



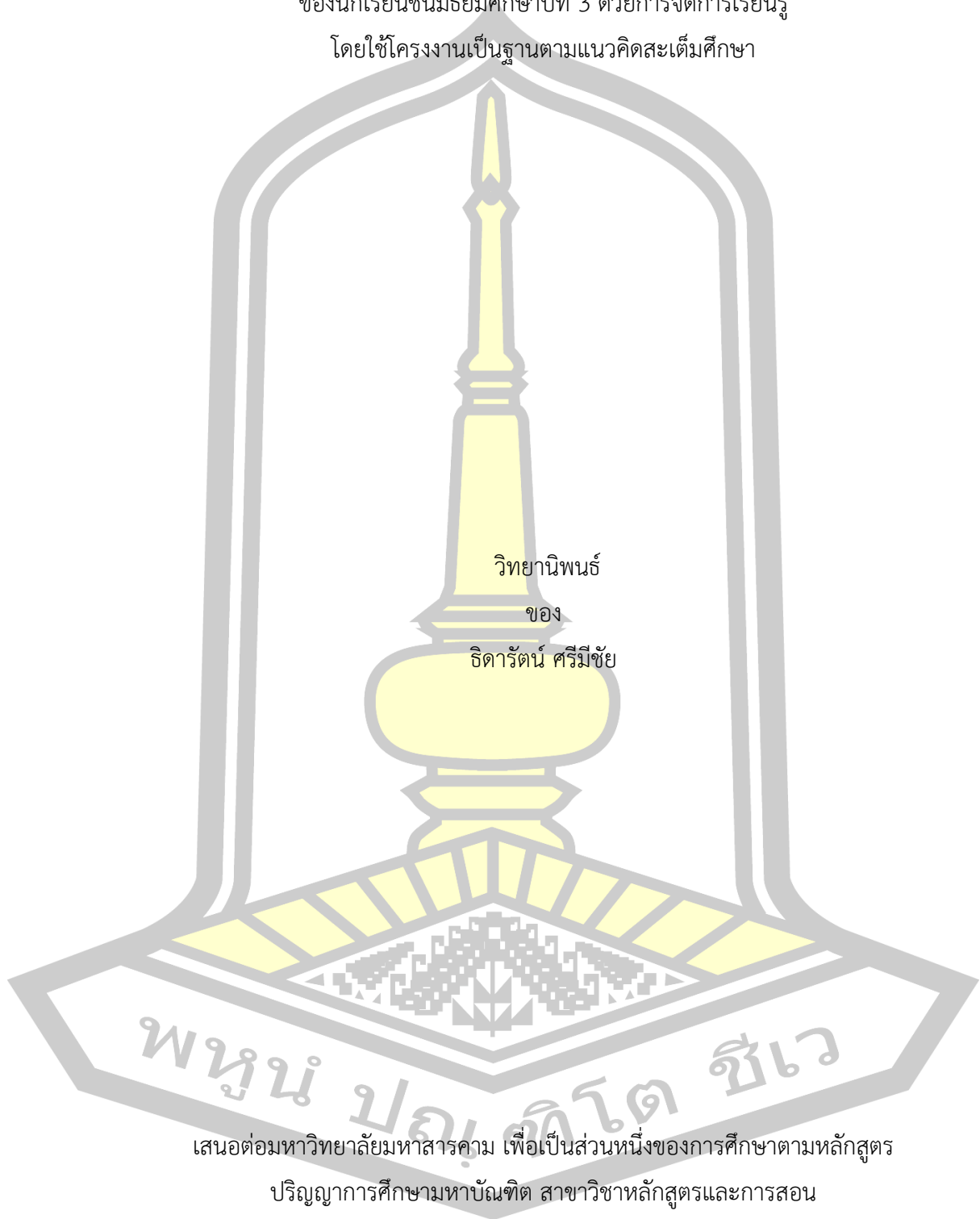
การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้
โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

วิทยานิพนธ์
ของ
ธิดารัตน์ ศรีมีชัย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
มกราคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้
โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา



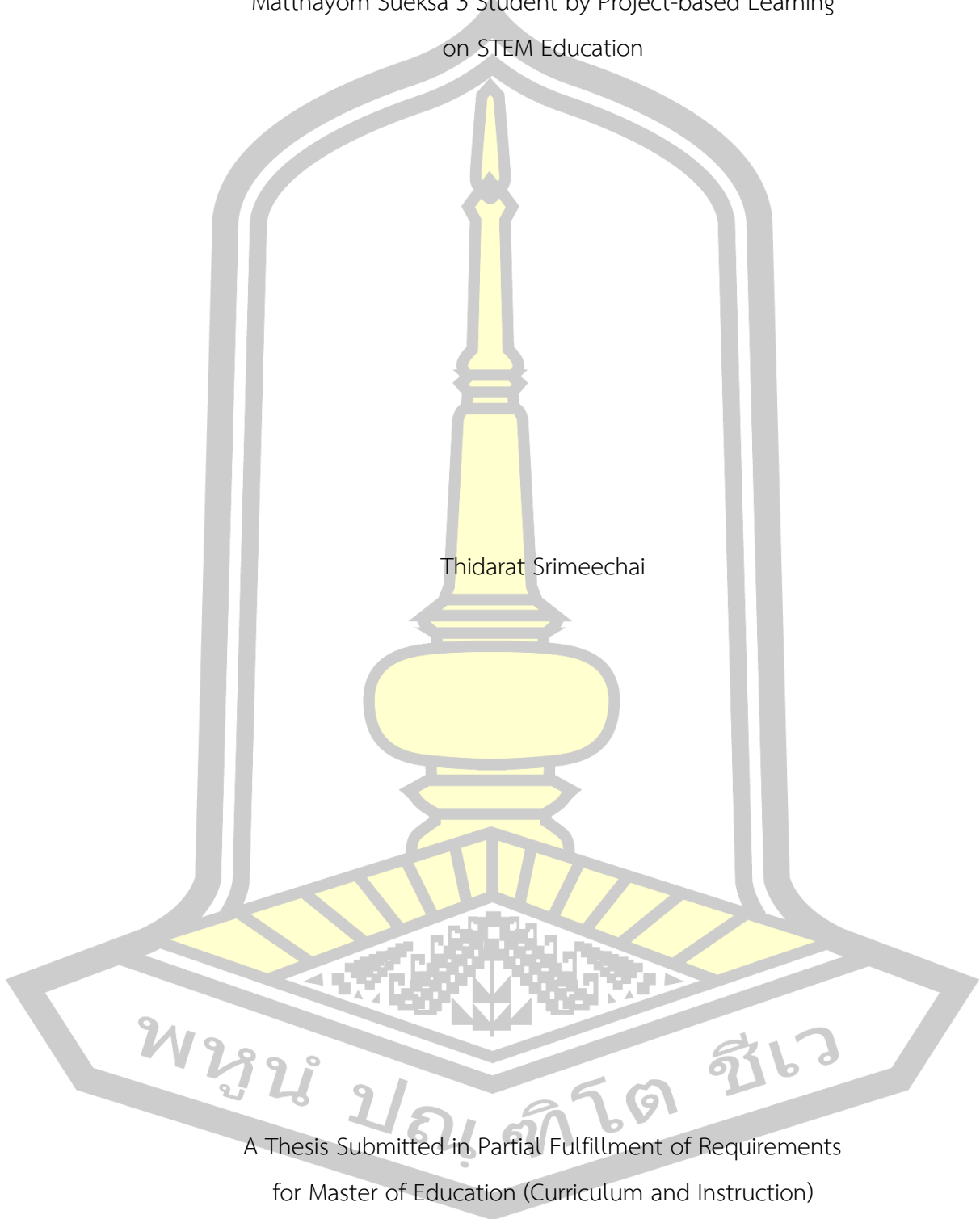
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

มกราคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Creative in Science and Critical Thinking of
Matthayom Sueksa 3 Student by Project-based Learning
on STEM Education

Thidarat Srimeechai



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Curriculum and Instruction)

January 2025

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวธิดารัตน์ ศรีมีชัย
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา
หลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. ประเสริฐ เรือนนະการ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. วราพร เอราวรณ)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. จิระพร ชะโน)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(รศ. ดร. ไพศาล วรรค)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ขวลิต ชูกำแพง)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พุทธ บัณฑิต วิชา

ชื่อเรื่อง การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้
โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัย ธิดารัตน์ ศรีมีชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วราพร เอราวรรณ

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** หลักสูตรและการสอน

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ ได้แก่ 1) เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 3) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับเกณฑ์ร้อยละ 70 การวิจัยครั้งนี้เป็นการออกแบบการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านสีสุกห้วยโงง อำเภอสองดาว จังหวัดสกลนคร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 แผน 20 ชั่วโมง 2) แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน สถิติทดสอบที (T-test Dependent) และสถิติ One sample t-test

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตาม

แนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 72.44 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

คำสำคัญ : การคิดอย่างมีวิจารณญาณ, ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์, การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน, สะเต็มศึกษา



| | | | |
|-------------------|--|--------------|----------------------------|
| TITLE | Development of Creative in Science and Critical Thinking of Matthayom Sueksa 3 Student by Project-based Learning on STEM Education | | |
| AUTHOR | Thidarat Srimeechai | | |
| ADVISORS | Associate Professor Waraporn Erawan , Ph.D. | | |
| DEGREE | Master of Education | MAJOR | Curriculum and Instruction |
| UNIVERSITY | Maharakham University | YEAR | 2025 |

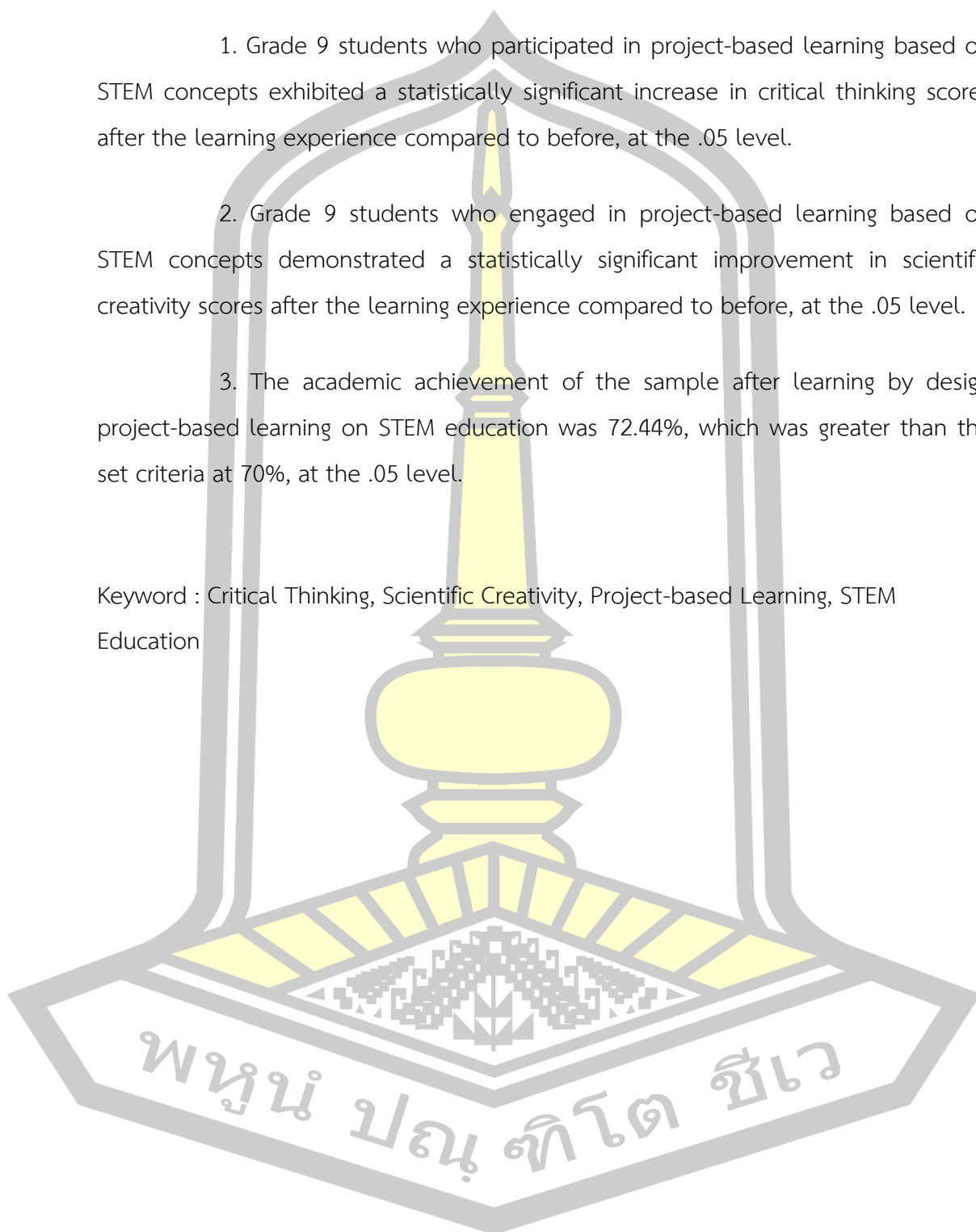
ABSTRACT

The objectives of this research are: 1) to develop critical thinking skills in Grade 9 students through project-based learning based on STEM education concepts; 2) to develop scientific creativity in Grade 9 students using project-based learning aligned with STEM principles ; and 3) to develop academic achievement of grade 9 students learning by design project-based learning on STEM education with the criteria of 70%. This study utilizes a pre-experimental design, with a sample consisting of 30 Grade 9 students from Ban Si Suk Huai Mong School in Song Dao District, Sakon Nakhon Province, under the Sakon Nakhon Primary Education Service Area Office 2, during the first semester of the 2023 academic year. Participants were selected through purposive sampling. The research instruments include: 1) a project-based learning plan based on STEM concepts for Learning Unit 5: Electricity and Electronics, comprising 6 lesson plans over 20 hours; 2) a critical thinking assessment; 3) a scientific creativity assessment; and 4) a test measuring academic achievement in science focused on Electricity and Electronics. The statistical methods for data analysis included mean, standard deviation, dependent t-test and one sample t-test.

The research findings indicate that:

1. Grade 9 students who participated in project-based learning based on STEM concepts exhibited a statistically significant increase in critical thinking scores after the learning experience compared to before, at the .05 level.
2. Grade 9 students who engaged in project-based learning based on STEM concepts demonstrated a statistically significant improvement in scientific creativity scores after the learning experience compared to before, at the .05 level.
3. The academic achievement of the sample after learning by design project-based learning on STEM education was 72.44%, which was greater than the set criteria at 70%, at the .05 level.

Keyword : Critical Thinking, Scientific Creativity, Project-based Learning, STEM Education



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอราวรณณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนระการ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระพร ชะโน กรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ นายคณันท์ ศรีผุย นางสาวภักดิ์วีดี รักษาบุญ นายธนปกรณ์ ป้องศรี นางศรีสุวรรณ ศรีสร้อย และนายศุภวุฒิ สุภาชาติ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำ ปรึกษาและ ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อ การทำวิจัยและเพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านสีสุกห้วยโหมง คณะครู และนักเรียนโรงเรียน บ้านสีสุกห้วยโหมง จังหวัดสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โรงเรียนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูล ในการทำวิจัย และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ บุคลากร และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาคหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ความรู้ ประสบการณ์ ความช่วยเหลือต่าง ๆ ตลอดจน เอาใจใส่ และให้กำลังใจ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัวและเพื่อนของผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุน ให้คำปรึกษา แนะนำ และคอยให้กำลังใจทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

