่างง่าย ๆ เช่นกัน รวมถึงมีแนวคิดว่า การสอนโค้ดดิ้งจะเป็นแบบใด จะมีหรือไม่

มีเครื่องคอมพิวเตอร์ก็ได้ เพียงแต่ต้องสอนให้ผู้เรียนเข้าใจ สอนให้สนุก เพื่อเป็นรากฐานการใช้ชีวิตประจำวันของเยาวชนทุกคนต่อไปในอนาคต

จากแนวคิดของนักการศึกษาเกี่ยวกับโค้ดดิ้งจึงสรุปได้ว่า การเรียนรู้การเขียนโปรแกรม (Coding) และการพัฒนาทักษะคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ซึ่งถือเป็นทักษะที่สำคัญต่อการเตรียมความพร้อมของบุคคลในอนาคต การเรียนรู้ Coding มีบทบาทสำคัญในการพัฒนา Computational Thinking ตั้งแต่อนุบาลจนถึงระดับมัธยมศึกษา เน้นการเพิ่มทักษะการคิดและความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน ทักษะการเขียนโค้ดสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลายวิชาและงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับด้านดิจิทัล โค้ดดิ้งเป็นรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาความคิดระบบการแก้ปัญหา และการใช้เหตุผล โค้ดดิ้งจึงเป็นทักษะที่จำเป็นในการทำงานร่วมกับระบบปัญญาประดิษฐ์ในอนาคต

3. ขั้นตอนของ Coding

Alexiou-Ray, Raulston, Fenton, and Johnston (2018, p21) ได้กล่าวถึงลักษณะของ Coding ไว้เป็น Challenge ที่เป็นระดับเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความท้าทาย ดังนี้

Challenge 1 เป็นการเขียนอัลกอริทึมที่ประกอบด้วยขั้นตอนที่คุณจะเริ่มในตอนเช้า จะทำอะไรเป็นอย่างแรก ลำดับที่สองและสาม ซึ่งสามารถเขียนอัลกอริทึมนี้ได้เหมือนกับการพูดคุยกับบุคคลทั่วไป ยังไม่จำเป็นต้องใช้โค้ด

Challenge 2 เป็นการใช้บล็อกอย่างง่าย ซึ่งเป็นขั้นพื้นฐานโดยเรียนรู้จากการเขียนโปรแกรม แบบลากวางเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน

Challenge 3 เพิ่มความซับซ้อนของการเขียนโปรแกรมมากขึ้นด้วยการเขียนโปรแกรมแบบลากวาง แต่อาจต่างกันที่ระดับความยาก สามารถใช้ภารกิจการทำงานในชีวิตประจำวันเป็นโจทย์ในการเรียน Coding ได้

Challenge 4 ศึกษาเว็บไซต์หรือสื่อดิจิทัลทางการศึกษาที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับช่วงวัย และเป็นการวางแผนเริ่มต้นการเขียนโปรแกรมที่ดี

Challenge 5 เป็นการเรียน Coding โดยการเขียนโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ผ่านทางซอฟต์แวร์หรือเว็บแอพพลิเคชั่นที่ส่งเสริมการเรียน Coding ได้ทุกที่ทุกเวลา

Rothenberg (2017, p 3) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมซึ่งเกี่ยวข้องกับ Coding ไว้ ดังนี้

1. ออกแบบส่วนประกอบ เป็นการสร้างแรงจูงใจให้ผู้เขียนโปรแกรมเห็นผลลัพธ์ โดยการออกแบบสิ่งที่เห็นได้เป็นรูปธรรมก่อน

2. วิเคราะห์องค์ประกอบ ดูองค์ประกอบที่เป็นไดนามิก คือการเชื่อมโยงโครงสร้างของ Coding ให้เป็นผลลัพธ์ที่คนทั่วไปสามารถเข้าใจ

3. การเตรียมการทำงาน เป็นการเตรียมเครื่องมือต้นแบบขึ้นเพื่อคอยสนับสนุนการทำงาน มีตัวกลางการทำงานที่คอยช่วยเหลือการทำงาน พร้อมทั้งทดลองเขียนโปรแกรมโดยใช้การเขียนโค้ดสำเร็จรูป

4. เริ่มต้น Coding โดยเริ่มจากการแบ่งส่วน และแยกแยะรูปแบบที่อยู่ภายในของผลลัพธ์ จากนั้นดูภาพรวมของการเขียนโค้ดทั้งหมดเพื่อลงรายละเอียด

5. การดูแลปกป้องโครงสร้าง ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบข้อผิดพลาดก่อนที่จะมีการนำเสนอผลลัพธ์ของโค้ดผ่านช่องทางต่าง ๆ ซึ่งในส่วนของการลดความซับซ้อนของการเขียนโค้ดนั้นจะมีวิธีการตรวจสอบผ่านการรันโปรแกรม โปรแกรมจะขึ้นแจ้งเตือนเมื่อมีการเขียนโค้ดผิดพลาด เพื่อลดความซับซ้อน

6. การวนซ้ำ เป็นวิธีหนึ่งในการแก้ไขปัญหาซึ่งบางครั้งอาจใช้การคัดลอก/วาง และนำมาเปลี่ยนค่าได้ เพื่อปรับใช้เมื่อจำเป็น นั่นเป็นทางออกที่ถูกต้องของการเขียนโปรแกรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2561, หน้า 33) กล่าวถึงขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้การคิดเชิงคำนวณ 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การใช้คำถามเพื่อพัฒนาการคิด เป็นคำถามสำคัญให้พิจารณาปัญหา โดยการย่อยปัญหา การหารูปแบบและพิจารณาแนวคิดตามรูปแบบที่ปรากฏ

2. การออกแบบและเรียงลำดับการแก้ปัญหาคือการกำหนดอัลกอริทึมที่สามารถกำหนดเป็นวิธีการต่างๆได้ เช่น การเขียนแบบข้อความ การเขียนรหัสลำลอง และการเขียนผังงาน

3. การเขียนโปรแกรม (Coding)ใช้บล็อกอย่างง่ายใน Coding เป็นการทำให้ผู้เขียนโค้ดมีทัศคติที่ดีต่อการเขียนโค้ด มีแรงบันดาลใจในการทำงาน พร้อมกับเห็นผลลัพธ์อย่างง่ายจากการเขียนโปรแกรม

4. การตรวจสอบเพื่อการปรับปรุงแก้ไขเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของโค้ดที่ผู้เขียนโค้ดเขียนขึ้น หากมีข้อผิดพลาดใดสามารถแก้ไขได้ด้วยตนเองก่อนมีการเผยแพร่และจัดทำข้อมูล

จากการศึกษาขั้นตอนของการโค้ดดิ้งจากงานวิจัยและนักการศึกษาสรุปได้ว่า ขั้นตอนของการโค้ดดิ้ง เป็นการนำสถานการณ์ปัญหาโดยการย่อยปัญหาให้เป็นรูปแบบของอัลกอลิทึมยังไม่จำเป็นต้องใช้โค้ด เป็นการเขียนลำดับขั้นตอน การวางคำสั่งแก้ปัญหาและเรียบเรียงลำดับการแก้ปัญหา เมื่อวางลำดับขั้นตอนตามรูปแบบของอัลกอลิทึกต่างๆเรียบร้อยจะนำลำดับขั้นตอนการทำงานเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ โดยมีข้อตกลง รหัส หรือภาษาสั่งการที่สร้างขึ้นมาเฉพาะ การเขียนโปรแกรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ จัดประสบการณ์เรียนรู้ เพื่อให้เข้าใจรูปแบบ ลำดับขั้นตอนการ

ทำงาน การตัดสินใจ ซึ่งการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งผู้วิจัยใช้แนวทางตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ดังนี้

1. การใช้คำถามเพื่อพัฒนาการคิดเป็นคำถามสำคัญคือให้พิจารณาปัญหาโดยการย่อยปัญหา การหารูปแบบและพิจารณาแนวคิดตามรูปแบบ

2. การออกแบบและเรียงลำดับการแก้ปัญหาคือกำหนดอัลกอริทึมที่สามารถกำหนดเป็นวิธีการต่างๆได้ เช่น การเขียนแบบข้อความ การเขียนรหัสลำลอง และการเขียนผังงาน

3. การเขียนโปรแกรม (Coding) คือการใช้บล็อกอย่างง่ายใน Coding เป็นการทำให้ผู้เขียนโค้ดมีทัศคติที่ดีต่อการเขียนโค้ด มีแรงบันดาลใจในการทำงาน พร้อมกับเห็นผลลัพธ์อย่างง่ายจากการเขียนโปรแกรม

4. การตรวจสอบเพื่อการปรับปรุงแก้ไขคือการตรวจสอบความถูกต้องของโค้ดที่ผู้เขียนโค้ดเขียนขึ้น หากมีข้อผิดพลาดใดสามารถแก้ไขได้ด้วยตนเองก่อนมีการเผยแพร่และจัดทำข้อมูล

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ในการเชื่อมโยงหรือแก้ปัญหาการคิดอย่างเป็นขั้นตอนได้ในชีวิตจริง ประเทศไทยได้บรรจุให้โค้ดดิ้ง (Coding) จัดอยู่ในสาระการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 4 เทคโนโลยี ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ภายใต้ชื่อวิชาวิทยาการคำนวณ โดยวัตถุประสงค์ของรายวิชานั้น คือ “การเรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ” ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาโดยกระบวนการจัดประสบการณ์เรียนรู้แบบโค้ดดิ้ง ใช้ในขั้นที่ 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมการสร้างต้นแบบ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน สามารถแสดงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งดังตารางที่ 2 ได้ดังนี้

ตารางที่ 2 การกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)	**แนวคิดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (Coding)**	**การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง**	**ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์**
1. ระบุปัญหา (Problem Identification) ผู้เรียนแก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว		1. ระบุปัญหา (Problem Identification) ครูผู้สอนเสนอสถานการณ์ปัญหาต่างๆ และผู้เรียนระบุปัญหา ตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้เรียนต้องพิจารณาปัญหาจากสิ่งที่ผู้เรียนค้นพบหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหา	- ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และจัดกิจกรรมที่หลากหลายโดยสร้างสถานการณ์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการคิดแก้ปัญหา - เชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม - ใช้กิจกรรมการสอนและสื่อการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละชั่วโมง

ตารางที่ 2 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)	แนวคิดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (Coding)	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ผู้เรียน		2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	- นักเรียนแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยสมาชิก 4-5 คน ซึ่งสมาชิกกลุ่มจะมีความแตกต่างกันในเรื่องเพศและระดับสติปัญญา และปฏิบัติตามกิจกรรมที่กำหนดไว้ โดยนักเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน ต้องร่วมมือกันทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย และการรวบรวมข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนด
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้รวบรวม มาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการกำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้เรียนต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์	1. การใช้คำถามเพื่อพัฒนาการคิดเป็นคำถามสำคัญคือให้พิจารณาปัญหาโดยการย่อยปัญหา การหารูปแบบและพิจารณาแนวคิดตามรูปแบบ 2. การออกแบบและเรียงลำดับ	3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้การผสมผสานการเรียนรู้แบบโค้ดดิ้ง การเขียนโปรแกรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ ผู้เรียนเขียนชุดคำสั่งหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในรูปโค้ด (Code) เพื่อให้	- นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหาวิเคราะห์ทั้งนี้ ผู้เรียนต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และออกแบบโปรแกรมกำหนดอัลกอริทึม ในการใช้บล็อกอย่างง่ายใน Coding โดยการออกแบบจะร่าง

ตารางที่ 2 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)	แนวคิดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (Coding)	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์
คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มา ในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา	การแก้ปัญหาคือกำหนดอัลกอริทึมที่สามารถกำหนดเป็นวิธีการต่างได้ เช่น การเขียนแบบข้อความ การเขียนรหัสลำลอง และการเขียนผังงาน 3. การเขียนโปรแกรม (Coding) คือการใช้บล็อกอย่างง่ายใน Coding เป็นการทำให้ผู้เขียนโค้ดมีทัศคติที่ดีต่อการเขียนโค้ดมีแรง	คอมพิวเตอร์เข้าใจในปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาของตนและทำในสิ่งที่ผู้เขียนโค้ดต้องการ สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้เรียนต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มา ในการสร้างภาพร่างหรือสัญลักษณ์ ชุดบล็อกคำสั่ง กำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา	เป็นผังงานเชิงสัญลักษณ์ในรูปแบบของโค้ดโดยใช้โค้ดจาก โปรแกรม Micro:bit

ตารางที่ 2 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)	แนวคิดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (Coding)	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นขั้นตอนในการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) กำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน	4. การตรวจสอบเพื่อการปรับปรุงแก้ไขคือการตรวจสอบความถูกต้องของโค้ดที่ผู้เขียนโค้ดเขียนขึ้น หากมีข้อผิดพลาดใดสามารถแก้ไขได้ด้วยตนเองก่อนมีการเผยแพร่และจัดทำข้อมูล	4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมการสร้างต้นแบบร่วมกับวิธีการโค้ดดิ้ง (Prototype Planning and Coding Development) คือ ผ่านชุดอุปกรณ์บอร์ด micro:bit เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์สำหรับการศึกษา กำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ออกแบบและเรียงลำดับการแก้ปัญหา กำหนดอัลกอริทึมที่สามารถกำหนดเป็นวิธีการต่างๆ ได้ และเขียนโปรแกรม (Coding) โดยใช้บล็อกอย่างง่ายใน Coding	- ผู้เรียนวางแผนและดำเนินการปฏิบัติงานกลุ่มตรวจสอบข้อผิดพลาดของชุดคำสั่งและหาวิธีการแก้ปัญหา - เน้นทักษะการแก้ปัญหาตามแต่สถานการณ์ต่างๆตามรูปแบบของโปรแกรม ร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ - สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน - ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน

ตารางที่ 2 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)	แนวคิดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (Coding)	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์
5. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา		5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา	- ทดสอบสอบและพัฒนาชิ้นงานให้มีความสมบูรณ์ สามารถใช้แก้ไขปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้จริง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง

ตารางที่ 2 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)	แนวคิดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (Coding)	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่ เข้าใจง่ายและน่าสนใจ		6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) คือขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ที่ผ่านการปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาจนมีประสิทธิภาพนำเสนอต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่ เข้าใจง่ายและน่าสนใจ	- ผู้เรียนนำเสนอผลงานที่สามารถแก้ไขปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ และเข้าใจง่ายและน่าสนใจ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สุนีย์ ลิ้มรสสุคนธ์ (2544, หน้า 42) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพด้านต่างๆของสมองหรือประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน การฝึกฝนหรือประสบการณ์ต่างๆ ของแต่ละบุคคลสามารถวัดโดยวิธีการทดสอบหรือวิธีการต่างๆ

ละพอ ทับทิม (2546, หน้า 1) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) เป็นคุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกอบรมหรือจากการสอบ การวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นการตรวจสอบความสามารถหรือสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่ามีความสามารถแค่ไหน ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญในการวัดประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามศักยภาพจากการศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีผู้ให้ความหมายไว้ในแนวทางเดียวกัน

ปานใจ ไชยวรศิลป์ (2549, หน้า116) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ผลรวมของมวลประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ในด้านของทักษะความรู้ ความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกมาและสามารถวัดได้

สุพัตรา เกษมเรืองกิจ (2551, หน้า 32) กล่าวว่า ความหมาย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ ความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะทางวิชาการ รวมทั้งสมรรถภาพทางสมองด้านต่าง ๆ ที่ได้จากการอบรมสั่งสอนและวัดได้โดยอาศัยเครื่องมือและวิธีการที่หลากหลาย

กู๊ด (Good. 1992 หน้า 370, อ้างถึงใน อุษณี โลหิตยา, 2555, หน้า 70) ได้ให้ความหมายคำว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การเข้าถึงความรู้ (Knowledge Attained) หรือการพัฒนาทักษะทางการเรียน ซึ่งอาจพิจารณาจากคะแนนสอบที่กำหนดให้ คะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายให้หรือทั้งสองอย่าง

จากแนวคิดของนักการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเกี่ยวข้องกับผลที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนที่จะทำให้ นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และสามารถวัดได้โดยการแสดงออกมาทั้ง 3 ประการ ประการที่ 1 ผลสะท้อนความรู้ความสามารถในการเรียนรู้ ประการที่ 2 ผลสำเร็จทางการเรียนวัดจากความถนัดความสามารถทักษะกระบวนการ ความสามารถในการแก้ปัญหา ประการที่ 3 พฤติกรรมต่อการเรียนรู้ที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอน

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความสามารถที่เกิดจากการเรียนการสอน การฝึกฝนหรือประสบการณ์ต่างๆ ของตัวบุคคล และสามารถวัดได้โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และสามารถวัดได้โดยการแสดงออกมาทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

2. ลักษณะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2540, หน้า 18) ได้กล่าวถึงลักษณะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ว่า คือ พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญา หรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ยึดหลักแนวทางของ Klopferในการประเมินการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือด้านความรู้ความคิดแบ่งได้ 4 ด้าน คือ

1. ความรู้ความจำ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถจดจำคำศัพท์ ข้อเท็จจริง แนวความคิดกระบวนการ หลักการ ทฤษฎีต่างๆ

2 ความเข้าใจเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในการอธิบาย และให้เหตุผลเกี่ยวกับคำศัพท์ ข้อเท็จจริงแนวความคิดกระบวนการ หลักการ ทฤษฎีต่างๆ

3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จากข้อมูล

4. การนำความรู้ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 39) ได้จำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือความรู้ ความคิดตามแนวของ Klopfer แห่งมหาวิทยาลัยพิตส์เบอร์ก (University of Pittsburgh)เป็น 4 ลำดับขั้นพฤติกรรม คือ

1. ความรู้-ความจำ (Knowledge)

2. ความเข้าใจ (Comprehension)

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills)

4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application)

Bloom (อ้างถึงใน จิรายุทธิ์ อ่อนศรี, 2561, หน้า 1) เป็นนักการศึกษาชาวอเมริกัน เชื่อว่าการเรียนการสอนที่จะประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพนั้น ผู้สอนจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจน และได้แบ่งประเภทของพฤติกรรมโดยอาศัย ทฤษฎีการเรียนรู้และจิตวิทยาพื้นฐานว่ามนุษย์จะเกิดการเรียนรู้ใน 3 ด้านคือ ด้านสติปัญญา ด้านร่างกาย และด้านจิตใจ และนำหลักการนี้จำแนกเป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษาเรียกว่า Taxonomy of Educational objectives ได้จำแนกจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. พุทธิพิสัย (Cognitive Domain)

พฤติกรรมด้านสมองเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับสติปัญญา ความคิด ความสามารถในการคิดเรื่องราวต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งพฤติกรรมทางด้านพุทธิพิสัย 6 ระดับ ได้แก่

1.1 ความรู้ (Knowledge) เป็นความสามารถในการจดจำแนกประสบการณ์ต่างๆ และระลึกเรื่องราว นั้นๆ ออกมาได้ถูกต้องแม่นยำ

1.2 ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถบ่งบอกใจความสำคัญของเรื่องราวโดยการแปลความหลักตีความได้ สรุปใจความสำคัญได้

1.3 การนำความรู้ไปประยุกต์ (Application) เป็นความสามารถในการนำหลักการกฎเกณฑ์และ วิธีดำเนินการต่างๆของเรื่องที่ได้รู้มา นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

1.4 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวที่สมบูรณ์ให้กระจายออกเป็น ส่วนย่อยๆ ได้อย่างชัดเจน

1.5 การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน โดยปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้น

1.6 การประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดลงไป การประเมินเกี่ยวข้องกับการใช้เกณฑ์คือ มาตรฐานในการวัดที่กำหนดไว้

2. จิตพิสัย (Affective Domain) (พฤติกรรมด้านจิตใจ) ค่านิยม ความรู้สึก ความซาบซึ้ง ทัศนคติ ความเชื่อ ความสนใจและคุณธรรม พฤติกรรมด้านนี้อาจไม่เกิดขึ้นทันที ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงควรจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และสอดแทรกสิ่งที่ดีงามอยู่ตลอดเวลา

3.ทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) พฤติกรรมที่บ่งถึงความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่วชำนาญ

Bloom’s Taxonomy Revised (2001) เกิดจากการปรับปรุงแนวคิดการแบ่งประเภทการเรียนรู้ แบบดั้งเดิมโดยนักการศึกษา 2 ท่านได้แก่ Anderson และ Krathwohl ซึ่งได้ปรับปรุงวัตถุประสงค์ให้ พิจารณาเป็น 2 มิติ คือ พิจารณาลักษณะของความรู้ และพิจารณาการเรียนรู้ทางปัญญา 6 ขั้น ดังนี้

1. การจำ (Remembering) เป็นระดับพื้นฐานของการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการนำเอาหรือดึงเอาความรู้ การสืบค้น การเตือนความจำ ได้จากความจำระยะยาวของคนออกมาเพื่อกำหนดการเรียนรู้

2. การเข้าใจ (Understanding) เป็นกระบวนการสร้างความรู้อย่างมีความหมาย จากสื่อ จากการอธิบาย การพูด การเขียน การแยกแยะ การเปรียบเทียบ การจัดหมวดหมู่ หรือการอธิบาย ที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในสิ่งที่กำลังเรียนรู้

3. การประยุกต์ใช้ (Applying) เป็นการนำความรู้ความเข้าใจไปประยุกต์ใช้ หรือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ด้วยกระบวนการหรือวิธีการดำเนินการอย่างเป็นขั้นเป็นตอน

4. การวิเคราะห์ (Analyzing) เป็นกระบวนการนำส่วนต่างๆ ของการเรียนรู้ มาประกอบเป็นโครงสร้างใหม่ ด้วยการพิจารณาว่ามีส่วนใดสัมพันธ์กับส่วนอื่นอย่างไร พิจารณาโครงสร้างโดยรวมของสิ่งที่เรียนรู้ แยกแยะวัตถุประสงค์ที่แตกต่างผ่านกระบวนการอย่างเป็นระบบ

5. การประเมินค่า (Evaluating) ตัดสินใจ เลือก การตรวจสอบสิ่งที่ได้จากการเรียนโดยใช้เกณฑ์หรือหลักฐานเป็นพื้นฐานในการให้คุณค่า สู่บริบทของตนเองที่สามารถวัดได้ และตัดสินได้ว่าอะไรถูกหรือผิดบนเงื่อนไขและมาตรฐานที่สามารถตรวจสอบได้ บนพื้นฐานของเหตุผลและเกณฑ์ที่แน่ชัด

6. การสร้างสรรค์ (Creating) เพื่อให้ได้องค์ประกอบของสิ่งที่เรียนรู้ร่วมกันด้วยการสังเคราะห์ เพื่อเชื่อมโยงให้รูปแบบใหม่ของสิ่งที่เรียนรู้หรือโครงสร้างของความรู้ที่ผ่านการวางแผน และการสร้างหรือการผลิตอย่างเหมาะสม

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม กล่าวถึงประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนเกิดจากการกำหนดจุดมุ่งหมายทางการศึกษาไว้อย่างชัดเจน โดยตั้งจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียน เกิดการเรียนรู้ทางด้านสติปัญญา ด้านร่างกายและด้านจิตใจ โดยการเรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัยเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับสติปัญญา ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ ตามลำดับ 6 ขั้น ขั้นความรู้ ขั้นความเข้าใจ ขั้นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ขั้นการวิเคราะห์ ขั้นการสังเคราะห์และขั้นการประเมินค่า การเรียนรู้ด้านจิตพิสัยเป็นพฤติกรรมทางด้านจิตใจ การรับรู้ การตอบสนอง การเกิดค่านิยม การจัดระบบและบุคลิกภาพ ส่วนการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย เป็นพฤติกรรม ด้านกล้ามเนื้อประสาท ได้แก่ การรับรู้กระทำตามแบบ การหาความถูกต้อง การกระทำอย่างต่อเนื่องหลังจาก ตัดสินใจ และการกระทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ ต่อมาในปี 2001 ได้มีการปรับปรุงจุดประสงค์ทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของ Bloom และคณะโดยการเปลี่ยนนิยามคำศัพท์จากคำนาม ไปเป็นกริยาและจัดลำดับกระบวนการใหม่ โดยมิติด้านกระบวนการพุทธิพิสัย ประกอบด้วย 6 กระบวนการ คือ ความจำ (Remember) ความเข้าใจ (Understanding) การประยุกต์ใช้ (Applying) วิเคราะห์ (Analyzing) ประเมินค่า (Evaluating) และสร้างสรรค์ (Creating) จุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูม (Bloom’s Taxonomy) ถือได้ว่าเป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่มี ความสำคัญที่มีการนำมา

ประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายในทุกระดับของระบบการศึกษาในโรงเรียนและในทุกสาขาวิชา (จีรนันท์ รัตนวิเศษ, 2558, หน้า19)

ดังนั้น จุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของผู้เรียนที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง คือ จุดประสงค์ทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของ Bloom's Taxonomy Revised (2001) จะเห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่ใช้ความสามารถทางสติปัญญาด้านความรู้ ความคิด ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการในการเรียนรู้เนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวคิดของ Bloom's Taxonomy Revised (2001) วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างสรรค์

3. การวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Kloper (อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, หน้า 3-16) โดยได้จำแนกพฤติกรรมการเรียนด้านพุทธิพิสัยเป็นลำดับขั้นดังนี้

1. ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม มโนทัศน์ ข้อตกลง การจัดประเภท เทคนิควิธีการ หลักการ กฎ ทฤษฎี และแนวคิดที่สำคัญๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถให้คำจำกัดความ หรือเล่าเหตุการณ์ จดบันทึก เรียกชื่อ อ่านสัญลักษณ์ และระลึกถึงข้อสรุปได้ การวัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ ลักษณะของข้อสอบจะถามเกี่ยวกับความรู้ความจำไม่เกินร้อยละ ยี่สิบของข้อสอบทั้งหมด

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ นักเรียนที่มีความสามารถทางด้านนี้จะแสดงออก โดยสามารถเปรียบเทียบ แสดงความสัมพันธ์ อธิบาย ชี้แจง จำแนก จัดหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ ตัดสิน เลือกแสดงความคิดเห็น เรียงลำดับได้ อ่านกราฟแผนภูมิและแผนภาพได้ การวัดพฤติกรรมความเข้าใจ ลักษณะของข้อสอบจะถามให้นักเรียนอธิบายหรือบรรยายความรู้ต่างๆ ด้วยคำพูดของตนเอง หรือให้ระบุข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หลักการ กฎหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยๆ คือ

3.1 การสังเกตและการวัด

3.2 การมองปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา

3.3 การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

3.4 การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลอง

4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านการนำไปใช้ส่วนใหญ่จะมีลักษณะแบบยกสถานการณ์ใหม่ๆ หรือปัญหาใหม่มาให้นักเรียนแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนแก้ปัญหา นักเรียนต้องมีความเข้าใจในการคิดเกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ และต้องใช้ความสามารถระดับสูง ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และประเมินค่าตลอดจนใช้ยุทธวิธีต่างๆ ในการแก้ปัญหา การประเมินผลการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบไม่สามารถวัดความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้ โดยทั่วไปครูควรประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์

เบนจามิน บลูม (Bloom et al) ปรับแก้ไขโดย แอนเดอร์สัน และแครธวอล (Anderson & Krathwohl, 2001, pp. 214-217) ได้กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 3 ด้าน

1. ด้านพุทธิพิสัย การเรียนรู้ทางปัญญา 6 ขั้น (Cognitive Processes) ดังนี้

1.1 จำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการระลึกได้แสดงรายการได้บอกได้ ระบุ บอกชื่อได้ เช่น นักเรียนสามารถบอกความหมายของทฤษฎีต่างๆได้

1.2 การเข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความหมาย การยกตัวอย่าง การสรุป การอ้างอิง เช่น นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดของทฤษฎีเหล่านั้นได้

1.3 ประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ การแก้ไขปัญหา เช่น นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

1.4 วิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ แยกแยะ และอธิบายลักษณะความแตกต่างได้ชัดเจน เช่น นักเรียนสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทฤษฎี 2 ทฤษฎีได้

1.5 ประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้อง ตัดสิน วิจารณ์ เช่น นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าที่เกิดขึ้นจากทฤษฎีได้

1.6 คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ (Design) วางแผนสร้างสิ่งใหม่ ผลิตสิ่งต่างๆ เช่น นักเรียนสามารถออกแบบผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติด้วยตนเองได้

2. ด้านจิตพิสัย พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านจิตใจ ความรู้สึกนึกคิด เจตคติ ค่านิยม ความสนใจ และความชื่นชมต่อสิ่งต่างๆรอบตัว ได้แก่ การรับรู้และตอบสนอง การมองเห็นคุณค่า การสร้างกรอบแนวคิด และการสร้างลักษณะนิสัยเฉพาะ

3. ด้านทักษะพิสัย เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการใช้ความสามารถทางกายและทางสมองที่สัมพันธ์กัน จนสามารถใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การลอกเลียนแบบ การทำตามแบบ ความชัดเจนในการปฏิบัติ การทำอัตโนมัติ

สามารถสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านพุทธิพิสัยเป็นเกณฑ์ในการวัด 2) การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านจิตใจความรู้สึกนึกคิดเป็นเกณฑ์ในการวัด และ 3) การวัดผลสัมฤทธิ์โดยการใช้ทักษะหรือความสามารถในการปฏิบัติสิ่งต่างๆ เป็นเกณฑ์ในการวัด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัย จะวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านพุทธิพิสัย การเรียนรู้ทางปัญญา 6 ขั้น (Cognitive Processes) ประกอบด้วย 1) จำ (Remembering) 2) การเข้าใจ (Understanding) 3) ประยุกต์ใช้ (Applying) 4) วิเคราะห์ (Analyzing) 5) ประเมินค่า (Evaluating) 6) คิดสร้างสรรค์ (Creating)

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ Bloom's Taxonomy Revised (2001) เพื่อเป็นแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้ โดยเป็นการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ด้าน คือด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการประเมินค่าและด้านสร้างสรรค์

4.ประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถกระทำได้หลากหลายรูปแบบ จึงมีนักการศึกษาหลายท่าน ได้จำแนกประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้อย่างหลากหลาย เพื่อให้ครูสามารถเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับสิ่งที่ครูต้องการวัดผล ดังนี้ พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530, หน้า 29–30) ได้แบ่งการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 2 แบบ คือ

1. การวัดด้านปฏิบัติ โดยเน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง สามารถวัดและสังเกตได้ด้วยตา เช่น วิชาพลศึกษา ศิลปศึกษา คหกรรม งานช่าง เป็นต้น

2. การวัดทางด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถเกี่ยวกับองค์ประกอบของเนื้อหา ที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ มีวิธีการวัดและประเมินผลได้ 2 ลักษณะ คือ

2.1 การทดสอบด้วยปากเปล่า การสอบแบบนี้มักจะทำเป็นรายบุคคล ซึ่งเป็นการสอบที่ต้องการข้อมูลเฉพาะด้าน เฉพาะบุคคล เช่น การสอบอ่านหนังสือ การสอบสัมภาษณ์ การสอบกล่าวสุนทรพจน์

2.2 การทดสอบแบบเขียนตอบ เป็นการสอบวัดที่ให้ผู้สอบเขียนเป็นตัวหนังสือตอบ ซึ่งมีรูปแบบตอบอยู่ 2 แบบ คือ

2.2.1 แบบไม่จำกัดคำตอบ ซึ่งได้แก่ การสอบวัดที่ใช้ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง

2.2.2 แบบจำกัดคำตอบ ซึ่งเป็นการสอบที่กำหนดขอบเขตของคำถามที่จะให้ตอบหรือกำหนดคำตอบที่ให้เลือก ซึ่งมีรูปแบบของคำตอบอยู่ 4 รูปแบบคือ

2.2.2.1 เลือกทางใดทางหนึ่ง

2.2.2.2 เลือกคำตอบ

2.2.2.3 จับคู่

2.2.2.4 เติมคำ

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, หน้า 95) ได้กล่าวถึงการจำแนกประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนในกลุ่มที่ทำการสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นและใช้ทั่วไปในสถานศึกษา ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1.1 แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่ใช้คำถามหรือปัญหา โดยให้ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติได้อย่างอิสระ

1.2 แบบทดสอบปรนัย หรือแบบให้ตอบสั้นๆ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้สอบเขียนตอบสั้นๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั่วๆไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพและได้มาตรฐาน

สมนึก ภัททิยธนี (2546, หน้า 78-82) ได้จำแนกประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้และข้อคิดเห็นแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด ลักษณะทั่วไป ถือได้ว่าข้อสอบแบบกาถูก-ผิด คือ ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ผู้ตอบเติมคำหรือประโยคหรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มี ใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ ลักษณะทั่วไป ข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ ลักษณะทั่วไป เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีคำหรือข้อความแยกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่า แต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะคู่กับคำ หรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ ลักษณะทั่วไป ข้อสอบแบบเลือกตอบนี้จะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม และตอนเลือก ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2549, หน้า 85-86) แบ่งประเภทของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

1. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และทักษะการสร้างแบบทดสอบ โดยมีการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ เพื่อวัดความเป็นปรนัย (Objective) ความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability)

2. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher Made Tests) สร้างขึ้นเพื่อทดสอบนักเรียนในชั้นเรียน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 แบบทดสอบปรนัย (Objective Test) ได้แก่ ข้อสอบแบบถูก-ผิด จับคู่ เติมคำให้สมบูรณ์ ตอบแบบสั้น และแบบเลือกตอบ

2.2 แบบอัตนัย (Essay Test) คือ แบบจำกัดคำตอบ และแบบไม่จำกัดคำตอบหรือตอบเสรี

สามารถสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถจำแนกได้หลากหลายประเภท โดยหากพิจารณาจากผู้สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นเกณฑ์ จะสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้ 1.

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ครูออกด้วยตนเอง 2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ และหากพิจารณาจากคำตอบเป็นเกณฑ์ จะสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ 1. คำถามที่ต้องการคำตอบสั้นๆ ต้องเลือกตอบข้อใดข้อหนึ่ง หรือเป็นคำถามที่ถูกจำกัดคำตอบ 2.คำถามที่ต้องตอบด้วยการอธิบาย กว้างๆ สามารถอธิบายได้อย่างเสรี ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียนในรูปแบบ ปรนัย 4 ตัวเลือก

ความสามารถในการแก้ปัญหา

1. ความหมายของปัญหา

จากการศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ได้มีผู้กล่าวถึงความหมายของปัญหาไว้ดังนี้

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2542, หน้า 687) ได้ให้ความหมายของ ปัญหาไว้ว่า คือ ข้อสงสัย คำถาม ข้อที่ต้องพิจารณา หรือสรุปได้ว่า ปัญหาคือ สิ่งที่ซับซ้อนยุ่งยาก เป็นอุปสรรคที่ยังหาคำตอบไม่ได้ และการที่จะได้คำตอบมานั้นต้องใช้กระบวนการที่เหมาะสม

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540,หน้า 67) ได้ให้ความหมายของ ปัญหา ไว้ว่า สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดอุปสรรคในการดำเนินงาน ซึ่งทั้งคนและสัตว์ไม่สามารถตอบสนองตามที่เคยเรียนรู้มาแล้วได้ จำเป็นต้องศึกษาหาสาเหตุของปัญหา และกำจัดปัญหาเหล่านั้นด้วยกระบวนการที่เหมาะสม

อุษณีย์ โพธิสุข และคณะ (2544, หน้า 34) ได้ให้ความหมายของ ปัญหา ไว้ว่าเป็นสถานการณ์ที่ต้องการคิด การแก้ไขที่ได้มาจากการสังเคราะห์ความรู้ที่เคยเรียนรู้มาแต่ก่อนซึ่งมักเกี่ยวข้องกับ 3 สิ่ง คือ การยอมรับว่าเป็นปัญหาหรือรู้ว่านี่คือปัญหา อุปสรรคของปัญหา หรืออุปสรรคของจุดมุ่งหมายการแก้ปัญหาที่จะบรรลุจุดมุ่งหมาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545, หน้า 150) ได้ให้ความหมายของปัญหา ไว้ว่า สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือสิ่งที่พบแล้วไม่สามารถจะใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งแก้ปัญหาได้ทันที หรือเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นแล้วไม่สามารถมองเห็นแนวทางแก้ไขได้ทันที

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ปัญหาคือสถานการณ์ที่ไม่เคยประสบพบเจอ ไม่สามารถคิดหาทางแก้ไขได้หากไม่อาศัยความรู้หรือประสบการณ์ที่ผ่านมา

2. ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา

จากการศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ได้มีผู้กล่าวถึงความหมายของ ความสามารถในการแก้ปัญหา ไว้ดังนี้

Good (1973, หน้า 53) ได้ให้ความหมายของ ความสามารถในการแก้ปัญหา ไว้ว่าการแก้ปัญหาเป็นแบบแผนหรือวิธีดำเนินการซึ่งอยู่ในสภาวะที่มีความลำบากยุ่งยาก หรืออยู่ในสภาวะที่

พยายามตรวจข้อมูลที่หามาได้ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับปัญหามีการตั้งสมมติฐาน และมีการตรวจสอบสมมติฐานภายใต้การควบคุม การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ เพื่อจะทดสอบสมมติฐานนั้นว่าเป็นจริงหรือไม่ซึ่งวิธีดังกล่าว ถือเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ที่เรียกว่า การแก้ปัญหานั่นเอง

Gleitman (1992, หน้า 202) ได้ให้ความหมายของ ความสามารถในการแก้ปัญหา ไว้ว่า การแก้ปัญหาผู้แก้ปัญหาจะต้องใช้กระบวนการคิด ซึ่งเกิดขึ้นจากภายในสมองอย่างเป็นขั้นตอน จะต้องมีการจัดระบบขององค์ประกอบต่าง ๆ โดยใช้วิธีการเฉพาะเป็นเรื่อง ๆ เพื่อให้กระบวนการแก้ปัญหามีทิศทางมุ่งตรงไปสู่เป้าหมาย และสามารถแก้ปัญหาได้ในที่สุด

อรัญญา ชนะเพีย (2542, หน้า 8) ได้ให้ความหมายของ ความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นความสามารถที่ต้องอาศัยกิจกรรมทางสมองในการคิดวิเคราะห์พิจารณา ไตร่ตรองและตัดสินใจในการหาวิธีการหรือแสดงพฤติกรรม เพื่อขจัดอุปสรรคอันนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ

สุวิทย์ มูลคำ (2547, หน้า 135) ได้ให้ความหมายของ ความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่า การคิดแก้ปัญหาเป็นความสามารถทางสมอง ที่จะขจัดภาวะที่ไม่สมดุลที่เกิดขึ้น โดยพยายามปรับตัวหาหนทางคลี่คลายประเด็นสำคัญให้กลับเข้าสู่ภาวะสมดุล

อัมพวา รักบิดา (2549, หน้า 40) ได้ให้ความหมายของ ความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องใช้ความสามารถทางสมองในการเรียนรู้ การสังเกต จดจำ ทำความเข้าใจ และการมีประสบการณ์ในการประมวลอย่างมีแบบแผนของสมองมาใช้ในการแก้ไขให้เหตุการณ์ที่ไม่ปกติกลายเป็นปกติ หรือการใช้ความคิดเพื่อทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตนเองตั้งไว้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ปราณี หีบแก้ว (2552, หน้า 28) ได้ให้ความหมายของ ความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่าความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นความสามารถทางสมอง ด้านการคิดวิเคราะห์ ใช้ความรู้ประสบการณ์ที่มีความสัมพันธ์กับสติปัญญาหาหนทางขจัดสิ่งที่ทำให้เกิดความขัดข้องไม่สบายกายไม่สบายใจ เป็นอุปสรรค สามารถมีพัฒนาการได้ โดยบุคคลจะใช้ประสบการณ์และทักษะมาก่อนสั่งสมเป็นความรู้ใช้แก้ปัญหาใหม่

ธัญญารัตน์ ธนูรัตน์ (2553, หน้า 23) ได้ให้ความหมายของ ความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นการแสดงความสามารถเฉพาะบุคคล โดยได้รับอิทธิพลในการแก้ปัญหา จากการเรียนรู้จากประสบการณ์เดิมแล้วนำมาผสมผสานเพื่อระงับ หรือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อให้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมาย

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา คือ ความสามารถคิดค้นหาวิธีที่จะนำมาใช้คิดการแก้ปัญหา โดยศึกษาวิธีจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ เช่น ห้องสมุด อินเตอร์เน็ต ถามจากผู้รู้เป็นต้น เพื่อให้กระบวนการแก้ปัญหามีทิศทางมุ่งตรงไปสู่เป้าหมาย และสามารถแก้ปัญหาได้ในที่สุด

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการทางด้านสติปัญญา และการเรียนรู้ เพื่อให้เข้าใจในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา จึงนำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ดังนี้ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2533)

1. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของPiaget แบ่งออกเป็น 4 ขั้น ซึ่งได้กล่าวถึง การแก้ปัญหา คือ

ขั้นที่ 1 การแก้ปัญหาด้วยการกระทำ (Sensor motor Stage) ตั้งแต่แรกเกิดถึง 2 ปี เด็กจะรู้เฉพาะสิ่งที่เป็นรูปธรรม มีความเจริญรวดเร็วในด้านความคิด ความเข้าใจ การใช้ประสาทสัมผัสต่างๆ ต่อสภาพจริงรอบตัว จะทำอะไรบ่อยๆ ซ้ำๆ เลียนแบบ พยายามแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก ความสามารถในการคิดวางแผนอยู่ในขีดจำกัด

ขั้นที่ 2 ขั้นเตรียมสำหรับความคิดที่มีเหตุผล (Preparational Stage) อยู่ใน ช่วงอายุ 2 – 7 ปี Piaget ได้แบ่งขั้นนี้ออกเป็นขั้นย่อย ๆ 2 ขั้นคือ

1) Preconceptual Thought เด็กวัยนี้อยู่ในช่วง2-4 ปี เด็กวัยนี้มีความคิดรวบยอดในเรื่องต่าง ๆ แล้วเพียงแต่ยังไม่สมบูรณ์ และยังไม่มีเหตุผลเด็กสามารถใช้ภาษาและเข้าใจความหมายสัญลักษณ์ แต่การใช้ภาษานั้นยังเกี่ยวข้องกับตนเองเป็นส่วนใหญ่ ความคิดของเด็กวัยนี้ขึ้นอยู่กับการรับรู้เป็นส่วนใหญ่ เด็กยังไม่สามารถใช้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล เด็กยังไม่เข้าใจเรื่องความคงที่ของปริมาณ

2) Intuitive Though เด็กวัยนี้อยู่ในช่วง 4- 7 ปี ความคิดของเด็กวัยนี้แม้ว่าจะเริ่มมีเหตุผลมากขึ้น แต่การคิดและการตัดสินใจยังขึ้นอยู่กับการรับรู้มากกว่าความเข้าใจ เด็กเริ่มมีปฏิกิริยาต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น มีความสนใจอยากรู้อยากเห็นและมีการซักถามมากขึ้น มีการเลียนแบบพฤติกรรมของผู้ใหญ่ที่อยู่รอบข้าง ใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการคิด อย่างไรก็ตามความเข้าใจของเด็กวัยนี้ยังขึ้นอยู่กับสิ่งที่รับรู้จากภายนอกนั่นเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นการคิดอย่างมีเหตุผลเชิงรูปธรรม (Concrete Operational Stage) อยู่ในช่วงอายุระหว่าง7 - 11 ปี วัยนี้สามารถใช้สมองในการคิดอย่างมีเหตุผล แต่กระบวนการคิดและการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหาต้องอาศัยสิ่งที่เป็นรูปธรรม สามารถคิดกลับไปกลับมาได้ และแบ่งแยกสิ่งต่าง ๆ เป็นหมวดหมู่ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นการคิดมีเหตุมีผลเชิงนามธรรม (Formal Operational Stage) อยู่ในช่วงอายุ 11 - 15 ปี โครงสร้างความคิดของเด็กวัยนี้ พัฒนามาถึงขั้นสูงสุด เริ่มเข้าใจกฎเกณฑ์ ทางสังคมดีขึ้น สามารถเรียนรู้โดยใช้เหตุผลมาอธิบายและแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ เด็กรู้จักคิดตัดสินปัญหา มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ได้มากขึ้น สนใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ดีขึ้น

2. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Bruner

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Bruner แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

2.1 ขั้น Enactive Stage เป็นระยะการแก้ปัญหาด้วยการกระทำ ตั้งแต่แรก เกิดจนถึง 2 ปี ซึ่งตรงกับขั้น Sensorimotor Stage ของPiaget เป็นขั้นที่เด็กเรียนรู้ด้วยการกระทำหรือประสบการณ์มากที่สุด

2.2 ขั้น Iconic Stage เป็นขั้นที่เด็กมีระยะการแก้ปัญหาด้วยการรับรู้แต่ยังไม่รู้จักใช้เหตุผล ซึ่งตรงกับ ขั้น Concrete Operational Stage ของPiaget เด็กวัยนี้เกี่ยวข้องกับความเป็นจริงมากขึ้น จะเกิดความคิดจากการรับรู้เป็นส่วนใหญ่ และภาพแทนในใจ อาจจะมีจินตนาการบ้างแต่ไม่ลึกซึ้ง

2.3 ขั้น Symbolic Stage เป็นขั้นพัฒนาการสูงสุดด้านความรู้และความเข้าใจ เปรียบเทียบได้กับขั้นระยะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลกับสิ่งที่เป็นนามธรรม (Formal Operational Stage) เด็กสามารถถ่ายทอดประสบการณ์ โดยการใช้สัญลักษณ์หรือภาพ สามารถคิดหาเหตุผลและเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรม ตลอดจนสามารถคิดแก้ไขปัญหาได้

ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการทางด้านสติปัญญา และการเรียนรู้ เพื่อให้เข้าใจในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา

จากทฤษฎีที่กล่าวมาความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นกระบวนการการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถด้านทักษะปฏิบัติของผู้เรียน ได้เรียนรู้ร่วมกัน และเสริมกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบมากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการคิด การตัดสินใจในการพัฒนาความสามารถการแก้ปัญหา และปฏิบัติการแก้ปัญหาของผู้เรียนจากประสบการณ์ตรงด้วยวิธีการที่หลากหลายสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget การแก้ปัญหาด้วยการกระทำ พยายามแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก มีความคิดที่มีเหตุผล การคิดอย่างมีเหตุผลเชิงรูปธรรม การคิดมีเหตุมีผลเชิงนามธรรม โดยใช้เหตุผลมาอธิบายและแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ เด็กรู้จักคิดตัดสินปัญหา มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ได้มากขึ้น สนใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ดีขึ้นและสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Bruner ในขั้น Symbolic Stage สามารถถ่ายทอดประสบการณ์ โดยการใช้สัญลักษณ์หรือภาพ สามารถคิดหาเหตุผลและเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรม ตลอดจนสามารถคิดแก้ไขปัญหาได้

4. ขั้นตอนกระบวนการในการแก้ปัญหา

เพื่อการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างเป็นระบบระเบียบ จำเป็นจะต้องดำเนินการตามลำดับขั้นตอน จึงได้มีนักการศึกษาหลายท่าน ได้เสนอขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหา ดังนี้

Atkinson (1961, pp.224-225) อธิบายว่า วิธีการแก้ปัญหาก็คือ วิธีเดียวกันกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั่นเอง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 9 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นรู้และกำหนดปัญหา
2. ขั้นพิจารณาตรวจสอบประสบการณ์เดิม
3. ขั้นค้นหาข้อเท็จจริงมาสนับสนุนการแก้ปัญหา
4. ขั้นศึกษา และประเมินผล
5. ขั้นตัดสินใจเลือกวิธีการที่ดีที่สุดมาดำเนินการ
6. ขั้นทดสอบ
7. ขั้นสรุป
8. ขั้นนำข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์หรือการทดลองที่เหมือนเดิม
9. ขั้นนำข้อสรุปไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่

Bruner (1969, pp.123 – 127) ได้ศึกษาวิธีการแก้ปัญหา และได้สรุปว่า การคิดแก้ปัญหาของบุคคลนั้นต้องการกลไกแห่งความสามารถในการอ้างอิงและจำแนกประเภทของสิ่งเร้า ประสบการณ์ รับรู้ต่าง ๆ ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งของกระบวนการจัดประเภท อันที่จะนำไปสู่การตอบสนองในขั้นสุดท้าย ขั้นตอนต่าง ๆ ในการคิดแก้ปัญหามีดังนี้

1. ขั้นรู้จักปัญหา (Problem Isolation) เป็นขั้นที่บุคคลรับรู้สิ่งเร้าที่ตนกำลังเผชิญอยู่ว่าเป็นปัญหา

2. ขั้นแสวงหาเค้าเงื่อน (Search for Cues) เป็นขั้นที่บุคคลใช้ความพยายามอย่างมากในการระลึกถึงประสบการณ์เดิม

3. ขั้นตรวจสอบความถูกต้อง (Conformation Checker) ก่อนที่จะตอบสนองในลักษณะของการจัดประเภทหรือแยกโครงสร้างของเนื้อหา

4. การตัดสินตอบสนองที่สอดคล้องกับปัญหา

Weir (1974 อ้างถึงใน อัมพวา รักบิดา, 2549, หน้า 39) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ดังนี้ คือ

1. ขั้นกำหนดปัญหา คือ ขั้นในการตั้งปัญหาหรือวิเคราะห์ประโยคที่เป็นปัญหา หรือความสามารถในการบอกปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา คือ นิยามสาเหตุของปัญหาโดยแยกแยะจากลักษณะที่สำคัญในการบอกสาเหตุของปัญหา จากสถานการณ์ที่กำหนด

3. ขั้นลงมือแก้ปัญหา คือ การค้นหาแนวทางแก้ปัญหาและตั้งสมมติฐาน คิดวิธีการแก้ปัญหา ให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา

4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ คือ หลังแก้ปัญหา พิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา อภิปรายผลที่เกิดขึ้นหลังจากการคิดแก้ปัญหาว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร

นอกจากนี้ Weir ได้เสนอการรับรู้สำหรับวิธีการแก้ปัญหา (Perception for problem solution) 6 ประการ สำหรับช่วยในการแก้ปัญหาได้ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ปัญหา ทบทวนสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งได้รูปแบบที่ครอบคลุมเรื่องทั้งหมด จากนั้นแยกแยะปัญหาที่แท้จริงจากสิ่งที่เห็นได้ง่ายแล้วเชื่อมโยงปัญหาที่ใกล้ตัวเข้ากับปัญหาทั้งหมดซึ่งบางครั้งอาจเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่แฝงอยู่ในปัญหา โดยสรุป คือ หาความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อย ๆ และความเหมาะสมของเหตุการณ์นั้น ๆ

2. การตัดสินใจในการนิยามปัญหา ซึ่งหลักการข้อนี้จะคลี่คลายข้อสงสัยที่ติดอยู่ในใจ ซึ่งลักษณะของปัญหาส่วนใหญ่คือ เรื่องการให้ความหมายของคำ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของข้อความมากกว่าความเป็นจริง หลีกเลี่ยงได้โดยระมัดระวังการนิยามความหมายของคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

3. การเรียบเรียงเหตุการณ์ต่าง ๆ ของปัญหา ผู้ศึกษาอาจพบว่ามีความยุ่งยากในการตัดสินใจในความสัมพันธ์ของปัญหา เช่น ปัญหา B และ C ว่าอะไรมีความสัมพันธ์สูงกว่ากัน เมื่อได้รับข้อมูล A น้อยกว่า B และข้อมูล A มากกว่า C จะเห็นว่าความยุ่งยากจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น หากนำปัญหานั้น ๆ จัดให้อยู่ในแบบของตรรกศาสตร์ ซึ่งเทียบได้เท่ากับ B มากกว่า A และ A มากกว่า C

4. แสวงหาวิธีการใหม่เพื่อหาคำตอบ โดยการไตร่ตรองแนวทาง หรือวิธีการที่เป็นไปได้ และกำหนดตัวเลือกจากแนวทางส่วนใหญ่ของปัญหาทั้งหมด ถ้ามีตัวเลือกมากก็จะสามารถหาหนทางแก้ไขปัญหาให้ดีขึ้นได้

5. หยุดเมื่อติดขัดหรือพบอุปสรรค โดยวิธีการแก้ปัญหาอาจเกิดขึ้นในเหตุการณ์ที่ไม่ได้ไป เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น

6. ปรึกษาปัญหากับผู้อื่น มีการอภิปรายปัญหาตลอดจนวิธีการต่าง ๆ กับบุคคลอื่น ๆ เพื่อให้เกิดแง่คิดต่าง ๆ ซึ่งช่วยในการแก้ปัญหาได้สำเร็จ

อุษณีย์ โพธิสุข และคณะ (2544, หน้า 44 – 45) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนของกระบวนการในการแก้ปัญหาประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

1. ขั้นนำเข้าสู่ปัญหา เป็นการศึกษาถึงสภาพของปัญหาว่าเกิดจากอะไรบ้าง

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา เป็นการศึกษา วิเคราะห์ วิพากษ์ วิจารณ์ ให้รู้ ถ่องแท้ว่าปัญหาที่ต้องการที่แท้จริงที่ต้องการแก้ไขคืออะไรกันแน่ หรืออะไรบ้างที่ไม่ใช่ปัญหาที่แท้จริง ถ้าไม่รู้จักตัวปัญหาที่แท้จริง จะทำให้การทำงานปราศจากจุดมุ่งหมาย

3. ขั้นระบุปัญหา เป็นการนำปัญหาที่เป็นสาเหตุจริงมาเป็นจุดสำคัญในการศึกษา

4. ขั้นกำหนดวัตถุประสงค์ เป็นการกำหนดเป้าหมายเพื่อการแก้ปัญหานั้น ๆ ว่าให้ผลสัมฤทธิ์ทางด้านใด ในการกำหนดวัตถุประสงค์ ต้องเขียนให้ชัดเจน สามารถมองเห็นภาพการกระทำได้

5. ขั้นตั้งสมมติฐาน เป็นการเสนอแนวทางและวิธีการในการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหาที่อาจจะสามารถทำให้การแก้ปัญหานั้นสำเร็จลงไปได้

6. ขั้นทดลองหรือตรวจสอบสมมติฐานเป็นการนำวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตั้งสมมติฐานไปใช้ในการแก้ปัญหา

7. ขั้นสรุปผล

8. ขั้นนำไปใช้

จากแนวคิดของนักการศึกษา เกี่ยวกับหลักการและขั้นตอนการแก้ปัญหา จะพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหามีระบบ แบบแผน มีเหตุผล มีขั้นตอนที่เหมาะสมรวมทั้งต้องใช้การคิดอย่างซับซ้อน รวมทั้งสติปัญญา สมรรถภาพทางสมอง ประสบการณ์และความถนัดเพื่อที่จะหาวิธีการแก้ปัญหาตามสาเหตุ สามารถวิเคราะห์ผลที่เกิดจากการใช้วิธีการแก้ปัญหานั้นได้ จะเห็นว่าขั้นตอนการแก้ปัญหาของเวียร์เป็นขั้นตอนที่สั้น ชัดเจน เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และครอบคลุมขั้นตอนในการแก้ปัญหาของผู้อื่นที่เสนอไว้

ดังนั้น ขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยต้องการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาผู้วิจัยจะวัดความสามารถในการแก้ปัญตามแนวทางของ Weir (1974 อ้างถึงใน อัมพวา รักบิดา, 2549, หน้า 39) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย ขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ดังนี้1) ขั้นกำหนดปัญหา 2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา 3) ขั้นลงมือแก้ปัญหา 4) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ ซึ่งขั้นดังกล่าวเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการแก้ปัญหา เพื่อผลที่ได้หลังจากค้นพบปัญหาที่แท้จริงสามารถเป็นแนวทางไปสู่แนวคิด วิธีการใหม่ ๆ ในการใช้แก้ปัญหาในครั้งต่อไป

5. การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นการวัดทางจิตวิทยา ต้องใช้เครื่องมือที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงศักยภาพดังกล่าวออกมา ดังนั้น ครูจึงควรวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทั้งด้านการทดสอบและสังเกตพฤติกรรมเช่นเดียวกับการประเมินผลการทดสอบอื่น ๆ

ซึ่งทางสำนักทดสอบทางการศึกษา ได้เสนอเครื่องมือและวิธีการวัดที่จะใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ 4 ประเภท ดังนี้ นัสรินทร์ บือซา (อ้างถึงใน กรมวิชาการ, 2539, หน้า 66- 74)

1. การสังเกต เป็นเครื่องมือที่ใช้ในระหว่างการสอนของครู ซึ่งสะท้อนความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ช่วยให้เห็นการพัฒนาด้านการคิดของผู้เรียน การสังเกตการแก้ปัญหาของผู้เรียนมี 2 วิธี คือ การสังเกตแบบไม่ได้ตั้งใจ เช่น เวลาที่ผู้เรียนตอบคำถามหรือในการทำงาน ผู้เรียนใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างไร ผู้สอนต้องบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนไว้เป็นข้อมูลในการพิจารณา ส่วนการสังเกตอีกประเภทหนึ่ง คือ การสังเกตแบบตั้งใจ เป็นการสังเกตและบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีการจัดทำรายการและแบบฟอร์มการสังเกตไว้ล่วงหน้า ซึ่งช่วยให้สังเกตได้ตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัดให้มากขึ้น

2. การประเมินตนเอง หมายถึง การให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเอง ว่ามีพฤติกรรมในเรื่องการแก้ปัญหาอย่างไร เมื่อพบปัญหาใดปัญหาหนึ่ง ซึ่งการประเมินตนเองนี้จะสะท้อนให้เห็นการพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาของแต่ละคน

3. แบบสำรวจรายการ เป็นเครื่องมือที่ให้ผู้สอนสร้างขึ้น เพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเก็บข้อมูลที่เป็นกระบวนการที่มีการแบ่งแยกการกระทำหรือการแสดงออกต่าง ๆ ไว้อย่างชัดเจน

4. แบบทดสอบข้อเขียน การทดสอบข้อเขียนเป็นเครื่องมือที่สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนว่าเป็นอย่างไร ผู้สอนต้องกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้ ผู้เรียนได้แก้ปัญหา มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นแรกจนถึงขั้นสุดท้ายว่าจะให้ขั้นตอนละกี่คะแนน

การแก้ปัญหาเป็นความสามารถเฉพาะตัวของบุคคลที่จะแก้ปัญหาได้ตามความสามารถของตนเอง ดังนั้นการวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาจำเป็นต้องมีวิธีการที่ดีเพื่อให้ได้ผลที่ใกล้ความเป็นจริงมากที่สุดดังที่ วาสนา ประวาลพฤกษ์ (2538, อ้างถึงใน สุดารัตน์ ไชยเลิศ, 2553, หน้า 17) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการทางความคิดที่สำคัญมากกระบวนการหนึ่งซึ่งหลักสูตรระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาในปัจจุบัน จะเน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกฝนแก้ปัญหาอยู่เสมอ การใช้แบบทดสอบไปกระตุ้นโดยใช้แบบทดสอบที่ให้นักเรียนคิดหาคำตอบเองเป็นข้อสอบที่ท้าทายความคิด แต่ค่อนข้างยาก โดยข้อสอบจะประกอบด้วยข้อคำถามที่ให้ผู้สอบพิจารณาคำตอบเองโดยจะต้องประยุกต์ความรู้จากแหล่งต่างๆ มาวางแผนเพื่อแก้ปัญหา ลักษณะของปัญหาจะเป็นปัญหาที่เลียนแบบปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน การสร้างข้อคำถามอาจทำได้โดยเสนอสถานการณ์ที่ประกอบด้วยข้อมูลและข้อจำกัดต่าง ๆ ให้นักเรียนพิจารณาแก้ปัญหาโดยพิจารณาตามความ

สมบูรณ์ของคำตอบ ในประเด็นนั้น ๆ ในแบบทดสอบวัดการคิดแก้ปัญหานั้น จะเน้นความสามารถของนักเรียนในหัวข้อ ต่อไปนี้

1. ความเข้าใจในปัญหา
2. กระบวนการและกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา
3. การสื่อสารอย่างมีเหตุผลในการแก้ปัญหา
4. ความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐาน เน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกฝนแก้ปัญหาอยู่เสมอ การใช้แบบทดสอบไปกระตุ้นโดยใช้แบบทดสอบที่ให้นักเรียนคิดหาคำตอบเองเป็นข้อสอบที่ท้าทายความคิดซึ่งแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาคือแบบทดสอบชนิดปรนัย ซึ่งแบบทดสอบที่มีคำตอบไว้ให้แล้ว ผู้ตอบตัดสินใจเลือกตามที่ต้องการหรือ พิจารณาข้อความที่ให้ไว้ว่าถูกต้องหรือไม่ โดยพิจารณาจากสถานการณ์ที่ผู้สอนสร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหานั้นๆ

ดังนั้นความสามารถในการแก้ปัญหา ในงานวิจัยผู้วิจัยประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนผ่านการทดสอบ โดยใช้วิธีการทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ เป็นคำถามที่ต้องการคำตอบสั้นๆ ต้องเลือกตอบข้อใดข้อหนึ่ง หรือเป็นคำถามที่ถูกจำกัดคำตอบและคำถามที่ต้องตอบด้วยการอธิบายกว้างๆ สามารถอธิบายได้อย่างเสรี ตามแนวทางของ Weir (1974, p. 16) ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 5 สถานการณ์ โดยแบ่งเป็นสถานการณ์ละ 4 ข้อ ซึ่งอาศัยหลักการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของ Weir (1974, p.19) ดังนี้ ขั้นกำหนดปัญหา (Statement of the Problem) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา (Defining the Problem) ขั้นลงมือแก้ปัญหา (Scarching for and Formulating a Hypothesis) และขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Verifying the Solution) จำนวนทั้งหมด 20 ข้อ ตัวอย่างข้อคำถามและสถานการณ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ดังตารางที่ 3 ให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์แล้วตอบคำถามตามขั้นตอนการแก้ปัญหาจากโจทย์สถานการณ์ ที่กำหนดให้

ตัวอย่างสถานการณ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

สถานการณ์

ถ้านักเรียนต้องเดินทางไปโรงเรียน โดยใช้บริการของรถโดยสารประจำทาง ซึ่งต้องผ่านเส้นทางที่มีการจราจรที่หนาแน่นเป็นประจำทุกวัน โดยไม่ได้สวมหน้ากากป้องกันฝุ่นควัน ในเวลาต่อมานักเรียนมีอาการเวียนหัว คลื่นไส้ และอาเจียน

ตารางที่ 3 ตัวอย่างข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ตัวอย่างข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	**ความสามารถในการแก้ปัญหา**
1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร ก. นักเรียนต้องผ่านการจราจรที่หนาแน่น (ข.) นักเรียนมีอาการเวียนหัว คลื่นไส้ และอาเจียน ค. นักเรียนไม่สวมหน้ากากป้องกันฝุ่นควัน ง. บ้านของนักเรียนอยู่ไกลจากโรงเรียนมาก	กำหนดปัญหา
2. สาเหตุของปัญหาคืออะไร (ก.) นักเรียนได้รับก๊าซพิษสะสมในร่างกาย ข. นักเรียนต้องนั่งรถโดยสารประจำทาง ค. ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากรถยนต์ ง. ร่างกายขาดการออกกำลังกายทำให้ร่างกายอ่อนแอ	วิเคราะห์ปัญหา
3. แนวทางการแก้ปัญหาคืออะไร (ก.) สวมหน้ากากเพื่อป้องกันฝุ่นควัน ข. ย้ายมาเรียนโรงเรียนที่อยู่ใกล้บ้าน ค. เปลี่ยนไปขึ้นรถโดยสารประจำทางคันอื่น ง. รับประทานยาป้องกันอาการเวียนหัวคลื่นไส้อาเจียนเป็นประจำ	ลงมือแก้ปัญหา

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ตัวอย่างข้อคำถามใน แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	ความสามารถในการแก้ปัญหา
4. ผลที่เกิดจากการแก้ปัญหานี้คืออะไร (ก.) นักเรียนไม่มีอาการเจ็บป่วยจากควันพิษ ข. ไม่ต้องผ่านบริเวณที่การจราจรหนาแน่น ค. ไม่ต้องนั่งรถโดยสารประจำทางไปโรงเรียน ง. ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากรถยนต์ ลดลง	ตรวจสอบผลลัพธ์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

วรรณา รุ่งลักษมีศรี (2551) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิต ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 75.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นผสมผสานเฉลี่ยร้อยละ 83.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และนักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชนกนันท์ พะสุโร (2558) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเรื่องสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านบ่อหิน จังหวัดยะลา ซึ่งมีวัตถุประสงค์ เพื่อจัดทำชุดกิจกรรมการ

เรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่องสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่องสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเรื่องสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านบ่อหิน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษายะลา เขต 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 23 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่องสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพ 80.00/ 80.22 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้ นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่องสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6มีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่องสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21

พรสวัสดิ์ สองแคว (2559) ได้พัฒนาและศึกษาผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านสบป่อง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 13 คน ผลวิจัยพบว่า ได้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และมีประสิทธิภาพ 79.21/76.30 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 และพบว่าผลการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ระหว่างการเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียน พบว่า นักเรียนตอบและถามคำถามโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ มีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม อธิบายผลการทดสอบและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยนำความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยีมาช่วยในกระบวนการสร้างชิ้นงาน ตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

รักษ์ศิริ จิตอารี (2559) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนภูคาวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 2 จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ รูปแบบการเรียนการสอนและแบบประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์มีความสำคัญและเป็น

สมรรถนะที่สำคัญยิ่งต่อนักเรียน ผลการตรวจสอบคุณภาพรูปแบบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ผลการทดลองใช้รูปแบบฯ พบว่า นักเรียนที่มีคะแนนการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ภาพรวมสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มาริสา หอมดวง (2564) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ประกอบด้วย 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) โดยกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี จำนวน 31 คน ซึ่งเป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ห้องเรียนปกติ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก จำนวน 5 แผน แบบทดสอบวัดการคิดแก้ปัญหา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบย่อยท้ายวงจร สถิติที่ใช้ในการวัดข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ในการทดสอบสมมติฐานและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย มีการคิดแก้ปัญหาหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) คะแนนเฉลี่ยคิดเป็น ร้อยละ 79.81 มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 34.30 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 47.96 และ มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 16.20

อรอนงค์ สุขอุดม (2559) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานตามทฤษฎีคอนสตัคชันนิซึม ร่วมกับบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง Scratch สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนทวีทาภิเศก โดยใช้บทเรียนออนไลน์บนอินเทอร์เน็ตที่มีเนื้อหาการจัดการเรียนรู้เรื่องการเขียนโปรแกรม Scratch ที่มีคุณภาพ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึมในการพัฒนาโครงงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนในการสอนเขียนโปรแกรมแบบบล็อก นั่นก็คือ Scratch ที่ประกอบด้วยหัวข้องานมอบหมายต่าง ๆ ที่มีการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียน จากการวิจัยพบว่าการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานตามทฤษฎีคอนสตัคชันนิซึมร่วมกับบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง การเขียนโปรแกรม Scratch โดยให้นักเรียนทำโครงงานตามทฤษฎีคอนสตรัคนิซึมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