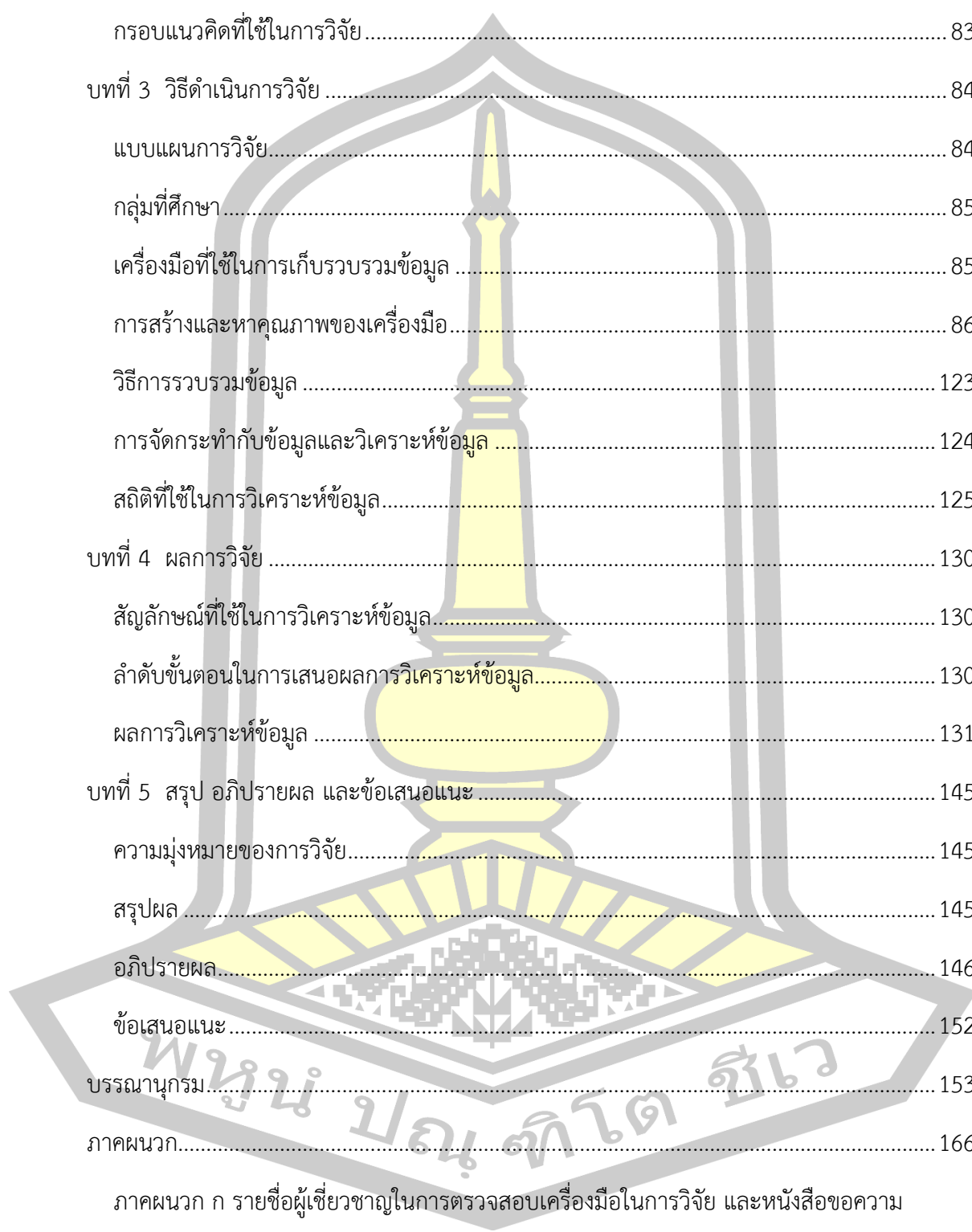
ธิดารัตน์ ศรีมีชัย

พนุน ปณู ทิโต ชีเว

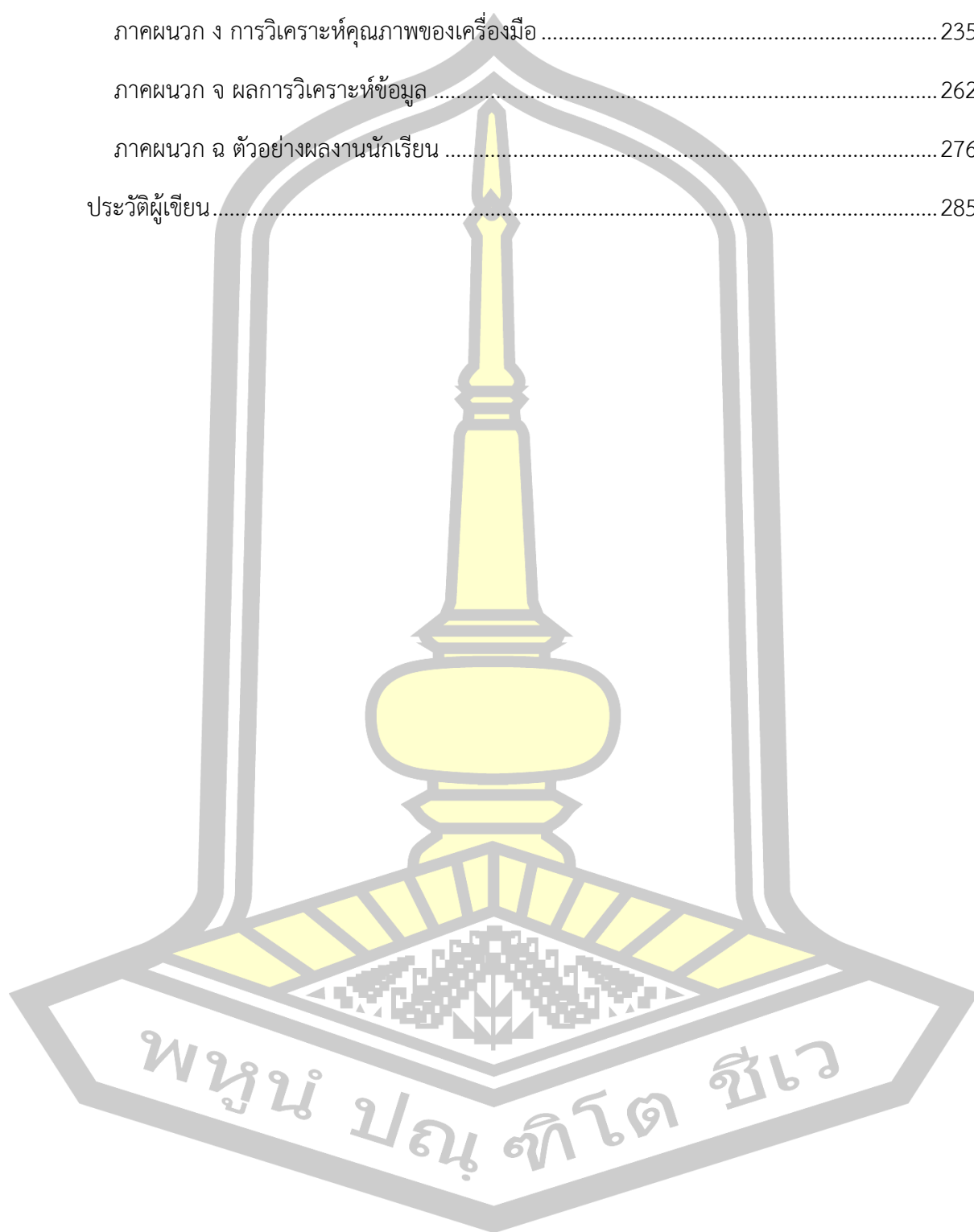
สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | ฉ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ช |
| สารบัญ..... | ณ |
| สารบัญตาราง..... | ญ |
| สารบัญภาพประกอบ..... | ต |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| ภูมิหลัง..... | 1 |
| ความมุ่งหมายของการวิจัย..... | 7 |
| สมมุติฐานการวิจัย..... | 8 |
| ขอบเขตของการวิจัย..... | 8 |
| นิยามศัพท์เฉพาะ..... | 9 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 13 |
| การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ..... | 14 |
| ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์..... | 28 |
| หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น..... | 41 |
| การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน..... | 48 |
| สะเต็มศึกษา..... | 60 |
| การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา..... | 68 |
| ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... | 70 |

| | |
|---|-----|
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 77 |
| กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย | 83 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย | 84 |
| แบบแผนการวิจัย..... | 84 |
| กลุ่มที่ศึกษา..... | 85 |
| เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล | 85 |
| การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ..... | 86 |
| วิธีการรวบรวมข้อมูล | 123 |
| การจัดกระทำกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล | 124 |
| สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 125 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย | 130 |
| สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 130 |
| ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 130 |
| ผลการวิเคราะห์ข้อมูล | 131 |
| บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ | 145 |
| ความมุ่งหมายของการวิจัย..... | 145 |
| สรุปผล | 145 |
| อภิปรายผล..... | 146 |
| ข้อเสนอแนะ | 152 |
| บรรณานุกรม..... | 153 |
| ภาคผนวก..... | 166 |
| ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย และหนังสือขอความ อนุเคราะห์..... | 167 |
| ภาคผนวก ข เครื่องมือในการวิจัย..... | 174 |



| | |
|---|-----|
| ภาคผนวก ค แบบประเมินที่ใช้ในการวิจัย | 232 |
| ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือ | 235 |
| ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล | 262 |
| ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างผลงานนักเรียน | 276 |
| ประวัติผู้เขียน | 285 |



สารบัญตาราง

หน้า

| | |
|---|-----|
| ตาราง 1 ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ของฐและอเดย์ | 38 |
| ตาราง 2 สารและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี..... | 46 |
| ตาราง 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การ เรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และการบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา..... | 87 |
| ตาราง 4 ตารางวิเคราะห์หลักสูตร หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 | 101 |
| ตาราง 5 ตารางวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา ผลการเรียนรู้และจำนวนข้อสอบที่ออกและที่ ต้องใช้จริง | 104 |
| ตาราง 6 แสดงการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบรายองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์..... | 109 |
| ตาราง 7 เกณฑ์การประเมินคุณภาพ (Rubric) ในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์..... | 112 |
| ตาราง 8 แสดงการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบรายองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ | 118 |
| ตาราง 9 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยพิจารณา ตามองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน..... | 132 |
| ตาราง 10 การเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ T - test dependent | 135 |
| ตาราง 11 การเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยพิจารณาตามองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้แก่ 1) ด้านความสามารถในการอ้างอิง 2) ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น 3) | |

ด้านความสามารถในการนิรนัย 4) ด้านความสามารถในการตีความ และ 5) ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง โดยใช้สถิติ T - test dependent..... 136

ตาราง 12 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยพิจารณาตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 137

ตาราง 13 การเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ T - test dependent 141

ตาราง 14 การเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยพิจารณาตามองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) ด้านความคิดคล่องแคล่ว 2) ด้านความคิดยืดหยุ่น 3) ด้านความคิดริเริ่ม และ 4) ด้านความคิดละเอียดลออ โดยใช้สถิติ T - test dependent..... 141

ตาราง 15 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70..... 143

ตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ One sample t-test..... 144

ตาราง 17 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 236

ตาราง 18 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 238

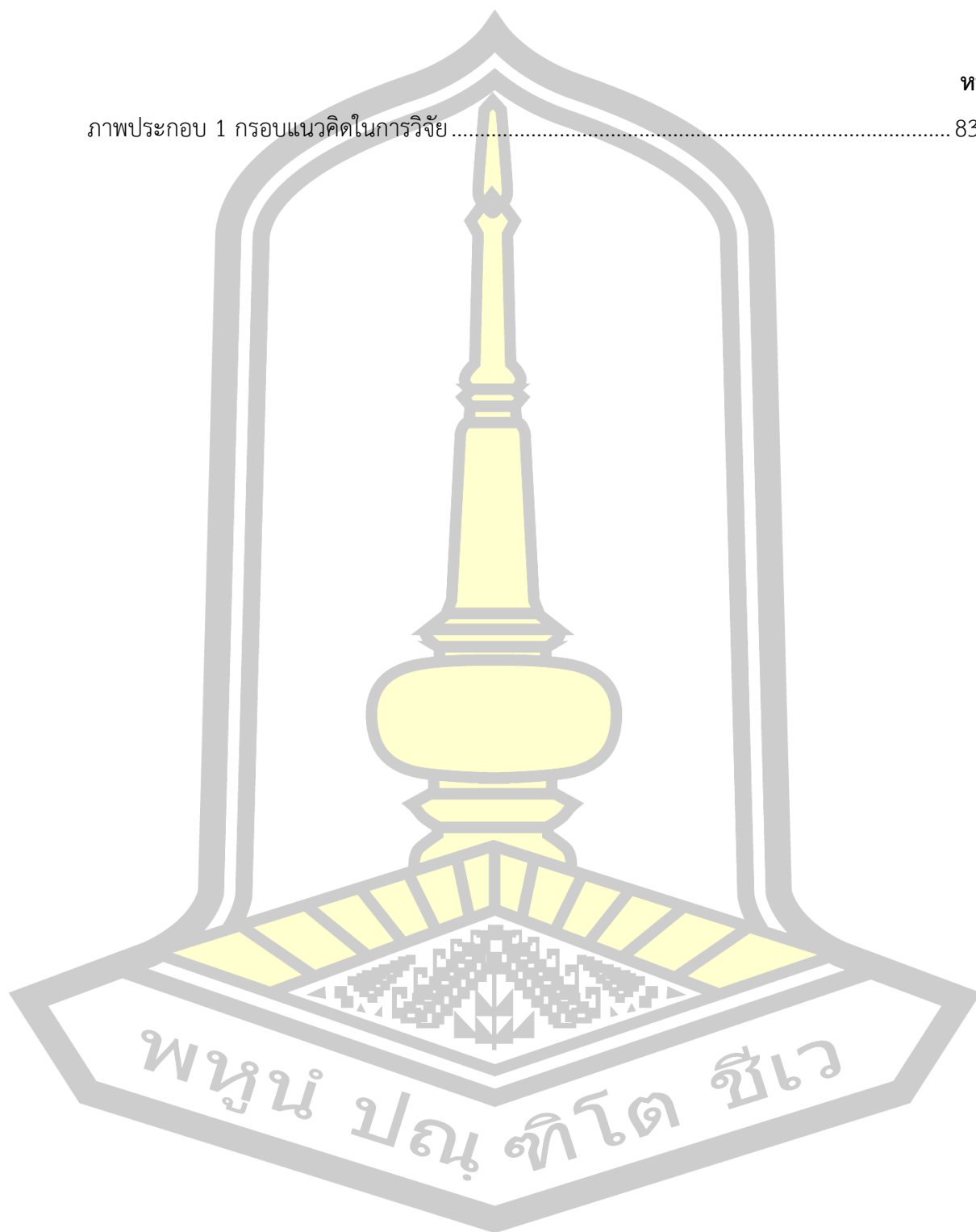
ตาราง 19 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง วงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 240

ตาราง 20 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง พลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และการคำนวณค่าไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 242

| | |
|---|-----|
| ตาราง 21 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง วงจรไฟฟ้า และ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..... | 244 |
| ตาราง 22 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การใช้ไฟฟ้าอย่าง ประหยัดและปลอดภัย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..... | 246 |
| ตาราง 23 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตาม แนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..... | 248 |
| ตาราง 24 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตาม แนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยจำแนกรายด้าน | 248 |
| ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..... | 249 |
| ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (B) และค่าความเชื่อมั่น (R) ของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 3..... | 251 |
| ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมี วิจารณญาณ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 | 255 |
| ตาราง 28 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (B) และค่าความเชื่อมั่น (R) ของแบบ วัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ... | 256 |
| ตาราง 29 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 | 259 |
| ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 | 260 |
| ตาราง 31 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's alpha coefficient) ของแบบวัดความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..... | 261 |

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 83



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อสังคมทั้งในปัจจุบันและอนาคตเป็นอย่างมาก เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีความเชื่อมโยงในการดำรงชีวิตในปัจจุบันของมนุษย์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552) และความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถสำคัญของคนทุกอาชีพต้องมีในโลกแห่งการแข่งขัน ยุคศตวรรษที่ 21 ที่ต้องมีการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ อย่างไม่หยุดนิ่ง จึงต้องสร้างให้คนมีความคิดสร้างสรรค์ ในการพัฒนา ปรับปรุงผลงาน นวัตกรรมและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ให้ดีขึ้นกว่าเดิม เพื่อพร้อมก้าวสู่ออนาคตที่มีความท้าทายและสลับซับซ้อนทางเทคโนโลยีและข้อมูลข่าวสาร (Tidma and others, 2015 อ้างถึงใน ศิริพร เครือทอง และณัฐกาญจน์ ลีสุขสาม, 2563) และก่อนที่จะมีการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ให้เกิดขึ้นนั้นจำเป็นต้องนำความคิดสร้างสรรค์มาใช้ และหากมีการนำความคิดสร้างสรรค์มาใช้ ร่วมกับความรู้ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะเรียกว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (scientific creativity) (Moravcsik, 1981 อ้างถึงใน Eroglu and Bektas, 2022) ซึ่งมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก เช่น การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การแก้ปัญหา และการสรุปผลการทดลอง ล้วนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์เป็นพื้นฐาน สิ่งทีกล่าวมาข้างต้นเป็นเหตุผลที่สนับสนุนว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างมากต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน รวมไปถึงผู้ที่ต้องการที่จะทำความเข้าใจสังคมของนักวิทยาศาสตร์ (Hu and Adey, 2002 อ้างถึงใน Eroglu and Bektas, 2022)

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถของบุคคลในการนำทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการทดลองมาใช้แก้ปัญหา ในลักษณะหลายแนวทางต่อการเรียนรู้การแก้ปัญหา การค้นพบความรู้ใหม่ ๆ ทางวิทยาศาสตร์ การทดลองที่แปลกใหม่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติแล้วเผยแพร่ให้ผู้อื่นรู้ ตลอดจนการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ได้ผลผลิตใหม่ทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณค่า และมีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิมมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม (ประภคิต นามโคตร, 2530 อ้างถึงใน กรมวิชาการ, 2544) และความคิดสร้างสรรค์มีความสำคัญกับมนุษย์ตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน เพราะความคิดสร้างสรรค์ มีประโยชน์ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตและระบบการศึกษาส่วนใหญ่ก็ให้ความสำคัญกับความคิดสร้างสรรค์ (Usta and Akkanat, 2015) การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากการศึกษาค้นคว้าของผู้วิจัยพบว่า แนวทางในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา การจัดการเรียนเรียนรู้แบบประคดมสมอง และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งส่งผลให้ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนสูงขึ้น

นอกจากนี้กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในหลักสูตรดังกล่าวได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนานักเรียนทางด้านการคิด และกำหนดไว้เป็นสมรรถนะที่สำคัญของนักเรียน ด้วยถือว่าเป็นทักษะที่จะนำไปสู่การสร้างความรู้ และการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงมีนโยบายส่งเสริมให้มีการนำทักษะการคิดลงสู่การปฏิบัติในห้องเรียนอย่างเป็นรูปธรรมพร้อมได้กำหนดให้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นจุดเน้นในการพัฒนาคุณภาพนักเรียน ในทักษะการคิดของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2555) นอกจากนี้ การคิดอย่างมีวิจารณญาณยังถูกกำหนดให้นักเรียนในศตวรรษที่ 21 จะต้องได้เรียนรู้ เพราะมีความจำเป็นในการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นกระบวนการคิดที่ใช้เหตุผลและการวิเคราะห์อย่างรอบคอบ เพื่อให้เกิดการคิดที่เป็นระบบและมีความสอดคล้องกับข้อมูลและสถานการณ์ที่มีอยู่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณมุ่งเน้นไปที่การใช้เหตุผลที่มีความเป็นมาตรฐาน การวิเคราะห์ข้อมูลอย่างถี่ถ้วนและการพิจารณามุมมองที่หลากหลายก่อนที่จะตัดสินใจหรือสร้างความเข้าใจในเรื่องใด ๆ การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ การใช้หลักการมีวิจารณญาณในการตระหนักถึงข้อเท็จจริง การวิเคราะห์ข้อมูลอย่างถี่ถ้วน การสร้างเหตุผลที่มีความเป็นมาตรฐาน และการมองในมุมมองที่หลากหลาย เพื่อให้เกิดความคิดที่มีความรอบคอบเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นและการตัดสินใจที่ส่งผลต่ออนาคต (วิโรจน์ ไววานิชกิจ, 2566) ทั้งนี้ การคิดอย่างมีวิจารณญาณยังมีความจำเป็นต่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมการรับรู้ข้อมูลสารสนเทศ ช่วยในการปรับตัว และรับมือกับการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของโลกในศตวรรษที่ 21 ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีความซับซ้อนมากขึ้น นอกจากนี้ ยังเป็นรากฐานของการเรียนรู้สู่การแก้ปัญหา อย่างสร้างสรรค์ (บรรจง อมรชีวิน, 2556)

แนวทางในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้แก่ นักเรียน ครูผู้สอนมีส่วนสำคัญในการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกระบวนการสอน โดยมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างเป็นระบบ ส่งเสริมให้นักเรียนตัดสินใจด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนตัดสินใจด้วยตนเอง เป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการคิด มีความเชื่อมั่นในตนเองและมีความรู้สึกที่เป็นอิสระ ซึ่งผู้สอนอาจจัดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ทั้งในและนอกโรงเรียน และให้นักเรียนได้มีโอกาสตัดสินใจในการทำกิจกรรมต่าง ๆ

เป็นการฝึกฝนและพัฒนาความคิดอย่างมีวิจารณญาณ อันเป็นพื้นฐานสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง จัดสื่อการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมการฝึกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฝึกให้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันตามหัวข้อต่าง ๆ ที่น่าสนใจหรือเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันจากข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักวางแผนการทำงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ โดยแนะนำให้นักเรียนวางเป้าหมาย ตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินงานว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ โดยมีข้อมูลหลักฐานในการตรวจสอบและใช้เหตุผลในการพิจารณาตัดสินใจปรับปรุง หรือดำเนินงานตามแผน และรู้จักวิธีการในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมรอบคอบ (สุคนธ์ สิ้นธพานนท์, 2552) การจัดการเรียนรู้ ให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถนำไปใช้การจัดการเรียนการสอนและเทคนิคการสอนในรูปแบบต่าง ๆ ได้ เช่น วิธีสอนการแบบวิทยาศาสตร์ วิธีการสอนแบบแก้ปัญหา การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบโครงการเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้เพื่อฝึกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตามที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้นเป็นเพียงแนวทางบางส่วนที่ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ตามความเหมาะสม ซึ่งยังมีวิธีสอนและทฤษฎีการเรียนรู้อีกมากมายที่ครูจะต้องศึกษา และได้นำกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปแทรกในวิธีการจัดการเรียนรู้เหล่านั้น หรือประยุกต์ใช้ได้ตามความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับปัจจัยและสภาพแวดล้อมของการจัดการเรียนรู้ (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2559)

การจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน (Project-Based Learning) เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งมีขั้นตอนการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการแสวงหาความรู้การใช้กระบวนการคิด และทักษะในการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะเรียนรู้โดยสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยใช้โครงการเป็นฐาน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้ผู้เรียนต้องศึกษาค้นคว้าทดลอง ปฏิบัติและแก้ปัญหา เพื่อสร้างผลงานหรือชิ้นงาน เป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการกระทำเพื่อสร้างองค์ความรู้ที่ถาวรด้วยตัวผู้เรียนเอง ทั้งนี้ผู้เรียนอาจทำเป็นกลุ่มเล็กหรือเป็นกลุ่มใหญ่ก็ได้ ซึ่งจะเป็นการฝึกให้ผู้เรียนเกิดทักษะการทำงานเป็นทีม ได้ร่วมมือร่วมใจในการทำงาน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของกลุ่มและเกิดผลสำเร็จร่วมกัน (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2559) สอดคล้องกับการเรียนรู้แบบโครงการ เป็นการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคหลากหลายรูปแบบนำมาผสมผสานกัน ได้แก่ กระบวนการกลุ่ม การฝึกคิด การแก้ปัญหา การเน้นกระบวนการ การสอนแบบปริศนาความคิด และการสอนแบบร่วมกันคิด ทั้งนี้มุ่งหวังให้ผู้เรียนเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งจากความสนใจอยากรู้อยากเรียนของผู้เรียนเอง โดยใช้กระบวนการและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงกับแหล่งความรู้เบื้องต้น ผู้เรียนสามารถสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งความรู้ที่