อาทิตย์ ศรีแก้ว (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิชชวลโปรแกรมมิ่ง (Visual Programming) ในการศึกษาสภาวะแวดล้อมเชิงวิชชวล สำหรับการพัฒนาระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ว่า เป็น

ภาษาโปรแกรมที่ใช้รูปภาพหรือสัญลักษณ์แทนการเขียนด้วยตัวอักษรเหมือนโปรแกรมภาษาทั่วไป ฟังก์ชัน หรือคำสั่งต่าง ๆ จะแทนด้วยบล็อก (Block) ไอคอน หรือสัญลักษณ์ และจะมีการเชื่อมโยงแทนการไหลของข้อมูลระหว่างคำสั่งนั้น ๆ การเขียนโปรแกรมรูปแบบหนึ่งมีลักษณะคล้ายกับการเขียนผังงาน (flowchart) ที่ความยุ่งยากจะถูกแทนที่ด้วยรูปภาพ ไอคอน ทำให้เข้าใจได้ง่าย และพบว่าการเขียนโปรแกรมวิชชวล (Visual Programming) ช่วยให้การพัฒนาระบบการมองเห็นทำได้ง่ายและรวดเร็ว การใช้งานองค์ประกอบสำหรับการประมวลผลภาพผ่านทางการแทนด้วยภาพ ช่วยให้ผู้ใช้มองเห็นกระบวนการทำงานอย่างชัดเจน สามารถมุ่งความสนใจไปในส่วนการพัฒนาอัลกอริทึมของการประมวลผลได้

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้ศึกษาระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ ในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร มีการเก็บข้อมูลความสามารถในการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนอยู่ในระดับดี และมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนมากกว่าหลังเรียนอย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ .05

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Faber, Wierdsma, and Doornbos (2017) ได้ศึกษาวิจัยการสอนแนวคิดเชิงคำนวณสำหรับนักเรียนโรงเรียนประถมศึกษาโดยใช้บทเรียนการเขียนโปรแกรมแบบไม่ใช้คอมพิวเตอร์ จากนั้นนำมาสร้างเป็นหลักการในการออกแบบการศึกษาในอนาคตโดยการที่ครูผู้สอนรวบรวมประเด็นที่ต้องพัฒนาและปรับปรุงแก้ไข ซึ่งมีจุดประสงค์คือการสอนแนวคิดเชิงคำนวณ จากการวิจัยพบว่า ในกิจกรรมการเขียนโปรแกรมโดยไม่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จะติดตามในแนวคิดอัลกอริทึม ตัวแปร การทำซ้ำ และเงื่อนไข ที่เป็นพื้นฐานในการศึกษาแนวคิดการเขียนโปรแกรมที่ซับซ้อนขึ้น

Ismail and Ubaidullah (2018) ได้ศึกษาวิจัยผลกระทบของการใช้วิชชวลโปรแกรมมิ่งที่มีผลต่อความสำเร็จของนักเรียนในสถานศึกษา และเข้าใจการเขียนโปรแกรม ซึ่งใช้แบบทดสอบที่มีโครงสร้างในหัวข้อ วิชวลโปรแกรมมิ่ง (Visual Programming) เป็นเครื่องมือ พบว่า การเรียนรู้จากการเขียนโปรแกรมของนักเรียนสามารถเกิดขึ้นได้ในสภาพการเรียนที่เป็นปกติของนักเรียนโดยใช้เรียนเขียนโปรแกรมแบบวิชวลโปรแกรมมิ่ง (Visual Programming) เหมือนกับ ภาษา Scratch หรือเพียงแค่การเรียนเขียนโปรแกรมแบบพิมพ์ข้อความ (text-based programming) เท่านั้น และเมื่อมองลึกไปถึงข้อมูลเชิงคุณภาพพบความแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างนักเรียนที่เรียนโดยวิชชวล

โปรแกรมมิ่ง กับนักเรียนที่เรียนเขียนโปรแกรมในสภาพแวดล้อมที่ต้องพิมพ์ข้อความ (text-based programming)

Klawe and Phillips (1995, อ้างถึงใน นัสรินทร์ บือซา, 2558) ได้ทำการศึกษาในหัวข้อเรื่อง A Classroom Study, หน้าElectronic Games Engage Children as Researcher ได้ทำการทดลองโดยสร้างเกมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการสอนคณิตศาสตร์และนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นเด็กนักเรียนประถมศึกษา ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า เด็กนักเรียนเกิดการมีส่วนร่วม (Engage) และพยายามค้นหาคำตอบด้วยตัวเอง (Self Learning) และถ้าเด็กได้เล่นเกมส์เครื่องเดียวกันกับเด็กอีกคนหนึ่งจะทำให้เด็กมีการปรึกษาหารือกันทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นอีกด้วย

Verhoeff, Boersma, and Waarlo (2008) ศึกษาวิจัยเรื่องรูปแบบการพัฒนาการคิดเชิงระบบเพื่อความเข้าใจในการเชื่อมโยงชีววิทยาของเซลล์ งานวิจัยนี้อธิบายถึงพัฒนาการศึกษาการคิดเชิงระบบในระดับการศึกษาก่อนระดับมหาวิทยาลัยในด้านชีววิทยาด้านเซลล์ ซึ่งการศึกษานี้มุ่งที่จะพัฒนาทฤษฎีและทดสอบกลยุทธ์การเรียนการสอนเรื่องเซลล์โดยเน้นระบบในระดับสูงขึ้นของการศึกษาชีววิทยา และบ่งชี้ได้ว่ากระบวนการศึกษาจากแนวคิดเชิงระบบในการศึกษาด้านชีววิทยา ทั้งนี้ในกลยุทธ์แบ่งออกเป็น 4 แบบจำลอง ซึ่งนักเรียนสามารถ 1) พัฒนาแบบจำลองของ free living cell 2) โมเดลภาพสองมิติของเซลล์ 3) โมเดลภาพ 3 มิติของเซลล์ต้นไม้ 4) สามารถใช้ความคิดที่จะสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ไปยังแบบจำลองเชิงลำดับชั้น ซึ่งกลยุทธ์ถูกวัดผลและประเมินผลในห้องเรียนในหลายหลายวิธี วิธีการเก็บข้อมูลจากค่าเฉลี่ยของการสังเกตในห้องเรียน การสัมภาษณ์ การอัดเทปจากการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การทำแฟ้มสะสมงาน ทำแบบทดสอบและการตอบแบบสอบถาม ซึ่งผลการศึกษาพบว่ากลยุทธ์การศึกษาเหล่านี้ ทำให้ผลการเรียนของนักเรียนดีขึ้น

Corbett et al. (2013) ได้นำเสนอการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สะเต็มศึกษา (STEMExplore, Dicover, Apply) ในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมสำหรับนักเรียนที่เรียน STEMใน Middle School โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยคือนักเรียนในระดับชั้น ป.6 ม.1 และ ม.2 ใช้เวลาในการเรียนแต่ละเรื่อง ซึ่งผลจากการวิจัยการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยใช้สะเต็มศึกษาทำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลต่อการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนสูงขึ้นอีกทั้ง การเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ยังส่งเสริมการเรียนรู้มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ฝึกกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล การแก้ปัญหา การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม

ศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจในทฤษฎีหรือกฎผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบเหล่านั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ และการจัดการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง (coding) ก็ถือได้ว่าเป็นพื้นฐานในการศึกษาแนวคิดการเขียนโปรแกรมที่ซับซ้อนขึ้น ทำให้ เด็กนักเรียนเกิดการมีส่วนร่วม (Engage) และพยายามค้นหาคำตอบด้วยตัวเอง (Self Learning) ส่งเสริมทักษะการเขียนลำดับขั้นตอน การวางคำสั่ง การสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงานโดยมีข้อตกลง รหัส หรือภาษาสั่งการที่สร้างขึ้นมาเฉพาะ การเขียนโปรแกรมโดยใช้คอมพิวเตอร์จัดประสบการณ์เรียนรู้ จึงเป็นทักษะการเรียนรู้หรือสมรรถนะของคนไทยให้เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณ ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การ ทำงาน และการดำรงชีวิต สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพและส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น อีกทั้งยังเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่จะต้องเตรียมคนไทยให้พร้อมสู่ศตวรรษที่ 21 โดยปัจจุบันทั่วโลกมีการพัฒนาเครื่องมือหรือสื่อการเรียนรู้ Coding มาก เช่น สหราชอาณาจักรพัฒนาไมโครบิตให้ผู้เรียนตั้งแต่ระดับประถมศึกษา ทั้งนี้ ปัจจัยสำคัญของวิทยาการคำนวณตามหลักสูตรใหม่ คือ ความรู้พื้นฐานทางด้านดิจิทัล (Digital Literacy) ที่จะช่วยสร้างประชากรไทยให้พร้อมรับกับการปลี่ยนแปลงในชีวิต ทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 วิชา ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบทางวิศวกรรมโดยการให้นักเรียนได้ เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง โดยการผสมผสานร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งในขั้นของการใช้เทคโนโลยีมาบูรณาการร่วมกันในกระบวนการเรียนการสอนจะเน้นการเขียนโปรแกรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อถ่ายทอดกระบวนการทางความคิดอย่างมีลำดับขั้นตอน มีเหตุผล สามารถแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ และส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มมากขึ้น และยังเป็นการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนก้าวทันการเปลี่ยนแปลงสู่ศตวรรษที่ 21

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยมีรายละเอียดตามหัวข้อ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนของการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. วิธีดำเนินการวิจัย
5. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากร คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดหนองจอก (ภักดีนรเศรษฐ) สำนักงานเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 6 ห้องเรียน โดยมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดหนองจอก (ภักดีนรเศรษฐ) สำนักงานเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 2 ห้องเรียน คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/2 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/5 จำนวนห้องละ 40 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียนและกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

แบบแผนของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มควบคุมก่อน-หลัง (Pretest-Posttest Control Group Design) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 245 – 248) ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แบบแผนของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบก่อนการทดลอง	ตัวแปรทดลอง	การทดสอบหลังการทดลอง
E	T_1	X	T_1
C	T_1	~X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนของการวิจัย

X แทน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง

~X แทน การจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

C แทน กลุ่มควบคุม (Control Group)

E แทน กลุ่มทดลอง (Experimental Group)

T_1 แทน การสอบก่อนการทดลอง (Pretest)

T_2 แทน การสอบหลังการทดลอง (Posttest)

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จำนวน 5 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 15 ชั่วโมง

2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จำนวน 5 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 15 ชั่วโมง

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยจะทำการออกข้อสอบตามจุดประสงค์ในการเรียนรู้ครอบคลุม 6 ด้าน ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ Bloom's Taxonomy Revised (2001) จำนวน 30 ข้อ

4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยมีการกำหนดสถานการณ์ปัญหา 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์จะถามคำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหาตามแนวคิดของเวียร์ 4 ขั้นตอน

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดหนองจอก(ภักดีนรเศรษฐ) สำนักงานเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศึกษาผลการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

1.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและหลักการวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรม

1.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พุทธศักราช 2553 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2564) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดหนองจอก(ภักดีนรเศรษฐ) โดยกำหนดเนื้อหาใน สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐานการเรียนรู้ที่ ว 2.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ซึ่งได้เนื้อหา 5 เรื่อง ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่/เรื่อง	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	กิจกรรม STEM+Coding/ชิ้นงาน	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้	ความสามารถในการแก้ปัญหา
1. วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากหลักฐานเชิงประจักษ์	วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าเป็นเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ครบรอบ โดยวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้า ส่วนประกอบแต่ละอย่างของวงจรไฟฟ้าทำหน้าที่แตกต่างกัน	S : อธิบายส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า T : ใช้อุปกรณ์สำหรับการทดลองได้อย่างเหมาะสมปลอดภัยและใช้สื่อเทคโนโลยีหาข้อมูลเพิ่มเติม E : สร้างชิ้นงานวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายพร้อมระบุหน้าที่ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย M : จัดจำแนกส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า Coding : เข้าใจและสร้างโค้ดอย่างง่ายที่ตัวแปรไม่ซับซ้อน	1. สามารถบอกส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ 2. สามารถอธิบายส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ 3. สื่อสารและนำความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	3	1. ความรู้ความจำ 2.ความเข้าใจ 3.การนำไปใช้	1. กำหนดปัญหา 2. วิเคราะห์ปัญหา 3. ลงมือแก้ปัญหา 4. ตรวจสอบผลลัพธ์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่/เรื่อง	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	กิจกรรม STEM+Coding/ชิ้นงาน	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้	ความสามารถในการแก้ปัญหา
2. ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า	1.ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากหลักฐานเชิงประจักษ์	ตัวนำไฟฟ้าเป็นวัสดุที่กระแสไฟฟ้าผ่านได้ เช่น ทองแดง เหล็ก สังกะสี และอะลูมิเนียม ใช้ทำสายไฟฟ้าและทำชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า	S : อธิบายและเปรียบเทียบตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า ที่ใช้ทำสายไฟฟ้าและทำชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า T : ใช้อุปกรณ์สำหรับการทดลองได้อย่างเหมาะสมปลอดภัยและใช้สื่อเทคโนโลยีหาข้อมูลเพิ่มเติม E : สร้างชิ้นงานวงจรไฟฟ้าที่ต่อด้วยตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าโดยใช้วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย M : คำนวณพื้นที่ในการสร้างแบบจำลองการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายโดยใช้สูตร การหาพื้นที่วงกลม πr^2 Coding : เข้าใจและสร้างโค้ดอย่างง่ายที่ตัวแปรไม่ซับซ้อน	1.สามารถบอกและอธิบายชนิดของตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าพร้อมทั้งกำหนดชนิดตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าได้ 2. สามารถวิเคราะห์และแยกแยะคุณสมบัติของตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าได้	3	1. ความรู้ความจำ 2. ความเข้าใจ 3. การวิเคราะห์ 4. ประเมินค่า	1. กำหนดปัญหา 2. วิเคราะห์ปัญหา 3. ลงมือแก้ปัญหา 4. ตรวจสอบผลลัพธ์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่/เรื่อง	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	กิจกรรม STEM+Coding/ชิ้นงาน	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้	ความสามารถในการแก้ปัญหา
				3.สามารถวิเคราะห์และประเมินคุณสมบัติของตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าพร้อมกับการกำหนดชนิดของตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าตามเกณฑ์ที่กำหนด			

ตารางที่ 5 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่/เรื่อง	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	กิจกรรม STEM+Coding/ชิ้นงาน	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้	ความสามารถในการแก้ปัญหา
3. การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	1.ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากหลักฐานเชิงประจักษ์ 2.เขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย หรือแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ให้พลังงานไฟฟ้า	S : อธิบายส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า T : ใช้อุปกรณ์การทดลองและอุปกรณ์ micro:bit ได้อย่างเหมาะสมปลอดภัย และใช้สื่อเทคโนโลยีหาข้อมูลเพิ่มเติม E : สร้างชิ้นงานจากสถานการณ์และวาดภาพแผนผังงานในการสร้างโค้ด M : คำนวณการหน่วงเวลาและค่าการแสดงผลจากการสร้างโค้ดผ่านโปรแกรม micro:bit Coding : สร้างโค้ดอย่างง่ายใช้โปรแกรม micro:bit ตัวแปรไม่ซับซ้อนและชิ้นงานตามสถานการณ์	1. สามารถบอกหน้าที่และอธิบายส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ 2. สามารถประเมินและวิจารณ์ความเหมาะสมและประสิทธิภาพของการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ 3.สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของวงจรไฟฟ้าได้	3	1.ความเข้าใจ 2. การวิเคราะห์ 3. ประเมินค่า	1. กำหนดปัญหา 2. วิเคราะห์ปัญหา 3. ลงมือแก้ปัญหา 4. ตรวจสอบผลลัพธ์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่/เรื่อง	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	กิจกรรม STEM+Coding/ชิ้นงาน	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้	ความสามารถในการแก้ปัญหา
4. แผนภาพวงจรไฟฟ้า	1.เขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	การอธิบายการต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้สัญลักษณ์ต่างๆ แทนส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าและเขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแทนการวาดรูปส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า	S : เขียนอธิบายส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าโดยใช้โดยใช้สัญลักษณ์ต่างๆ T : ใช้อุปกรณ์การทดลองและอุปกรณ์ micro:bit ได้อย่างเหมาะสมปลอดภัยและใช้สื่อเทคโนโลยีหาข้อมูลเพิ่มเติม E : สร้างชิ้นงานจากสถานการณ์และวาดภาพแผนผังงานในการสร้างโค้ด M : คำนวณการหน่วงเวลาของสถานการณ์ที่กำหนดและค่าการแสดงผลต่างๆ จากการสร้างโค้ดผ่านโปรแกรม micro:bit Coding : สร้างโค้ดอย่างง่ายโดยใช้โปรแกรม micro:bit ตัวแปรไม่ซับซ้อนและสร้างชิ้นงานตามสถานการณ์	1. สามารถนำแผนภาพวงจรไฟฟ้าไปใช้ในการต่อวงจรและแก้ปัญหาการทำงานของวงจรไฟฟ้าได้ สามารถออกแบบและปรับแผนภาพวงจรไฟฟ้าเพื่อใช้ในการต่อวงจรและแก้ไขปัญหาการทำงานของวงจรไฟฟ้าได้	3	1. การนำไปใช้ 2. การวิเคราะห์ 3. ประเมินค่า 4.สร้างสรรค์	1. กำหนดปัญหา 2. วิเคราะห์ปัญหา 3. ลงมือแก้ปัญหา 4. ตรวจสอบผลลัพธ์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่/เรื่อง	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	กิจกรรม STEM+Coding/ชิ้นงาน	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้	ความสามารถในการแก้ปัญหา
5. การต่อหลอดไฟและวงจรไฟฟ้า	1.ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน	- การต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรม หลอดไฟฟ้าจะต่อเรียงกันและกระแสไฟฟ้าจะผ่านหลอดไฟฟ้าเป็นปริมาณเดียวกัน - การต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนานเป็นการนำปลายข้างเดียวกันของแต่ละหลอดไฟฟ้ามารวมกันก่อนแล้วจึงต่อเข้ากับเซลล์ไฟฟ้า	S : ออกแบบการทดลองการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและการต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน T : ใช้อุปกรณ์การทดลองและอุปกรณ์ micro:bit ได้อย่างเหมาะสมปลอดภัย และใช้สื่อเทคโนโลยีหาข้อมูลเพิ่มเติม E : สร้างชิ้นงานจากสถานการณ์และวาดภาพแผนผังงานในการสร้างโค้ด M : คำนวณค่าการแสดงผลต่างๆ จากการสร้างโค้ดผ่านโปรแกรม micro:bit Coding : สร้างโค้ดอย่างง่ายโดยใช้โปรแกรม micro:bit ตัวแปรไม่ซับซ้อนและสามารถสร้างเป็นชิ้นงานตามสถานการณ์ที่กำหนด	1.ออกแบบแผนภาพการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน พร้อมทั้งเชื่อมต่อเซลล์ไฟฟ้าในวงจรที่ถูกต้อง 2.วิเคราะห์และเปรียบเทียบการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน พร้อมทั้งวิเคราะห์การเชื่อมต่อเซลล์ไฟฟ้า	3	2. การนำไปใช้ 3. การวิเคราะห์ 4. ประเมินค่า 5.สร้างสรรค์	1. กำหนดปัญหา 2. วิเคราะห์ปัญหา 3. ลงมือแก้ปัญหา 4. ตรวจสอบผลลัพธ์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่/เรื่อง	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	กิจกรรม STEM+Coding/ชิ้นงาน	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้	ความสามารถในการแก้ปัญหา
				3.ประเมินและเปรียบเทียบการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน พร้อมทั้งประเมินการเชื่อมต่อเซลล์ไฟฟ้า 4.ออกแบบการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานและต่อเซลล์ไฟฟ้าได้			

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 5 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

1.4.1 สาระสำคัญ

1.4.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.3 สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)

1.4.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) ระบุปัญหา (Problem Identification)

2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาร่วมกับวิธีการโค้ดดิ้ง (Solution Design and Coding)

4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมการสร้างต้นแบบร่วมกับวิธีการโค้ดดิ้ง (Prototype Planning and Coding Development)

5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

1.4.5 สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1.4.6 การวัดและประเมินผล

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่างๆ ของแผน ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือวัดประเมินผลและนำไปแก้ไขปรับปรุง

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 แผน ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญ ด้านวัดและประเมินผลจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ซึ่งการประเมินความเหมาะสม โดยมีรายละเอียดเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้ การประเมินความเหมาะสมโดยเปรียบเทียบกับมาตราในแบบประเมิน โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์กำหนดค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า117) จะถือว่าแผนจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย นั้นมีคุณภาพเหมาะสม โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 5 แผน มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 4.63, 4.66, 4.71, 4.69 และ 4.72 (เฉลี่ยเท่ากับ 4.68) และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (ภาคผนวก ข 133 ถึง 141) แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุดสามารถนำไปใช้ได้

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ โดยปรับจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น (ภาคผนวก ข หน้า 152) นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/4 จำนวน 40 คน ของโรงเรียนวัดหนองจอก(ภักดีนรเศรษฐ) สำนักงานเขตหนองจอก ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่ยังไม่ผ่านการเรียนเรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่างๆ ที่พบระหว่างการจัดการเรียนรู้

1.8 จัดพิมพ์แผนการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มทดลองต่อไป

2. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย มีขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช พ.ศ. 2562) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศึกษามาตรฐานการ

เรียนรู้และการจัดสาระการเรียนรู้รายปีของเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

2.2 ศึกษาวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ประกอบด้วยการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ, ขั้นสำรวจและค้นหา, ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป, ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล

2.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พุทธศักราช 2553 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2564) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดหนองจอก(ภักดีนรเศรษฐ) โดยกำหนดเนื้อหาใน สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐานการเรียนรู้ที่ ว 2.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ซึ่งได้เนื้อหา 5 เรื่อง ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง

2.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 15 ชั่วโมง ซึ่งประกอบไปด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผนดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 แผนภาพวงจรไฟฟ้า

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การต่อหลอดไฟและวงจรไฟฟ้า

2.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ไปเสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องเชิงเนื้อหาและประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ตรวจพิจารณาแก้ไข แล้วนำมาปรับปรุงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แก้ไข ความเหมาะสมของเนื้อหา

2.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดและประเมินผลจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ซึ่งการประเมินความเหมาะสม โดยมีรายละเอียดเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้ การประเมินความเหมาะสมโดยเปรียบเทียบกับมาตราในแบบประเมิน โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์กำหนดค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า117) จะถือว่าแผนจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย นั้นมีคุณภาพเหมาะสม โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 5 แผน มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 4.51, 4.52, 4.55, 4.55 และ 4.57 (เฉลี่ยเท่ากับ 4.54) และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (ภาคผนวก ข หน้า 151) แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุดสามารถนำไปใช้ได้

2.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ โดยปรับจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น (ภาคผนวก ข หน้า 153) นำไปทดลองใช้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/3 จำนวน 40 คน ของโรงเรียนวัดหนองจอก (ภักดีนรเศรษฐ) สำนักงานเขตหนองจอก ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่ยังไม่ผ่านการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่างๆ ที่พบระหว่างการจัดการเรียนรู้

2.8 จัดพิมพ์แผนการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มควบคุมต่อไป

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยจะทำการออกข้อสอบตามจุดประสงค์ในการเรียนรู้ครอบคลุม 6 ด้าน ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ Bloom’s Taxonomy Revised (2001) มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ซึ่งแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านต่างๆ 6 ด้าน คือ 1) การจำ (Remembering) 2) การเข้าใจ (Understanding) 3) การประยุกต์ใช้ (Applying) 4) การวิเคราะห์ (Analyzing) 5) การประเมินค่า (Evaluating) และ 6) การสร้างสรรค์ (Creating) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ							
		การจำ	การเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	รวม	ต้องการจริง
วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	1. สามารถบอกส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้	2 (1)	- -	- -	- -	- -	- -	2	1
	2. สามารถอธิบายส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้	- -	3 (2)	- -	- -	- -	- -	3	2
	3. สื่อสารและนำความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	-	-	3 (2)	- -	- -	- -	3	2

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ							
		การจำ	การเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	รวม	ต้องการจริง
ตัวนำไฟฟ้าเป็นวัสดุที่กระแสไฟฟ้าผ่านได้ เช่น ทองแดง เหล็ก สังกะสี และอะลูมิเนียม ใช้ทำสายไฟฟ้าและทำชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า	4. สามารถบอกและอธิบายชนิดของตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าพร้อมทั้งกำหนดชนิดตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าได้	2 (1)	3 (2)	- -	- -	- -	- -	5	3
	5. สามารถวิเคราะห์และแยกแยะคุณสมบัติของตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าได้	- -	- -	- -	3 (2)	- -	- -	3	2
	6.สามารถวิเคราะห์และประเมินคุณสมบัติของตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าพร้อมกับการกำหนดชนิดของตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าตามเกณฑ์ที่กำหนด	- -	- -	- -	- -	2 (1)	- -	2	1

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ							
		การจำ	การเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	รวม	ต้องการจริง
วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย หรือแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ให้พลังงานไฟฟ้า	7.สามารถบอกหน้าที่และอธิบายส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้	-	3	-	-	-	-	3	2
		-	(2)	-	-	-	-		
	8. สามารถประเมินและวิจารณ์ความเหมาะสมและประสิทธิภาพของการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้	-	-	-	-	2	-	2	1
		-	-	-	-	(1)	-		
	9. สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของวงจรไฟฟ้าได้	-	-	-	3	-	-	3	2
		-	-	-	(2)	-	-		
การอธิบายการต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้สัญลักษณ์ต่างๆ แทนส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าและเขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแทนการวาดรูปส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า	10. สามารถนำแผนภาพวงจรไฟฟ้าไปใช้ในการต่อวงจรและแก้ปัญหาการทำงานของวงจรไฟฟ้าได้	-	-	2	2	3	-	7	4
		-	-	(1)	(1)	(2)	-		

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ							
		การจำ	การเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	รวม	ต้องการจริง
	11. สามารถออกแบบและปรับแผนภาพวงจรไฟฟ้าเพื่อใช้ในการต่อวงจรและแก้ไขปัญหาการทำงานของวงจรไฟฟ้าได้	-	-	-	-	-	3	3	2
		-	-	-	-	-	(2)		
- การต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรม หลอดไฟฟ้าจะต่อเรียงกันและกระแสไฟฟ้าจะผ่านหลอดไฟฟ้าเป็นปริมาณเดียวกัน - การต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนานเป็นการนำปลายข้างเดียวกัน (ขั้วเดียวกัน) ของแต่ละหลอดไฟฟ้ามารวมกันก่อนแล้วจึงต่อเข้ากับเซลล์ไฟฟ้า	12. ออกแบบแผนภาพการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน พร้อมทั้งเชื่อมต่อเซลล์ไฟฟ้าในวงจรที่ถูกต้อง	-	-	3	-	-	-	3	2
		-	-	(2)	-	-	-		
	13. วิเคราะห์และเปรียบเทียบการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน พร้อมทั้งวิเคราะห์การเชื่อมต่อเซลล์ไฟฟ้า	-	-	-	5	-	-	9	5
		-	-	-	(3)	-	-		

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ							
		การจำ	การเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	รวม	ต้องการจริง
	14. ประเมินและเปรียบเทียบการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน พร้อมทั้งประเมินการเชื่อมต่อเซลล์ไฟฟ้า	-	-	-	-	4	-	4	2
		-	-	-	-	(2)	-		
	15. ออกแบบการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานและต่อเซลล์ไฟฟ้าได้ สามารถอธิบายและออกแบบการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานและต่อเซลล์ไฟฟ้าได้	-	-	-	-	-	2	2	1
		-	-	-	-	-	(1)		
รวม		4	9	8	13	11	5	50	30
		(2)	(6)	(5)	(8)	(6)	(3)		

หมายเหตุ *ตัวเลขนอกวงเล็บ คือ จำนวนข้อสอบที่ออกทั้งหมด

**ตัวเลขในวงเล็บ คือ จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง

3.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 30 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ตรงตามตารางวิเคราะห์

3.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

3.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 2 คน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 3 คน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ตรวจสอบ ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ทั้งความถูกต้องและเหมาะสมของภาษาที่ใช้สื่อความหมาย จากนั้นนำผลการพิจารณาของผู้ทรงวุฒิมาคำนวณความสอดคล้อง (item objective congruence: IOC) แล้วพิจารณาคัดเลือกข้อที่มีดัชนีความสอดคล้องตามเกณฑ์ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อคำถามตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

3.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ .50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ตั้งแต่ 0.80 – 1.00 (ภาคผนวก ข หน้า 156) แสดงว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

3.7 ดำเนินการปรับปรุงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับตัวเลือกของข้อสอบให้สัมพันธ์กับเนื้อหา และข้อคำถามของแบบทดสอบ

3.8 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วนำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/4 โรงเรียนวัดหนองจอก(ภักดีนรเศรษฐ) สำนักงานเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ที่ผ่านการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย มาแล้ว ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน

3.9 คัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ ที่มีความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ ได้ข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อ ตั้งแต่ .20 โดยใช้ดัชนีบี (B- index) ตามวิธีของเบรนแนน (Brennan) ซึ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ .38-.70 ซึ่งเป็นความยากตามเกณฑ์ และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .27-.58 (ภาคผนวก ข หน้า 159) แสดงถึงคุณภาพของแบบทดสอบสามารถจำแนกนักเรียนที่เก่งและอ่อนได้

3.10 นำข้อสอบจำนวน 30 ข้อ ที่ดำเนินการคัดเลือกไว้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการวิจัย มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .85 (ภาคผนวก ข หน้า 159)

3.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยมีการกำหนดสถานการณ์ 5 สถานการณ์ปัญหาแต่ละสถานการณ์จะถามคำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหาตามแนวคิดของเวียร์ 4 ขั้น มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2 ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาของเวียร์ และจุดประสงค์การเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ซึ่ง แบ่งออกเป็น 4 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นกำหนดปัญหา 2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา 3) ขั้นลงมือแก้ปัญหา 4) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

4.3 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ 10 สถานการณ์ ต้องการใช้จริงจำนวน 20 ข้อ 5 สถานการณ์แต่ละสถานการณ์จะถามคำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหาตามแนวคิดของเวียร์ ตามโครงสร้างดังตาราง 7

ตารางที่ 7 โครงสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหา	นิยามเชิงปฏิบัติการ	จำนวนข้อสอบ
1. ขั้นกำหนดปัญหา	ความสามารถในการบอกปัญหาจาก สถานการณ์ที่กำหนด	10 (5)
2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา	ความสามารถในการบอกสาเหตุของปัญหา จากสถานการณ์ที่กำหนด	10 (5)
3. ขั้นลงมือแก้ปัญหา	ความสามารถในการคิดวิธีการแก้ปัญหา ให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา	10 (5)
4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์	ความสามารถในการอภิปรายผลที่เกิดขึ้น หลังจาก การคิดแก้ปัญหาว่า ผลที่เกิดขึ้น เป็นอย่างไร	10 (5)
	รวม	40 (20)

หมายเหตุ *ตัวเลขนอกวงเล็บ คือ จำนวนข้อสอบที่ออกทั้งหมด
**ตัวเลขในวงเล็บ คือ จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง

4.4 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ 10 สถานการณ์ ต้องการใช้จริงจำนวน 20 ข้อ 5 สถานการณ์และเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องของประเด็นที่ต้องการวัดกับสถานการณ์และข้อคำถาม รวมทั้งความถูกต้องและความชัดเจนของการใช้ภาษา แล้วปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

4.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 2 คน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 3 คน ตรวจสอบ ความตรงตามโครงสร้าง (construct validity) ทั้งความถูกต้องและเหมาะสมของภาษาที่ใช้สื่อความหมาย จากนั้นนำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณความสอดคล้อง (item objective congruence: IOC) แล้วพิจารณาคัดเลือกข้อที่มีดัชนีความสอดคล้องตามเกณฑ์ของ วรรณี แกมเกตุ (2555) คือ มากกว่า .50 (IOC > .50) ถือว่าข้อคำถามนั้นวัด

ได้สอดคล้องกับโครงสร้างหรือวัตถุประสงค์ โดยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ตั้งแต่ 0.80 – 1.00 (ภาคผนวก ข หน้า 162) แสดงว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามีข้อคำถามสอดคล้องกับขั้นตอนในการแก้ปัญหาตามในแต่ละขั้น

4.6 ดำเนินการปรับปรุงแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับตัวเลือกของข้อสอบให้สัมพันธ์กับเนื้อหา และข้อคำถามของแบบทดสอบ

4.7 นำไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/4 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 และมีความสามารถใกล้เคียงกันกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน

4.8 คัดเลือกแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 20 ข้อ ที่มีความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ ได้ข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อตั้งแต่ .20 โดยใช้ดัชนีบี (B- index) ตามวิธีของเบรนแนน (Brennan)) ซึ่งแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ .43-.70 ซึ่งเป็นความยากตามเกณฑ์ และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .25-.70 (ภาคผนวก ข หน้า 164) แสดงถึงคุณภาพของแบบทดสอบสามารถจำแนกนักเรียนที่เก่งและอ่อนได้