ผู้เรียนได้มาไม่จำเป็นต้องตรงกับตำรา แต่ผู้สอนจะสนับสนุนให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม จากแหล่งเรียนรู้ และปรับปรุงความรู้อันได้ให้สมบูรณ์ (สำนักเลขาธิการกระทรวงศึกษา, 2550)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือการสอนแบบบูรณาการข้าม กลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer : E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ นอกจากนี้ STEM Education ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลก โลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย และสะเต็มศึกษาสามารถบูรณาการสอนได้ในทุกระดับชั้น โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐ นำ STEM Education มาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศไทยมีการนำ STEM Education ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย (สมชาย อุ่นแก้ว, 2558)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อค้นหาความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่ยังไม่เคยรู้มาก่อน โดยครูเป็นผู้ให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางจนนักเรียนสามารถค้นพบความรู้ใหม่ และสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ได้รับความรู้ใหม่ ๆ ที่ผู้เรียนไม่เคยรู้มาก่อน (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2559) ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้การวางแผนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี นักเรียนสามารถลงมือทำและทดลองผลงานได้ นักเรียนสามารถเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างผลงาน และสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดแบบ STEM EDUCATION นั้น ทำให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาบูรณาการกับองค์ความรู้เดิมในการแก้ปัญหาต่าง ๆ นำมาซึ่งการลงมือทำและทดลองผลงาน (นภสร ยลสุริยัน, 2563) สอดคล้องกับ ดารารัตน์ ชัยพิลา (2559) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education ทำให้นักเรียนมีแนวความคิดที่หลากหลาย ซึ่งเกิดจากประสบการณ์ที่เคยใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์จากโครงงาน ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่

พบเห็นในชีวิตประจำวันได้อย่างสร้างสรรค์ และผู้เรียนมีแนวทางในการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาอื่น ๆ ต่อไป

ทั้งนี้จากการศึกษาผลการวิจัยการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานกับ สะเต็มศึกษากับพัฒนาการศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานผสมผสานกับกระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 (ชินอรส กวางแก้ว, 2564) สอดคล้องกับ Shetlyer Nissing Oudar และ Ait (2015 อ้างถึงใน ชัชฎา ทรภักดิ์, 2560) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเป็นวิธีการ สอนที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทักษะและเรื่องต่าง ๆ ผ่านกระบวนการสร้างสรรค์ ผ่านการทำโครงงาน ของตนเอง เนื่องจากการทำโครงงานทำให้นักเรียนรู้จักการแก้ปัญหา การทำงานเป็นกลุ่ม การนำ ประสบการณ์ของตนเองมาปรับใช้ในการทำโครงงาน ประกอบการผสมผสานกระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณ ผู้เรียนได้มีการลงมือปฏิบัติ พร้อมทั้งใช้กระบวนการทางปัญญาในการไตร่ตรองปัญหา ข้อกล่าวอ้างหรือสมมติฐานอย่างมีตรรกะและมีเหตุผล โดยการใช้การค้นคว้าข้อมูล หรือหลักฐาน มาสนับสนุน หรือการตรวจสอบและประเมินความถูกต้องและน่าเชื่อถือของข้อมูล หรือหลักฐานที่ นำมาสนับสนุนอย่างไม่มีอคติ ก่อนลงข้อสรุป หรือเชื่อความคิดเห็น ข้อสมมติ หรือความรู้ที่ได้รับนั้น และจากการศึกษาผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (อับดุลยามีน หะยีชาเดร์, 2560) สอดคล้องกับ ปรมศวรร วรงค์ชาชม (2559) การคิดอย่างมี วิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีพัฒนาการที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเรียน ด้วยกิจกรรมจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

ในปัจจุบันระบบการศึกษาของไทยยังเผชิญกับปัญหาที่หลากหลาย เช่น ความเหลื่อมล้ำ ทางการศึกษา ซึ่งนักเรียนในพื้นที่ชนบทหรือพื้นที่ห่างไกลมักไม่ได้รับโอกาสทางการศึกษาที่เท่าเทียม กับนักเรียนในเมืองใหญ่ การขาดแคลนทรัพยากรทางการศึกษา เช่น ครูผู้สอนที่มีคุณภาพ สื่อการเรียนการสอนที่ทันสมัย และสถานที่เรียนที่เหมาะสม รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่ รวดเร็ว ซึ่งระบบการศึกษายังไม่สามารถปรับตัวได้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้ผู้เรียนขาด ทักษะที่จำเป็นต่อโลกยุคใหม่ เช่น ทักษะด้านดิจิทัล ความคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมี วิจารณญาณ และจากการศึกษาผลการประเมินของประเทศไทยตั้งแต่ PISA 2000 จนถึง PISA 2022 พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์และการอ่านมีแนวโน้มลดลง ส่วนด้านวิทยาศาสตร์ถือว่า ไม่เปลี่ยนแปลงทางสถิติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) ในภาพรวมของ ผลการประเมิน PISA 2022 สะท้อนให้เห็นว่า ระบบการศึกษาทั่วโลกมีคะแนนเฉลี่ยลดลง

เมื่อเทียบกับ PISA 2018 ซึ่งเป็นผลกระทบจากที่ทุกประเทศต้องเผชิญกับความท้าทายของการจัดการเรียนรู้ในช่วงที่มีวิกฤตการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 สำหรับระบบการศึกษาไทยยังมีช่องว่างของคะแนนระหว่างนักเรียนกลุ่มสูงกับนักเรียนกลุ่มต่ำที่กว้างมาก จึงควรมีมาตรการในการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ในด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการอ่าน โดยการพัฒนาครูให้มีสมรรถนะในการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นในการนำความรู้ไปใช้ใน ชีวิตจริง ส่งเสริมและสนับสนุนทรัพยากรและสื่อการเรียนรู้ที่มีคุณภาพให้กับสถานศึกษาอย่างเหมาะสมและเป็นธรรม เพื่อลดช่องว่างของความเหลื่อมล้ำในการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งพัฒนาสถานศึกษาทั่วประเทศให้มีคุณภาพและครอบคลุมทุกสังกัด

จากผลรายงานการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-Net) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนบ้านสีสุกห้วยโงง จังหวัดสกลนคร ตั้งแต่ปีการศึกษา 2564-2566 มีคะแนนรายวิชาวิทยาศาสตร์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 27.65, 32.46 และ 31.45 ตามลำดับ ซึ่งมาตรฐานการเรียนรู้ที่นักเรียนควรเร่งพัฒนา เนื่องจากคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ ได้แก่ สารที่ 4 เทคโนโลยี มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่โรงเรียนกำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 (อ้างอิงข้อมูลสถิติผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนบ้านสีสุกห้วยโงงปี 2564-2566) แสดงให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านสีสุกห้วยโงงยังไม่บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ นักเรียนมีความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์น้อย และแสดงออกทางความคิดน้อย ไม่ตอบคำถามระหว่างเรียน หรือตอบคำถามแต่ไม่มีการพิจารณาไตร่ตรองคำตอบอย่างรอบคอบ และมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในการทำงานน้อย ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำ และควรเร่งพัฒนาต่อไป

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ลงไปศึกษาและสังเกตการจัดการเรียนการสอนการเก็บข้อมูลเพื่อยืนยันสมมติฐานจึงได้ทดสอบทางด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่โรงเรียนบ้านสีสุกห้วยโงงในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ด้าน ดังนี้ 1. ความสามารถในการอ้างอิง 2. ความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น 3. ความสามารถในการนิรนัย 4. ความสามารถในการตีความ และ 5. ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง พบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านความสามารถในการนิรนัยน้อยที่สุดมีคะแนนเฉลี่ย 0.47 คะแนน จากคะแนนเต็ม

5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 9.33 รองลงมาคือ ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น มีคะแนนเฉลี่ย 1.23 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 24.67 ด้านความสามารถในการอ้างอิงมีคะแนนเฉลี่ย 1.47 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 29.33 ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับคือ 1.50 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 30.00 และด้านความสามารถในการตีความมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 1.53 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 30.67 ตามลำดับ ส่วนคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ด้าน ดังนี้ 1. ความคิดคล่องแคล่ว 2. ความคิดยืดหยุ่น 3. ความคิดริเริ่ม และ 4. ความคิดละเอียดลออ พบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดละเอียดล่อน้อยที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 0.87 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 21.67 รองลงมา คือ ด้านความคิดยืดหยุ่น มีคะแนนเฉลี่ย 0.97 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 24.17 ด้านความคิดริเริ่ม มีคะแนนเฉลี่ยคือ 1.30 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 32.50 และมีคะแนนด้านความคิดคล่องแคล่วมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 1.37 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 34.17 ซึ่งผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

จากสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์มีความสนใจที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้ศึกษาวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมสอดคล้องกับผู้เรียน ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยนำเอาการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานและแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกัน เพื่อใช้ในการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อให้ นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น และกล้าแสดงออกทางความคิดผ่านการสร้างนวัตกรรม การทดลอง และการนำเสนองาน และเพื่อให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น ตลอดจนการพัฒนาผู้เรียนให้ก้าวทันโลกอย่างมีคุณภาพ รู้จักการใช้เทคโนโลยีให้เป็นประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้สูงกว่าก่อนเรียน
2. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้สูงกว่าก่อนเรียน

3. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมุติฐานการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ มีสมมุติฐาน ดังนี้

1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1/2567 กลุ่มเครือข่ายที่ 11 (โรงเรียนขยายโอกาส) โรงเรียนอุดมสังวรวิทยา โรงเรียนบ้านสีสุกห้วยโหม่ง โรงเรียนบ้านภูตะคาม และโรงเรียนชุมชนบ้านท่าศิลา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสกลนคร เขต 2 มีนักเรียนจำนวน 126 คน ซึ่งมีสภาพห้องเรียนใกล้เคียงกันคือ จำนวนนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เท่ากัน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปลายภาคใกล้เคียงกันและมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

2. กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1/2567 โรงเรียนชุมชนบ้านสีสุกห้วยโหม่ง อำเภอส่องดาว จังหวัดสกลนคร จำนวน 30 คน เป็นห้องเรียนตามสภาพจริง (Intact group) ซึ่งได้มาโดยเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นห้องที่ผู้วิจัยได้เห็นถึงปัญหาในการเรียนของนักเรียน ซึ่งพบว่า ผลการทดสอบโดยใช้แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีคะแนนอยู่ในระดับต่ำ และจากการให้นักเรียนตอบคำถามในห้องเรียน นักเรียนตอบคำถามโดยการคาดเดาคำตอบและขาดการอ้างอิงหลักฐานทางวิทยาศาสตร์หรือนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ แต่ยังขาดการเชื่อมโยงแนวคิดกับหลักการวิทยาศาสตร์ นักเรียนไม่สามารถคิดนอกกรอบได้ ทั้งนี้ นักเรียนในกลุ่มที่ศึกษายังสามารถใช้

กระบวนการคิดและการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญต่อการศึกษาระดับสูงต่อไปได้

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการเรียนวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

- 3.2.1 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 3.2.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- 3.2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย ได้แก่ ภาคเรียนที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2567 ใช้เวลาในการทดลอง จำนวนรวมทั้งสิ้น 20 ชั่วโมง

5. เนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยเน้นไปที่เนื้อหาสาระของวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นเนื้อหาหลักและนำเนื้อหาบางส่วนของ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์มาบูรณาการร่วมกัน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) หมายถึง กระบวนการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล มีหลักเกณฑ์และตรวจสอบหลักฐาน ข้อเท็จจริงต่าง ๆ อย่างรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูลที่เป็นปัญหา หรือข้อมูลที่คลุมเครือ โดยอาศัยความรู้ ความคิด และประสบการณ์ของตนเองในการคิดทบทวน เพื่อนำไปสู่ การสรุปอย่างสมเหตุสมผล ก่อนที่จะตัดสินใจว่าจะเชื่อหรือไม่เชื่อ หรือตัดสินใจก่อนว่าจะกระทำหรือไม่กระทำ องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วย 5 ประการ ดังต่อไปนี้

1.1 ด้านความสามารถในการอ้างอิง (Inferences) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่าข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ

1.2 ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumptions) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น

1.3 ด้านความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากข้ออ้างโดยใช้หลักตรรกศาสตร์

1.4 ด้านความสามารถในการตีความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถในการให้นำหนัก ข้อมูล หลักฐาน เพื่อตัดสินความเป็นไปได้ของข้อสรุป

1.5 ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกการใช้เหตุผลว่าสิ่งใดเป็นความสมเหตุสมผล วัดได้จากแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถของนักเรียนในการคิดหรือการนำเอาประสบการณ์ความรู้เดิมมาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ เพื่อให้เกิดผลผลิต ชิ้นงาน แนวทางหรือวิธีการใหม่ ๆ ที่จะช่วยในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยอาศัย ความรู้ หลักการ แนวคิด และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และการลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบเขียนตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จำนวน 4 ข้อ ใช้เวลา 40 นาทีและใช้เกณฑ์การประเมินตามกรอบแนวคิดกิลฟอร์ด (Guilford) ที่วัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 4 ด้าน คือ

2.1 ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) เป็นความสามารถในการตอบเพื่อให้ได้คำตอบมากที่สุด ในเวลาที่กำหนด และคำตอบมีความชัดเจนถูกต้อง

2.2 ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นความคิดที่จะมีลักษณะคำตอบมีการจัดหมวดหมู่ มีหลักเกณฑ์ สามารถบอกหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการต่อวงจรไฟฟ้าได้ในชีวิตประจำวัน โดยไม่ซ้ำหน้าที่กัน ซึ่งถ้าหากในแต่ละคำตอบของแต่ละความคิดไม่มีทิศทางที่ซ้ำกัน แสดงว่านักเรียนเป็นผู้มีความคิดยืดหยุ่น

2.3 ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นความคิดที่มีความแปลกใหม่ ต่างจากความคิดเดิมที่เคยมีอยู่ มีการนำความรู้ที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้ และสร้างสิ่งมีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันและสังคมได้ และคำตอบไม่ซ้ำใคร

2.4 ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) เป็นความคิดที่สามารถบอกถึงรายละเอียดในสิ่งที่ผู้อื่นมองไม่เห็น สามารถประยุกต์ใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม ตรงตามต้องการ และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยในการตอบคำถามจะต้องดูรายละเอียดของการตอบคำถามที่มีความต่างกัน คำตอบของนักเรียนแต่ละคนตามวิธีคิดที่ต่างกัน จากเงื่อนไขที่กำหนดให้

3. การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning : PBL) หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นคว้าและปฏิบัติด้วยตนเอง ตามความถนัด ความสามารถ และความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการอื่น ๆ ไปใช้ในการศึกษาหาคำตอบ โดยมีครูคอยให้คำปรึกษาแก่นักเรียน ขั้นตอนการทำโครงงานแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอน โดยที่ครูและนักเรียนจะมีบทบาทในแต่ละขั้นของการทำโครงงาน ดังต่อไปนี้

3.1 การคิดหัวเรื่อง เป็นขั้นที่ครูจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา ทำให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็นและเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ และกำหนดขอบเขตของประเด็นปัญหาได้

3.2 การวางแผนทำโครงการ เป็นขั้นที่นักเรียนต้องรวมกลุ่มกันศึกษา ทำความเข้าใจปัญหาและวางแผนการดำเนินงาน โดยครูต้องทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียนและช่วยเหลือในการวางแผนทำโครงการ

3.3 การลงมือทำโครงการ เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำตามแผนงานที่เตรียมไว้และบันทึกผลการดำเนินงาน โดยครูมีหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียนหากมีปัญหา คอยอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนและติดตามการทำงานนักเรียนทุกระยะ

3.4 การสรุปผลการศึกษาและเขียนรายงาน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องเขียนรายงานเกี่ยวกับโครงการที่ได้ลงมือปฏิบัติสร้างข้อสรุปหรือตอบคำถามข้อสงสัยแล้วนำเสนอ โดยครูมีหน้าที่ตรวจสอบประเมินความเข้าใจ ให้ข้อเสนอแนะหรือคำแนะนำหากยังมีข้อบกพร่องและร่วมกับนักเรียนในการสรุปองค์ความรู้

3.5 การแสดงผลงาน เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องพิจารณา ทบทวนงานของตนเองและทำการปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะนำเสนอผลงานร่วมกันทั้งชั้นเรียน โดยครูมีหน้าที่จัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้แสดงผลงานและประเมินการดำเนินงานและจัดกิจกรรมเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

4. สะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยมีลักษณะการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน หรือการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แล้วนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกในการแสวงหาข้อมูล เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะรวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือกัน

5. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง การบูรณาการสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา ที่เน้นวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เข้ากับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นคว้าและปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถความถนัดและความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจบริบทของการทำโครงงานด้วยความรู้ประสบการณ์ และการสื่อสารกันระหว่างนักเรียน โดยขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีดังนี้

5.1 การคิดหัวเรื่อง เป็นขั้นที่ครูจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา ทำให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็นและเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ และกำหนดขอบเขตของประเด็นปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

5.2 การวางแผนทำโครงการ (Science + Engineering + Mathematics) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องรวมกลุ่มกันศึกษา ทำความเข้าใจปัญหาและวางแผนการดำเนินงาน มีการรวบรวมข้อมูล และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางแก้ไขปัญหา

5.3 การลงมือทำโครงการ (Science + Technology + Engineering + Mathematics) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำตามแผนงานที่เตรียมไว้ เพื่อการออกแบบชิ้นงานและบันทึกผลการดำเนินงาน โดยใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

5.4 การสรุปผลการศึกษาและเขียนรายงาน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องเขียนรายงานเกี่ยวกับโครงการที่ได้ลงมือปฏิบัติสร้างข้อสรุปหรือตอบคำถามข้อสงสัยแล้วนำเสนอ

5.5 การแสดงผลงาน (Engineering) เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องพิจารณา ทบทวนชิ้นงานของตนเองและทำการปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะนำเสนอผลงานร่วมกันทั้งชั้นเรียน

6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหา การนำความรู้ไปใช้ วิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า ในวิชาวิทยาศาสตร์ ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นผลจากการได้รับประสบการณ์จากการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา วัดได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร แนวคิดทฤษฎี หลักการ และเอกสารที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 1.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 1.2 แนวคิด ทฤษฎี เกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 1.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 1.4 การวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 2.1 ความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 2.2 องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 2.3 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 2.4 แนวทางการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
3. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
 - 3.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์
 - 3.2 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์
 - 3.3 คุณภาพนักเรียนวิทยาศาสตร์
 - 3.4 มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
4. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน
 - 4.1 ความหมายและหลักการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน
 - 4.2 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน
 - 4.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน
 - 4.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน
 - 4.5 การประเมินโครงงาน
5. สะเต็มศึกษา
 - 5.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
 - 5.2 องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

- 5.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
6. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 7.1 ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 7.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 7.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 7.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 7.5 ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 8.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 8.2 งานวิจัยต่างประเทศ
9. กรอบแนวคิดการวิจัย