4.9 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับการวิจัย มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .95 (ภาคผนวก ข หน้า 164)

4.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จำนวน 20 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา กับนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

2. ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยกลุ่มควบคุมใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) และกลุ่มทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง จนครบทุกแผน

3. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ฉบับเดิม) และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา (ฉบับเดิม)

4. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired Samples t-Test) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 1)

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่องไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired Samples t-Test) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 2)

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย หลังเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แบบสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent t-Test) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 3)

4. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียน ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แบบสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent t-Test) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 4)

การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 หาค่าเฉลี่ย (Mean) โดยการคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 306)

สูตร $\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนของนักเรียนทุกคน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

1.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 306)

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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน คะแนนแต่ละตัว

N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

$\sum$ แทน ผลรวม

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ (รัตนะ บัวสนธ์, 2562, หน้า 35-37)

การประเมินความเหมาะสม ใช้แนวทางของการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์กำหนดค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า117) จะถือว่าแผนจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ นั้นมีคุณภาพเหมาะสม

2.2 หาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (Index of item objective congruence หรือ IOC) ใช้สูตรของ โรวิเนลลีและ แฮมเบลตัน (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2539: 249) ดังนี้

สูตร IOC = $\frac{\sum R}{N}$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมการเรียนรู้กับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยกำหนดคะแนนความคิดเห็น ดังนี้

+1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อคำถามตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่ตรงจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

เกณฑ์กำหนดค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เมื่ออาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญในการ พิจารณาแล้วข้อคำถามมีค่า IOC ตั้งแต่ .05 ขึ้นไป จะถือว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (รัตนะ บัวสนธ์, 2562, หน้า 65)

2.3 ค่าความยากง่าย (Difficulty) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาจากสูตร(ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ,2539: 196)

สูตร $p = \frac{R_u + R_l}{2f}$

เมื่อ p แทน ระดับความยาก

R_u แทน จำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบถูก

R_l แทน จำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

f แทน จำนวนคนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำซึ่งเท่ากัน

เกณฑ์กำหนดค่าความยากง่าย คัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ที่มีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 เนื่องจากถ้าค่าที่ได้ต่ำกว่า 0.20 แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นยากเกินไป แต่ถ้าค่าที่ได้เกิน 0.80 แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่ายเกินไป (กังวล เทียนกัณฑ์เทศน์, 2540, หน้า 119 อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2559, หน้า 124)

2.4 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้ดัชนีบี (B- index) ตามวิธีของเบรนแนน (Brennan) (ล้วน สายยศและ อังคณา สายยศ, 2539 : 198)

จากสูตร $B = \frac{U}{N_1} - \frac{L}{N_2}$

เมื่อ B แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

U แทน จำนวนคนทำข้อสอบข้อนั้นถูกของกลุ่มที่ผ่านเกณฑ์

L แทน จำนวนคนทำข้อสอบข้อนั้นถูกของกลุ่มที่ไม่ผ่านเกณฑ์

N_1 แทน จำนวนคนที่สอบผ่านเกณฑ์

N_2 แทน จำนวนคนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์

เกณฑ์กำหนดค่าอำนาจจำแนกคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไปถือว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาข้อนั้นมีค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสม (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559, หน้า 120)

2.5 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ โดยวิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) สูตร KR-20 (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558)

จากสูตร $r_t = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{\sigma_t^2}\right]$

เมื่อ r_t แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้เรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูกกับผู้เรียนทั้งหมด

q แทน สัดส่วนของผู้เรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นผิดกับผู้เรียนทั้งหมด

σ_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนที่สอบได้ทั้งฉบับ

เกณฑ์กำหนดค่าความเชื่อมั่นควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.70 จะถือว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มีค่าความเชื่อมั่นที่เหมาะสม (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556, หน้า 97)

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ใช้สถิติทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired Samples t-Test) เพื่อทดสอบสมติฐาน (ข้อ1 และ ข้อ2) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) คำนวณได้จากสูตร

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

เมื่อ n แทน จำนวนคู่ของคะแนนที่นำมาเปรียบเทียบ

D แทน ค่าความต่างของคะแนนแต่ละคู่

df แทน ชั้นแห่งความอิสระ (degree of freedom)

3.2 ใช้สถิติทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent t-Test) เพื่อทดสอบสมติฐาน (ข้อ 3 และ ข้อ 4) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) คำนวณได้จากสูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1-\bar{X}_2}{\sqrt{s^2_p\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}}$$ เมื่อ df= $n_1+ n_2 - 2$

เมื่อ $\overline{X}_1, \overline{X}_2$ แทน ค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 , 2

S_p^2 แทน ขนาดความแปรปรวน

$$S_p^2 = \frac{(n_1-1)\, s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}$$

n_1 , n_2 แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1,2

df แทน ชั้นแห่งความอิสระ (degree of freedom)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นที่เข้าใจตรงกัน ผู้ศึกษาได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล ดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าเฉลี่ยในการแจกแจงแบบ t
df	แทน	ชั้นแห่งความอิสระ (Degrees of freedom)
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
*	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

4. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน

		คะแนนเต็ม	N	$\bar{x}$	SD	t	p (one-tailed)
การจำ	Pretest	2	40	1.63	0.54	2.082*	0.044
	Posttest	2	40	1.83	0.39		
การเข้าใจ	Pretest	4	40	1.70	0.65	6.444*	0.000
	Posttest	4	40	2.65	0.74		
การประยุกต์ใช้	Pretest	6	40	1.95	0.82	8.070*	0.000
	Posttest	6	40	3.88	1.40		
การวิเคราะห์	Pretest	7	40	2.00	1.04	10.693*	0.000
	Posttest	7	40	4.45	1.38		
การประเมินค่า	Pretest	8	40	2.00	0.88	9.688*	0.000
	Posttest	8	40	4.53	1.72		
การสร้างสรรค์	Pretest	3	40	1.90	0.71	5.448*	0.000
	Posttest	3	40	2.73	0.45		
ภาพรวม	Pretest	30	40	11.18	0.15	15.426*	0.000
	Posttest	30	40	20.05	1.01		

* $p < .05$

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง คะแนนเต็ม 30 คะแนน คะแนนก่อน

เรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.18 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.05 เมื่อเปรียบเทียบพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งทุกด้านมีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้วยเช่นกัน

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน

		คะแนนเต็ม	**N**	$\bar{X}$	**SD**	**t**	**p (one-tailed)**
ขั้นกำหนดปัญหา	Pretest	5	40	1.68	0.66	5.433*	0.000
	Posttest	5	40	3.00	1.38		
ขั้นวิเคราะห์ปัญหา	Pretest	5	40	1.88	0.65	6.481*	0.000
	Posttest	5	40	3.53	1.4		
ขั้นลงมือแก้ปัญหา	Pretest	5	40	1.80	0.69	9.753*	0.000
	Posttest	5	40	3.73	1.22		
ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์	Pretest	5	40	1.63	0.59	5.000*	0.000
	Posttest	5	40	2.88	1.64		
ภาพรวม	Pretest	20	40	7.29	0.11	13.514*	0.000
	Posttest	20	40	13.13	0.35		

* $p < .05$

จากตารางที่ 2 พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งคะแนนเต็ม 20 คะแนน คะแนนก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.29 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.13 เมื่อเปรียบเทียบแล้วพบว่า

ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นตอน พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกขั้นตอนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของเวียร์

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ปรากฏผลดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	df	t	p (one-tailed)
กลุ่มทดลอง	40	30	20.05	1.01	78	50.73*	0.001
กลุ่มควบคุม	40		11.48	0.35			

* $p < .05$

จากตารางที่ 10 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.05 และการจัดการเรียนการสอนแบบปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.48 เมื่อเปรียบเทียบแล้วพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ปรากฏผลดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง กับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	df	t	p (one-tailed)
กลุ่มทดลอง	40	20	13.13	0.35	78	37.18*	0.001
กลุ่มควบคุม	40		8.58	0.69			

* $p < .05$

จากตารางที่ 11 พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.13 และการจัดการเรียนการสอนแบบปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.58 เมื่อเปรียบเทียบแล้วพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง มีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ และ 4) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งกับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดหนองจอก (ภักดีนรเศรษฐ) สำนักงานเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 2 ห้องเรียน คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/2 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/5 จำนวนห้องละ 40 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียนและกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง จำนวน 5 แผน มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.27 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) จำนวน 5 แผน มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.32 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.80 – 1.00 ค่าความยากง่ายตั้งแต่ .38-.70 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .27-.58 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .85 และ4) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.80 – 1.00 ค่าความยากง่ายตั้งแต่ .43-.70 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .25-.70 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .95

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มควบคุมก่อน-หลัง (Pretest-Posttest Control Group Design) (ล้วน สายยศ

และอังคณา สายยศ, 2538 , หน้า 245 -248) ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired Samples t-test) และสถิติการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สรุปผลได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ของ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งสูงกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง สูงกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประเด็นที่นำมาอภิปรายผล ดังนี้

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 เนื่องจากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง สามารถส่งเสริมพัฒนาการทางด้านการคิดและการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างชัดเจน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นการท่องจำทฤษฎีหรือหลักการแต่เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาและฝึกกระบวนการคิดอย่างมีเหตุมีผล การคิดแก้ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น (นันทกา พหลยุทธ, 2554, อ้างถึงใน Yoyce & Weil, 1996, pp.80-88) Robert (2013) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ และเน้นการมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น จะส่งผลให้นักเรียนพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างยั่งยืน นอกจากนี้ Robert (2013) ยังเสนอว่า STEM Education เป็นแนวทางที่ช่วยสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเมื่อบูรณาการร่วมกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือ Coding ซึ่งเป็นการเรียนรู้เชิงรุกที่ส่งเสริมทั้งทักษะการแก้ปัญหา การออกแบบนวัตกรรม และการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) คือ ครูผู้สอนเสนอสถานการณ์ปัญหาต่างๆ และนักเรียนระบุปัญหา ตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของพรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, หน้า 49) ที่ระบุว่า STEM Education ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ พัฒนาความเข้าใจในเนื้อหา และฝึกกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในการเรียนรู้และพัฒนา ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหานักเรียนต้องพิจารณาปัญหาจากสิ่งที่นักเรียนค้นพบหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ The Integrated Mathematics Science and Technology (2007) ที่เน้นว่าการแก้ปัญหาควรบูรณาการความรู้หลายแขนงเพื่อให้นักเรียนพัฒนาทักษะในเชิงองค์รวม การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีนักเรียนสามารถแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง การค้นหา

แนวคิด ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้

ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้การผสมผสานการเรียนรู้แบบโค้ดดิ้ง การเขียนโปรแกรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ กระบวนการจัดประสบการณ์เรียนรู้ตามแนวคิดของการสอนวิทยาการคำนวณในเนื้อหาของการเขียนโปรแกรม และ การโค้ดดิ้ง (Coding) นักเรียนสามารถออกแบบแนวทางแก้ปัญหาโดยใช้แผนผังงาน (flowchart) และกำหนดขั้นตอนการทำงานได้อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับแนวคิดของพรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, หน้า 50) ที่กล่าวว่า STEM ส่งเสริมให้ผู้เรียนฝึกคิดอย่างมีระบบผ่านการวางแผนและออกแบบกระบวนการแก้ปัญหา โดยเน้นทักษะด้านวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ร่วมกัน

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมการสร้างต้นแบบ (Prototype Planning and Development) คือ การพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ผ่านชุดอุปกรณ์บอร์ด micro:bit เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์สำหรับการศึกษา นักเรียนสามารถนำแนวคิดไปสู่การสร้างต้นแบบโดยใช้บอร์ด Micro:bit ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแสดงออกถึงความเข้าใจในกลไกของวงจรไฟฟ้าและการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของสมชาย อุ่นแก้ว (2558, หน้า 6) ที่กล่าวว่า สะเต็มศึกษาช่วยให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ความรู้ในเชิงปฏิบัติและพัฒนาองค์ความรู้ผ่านกระบวนการจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น นักเรียนสามารถทดสอบต้นแบบ ตรวจสอบข้อผิดพลาดและปรับปรุงชิ้นงานได้ด้วยตนเอง แสดงให้เห็นถึงการมีทักษะในการประเมินผลและการเรียนรู้จากข้อผิดพลาด ซึ่งสอดคล้องกับ The Integrated Mathematics Science and Technology (2007) ที่เน้นกระบวนการสะท้อนผลเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในบริบทจริง

ขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ช่วยให้นักเรียนได้แสดงผลงานและวิธีการแก้ปัญหาที่พัฒนาขึ้นจากกระบวนการก่อนหน้า การนำเสนอในขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมทักษะการสื่อสารและการนำเสนอข้อมูลอย่างมี

ประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ The Integrated Mathematics Science and Technology (2007) ที่เน้นการส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงและการสื่อสารในบริบทที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาจริง โดยมีการออกแบบการนำเสนอที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ เพื่อให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์ได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ

จากขั้นตอนดังกล่าวจะเห็นได้ว่าแต่ละขั้นตอนมีความสัมพันธ์และเสริมสร้างทักษะในกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการระบุปัญหาจนถึงการนำเสนอผลลัพธ์ ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนในทักษะต่าง ๆ เช่น การคิดอย่างมีระบบ การใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยี และการประเมินผลอย่างมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของการบูรณาการความรู้ในหลายด้าน รวมทั้งส่งเสริมการเรียนรู้ที่เกิดจากการทดลองจริง ซึ่งช่วยให้การเรียนการสอนมีความหมายและสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน โดยสอดคล้องกับแนวคิดของการศึกษารูปแบบ STEM ที่ช่วยเสริมสร้างทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชนกนันท์ พะสุโร (2558) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่องสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านบ่อหิน จังหวัดยะลา ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่องสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของรักษ์ศิริ จิตอารี (2559) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนภูคาวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนมีคะแนนการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ภาพรวมสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 การที่ผู้เรียนสามารถหาคำตอบหรือวิธีแก้ปัญหาได้อย่างอิสระนั้น สะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง (Higher-order Thinking Skills) ซึ่งเกิดจากกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง โดยเฉพาะการใช้แนวคิดการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ผ่านการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกง่าย ๆ ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจโครงสร้างของปัญหา แยกแยะปัญหา

เป็นส่วนย่อย และกำหนดขั้นตอนแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้นักเรียนสามารถคิดค้นหาวิธีที่จะ นำมาใช้คิดการแก้ปัญหา โดยศึกษาวิธีจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ เช่น ห้องสมุด อินเตอร์เน็ต ถามจากผู้รู้ เพื่อหาคำตอบได้อย่างอิสระตามขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นกำหนดปัญหา คือ ขั้นในการตั้งปัญหาหรือวิเคราะห์ประโยคที่เป็นปัญหา หรือความสามารถในการบอกปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ผู้เรียนสามารถตั้งปัญหาหรือวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างเหมาะสม แสดงถึงความเข้าใจในสาระสำคัญของปัญหา ซึ่งเป็นทักษะเริ่มต้นที่สำคัญในกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความตระหนักรู้ในปัญหาและสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของ พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556 , หน้า 49) ที่กล่าวว่า STEM Education กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้จากปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง และพัฒนาความเข้าใจอย่างมีเหตุมีผล

2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา คือ นิยามสาเหตุของปัญหาโดยแยกแยะจากลักษณะที่สำคัญในการบอกสาเหตุของปัญหา จากสถานการณ์ที่กำหนด ในขั้นตอนนี้ นักเรียนสามารถแยกแยะองค์ประกอบของปัญหา ระบุสาเหตุ และตีความข้อมูลเพื่อกำหนดทิศทางในการแก้ไขได้อย่างมีระบบ กระบวนการนี้เป็นหัวใจของการคิดวิเคราะห์เชิงลึก ซึ่งตรงกับแนวคิดของ The Integrated Mathematics, Science and Technology (2007) ที่อธิบายว่าการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการในศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน (STEM) จะช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหลากหลายในการวิเคราะห์และเชื่อมโยงประเด็นของปัญหาได้ดีขึ้น

3) ขั้นลงมือแก้ปัญหา คือ การค้นหาแนวทางแก้ปัญหาและตั้งสมมติฐาน คิดวิธีการแก้ปัญหา ให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา นักเรียนสามารถเลือกแนวทางแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม ตั้งสมมติฐานได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล และลงมือปฏิบัติได้จริง โดยใช้ความรู้จากหลายศาสตร์ เช่น การทดลอง การใช้บอร์ด micro:bit และการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของสมชาย อุ่นแก้ว (2558, หน้า 5-6) ที่ระบุว่า STEM Education ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์และเป็นระบบ

4) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ คือ หลังแก้ปัญหา พิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา อภิปรายผลที่เกิดขึ้นหลังจากการคิดแก้ปัญหาว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร นักเรียนสามารถ

ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบหรือแนวทางที่เลือกใช้ รวมถึงอภิปรายผลที่เกิดขึ้นหลังการแก้ปัญหาได้อย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนสะท้อนคิด (reflective thinking) และพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาในอนาคต โดยแนวคิด STEM Education สนับสนุนให้นักเรียนมีการประเมินและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับหลักการของ Amanda Shackleford Roberts (2013) ที่ระบุว่า STEM เป็นการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติและการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้หลายด้านร่วมกัน เพื่อสร้างนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการคิดอย่างรอบด้าน

จากขั้นตอนดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ โดยแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญา ควบคู่กับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการเรียนรู้เหล่านี้มีส่วนสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีระบบรอบด้าน และเอื้อต่อการเติบโตทางความคิดของผู้เรียนอย่างลึกซึ้งและยั่งยืน สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรรณา รุ่งลักษมีศรี (2551) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิต ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 75.58

3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งสูงกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้การจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม มี 6 ขั้นตอนดังนี้ 1) ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนเสนอสถานการณ์ปัญหาต่างๆ และผู้เรียนระบุปัญหา ตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว เช่น การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และแก้ปัญหาอย่างไร ข้อเสนอแนะใดบ้าง การค้นหาแนวคิด ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ 3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวม มาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้การผสมผสานการเรียนรู้แบบโค้ดดิ้ง การเขียนโปรแกรมโดยใช้คอมพิวเตอร์

กระบวนการจัดประสบการณ์เรียนรู้ตามแนวคิดของการสอนวิทยาการคำนวณในเนื้อหาของการเขียนโปรแกรม และ การโค้ดดิ้ง (Coding) 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมการสร้างต้นแบบ (Prototype Planning and Development) คือ การพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ผ่านชุดอุปกรณ์บอร์ด micro:bit เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์สำหรับการศึกษา 5) ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น และ 6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ที่ผสมผสานทั้ง STEM และโค้ดดิ้งสามารถพัฒนาทักษะทางวิชาการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง นักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านสถานการณ์ปัญหาใกล้ตัวที่เชื่อมโยงศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยี พร้อมฝึกเขียนคำสั่งโค้ดที่เป็นระบบส่งเสริมการคิดเชิงตรรกะ การวางแผน และการสร้างสรรค์ ตั้งแต่การเข้าใจพื้นฐานทางทฤษฎี การประยุกต์ใช้ความรู้ ไปจนถึงการวิเคราะห์ สร้างสรรค์ และประเมินผล อย่างไรก็ตาม การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ที่มีลักษณะของการออกแบบ สร้างสรรค์ และทดลองซ้ำจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ ช่วยพัฒนาการคิดระดับสูงและทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นกระบวนการได้ชัดเจนยิ่งกว่า จึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยแนวทางนี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของพรสวัสดิ์ สองแคว (2559) ได้พัฒนาและศึกษาผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านสบป่อง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 13 คน ผลวิจัยพบว่า ได้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และมีประสิทธิภาพ 79.21/76.30 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 และพบว่าผลการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ระหว่างการเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียน พบว่านักเรียนตอบและถามคำถามโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ มีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม อธิบายผลการทดสอบและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยนำความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และการงานอาชีพและเทคโนโลยีมาช่วยในกระบวนการสร้างชิ้นงาน ตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

4) ความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง สูงกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ โดยแนวทางนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากสถานการณ์จริง ฝึกตั้งคำถาม วิเคราะห์ปัญหา วางแผน เขียนโค้ด สร้างชิ้นงาน และประเมินผล และสอดคล้องกับขั้นตอนการระบุปัญหา การวางกลยุทธ์ การลงมือปฏิบัติ และการประเมินผล อย่างเป็นขั้นตอน ในขณะที่การจัดการเรียนการสอนแบบปกติที่ใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) แม้จะสามารถส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีโครงสร้าง และช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสังเกต ทดลอง และอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ แต่ยังขาดกระบวนการฝึกวางแผน สร้างสรรค์ และลงมือแก้ปัญหาอย่างมีระบบเหมือนกับการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถนำทักษะการคิดไปใช้ในการแก้ไขสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรรณา รุ่งลักษมีศรี (2551) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิต ผลการศึกษาพบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ในการจัดกิจกรรมการควรมีการปรับความยืดหยุ่นของเวลาให้เหมาะสมกับแต่ละกิจกรรม เนื่องจากกิจกรรมต่าง ๆ อาจใช้เวลาในการเรียนรู้ไม่เท่ากัน

1.2 ควรมีการปฐมนิเทศนักรียนให้เข้าใจในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมให้ถูกต้องและไม่เกิดปัญหา

1.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนโค้ดดิ้ง เป็นรูปแบบที่นักเรียนยังไม่คุ้นเคยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้นครูผู้สอนควรปรับให้

สอดคล้องกับสถานการณ์ เช่นจำนวนผู้เรียนต่อกลุ่ม การกำหนดบทบาทของผู้เรียน และการกำหนดเกณฑ์และข้อจำกัดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์

1.4 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งศึกษาในขั้นตอนการคิดและออกแบบอาจบูรณาการกับวิชาอื่น เช่น ศิลปะหรือภาษาอังกฤษ เพื่อช่วยประหยัดเวลาในการทำกิจกรรม และส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถออกแบบสิ่งประดิษฐ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจมากขึ้น

1.5 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนโค้ดดิ้งในขั้นการนำเสนอผลงาน อาจจะต้องใช้เวลาในการดำเนินการ เนื่องจากขั้นตอนนี้ผู้เรียนต้องเตรียมการนำเสนอผลการแก้ปัญหาในลักษณะที่สามารถเข้าใจได้ง่ายและน่าสนใจ ครูผู้สอนอาจใช้เวลาในกิจกรรมอื่นให้กับนักเรียนในการสร้างผลงาน เช่นกิจกรรมชุมนุม และการนำเสนอผลงานครูจัดกิจกรรม การจัดนิทรรศการการนำเสนอชิ้นงาน เพื่อที่จะให้นักเรียนได้นำความรู้ไปถ่ายทอดให้ผู้เรียนในโรงเรียน

1.6 ในการจัดกิจกรรมการเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโค้ดดิ้งเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ อาจปรับเพิ่มจำนวนเวลาในการทำกิจกรรมให้มากขึ้นหรือปรับเพิ่มจำนวนชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องทำ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการใช้ความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโค้ดดิ้งในระยะยาว เพื่อประเมินว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนมีความต่อเนื่องหรือยั่งยืนหรือไม่ โดยอาจเก็บข้อมูลติดตามผลหลังจากจบการสอนเป็นระยะเวลา 3-6 เดือน หรือภาคเรียนถัดไป

2.2 ควรเปรียบเทียบแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโค้ดดิ้งกับรูปแบบการสอนอื่น ๆ ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น การเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning) หรือการเรียนรู้แบบใช้เกมเป็นฐาน (Game-Based Learning) เพื่อศึกษาว่าวิธีใดให้ผลที่ดีที่สุดในบริบทของการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า

2.3 ควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโค้ดดิ้งต่อทักษะด้านอื่นของผู้เรียน เช่น ทักษะการทำงานเป็นทีม การสื่อสาร การคิดสร้างสรรค์ หรือเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เห็นภาพรวมของการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 อย่างครอบคลุม

2.4 ควรศึกษาเปรียบเทียบผลของการจัดการเรียนรู้โดยครูที่ผ่านการอบรมด้าน STEM และโค้ดดิ้งกับครูทั่วไป เพื่อประเมินว่าความรู้ ความเข้าใจ และทักษะของครูผู้สอนส่งผลต่อ

ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้หรือไม่ และเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการวางแผนพัฒนาครูต่อไป

2.5 จากผลการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโค้ดดิ้ง เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละด้านทั้ง 6 ด้าน พบว่า ด้านความเข้าใจและด้านการวิเคราะห์ยังอยู่ในระดับต่ำกว่า 50% แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบดังกล่าวอาจยังไม่ตอบสนองต่อการพัฒนาทักษะทั้งสองด้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรพัฒนารูปแบบหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกและทักษะการคิดวิเคราะห์มากยิ่งขึ้น เพื่อยกระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านดังกล่าวให้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

2.6 จากผลการวิจัยพบว่า แม้ความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยรวมมีพัฒนาการที่ดี แต่ในขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ยังมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับขั้นอื่น ๆ จึงควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการฝึกตรวจสอบและประเมินผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาเพื่อเสริมสร้างความสามารถในขั้นตอนนี้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพ ฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์.(2555). *การคิดเชิงวิพากษ์ = Critical thinking*. กรุงเทพฯ: ซัคเซส มีเดีย.

จิรายุทธิ์ อ่อนศรี. (2561). *การพัฒนาแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้สู่การปฏิบัติในศตวรรษที่ 21 ทฤษฎีการเรียนรู้ของ Bloom (Bloom's Taxonomy)*. เข้าถึงได้จาก http://www.nwm.ac.th/nwm/wpcontent/uploads/2018/07/%E0%B8%81%3%E0%B8%A3%E0%B8%A9%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-21.pdf

ใจทิพย์ ณ สงขลา. (2561). *การออกแบบการเรียนแนวดิจิทัล*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช. (2545). *คู่มือการเขียนแผนการสอนที่เน้น นักเรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: จูนพับลิชชิ่ง.

ชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์. (2546). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ณรงค์ฤทธิ์ สายสุวรรณ. (2565) . *ผลการพัฒนาทักษะ Coding สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านเชิงดอยโดยใช้ชุดกิจกรรม Coding.*วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, คณะสังคมศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่.

ทิศนา แขมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนชาติ นุ่มนนท์. (2562). *เรียน "Coding" เพื่อใช้ชีวิตในอนาคต*. เข้าถึงได้จาก https://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/647886

นันทชา อัมฤทธิ์. (2559). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารพัฒนาการเรียนการสอนมหาวิทยาลัยรังสิต,*11(2), 64-77.

นัสรินทร์ บือซา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นุชจรี กิจวรรณ,. (2551). กระบวนการคิดเชิงออกแบบ: มุมมองใหม่ของระบบสุขภาพไทย. *วารสารพยาบาล,* 33(1), 5-14. เข้าถึงได้จาก https://www.tcithaijo.org/index.php/TJONC/article/download/103515/96340/

ปราณี หีบแก้ว. (2552). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน.*วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปาริชาติ ปานศรี. (2565). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดพระประโทณเจดีย์ จังหวัดนครปฐม.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาศึกษาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัย-สุโขทัยธรรมาธิราช.

ปุณยาพร พลายงาม. (2564). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์ทรวิโรฒ.

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

พรนภัส ใหญ่วงค์. (2565), *การพัฒนาชุดเกม Unplugged Codingเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ สำหรับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้น.*วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พรสวัสดิ์ สองแคว. (2559). *การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง "รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน" ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร. เข้าถึงได้จาก https://www.tcithaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/100933/78399

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิจัยการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.* พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัชราวงค์ ตาผา และเนาวนิตย์ สงคราม. (2562). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยการคิดเชิงออกแบบร่วมกับหลักการสอนแบบทริซเพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมของนิสิตนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ระดับปริญญาบัณฑิต วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญบุรี.*วารสารวิศวกรรมศาสตร ราชมงคลธัญบุรี, 17*(2), 37-47. เข้าถึงได้จากhttps://journal.engineer.rmutt.ac.th/enjournal/index.php/enjournal/article/view/447/391

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2545). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2545*). แนวคิดและแนวทางของการจัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พ.ว.).

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2545). *พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พ.ว.).

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และวรรณทิพา รอดแรงค้า. (2542). *การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.

เพียงขวัญ แก้วเรือง. (2564) , *การศึกษาการคิดเชิงคำนวณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เรื่องการใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม: การวิเคราะห์ความแปรปรวน ร่วมตัวแปรพหุนาม.*วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดประเมินและวิจัยการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2558). *ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ต้องก้าวให้พ้นกับดักของตะวันตก*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาสกร เรืองรอง และคณะ. (2561). Computational Thinking กับการศึกษาไทย COMPUTATIONAL THINKING WITH THAI EDUCATION. *วารสารปัญญาภิวัฒน์* , 10(3),20-25. เข้าถึงได้จาก https://journal.pim.ac.th/ploads/content/2018/12/o_1cvf7idaco6rlok3ct8up2r910.pdf

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

มานะ อินทรสว่าง. (2556). *รายงานการใช้นวัตกรรม ชุดทดลองสำหรับจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้ากระแสตรง*. เข้าถึงได้จาก http://swis.act.ac.th/html_edu/act/

temp_emp_research/2605.pdf

มาริสา หอมดวง. (2564). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

มาเรียม นิลพันธุ์. (2558). *วิธีวิจัยทางการศึกษา.* พิมพ์ครั้งที่9. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม (STEM Education Thailand and STEM Ambassadors). *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *42*(185), 14-18.

ยืน ภู่วรวรรณ. (2562). *การอ่านออกเขียนได้ทางดิจิทัล (Digital Literacy) กับวิทยาการคำนวณ (Computing)*. เข้าถึงได้จาก http://rmutiinfolit.blogspot.com/2018/05/

เยาวภา เดชะคุปต์. (2528). *กิจกรรมสำหรับเด็กก่อนวัยเรียน.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตสถาน พ.ศ. 2542.* สำนักพิมพ์: นานมีบุ๊ค พับลิเคชั่นส์.

รักษ์ศิริ จิตอารี. (2559). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร. เข้าถึงได้จาก https://www.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/89856/70617

รัตนะ บัวสนธ์. (2562). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลักคะณา เสโนฤทธิ์. (2551). *ผลการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาที่มีต่อพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์ทรวิโรฒ.

วรรณา รุ่งลักษมีศรี.(2551). *ผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถใน การแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน มัธยมศึกษาตอนต้น ใน โรงเรียนสาธิต.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วราภรณ์ ลิ้มเปรมวัฒนา และกันตภณ ธรรมวัฒนา. (2560). พฤติกรรมในการเล่นเกมกระดานและองค์ประกอบ ของปัจจัยทางด้านผลกระทบจากการเล่นเกมของวัยรุ่น ในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสารวิจัยสังคม*, *40*(2), 107-132. เข้าถึงได้จาก https://so04.tci-

thaijo.org/index.php/socialresearchjournal/article/view/90922

วัชรพัฒน์ ศรีคำเวียง (2561). *วิทยาการคำนวณ (Computing Science)*. เข้าถึงได้จาก https://www.scimath.org/lesson-technology/item/8808-computing- Science

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). *การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศิริลักษณ์ เลิศหิรัญทรัพย์. (2564). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาการคำนวณ โดยการเรียนภาษาคอมพิวเตอร์(Coding) ในการจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*. เข้าถึงได้จาก http://elsd.ssru.ac.th/siriluck_le/pluginfile.php/141/block_html/content/Template_ProceedingsNCOST_Thai-V.5%20Siriluck.pdf

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2556). *คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2559). *สรุปผลการประเมิน PISA 2015วิทยาศาสตร์ การอ่านและคณิตศาสตร์. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,* 1-19. เข้าถึงได้จาก https://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786163627179/

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ตามมาตรฐาน การเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงพ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

สมนึก ภัททิยธนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา*. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2555). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ Research Methodology for Social Sciences and Humanities*. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สำนักงานเลขธิการสภาการศึกษา (2564). *แนวทางการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนวิทยาการคำนวณ โค้ดดิ้ง (Coding) เพื่อพัฒนาทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: เซ็นจูรี่.

สำนักบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2558). *แนวทางการจัดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นสมรรถนะทางสาขาวิชาชีพ*.กรุงเทพ ฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2559). สะเต็มศึกษา. *Academic Focus*. เข้าถึงได้จาก https://dl.parliament.go.th/backoffice/viewer2300/web/viewer.php

สุรพล บุญลือ. (2561). Gamification in education. ในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, สำนักพัฒนาวิชาการ, *การบรรยายการอบรมเชิงวิชาการเรื่อง "Gamification In Education"*(น. 1-27). ม.ป.พ.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2553). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ. (2545). *วิธีการจัดการเรียนรู้ เพื่อกระบวนการคิด*.กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์

อภิญญา สิงห์โต. (2563). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร. เข้าถึงได้จาก http://www.edu.nu.ac.th/th/news/docs/download/2020_09_17_11_30_58.pdf

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). สะเต็มศึกษากับการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา. *วารสารสมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 19*(1), 15-18.

อารี พันธ์มณี. (2546). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ.

Ashton, M. (2020). *At Meaningful Play: Design Thinking X Game Design*. Retrieved from https://www.gamasutra.com/blogs/MarsAshton/20181003/327768/At_Meaningful_Play_Design_Thinking_X_Game_Design.php

Atkinson, S.K. (1961). *The Education's Encyclopedia*. New Jersey : Prentice – Hall, Inc.