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1. ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556) ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดไตร่ตรองอย่างรอบคอบเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาคลุมเครือ มีความขัดแย้ง เพื่อตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อหรือไม่ควรเชื่อ สิ่งใดควรทำสิ่งใด ไม่ควรทำ

สุ่มัทนา ดุลนีย์ (2562) ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดไตร่ตรอง ตัดสินใจ แยกแยะสิ่งที่ถูกสิ่งที่ผิดโดยใช้เหตุผลประกอบสิ่งที่อ้างว่าเป็นจริง โดยใช้ทั้งความรู้ทักษะ เจตคติ มาประเมินความถูกต้องนั้น ๆ

สิทธิพล อัจฉรินทร์ (2550) ให้ความหมายไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) หมายถึง กระบวนการทางสติปัญญา (Cognitive Process) ของบุคคลที่จะพิจารณาข้อมูล ปัญหาหรือสถานการณ์อย่างไตร่ตรอง รอบคอบ ผ่านกระบวนการแปลความหมายการวิเคราะห์ และการประเมินโดยอาศัยความรู้ กระบวนการคิดและประสบการณ์ของตนเอง

วรรณภา การเฉื่อยฉิน (2562) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดของบุคคลที่ใช้การพิจารณา ไตร่ตรอง อย่างมีเหตุผลและรอบคอบ มีหลักฐานที่เชื่อถือได้ ประเมินความถูกต้องของข้อมูล เพื่อหาข้อสรุปหรือช่วยในการตัดสินใจในข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้อง

Hilgard (1976) ได้ให้ความหมายของการคิดวิจารณ์ญาณว่า หมายถึง ความสามารถในการตัดสินใจหรือปัญหาว่าเป็นข้อเท็จจริงหรือเป็นเหตุเป็นผลกัน

Good (1973) การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ หมายถึง การคิดอย่างรอบคอบตามหลักของการประเมินและมีหลักฐานอ้างอิงเพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด และใช้กระบวนการตรรกวิทยาได้อย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล

Ennis (1985 อ้างถึงใน วรรณภา การเฉื่อยเฉิน, 2562) การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ หมายถึง การคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อ สิ่งใดควรทำ ช่วยให้ตัดสินใจสภาพการณ์ได้ถูกต้อง เพื่อนำไปสู่ข้อสรุป และการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผลว่าสิ่งใดถูกต้อง สิ่งใดควรเชื่อ สิ่งใดควรทำ

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ หมายถึง กระบวนการคิดไตร่ตรองอย่างรอบคอบ เพื่อตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผลว่าสิ่งใดถูกต้อง สิ่งใดควรเชื่อ สิ่งใดควรทำ โดยอาศัยความรู้ กระบวนการคิดและประสบการณ์ของตนเอง

2. แนวคิด ทฤษฎี เกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ

แนวคิดของ Dressel และ Mayhew (1957 อ้างถึงใน ปรมเสถร์ วงศ์ชาชม, 2559) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ

1. ความสามารถในการนิยามปัญหา ประกอบด้วย

1.1 ความสามารถในการตระหนักถึงความเป็นไปของปัญหา ได้แก่ การล่วงรู้ถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันในสภาพการณ์ การรู้ถึงความขัดแย้งและเรื่องราวที่สำคัญในสภาพการณ์ ความสามารถในการระบุจุดเชื่อมต่อที่ขาดหายไปของชุดเหตุการณ์ หรือความคิดและการรู้ถึงสภาพปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบ

1.2 ความสามารถในการนิยามปัญหา ได้แก่ การระบุถึงธรรมชาติของปัญหา ความเข้าใจถึงสิ่งที่เกี่ยวข้อง และจำเป็นในการแก้ปัญหา สามารถนิยามองค์ประกอบของปัญหา ซึ่งมีความยุ่งยาก และเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม สามารถจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของปัญหาที่มีความซับซ้อน ออกเป็นส่วนประกอบที่สามารถจัดกระทำได้ สามารถระบุองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา สามารถจัดองค์ประกอบให้เป็นลำดับขั้นตอนประกอบด้วยความสามารถต่าง ๆ 5 ด้าน คือ

2. ความสามารถในการเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา คือ ความสามารถตัดสินใจว่า ข้อมูลใดมีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา ความสามารถในการระบุว่าจะข้อมูลใด ควรยอมรับ หรือไม่ การเลือกตัวอย่างของข้อมูลที่มีความเพียงพอและเชื่อถือได้ ตลอดจนการจัดระบบระเบียบข้อมูล

3. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ประกอบด้วย ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ผู้อ้างเหตุผลไม่ได้กล่าวไว้ ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่คัดค้านการอ้างเหตุผล และความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการอ้างเหตุผล

4. ความสามารถในการกำหนดและเลือกสมมติฐาน ประกอบด้วย การค้นหาการชี้แนะ (Clues) ต่อคำตอบของปัญหา การกำหนดสมมติฐานต่าง ๆ โดยอาศัยข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดมาพิจารณาเป็นอันดับแรก การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ยังไม่ทราบ

5. ความสามารถในการสรุปอย่างสมเหตุสมผลและการตัดสินความสมเหตุสมผลของการคิดหาเหตุผล ซึ่งประกอบด้วย

5.1 ความสามารถในการลงสรุปอย่างสมเหตุสมผลโดยอาศัยข้อตกลงเบื้องต้น สมมติฐาน และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การระบุความสัมพันธ์ระหว่างคำกับประพจน์ การระบุถึงเงื่อนไขที่จำเป็นและเงื่อนไขเพียงพอ การระบุความสัมพันธ์เชิงเหตุผล และความสามารถในการระบุและกำหนดข้อสรุป

5.2. ความสามารถในการพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุป ได้แก่ การจำแนกการสรุปที่สมเหตุสมผล จากการสรุปที่อาศัยค่านิยม ความพึงพอใจ และความลำเอียง การจำแนกระหว่างการคิดหาเหตุผลที่มีข้อสรุปได้แน่นอนกับการคิดหาเหตุผลที่ไม่สามารถหาข้อสรุปที่เป็นข้อยุติได้

5.3 ความสามารถในการประเมินข้อสรุป โดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ใช้ ได้แก่ การระบุเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการพิสูจน์ข้อสรุป การรู้ถึงเงื่อนไขที่ทำให้ข้อสรุปไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ และการตัดสินความเพียงพอของข้อสรุปในลักษณะที่เป็นคำตอบของปัญหา

แนวคิดของ Watson และ Glaser (1964 อ้างถึงใน พรเมศวร์ วงศ์ชาชม, 2559) ได้กล่าวไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วย ทักษะคิด ความรู้ และทักษะในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

1. ทักษะคิดในการสืบเสาะ ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการเห็นปัญหา และความต้องการที่จะสืบเสาะค้นหาข้อมูล หลักฐานมาพิสูจน์ เพื่อหาข้อเท็จจริง

2. ความรู้ในการหาแหล่งข้อมูลอ้างอิง และการใช้ข้อมูลอ้างอิงอย่างมีเหตุผล

3. ทักษะในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะคิดดังกล่าวมาใช้ให้เป็นประโยชน์

จากการศึกษาค้นคว้าการวิจัยต่าง ๆ เกลเซอร์ ได้ผลสรุปว่า การวัดความสามารถทางการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ต้องวัดความสมารถย่อย ๆ ซึ่งมีอยู่ 5 ด้าน คือ

1. ความสามารถในการอ้างอิง (Inferences) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ

2. ความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumptions) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น

3. ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากข้ออ้างโดยใช้หลักตรรกศาสตร์

4. ความสามารถในการตีความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถในการให้น้ำหนัก ข้อมูล หลักฐาน เพื่อตัดสินความเป็นไปได้ของข้อสรุป

5. ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกการใช้เหตุผลว่าสิ่งใดเป็นความสมเหตุสมผล

แนวคิดของ Ennis (1985 อ้างถึงใน ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม, 2559) ได้กล่าวว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วย

1. ลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1.1 เป็นผู้มีใจกว้าง คือ ยอมรับฟังและพิจารณาความคิดเห็นของผู้อื่น ไม่ยึดมั่นถือมั่นความคิดเห็นของตนเป็นหลักและตัดสินใจด้วยข้อมูลประกอบเพียงพอ

1.2 มีความไวต่อความรู้สึกของผู้อื่น เข้าใจผู้อื่น

1.3 เปลี่ยนความคิดเห็นที่ตนมีอยู่ได้ ถ้ามีข้อมูลที่มีเหตุผลมากกว่า

1.4 กระตือรือร้นในการค้นหาข้อมูลและความรู้

1.5 เป็นผู้มีเหตุผล

2. ทักษะความสามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ ควรประกอบด้วย 12 ทักษะ

ดังต่อไปนี้

2.1 ความสามารถกำหนดหรือระบุประเด็นคำถามหรือปัญหา

2.1.1 ระบุปัญหาที่สำคัญได้ชัดเจน

2.1.2 ระบุเกณฑ์เพื่อตัดสินคำตอบที่เป็นไปได้

2.2 ความสามารถคิดวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง

2.2.1 ระบุข้อมูลที่มีเหตุผล หรือน่าเชื่อถือได้

2.2.2 ระบุข้อมูลที่ไม่มีเหตุผล หรือน่าเชื่อถือไม่ได้

2.2.3 ระบุความเหมือนและความแตกต่างของความคิดเห็น

2.3 ความสามารถถามด้วยคำถามที่ท้าทาย และการตอบคำถามได้อย่างชัดเจน

ตัวอย่างคำถามที่ใช้ เช่น

2.3.1 เพราะเหตุใด

2.3.2 ประเด็นสำคัญคืออะไร

- 2.3.3 ข้อความที่กำหนดนี้หมายความว่าอะไร
- 2.4. ความสามารถพิจารณาความเชื่อถือของแหล่งข้อมูล
- 2.4.1 เป็นข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่น่าเชื่อถือ
- 2.4.2 เป็นข้อมูลที่ไม่มีข้อมูลโต้แย้ง
- 2.4.3 เป็นข้อมูลที่สามารถให้เหตุผลว่าเชื่อถือได้
- 2.5 ความสามารถสังเกตและตัดสินผลข้อมูลที่ได้จากการสังเกตด้วยตนเองโดยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้
- 2.5.1 เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตด้วยตนเองโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ไม่ใช่เพียงได้ยินมาจากคนอื่น
- 2.5.2 จากการบันทึกข้อมูลเป็นผลมาจากการสังเกตด้วยตนเองและมีการบันทึกทันที ไม่ปล่อยทิ้งไว้นาน แล้วมาบันทึกภายหลัง
- 2.6 ความสามารถนิรภัยและตัดสินผลการนิรภัย คือ สามารถนำหลักการใหญ่ไปแตกเป็นหลักย่อย ๆ ได้ หรือนำหลักการไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้
- 2.7 ความสามารถอุปนัย และตัดสินผลการอุปนัย คือ ในการสรุปอ้างอิงไปยังกลุ่มประชากรนั้น กลุ่มตัวอย่างต้องเป็นตัวแทนของประชากร และก่อนที่จะมีการอุปนัยนั้นต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างถูกต้องตามแผนที่กำหนด และมีข้อมูลเพียงพอต่อการสรุปแบบอุปนัย
- 2.8 ความสามารถตัดสินคุณค่าได้
- 2.8.1 สามารถพิจารณาทางเลือก โดยมีข้อมูลพื้นฐานเพียงพอ
- 2.8.2 สามารถชั่งน้ำหนักระหว่างผลดี และผลเสียก่อนตัดสินใจ
- 2.9 ความสามารถให้ความหมายต่าง ๆ และตัดสินความหมาย เช่น
- 2.9.1 สามารถบอกคำเหมือน คำที่มีความคล้ายกัน
- 2.9.2 สามารถจำแนก จัดกลุ่มได้
- 2.9.3 สามารถให้คำอธิบายเชิงปฏิบัติได้
- 2.9.4 ยกตัวอย่างที่ไม่ใช่ได้
- 2.10 ความสามารถระบุข้อสันนิษฐานได้
- 2.11 ความสามารถตัดสินใจเพื่อนำไปปฏิบัติได้ เช่น ทักษะต่อไปนี้
- 2.11.1 การกำหนดปัญหา
- 2.11.2 การเลือกเกณฑ์ตัดสินผลที่เป็นไปได้
- 2.11.3 กำหนดทางเลือกอย่างหลากหลาย
- 2.11.4 เลือกทางเลือกเพื่อปฏิบัติ
- 2.11.5 ทบทวนทางเลือกอย่างมีเหตุผล

2.12 การปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น

โดยสรุปแล้ว ทักษะความสามารถคิดวิเคราะห์อย่างมีวิจารณญาณจาก 12 ทักษะดังกล่าวเมื่อนำมาพิจารณาแล้วจะสามารถนำมาสรุปได้เป็นหลักการ 4 หลักการ ดังต่อไปนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2540)

1. ข้อมูลมีความชัดเจน (Clarity)
2. ข้อมูลและความรู้จากแหล่งต่าง ๆ มีความสมเหตุสมผลเป็นที่ยอมรับ (Basis)
3. ในการสรุปอ้างอิง (Inference) นั้นกระบวนการสรุปที่ใช้คือ 1) นิรนัย 2) อุปนัย ซึ่งในการสรุปต้องคำนึงถึงการตัดสินคุณค่า (Value Judgment) ด้วย
4. การปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ๆ (Interaction) การปฏิสัมพันธ์เพื่อให้ได้ข้อมูลความรู้ ต้องมีทักษะการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะของบุคคลที่มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตามแนวทฤษฎีของ Ennis (1985) มีดังนี้
 - 4.1 สามารถเข้าใจความหมายของข้อความหรือเรื่องราวต่าง ๆ ที่จะนำมาอ้างอิงเพื่อสนับสนุนเหตุผลหรือโต้แย้งต่าง ๆ
 - 4.2 สามารถตัดสินข้อความที่คลุมเครือในเหตุผลที่เสนอและต้องมีความเข้าใจในความหมายของข้อความที่แตกต่างกัน
 - 4.3 เป็นบุคคลที่สามารถพิจารณาและตัดสินข้อความที่ขัดแย้งกันได้เพื่อประโยชน์ในการตัดข้อความที่ขัดแย้งออก ลักษณะเช่นนี้ต้องอาศัยพื้นฐานทางตรรกศาสตร์
 - 4.4 สามารถพิจารณาและตัดสินข้อความได้ว่ามีข้อมูลเพียงพอหรือไม่
 - 4.5 สามารถพิจารณาและตัดสินข้อสรุปตามที่มีข้อสนับสนุนได้ โดยการใช้การตัดสินแบบอนุमान
 - 4.6 สามารถพิจารณาและตัดสินข้อความที่มีหลักฐานและนำไปประยุกต์ใช้ได้
 - 4.7 สามารถพิจารณาและตัดสินข้อความที่สังเกตได้ว่าน่าเชื่อถือได้เพียงใด
 - 4.8 สามารถพิจารณาและตัดสินเหตุผลในการลงข้อสรุปแบบอนุमानได้
 - 4.9 สามารถพิจารณาและตัดสินได้ว่าการกำหนดปัญหาแล้วหรือยัง
 - 4.10 สามารถพิจารณาข้อความที่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นได้
 - 4.11 สามารถพิจารณาว่ามีค่านิยมเพียงพอหรือยัง
 - 4.12 สามารถพิจารณาข้อความที่กระทำโดยผู้เชี่ยวชาญว่าเป็นที่ยอมรับได้หรือไม่

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณมี 5 ด้าน ตามแนวคิดของวัตสันและเกลเซอร์ ดังนี้ ความสามารถในการอ้างอิง เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ

ความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใด เป็นข้อตกลงเบื้องต้นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น ความสามารถในการนิรนัย เป็นการวัด ความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากข้ออ้างโดยใช้หลักตรรกศาสตร์ ความสามารถในการตีความ เป็นการวัดความสามารถในการให้นำหนัก ข้อมูล หลักฐาน เพื่อตัดสินความเป็นไปได้ ของข้อสรุป และความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง เป็นการวัด ความสามารถในการจำแนก การใช้เหตุผลว่าสิ่งใดเป็นความสมเหตุสมผล

3. กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ทิสนา แคมมณี (2559) ได้กล่าวถึง กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า กระบวนการ คิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นความสามารถทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ความจำความเข้าใจ จนถึง ขั้นการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า ตามแนวคิดของบลูม (Bloom) หรือกาเย่ (Gagne') ที่เริ่มจากการเรียนรู้สัญลักษณ์ทางภาษาจนโยงเป็นความคิดรวบยอด เป็นกฎเกณฑ์และนากฎเกณฑ์ ไปใช้ ผู้สอนควรพยายามใช้เทคนิคดังต่อไปนี้ ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้เป็นขั้น ๆ อาจจะใช้เทคนิคใด ก่อนหลังก็ได้ ขึ้นอยู่กับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน แต่ควรพยายามกระตุ้นให้ผู้เรียนผ่าน ขั้นตอนย่อย ทุกขั้นตอน ดังนี้

1. สังเกต ให้ผู้เรียนทำกิจกรรมรับรู้แบบปรนัยให้เกิดความเข้าใจ ได้ความคิด รวบยอด เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ สรุปเป็นใจความสำคัญครบถ้วน ตรงตามหลักฐาน ข้อมูล

2. อธิบายให้ผู้เรียนตอบคำถาม แสดงความคิดเห็นเชิงเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับ สิ่งที่กำหนด เน้นการใช้เหตุผล ด้วยหลักการ กฎเกณฑ์และอ้างหลักฐานข้อมูลประกอบให้น่าเชื่อถือ

3. รับฟัง ให้ผู้เรียนได้ฟังความเห็นคำวิพากษ์วิจารณ์ที่มีต่อความคิดของตนได้ตอบ คำถาม ได้ตอบ และแสดงความคิดเห็นของตน ฝึกให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนความคิดเดิมของตนตาม เหตุผลหรือข้อมูลที่ดี โดยไม่ใช้อารมณ์

4. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ ให้ผู้เรียนได้เปรียบเทียบ ความแตกต่าง และ ความคล้ายคลึงของสิ่งต่าง ๆ ให้สรุปจัดกลุ่มสิ่งที่เป็นพวกเดียวกัน เชื่อมโยงเหตุการณ์เชิงสาเหตุ และผล หากกฎเกณฑ์การเชื่อมโยงในลักษณะอุปมาอุปไมย

5. วิเคราะห์ จัดกิจกรรมให้วิเคราะห์เหตุการณ์ คำกล่าว แนวคิด หรือการกระทำ แล้วให้จำแนกหาจุดเด่น-จุดด้อย ส่วนดี-ส่วนเสีย ส่วนสำคัญ-ไม่สำคัญจากสิ่งนั้น ด้วยการยกหลักการ มาประกอบการวิจารณ์

6. สรุป จัดกิจกรรมให้พิจารณาส่วนประกอบของการกระทำหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงเกี่ยวข้องกัน แล้วให้สรุปผลอย่างตรงและถูกต้องตามหลักฐานข้อมูล

Dressel และ Mayhew (1957) ได้กล่าวถึงกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. ความสามารถในการนิยามปัญหา เป็นความสามารถในการวิเคราะห์ข้อความหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นปัญหา แล้วสามารถบอกลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นได้ และการนิยามปัญหานั้นมีความสามารถมากสำหรับการอ่านและฟังเรื่องราวต่าง ๆ
2. ความสามารถในการเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นความสามารถในการพิจารณาและเลือกข้อมูลเพื่อนำมาแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง การพิจารณาความพอเพียงของข้อมูล การจัดระบบของข้อมูล และความสามารถในการมองเห็นว่าอะไรคือปัญหาที่แท้จริง
3. ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น เป็นความสามารถในการพิจารณาแยกแยะว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นและข้อความใดไม่ใช่ข้อตกลงเบื้องต้นของข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ความสามารถนี้มีความสำคัญเพราะว่าทำให้มองเห็นความแตกต่างของข้อมูลเพื่อลงความเห็นว่าควรจะยอมรับหรือไม่
4. ความสามารถในการกำหนดและเลือกสมมติฐาน เป็นความสามารถในการกำหนดหรือเลือกสมมติฐานจากข้อความหรือสถานการณ์ให้ตรงกับปัญหาในข้อความหรือสถานการณ์นั้น ๆ ความสามารถนี้มีความสำคัญ เพราะทำให้มีความรอบคอบและมีความพยายามในการคิดถึงความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหา หรือความเป็นไปได้ของสมมติฐาน
5. ความสามารถในการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล เป็นความสามารถในการคิดพิจารณาข้อความเกี่ยวกับเหตุผล โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุ ความสามารถนี้มีความสำคัญ เพราะทำให้สามารถลงความเห็นว่าตามความจริงจากหลักฐานหรือข้อมูลที่มีอยู่

Ennis (1985) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยแบ่งกระบวนการของการคิดวิจารณ์ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ความสามารถในการระบุปัญหา หมายถึง การพิจารณาข้อมูลปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ เพื่อกำหนดประเด็นปัญหา ข้อสงสัยข้อคำถาม รวมทั้งการพิจารณาความหมายของคำ ความชัดเจนของข้อความ ความสามารถในการระบุปัญหาถือเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพราะทำให้ตัวบุคคลตระหนักว่าปัญหานั้นคืออะไร เป็นองค์ประกอบแรกที่เป็นตัวป้อนหรือเป็นสิ่งเร้าให้คนเริ่มคิด
2. การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา หมายถึง การขวนขวายหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาจากแหล่งต่าง ๆ ให้ได้มากที่สุด เพื่อให้ครอบคลุมประเด็นปัญหาทุกแง่มุม และข้อมูลส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับข้อความ ข้อโต้แย้ง ดังนั้นวิธีการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นจึงได้แก่ การสังเกต (Observation) ทั้งสังเกตด้วยตนเอง และรวบรวมจากการสังเกตของผู้อื่น รวมทั้งการดึงข้อมูลจากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ของตน การรวบรวมข้อมูลนี้จะกระทำหลังจากที่ระบุได้ว่าปัญหาคืออะไร

3. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล หมายถึง การพิจารณาถึงความน่าเชื่อถือของแหล่งที่มาของข้อมูล เพราะข้อมูลที่มาจากแหล่งที่ไม่น่าเชื่อถือขาดความถูกต้องอาจนำไปสู่การสรุปที่ผิดพลาดได้ ดังนั้นถ้าประเมินแล้วพบว่าข้อมูลมาจากแหล่งที่ขาดความน่าเชื่อถือหรือไม่ถูกต้องให้ตัดทิ้งไป ส่วนข้อมูลที่มาจากแหล่งที่น่าเชื่อถือได้ก็เก็บไว้ใช้ต่อไป ขณะเดียวกันก็ประเมินความเพียงพอของข้อมูลทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ ถ้าพบว่าข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับการพิจารณาเพื่อหาข้อสรุปก็ต้องรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมอีก ซึ่งจะกระทำหลังจากที่ได้รวบรวมข้อมูลมาแล้วก็นำมาพิจารณาความน่าเชื่อถือและความพอเพียงของข้อมูล

4. การแยกแยะความแตกต่างของข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ หรือมีความถูกต้องเพียงพอแล้ว ก็นำมาแยกแยะความแตกต่างของข้อมูล ที่ความข้อมูลประเมินว่าข้อมูลใดเป็นข้อเท็จจริง ข้อมูลใดเป็นข้อคิดเห็น คำโฆษณา คำชวนเชื่อ หรือการกล่าวอ้างเกินจริง ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลจากประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิม

5. การหาข้อสรุป หมายถึง การนำข้อมูลที่แยกแยะมาแล้วมาพิจารณาเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ เพื่อกำหนดแนวทางว่าข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้จากข้อมูลที่มีปรากฏนั้นมีความเป็นไปได้ในแนวทางใดบ้าง เพื่อที่จะเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการตรวจสอบสมมติฐาน แล้วหาข้อสรุปซึ่งต้องอาศัยการสรุปแบบอุปนัยและนิรนัย โดยพิจารณาจากข้อมูลที่มีอยู่อย่างสมเหตุสมผลว่าสิ่งใดควรเชื่อหรือยอมรับได้ สิ่งใดไม่ควรเชื่อหรือควรปฏิเสธ สิ่งใดควรทำหรือไม่ควรทำ หรือควรสรุปอย่างไรต่อประเด็นปัญหานั้น การหาข้อสรุปจากสมมติฐานจำเป็นต้องอาศัยการใช้เหตุผล (Reasoning) ที่เหมาะสมและดีที่สุด

6. การนำไปใช้ประโยชน์หมายถึง การนำข้อสรุปนั้นมาดูความสมเหตุสมผลซึ่งต้องอาศัยความสามารถในการวิเคราะห์และการประเมิน ประกอบกับการพิจารณาว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือไม่จะเกิดผลตามมาอย่างไร และถ้าข้อมูลที่ได้รับมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือในกรณีที่ได้รับข้อมูลเพิ่มเติมใหม่ในภายหลังที่ชี้ให้เห็นว่าข้อสรุปเดิมไม่สมเหตุสมผลโดยอาจต้องทำการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม แล้วย้อนกลับไปพิจารณาข้อมูลเดิมอีกครั้งหนึ่งเพื่อตั้งสมมติฐานและสรุปใหม่

จากที่กล่าวมาสรุปกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ว่า กระบวนการคิดที่ใช้เหตุใช้ผลพิจารณาได้ตรงอย่างรอบคอบ โดยการศึกษาข้อมูล หลักฐาน แยกแยะข้อมูลว่า ข้อมูลใดคือข้อเท็จจริง ข้อมูลใดคือความคิดเห็น ตลอดจนพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล แล้วตั้งสมมติฐานเพื่อหาสาเหตุของปัญหา และสามารถหาแนวทางแก้ไขปัญหานั้น ๆ ได้

4. การวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การวัดความสามารถในการคิดตามแนวทางของนักวัดกลุ่มจิตมิติ ส่วนใหญ่สนใจการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ซึ่งได้มีการพัฒนาออกแบบวัดอย่างหลากหลาย ดังนี้ (ทิตนา แชมมณี และคณะ, 2544 อ้างถึงใน สุมัทนา ดุลนีย์, 2562)

1. แบบวัดความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่เป็นมาตรฐาน เป็นแบบวัดที่มีผู้สร้างไว้แล้วที่นิยมใช้กันมากจะขอยกตัวอย่าง 2 แบบ ดังนี้

1.1 แบบวัด Cornell Critical Thinking Test สร้างขึ้นโดย เอนนิส และมิลแมน (Ennis and Millman) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961 จากนั้นมีการพัฒนาปรับปรุงขึ้นเรื่อย ๆ ล่าสุดปี 1985 ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณขึ้นมา 2 ฉบับ เพื่อวัดกลุ่มบุคคลต่างระดับกัน ดังนี้

1.1.1 แบบวัดความสามารถในการคิด Cornell Critical Thinking Test Level X เป็นแบบวัดความสามารถในการคิดที่ใช้วัดกับนักเรียนตั้งแต่ระดับ 4 จนถึงระดับ 12 เป็นแบบวัดเลือกตอบชนิด 3 ตัวเลือก จำนวน 71 ข้อ ใช้เวลาสอบ 50 นาที วัดความสามารถ 4 ด้าน คือ

1) ด้าน 1 ความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of sources and observations) คือ ความสามารถในการพิจารณาความถูกต้องของข้อมูล ความเป็นไปได้ของข้อความ รายงานจากการสังเกตของบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินว่า ข้อใดมีความน่าเชื่อถือมากกว่ากันหรือน่าเชื่อถือพอ ๆ กัน

2) ด้าน 2 ความสามารถในการอุปนัย (Induction) คือ ความสามารถในการตัดสินใจได้ว่าข้อเท็จจริงใดสนับสนุน คัดค้าน หรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อสรุปที่คาดคะเนไว้

3) ด้าน 3 ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) คือ ความสามารถในการหาข้อสรุปในสถานการณ์เฉพาะจากประโยคหลักที่กำหนดไว้

4) ด้าน 4 ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption identification) คือ ความสามารถในการระบุว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งจำเป็นต้องมีก่อนข้อความหลักที่กำหนดให้ เพื่อให้การลงข้อสรุปมีความถูกต้องตามหลักการนิยาม

ตัวอย่างที่ 1 แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ เอนนิส และมิลแมน (Ennis and Millman) (Level X) ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก 4 ด้าน สำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (จุฑาทิพย์ชาติสุวรรณ, 2548)

คำชี้แจง พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม ข้อ 1 – 4

“นักวิชาการให้สัมภาษณ์กับผู้สื่อข่าวว่า ในปัจจุบันอาหารข้างมีจำนวนลดลงมาก ซึ่งคิดเป็นส่วนแล้วไม่เพียงพอกับความต้องการต่อวันของข้างที่มีอยู่ นักข่าวจึงกล่าวว่า ถ้าอย่างนั้นเราก็จะเห็นข้างไทยเพียงในรูปแบบเดียวกับโดโนเสาร์”

1. นักเรียนคิดว่าคำพูดของใครน่าเชื่อถือมากกว่ากัน (วัดด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต)

- ก. นักวิชาการ
- ข. ผู้สื่อข่าว
- ค. น่าเชื่อถือพอกัน
(คำตอบคือ ก)

2. นักข่าวคิดอย่างไรกับคำพูดของนักวิชาการ (วัดด้านอุปนิสัย)

- ก. คัดค้าน
- ข. สนับสนุน
- ค. ไม่เกี่ยวข้องกัน
(คำตอบคือ ค)

3. สรุปได้ว่าข้างไทยในอนาคต ตามความคิดของนักข่าวจะเป็นอย่างไร (วัดด้านนิรนัย)

- ก. สูญพันธุ์
- ข. ข้างอพยพ
- ค. จำนวนเพิ่มขึ้น
(คำตอบคือ ก)

4. ข้อใดเป็นสาเหตุให้ข้างลดจำนวนลง (วัดด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น)

- ก. ไม่มีอาหารกิน
- ข. ตัวใหญ่เกินไป
- ค. ไม่มีที่อยู่อาศัย
(คำตอบคือ ก)

เกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูก ได้ 1 คะแนน ตอบผิด ได้ 0 คะแนน

1.1.2 แบบวัดความสามารถในการคิด Cornell Critical Thinking Test Level Z เป็นแบบวัดความสามารถในการคิดที่ใช้วัดกับนักเรียนมัธยมศึกษาที่มีปัญหาเป็นเลิศ และกลุ่มนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัยจนถึงวัยผู้ใหญ่ เป็นแบบทดสอบชนิด 3 ตัวเลือก จำนวน 52 ข้อ ใช้เวลาสอบ 50 นาที วัดความสามารถ 7 ด้าน ดังนี้ คือ ด้านอุปนัย (Induction) ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล (Credibility of Source) การพยากรณ์และการวางแผนการทดลอง (Prediction and experimental planning) การอ้างอิงเหตุผลผิดหลักตรรกศาสตร์ (Fallacies) การนิรนัย (Deduction) การให้คำจำกัดความ (Definition) และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption identification)

1) แบบทดสอบ Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal (WGCTA) สร้างขึ้นโดยวัตสัน และเกลเซอร์ (Watson and Glaser) ประมาณ ปี 1937 และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ฉบับล่าสุด ปี ค.ศ. 1980 ใช้กับนักเรียนเกรด 9 ถึงระดับวัยผู้ใหญ่ ลักษณะของแบบทดสอบ เป็นแบบคู่ขนาน คือ แบบทดสอบ From A และแบบ From B ชนิดเลือกตอบหลายลักษณะ จำนวน 80 ข้อ ใช้เวลาสอบ 50 นาที วัดความสามารถ 5 ด้าน ดังนี้

1.1) ด้าน 1 ความสามารถในการอ้างอิง (Inference) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริง เป็นเท็จ ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปประมาณ 3-5 ข้อ ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่า ข้อสรุปแต่ละข้อเป็นเช่นไร โดยเลือกจากตัวเลือก 5 ตัว ดังนี้ เป็นจริง น่าเป็นจริง ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ น่าจะเป็นเท็จ

1.2) ด้าน 2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ข้อความใดไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อความ 2-3 ข้อ ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่า ข้อความในแต่ละข้อ ข้อใดเป็น ไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์นั้น

1.3) ด้าน 3 นิรนัย (Deduction) เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากข้ออ้าง โดยใช้หลักตรรกศาสตร์ ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดข้ออ้างไว้แล้ว มีข้อสรุป 2-4 ข้อ ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่า ข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้หรือไม่ได้ตามข้ออ้างนั้น

1.4) ด้าน 4 การตีความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถในการลงความเห็นและอธิบายความเป็นไปได้ของข้อสรุป ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้โดยในแต่ละสถานการณ์มีข้อสรุปมาให้ 2-3 ข้อ ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่า ข้อสรุปในแต่ละข้อ ใช่ หรือไม่ใช่ ข้อสรุปที่จำเป็นของสถานการณ์นั้น

1.5) ด้าน 5 การประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Argument)

เป็นการวัดความสามารถในการตอบคำถามและอ้างเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้ ซึ่งแต่ละคำถามจะมีคำตอบพร้อมเหตุผล ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าคำตอบใดมีความสำคัญเกี่ยวข้องกันโดยตรงกับคำถาม

ตัวอย่างที่ 2 แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตามแนวคิด ของวัตสัน และเกลเซอร์ (Watson and Glaser) ชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) 3 ตัวเลือก ซึ่งมี 5 ด้าน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยจะใช้สถานการณ์เดิมในตัวอย่างที่ 1 (จุฬาทิพย์ชาติสุวรรณ, 2548)

คำชี้แจง พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วใช้ตอบคำถาม ข้อ 1 – 5

นักวิชาการให้สัมภาษณ์กับผู้สื่อข่าวว่า ในปัจจุบันอาหารข้างมีจำนวนลดลงมาก ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนแล้วไม่เพียงพอกับความต้องการต่อวันของข้างที่มีอยู่ นักข่าวจึงกล่าวว่า ถ้าอย่างนั้นเราก็จะเห็นข้างไทยเพียงในรูปถ่ายเหมือนกับโดโนเสาร์

1. จากสถานการณ์ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า “ข้างต้องอพยพไปหาที่อยู่ใหม่” ข้อสรุปดังกล่าวตรงกับข้อใด (ด้านความสามารถในการอ้างอิง)

- ก. เป็นข้อสรุปเป็นจริง
- ข. เป็นข้อสรุปที่เป็นเท็จ
- ค. ข้อมูลที่สนับสนุนไม่เพียงพอ
(คำตอบคือ ก)

2. เหตุผลในข้อใดที่เป็นเงื่อนไขสำคัญที่ทำให้ข้าง ลดจำนวนลง (ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น)

- ก. ไม่มีอาหารกิน
- ข. ตัวใหญ่เกินไป
- ค. ไม่มีที่อยู่อาศัย
(คำตอบคือ ก)

3. สรุปได้ว่าข้างไทยในอนาคตตามความคิดของนักข่าวจะเป็นอย่างไร (ด้านการนิรนัย)

- ก. สูญพันธุ์
- ข. ข้างอพยพ
- ค. มีจำนวนเพิ่มขึ้น

(คำตอบคือ ก)

4. สาเหตุสำคัญของสถานการณ์ คือข้อใด (ด้านการตีความ)

ก. ป่าไม้ถูกทำลาย

ข. ช้างมีปริมาณเพิ่มขึ้น

ค. ช้างต้องสูญพันธุ์เหมือนไดโนเสาร์

(คำตอบคือ ก)

5. ท่านเห็นด้วยหรือไม่ที่เราจะเห็นช้างเพียงในรูปถ่ายเหมือนไดโนเสาร์
(ด้านการประเมินข้อโต้แย้ง)

ก. เห็นด้วย เพราะอาหารช้างมีไม่เพียงพอ

ข. เห็นด้วย เพราะช้างมีรูปร่างใหญ่โตมาก

ค. ไม่เห็นด้วย เพราะช้างยังสามารถไปหากินที่อื่นได้อีก

(คำตอบคือ ค)

เกณฑ์การให้คะแนน ตอบถูก ได้ 1 คะแนน ตอบผิด ได้ 0 คะแนน

จากแบบทดสอบมาตรฐาน Cornell Critical Thinking Test Level Z และ Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal (WGCTA) เป็นแบบทดสอบเหมาะสำหรับนักเรียนที่มีปัญญาเลิศระดับมัธยมศึกษาจนถึงระดับวัยผู้ใหญ่ ส่วนแบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test Level X เป็นแบบทดสอบที่ใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย แต่ถ้าแบบวัดมาตรฐานสำหรับการคิดที่ใช้อยู่ทั่วไปไม่สอดคล้องกับเป้าหมายการวัดของผู้วิจัย เช่น จุดเน้นที่ต้องการวัด ขอบเขตความสามารถทางการคิดที่มุ่งวัด หรือกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการใช้แบบวัด เป็นต้น ผู้วิจัยจึงต้องสร้างแบบวัดความคิดอย่างมีวิจารณญาณขึ้นใช้เอง เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการในการวัดของผู้วิจัยอย่างแท้จริง

จากที่กล่าวมาการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้มีนักวิชาการคิดแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เช่น แบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test Level X ซึ่งสร้างโดย เอนนิส และมิลแมน แบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test Level Z เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดกับนักเรียนมัธยมศึกษาที่มีปัญญาเป็นเลิศ แบบทดสอบ Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal (WGCTA) และแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบบอัตนัย ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตามแนวคิด ของ วัตสัน และกลเซอร์ (Watson and Glaser) เป็นแบบทดสอบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก วัดความสามารถ 5 ด้าน คือ ด้าน 1 ความสามารถในการอ้างอิง ด้าน 2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้าน 3 นิรนัย ด้าน 4 การตีความ และด้าน 5 การประเมินข้อโต้แย้ง จำนวน 25 ข้อ

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Creativity in Science)

วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบด้วยเนื้อหา และกระบวนการหากนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็จะเป็นผู้ที่มีกระบวนการคิดเพื่อแสวงหาความรู้ ดังนั้นในการคิดสร้างสรรค์จึงต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งก่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านสติปัญญา การแก้ปัญหา และการค้นพบความรู้ใหม่ ได้มีนักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ให้ความหมายไว้หลายท่าน ดังนี้

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ลักษณะทางปัญญา และความสามารถ ในการสร้างหรือประดิษฐ์ และศักยภาพในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ที่แปลกใหม่ที่มีประโยชน์ต่อสังคม หรือเฉพาะบุคคล โดยมีวัตถุประสงค์ในการประดิษฐ์หรือคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ โดยนำข้อมูลที่ได้รับมาใช้ประโยชน์ อธิบายโครงสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อย่างละเอียดดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างจากความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป เริ่มต้นจากความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะเน้นในด้านการทดลอง การค้นหาและแก้ไขปัญหา การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบ

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถประเภทหนึ่ง โดยโครงสร้างของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะไม่รวมการคิดที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์แม้ว่าปัจจัยนั้นจะส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จะขึ้นอยู่กับความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์

4. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีการใช้โครงสร้างเดิมและมีการพัฒนาโครงสร้าง เช่น เดิมนักวิทยาศาสตร์รุ่นเดิมและรุ่นใหม่ มีโครงสร้างทางความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมือนกัน แต่ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนจะเกิดพัฒนาขึ้นในภายหลัง

5. ความคิดสร้างสรรค์และการคิดวิเคราะห์ มีปัจจัยที่แตกต่างกัน แต่อยู่ในฟังก์ชันด้านความสามารถในการคิดเช่นกัน