Alexiou-Ray, J., Raulston, C., Fenton, D., & Johnston, S. (2018). *Coding: Coding in the K-12 Classroom*. Retrieved from https://edtechbooks.org/k12handbook/coding_in_k-12

Amanda Shackleford Roberts. (2013). *Preferred instructional design strategies for preparation of pre-service teacher of integrated STEM education*. A Dissertation Submitted to the Faculty of Old Dominion University. Old Dominion University.

Bruner, L.S. (1969). *The Process of Education*. Massachusetts: Hayward University Press Cambridge.

Taylor, C. (1964). *Creativity : Progress and Potential*. New York: McGraw-Hill.

Good, & Brophy. (1980). *Educational Pshchology : Approoach*. New York: Rinelart and Winston

Newell, S. (1963). *Career Education : The State of the Science*. Washingon, D.C.: Office of Career Education, United States Office of Education.

Edward M. Reeve. (2013).*Implementing Science , Technology , Mathematics , and Engineering (STEM) Education in Thailand and in ASEAN*. A Report Prepared for The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).

Weir, J. J. (1974).Problem Solving is Every body's Problem, *The ScienceTeacher*,*41*(4) ,16 – 18.

Gonzalez, H.B. and Kuenzi, J.J. (2012).*Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer***.**Washington, DC: Congressional Research Service.

Gijsen, N. (2016) . *Prototyping and feedback design in a serious game context.* Paper presented at 7th IBA Bachelor Thesis Conference, Enschede, The Netherland. Retrieved from http://essay.utwente.nl/70205/1/Gijsen_BA_BMS.pdf

Partnership for 21st Century Learning. (2011). Framework for 21st Century Learning. *Partnership for21st Century Skills*, 1–2. Retrieved from http://doi.org/http://www.21stcenturyskills.org /documents/ framework_flyer_updated_jan_09_final-1.pdf

Partnership for 21st Century Learning. (2015). P21 Partnership for 21st Century Learning. *Partnership for 21st Century Learning*, 9. Retrieved from http://www.p21.org/ documents/P21_Framework_ Definitions.pdf

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
- สำเนาหนังสือขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือ
- สำเนาหนังสือขออนุญาตเก็บเครื่องมือเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือ
- สำเนาหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย
- สำเนาเอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์)
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ พยัคฆิน	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร (ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา)
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร โสภารัตน์	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร (ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา)
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์คงศักดิ์ วัฒนะโชติ	อาจารย์ รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิต“พิบูลบำเพ็ญ”มหาวิทยาลัยบูรพา (ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์)
5. ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ อิ่มใจ	ครูชำนาญการ รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก กรุงเทพมหานคร (ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา โทร. ๒๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
ที่ อว ๘๓๓๗/๒๓๘๕ วันที่ ๑๒ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๗
เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ (คณะศึกษาศาสตร์)

ด้วย ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๕๙๒๐๒๖๓ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบไม่เต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖" โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญท่านซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์สูง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย โดยนิสิตได้ส่งเค้าโครงเล่มวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ) และเครื่องมือวิจัยไปให้ท่านเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๔-๔๙๘๒๖๓๓ หรือที่ E-mail: busstopit@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อทราบและโปรดพิจารณา

มัณฑนา รังสิโยภาส
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัณฑนา รังสิโยภาส)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้ลงนามด้วยลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบได้ที่ (https://e-sign.buu.ac.th/verify)

ที่ อว ๘๑๓๓/๒๖๙๖

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

๑๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย

เรียน คณบดีวิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เค้าโครงวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ)
๒. เครื่องมือวิจัย

ด้วย ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๕๙๒๐๒๖๓ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบไม่เต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน ดังนี้

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ พยัคฆิน สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร โสภารัตน์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์สูง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย โดยนิสิตได้ส่งเค้าโครงเล่มวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ) และเครื่องมือวิจัยไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๔-๔๙๘๒๖๙๑ หรือที่ E-mail: busstopit@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

มัณฑนา รังสิโยภาส

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัณฑนา รังสิโยภาส)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

สำเนาเรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ พยัคฆิน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร โสภารัตน์

เอกสารนี้ลงนามด้วยลายเซ็นดิจิทัลนิกส์ ตรวจสอบได้ที่ (https://e-sign.buu.ac.th/verify)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา โทร. ๒๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
ที่ อว ๘๓๓๗/๒๓๘๖ วันที่ ๑๒ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๗
เรื่อง ขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา

ด้วย ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๕๙๒๐๒๖๓ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบไม่เต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖" โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์คงศักดิ์ วัฒนะโชติ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์สูง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย โดยนิสิตได้ส่งเค้าโครงเล่มวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ) และเครื่องมือวิจัยไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๕-๔๙๘๒๖๓ หรือที่ E-mail: busstopit@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อทราบและโปรดพิจารณา

มัณฑนา รังสิโยภาส
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัณฑนา รังสิโยภาส)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำเนาเรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์คงศักดิ์ วัฒนะโชติ

เอกสารนี้ลงนามด้วยลายเซ็นดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบได้ที่ (https://e-sign.buu.ac.th/verify)

ที่ อว ๘๑๓๗/๒๖๙๗

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

๓๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เค้าโครงวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ)
๒. เครื่องมือวิจัย

ด้วย ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๕๙๒๐๒๖๓ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบไม่เต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน คือ ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ อิ่มใจ ครูชำนาญการ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์สูง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย โดยนิสิตได้ส่งเค้าโครงเล่มวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ) และเครื่องมือวิจัยไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๔-๔๙๘๒๖๓๑ หรือที่ E-mail: busstopit@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

มัณฑนา รังสิโยภาส

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัณฑนา รังสิโยภาส)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th
สำเนาเรียน ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ อิ่มใจ

เอกสารนี้ลงนามด้วยลายเซ็นดิจิทัลเทคนิค ตรวจสอบได้ที่ (https://e-sign.buu.ac.th/verify)

ที่ อว ๘๓๓๗/๕๔๘

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๓๓๑

๑๐ มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดหนองจอก (ภักดีนรเศรษฐ)

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (หาคุณภาพ)

ด้วย ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๕๙๒๐๒๖๓ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบไม่เต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการหาคุณภาพจากเครื่องมือวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖ ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๗ จำนวน ๒ ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม ๑ ห้องเรียน และกลุ่มทดลอง ๑ ห้องเรียน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ใช้ระยะเวลา ๑๙ ชั่วโมง จำนวน ๘๐ คน ระหว่างวันที่ ๖ - ๑๓ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๘ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๔-๔๙๘๒๖๙๑ หรือที่ E-mail: 65920263@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

มัณฑนา รังสิโยภาส

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัณฑนา รังสิโยภาส)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

เอกสารนี้ลงนามด้วยลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบได้ที่ (https://e-sign.buu.ac.th/verify)

ที่ อว ๘๓๓๗/๕๔๙

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๓๓๑

๑๐ มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดหนองจอก (ภักดีนรเศรษฐ)

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๕๙๒๐๒๖๓ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบไม่เต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการเก็บข้อมูลการเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖ ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๗ จำนวน ๒ ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม ๑ ห้องเรียน และกลุ่มทดลอง ๑ ห้องเรียน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ใช้ระยะเวลา ๑๙ ชั่วโมง จำนวน ๘๐ คน ระหว่างวันที่ ๑๓ -๓๑ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๘ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๔-๔๙๘๒๖๙๑ หรือที่ E-mail: 65920263@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

มัณฑนา รังสิโยภาส

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัณฑนา รังสิโยภาส)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

เอกสารนี้ลงนามด้วยลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบได้ที่ (https://e-sign.buu.ac.th/verify)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน กองบริหารการวิจัยและนวัตกรรม งานมาตรฐานและจริยธรรมในการวิจัย โทร. ๒๖๒๐
ที่ อว ๘๓๐๐/- วันที่ ๒๖ เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๘
เรื่อง ขอส่งสำเนาเอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เรียน ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ

ตามที่ท่าน ได้ยื่นเอกสารคำร้องเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา รหัสโครงการวิจัย G-HU252/2567(C3) โครงการวิจัย เรื่อง
ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดละเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง
ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 นั้น

บัดนี้ โครงการวิจัยดังกล่าว ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับโครงการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาและระดับปริญญาตรี ชุดที่ 4 (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว กองบริหารการวิจัยและนวัตกรรม ในฐานะผู้ประสานงาน จึงขอส่งสำเนาเอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน ๓ ฉบับ เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย และเอกสารเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยประทับตรารับรองเรียบร้อยแล้ว มายังท่าน เพื่อนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริงจากผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

นางสาวพิมลพรรณ เลิศล้ำ
(นางสาวพิมลพรรณ เลิศล้ำ)
ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สำหรับโครงการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาและระดับปริญญาตรี
ชุดที่ 4 (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)

สำเนา

ที่ IRB4-046/2568

เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย : G-HU252/2567

โครงการวิจัยเรื่อง : ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

หัวหน้าโครงการวิจัย : ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ

หน่วยงานที่สังกัด : คณะศึกษาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก (สารนิพนธ์/ งานนิพนธ์/ วิทยานิพนธ์/ ดุษฎีนิพนธ์) : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา

หน่วยงานที่สังกัด : คณะศึกษาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม (สารนิพนธ์/ งานนิพนธ์/ วิทยานิพนธ์/ ดุษฎีนิพนธ์) : อาจารย์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ

หน่วยงานที่สังกัด : คณะศึกษาศาสตร์

วิธีพิจารณา : ☐ Exemption Determination ☐ Expedited Reviews ☑ Full Board

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภยันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

1. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ฉบับที่ 4 วันที่ 14 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568
2. โครงการวิจัยฉบับภาษาไทย ฉบับที่ 1 วันที่ 18 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2567
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ 3 วันที่ 10 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568
4. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ 3 วันที่ 8 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568
5. แบบเก็บรวมรวบข้อมูล เช่น แบบบันทึกข้อมูล (Data Collection Form)
แบบสอบถาม หรือสัมภาษณ์ หรืออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ฉบับที่ 1 วันที่ 18 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2567
6. เอกสารอื่น ๆ (ถ้ามี) ฉบับที่ - วันที่ - เดือน - พ.ศ. -

วันที่รับรอง : วันที่ 21 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568

วันที่หมดอายุ : วันที่ 21 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569

สำเนา

ลงนาม นางสาวพิมลพรรณ เลิศล้ำ

(นางสาวพิมลพรรณ เลิศล้ำ)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชุดที่ 4 (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)

** หมายเหตุ การรับรองนี้มีรายละเอียดตามที่ระบุไว้ด้านหลังเอกสารรับรอง **

ภาคผนวก ข

- การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง
- การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
- การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด
- การวิเคราะห์ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามสอดคล้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาแต่ละขั้น
- การวิเคราะห์ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง

ตารางที่ ข-12 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้								
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	3	5	5	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	3	4	5	4	4	4.00	0.71	มาก
2. สาระสำคัญ								
2.1 มีความถูกต้อง	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นระบุปัญหา	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-12 (ต่อ)

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมการสร้างต้นแบบ	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
4.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไข	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
4.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5.2 กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่กำหนด	3	4	5	5	5	4.40	0.89	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	3	4	5	4	4	4.00	0.71	มาก

จากตารางได้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.63

ตารางที่ ข-13 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้								
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	3	5	5	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	3	4	5	4	4	4.00	0.71	มาก
2. สาระสำคัญ								
2.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นระบุปัญหา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
4.3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมการสร้างต้นแบบ	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไข	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
4.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงคที่กำหนด	3	4	5	5	5	4.40	0.89	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	3	4	5	4	4	4.00	0.71	มาก

จากตารางได้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า ที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.66

ตารางที่ ข-14 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้								
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	3	5	5	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	3	4	5	5	5	4.40	0.89	มาก
2. สาระสำคัญ								
2.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นระบุปัญหา	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมการสร้างต้นแบบ	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-14 (ต่อ)

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไข	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
4.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5.2 กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่กำหนด	3	4	5	5	5	4.40	0.89	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	3	4	5	5	5	4.40	0.89	มาก

จากตารางได้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.71

ตารางที่ ข-15 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง แผนภาพวงจรไฟฟ้า

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้								
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	3	5	5	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	3	4	5	4	4	4.00	0.71	มาก
2. สาระสำคัญ								
2.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นระบุปัญหา	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
4.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมการสร้างต้นแบบ	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-15 (ต่อ)

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไข	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่กำหนด	3	4	5	5	5	4.40	0.89	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	3	5	5	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด

จากตารางได้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง แผนภาพวงจรไฟฟ้า ที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.69

ตารางที่ ข-16 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การต่อหลอดไฟและวงจรไฟฟ้า

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้								
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	3	5	5	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	3	5	5	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด
2. สาระสำคัญ								
2.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นระบุปัญหา	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมการสร้างต้นแบบ	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ ข-16 (ต่อ)

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไข	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
4.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่กำหนด	3	5	5	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	3	4	5	5	5	4.40	0.89	มากที่สุด

จากตารางได้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การต่อหลอดไฟและวงจรไฟฟ้า ที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.72

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

ตารางที่ ข-17 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้								
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	3	4	5	4	5	4.20	0.84	มาก
2. สาระสำคัญ								
2.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 มีความถูกต้อง	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างความสนใจ	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	2	4	5	5	5	4.20	1.30	มาก

ตารางที่ ข-17 (ต่อ)

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.4 ขั้นขยายความรู้	2	4	5	4	5	4.00	1.22	มาก
4.5 ขั้นประเมินผล	2	4	5	5	5	4.20	1.30	มาก
5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
5.2 กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่กำหนด	3	4	5	5	5	4.40	0.89	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	3	4	5	4	5	4.20	0.84	มาก

จากตารางได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.51

ตารางที่ ข-18 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้								
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	3	4	5	4	5	4.20	0.84	มาก
2. สาระสำคัญ								
2.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างความสนใจ	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	2	4	5	5	5	4.20	1.30	มาก
4.4 ขั้นขยายความรู้	2	4	5	4	5	4.00	1.22	มาก
4.5 ขั้นประเมินผล	2	4	5	5	5	4.20	1.30	มาก
5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก

ตารางที่ ข-18 (ต่อ)

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5.2 กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่กำหนด	3	4	5	5	5	4.40	0.89	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	3	4	5	4	5	4.20	0.84	มาก

จากตารางได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า ที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.52

ตารางที่ ข-19 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้								
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	3	4	5	4	5	4.20	0.84	มาก
2. สาระสำคัญ								
2.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างความสนใจ	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	2	4	5	5	5	4.20	1.30	มาก
4.4 ขั้นขยายความรู้	2	4	5	4	5	4.00	1.22	มาก
4.5 ขั้นประเมินผล	2	4	5	5	5	4.20	1.30	มาก
5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก

ตารางที่ ข-19 (ต่อ)

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5.2 กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่กำหนด	3	4	5	5	5	4.40	0.89	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	3	4	5	4	5	4.20	0.84	มาก

จากตารางได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.55

ตารางที่ ข-20 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง แผนภาพวงจรไฟฟ้า

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้								
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	3	5	5	4	5	4.40	0.89	มาก
2. สาระสำคัญ								
2.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างความสนใจ	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	2	4	5	5	5	4.20	1.30	มาก
4.4 ขั้นขยายความรู้	2	4	5	4	5	4.00	1.22	มาก
4.5 ขั้นประเมินผล	2	4	5	5	5	4.20	1.30	มาก
5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก

ตารางที่ ข-20 (ต่อ)

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5.2 กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่กำหนด	3	4	5	5	5	4.40	0.89	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	3	4	5	4	5	4.20	0.84	มาก

จากตารางได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง แผนภาพวงจรไฟฟ้า ที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.55

ตารางที่ ข-21 ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การต่อหลอดไฟและวงจรไฟฟ้า

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้								
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจนเข้าใจง่าย	3	5	5	4	5	4.40	0.89	มาก
2. สาระสำคัญ								
2.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 มีความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 หัวข้อเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 ขั้นสร้างความสนใจ	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
4.4 ขั้นขยายความรู้	2	4	5	4	5	4.00	1.22	มาก
4.5 ขั้นประเมินผล	2	4	5	5	5	4.20	1.30	มาก
5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก

ตารางที่ ข-21 (ต่อ)

รายการการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5.2 กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	2	5	5	5	5	4.40	1.34	มาก
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่กำหนด	3	5	5	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	3	4	5	4	5	4.20	0.84	มาก

จากตารางได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การต่อหลอดไฟและวงจรไฟฟ้า ที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.57

ตารางที่ ข-22 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้งตามคำแนะนำของผู้เชียวชาญ

ข้อเสนอแนะของผู้เชียวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
1. ปรับวัตถุประสงค์โดยเลือกใช้พฤติกรรมการเรียนรู้ขั้นสูง และระบุทักษะหรือความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นตัวแปรตามของงานวิจัยนี้	-	1. สามารถแก้ปัญหาการต่อวงจรไฟฟ้าได้ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่1) 2.สามารถวิเคราะห์และแยกแยะคุณสมบัติของตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าได้ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่2) 3.สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของวงจรไฟฟ้าได้(แผนการจัดการเรียนรู้ที่3)
2. กิจกรรมการเรียนรู้ออกแบบได้สอดคล้องกับหลักการของวิธีการสอนในแต่ละขั้นดีมาก	-	-
3.การสื่อสารไม่ใช่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ใช่ทักษะการคิดและไม่ใช่ทักษะการคิดแก้ปัญหา ควรหาคำกริยาแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้อื่นมาใช้แทน “สื่อสาร”	1. สื่อสารและนำความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (P)	1. ประยุกต์ใช้และนำความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (P)

ตารางที่ ข-23 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ตามคำแนะนำของผู้เชียวชาญ

ข้อเสนอแนะของผู้เชียวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
1.ปรับวัตถุประสงค์โดยเลือกใช้พฤติกรรมการเรียนรู้ขั้นสูงโดยไม่ต้องระบุทักษะหรือความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อให้มีความแตกต่างจากแผนทดลอง	-	-
2. ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นของ 5E ควรมีกิจกรรมที่บูรณาการเทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และการคำนวณเข้าไปด้วย เพื่อให้กิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างแผนปกติและแผนทดลองสมดุลกัน	-ครูให้นักเรียนสำรวจวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องเรียน จากนั้นบันทึกผลและนำมาอภิปรายร่วมกัน	- ครูให้นักเรียนสำรวจและนับสิ่งของที่มีส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าในห้องเรียนโดยใช้โทรศัพท์บันทึกภาพและแชร์รูปภาพพร้อมอธิบายรายละเอียดจากนั้นบันทึกผลและนำมาอภิปรายร่วมกัน
2. ควรใช้สื่อพื้นฐาน วัสดุอุปกรณ์ ควรจัดให้นักเรียนได้ใช้ได้ลงมือทำให้เหมือนกันกับแผนทดลอง ยกเว้นการกำหนดสถานการณ์เพื่อให้แตกต่างกับแผนทดลอง	-	-

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

ตารางที่ ข-24 ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) กับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

จุดประสงค์ที่	ข้อคำถามที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\sum$R/N)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	1	5	1.0
	2	1	1	1	1	1	5	1.0
2	3	0	1	1	1	1	4	0.8
	4	1	1	1	1	1	5	1.0
	5	1	1	1	1	0	4	0.8
3	6	0	1	1	1	1	4	0.8
	7	1	1	1	1	1	5	1.0
	8	1	1	1	1	1	5	1.0
4	9	1	1	1	1	1	5	1.0
	10	1	1	1	1	1	5	1.0
	11	1	1	1	1	1	5	1.0
	12	1	1	1	1	1	5	1.0
	13	1	1	1	0	1	4	0.8
5	14	1	1	1	1	1	5	1.0
	15	1	1	1	1	1	5	1.0
	16	0	1	1	1	1	4	0.8
6	17	0	1	1	1	1	4	0.8
	18	1	1	1	1	1	5	1.0
7	19	1	1	1	1	1	5	1.0
	20	0	1	1	1	1	4	0.8

ตารางที่ ข-24 (ต่อ)

จุดประสงค์ที่	ข้อคำถามที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		(∑R/N)
8	21	0	1	1	1	1	4	0.8
9	22	0	1	1	1	1	4	0.8
	23	0	1	1	1	1	4	0.8
10	24	1	1	1	1	1	5	1.0
	25	1	1	1	1	1	5	1.0
	26	1	1	1	1	1	5	1.0
11	27	1	1	1	1	1	5	1.0
	28	1	1	1	1	1	5	1.0
	29	1	1	1	1	1	5	1.0
	30	1	1	1	1	1	5	1.0
	31	0	1	1	1	1	4	0.8
	32	1	1	1	1	1	5	1.0
	33	0	1	1	1	1	4	0.8
12	34	0	1	1	1	1	4	0.8
	35	1	0	1	1	1	4	0.8
	36	1	1	1	1	1	5	1.0
13	37	1	1	1	1	1	5	1.0
	38	1	1	1	0	1	4	0.8
	39	1	1	1	1	1	5	1.0
14	40	1	1	1	1	1	5	1.0
	41	1	0	1	1	1	4	0.8
	42	1	1	1	1	1	5	1.0
	43	1	1	1	1	1	5	1.0
	44	1	1	1	1	1	5	1.0

ตารางที่ ข-24 (ต่อ)

จุดประสงค์ที่	ข้อคำถามที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		($\sum$R/N)
15	45	0	1	1	1	1	4	0.8
	46	0	1	1	1	1	4	0.8
	47	1	1	1	1	1	5	1.0
	48	1	1	1	1	1	5	1.0
16	49	1	1	1	1	1	5	1.0
	50	1	1	1	1	1	5	1.0

จากการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ที่สามารถนำมาใช้ได้ที่ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80 - 1.00

ตารางที่ ข-25 ปรับแก้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายตามคำแนะนำของผู้เชียวชาญ

ข้อเสนอแนะของผู้เชียวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
-ปรับคำในตัวเลือกเพื่อให้มีความหมายชัดเจนมากขึ้น	1.การนำสายไฟที่หุ้มด้วยฉนวน PVC (โพลีไวนิลคลอไรด์) ไปพาดไว้บนรั้วที่ทำจากสังกะสีอาจเกิดปัญหาอะไรได้บ้างและเพราะเหตุใด (การวิเคราะห์) ก. สายไฟจะไม่เกิดปัญหาใดๆ เพราะฉนวน PVC สามารถทนต่อความร้อนได้สูง (ข.) สายไฟอาจเกิดการลัดวงจรเพราะสังกะสีเป็นตัวนำไฟฟ้าและอาจทำให้ฉนวน PVC ชำรุดได้ ค. รั้วสังกะสีจะเกิดสนิมเพราะการสัมผัสกับสายไฟที่มีฉนวน PVC ง. ฉนวน PVC จะทำให้ไฟฟ้ารั่วลงดินได้เพราะเป็นวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า	1. 1.การนำสายไฟที่หุ้มด้วยฉนวน PVC (โพลีไวนิลคลอไรด์) ไปพาดไว้บนรั้วที่ทำจากสังกะสีอาจเกิดปัญหาอะไรได้บ้าง และเพราะเหตุใด (การวิเคราะห์) ก. สายไฟจะไม่เกิดปัญหาใดๆ เพราะฉนวน PVC สามารถทนต่อความร้อนได้สูง (ข.) สายไฟอาจเกิดการลัดวงจรเนื่องจากสังกะสีเป็นตัวนำไฟฟ้าและฉนวน PVC อาจชำรุดได้ ค. รั้วสังกะสีจะเกิดสนิมเพราะการสัมผัสกับสายไฟที่มีฉนวน PVC ง. ฉนวน PVC จะทำให้ไฟฟ้ารั่วลงดินได้เพราะเป็นวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า
-ปรับคำในตัวเลือกให้มีความสอดคล้องกันกับคำถาม	2.สำหรับการใช้งานในสถานที่ที่มีความชื้นสูง เช่น ห้องน้ำ ครัว ควรเลือกใช้ฉนวนไฟฟ้าชนิดใดเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการที่ไฟฟ้าลัดวงจร(การประเมินค่า) ก. โลหะ (ข.) พลาสติก ค. กระดาษ ง. แรงดันสูง	2.สำหรับการใช้งานในสถานที่ที่มีความชื้นสูง เช่น ห้องน้ำ ครัว ควรเลือกใช้ฉนวนไฟฟ้าชนิดใดเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการที่ไฟฟ้าลัดวงจร(การประเมินค่า) ก. ผ้า (ข.) พลาสติก ค. กระดาษ ง. ไม้

ตารางที่ ข-25 (ต่อ)

ข้อเสนอแนะของผู้เชียวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
-ปรับคำในตัวเลือกเพื่อให้มีความหมายชัดเจนมากขึ้น ในคำอธิบาย	3.การต่อถ่านไฟฉาย 2 ก้อน แบบอนุกรม กับแบบขนานเปรียบเทียบกัน การต่อแบบใดมีกระแสไฟฟ้ามากกว่า (การวิเคราะห์) ก. ต่อแบบขนาน เพราะทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถหาระยะทางได้มากกว่า (ข.) ต่อแบบอนุกรม เพราะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟฟ้าได้เร็วขึ้น ค. ทั้ง 2 แบบให้กระแสไฟฟ้าเท่ากัน ง. ไม่มีข้อสรุปที่ถูกต้อง	3.การต่อถ่านไฟฉาย 2 ก้อน แบบอนุกรม กับแบบขนานเปรียบเทียบกัน การต่อแบบใดมีกระแสไฟฟ้ามากกว่า (การวิเคราะห์) ก. ต่อแบบขนาน เพราะทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถหาระยะทางได้มากกว่า (ข.) ต่อแบบอนุกรม เพราะแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามจำนวนถ่ายไฟฉายที่ต่อทำให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ค. ทั้ง 2 แบบให้กระแสไฟฟ้าเท่ากัน ง. ไม่มีข้อสรุปที่ถูกต้อง

การวิเคราะห์ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

ตารางที่ ข-26 ค่าความยาก(P) และค่าอำนาจจำแนก(B) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จำนวน 50 ข้อ (ใช้จริง 30 ข้อ)

ข้อที่	ค่า p	ค่า B	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า p	ค่า B	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	.73	.25	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	26	.58	.42	ใช้ได้	14
2	.60	.33	ใช้ได้	1	27	.38	.39	ใช้ได้	15
3	.50	.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	28	.43	.08	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
4	.68	.05	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	29	.63	.49	ใช้ได้	16
5	.55	.38	ใช้ได้	2	30	.63	.61	ใช้ได้	17
6	.58	.29	ใช้ได้	3	31	.48	.15	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
7	.53	.35	ใช้ได้	4	32	.60	.45	ใช้ได้	18
8	.53	.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	33	.38	.39	ใช้ได้	19
9	.58	.29	ใช้ได้	5	34	.58	.42	ใช้ได้	20
10	.55	.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	35	.68	.43	ใช้ได้	21
11	.38	.27	ใช้ได้	6	36	.43	.21	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
12	.55	.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	37	.38	.39	ใช้ได้	22
13	.70	.09	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	38	.60	.45	ใช้ได้	23
14	.58	.17	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	39	.63	.61	ใช้ได้	24
15	.55	.01	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	40	.55	.38	ใช้ได้	25
16	.60	.33	ใช้ได้	7	41	.68	.30	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
17	.60	.20	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	42	.35	.23	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
18	.53	.35	ใช้ได้	8	43	.70	.34	ใช้ได้	26
19	.38	.02	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	44	.55	.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง

ตารางที่ ข-26 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า p	ค่า B	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า p	ค่า B	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
20	.48	.40	ใช้ได้	9	45	.60	.58	ใช้ได้	27
21	.50	.56	ใช้ได้	10	46	.68	.30	ใช้ได้	28
22	.43	.46	ใช้ได้	11	47	.55	.38	ใช้ได้	29
23	.60	.58	ใช้ได้	12	48	.70	.21	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
24	.55	.38	ใช้ได้	13	49	.43	.46	ใช้ได้	30
25	.48	.28	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	50	.73	.25	ใช้ได้	ตัดทิ้ง

หมายเหตุ การตัดข้อสอบบางส่วนที่มีค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก(B)ที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดทิ้งนั้น เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ได้ข้อสอบที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์และเวลาที่ใช้ในการตอบข้อสอบ

ตารางที่ ข-27 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่า p	ค่า B	ข้อที่	ค่า p	ค่า B
1	.60	.33	16	.63	.49
2	.55	.38	17	.63	.61
3	.58	.29	18	.60	.45
4	.53	.35	19	.38	.39
5	.58	.29	20	.58	.42
6	.38	.27	21	.68	.43
7	.60	.33	22	.38	.39
8	.53	.35	23	.60	.45
9	.48	.40	24	.63	.61
10	.50	.56	25	.55	.38
11	.43	.46	26	.70	.34
12	.60	.58	27	.60	.58
13	.55	.38	28	.68	.30
14	.58	.42	29	.55	.38
15	.38	.39	30	.43	.46

จากการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ถูกคัดเลือก 30 ข้อ มีค่าความยาก (P) อยู่ระหว่าง .38-.70 และค่าอำนาจจำแนก(B) อยู่ระหว่าง .27-.58 และเมื่อ หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .85

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามสอดคล้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาแต่ละขั้น

ตารางที่ ข-28 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของคำถามสอดคล้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาแต่ละขั้น

ความสามารถในการแก้ปัญหา	ข้อคำถามที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\sum$R/N)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ขั้นกำหนดปัญหา	1	1	1	1	1	1	5	1.0
	5	1	1	1	1	1	5	1.0
	9	1	1	1	1	1	5	1.0
	13	1	1	1	1	1	5	1.0
	17	1	1	1	1	1	5	1.0
	21	1	1	1	1	1	5	1.0
	25	1	1	1	1	1	5	1.0
	29	1	1	1	1	1	5	1.0
	33	1	1	1	1	1	5	1.0
	37	1	0	1	1	1	4	0.8
2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา	2	1	1	1	1	1	5	1.0
	6	1	1	1	1	1	5	1.0
	10	1	1	1	1	1	5	1.0
	14	0	1	1	1	1	4	0.8
	18	1	0	1	1	1	4	0.8
	22	0	1	1	1	1	4	0.8
	26	1	1	1	1	1	5	1.0
	30	1	1	1	1	1	5	1.0
	34	0	1	1	1	1	4	0.8
	38	1	1	1	1	1	5	1.0

ตารางที่ ข-28 (ต่อ)

ความสามารถในการแก้ปัญหา	ข้อคำถามที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\sum$R/N)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
3. ขั้นลงมือแก้ปัญหา	3	1	1	1	1	1	5	1.0
	7	1	1	1	1	1	5	1.0
	11	1	1	1	1	1	5	1.0
	15	0	1	1	1	1	4	0.8
	19	1	1	1	1	1	5	1.0
	23	1	1	1	1	1	5	1.0
	27	1	1	1	1	1	5	1.0
	31	1	1	1	1	1	5	1.0
	35	0	1	1	1	1	4	0.8
	39	1	1	1	1	1	5	1.0
4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์	4	1	1	1	1	1	5	1.0
	8	1	1	1	1	1	5	1.0
	12	1	1	1	1	1	5	1.0
	16	1	1	1	1	1	5	1.0
	20	1	0	1	1	1	4	0.8
	24	1	1	1	1	1	5	1.0
	28	1	1	1	1	1	5	1.0
	32	1	1	1	1	1	5	1.0
	36	1	1	1	1	1	5	1.0
	40	1	1	1	1	1	5	1.0

จากการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามสอดคล้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาแต่ละขั้น ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา พบว่า ความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 -1.00

การวิเคราะห์ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B)

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ตารางที่ ข-29 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาจำนวน 40 ข้อ (ใช้จริง 20 ข้อ)

ข้อที่	ค่า p	ค่า B	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า p	ค่า B	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	.65	.50	ใช้ได้	1	21	.43	.45	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
2	.48	.25	ใช้ได้	2	22	.48	.65	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
3	.50	.30	ใช้ได้	3	23	.68	.55	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
4	.48	.45	ใช้ได้	4	24	.55	.80	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
5	.63	.65	ใช้ได้	5	25	.38	.45	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
6	.48	.35	ใช้ได้	6	26	.55	.70	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
7	.53	.45	ใช้ได้	7	27	.53	.65	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
8	.43	.25	ใช้ได้	8	28	.43	.55	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
9	.50	.60	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	29	.55	.70	ใช้ได้	13
10	.45	.40	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	30	.60	.50	ใช้ได้	14
11	.48	.45	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	31	.58	.75	ใช้ได้	15
12	.58	.75	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	32	.55	.70	ใช้ได้	16
13	.78	.45	ใช้ได้	9	33	.58	.85	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
14	.63	.55	ใช้ได้	10	34	.58	.75	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
15	.55	.70	ใช้ได้	11	35	.60	.80	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
16	.58	.45	ใช้ได้	12	36	.43	.55	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
17	.15	.30	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	37	.63	.55	ใช้ได้	17
18	.20	.30	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	38	.68	.55	ใช้ได้	18
19	.15	.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	39	.70	.60	ใช้ได้	19
20	.18	.25	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	40	.63	.45	ใช้ได้	20

หมายเหตุ การตัดข้อสอบบางส่วนที่มีค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก(B)ที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดทิ้งนั้น เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ได้ข้อสอบที่ครอบคลุมความสามารถในการแก้ปัญหาและสถานการณ์ที่ใช้ในการตอบข้อสอบ