Piltz, Schnitzler และ Menne (1987) ได้กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกระบวนการคิดการกระทำเพื่อแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เน้นถึงความริเริ่ม โดยมุ่งเน้นที่การพัฒนาความคิดเพื่อให้ได้ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ที่มีความแปลกใหม่มีศิลปะ นอกจากนี้บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ควรจะมีความสามารถ คือ

1. ความสามารถในการจดจำปัญหา
2. ความสามารถในการผลิตความคิดใหม่
3. ความสามารถในการจัดระเบียบความคิด
4. ความสามารถในการประเมินผล

Moravesik (1981) ได้กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง การคิดค้นหาความรู้ใหม่ ๆ อันเป็นอันตบสนองความมุ่งหมาย 3 ประการทางวิทยาศาสตร์ คือ

1. เพื่อเป็นพื้นฐานของเทคโนโลยี
2. เพื่อตอบสนองความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์ ซึ่งพยายามที่จะรู้และอธิบาย สิ่งที่เกิดรอบ ๆ ตัว ได้
3. เพื่อก่อผลกระทบต่อกิจกรรมของคนที่มิหน้าที (ของปัจเจกชน) ที่มีต่อสังคม

วนิช สุธาร์ตัน (2543) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะโดยธรรมชาติ เป็นแบบเดียวกับความคิดสร้างสรรค์ทางศิลปะ คือ เป็นกระบวนการอิสระที่ทำให้ค้นพบ วิธีการแก้ปัญหาทฤษฎีใหม่ ตลอดจนสิ่งใหม่หรือแนวทางใหม่ ด้วยการใช้สติปัญญาของมนุษย์และมีลักษณะพิเศษเช่นเดียวกับความคิดสร้างสรรค์ทางศิลปะตรงที่มีลักษณะความเป็นเฉพาะทางตามธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ที่แบ่งแยกออกเป็นแขนงต่าง ๆ หลายแขนง ลักษณะพิเศษของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือ มีเป้าหมายอยู่ที่การตอบสนองความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งเป็นธรรมชาติพื้นฐานของมนุษย์และเพื่อสร้างสรรค์เครื่องมือ เครื่องจักร ตลอดจนเทคโนโลยีอันสามารถก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม มนุษยชาติ และต่อโลก

กชพรรณ เกสัชชา (2560) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของกระบวนการคิดในการแก้ปัญหา โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้สิ่งแปลกใหม่และมีคุณค่า ซึ่งสามารถแสดงออกได้ 4 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

ไพลิน แก้วดก (2561) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยอาศัยความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของบุคคล เป็นการคิดหลายทิศทาง ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ มีเป้าหมายเพื่อตอบสนองความอยากรู้อยากเห็นในการคิดประดิษฐ์และสร้างสรรค์เครื่องมือ เครื่องจักร ตลอดจนเทคโนโลยีซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษยชาติ

อับดุลยามีน หะยีชาเดร์ (2560) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นความสามารถของบุคคลในการคิดที่ก่อให้เกิดผลผลิต แนวทางหรือวิธีการใหม่ ๆ ได้หลายวิธีที่จะช่วยในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ปิยะมาศ เจริญชัย (2558) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดหลากหลายแง่มุม เพื่อใช้แก้ปัญหา หรือสร้างสิ่งประดิษฐ์จนทำให้เกิดความแปลกใหม่

นัฏฐา จะรา (2559) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการจินตนาการและรวบรวมความรู้ความคิดเดิมอย่างหลากหลาย และรวดเร็ว แล้วสร้างเป็นความรู้ ความคิดใหม่ของตนเอง สามารถคิดนอกกรอบได้ มีผลงานการคิด สามารถริเริ่ม และสร้างสรรค์ผลงาน หรือสิ่งใหม่ ๆ ได้

สมรัก อินทวิมลศรี (2560) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถการคิดอย่างรวดเร็วหลากหลายแนวทาง มีความหมายและเป็นประโยชน์ต่อ วิทยาศาสตร์นำไปสู่การแก้ปัญหาหรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยประกอบด้วย องค์ประกอบของ ความคิดสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม โดยสรุป นิยามของแต่ละองค์ประกอบได้ดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดคำตอบได้ถูกต้อง และมีจำนวนมาก ในเวลาที่จำกัด
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการคิดคำตอบได้ถูกต้อง และมีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลากหลายแนวทาง
3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถในการคิดคำตอบที่แปลกใหม่ มีความโดดเด่นและสอดคล้องกับบริบท

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดหรือการนำเอาประสบการณ์ความรู้เดิมมาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ เพื่อให้เกิดผลผลิต ชิ้นงาน แนวทางหรือวิธีการใหม่ ๆ ที่จะช่วยในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยอาศัย ความรู้ หลักการ แนวคิด และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชี้ให้เห็นถึงลักษณะของบุคคล ที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ซึ่งลักษณะความคิดเหล่านี้มีความ สอดคล้องกับลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป

Piltz และ Sund (1968, อ้างถึงใน ปัทมา จงลือชา 2565) ได้อธิบายความหมายของ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปว่ามีความคล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างกันในข้อปลีกย่อยที่ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นแนวทางของการคิด และการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้การแก้ปัญหา โดยมุ่งเน้นหลักการ และความรู้

ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตที่ได้จะต้องสื่อถึงความคิดริเริ่ม และคุณค่าของผลงาน ดังนั้นการตัดสินใจว่าสิ่งใดเป็นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้นมีสิ่งจำเป็น 2 ประการ เกิดขึ้นพร้อมกันคือ ความคิดริเริ่มหรือความใหม่ และความมีศิลป์ มีลีลาทั้งดงาม

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2534, อ้างถึงใน ปัทมา จงลือชา 2565) ทำให้สามารถอธิบายองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้าน ได้ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ที่แตกต่างจากความคิดธรรมดาแบบเดิม ความคิดริเริ่มสร้างสิ่งใหม่ จากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลง และประยุกต์ใช้ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่แตกต่างจากที่เดิม หรือความสามารถในการพลิกแพลงจากสิ่งที่ไม่เคยคาดคิด ให้สามารถนำมาใช้ได้จริง ความคิดริเริ่มอาจเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรับปรุงผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่ หรืออาจจะเป็นความคิดใหม่ครั้งแรกที่เกิดขึ้นได้เองโดยไม่มีผู้สอนแม้ว่าความคิดดังกล่าวจะมีผู้อื่นคิดไว้ก่อนแล้วก็ตาม ความคิดริเริ่มสามารถแบ่งได้เป็นหลายระดับ และจำเป็นต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิดกล้าทำเพื่อทดสอบความคิดของตน อีกทั้งต้องอาศัยความคิดจินตนาการ พฤติกรรมของบุคคลที่มีความคิดริเริ่ม จึงมักเป็นบุคคลที่กล้าคิด กล้าแสดงออก กล้าคิดนอกกรอบ เป็นบุคคลที่มีความเชื่อมั่น และเอกลักษณ์เป็นของตนเอง รู้สึกท้าทายกับปัญหา และตื่นเต้นที่จะเผชิญกับสิ่งใหม่ ๆ

2. ความคล่องในการคิด หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบ ได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีคำตอบในปริมาณที่มากในเวลาจำกัด แบ่งเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

2.1 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word fluency) ซึ่งเป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการโยงสัมพันธ์ (Associational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกัน หรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

2.3 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการแสดงออก (Expressional fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค คือ สามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคิดคล่องแคล่วในการคิด (Ideational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดในสิ่งที่ต้องการภายในระยะเวลาที่กำหนด เช่น ให้คิดประโยชน์ของกล่องแผ่นไม้ให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด ให้ความคิดคล่องแคล่วมีส่วนสำคัญในการแก้ปัญหา เพราะในการแก้ปัญหาจะต้องค้นหาคำตอบหรือวิธีแก้ไขหลาย ๆ วิธี และต้องนำวิธีเหล่านั้นทดสอบจนกว่าจะพบวิธีการที่ถูกต้องตามที่ต้องการ เปรียบเสมือนการที่นักเรียนได้เลือกคำตอบ หรือเลือกวิธีที่ดีที่สุดแล้ว ยังช่วยจัดหาทางเลือกอื่น ๆ ที่อาจเป็นไปได้ให้อีกด้วย เช่น ในการคิดแก้ปัญหาเรามักจะหาวิธีมาแก้

หลาย ๆ วิธี เช่น ถ้าวิธีที่ 1 ไม่สามารถแก้ไขได้ ก็อาจนำวิธีที่ 2 มาทดลองใช้ หรือวิธีที่ 3 ก็ยังเป็นที่น่าสนใจถ้าวิธีที่ 2 ไม่สามารถแก้ไขได้เหล่านี้ เป็นต้น ความคิดคล่องแคล่วนอกจากช่วยให้มีข้อมูลมากพอในการเลือกสรร แล้วยังมีช่องทางอื่นที่เป็นไปได้ให้เลือกด้วย จึงนับได้ว่าความคล่องแคล่วในการคิดเป็นความสามารถ เบื้องต้นที่จะนำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์

3. ความคิดยืดหยุ่น เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง แบ่งออกเป็น

3.1 ความยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นได้ทันที (Spontaneous flexibility) เป็นความสามารถที่พยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ โดยไม่มีข้อกำหนด ข้อบังคับต่าง ๆ เช่น คิดประโยชน์ของหนังสือพิมพ์ว่ามีอะไรบ้าง ซึ่งความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันทีมักจะสามารคิดได้หลายทิศทาง เช่น เพื่อรู้ข่าวสาร เพื่อโฆษณาสินค้า เพื่อธุรกิจ เพื่อการประชาสัมพันธ์ขอความร่วมมือ ฯลฯ ในขณะที่คนซึ่งไม่มีความคิดยืดหยุ่นจะคิดได้เพียงทิศทางเดียวคือเพื่อรู้ข่าวสาร เป็นต้น

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง (Adaptive flexibility) หมายถึงความสามารถที่จะคิดได้หลากหลายและสามารถคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้ ตัวอย่างเช่น ใน เวลา 10 นาที ท่านลองคิดว่าท่านสามารถใช้หน่วยไปประดิษฐ์เป็นสิ่งใดได้อะไรได้บ้าง คำตอบก็อาจจะเป็นกระบอก กระจาด ตะกร้า กล้องดินสอ เปล เตียงนอน กรอบรูป โต๊ะกินข้าว แก้วชะลอมใส่ของ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าความคิดยืดหยุ่นจะเป็นตัวเสริมให้ความคิดคล่องแคล่วมีความแปลกแตกต่างออกไป หลีกเลี่ยงการซ้ำซ้อนหรือเพิ่มคุณภาพความคิดให้มากขึ้น

4. ความคิดละเอียดลออ คือ ความคิดในรายละเอียดเพื่อขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออจะทำให้สามารถอธิบายให้เห็นได้ภาพชัดเจนหรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้นความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่งขยายความคิดครั้งแรกให้ถูกต้อง สมบูรณ์มากขึ้น และหากนำความคิดนั้นไปปฏิบัติก็มีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะประสบความสำเร็จ

Torrance (1964, อ้างถึงใน ปัทมา จงลือชา, 2565) ได้นำเสนอองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1. ความคล่องแคล่วในการคิด (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว คล่องแคล่ว สามารถหาคำตอบในปริมาณมากในเวลาจำกัด

2. ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) หมายถึง ลักษณะของการคิดแบบอิสระคิดได้หลากหลาย

3. การคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะของความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดา และไม่ซ้ำกับที่มีอยู่

Guilford (อ้างถึงใน สุวิทย์ มูลคำ, 2559) ได้อธิบายความคิดสร้างสรรค์จากความสามารถทางสมองที่เกิดขึ้นอย่างหลากหลาย ซึ่งมีลักษณะการคิดแบบเอกลักษ์ ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) เป็นความสามารถในการตอบเพื่อให้ได้คำตอบมากที่สุด ในเวลาที่กำหนด และคำตอบมีความชัดเจนถูกต้อง เน้นคำตอบให้มีมากที่สุด โดยการนับคะแนนจะนับคะแนนจากคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นความคิดที่จะมีลักษณะเน้นคำตอบที่เป็นประเภทใหญ่ ๆ คำตอบมีการจัดหมวดหมู่ มีหลักเกณฑ์ ซึ่งถ้าหากในแต่ละคำตอบของแต่ละความคิด ไม่มีทิศทางที่ซ้ำกัน แสดงว่านักเรียนเป็นผู้มีความคิดยืดหยุ่น
3. ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นความคิดที่มีความแปลกใหม่ต่างจากความคิดเดิมที่เคยมีอยู่ หรืออาจจะเกิดจากการนำความรู้ที่มีอยู่มาดัดแปลงปรับปรุงเพื่อให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้น
4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) เป็นความคิดที่สามารถบอกถึงรายละเอียดในสิ่งที่ผู้อื่นมองไม่เห็น

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ตามทฤษฎีของกิลฟอร์ด มี 4 ด้าน ดังนี้ 1. ความคิดคล่องแคล่ว เป็นการคิดหาคำตอบเพื่อให้ได้ปริมาณของคำตอบที่มากที่สุด ในเวลาที่กำหนด 2. ความคิดยืดหยุ่น เป็นความสามารถในการคิดจัดประเภท จัดกลุ่ม จัดหมวดหมู่ ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยทำให้มองเห็นถึงความคิดที่หลากหลายแนวทาง 3. ความคิดริเริ่มเป็นความคิดที่แปลกใหม่ มีความแตกต่างไปจากความคิดเดิมที่มีอยู่ และ 4. ความคิดละเอียดลออ เป็นการคิดที่จะทำให้มองเห็นถึงรายละเอียดของหัวข้อหลัก เพื่อขยายหัวข้อหลักให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3. ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ยูสท่า และแอคคาแนน (Usta and Akkanat, 2015) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์มีความสำคัญกับมนุษย์ตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน เพราะความคิดสร้างสรรค์มีประโยชน์ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิต และระบบการศึกษาส่วนใหญ่ก็ให้ความสำคัญกับความคิดสร้างสรรค์เช่นกัน นิวเวลล์ และไซมอน (Newell and Simon, 1972) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นแนวทางของการคิดแบบวิทยาศาสตร์ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์ต้องมีวิธีการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ โดยเฉพาะเหตุผลที่สำคัญคือ จุดประสงค์ของวิชาวิทยาศาสตร์คือ ต้องการพัฒนาทักษะความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน ดังนั้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จึงต้องการความไวในการแก้ปัญหา เพราะว่าการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์มีความสำคัญในการเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดี สมรัก อินทวิมลศรี (2560 : 21-24) กล่าวว่า คนทั่วไปมักมองว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องเดียวกับการสร้างสรรค์ทางศิลปะ เช่น บทกวี นวนิยาย การถ่ายภาพ การละคร การแต่งเพลง เป็นต้น ความจริงแล้วความคิดสร้างสรรค์ไม่ได้เกี่ยวข้องกับงานศิลปะเท่านั้น แต่เกี่ยวข้องกับทุก ๆ เรื่องของชีวิต เช่น การทำอาหาร

นอกจากนี้ Lin และคณะ (2003 อ้างถึงใน ธิตยา คำควร, 2558) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมาก เช่น การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การแก้ปัญหาและการสรุปผลการทดลอง ล้วนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์เป็นพื้นฐานทั้งสิ้น สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหาคำถามปัญหา การตั้งสมมติฐาน (Feist and Gorman, 1998) ดังนั้นสิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า วิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่ขาดกันไม่ได้ ความรู้สิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์คิดค้นขึ้นมา ก็มีรากฐานมาจากความคิดสร้างสรรค์ หากขาดความคิดสร้างสรรค์ก็ไม่เกิดการเรียนรู้ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หากขาดกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ก็ไม่ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความคิดสร้างสรรค์เกิดจากความต้องการและการเตรียมการ ไม่ใช่ความสามารถเฉพาะตัวแต่เป็นความพยายามไม่ใช่พรสวรรค์ เป็นคุณลักษณะภายใน เป็นแรงจูงใจภายใน (พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์, 2533) นอกจากนี้ความคิดสร้างสรรค์จะช่วยให้ทุกคนรู้สึกเป็นอิสระ และสามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ใหม่ได้ (Craft, 2002)

จากการศึกษาความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาให้เด็กมีความคิดริเริ่ม และนำไปประสบการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิต และยังสำคัญกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก เพราะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทุกขั้นตอนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์เป็นพื้นฐาน

4. แนวทางการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

แนวทางการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาค้นคว้าและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มีแนวทางการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

ทอแรนซ์ (Torrances, 1988) ศาสตราจารย์ ดร.อี พอล ทอแรนซ์ แห่งมหาวิทยาลัยจอร์เจีย สหรัฐอเมริกา เป็นผู้พัฒนาเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ซึ่งมีหลายรูปแบบ ทั้งแบบสำรวจแบบทดสอบ สำหรับแบบทดสอบได้พัฒนาขึ้นภายในขอบเขตและเนื้อหาการศึกษาที่เน้นเฉพาะประสบการณ์ในห้องเรียน แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์มีดังนี้

1. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ (Thinking Creatively with Pictures) มี 2 แบบ คือ แบบ ก และแบบ ข
2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา (Thinking Creatively with Words) มี 2 แบบ คือ แบบ ก แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบ ข
3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยเสียงและภาษา (Thinking Creatively with Sounds and Words: Sounds and Images)

4. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยการปฏิบัติและเคลื่อนไหว (Thinking Creatively in Action and Movement)

สำหรับในงานวิจัยนี้จะกล่าวเฉพาะแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา เป็นสื่อเท่านั้น เพราะผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเป็นแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ โดยมีลักษณะเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน ซึ่งแบบทดสอบนี้ประกอบด้วย แนวคิดย่อย 7 แนวคิด ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ตั้งคำถาม (Ask Question) ให้นักเรียนตั้งคำถามจากภาพที่กำหนดให้มากที่สุด เพื่อให้รู้ว่าเกิดอะไรขึ้นมากที่สุด และคำถามนั้นต้องไม่เป็คำถามที่สามารถตอบได้เพียงดูรูปเท่านั้น แต่จะต้องตอบจากความคิด

แนวคิดที่ 2 เตหาสาเหตุ (Guess Causes) ให้นักเรียนเขียนสาเหตุให้มากที่สุดเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่แสดงในภาพที่กำหนดให้ (ภาพเดียวกับแนวคิดที่ 1)

แนวคิดที่ 3 เตหาผลที่เกิดขึ้นตามมา (Guess Effects) ให้นักเรียนเขียนผลที่อาจจะเกิดขึ้น เนื่องจากเหตุการณ์ในรูปภาพที่กำหนดให้ (ภาพเดียวกับแนวคิดที่ 1)

แนวคิดที่ 4 ปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น (Product Improvement) จากรูปสเก็ตซ์หรือของที่ทำได้ทั่วไป ซึ่งเป็นภาพที่มีความสวยงามและน่าสนใจเป็นของเล่นที่นักเรียน ๆ ชอบ ให้นักเรียนเขียนรายการปรับปรุงของที่ดัดแปลงใหม่ให้ได้มากที่สุด

แนวคิดที่ 5 ประโยชน์ของสิ่งของ (Unusual Uses) ให้นักเรียนเขียนรายชื่อสิ่งที่น่าสนใจ และแปลกที่ใช้ประโยชน์ในหัวข้อที่กำหนดให้ได้มาก

แนวคิดที่ 6 ให้นักเรียนคิดคำถามเกี่ยวกับ เช่น “เรื่องแสงและการมองเห็น” ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ โดยให้นักเรียนพยายามคิดถึงคำถามที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่กำหนดให้ในแง่ที่ไม่มีใครคิดถึง