ตารางที่ ข-30 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 20 ข้อ

สถานการณ์	ข้อที่	ค่า p	ค่า B	สถานการณ์	ข้อที่	ค่า p	ค่า B
1	1	.65	.50	4	13	.55	.70
	2	.48	.25		14	.60	.50
	3	.50	.30		15	.58	.75
	4	.48	.45		16	.55	.70
2	5	.63	.65	5	17	.63	.55
	6	.48	.35		18	.68	.55
	7	.53	.45		19	.70	.60
	8	.43	.25		20	.63	.45
3	9	.78	.45				
	10	.63	.55				
	11	.55	.70				
	12	.58	.45				

จากการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ถูกคัดเลือก 20 ข้อ มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง .43-.78 และค่าอำนาจจำแนก(B) อยู่ระหว่าง .25-.75 และเมื่อ หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .95

ตารางที่ ข-31 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง

คนที่	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน													
	การจำ		การเข้าใจ		การประยุกต์ใช้		การวิเคราะห์		การประเมินค่า		การสร้างสรรค์		ภาพรวม	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
	(2)	(2)	(4)	(4)	(6)	(6)	(7)	(7)	(8)	(8)	(3)	(3)	(30)	(30)
1	2	2	1	3	1	2	1	3	1	2	2	3	8	15
2	1	2	2	4	3	3	2	4	2	3	2	3	12	19
3	1	2	1	3	1	4	2	4	2	3	3	3	10	19
4	2	2	1	3	5	5	2	4	2	5	1	3	13	22
5	2	2	2	4	2	4	1	5	5	5	2	3	14	23
6	1	2	2	2	1	2	2	2	2	5	1	3	9	16
7	1	2	2	2	2	2	1	4	2	2	3	2	11	14
8	2	2	1	3	1	3	1	4	2	2	1	3	8	17
9	2	2	1	4	2	3	1	4	1	2	1	3	8	18
10	2	2	2	4	2	2	2	5	2	3	2	2	12	18
11	2	2	2	3	3	5	5	6	2	2	2	3	16	21
12	1	1	1	2	1	2	1	3	1	3	1	3	6	14
13	2	2	1	3	2	4	5	5	4	5	1	3	15	22
14	3	2	2	3	3	4	3	5	3	5	2	3	16	22
15	1	1	2	2	2	5	2	5	2	5	2	2	11	20
16	2	2	2	2	2	5	2	3	2	6	3	2	13	20
17	1	1	1	1	2	5	3	5	2	4	2	3	11	19
18	1	1	1	3	2	3	3	5	2	5	3	3	12	20
19	2	2	3	2	2	2	2	4	2	5	2	2	13	17

ตารางที่ ข-31 (ต่อ)

คนที่	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน													
	ด้านความรู้ความจำ		ด้านความเข้าใจ		ด้านการนำไปใช้		ด้านการวิเคราะห์		ด้านการประเมินค่า		ด้านสร้างสรรค์		ภาพรวม	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
	(2)	(2)	(4)	(4)	(6)	(6)	(7)	(7)	(8)	(8)	(3)	(3)	(30)	(30)
20	1	2	2	2	2	2	1	3	2	4	3	3	11	16
21	1	2	1	2	2	4	2	5	3	5	2	2	11	20
22	2	2	3	2	2	3	1	3	3	4	3	2	14	16
23	2	1	1	2	2	5	2	4	1	3	2	3	10	18
24	2	2	2	2	1	2	2	2	1	6	1	3	9	17
25	2	1	2	3	3	2	4	5	2	6	3	3	16	20
26	1	2	1	2	2	5	3	5	2	3	2	3	11	20
27	1	2	1	2	2	5	2	3	1	7	2	3	9	22
28	1	2	2	4	2	6	1	5	1	5	1	3	8	25
29	1	2	1	3	2	2	1	3	1	2	1	3	7	15
30	2	1	2	2	1	5	2	6	1	2	2	2	10	18
31	2	2	2	3	1	3	2	2	1	4	2	2	10	16
32	1	2	2	2	1	5	2	4	1	5	1	3	8	21
33	2	2	1	2	1	5	1	4	2	6	2	3	9	22
34	2	2	1	2	1	5	1	4	2	5	1	3	8	21
35	2	2	2	3	3	3	3	6	3	7	2	2	15	23

ตารางที่ ข-31 (ต่อ)

คนที่	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน													
	ด้านความรู้ความจำ		ด้านความเข้าใจ		ด้านการนำไปใช้		ด้านการวิเคราะห์		ด้านการประเมินค่า		ด้านสร้างสรรค์		ภาพรวม	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
	(2)	(2)	(4)	(4)	(6)	(6)	(7)	(7)	(8)	(8)	(3)	(3)	(30)	(30)
36	1	2	2	3	2	5	2	6	2	7	2	3	11	26
37	2	2	2	3	3	5	2	7	2	6	2	2	13	25
38	2	2	3	3	2	6	1	7	2	7	3	3	13	28
39	2	2	3	3	2	6	1	7	3	8	2	3	13	29
40	2	2	2	3	2	6	3	7	3	7	1	3	13	28
$\bar{X}$	1.63	1.83	1.70	2.65	1.95	3.88	2.00	4.45	2.00	4.53	1.90	2.73	11.18	20.05
SD	0.54	0.38	0.65	0.74	0.81	1.40	1.04	1.38	0.88	1.72	0.71	0.45	0.15	1.01

ตารางที่ ข-32 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง

ความสามารถในการแก้ปัญหา										
คนที่	ขั้นกำหนดปัญหา		ขั้นวิเคราะห์ปัญหา		ขั้นลงมือแก้ปัญหา		ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์		ภาพรวม	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(20)	(20)
1	2	5	1	5	2	5	1	3	6	18
2	1	4	1	4	1	3	2	4	5	15
3	0	3	2	3	2	3	2	3	6	12
4	1	3	2	2	2	3	2	3	7	11
5	2	3	2	3	2	3	2	3	8	12
6	2	3	2	2	3	4	2	3	9	12
7	1	4	2	4	3	3	3	2	9	13
8	2	3	2	4	2	3	2	4	8	14
9	2	3	3	3	2	4	2	4	9	14
10	2	2	1	3	1	3	1	3	5	11
11	2	5	2	4	2	4	2	3	8	16
12	2	3	2	4	2	5	3	5	9	17
13	2	4	3	3	2	2	1	2	8	11
14	3	3	2	4	3	4	1	4	9	15
15	1	3	1	4	1	3	2	2	5	12

ตารางที่ ข-32 (ต่อ)

คนที่	ความสามารถในการแก้ปัญหา									
	ขั้นกำหนดปัญหา		ขั้นวิเคราะห์ปัญหา		ขั้นลงมือแก้ปัญหา		ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์		ภาพรวม	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(20)	(20)
16	1	3	2	3	2	3	1	2	6	11
17	2	2	2	3	1	4	1	3	6	12
18	2	2	3	3	3	4	1	3	9	12
19	1	4	2	2	1	1	1	4	5	11
20	1	5	2	2	2	5	2	2	7	14
21	2	0	1	5	1	5	1	5	5	15
22	1	0	1	0	2	5	2	5	6	10
23	1	5	2	5	2	5	1	0	6	15
24	2	2	2	5	1	1	1	3	6	11
25	2	5	1	5	1	5	2	4	6	19
26	2	5	3	1	3	4	1	0	9	10
27	2	0	2	5	1	5	1	0	6	10
28	1	3	2	5	2	5	1	0	6	13
29	1	2	1	3	1	2	2	5	5	12
30	2	2	2	5	1	2	2	5	7	14

ตารางที่ ข-32 (ต่อ)

คนที่	ความสามารถในการแก้ปัญหา									
	ขั้นกำหนดปัญหา		ขั้นวิเคราะห์ปัญหา		ขั้นลงมือแก้ปัญหา		ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์		ภาพรวม	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(20)	(20)
31	2	2	2	3	2	5	2	5	8	15
32	1	2	1	5	2	4	1	5	5	16
33	1	3	2	5	1	5	2	5	6	18
34	2	3	3	5	2	5	2	3	9	16
35	3	5	2	5	2	2	1	3	8	15
36	3	2	3	4	1	5	2	1	9	12
37	2	2	2	3	2	4	2	1	8	10
38	2	5	2	0	3	5	1	0	8	10
39	1	3	1	2	1	2	2	3	5	10
40	2	2	1	5	2	4	2	0	7	11
$\bar{X}$	1.68	3.00	1.95	3.53	1.88	3.73	1.71	2.88	7.29	13.13
SD	0.66	1.38	0.65	1.40	0.69	1.22	0.59	1.64	0.11	0.35

ตารางที่ ข-33 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังเรียน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน						
คนที่	**การจำ**	**การเข้าใจ**	**การประยุกต์ใช้**	**การวิเคราะห์**	**การประเมินค่า**	**การสร้างสรรค์**	**ภาพรวม**
	(2)	**(4)**	**(6)**	**(7)**	**(8)**	**(3)**	**(30)**
1	1	1	1	1	1	1	6
2	1	1	3	2	1	2	10
3	0	2	2	1	3	2	10
4	2	3	3	4	2	1	15
5	1	2	2	2	2	2	11
6	2	2	1	2	2	2	11
7	1	3	4	3	2	2	15
8	1	2	2	1	2	3	11
9	1	2	1	2	1	3	10
10	1	2	1	2	1	3	10
11	0	2	1	2	2	2	9
12	2	1	1	1	1	2	8
13	2	0	2	3	0	2	9
14	1	2	1	2	2	1	9
15	1	1	1	2	3	2	10
16	1	2	3	2	0	3	11
17	2	2	2	2	2	2	12
18	2	2	2	2	2	2	12

ตารางที่ ข-33 (ต่อ)

คนที่	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน						
	การจำ	การเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	ภาพรวม
	(2)	(4)	(6)	(7)	(8)	(3)	(30)
19	1	2	3	3	2	2	13
20	0	0	2	3	4	1	10
21	1	1	3	2	2	1	10
22	2	3	3	3	3	1	15
23	1	2	2	4	4	3	16
24	1	1	2	2	2	2	10
25	2	1	5	1	5	1	15
26	1	0	2	2	3	2	10
27	1	1	2	2	2	2	10
28	1	1	2	1	3	2	10
29	1	2	2	2	4	2	13
30	1	2	2	1	2	3	11
31	1	2	3	2	1	3	12
32	2	2	2	2	1	2	11
33	2	3	2	2	2	1	12
34	2	3	2	1	2	1	11
35	1	1	2	2	3	3	12

ตารางที่ ข-33 (ต่อ)

คนที่	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน						
	การจำ	การเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์	ภาพรวม
	(2)	**(4)**	**(6)**	**(7)**	**(8)**	**(3)**	**(30)**
36	1	1	2	2	2	2	10
37	2	3	3	2	3	3	16
38	1	1	2	5	4	3	16
39	1	2	4	2	4	2	15
40	1	1	2	1	2	5	12
$\bar{X}$	1.23	1.68	2.18	2.08	2.23	2.10	11.48
SD	0.58	0.83	0.90	0.89	1.12	0.84	0.35

ตารางที่ ข-34 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังเรียน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

	ความสามารถในการแก้ปัญหา				
คนที่	**ขั้นกำหนดปัญหา**	**ขั้นวิเคราะห์ปัญหา**	**ขั้นลงมือแก้ปัญหา**	**ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์**	**ภาพรวม**
	(5)	**(5)**	**(5)**	**(5)**	**(20)**
1	1	2	2	2	7
2	1	2	3	2	8
3	2	2	2	2	8
4	3	2	1	2	8
5	1	2	2	2	7
6	2	2	2	2	8
7	3	2	1	3	9
8	2	2	3	1	8
9	2	2	3	2	9
10	2	2	2	3	9
11	3	2	2	3	10
12	1	1	1	1	4
13	3	3	3	3	12
14	1	2	1	2	6
15	3	3	1	4	11

ตารางที่ ข-34 (ต่อ)

คนที่	ความสามารถในการแก้ปัญหา				
	ขั้นกำหนดปัญหา	ขั้นวิเคราะห์ปัญหา	ขั้นลงมือแก้ปัญหา	ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์	ภาพรวม
	(5)	(5)	(5)	(5)	(20)
16	1	1	2	2	6
17	3	2	2	3	10
18	2	2	2	3	9
19	2	3	2	2	9
20	2	1	2	3	8
21	3	3	2	1	9
22	2	2	1	2	7
23	2	3	2	3	10
24	1	2	1	2	6
25	2	2	2	2	8
26	2	3	2	2	9
27	2	3	3	4	12
28	2	3	2	3	10
29	3	2	2	3	10
30	2	3	1	2	8

ตารางที่ ข-34 (ต่อ)

คนที่	ความสามารถในการแก้ปัญหา				
	ขั้นกำหนดปัญหา	ขั้นวิเคราะห์ปัญหา	ขั้นลงมือแก้ปัญหา	ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์	ภาพรวม
	(5)	(5)	(5)	(5)	(20)
31	3	2	2	2	9
32	2	1	3	2	8
33	2	3	2	2	9
34	3	2	1	2	8
35	2	2	3	3	10
36	2	2	3	3	10
37	1	2	3	3	9
38	3	2	1	3	9
39	2	2	2	2	8
40	1	3	1	3	8
$\bar{X}$	2.05	2.18	1.95	2.40	8.58
SD	0.71	0.59	0.71	0.71	0.69

ภาคผนวก ค

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง

แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **รายวิชา วิทยาศาสตร์** **รหัสวิชา ว 16101**

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 **ภาคเรียนที่ 2** **ปีการศึกษา 2567**

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย **เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย** **เวลาเรียน 3 ชั่วโมง**

วันที่.....เดือน..... พ.ศ. ..... **ครูผู้สอน ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ตัวชี้วัดชั้นปี

ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากหลักฐานเชิงประจักษ์ (ว 2.3 ป. 6/1)

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สามารถบอกส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ (K)
2. สามารถอธิบายส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ (K)
3. สามารถแก้ปัญหาการต่อวงจรไฟฟ้าได้ (K)
4. มีความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น (A)
5. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (A)
6. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (A)
7. ประยุกต์ใช้และนำความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (P)

4. สาระสำคัญ

วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยวงจรไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร เรียกว่า วงจรปิด และวงจรไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร เรียกว่า วงจรเปิด

5. สาระการเรียนรู้

วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าเป็นเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ครบรอบ โดยวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้า ส่วนประกอบแต่ละอย่างของวงจรไฟฟ้าทำหน้าที่แตกต่างกัน

- เครื่องใช้ไฟฟ้าทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานอื่น เช่น พลังงานแสง พลังงานเสียง พลังงานความร้อน

- สายไฟฟ้าเป็นตัวนำไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นทางเชื่อม ให้กระแสไฟฟ้าผ่านจาก แหล่งกำเนิดไฟฟ้าไปยัง เครื่องใช้ไฟฟ้า

- แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่ให้พลังงานไฟฟ้า ในรูปของกระแสไฟฟ้า

1. วงจรปิด

เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายโดยส่วนประกอบ ต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าเชื่อมต่อกันครบวงจร จะมี กระแสไฟฟ้าผ่านไปในวงจร ทำให้วงจรไฟฟ้า ทำงานได้

2. วงจรเปิด

ถ้ามีส่วนใดส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้าไม่เชื่อมต่อกัน ทำให้ไม่ครบวงจร วงจรไฟฟ้าจะไม่มีกระแสไฟฟ้า ในวงจร ทำให้วงจรไฟฟ้าไม่ทำงาน

6. กิจกรรม STEM+Coding/ชิ้นงาน

S : อธิบายและเปรียบเทียบตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า ที่ใช้ทำสายไฟฟ้าและทำชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า

T : ใช้อุปกรณ์สำหรับการทดลองได้อย่างเหมาะสมปลอดภัยและใช้สื่อเทคโนโลยีหาข้อมูลเพิ่มเติม

E : สร้างชิ้นงานวงจรไฟฟ้าที่ต่อด้วยตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าโดยใช้วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

M : คำนวณพื้นที่ในการสร้างแบบจำลองการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายโดยใช้สูตร การหาพื้นที่วงกลม πr^2

Coding : เข้าใจและสร้างโค้ดอย่างง่ายที่ตัวแปรไม่ซับซ้อน

7. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. มุ่งมั่นในการทำงาน
4. มีจิตวิทยาศาสตร์

8. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด

9. ชิ้นงานหรือภาระงาน

ใบกิจกรรมที่ 1 ออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ด้วยดินน้ำมันและโปรแกรม SCRATCH

การจดบันทึกของนักเรียน

10. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบโค้ดดิ้ง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)

1) ครูให้นักเรียนดูไฟฉาย แล้วถามคำถามนักเรียนดังนี้

– ส่วนประกอบของไฟฉายมีอะไรบ้าง (แนวคำตอบ หลอดไฟ ถ่านไฟฉาย สายไฟ และสวิตช์)

– ถ้าต้องการให้ไฟฉายทำงานต้องทำอย่างไร (แนวคำตอบ ใส่ถ่านไฟฉายและเปิดสวิตช์)

2) นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

3) ครูกำหนดสถานการณ์ เกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อให้นักเรียนช่วยกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

"ค.ช. รณกรณ์ ต้องการออกแบบร่างวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายภายในห้องเรียนโดยสำรวจบริเวณห้องรอบๆห้อง พบ หลอดไฟฟ้า สายไฟ และถ่ายไฟฉาย อย่างละ 1 ชนิด ต้องการให้หลอดไฟทำงานได้ จึงใช้วิธีการต่อแบบอนุกรม แบบวงจรปิด"

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาและระบุปัญหาหลักที่พบโดยนำเสนอปัญหาหลักที่พบทีละกลุ่มโดยตัวแทนกลุ่มนำเสนอปัญหาหลักและวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว (แนวคำตอบ การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมโดยใช้อุปกรณ์อย่างจำกัด คือ หลอดไฟฟ้า สายไฟ และถ่ายไฟฉาย ทำให้หลอดไฟทำงานได้ปกติ)

2) ขั้นรวบรวมข้อมูลแแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

1) ครูให้นักเรียนแต่ละคนรวบรวมข้อมูลการแก้ปัญหาและเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ลงใส่ในกระดาษชาร์ทและนำเสนอในรูปแบบแผนที่ความคิดรวบรวบข้อมูลแนวทางการแก้ปัญหาของแต่ละคนในกลุ่ม

2) ครูให้นักเรียนศึกษาเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จากใบความรู้หรือในหนังสือเรียน โดยครูช่วยอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่า วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า

3) ครูตรวจสอบว่านักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายไปหรือไม่ โดยตรวจสอบจากการจดบันทึกของนักเรียน และถามคำถามเกี่ยวกับภาระงานเพื่อรวบรวมข้อมูล ดังนี้

– วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยอะไรบ้าง (แนวคำตอบ แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า)

– วงจรปิดคืออะไร (แนวคำตอบ วงจรไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร)

– วงจรเปิดคืออะไร (แนวคำตอบ วงจรไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร)

4) ครูให้นักเรียนสำรวจวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องเรียน จากนั้นบันทึกผลและนำมาอภิปรายร่วมกัน

5) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนตั้งประเด็นคำถามที่นักเรียนสงสัยจากการทำภาระงานอย่างน้อยคนละ 1 คำถาม ซึ่งครูให้นักเรียนเตรียมมาล่วงหน้า และให้นักเรียนช่วยกันตอบและแสดงความคิดเห็น

6) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับภาระงาน โดยครูช่วยอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่า วงจรไฟฟ้าเป็นเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า และครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับวงจรปิดและวงจรเปิดให้นักเรียนเข้าใจว่า วงจรปิด คือ วงจรไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร ส่วนวงจรเปิด

คือ วงจรไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร จากนั้นยกตัวอย่างวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่นักเรียนสำรวจในห้องเรียน เช่น นาฬิกาเมื่อใส่ถ่านไฟฉายจะเป็นวงจรปิด แต่เมื่อถอดถ่านไฟฉายจะเป็นวงจรเปิด

3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

1) ครูให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหา 1 วิธีเพื่อให้นักเรียนออกแบบและสร้างแบบจำลองในการแก้ปัญหาดังกล่าว

2) ครูให้นักเรียนออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายด้วยการใช้ดินน้ำมันในการปั้นและเขียนอธิบายเพื่อเป็นการสร้างแบบจำลองให้เพื่อนในสมาชิกในกลุ่มมีความเห็นที่ตรงกันในการต่อวงจรไฟฟ้า ภายในห้องเรียน โดยครูกำหนดสถานการณ์คือ

ด.ช. รณกรณ์ ต้องการออกแบบร่างวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายภายในห้องเรียนโดยสำรวจบริเวณห้องรอบๆห้อง พบ หลอดไฟฟ้า สายไฟ และถ่ายไฟฉาย อย่างละ 1 ชนิด ต้องการให้หลอดไฟทำงานได้ จึงใช้วิธีการต่อแบบอนุกรม แบบวงจรปิด

วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยสิ่งใดบ้าง และใช้อุปกรณ์ที่ผู้เรียนเป็นคนออกแบบสร้างเป็นชิ้นงานจริงว่าสิ่งที่แต่ละกลุ่มออกแบบร่างด้วยดินน้ำมันนั้นสามารถต่อวงจรไฟฟ้าได้หรือไม่ โดยบันทึกผลใน ใบกิจกรรมที่ 1 ออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ด้วยดินน้ำมันและโปรแกรม SCRATCH

5) เมื่อนักเรียนออกแบบโครงร่างจากดินน้ำมันเรียบร้อยให้แต่ละกลุ่ม ฝึกเขียนผังงาน (Flowchart) จากโปรแกรม SCRATCH เพื่อเป็นการเริ่มต้นของการแก้ปัญหาการต่อวงจรไฟฟ้าให้ไฟฟ้าทำงานได้ภายในห้องเรียน และบันทึกผล ใบกิจกรรมที่ 1 ออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ด้วยดินน้ำมันและโปรแกรม SCRATCH

4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

1) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำการออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากสถานการณ์ที่กำหนดผ่านชุดบล็อกคำสั่งในโปรแกรม SCRATCH ลงในระบบคอมพิวเตอร์และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตรวจสอบชุดคำสั่งของโปรแกรมในแต่ละขั้นให้ตรงกับโครงร่างที่ตนออกแบบไว้

2) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงานที่สามารถแก้ปัญหาได้ จากนั้น ให้นักเรียนผลิตต้นแบบ (Prototype) ที่สอดคล้องกับวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายที่ครูกำหนด

3) ครูและนักเรียนรวมกันตรวจสอบการเขียนโค้ดโดยนำข้อมูลที่ร่างไว้จากการเขียนผังงาน (Flowchart) ด้วยโปรแกรม SCRATCH ในระบบคอมพิวเตอร์ และร่วมกันอภิปรายการสร้างชิ้นงานโดยตอบข้อคำถามของครูผู้สอน

5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มตรวจสอบข้อผิดพลาดของการทำงานของเขียนผังงาน (Flowchart) ด้วยโปรแกรม SCRATCH ที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาจากสถาการณ์ที่ผู้สอนกำหนดหรือไม่

2) นักเรียนและครูร่วมกันตรวจสอบและแก้ปัญหาของชุดอุปกรณ์ ด้วยโปรแกรม SCRATCH ว่าตรงกับผังงานที่ร่างไว้หรือไม่

3) นักเรียนปรับปรุงและสร้างชิ้นงานที่สามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้

4) ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่า จากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติกิจกรรม มีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามี ครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ

5) นักเรียนร่วมกันประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มว่ามีปัญหาหรืออุปสรรคใด และได้มีการแก้ไขอย่างไรบ้าง

6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

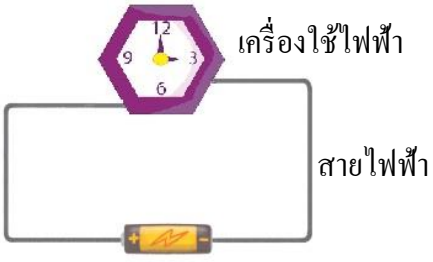
1) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าห้องเรียนและแนวทางการแก้ปัญหา

2) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลจากการปฏิบัติกิจกรรม โดยใช้แนวคำถาม เช่น

– นักเรียนสำรวจพบอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าใดบ้าง (แนวคำตอบ หลอดไฟฟ้า พัดลม และนาฬิกา)

– วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สำรวจประกอบด้วยอะไรบ้าง (แนวคำตอบ แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า)

– ยกตัวอย่างรูปแบบร่างจากดินน้ำมัน และ ผังงาน (Flowchart) จากโปรแกรม SCRATCH แสดงวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สำรวจได้มา 1 รูป (แนวคำตอบ



แหล่งกำเนิดไฟฟ้า)

3) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลจากการปฏิบัติกิจกรรม โดยครูเน้นให้นักเรียนเข้าใจว่า วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดมีส่วนประกอบ คือ แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า

10. สื่อการเรียนรู้

1. ไฟฉาย ถ่านไฟฉาย หลอดไฟ และสายไฟ
2. ใบกิจกรรมที่ 1 ออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายด้วยดินน้ำมันและโปรแกรม SCRATCH
3. คู่มือการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
4. สื่อการเรียนรู้ PowerPoint รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
5. แบบฝึกทักษะรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
6. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

11.การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ประเด็นการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือการวัด	เกณฑ์การประเมิน
1. สามารถบอกส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ (K) 2. สามารถอธิบายส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ (K) 3. สามารถแก้ปัญหาการต่อวงจรไฟฟ้าได้ (K)	สอบถามความรู้เรื่องส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย - ใบกิจกรรมที่ 1 ออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ด้วยดินน้ำมันและโปรแกรม SCRATCH	แบบสอบถามการประเมินการทำกิจกรรมในชั้นเรียน	ผ่านเกณฑ์การประเมินผ่านร้อยละ 80
3. สื่อสารและนำความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (P)	1. ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบ	1. แบบประเมินการทำกิจกรรมในชั้นเรียน 2. แบบบันทึกผลจาก	1.ผ่านเกณฑ์การประเมินกิจกรรมในชั้นเรียนผ่านร้อยละ 80

	วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. ประเมินทักษะการคิดการแก้ปัญหา โดยการสังเกตการทำงานกลุ่ม 3. ประเมินพฤติกรรมในการปฏิบัติกิจกรรมเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มโดยการสังเกตการทำงานกลุ่ม	การประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์	2. ผ่านเกณฑ์การประเมินเจตคติการประเมินผ่านร้อยละ 80 3. ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4. มีความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น (A) 5. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (A) 6. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (A)	แบบสอบถามการประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นรายบุคคลโดยการสังเกตและใช้แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์	แบบบันทึกผลจากการประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์	ผ่านเกณฑ์การประเมินผ่านร้อยละ 80

แบบประเมินการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จำนวน 3 ชั่วโมง ชั้น ป.6/....

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ผู้สอน ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ วันที่ประเมิน...../...../.....

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพ รายการละ 1 ระดับ

เลขที่	ชื่อ-สกุล	ระดับคุณภาพ															รวม	หมายเหตุ
		ซื่อสัตย์สุจริต			มีวินัย			ใฝ่เรียนรู้			มุ่งมั่นในการทำงาน			มีจิตสาธารณะ				
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		

ระดับคุณภาพ	ความหมาย
3	แสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง
2	แสดงพฤติกรรมบางครั้ง
1	แสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง

ผ่านเกณฑ์การประเมินผ่านร้อยละ 80

แบบบันทึกผลจากการประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น ป.6/……

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพ รายการละ 1 ระดับ

พฤติกรรม/ลักษณะบ่งชี้	ระดับคุณภาพ				หมายเหตุ
	4	3	2	1	
1.มีความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น - มีความใส่ใจและพอใจที่จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์และปัญหาใหม่ๆอยู่เสมอ					
- มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่างๆ					
- ชอบทดลองค้นคว้า					
- ชอบสนทนา ซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้ความรู้เพิ่มเติม					
2. ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น อดทน และเพียรพยายาม - ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย					
- ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามเวลาที่กำหนดและตรงต่อเวลา					
- เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหายต่อส่วนรวม					
- ทำงานเต็มความสามารถ					
- ไม่ท้อถอยในการทำงาน เมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว					
- มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากใช้เวลา					
3. ความมีเหตุผล - ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ					
- พยายามอธิบายสิ่งต่างๆ ในแง่เหตุผลและไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีทางวิทยาศาสตร์					
- อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล					

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	ความหมาย
4	แสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ
3	แสดงพฤติกรรมอย่างบ่อยครั้ง
2	แสดงพฤติกรรมบางครั้ง
1	แสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง

ผ่านเกณฑ์การประเมินผ่านร้อยละ 80

แบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลอง

วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้น ป.6/...

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมิน ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในการปฏิบัติกิจกรรมทดลอง โดยให้ระดับ

คะแนนลงในตารางที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียน ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ต้องปรับปรุง

เลขที่	ชื่อ-นามสกุล	รายการประเมิน				รวม
		วิธีดำเนินการทดลอง	การปฏิบัติการทดลอง	ความคล่องแคล่วในการทำการทดลอง	การนำเสนอ	

เกณฑ์ในการประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลอง

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนน		
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
1. วิธีการดำเนินการทดลอง	- กำหนดวิธีขั้นตอนถูกต้อง เลือกใช้เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ในการทดลองเหมาะสม	- กำหนดวิธีกรขั้นตอนถูกต้อง การใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ยังไม่เหมาะสม	- กำหนดวิธีการและขั้นตอนไม่ถูกต้อง ต้องให้ความช่วยเหลือ
2. การปฏิบัติการทดลอง	- ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง	- ดำเนินการทดลองเป็นขั้นเป็นตอน และใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ถ้าให้คำแนะนำ	- ต้องให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์
3. ความคล่องแคล่วในการทำการทดลอง	- มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลองและใช้อุปกรณ์การทดลองได้อย่างปลอดภัยและเสร็จทันเวลา	-มีความคล่องแคล่วในการทำการทดลอง และใช้การอุปกรณ์ แต่ต้องชี้แนะเรื่องการใช้อุปกรณ์อย่างปลอดภัย	- ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนด เนื่องจากขาดความคล่องแคล่วในการใช้อุปกรณ์ และการดำเนินการทดลอง
4. การนำเสนอ	- บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้องและนำเสนอเป็นขั้นตอนชัดเจน	- บันทึกผลการทดลองและสรุปผลารทดลองถูกต้อง แต่การนำเสนอยังไม่เป็นขั้นตอน	- ต้องให้คำชี้แนะในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลองและการนำเสนอ จึงจะปฏิบัติได้

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

นักเรียนจำนวน.....คน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

ไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ได้……..คน คิดเป็นร้อยละ….ดังนี้

1. ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)

.....

.....

.....

2. ด้านความรู้เกิดทักษะ (P)

.....

.....

.....

3. ด้านเจตคติ ค่านิยม คุณธรรมจริยธรรม (A)

.....

.....

.....

4. ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

.....

.....

5.ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ)

ตำแหน่ง ครู

ใบกิจกรรมที่ 1

ออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ด้วยดินน้ำมันและโปรแกรม SCRATCH

ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

อุปกรณ์

1. ถ่านไฟฉายขนาด 1.5 โวลต์	1	ก้อน
2. สายไฟฟ้า	2	เส้น
3. กระบะใส่ถ่านไฟฉาย	1	อัน
4. หลอดไฟฟ้าพร้อมฐานหลอดไฟฟ้า	1	ชุด
5. ดินน้ำมัน	1	ก้อน
6. โปรแกรม SCRATCH		

สถานการณ์

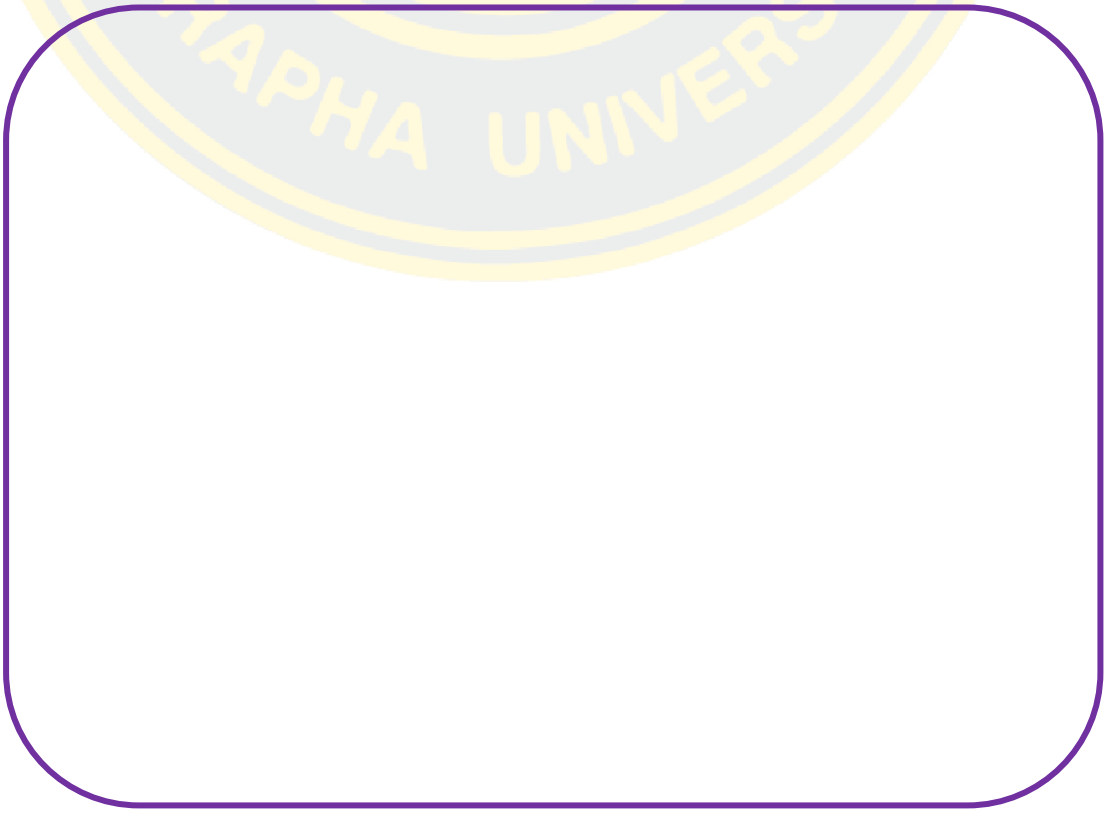
ด.ช. รณกรณ์ ต้องการออกแบบร่างวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายภายในห้องเรียนโดยสำรวจบริเวณห้องรอบๆห้อง พบ หลอดไฟฟ้า สายไฟ และถ่ายไฟฉาย อย่างละ 1 ชนิด ต้องการให้หลอดไฟทำงานได้ จึงใช้วิธีการต่อแบบอนุกรม แบบวงจรปิด

ขั้นตอน

1. ออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายด้วยการใช้ดินน้ำมันในการปั่นและเขียนอธิบายเพื่อเป็นการสร้างแบบจำลองให้เพื่อนในสมาชิกในกลุ่มมีความเห็นที่ตรงกันในการต่อวงจรไฟฟ้า ภายในห้องเรียน โดยครูกำหนดสถานการณ์
2. ออกแบบโครงร่างจากดินน้ำมันเรียบร้อยให้แต่ละกลุ่ม ฝึกเขียนผังงาน (Flowchart) จากโปรแกรม SCRATCH ดูจากโครงร่างของดินน้ำมันที่ผู้เรียนออกแบบ เพื่อเป็นการเริ่มต้นของการแก้ปัญหาการต่อวงจรไฟฟ้าให้ไฟฟ้าให้ทำงานได้ภายในห้องเรียน
3. บันทึกผลการออกแบบลงในแบบบันทึกโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้า

ผลการออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าด้วยดินน้ำมัน

ผลการออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าด้วยโปรแกรม SCRATCH



เฉลย ใบกิจกรรมที่ 1

ออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ด้วยดินน้ำมันและโปรแกรม SCRATCH

ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

อุปกรณ์

1. ถ่านไฟฉายขนาด 1.5 โวลต์	1	ก้อน
2. สายไฟฟ้า	2	เส้น
3. กระบะใส่ถ่านไฟฉาย	1	อัน
4. หลอดไฟฟ้าพร้อมฐานหลอดไฟฟ้า	1	ชุด
5. ดินน้ำมัน	1	ก้อน
6. โปรแกรม SCRATCH		

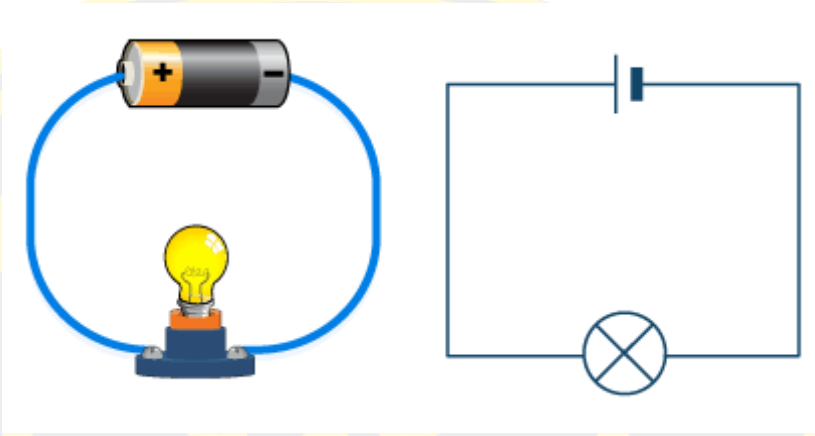
สถานการณ์

ด.ช. รณกรณ์ ต้องการออกแบบร่างวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายภายในห้องเรียนโดยสำรวจบริเวณห้องรอบๆห้อง พบ หลอดไฟฟ้า สายไฟ และถ่ายไฟฉาย อย่างละ 1 ชนิด ต้องการให้หลอดไฟทำงานได้ จึงใช้วิธีการต่อแบบอนุกรม แบบวงจรปิด

ขั้นตอน

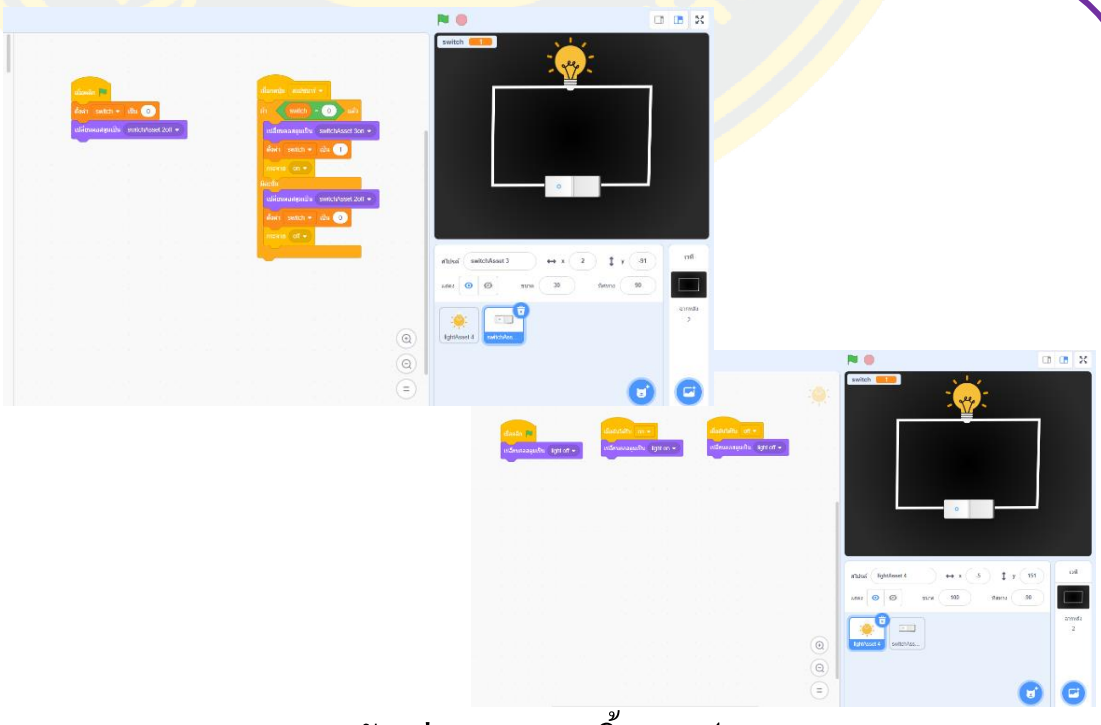
1. ออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายด้วยการใช้ดินน้ำมันในการปั่นและเขียนอธิบายเพื่อเป็นการสร้างแบบจำลองให้เพื่อนในสมาชิกในกลุ่มมีความเห็นที่ตรงกันในการต่อวงจรไฟฟ้า ภายในห้องเรียน โดยครูกำหนดสถานการณ์
2. ออกแบบโครงร่างจากดินน้ำมันเรียบร้อยให้แต่ละกลุ่ม ฝึกเขียนผังงาน (Flowchart) จากโปรแกรม SCRATCH ดูจากโครงร่างของดินน้ำมันที่ผู้เรียนออกแบบ เพื่อเป็นการเริ่มต้นของการแก้ปัญหาการต่อวงจรไฟฟ้าให้ไฟฟ้าให้ทำงานได้ภายในห้องเรียน
3. บันทึกผลการออกแบบลงในแบบบันทึกโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้า

ผลการออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าด้วยดินน้ำมัน



ภาพตัวอย่างการตรวจชิ้นงานประกอบ

ผลการออกแบบโครงร่างการต่อวงจรไฟฟ้าด้วยโปรแกรม SCRATCH



ภาพตัวอย่างการตรวจชิ้นงานประกอบ

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **รายวิชา วิทยาศาสตร์** **รหัสวิชา ว 16101**

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 **ภาคเรียนที่ 2** **ปีการศึกษา 2567**

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย **เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย** **เวลาเรียน 3 ชั่วโมง**

ครูผู้สอน ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ

วันที่.....เดือน..... พ.ศ. .....

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ตัวชี้วัดชั้นปี

ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากหลักฐานเชิงประจักษ์ (ว 2.3 ป. 6/1)

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สามารถบอกส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ (K)
2. สามารถอธิบายส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ (K)
3. มีความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น (A)
4. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (A)
5. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (A)
6. สื่อสารและนำความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (P)

4. สาระสำคัญ

วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยวงจรไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร เรียกว่า วงจรปิด และวงจรไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร เรียกว่า วงจรเปิด

5. สาระการเรียนรู้

วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วงจรไฟฟ้าเป็นเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ครบรอบ โดยวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้า ส่วนประกอบแต่ละอย่างของวงจรไฟฟ้าทำหน้าที่แตกต่างกัน

- เครื่องใช้ไฟฟ้าทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานอื่น เช่น พลังงานแสง พลังงานเสียง พลังงานความร้อน

- สายไฟฟ้าเป็นตัวนำไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นทางเชื่อม ให้กระแสไฟฟ้าผ่านจาก แหล่งกำเนิดไฟฟ้าไปยัง เครื่องใช้ไฟฟ้า

- แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่ให้พลังงานไฟฟ้า ในรูปของกระแสไฟฟ้า

1. วงจรปิด

เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายโดยส่วนประกอบ ต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าเชื่อมต่อกันครบวงจร จะมี กระแสไฟฟ้าผ่านไปในวงจร ทำให้วงจรไฟฟ้า ทำงานได้

2. วงจรเปิด

ถ้ามีส่วนใดส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้าไม่เชื่อมต่อกัน ทำให้ไม่ครบวงจร วงจรไฟฟ้าจะไม่มีกระแสไฟฟ้า ในวงจร ทำให้วงจรไฟฟ้าไม่ทำงาน

6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. มุ่งมั่นในการทำงาน
4. มีจิตวิทยาศาสตร์

7. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด

8. ชิ้นงานหรือภาระงาน

สำรวจวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

9. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1) ครูให้นักเรียนดูไฟฉาย แล้วถามคำถามนักเรียนดังนี้

– ส่วนประกอบของไฟฉายมีอะไรบ้าง (แนวคำตอบ หลอดไฟฟ้า ถ่านไฟฉาย สายไฟฟ้า และสวิตช์)

– ถ้าต้องการให้ไฟฉายทำงานต้องทำอย่างไร (แนวคำตอบ ใส่ถ่านไฟฉายและเปิดสวิตช์)

2) นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

3) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนแล้วเปิดโอกาสให้นักเรียนในกลุ่มนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ที่ครูมอบหมายให้ไปเรียนรู้ล่วงหน้าให้เพื่อนๆ ในกลุ่มฟัง จากนั้นให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอข้อมูลหน้าห้องเรียน

4) ครูตรวจสอบว่านักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายไปหรือไม่ โดยตรวจสอบจากการจดบันทึกของนักเรียน และถามคำถามเกี่ยวกับภาระงาน ดังนี้

– วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยอะไรบ้าง (แนวคำตอบ แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า)

– วงจรปิดคืออะไร (แนวคำตอบ วงจรไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร)

– วงจรเปิดคืออะไร (แนวคำตอบ วงจรไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร)

5) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนตั้งประเด็นคำถามที่นักเรียนสงสัยจากการทำภาระงานอย่างน้อยคนละ 1 คำถาม ซึ่งครูให้นักเรียนเตรียมมาล่วงหน้า และให้นักเรียนช่วยกันตอบและแสดงความคิดเห็น

5) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับภาระงาน โดยครูช่วยอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่า วงจรไฟฟ้าเป็นเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1) ครูให้นักเรียนศึกษาเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จากใบความรู้หรือในหนังสือเรียน โดยครูช่วยอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่า วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า

2) ครูให้นักเรียนสำรวจวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องเรียน จากนั้นบันทึกผลและนำมาอภิปรายร่วมกัน

3) ครูให้นักเรียนสำรวจและนับสิ่งของที่มีส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าในห้องเรียนโดยใช้โทรศัพท์บันทึกภาพและแชร์รูปภาพพร้อมอธิบายรายละเอียด จากนั้นบันทึกผลและนำมาอภิปรายร่วมกัน

4) ครูคอยแนะนำช่วยเหลือนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรม โดยครูเดินดูรอบๆ ห้องเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนซักถามเมื่อมีปัญหา

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าห้องเรียน

2) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลจากการปฏิบัติกิจกรรม โดยใช้แนวคำถาม เช่น

– นักเรียนสำรวจพบอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าใดบ้าง (แนวคำตอบ หลอดไฟฟ้า พัดลม และนาฬิกา)

– วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สำรวจประกอบด้วยอะไรบ้าง (แนวคำตอบ แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า)

– ยกตัวอย่างรูปแสดงวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สำรวจได้มา 1 รูป (แนวคำตอบ

แหล่งกำเนิดไฟฟ้า)

3) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลจากการปฏิบัติกิจกรรม โดยครูเน้นให้นักเรียนเข้าใจว่าวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดมีส่วนประกอบ คือ แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับวงจรปิดและวงจรเปิดให้นักเรียนเข้าใจว่า วงจรปิด คือ วงจรไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร ส่วนวงจรเปิด คือ วงจรไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร จากนั้นยกตัวอย่างวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่นักเรียนสำรวจในห้องเรียน เช่น นาฬิกาเมื่อใส่ถ่านไฟฉายจะเป็นวงจรปิด แต่เมื่อถอดถ่านไฟฉายจะเป็นวงจรเปิด

5) ขั้นประเมิน (Evaluation)

1) ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่า จากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติกิจกรรม มีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามี ครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ

2) นักเรียนร่วมกันประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มว่ามีปัญหาหรืออุปสรรคใด และได้มีการแก้ไขอย่างไรบ้าง

3) ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากการปฏิบัติกิจกรรม และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์

4) ครูทดสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยการให้ตอบคำถาม เช่น

– วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของไฟฉายมีส่วนประกอบอะไรบ้าง (แนวคำตอบ 1. แหล่งกำเนิดไฟฟ้า คือ ถ่านไฟฉาย 2. สายไฟฟ้า และ 3. อุปกรณ์ไฟฟ้า คือ หลอดไฟฟ้า)

– ถ้ากดเปิดสวิตช์แล้วไฟฉายไม่ทำงาน นักเรียนคิดว่าเกิดจากสาเหตุใด (แนวคำตอบ ถ่านไฟฉายหมดพลังงาน สายไฟฟ้าชำรุด หรือหลอดไฟฟ้าชำรุด)

ขั้นสรุป

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย โดยร่วมกันเขียนเป็นแผนที่ความคิดหรือผังมโนทัศน์

10. สื่อการเรียนรู้

1. ไฟฉาย
2. คู่มือการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
3. สื่อการเรียนรู้ PowerPoint รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
4. แบบฝึกทักษะรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
5. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

11.การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ประเด็นการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือการวัด	เกณฑ์การประเมิน
1. สามารถบอกส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ (K) 2. สามารถอธิบายส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ (K)	สอบถามความรู้เรื่องส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	แบบสอบถามการประเมินการทำกิจกรรมในชั้นเรียน	ผ่านเกณฑ์การประเมินผ่านร้อยละ 80
3. สื่อสารและนำความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (P)	1. ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. ประเมินทักษะการคิดการแก้ปัญหา โดยการสังเกตการทำงานกลุ่ม 3. ประเมินพฤติกรรมในการปฏิบัติกิจกรรมเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มโดยการสังเกตการทำงานกลุ่ม	1. แบบประเมินการทำกิจกรรมในชั้นเรียน 2. แบบบันทึกผลจากการประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์	1.ผ่านเกณฑ์การประเมินกิจกรรมในชั้นเรียนผ่านร้อยละ 80 2. ผ่านเกณฑ์การประเมินเจตคติการประเมินผ่านร้อยละ 80 3. ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4. มีความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น (A) 5. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (A) 6. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (A)	แบบสอบถามการประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นรายบุคคลโดยการสังเกตและใช้แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์	แบบบันทึกผลจากการประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์	ผ่านเกณฑ์การประเมินผ่านร้อยละ 80

แบบประเมินการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จำนวน 3 ชั่วโมง ชั้น ป.6/....

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ผู้สอน ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ วันที่ประเมิน...../...../.....

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพ รายการละ 1 ระดับ

เลขที่	ชื่อ-สกุล	ระดับคุณภาพ															รวม	หมายเหตุ
		ซื่อสัตย์สุจริต			มีวินัย			ใฝ่เรียนรู้			มุ่งมั่นในการทำงาน			มีจิตสาธารณะ				
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		

ระดับคุณภาพ	ความหมาย
3	แสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง
2	แสดงพฤติกรรมบางครั้ง
1	แสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง

ผ่านเกณฑ์การประเมินผ่านร้อยละ 80

แบบบันทึกผลจากการประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น ป.6/……

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพ รายการละ 1 ระดับ

พฤติกรรม/ลักษณะบ่งชี้	ระดับคุณภาพ				หมายเหตุ
	4	3	2	1	
1.มีความสนใจใฝ่รู้หรืออยากรู้อยากเห็น - มีความใส่ใจและพอใจที่จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์และปัญหาใหม่ๆอยู่เสมอ					
- มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่างๆ					
- ชอบทดลองค้นคว้า					
- ชอบสนทนา ซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้ความรู้เพิ่มเติม					
2. ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น อดทน และเพียรพยายาม - ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย					
- ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามเวลาที่กำหนดและตรงต่อเวลา					
- เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหายต่อส่วนรวม					
- ทำงานเต็มความสามารถ					
- ไม่ท้อถอยในการทำงาน เมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว					
- มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากใช้เวลา					
3. ความมีเหตุผล - ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ					
- พยายามอธิบายสิ่งต่างๆ ในแง่เหตุผลและไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีทางวิทยาศาสตร์					
- อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล					

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	ความหมาย
4	แสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ
3	แสดงพฤติกรรมอย่างบ่อยครั้ง
2	แสดงพฤติกรรมบางครั้ง
1	แสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง

ผ่านเกณฑ์การประเมินผ่านร้อยละ 80

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

นักเรียนจำนวน.....คน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

ไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ได้…….คน คิดเป็นร้อยละ…….ดังนี้

1. ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)

.....

.....

.....

2. ด้านความรู้เกิดทักษะ (P)

.....

.....

.....

3. ด้านเจตคติ ค่านิยม คุณธรรมจริยธรรม (A)

.....

.....

.....

4. ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

.....

.....

5.ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ)

ตำแหน่ง ครู

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ ตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุด

1. ส่วนประกอบใดทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแบบอื่น

   ก. แบตเตอรี่

   ข. สายไฟฟ้า

   ค. ถ่านไฟฉาย

   ง. หลอดไฟฟ้า

2. น้องต้องการต่อวงจรไฟฟ้าให้มีความสว่างของหลอดไฟเพิ่มขึ้น จะต้องจัดสิ่งใดให้แตกต่างกัน

   ก. จำนวนหลอดไฟ

   ข. ขนาดของหลอดไฟ

   ค. จำนวนเซลล์ไฟฟ้า

   ง. ความยาวของสายไฟ

3. ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ในการตอบคำถาม

1) สวิตช์	5) หลอดไฟ
2) สะพานไฟ	6) สายไฟ
3) ฟิวส์	7) หม้อแปลงไฟฟ้า
4) เซลล์ไฟฟ้า	8) โรงไฟฟ้า

สิ่งใดเป็นตัวช่วยป้องกันไฟไหม้ที่มีสาเหตุมาจากไฟฟ้าลัดวงจรได้ดีที่สุด

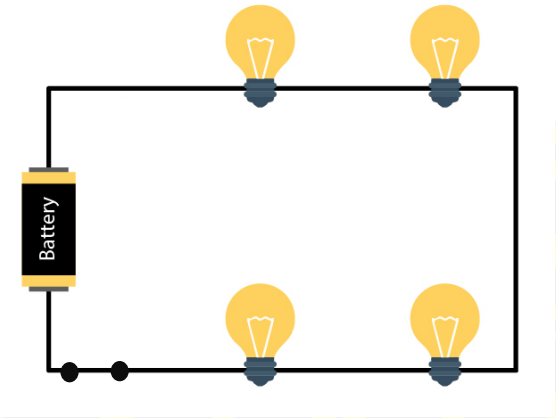
ก. 1) เพียงข้อเดียว

ข. 3) เพียงข้อเดียว

ค. 7) และ 8)

ง. 3) และ 7)

4. ข้อใดกล่าวถูกต้อง ถ้าเด็กชายเอต่อวงจรไฟฟ้า ดังภาพด้านล่าง



ก. ทำให้ไส้หลอดไฟขาด

ข. ทำให้หลอดไฟสว่าง เพราะเป็นการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน

ค. ทำให้หลอดไฟไม่สว่าง เพราะกระแสไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร

ง. ทำให้หลอดไฟสว่าง เพราะเป็นการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม

5. สิ่งใดต่อไปนี้มีส่วนประกอบเป็นทั้งตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า

ก. ดินสอไม้ ข. ตะเกียบ

ค. ช้อน ง. เข็มเย็บผ้า

6. การทดลองต่อวงจรไฟฟ้า ได้ผลดังนี้

วัตถุที่ใช้ทดลอง	**ผลการทดลอง**	
	หลอดไฟฟ้าสว่าง	**หลอดไฟฟ้าไม่สว่าง**
A		/
B	/	
C		/
D	/	

วัตถุชนิด A ควรเป็นสิ่งใดต่อไปนี้

ก. ทองแดง

ข. แกรไฟต์

ค. หลอดดูด

ง. คลิปหนีบกระดาษ

7. ของใช้ชนิดใดที่มีทั้งส่วนประกอบที่เป็น ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า

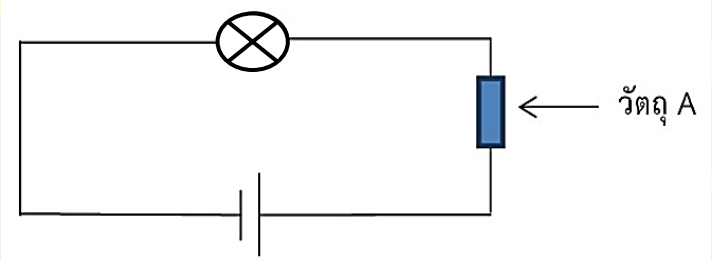
ก. ช้อน,จานโลหะ,แหวนเงิน

ข. ส้อม,โซ่เหล็ก,สร้อยทอง

ค. ไขควง,ดินสอ,ปากกา

ง. ตะเกียบ,ตู้ไม้,ถุงพลาสติก

8. จากภาพ นิศานาถทดลอง นำ วัตถุ A มาต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า พบว่า หลอดไฟสว่าง แต่เมื่อนำวัตถุ A ไปลนไฟให้ร้อน และนำมาต่อเข้าในวงจรไฟฟ้าอีกครั้ง ทำให้หลอดไฟสว่างเพิ่มขึ้น และจึงค่อยๆหรี่ลง ข้อใดสรุปการทดลองของนิศานาถถูกต้องที่สุด



ก. วัตถุ A เป็นฉนวนไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ข. วัตถุ A เป็นฉนวนไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิลดลง

ค. วัตถุ A เป็นฉนวนไฟฟ้าและเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ง. วัตถุ A เป็นตัวนำไฟฟ้าและเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

9. วงจรไฟฟ้าปิด มีลักษณะอย่างไร

ก. วงจรไฟฟ้าแบบประหยัด

ข. กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร

ค. กระแสไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร

ง. วงจรไฟฟ้าที่ไม่สามารถทำงานได้

10. ปัจจุบันธนาคารนิยมติดตั้งกล้องไว้เพื่อความปลอดภัย กล้องเหล่านี้ทำงานโดยใช้วงจรไฟฟ้าประเภทใด และเหตุใดจึงเลือกใช้วงจรประเภทนี้

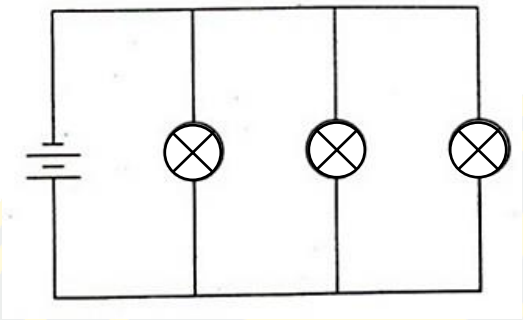
ก. วงจรเปิด เพราะสะดวกในการตัดการทำงานเมื่อไม่ต้องการใช้งาน

ข. วงจรปิด เพราะช่วยให้สามารถตรวจสอบภาพจากกล้องได้ตลอดเวลา

ค. วงจรอัตโนมัติ เพราะสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องควบคุมจากผู้ใช้งาน

ง. วงจรกึ่งเปิดกึ่งปิด เพราะสามารถควบคุมการทำงานได้ทั้งแบบเปิดและปิด

11. น้ำใสทดลองต่อวงจรไฟฟ้า ดังรูป จากนั้นเขาดึงเอาหลอดไฟออกจนเหลือเพียง 1 ดวง นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดกับหลอดไฟที่เหลืออยู่นั้นมีลักษณะเป็นอย่างไรเพราะเหตุใด



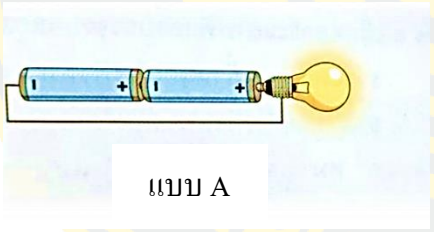
ก. ไฟดับ เพราะการเชื่อมต่อวงจรถูกต้องตามทฤษฎี

ข. ความสว่างลดลง เพราะหลอดไฟที่เหลือจะได้รับพลังงานน้อยลง

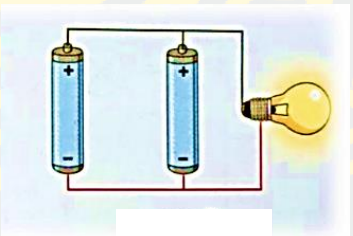
ค. ความสว่างเพิ่มขึ้น เพราะพลังงานที่เหลือถูกส่งไปยังหลอดไฟดวงเดียว

ง. ความสว่างเท่าเดิม เพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในวงจร

12. จากแผนภาพวงจรไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าแบบ A และแบบ B วงจรไฟฟ้าแบบใดที่หลอดไฟฟ้าสว่างมากกว่ากัน เพราะเหตุใด



แบบ A



แบบ B

ก. หลอดไฟฟ้าทั้ง 2 ดวง สว่างเท่ากัน เพราะใช้ถ่าน 2 ก้อนเท่ากัน

ข. หลอดไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบ A สว่างมากกว่า เพราะมีการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเซลล์ไฟฟ้า

ค. หลอดไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบ B สว่างมากกว่า เพราะมีการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเซลล์ไฟฟ้า

ง. หลอดไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบ B สว่างมากกว่า เพราะมีการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานเซลล์ไฟฟ้า

13. การต่อถ่านไฟฉาย 2 ก้อน แบบอนุกรม กับแบบขนาน

เปรียบเทียบกัน การต่อแบบใดมีกระแสไฟฟ้ามากกว่า

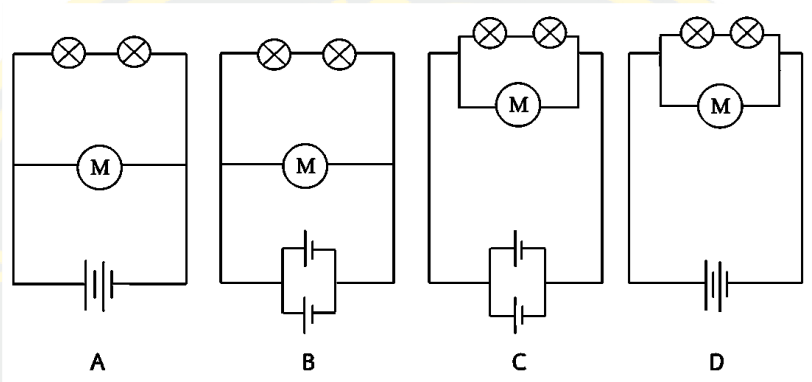
ก. ต่อแบบขนาน เพราะทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถหาระยะทางได้มากกว่า

ข. ต่อแบบอนุกรม เพราะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟฟ้าได้เร็วขึ้น

ค. ทั้ง 2 แบบให้กระแสไฟฟ้าเท่ากัน

ง. ไม่มีข้อสรุปที่ถูกต้อง

14. นักเรียน 4 คน ต่อวงจรเพื่อสร้างรถแข่งโดยใช้พลังงานจากเซลล์ไฟฟ้า ดังแผนภาพ



จากข้อมูล ถ้านักเรียนนำรถมาวิ่งแข่งกัน รถที่ใช้วงจรไฟฟ้าตามแผนภาพใดจะได้เข้าเส้นชัย เป็นอันดับแรก

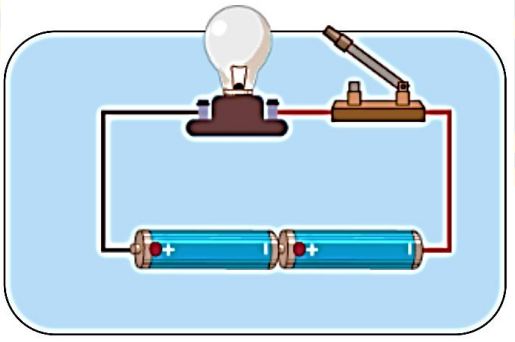
ก. A และ B

ข. B และ C

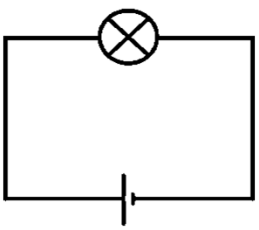
ค. C และ D

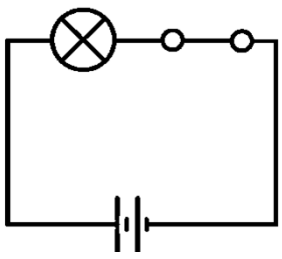
ง. D และ A

15. พิจารณาการต่อวงจรไฟฟ้า ดังภาพ

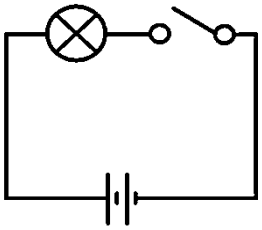


จากภาพ สามารถเขียนวงจรไฟฟ้าได้อย่างไร

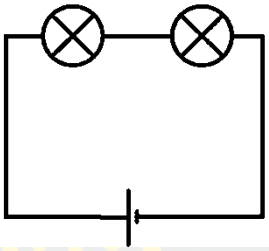
ก. 

ข. 

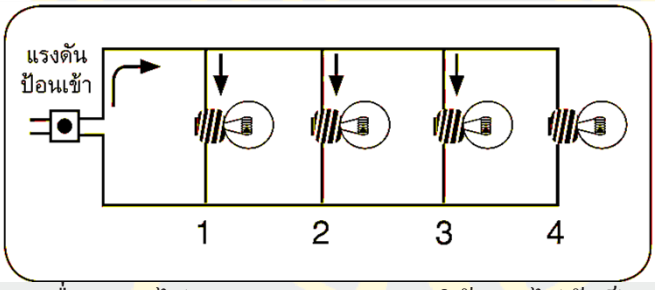
ค.



ง.



16.