แนวคิดที่ 7 การสมมติอย่างมีเหตุ โดยสร้างสถานการณ์ขึ้นมาสถานการณ์หนึ่ง ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่น่าเป็นไปได้ แต่ให้นักเรียนสมมติว่ามันจะเกิดขึ้น ยกตัวอย่าง เช่น สมมติว่าก้อนเมฆมีเชือกผูกและปลายตรึงกับพื้นดิน อะไรจะเกิดขึ้น

นิวตัน (Newton, 2010) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีแนวทางวัดประเมินผล โดยสถานการณ์ที่เอื้อต่อการจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ที่แบ่งออกได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. สร้างสรรค์ในการสร้างสมมติฐาน (Creativity in the Hypothesis Space) การสร้างความเข้าใจและการสร้างคำอธิบาย
2. สร้างสรรค์ในการตรวจสอบหรือทดลอง (Creativity on the Experimental Space) การวางแผนเพื่อตรวจสอบหรือทดสอบทฤษฎีหรือสมมติฐาน

3. สร้างสรรค์ในการประยุกต์ (Creativity in the Application Space)

การประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา

แซก และอียาส (Sak and Ayas, 2013) ได้เสนอแนวทางวัดประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ไว้ในเครื่องมือวัดประเมินผล ชื่อ Creative Scientific Ability Test (C-SAT) โดยทดสอบกับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่ง แบ่งการวัดออกเป็น 3 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสร้างสมมติฐาน การทดสอบสมมติฐาน และการประเมินหลักฐาน แต่ละกระบวนการแบ่งองค์ประกอบการวัดได้ 2 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น โดยมีตัวอย่างและเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ข้อคำถามของเครื่องมือเป็นคำถามปลายเปิดทั้งหมด

2. เครื่องมือวัดแบ่งชุดคำถามเป็นทั้งหมด 5 ชุด ตัวอย่างชุดคำถาม 2 ชุด

ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาชีววิทยา ได้แก่ คำถามการทดลองของแมลงวัน และคำถามของโซ่อาหาร

2.1 คำถามการทดลองเกี่ยวกับแมลงวัน (Fly Experiment) ใช้วัดองค์ประกอบ ความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่น จากการสร้างสมมติฐานในเนื้อหาชีววิทยา โดยให้รูปภาพเกี่ยวกับการออกแบบการทดลองเกี่ยวกับแมลงวันและให้นักเรียนสร้างสมมติฐานมาให้ได้มากที่สุดที่นักวิจัยสามารถนำสมมติฐานมาทดสอบได้

2.2 คำถามของโซ่อาหาร (Food Chain) ใช้วัดองค์ประกอบความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่น จากการประเมินหลักฐานในเนื้อหาเรื่องระบบนิเวศ โดยให้รูปภาพโซ่อาหารและกราฟ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของโซ่อาหารนั้น ๆ และให้นักเรียนคิดหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

หยาง และคณะ (Yang and others, 2019) ได้พัฒนาเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ในส่วนของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ประเภท อัตนัย ประกอบด้วย ข้อคำถามปลายเปิด 7 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามที่ประเมินความคิดสร้างสรรค์แบบ เอกลักษณ์ (Divergent Creativity) โดยมีตัวอย่างข้อคำถามดังนี้ “สมมติว่าไม่มีดวงอาทิตย์ นักเรียนคิดว่า โลกจะเป็นอย่างไร” เกณฑ์การให้คะแนนใช้เกณฑ์เดียวกับฮู และอเดย์ (Hu and Adey, 2002) ซึ่งวัดได้ทั้งความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มได้ในข้อเดียวกัน เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์

ทอแรนซ์ และคณะ (Torrance and others, 1992) เชื่อว่า ความคิดคล่อง (Fluency), ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility), และความคิดริเริ่ม (Original Thinking) คือ คุณลักษณะ พิเศษสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ โดยได้อธิบายเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง จำนวนของความคิดริเริ่มที่สามารถสร้างขึ้นได้ ให้คะแนนจากจำนวนคำตอบทั้งหมดที่สอดคล้องกับข้อคำถามและคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน ภายในเวลาที่กำหนด โดยจะได้คำตอบละ 1 คะแนน โดยที่เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 1.1 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 10 คำตอบขึ้นไป ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก
- 1.2 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 7 - 9 คำตอบ ได้ 3 คะแนน ระดับดี
- 1.3 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 4 - 6 คำตอบ ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้
- 1.4 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 1 - 3 คำตอบ ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการปรับเปลี่ยนทิศทางเพื่อไม่ให้ยึดติดกับวิธีการเดิม ๆ หลังจากรู้ว่าวิธีการนั้น ๆ ไม่มีประสิทธิภาพ ให้คะแนนจากจำนวนกลุ่มของคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและมีแนวทางเดียวกัน

- 2.1 จำนวนกลุ่มคำตอบ 6 กลุ่มขึ้นไปได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก
- 2.2 จำนวนกลุ่มคำตอบ 4 - 5 กลุ่ม ได้ 3 คะแนน ระดับดี
- 2.3 จำนวนกลุ่มคำตอบ 2 - 3 กลุ่ม ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้
- 2.4 จำนวนกลุ่มคำตอบ 1 กลุ่ม ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง การตีความในเชิงสถิติ กล่าวคือ ความคิดที่ไม่เหมือนใคร ซึ่งเกิดขึ้นเป็นบางโอกาสเท่านั้นในสัดส่วนประชากร จึงจะถือว่าเป็นความคิดริเริ่มให้คะแนนจากการพิจารณาคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและมีความแตกต่างจากคำตอบของนักเรียนทั้งห้อง

- 3.1 คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก
- 3.2 คำตอบที่มีผู้ตอบ 2-3 คน ได้ 3 คะแนน ระดับดี
- 3.3 คำตอบที่มีผู้ตอบ 4 - 6 คน ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้
- 3.4 คำตอบที่มีผู้ตอบตั้งแต่ 7 คนขึ้นไป ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

ฮู และอเดย์ (Hu and Adey, 2002) ได้สร้างเกณฑ์แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับโมเดล โครงสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วัด 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม ด้วยแบบวัดประเภทเขียนตอบ ประกอบด้วย คำถาม 7 ข้อ ภายในเวลา 60 นาที โดยแต่ละข้อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้หลากหลาย ประกอบด้วย ข้อที่ 1 - 4 วัดได้ทั้ง 3 องค์ประกอบในข้อเดียว และข้อที่ 5 - 7 วัดได้ในองค์ประกอบความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม โดยข้อที่ 5 การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 6 ใช้คำถามที่ทดสอบความสามารถในการทดลองเชิงสร้างสรรค์ และข้อที่ 7 ทดสอบความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ดังตาราง 1

ตาราง 1 ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทาง
วิทยาศาสตร์ของชูและอเดย์

| ข้อคำถาม | เกณฑ์การให้คะแนน |
|--|--|
| ข้อที่ 1 - 4 วัดความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม | คะแนนของแต่ละข้อได้มาจากการรวมกันขององค์ประกอบทั้ง 3 โดยแต่ละองค์ประกอบคิดคะแนนได้ดังนี้ |
| ข้อ 1. จงเขียนประโยชน์ของแก้วที่มีต่อการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด | 1. ความคิดคล่อง นับจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำ และมีความเป็นไปได้ |
| ข้อ 2. ถ้านักเรียนมีโอกาสได้ไปเที่ยวนอกโลก และไปที่ดาวดวงอื่น คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง จงเขียนให้ได้มากที่สุด | 2. ความคิดยืดหยุ่น นับจำนวนกลุ่มหรือแนวทางของคำตอบที่ไม่ซ้ำกันและมีความเป็นไปได้ 3. ความคิดริเริ่ม คำนวณจากความถี่ของคำตอบออกมาเป็นร้อยละ ดังนี้ |
| ข้อ 3. จงคิดวิธีที่ทำให้จักรยานธรรมดา ๆ คันหนึ่งมีความน่าสนใจ ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นและมีความสวยงามมากขึ้น จงเขียนให้ได้มากที่สุด | 3.1 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน |
| ข้อ 4. สมมติว่าไม่มีแรงดึงดูดของโลก นักเรียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร จงเขียนคำตอบให้ได้มากที่สุด | 3.2 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 1 คะแนน |
| ข้อที่ 5. ใช้คำถามที่เน้นการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม | 3.3 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่ามากกว่าร้อยละ 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 0 คะแนน |
| ข้อ 5 จงหาวิธีแบ่งสี่เหลี่ยม 1 รูปออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน จงวาดรูปลงในกระดาษคำตอบให้ได้มากที่สุด | คำนวณจากความถี่ของคำตอบออกมาเป็นค่าร้อยละ ดังนี้ |
| ข้อที่ 6. ใช้คำถามที่วัดความสามารถในการทดลองเชิงสร้างสรรค์ (Creative Experimental Ability) วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม | 1. ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าน้อยกว่า ร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 3 คะแนน 2. ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมดคิดเป็น 2 คะแนน |

ตาราง 1 (ต่อ)

| ข้อคำถาม | เกณฑ์การให้คะแนน |
|---|--|
| ข้อ 6 มีกระดาษขีดหน้าอยู่ 2 แบบ นักเรียนจะตรวจสอบได้อย่างไรบ้าง ว่ากระดาษขีดหน้าแบบใดดีกว่ากัน จงเขียนวิธีการให้มากที่สุด พร้อมระบุเครื่องมือหลักการ และขั้นตอนการตรวจสอบ | 3. ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่ามากกว่า ร้อยละ 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 1 คะแนน คะแนนของแต่ละข้อได้มาจากการรวมกันขององค์ประกอบทั้ง 2 โดยแต่ละ องค์ประกอบคิดคะแนนได้ดังนี้ |
| ข้อที่ 7. ทดสอบความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม | 3.1 ความคิดยืดหยุ่น มีคะแนนเต็ม 9 คะแนน จากคำตอบ 1 วิธีการที่ถูกต้อง คิดจากคะแนนเครื่องมือ 3 คะแนน คะแนนหลักการ |
| ข้อ 7 จงออกแบบเครื่องบรรจุแอปเปิ้ล 1 เครื่อง โดยวาดรูปพร้อมระบุชื่อและหน้าที่ ของแต่ละส่วนของเครื่อง | 3 คะแนน และคะแนนขั้นตอน 3 คะแนน 3.2 ความคิดริเริ่ม คำนวณจากความถี่ของคำตอบของวิธีการออกมาเป็นค่าร้อยละ ดังนี้ 3.2.1 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่า น้อยกว่า ร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 4 คะแนน 3.2.2 ความถี่ของคำตอบที่ได้มีค่า ระหว่าง ร้อยละ 5 ถึง 10 ของความถี่คำตอบ ทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน 3.2.3 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่า มากกว่า ร้อยละ 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 0 คะแนน ให้นับจำนวนหน้าที่ของเครื่องแต่ละส่วน ที่ไม่ซ้ำและให้คะแนนหน้าที่ละ 3 คะแนน |

ที่มา : Hu and Adey (2002)

กิลฟอร์ด (Guilford อ้างถึงใน พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม, 2561) มีการวัดความคิดสร้างสรรค์โดย มีการนำองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งได้แก่ การคิดคล่องแคล่ว การคิดยืดหยุ่น การคิดริเริ่ม การคิดละเอียดลออ เพื่อนำมาใช้วางแผนการสร้างชิ้นงานของแต่ละบุคคล โดยมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนตามองค์ประกอบทั้ง 4 ด้าน ดังนี้

1. การคิดคล่องแคล่ว มีเกณฑ์การให้คะแนน โดยพิจารณาจากคำตอบที่มีความเป็นไปได้ จากข้อคำถามที่กำหนดให้ คะแนนคำตอบข้อละ 1 คะแนน ซึ่งคะแนนจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับปริมาณของงานที่ผู้เขียนข้อสอบได้กำหนดไว้ โดยที่ปริมาณของคำตอบนั้นต้องไม่ซ้ำกัน ตามตัวอย่างดังนี้

ตอบ 5 คำตอบ ได้ 5 คะแนน
 ตอบ 4 คำตอบ ได้ 4 คะแนน
 ตอบ 3 คำตอบ ได้ 3 คะแนน
 ตอบ 2 คำตอบ ได้ 2 คะแนน
 ตอบ 1 คำตอบ ได้ 2 คะแนน
 ไม่ตอบ คำตอบ ได้ 0 คะแนน

2. การคิดยืดหยุ่น มีเกณฑ์การให้คะแนน โดยพิจารณาจากคำตอบที่มีความเป็นไปได้ จากข้อคำถามที่มีลักษณะจัดกลุ่ม จัดประเภทของคำตอบจากนักเรียนแต่ละคนตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งมีการให้คะแนนคำตอบเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน ซึ่งคะแนนสูงสุดจะขึ้นอยู่กับปริมาณงานของนักเรียนที่ตอบมา ตามตัวอย่างดังนี้

ตอบ 5 กลุ่ม/ประเภท ได้ 5 คะแนน
 ตอบ 4 กลุ่ม/ประเภท ได้ 4 คะแนน
 ตอบ 3 กลุ่ม/ประเภท ได้ 3 คะแนน
 ตอบ 2 กลุ่ม/ประเภท ได้ 2 คะแนน
 ตอบ 1 กลุ่ม/ประเภท ได้ 1 คะแนน
 ไม่ตอบ กลุ่ม/ประเภท ได้ 0 คะแนน

3. การคิดริเริ่ม มีเกณฑ์การให้คะแนน จากความถี่ของนักเรียนทั้งหมดที่มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำแบบใคร หากคำตอบของนักเรียนมีการตอบซ้ำกันมาก ๆ ก็จะได้คะแนน แต่ถ้าหากคำตอบซ้ำกับผู้อื่นน้อยหรือ ไม่ซ้ำเลย ตามตัวอย่างดังนี้

คำตอบซ้ำ ร้อยละ 12 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน
 คำตอบซ้ำ ร้อยละ 6-11 ให้ 1 คะแนน
 คำตอบซ้ำ ร้อยละ 3-5 ให้ 2 คะแนน
 คำตอบซ้ำ ร้อยละ 2 ให้ 3 คะแนน
 คำตอบซ้ำ ร้อยละ 1 ให้ 4 คะแนน
 คำตอบไม่ซ้ำใครเลย ให้ 5 คะแนน
 ไม่ตอบเลย ให้ 0 คะแนน

4. การคิดละเอียดลออ มีเกณฑ์การให้คะแนน จากการพิจารณาการตอบคำถาม ของนักเรียนตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยในการตอบคำถามจะต้องดูรายละเอียดของการตอบคำถาม หรือผลงาน ที่มีความต่างกัน คำตอบของ นักเรียนแต่ละคน ตามวิธีคิดที่ต่างกัน จากเงื่อนไขที่ กำหนดให้ซึ่งคะแนนมากที่สุดจะขึ้นอยู่กับปริมาณของนักเรียนที่ตอบคำถามมา ตามตัวอย่างดังนี้

| | |
|---|-------------|
| ผลงาน / คำตอบมีรายละเอียดระดับมากที่สุด | ได้ 5 คะแนน |
| ผลงาน / คำตอบมีรายละเอียดระดับมาก | ได้ 4 คะแนน |
| ผลงาน / คำตอบมีรายละเอียดระดับปานกลาง | ได้ 3 คะแนน |
| ผลงาน / คำตอบมีรายละเอียดระดับน้อย | ได้ 2 คะแนน |
| ผลงาน / คำตอบมีรายละเอียดระดับน้อยมากที่สุด | ได้ 1 คะแนน |
| ไม่ตอบเลย | ได้ 0 คะแนน |

จากการศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ข้างต้นพบว่า มีแนวทางการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน คือ การวัดความคิดคล่อง การวัดความคิดยืดหยุ่น และการวัดความคิดริเริ่ม ส่วนที่แตกต่างกันคือ ข้อคำถามสามารถวัดและประเมินผลได้มากกว่า 1 องค์ประกอบ ในข้อคำถามเดียวกัน หรือประเมิน แต่ละองค์ประกอบในแต่ละข้อคำถาม จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าว มานั้นผู้วิจัยได้เลือกสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ กิลฟอร์ด ลักษณะข้อคำถามวัดความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่มและคิดละเอียดลออ ผู้วิจัยได้พัฒนา แบบทดสอบจำนวนข้อคำถาม 4 ข้อ เพื่อให้คำถามแต่ละข้อใช้ในการวัด ลักษณะความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่ม และคิดละเอียดลออได้ชัดเจน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2560) กล่าวถึงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้

1. ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์ เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้ และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผล ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานกับความคิดและศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้คนได้พัฒนา

วิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ ใช้ความรู้และทักษะ เพื่อแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ การมีส่วนร่วมในสังคม และควรรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเชื่อมโยงความรู้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันซึ่งสอดคล้องกับ ศศิปท พิติพรเทพิน (2558) ได้กล่าวว่า วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ช่วยให้คนรู้จักค้นหาความรู้ ทำความเข้าใจเกี่ยวกับโลกรอบตัว มีจินตนาการ คิดเป็น ทำเป็น หาทางแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พื้นฐานเป็นการเรียนรู้เพื่อความเข้าใจ มีความรับผิดชอบต่อสังคม สามารถเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่น ๆ และสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับ ประสาท เนืองเฉลิม (2558) ได้กล่าวว่า การผสมผสานวิทยาศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ เช่น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การใช้เทคโนโลยีด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัลค้นหาข้อมูลหรือสารสนเทศ การประยุกต์ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณและความรู้ ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย และมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล และมีคุณธรรมต่อไป จากการศึกษาความสำคัญของวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้ วิทยาศาสตร์มีความสำคัญ ช่วยให้คนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้เพื่อแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่น ๆ และสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เช่น การใช้เทคโนโลยีด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อสามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล และมีคุณธรรม

2. เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ สอดคล้องกับ กรรริสา จันท์สุวรรณ (2563) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายสำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษยสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพล และผลกระทบซึ่งกันและกัน
5. เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิต

6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

จากการศึกษาเป้าหมายของวิทยาศาสตร์สรุปได้ดังนี้ การสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนมีกระบวนการและเกิดความรู้ความเข้าใจ จากทักษะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ อีกทั้งเป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

3. คุณภาพนักเรียนวิทยาศาสตร์

เมื่อจบช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3)

1. เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ การดำรงชีวิตของพืช การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซม ตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ ปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนิเวศ และการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

2. เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสม หลักการแยกสาร การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะของสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมีสมบัติทางกายภาพ การใช้ประโยชน์ของวัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิก และวัสดุผสม

3. เข้าใจการเคลื่อนที่ แรงแล่งและผลของแรงล่งกระทำต่อวัตถุ โมเมนต์ของแรง แรงที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน สนามของแรง ความสัมพันธ์ของงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์แรงโน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน ความสัมพันธ์ของปริมาณทางไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้า และหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

4. เข้าใจสมบัติของคลื่น ลักษณะของคลื่นแบบต่าง ๆ แสง การสะท้อน การหักเหของแสง และทัศนอุปกรณ์

5. เข้าใจการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ การเกิดฤดูกาลเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การขึ้นและตกของดวงจันทร์ การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง ประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศ และความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ

6. เข้าใจลักษณะของชั้นบรรยากาศ องค์ประกอบและปัจจัยที่มีต่อลมฟ้าอากาศ การเกิดและผลกระทบของพายุฟ้าคะนอง พายุหมุนเขตร้อน การพยากรณ์อากาศ สถานการณ์

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก กระบวนการเกิดเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และการใช้ประโยชน์พลังงานทดแทนและการใช้ประโยชน์ ลักษณะโครงสร้างภายนอกในโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนผิวโลก ลักษณะชั้นหน้าตัดดิน กระบวนการเกิดดิน แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดิน กระบวนการเกิดและผลกระทบของภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย

7. เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เปรียบเทียบและตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้งเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

8. นำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูล และสารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงและเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างรู้เท่าทันและรับผิดชอบต่อสังคม

9. ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม เลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย

10. วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากพยานหลักฐาน โดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุปและสื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

11. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในสิ่งที่จะเรียนรู้มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือแย้งจากเดิม

12. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวันใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และ

การประกอบอาชีพแสดงความชื่นชม ยกย่องและเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม การทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

13. แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการดูแลรักษาความสมดุลของระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ

จากการศึกษาคุณภาพนักเรียนเมื่อจบช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3) สรุปได้ดังนี้ นักเรียนต้องเข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ การดำรงชีวิตของพืช การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสมบัติของธาตุ สารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสม หลักการแยกสารแรงลัพท์และผลของแรงลัพท์กระทำต่อวัตถุ โมเมนต์ของแรง ความสัมพันธ์ของงาน เคลื่อนแบบต่าง ๆ ดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์เทคโนโลยีอวกาศ บรรยากาศ การพยากรณ์อากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนผิวโลก แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่นๆ โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังต้องเรียนรู้การนำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์โดยผ่านการวิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลและใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม รอบคอบและซื่อสัตย์ อีกทั้งต้องตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่รักษาความสมดุลของ ระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ

4. มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วยสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ มี 4 สาระ จำนวน 10 มาตรฐาน ดังนี้

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 2 สารระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

| สาระการจัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการจัดการเรียนรู้ |
|-----------------------------|--|
| สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ | <p>มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิต กับสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กันความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลาย ทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> |
| สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ | <p>มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารการเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p> <p>มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> |

ตาราง 2 (ต่อ)

| สาระการจัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการจัดการเรียนรู้ |
|--|--|
| | <p>มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงานการเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงานพลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> |
| <p>สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ</p> | <p>มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะกระบวนการเกิดและวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ ที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ</p> <p>มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลง ภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัยกระบวนการเปลี่ยนแปลง ลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม</p> |
| <p>สาระที่ 4 เทคโนโลยี</p> | <p>มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือ พัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม</p> <p>มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม</p> |

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารประกอบด้วย หลักการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน บทบาทของครูและนักเรียน และสิ่งที่นักเรียนได้รับจากการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

1. ความหมายและหลักการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคหลากหลายรูปแบบนำมาผสมผสานกัน ซึ่งวางอยู่บนหลักการจัดการเรียนรู้ที่ตั้งสถาบันการศึกษาและนักการศึกษาได้กล่าวถึงดังต่อไปนี้

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานว่า เป็นการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคหลากหลายรูปแบบนำมาผสมผสานกัน ได้แก่ กระบวนการกลุ่มการฝึกคิด การแก้ปัญหา การเน้นกระบวนการ การสอนแบบปริศนาความคิด และการสอนแบบร่วมกันคิดโดยวางอยู่บนหลักการ ดังนี้

1. นักเรียนเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งจากความสนใจอยากรู้ อยากเรียนของนักเรียนเอง
2. นักเรียนใช้กระบวนการและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาหาความรู้
3. นักเรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง
4. เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงกับแหล่งความรู้เบื้องต้น
5. นักเรียนสามารถสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งความรู้ที่นักเรียนได้มาไม่จำเป็นต้องตรงกับตำรา แต่ครูจะสนับสนุนให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้และปรับปรุงความรู้ที่ได้ให้สมบูรณ์

อัญชญา สุขสมจิตร (2556) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานว่า เป็นการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญต่อนักเรียนในการเลือกเรียนสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง ทั้งเนื้อหา วิธีการ โดยมีผู้สอนเป็นผู้คอยให้ความช่วยเหลือให้นักเรียนได้ประสบความสำเร็จในการเรียน ทั้งในแง่ของความรู้ด้านวิชาการ และความรู้ที่ใช้ในการดำเนินชีวิต การทำงานในอนาคต โดยเป็นผู้มีความสมดุลทั้งด้านจิตใจ ร่างกาย ปัญญาอารมณ์ สังคม

ธีรพัฒน์ วงศ์คุ้มสิน และเฉลิมขวัญ สิงห์วี (2563) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานว่า เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงตั้งแต่การสำรวจค้นคว้า วางแผนการเรียนรู้ การออกแบบการเรียนรู้ การสร้างสรรค์ประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่เรียนมา

และการประเมินผลงาน โดยผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้จัดการเรียนรู้ อำนวยความสะดวก หรือเป็นผู้ให้คำแนะนำปรึกษา เพื่อให้โครงการสำเร็จลุล่วง

ชลิตารัตน์ คิติก (2565) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ เป็นฐานว่า การจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตัวเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การลงมือปฏิบัติ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากสิ่งที่ผู้ค้นคว้าจนสามารถสะท้อนความรู้ของนักเรียนในรูปแบบต่าง ๆ ได้

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาหาความรู้ จนได้ข้อสรุปเป็นองค์ความรู้หรือความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ภายใต้การดูแลและให้คำแนะนำของครู

2. ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ

การทำโครงการเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาหาความรู้ และลงมือปฏิบัติงานด้วยตนเอง ภายใต้การดูแลและให้คำปรึกษาของครู ธีระชัย ปุณฺณโชติ (2544 อ้างถึงใน ประเมศวร์ วงศ์ชาชม, 2559) สรุปลำดับไว้ดังนี้

1. การคิดหัวเรื่อง

นักเรียนจะต้องคิดและเลือกหัวเรื่องของโครงการด้วยตนเองว่า อยากจะศึกษาอะไร ทำไมจึงอยากศึกษา หัวเรื่องของโครงการมักจะได้มาจากปัญหา คำถามหรือความอยากรู้อยากเห็นตามความสนใจของนักเรียนเอง หัวเรื่องของโครงการควรเฉพาะเจาะจงและชัดเจน เมื่อใครได้อ่านชื่อเรื่องแล้วจะเข้าใจและรู้เรื่องว่าโครงการนี้ทำอะไร การกำหนดหัวเรื่องของโครงการนั้นมีแหล่งที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดความคิดและสนใจจากหลายแหล่งด้วยกัน เช่น จากการศึกษาเอกสาร วารสาร บทความ วิธีการ รายงานการวิจัย การฟังบรรยายทางวิชาการ การเข้าชมนิทรรศการหรืองานประกวดโครงการวิทยาศาสตร์ การสนทนากับผู้มีความรู้ ผู้ทรงคุณวุฒิ หรือจากการศึกษาสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อสังคม ปรัชญาการณต่าง ๆ รอบตัว เป็นต้น นอกจากนี้ ควรคำนึงถึงในเรื่องแหล่งข้อมูล วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย งบประมาณ ระยะเวลา ความปลอดภัย

2. การวางแผนทำโครงการ

การวางแผนการทำโครงการ เป็นการเตรียมเพื่อให้การดำเนินงานให้เป็นไปตามขั้นตอนและระบบเกิดความเรียบร้อย ซึ่งต้องมีการวางแผนไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบ ไม่สับสน มีการคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหา กำหนดวัตถุประสงค์ตั้งสมมุติฐานกำหนดขอบเขตของการศึกษา ศึกษาค้นคว้าจากแหล่งต่าง ๆ กำหนดแผนปฏิบัติการแล้วนำเสนอต่อครูหรือครูที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบก่อนดำเนินการขั้นต่อไป

อย่างไรก็ดี การเขียนเค้าโครงของโครงการโดยทั่วไปเขียนเพื่อแสดงแนวคิดแผนงานและขั้นตอนการทำโครงการ ซึ่งควรประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ชื่อโครงการ ควรเป็นข้อความที่กะทัดรัด ชัดเจน สื่อความหมายได้ตรง

2.2 ชื่อผู้ทำโครงการ

2.3 ชื่อที่ปรึกษาโครงการ

2.4 หลักการและเหตุผลของโครงการ เป็นการอธิบายว่าเหตุใดจึงเลือกทำโครงการเรื่องนี้ มีความสำคัญอย่างไร มีหลักการหรือทฤษฎีอะไรที่เกี่ยวข้อง เรื่องที่ทำเป็นเรื่องใหม่หรือมีผู้อื่นได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้ไว้บ้างแล้ว ถ้ามีได้ผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำได้ขยายเพิ่มเติมปรับปรุงจากเรื่องที่มีผู้อื่นทำไว้อย่างไร หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผล

2.5 จุดมุ่งหมาย/วัตถุประสงค์ ควรมีความเฉพาะเจาะจง และสามารถวัดได้เป็นการบอกขอบเขตของงานที่จะทำได้ชัดเจนขึ้น

2.6 สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) สมมุติฐานเป็นคำตอบหรือคำอธิบาย ที่คาดไว้ล่วงหน้า ซึ่งอาจจะถูกหรือไม่ก็ได้การเขียนสมมุติฐานควรมีเหตุมีผลมีทฤษฎีหรือหลักการรองรับ และที่สำคัญ คือ เป็นข้อความที่มองเห็นแนวทางในการดำเนินการทดสอบได้ นอกจากนี้ ควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามด้วย

2.7 วิธีดำเนินงาน/ขั้นตอนการดำเนินงานจะต้องอธิบายว่า จะออกแบบการทดลองอะไร อย่างไร จะเก็บข้อมูลอะไรบ้าง รวมทั้งระบุวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้มีอะไรบ้าง

2.8 แผนปฏิบัติงาน อธิบายเกี่ยวกับกำหนดเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

2.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

2.10 เอกสารอ้างอิง

3. การลงมือทำโครงการ เมื่อที่ปรึกษาโครงการให้ความเห็นชอบเค้าโครงของโครงการแล้วต่อไปก็เป็นขั้นลงมือปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ได้ระบุไว้ นักเรียนต้องพยายามทำตามแผนงานที่วางไว้ เตรียมวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ให้พร้อมปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ คำนึงถึงความประหยัดและปลอดภัยในการทำงาน ตลอดจนการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ว่าได้ทำอะไรบ้างได้ผลอย่างไร มีปัญหาและข้อคิดเห็นอย่างไร พยายามบันทึกให้เป็นระเบียบและครบถ้วน

4. การเขียนรายงาน การเขียนรายงานเกี่ยวกับโครงการ เป็นวิธีสื่อความหมายวิธีหนึ่งที่จะให้ผู้อื่นได้เข้าใจถึงแนวคิด วิธีการดำเนินงาน ผลที่ได้ ตลอดจนข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

ต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงงานนั้น การเขียนโครงงานควรใช้ภาษาที่อ่านแล้วเข้าใจง่าย ชัดเจนและครอบคลุมประเด็นสำคัญ ๆ ทั้งหมดของโครงงาน

5. การแสดงผลงาน การนำเสนอผลงานเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำโครงงาน เป็นวิธีการที่จะทำให้ผู้อื่นได้รับรู้ และเข้าใจถึงผลงานนั้น การนำเสนอผลงานอาจทำได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับประเภทของโครงงาน เนื้อหา เวลา ระดับของนักเรียน

จิรนนท์ ปุมพิมาย (2562) กล่าวถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานเป็นฐาน เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นตัวนักเรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกเรื่องที่สนใจ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ชั้น ได้แก่

1. การคิดเลือกหัวข้อโครงงานจากปัญหาและเรื่องที่น่าสนใจ
2. การวางแผนการทำโครงงาน
3. การลงมือทำโครงงานตามแผนที่วางไว้
4. การเขียนรายงานโครงงาน
5. การนำเสนอโครงงาน
6. ประเมินและพัฒนาโครงงาน

ชมพู เนื่องจางค์ และคณะ (2563) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การคิดและเลือกหัวเรื่อง โดยนักเรียนเลือกหัวเรื่องว่าสนใจที่จะศึกษา
2. การวางแผน มีการวางแผนโครงงานไว้ล่วงหน้า และนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อรับคำแนะนำ
3. การดำเนินงาน นักเรียน ดำเนินโครงงานตามแบบแผนที่ได้วางเอาไว้
4. การเขียนรายงาน เพื่ออธิบายความเข้าใจและครอบคลุมประเด็นสำคัญทั้งหมดของโครงงาน
5. นำเสนอผลงาน เป็นขั้นตอนสุดท้ายเพื่อให้ผู้อื่นได้เข้าใจถึงเนื้อหา นั้น ๆ

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานมีดังนี้

1. ชี้นำเสนอ หมายถึง ขั้นที่ครูให้นักเรียนศึกษาไปความรู้ กำหนดสถานการณ์ สถานการณ์ หรือครูใช้เทคนิคการตั้งคำถามเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ที่กำหนดในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเกิดปัญหา หรือพบเห็นปัญหาจากชีวิตประจำวัน โดยทั่วไปแล้วหัวข้อโครงงานมักจะได้อาจมาจากปัญหา คำถามหรือความอยากรู้อยากเห็นรอบ ๆ ตัวนักเรียน จึงควรให้นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกหัวข้อด้วยตนเอง

2. ชั้นวางแผน หมายถึง ชั้นที่นักเรียนร่วมกันวางแผน โดยการระดมความคิดอภิปรายหรือข้อสรุปของกลุ่มเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ

3. ชั้นปฏิบัติ หมายถึง ชั้นที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม เขียนสรุปรายงานผลที่เกิดขึ้นจากการวางแผนร่วมกัน

4. ชั้นประเมินผล หมายถึง ชั้นการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง โดยให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีครู นักเรียนและเพื่อนร่วมกันประเมิน

กรมวิชาการ (2544) ได้เสนอขั้นตอนของการทำโครงการไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. คิดและเลือกปัญหาที่ศึกษา สามารถกำหนดปัญหาแนวคิด วิธีการที่จะแก้ปัญหาตามความสนใจอย่างรู้ของตนเอง ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในเรื่องเวลา ความสามารถและแหล่งข้อมูล

2. วางแผนในการทำโครงการ นักเรียนจะต้องวางแผนการทำงานในทุกขั้นตอนอย่างละเอียด เพื่อป้องกันความผิดพลาดและสับสน ขั้นตอนดังกล่าวประกอบด้วย

2.1 การกำหนดปัญหาและขอบเขตการศึกษา

2.2 การกำหนดวัตถุประสงค์ แนวคิด วิธีการที่จะนำมาแก้ปัญหาสมมติฐาน

และนิยามเชิงปฏิบัติการ

2.3 การวางแผนรวบรวมข้อมูลและการค้นคว้าเพิ่มเติม

2.4 กำหนดวิธีดำเนินงาน ได้แก่ แนวทางการศึกษาค้นคว้า วัสดุอุปกรณ์ที่

ต้องใช้การออกแบบการทดลอง การควบคุมตัวแปร การสำรวจและรวบรวมข้อมูล การประดิษฐ์คิดค้น การวิเคราะห์ข้อมูล การกำหนดระยะเวลาในการทำงาน แต่ละขั้นตอน

3. การลงมือทำโครงการ นักเรียนจะต้องปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ในข้อ 2 และถ้ามีปัญหาให้ขอคำแนะนำปรึกษาจากครู อาจารย์ที่ปรึกษา

4. การเขียนรายงาน นักเรียนจะต้องเสนอผลงานการศึกษาค้นคว้าเป็นเอกสารอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจและทราบถึงปัญหาวิธีการ และผลสรุปที่ได้จากการศึกษา พร้อมอภิปรายผล และให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการที่จะศึกษาค้นคว้าต่อไป

5. การแสดงผลงาน การแสดงผลงานเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งของการทำโครงการ หลังจากที่ได้มีการศึกษาและหาวิธีการในการแก้ปัญหาที่อยากรู้ และได้ผลแล้วต้องการนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาทดลองนั้นมาเล่าให้ผู้อื่นได้รับรู้รับทราบ ซึ่งนักเรียนจะต้องคิดรูปแบบของการนำเสนอเองโดยการเขียนรูปแบบรายงานเป็นเอกสารหรือรายงานปากเปล่า หรือจัดนิทรรศการผลงาน

จากที่นักการศึกษาได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ พอสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบโครงการแบ่งได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. คิดและเลือกปัญหาที่ศึกษา การกำหนดและเลือกหัวข้อเป็นกิจกรรมที่ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดหัวข้อที่จะทำเป็นโครงการ การกำหนดและเลือกหัวข้อที่เหมาะสมจะทำให้ผู้สอนและผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมและสร้างองค์ความรู้ใหม่ไปพร้อมกัน

2. วางแผนทำโครงการ เป็นการเตรียมเพื่อให้การดำเนินงานให้เป็นไปตามขั้นตอนและระบบเกิดความเรียบร้อย ซึ่งต้องมีการวางแผนไว้ล่วงหน้า มีการคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหา กำหนดวัตถุประสงค์ตั้งสมมติฐาน กำหนดขอบเขตของการศึกษา ศึกษาค้นคว้าจากแหล่งต่าง ๆ กำหนดแผนงาน แล้วนำเสนอต่อครูหรือครูที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบก่อนดำเนินการขั้นต่อไป

3. การลงมือทำโครงการ ขั้นที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม นักเรียนทำตามแผนงานที่วางไว้ เตรียมวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ให้พร้อมปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ คำนึงถึงความประหยัดและปลอดภัยในการทำงาน ตลอดจนการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ว่า ได้ทำอะไรบ้างได้ผลอย่างไร มีปัญหาและข้อคิดเห็นอย่างไร

4. การเขียนรายงาน เป็นวิธีสื่อความหมายวิธีหนึ่งที่จะให้ผู้อื่นได้ เข้าใจถึงแนวคิดวิธีการดำเนินงาน ผลที่ได้ ตลอดจนข้อสรุปและข้อเสนอแนะต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงการนั้น

5. การแสดงผลงาน เป็นวิธีการที่จะทำให้ผู้อื่นได้รับรู้ และเข้าใจถึงผลงานนั้น การนำเสนอผลงานของผู้เรียน ซึ่งครูผู้สอนควรฝึกให้ผู้เรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียน เป็นการฝึกผู้เรียนให้มีความสามารถในการสื่อสาร ขณะเดียวกันก็ต้องรับฟังข้อคิดเห็นจากเพื่อน ๆ ร่วมชั้นเรียน จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการเรียบเรียงความคิดรวบยอด (Concept) อย่างเป็นระบบ

3. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงการมี 2 แนวทาง ดังนี้

1. การจัดกิจกรรมตามความสนใจของนักเรียน เป็นการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนเลือกศึกษาโครงการจากสิ่งที่น่าสนใจอย่างที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน สิ่งแวดล้อม หรือจากประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ยังต้องการคำตอบ ข้อสรุป ซึ่งอาจจะอยู่นอกเหนือจากสาระการเรียนรู้ในบทเรียนของหลักสูตร มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1.1 ตรวจสอบ วิเคราะห์ พิจารณา รวบรวมความสนใจของนักเรียน
- 1.2 กำหนดประเด็นปัญหา/หัวข้อเรื่อง
- 1.3 กำหนดวัตถุประสงค์
- 1.4 ตั้งสมมติฐาน
- 1.5 กำหนดวิธีการศึกษาและแหล่งความรู้
- 1.6 กำหนดเค้าโครงของโครงการ

- 1.7 ตรวจสอบสมมติฐาน
- 1.8 สรุปผลการศึกษาและการนำไปใช้
- 1.9 เขียนรายงานวิจัยแบบง่าย ๆ
- 1.10 จัดแสดงผลงาน
2. การจัดกิจกรรมตามสาระการเรียนรู้ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยยึดเนื้อหาสาระตามที่หลักสูตรกำหนด นักเรียนเลือกทำโครงการตามสาระการเรียนรู้จากหน่วยเนื้อหาที่เรียนในชั้นเรียนนำมาเป็นหัวข้อโครงการ มีขั้นตอนที่