จากภาพ เมื่อหลอดไฟหมายเลข 2 ขาด จะทำให้วงจรไฟฟ้าเป็นอย่างไร

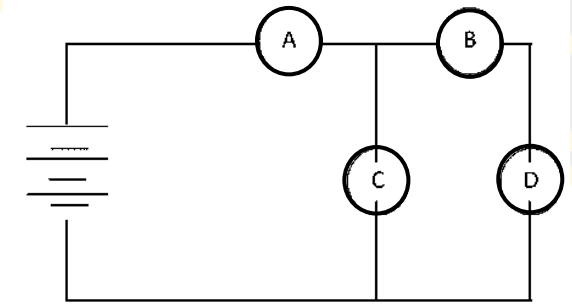
ก. หลอดไฟทุกดวงจะดับทั้งหมด

ข. หลอดไฟดวงที่ 1, 3 และ 4 ยังคงสว่างอยู่

ค. หลอดไฟดวงที่ 1 สว่าง แต่ดวงที่ 3 และ 4 ดับ

ง. หลอดไฟดวงที่ 1 ดับ แต่ดวงที่ 3 และ 4 สว่าง

17. จากสัญลักษณ์ ◯ แทนหลอดไฟ จากภาพหากหลอดไฟเสียจะมีผลอย่างไร



ก. หลอด A เสีย ไฟสว่างทั้งวงจร

ข. หลอด C ดับ ไฟในวงจรยังสว่างอยู่

ค. หลอด C และ D เสีย ไม่มีผลต่อไฟดวงอื่น

ง. หลอด B ดับ A ไม่สว่าง และ C ยังคงสว่างอยู่

18. ใครสามารถเลือกซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ช่วยประหยัด ไฟฟ้าและมีความปลอดภัยที่สุด

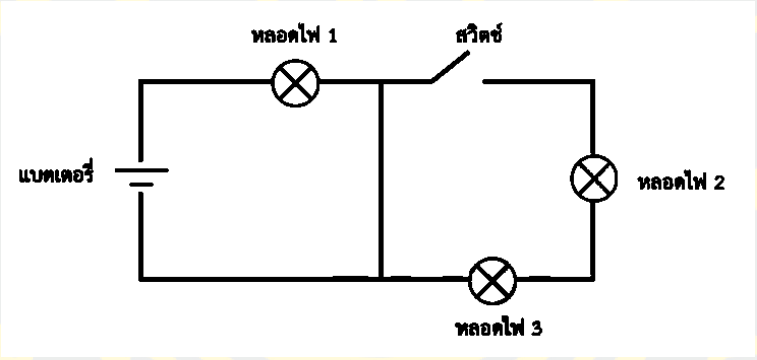
ก. อดิษฐ์เลือกซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นเองในหมู่บ้าน ไม่เกี่ยวข้องกับคุณภาพและความปลอดภัยของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นไปตามความต้องการ

ข. ชารีฟเลือกซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีคุณภาพและมีเครื่องหมายรับรองความปลอดภัย

ค. ดาหลาเลือกซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีราคาถูกเพื่อประหยัดเงิน ไม่เน้นคุณภาพและความปลอดภัยของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ง.มิเชลล์เลือกซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีราคาแพงซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ ไม่ได้รับการประกันว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีคุณภาพและปลอดภัยที่สูงสุด

19. จากรูปที่กำหนดให้ เมื่อสับสวิตซ์ของวงจรไฟฟ้านี้ลง ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับหลอดไฟทั้งสามหลอด



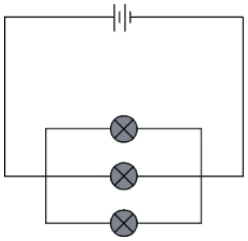
ก. หลอดไฟ 1 ดับ แต่หลอดไฟ 2 และหลอดไฟ 3 สว่าง เพราะกระแสไฟฟ้าไม่ครบวงจร

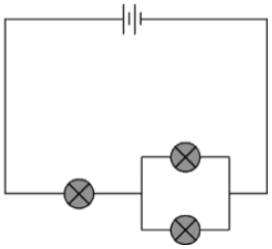
ข. หลอดไฟ 1 สว่าง แต่หลอดไฟ 2 และหลอดไฟ 3 ดับ เพราะกระแสไฟฟ้าครบวงจร

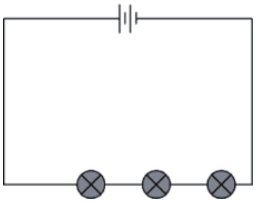
ค. หลอดไฟ 1 หลอดไฟ 2 และหลอดไฟ 3 ดับเพราะกระแสไฟฟ้าครบวงจร

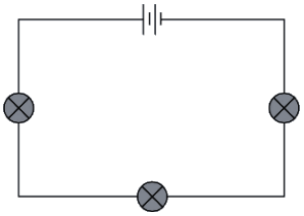
ง. หลอดไฟ 1 หลอดไฟ 2 และหลอดไฟ 3สว่าง เพราะกระแสไฟฟ้าครบวงจร

20. ถ้าต้องการออกแบบการต่อหลอดไฟฟ้า 3 หลอด ให้สว่างมากที่สุดเท่ากันทั้ง 3 หลอดและ เมื่อมีหลอดไฟฟ้าหลอดใดหลอดหนึ่งขาด หลอดไฟฟ้าที่เหลือ ยังสามารถทำงาน ได้ตามปกติ จะเลือกออกแบบต่อวงจรไฟฟ้าตามข้อใด

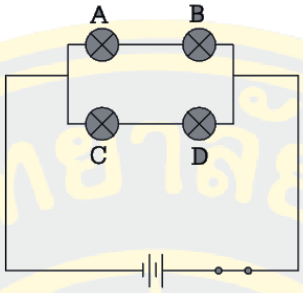
ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

21. ศิวิกรกำลังออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับใช้ในบ้าน เพื่อให้แน่ใจว่าหลอดไฟฟ้า C จะยังคงทำงานได้แม้หลอดไฟฟ้าอื่น ๆ ในวงจรจะชำรุดหรือหยุดทำงาน ดังภาพหากหลอดไฟฟ้า C ชำรุด นักเรียนออกแบบวงจรไฟฟ้าอย่างไรให้วงจรทำงานได้ปกติ



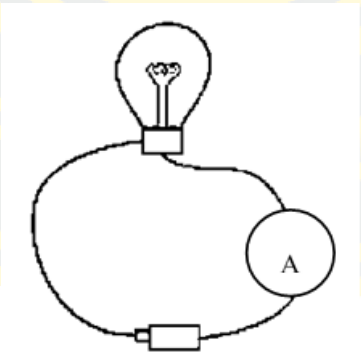
ก. ออกแบบวงจรไฟฟ้าโดยการต่อหลอดไฟฟ้าทั้งหมดในลักษณะขนานโดยหลอดไฟ C อยู่ตำแหน่งเดิม

ข. ออกแบบวงจรไฟฟ้าโดยการต่อหลอดไฟฟ้าทั้งหมดในลักษณะอนุกรมโดยหลอดไฟ C อยู่ตำแหน่งเดิม

ค. ออกแบบวงจรไฟฟ้าโดยการต่อหลอดไฟฟ้าในลักษณะอนุกรมและเพิ่มสวิตช์ควบคุมการทำงานของหลอดไฟฟ้าแต่ละดวง

ง. ออกแบบวงจรไฟฟ้าโดยการต่อหลอดไฟฟ้าในลักษณะขนานและเพิ่มฟิวส์สำหรับป้องกันความเสียหาย

22. จากภาพวงจรไฟฟ้า



หากต้องการให้หลอดไฟสว่าง ตำแหน่ง A ควรเป็นวัสดุทุกชนิดในข้อใด

ก. แท่งแก้ว ไส้ดินสอ

ข. ไม้จิ้มฟัน เหรียญเงิน

ค. แท่งแก้ว เหรียญเงิน

ง. ไส้ดินสอ ลวดเสียบกระดาษ

23. การออกแบบวงจรไฟฟ้าในรีโมททีวีเพื่อให้รีโมททำงานได้ ต้องเลือกวิธีการต่อเซลล์ไฟฟ้าตามข้อใด

ก. ต่อขั้วลบของถ่านไฟฉายก้อนที่ 1 ชนกับขั้วบวกของถ่านไฟฉายก้อนที่ 2 และต่อขั้วลบของถ่านไฟฉายก้อนที่ 2 ชนกับขั้วบวกของถ่านไฟฉายก้อนที่ 3

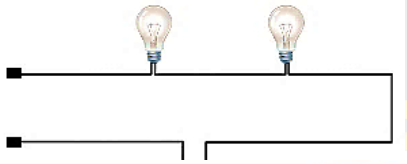
ข. ต่อขั้วบวกของถ่านไฟฉายก้อนที่ 1 ชนกับขั้วบวกของถ่านไฟฉายก้อนที่ 2 และขั้วลบของถ่านไฟฉายก้อนที่ 1 ชนกับขั้วลบของถ่านไฟฉายก้อนที่ 2

ค. ต่อขั้วลบของถ่านไฟฉายก้อนที่ 1 ชนกับขั้วลบของถ่านไฟฉายก้อนที่ 2 และขั้วบวกของถ่านไฟฉายก้อนที่ 2 ชนกับขั้วบวกของถ่านไฟฉายก้อนที่ 3

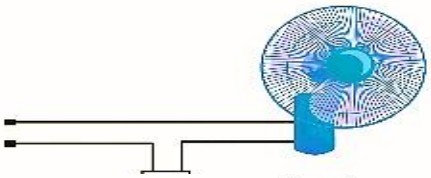
ง. ต่อขั้วลบของถ่านไฟฉายก้อนที่ 1 ชนกับขั้วลบของถ่านไฟฉายก้อนที่ 2 และต่อขั้วบวกของถ่านไฟฉายก้อนที่ 2 ชนกับขั้วลบของถ่านไฟฉายก้อนที่ 3

24. ข้อใดแสดงแผนภาพวงจรไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่อกับวงจรไฟฟ้าในบ้าน**<u>ไม่เหมาะสม</u>**

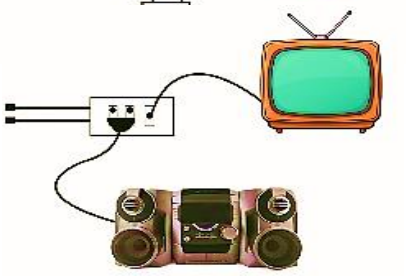
ก.

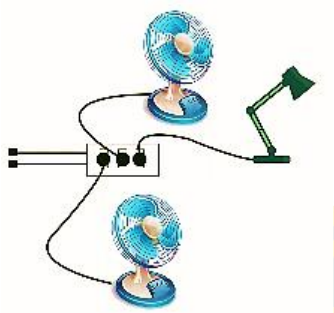


ข.

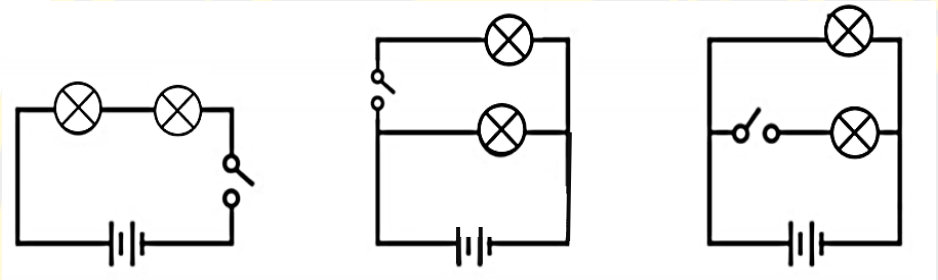


ค.



ง. 

25. สมชายออกแบบการต่อหลอดไฟฟ้าแบบต่างๆ ดังภาพ



จากภาพเมื่อสับสวิตซ์ไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าใดที่หลอดไฟฟ้ามีความสว่างมากสุด

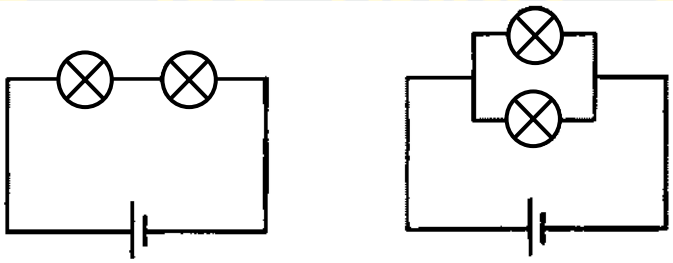
ก. วงจร 1 และ วงจร 2

ข. วงจร 2 และ วงจร 3

ค. วงจร 3 และ วงจร 1

ง. วงจร 1 วงจร 2 และ วงจร 3

26. จากภาพ เด็กชายพีร์เจต่อวงจรไฟฟ้า 2 รูปแบบ เมื่อต่อเสร็จพบว่า หลอดไฟสว่างทั้ง 4 หลอด



ภาพวงจร A ภาพวงจร B

ถ้าหลอดไฟในวงจรไฟฟ้าทั้ง 2 รูปแบบชำรุดไป 1 หลอด นักเรียนคิดว่า หลอดไฟที่ยังสว่างอยู่ในวงจรใดและเป็นการต่อแบบใด

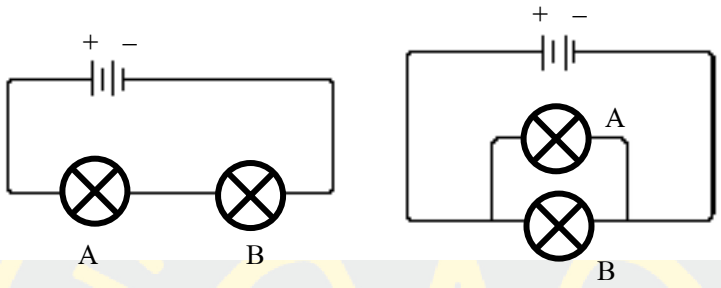
ก. วงจร A ซึ่งเป็นการต่อแบบขนาน

ข. วงจร A ซึ่งเป็นการต่อแบบอนุกรม

ค. วงจร B ซึ่งเป็นการต่อแบบขนาน

ง. วงจร B ซึ่งเป็นการต่อแบบอนุกรม

27.



(1) (2)

จากแผนภาพวงจรไฟฟ้า (1) และ (2) ข้อใดกล่าวถูกต้อง

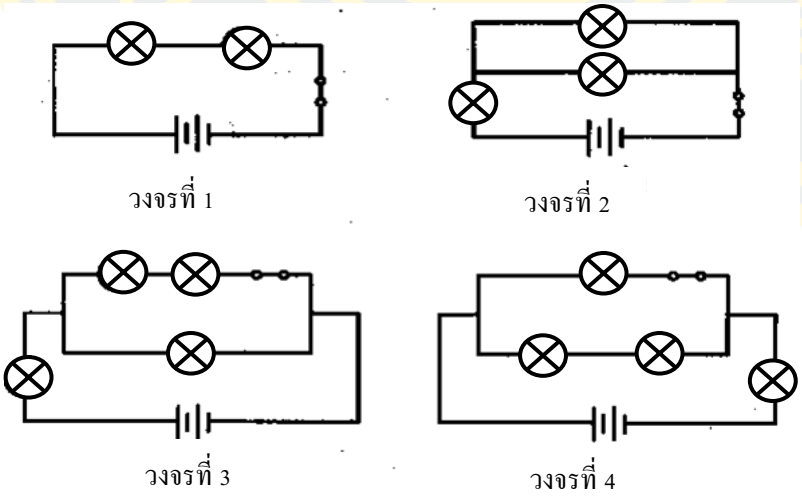
ก. (1) เป็นการต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน หากหลอดไฟฟ้า A ดับหลอดไฟฟ้า B จะดับด้วย

ข. (1) เป็นการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรม หากหลอดไฟฟ้า A ดับหลอดไฟฟ้า B ยังคงสว่าง

ค. (2) เป็นการต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน หากหลอดไฟฟ้า A ดับหลอดไฟฟ้า B ยังคงสว่าง

ง. (2) เป็นการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรม หากหลอดไฟฟ้า A ดับหลอดไฟฟ้า B จะดับด้วย

28. เมื่อต่อวงจรไฟฟ้า 4 วงจร พบว่าหลอดไฟฟ้าทุกดวงสว่างทั้ง 4 วงจร ดังภาพ



วงจรที่ 1 วงจรที่ 2

วงจรที่ 3 วงจรที่ 4

ถ้ายกสวิตช์ขึ้นทั้ง 4 วงจร นักเรียนคิดว่าวงจรใดที่ยังมีหลอดไฟสว่างอยู่ 2 ดวง

ก.วงจรที่ 1

ข. วงจรที่ 2

ค. วงจรที่ 3

ง. วงจรที่ 4

29. ใครปฏิบัติตน<u>ไม่ถูกต้อง</u> ในการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า

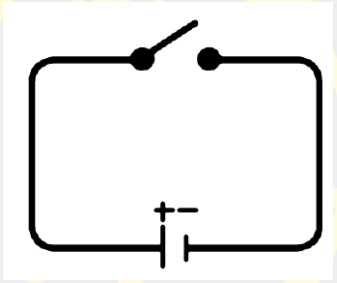
ก. สุเมธใช้มือที่เช็ดแห้งแล้วปิดสวิตช์ไฟหลังจาก อาบน้ำเสร็จ

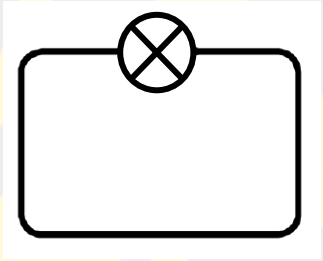
ข. สุวิทย์ถอดปลั๊กเตารีดออกจากเต้ารับหลังจาก รีดผ้าเสร็จ

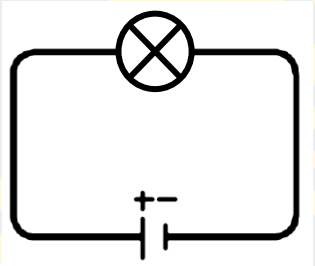
ค. นิชาเรียกช่างมาต่อสายดินจากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ มีโลหะ

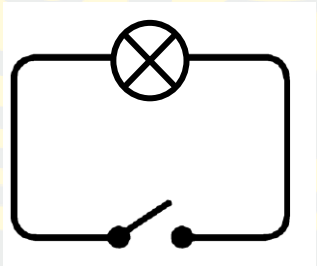
ง. นัฐฐานำผ้ามาพันสายไฟฟ้าที่ชำรุดเพื่อป้องกัน ไฟฟ้าดูด

30. แผนภาพวงจรไฟฟ้าใด เมื่อนำมาต่อวงจรไฟฟ้าแล้วหลอด ไฟฟ้าจะสว่าง

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ข้อที่	เฉลย	ข้อที่	เฉลย
1	ง	16	ข
2	ค	17	ข
3	ข	18	ข
4	ง	19	ง
5	ก	20	ก
6	ค	21	ก
7	ค	22	ง
8	ง	23	ก
9	ข	24	ง
10	ข	25	ข
11	ค	26	ค
12	ข	27	ค
13	ข	28	ค
14	ง	29	ง
15	ค	30	ค

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ ตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุด

สถานการณ์ที่ 1 ใช้ตอบคำถามข้อ 1- 4

ชารีฟต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย โดยใช้ถ่านไฟฉาย, สายไฟ และหลอดไฟ แต่เมื่อเขาต่อวงจรแล้วพบว่าสายไฟเขาขาด เขาเลย ได้หาวัสดุมาเชื่อมระหว่าง สายไฟที่ขาดเพื่อให้หลอดไฟ ของเขาติดขึ้นมาอีกรอบหนึ่งโดยตอนแรกเขาได้ใช้แหวนเงินต่อปรากฏว่าหลอดไฟของเขากลับมาสว่างอีกครั้ง แต่เมื่อเขาเปลี่ยนแท่งแก้วมาต่อปรากฏว่าหลอดไฟเขาไม่สว่างแล้ว

1. ข้อใดเป็นปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้
   ก. วงจรปิด
   ข. หลอดไฟขาด
   ค. อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ครบ
   ง. หลอดไฟฟ้าไม่ติด
2. ข้อใดคือสาเหตุของปัญหาในสถานการณ์นี้
   ก. การต่อวงจรไฟฟ้าผิด
   ข. สิ่งที่นำมาเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าสามารถผ่านได้
   ค. สิ่งที่นำมาเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าไม่สามารถผ่านได้
   ง. อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ครบ
3. นักเรียนควรออกแบบแก้ปัญหาในสถานการณ์นี้อย่างไร
   ก. นำสิ่งทำมาจากไม้มาต่อแทน
   ข. นำสิ่งที่ทำมาจากเงินมาต่อแทน
   ค. นำสิ่งทำมาจากพลาสติกมาต่อแทน
   ง. นำสิ่งทำมาจากแก้วมาต่อแทน
4. จากการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาข้างต้น น่าจะเกิดผลอย่างไร
   ก. หลอดไฟฟ้าสว่าง
   ข. หลอดไฟฟ้าไม่สว่าง
   ค. หลอดไฟฟ้าสว่างมากขึ้น
   ง. หลอดไฟฟ้าสว่างน้อยลงกว่าเดิม

สถานการณ์ที่ 2 ใช้ตอบคำถามข้อ 5- 8

ปิติอยากจะต่อหลอดไฟในวงจรไฟฟ้าแบบขนาน เพื่อให้หลอดไฟแต่ละดวงทำงานได้อิสระจากกัน ถ้าหลอดไฟดวงหนึ่งขาดหรือไม่ทำงาน หลอดไฟที่เหลือควรจะยังคงทำงานตามปกติ ปิติเข้าใจว่าการออกแบบวงจรแบบขนานจะช่วยให้หลอดไฟแต่ละดวงทำงานได้แม้มีหลอดไฟหนึ่งขาด

หลังจากที่ปิติต่อวงจรเสร็จ เขาทดสอบการทำงานของหลอดไฟโดยการเปิดและปิดหลอดไฟแต่ละดวง แต่เขาพบว่าหลอดไฟบางดวงไม่ทำงานตามที่คาดไว้เมื่อหลอดไฟดวงหนึ่งขาด ปิติพยายามแก้ไขโดยตรวจสอบการเชื่อมต่อของสายไฟและหลอดไฟที่เชื่อมต่อในวงจรพบว่าภายในสายไฟมีแต่ฉนวนไฟฟ้าห่อหุ้มไว้เท่านั้นแต่ไม่มีตัวนำไฟฟ้า ปิติจึงจะต้องหาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อให้วงจรทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

5. ข้อใดเป็นปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้

ก. หลอดไฟทุกดวงไม่สว่างเมื่อเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในการเชื่อมต่อ

ข. วงจรไฟฟ้าทำงานได้ไม่ดีเนื่องจากการเชื่อมต่อวงจรผิดพลาด

ค. วงจรไฟฟ้าแบบขนานไม่ทำงานตามที่คาด เมื่อหลอดไฟดวงหนึ่งขาด

ง. การทดสอบวงจรไฟฟ้าไม่ครบถ้วน ทำให้ปิติไม่สามารถหาสาเหตุของปัญหาได้

6. ข้อใดคือสาเหตุที่ทำให้วงจรไม่ทำงานตามที่ออกแบบไว้

ก. การใช้สายไฟที่ไม่มีตัวนำไฟฟ้า

ข. การเชื่อมต่อสายไฟบางเส้นไม่แน่นหนา

ค. วงจรถูกออกแบบเป็นแบบอนุกรมแทนที่จะเป็นขนาน

ง. การใช้หลอดไฟที่ไม่ตรงกับแรงดันไฟฟ้า

7. จากเหตุการณ์ดังกล่าว นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานี้อย่างไร

ก. ตรวจสอบการใช้วัสดุเชื่อมต่อและเปลี่ยนสายไฟที่มีตัวนำไฟฟ้าแทนที่ไม่มีตัวนำไฟฟ้า

ข. ตรวจสอบการเชื่อมต่อของหลอดไฟทุกดวงและเปลี่ยนหลอดไฟที่ไม่ทำงาน

ค. ปรับปรุงการเชื่อมต่อในวงจรให้แน่นหนาขึ้นเพื่อให้วงจรทำงานได้ตามที่ออกแบบ

ง. ลดจำนวนหลอดไฟในวงจรเพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ดีขึ้น

8. จากการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในข้อที่ 7 ข้างต้น จะเกิดผลเป็นอย่างไร

ก. หลอดไฟทุกดวงจะทำงานตามที่คาดไว้แม้จะมีหลอดไฟบางดวงขาด

ข. หลอดไฟทุกดวงจะดับทั้งหมดเมื่อหลอดไฟดวงหนึ่งขาด

ค. หลอดไฟบางดวงจะสว่างขึ้นและบางดวงจะดับไป

ง. หลอดไฟทุกดวงจะทำงานได้แต่มีความสว่างไม่เท่ากัน

สถานการณ์ที่ 3 ใช้ตอบคำถามข้อ 9 – 12

บ้านของชูใจปลูกข้าวเป็นอาชีพหลัก ภายในบ้านต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน โดยมีส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าคือ สวิตช์ หลอดไฟ สะพานไฟ สายไฟ ฟิวส์ หม้อแปลงไฟฟ้า เซลล์ไฟฟ้า 3 เซลล์ และโรงไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดชูใจได้ซื้อจากร้านขายของชำใกล้บ้านอีกทั้งบ้านของชูใจอยู่ใกล้บริเวณชุมชน ขณะที่ชูใจใช้ปลั๊กพ่วง สายไฟภายในบ้านของชูใจเก่า มีรอยฉีกขาด มักมีประกายไฟเกิดขึ้นขณะใช้ ทำให้ไฟดับเป็นประจำ

ชูใจสงสัยว่าอาจมีปัญหาเกี่ยวกับการติดตั้งหรือสภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้า และต้องหาวิธีการแก้ไขเพื่อป้องกันไม่ให้ไฟดับบ่อยครั้งและความปลอดภัยของการใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน

9. ข้อใดเป็นปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้

ก. การใช้ปลั๊กพ่วงทำให้เกิดประกายไฟและไฟดับ

ข. สายไฟภายในบ้านมีรอยฉีกขาดและมักมีประกายไฟเกิดขึ้น

ค. ชูใจซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าจากร้านขายของชำใกล้บ้าน

ง. บ้านของชูใจไฟดับเป็นประจำเมื่อมีการใช้ไฟฟ้า

10. ข้อใดคือสาเหตุของปัญหาในสถานการณ์นี้

ก. การใช้ปลั๊กพ่วงที่ไม่ได้มาตรฐาน

ข. สายไฟภายในบ้านมีรอยฉีกขาดและมักมีประกายไฟเกิดขึ้น

ค. การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านไม่เหมาะสม

ง. การซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าจากร้านขายของชำใกล้บ้าน

11. หากนักเรียนอาศัยในบ้านของชูใจนักเรียนจะแก้ปัญหาในสถานการณ์นี้อย่างไร

ก. เปลี่ยนสายไฟที่มีรอยฉีกขาดและตรวจสอบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ เพื่อป้องกันการเกิดประกายไฟ

ข. ใช้ปลั๊กพ่วงที่ใหม่มีคุณภาพสูงกว่าเพื่อแทนที่ปลั๊กพ่วงเก่า

ค. เพิ่มจำนวนเซลล์ไฟฟ้าในวงจรเพิ่มความเสถียรของไฟ

ง. ตรวจสอบและเปลี่ยนฟิวส์ในวงจรไฟฟ้าเพื่อให้ไฟไม่ดับ

12. จากการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาข้างต้น จะเกิดผลเป็นอย่างไร

ก. ไฟภายในบ้านจะไม่ดับบ่อยครั้งและความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น

ข. ไฟจะดับบ่อยขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนสายไฟไม่ได้แก้ไขปัญหาหลัก

ค. ความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้าจะลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนสายไฟใหม่

ง. การใช้ปลั๊กพ่วงใหม่จะช่วยลดการเกิดประกายไฟ แต่ปัญหาไฟดับอาจไม่ถูกแก้ไข

สถานการณ์ที่ 4 ใช้ตอบคำถามข้อ 13 – 16

ผู้ใหญ่บ้านอำเภอหนองระแวง มีการติดตั้งระบบไฟฟ้าสาธารณะเพื่อให้แสงสว่างในพื้นที่สาธารณะ เช่น ถนน, สวนสาธารณะ และพื้นที่ชุมชนอื่น ๆ เพื่อความปลอดภัยและการใช้งานในยามค่ำคืน ผู้รับเหมาโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้าได้เลือกใช้สายไฟที่มีวัสดุหุ้มฉนวนที่แตกต่างกัน แต่บางจุดของสายไฟไม่ได้หุ้มฉนวนอย่างครบถ้วน หลังจากการติดตั้งเสร็จสิ้น การใช้ไฟฟ้าในพื้นที่สาธารณะเริ่มพบปัญหา เช่น ไฟฟ้าดับบ่อยครั้ง, ไฟสว่างไม่สม่ำเสมอ และบางครั้งมีประกายไฟออกจากสายไฟ ซึ่งสร้างความกังวลในหมู่บ้าน เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาความปลอดภัยและการพัฒนาชุมชน ผู้ใหญ่บ้านต้องหาวิธีการแก้ไขปัญหานี้เพื่อให้ระบบไฟฟ้าทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพและไม่เป็นอันตรายต่อชุมชน

13. ข้อใดเป็นปัญหาหลักของสถานการณ์นี้

ก. ระบบไฟฟ้าดับบ่อยครั้งในพื้นที่สาธารณะ

ข. ไฟสว่างไม่สม่ำเสมอ

ค. มีประกายไฟออกจากสายไฟ

ง. ระบบไฟฟ้าสาธารณะมีปัญหาไฟดับบ่อยครั้งและไฟสว่างไม่สม่ำเสมอ

14. ข้อใดเป็นสาเหตุของปัญหาที่พบในระบบไฟฟ้าสาธารณะ

ก. สายไฟบางส่วนไม่ได้หุ้มฉนวนอย่างครบถ้วน

ข. ระบบไฟฟ้าเก่าและชำรุด

ค. การใช้ไฟฟ้ามากเกินไปในพื้นที่สาธารณะ

ง. การเลือกใช้หลอดไฟที่มีกำลังไฟต่ำเกินไป

15. ผู้ใหญ่บ้านควรดำเนินการแก้ไขปัญหาอย่างไรเพื่อให้ระบบไฟฟ้าทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

ก. เปลี่ยนหลอดไฟทุกจุดที่มีปัญหาแสงสว่าง

ข. ตรวจสอบและซ่อมแซมสายไฟที่ไม่ได้หุ้มฉนวนให้เรียบร้อย

ค. เพิ่มการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่เพื่อให้ไฟสว่างขึ้น

ง. ติดตั้งหลอดไฟเพิ่มในจุดที่ไฟสว่างไม่สม่ำเสมอ

16. จากการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาข้างต้นจะเกิดผลเป็นอย่างไร

ก. ระบบไฟฟ้าจะทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข. ระบบไฟฟ้าจะยังคงมีปัญหาไฟดับและประกายไฟอยู่

ค. แสงสว่างจะเพิ่มขึ้นแต่ปัญหาไฟฟ้าดับยังคงเกิดขึ้น

ง. ระบบไฟฟ้าจะยังคงไม่สม่ำเสมอแต่ปลอดภัยขึ้น

สถานการณ์ที่ 5 ใช้ตอบคำถามข้อ 17 – 20

นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษคณะหนึ่งได้พัฒนาผ้า "ฉลาด" เพื่อช่วยให้เด็กพิการสามารถสื่อสารด้วย "คำพูด" ได้ โดยการใช้เสื้อกั๊กที่ทำจากผ้าพิเศษที่นำไฟฟ้าได้ ซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องสังเคราะห์เสียง เมื่อเด็กแตะลงบนผ้าสัญญาณจะถูกส่งไปยังเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานเพื่อแปลงสัญญาณเป็นเสียง หลังจากการทดสอบ นักวิทยาศาสตร์พบว่ามีสิ่งผิดปกติดังนี้

1. การส่งสัญญาณ สัญญาณบางส่วนที่ส่งจากผ้าไปยังเครื่องสังเคราะห์เสียงไม่สามารถทำงานได้ตามที่คาดหวัง

2. การใช้ผ้า ผ้าที่ใช้ในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความสะดวกในการซักและบำรุงรักษา

นักวิทยาศาสตร์ต้องการหาวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อให้ผ้า "ฉลาด" ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

17. ข้อใดเป็นปัญหาหลักของสถานการณ์นี้

ก. ผ้า "ฉลาด" เป็นผ้าที่ทำจากวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า

ข. ผ้า "ฉลาด" เป็นผ้าที่ทำจากวัสดุที่นำไฟฟ้า

ค. ผ้า "ฉลาด" มีการส่งเสียงได้ชัดเจนเพื่อช่วยผู้พิการ

ง. ผ้า "ฉลาด" ไม่ส่งสัญญาณเสียงออกมาเมื่อมีการสัมผัส

18. ข้อใดคือสาเหตุของปัญหาในสถานการณ์นี้

ก. สัญญาณส่งไม่สมบูรณ์ และผ้ามีข้อจำกัดในการซักและบำรุงรักษา

ข. วัสดุที่ใช้ในผ้าไม่เหมาะสมสำหรับการนำไฟฟ้า

ค. เครื่องสังเคราะห์เสียงไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

ง. ผ้ามีความซับซ้อนในการดูแลรักษาและทำความสะอาด

19. จากเหตุการณ์ดังกล่าว นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานี้อย่างไร

ก. ออกแบบผ้าใหม่ที่สามารถซักและบำรุงรักษาได้ง่ายขึ้น

ข. พัฒนาเครื่องสังเคราะห์เสียงใหม่แปลงสัญญาณได้ดีขึ้น

ค. เปลี่ยนวัสดุของผ้าที่ใช้ให้มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าที่ดีกว่า

ง. ตรวจสอบและปรับปรุงการเชื่อมต่อระหว่างผ้ากับเครื่องสังเคราะห์เสียงให้มีความเสถียรและแน่นหนา

20. จากการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาข้างต้นจะเกิดผลเป็นอย่างไร

ก. สัญญาณจากผ้าจะถูกส่งไปยังเครื่องสังเคราะห์เสียงอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ข. ผ้าจะสามารถซักและบำรุงรักษาได้ง่ายขึ้น

ค. เครื่องสังเคราะห์เสียงจะสามารถแปลงสัญญาณได้อย่างแม่นยำกว่า

ง. วัสดุของผ้าจะมีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าดีขึ้น

เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
เรื่อง ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ข้อที่	เฉลย
1	ง
2	ค
3	ข
4	ก
5	ค
6	ก
7	ก
8	ก
9	ง
10	ข
11	ก
12	ก
13	ง
14	ก
15	ข
16	ก
17	ง
18	ก
19	ง
20	ก

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	ว่าที่ร้อยตรีณัฐพงศ์ ผิวขำ
วัน เดือน ปี เกิด	5 ธันวาคม 2537
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	โรงเรียนวัดหนองจอก(ภักดีนรเศรษฐ) 18 หมู่ 2 ถนนเลียบวารี แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพ 10530
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2561 ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
	พ.ศ. 2568 การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา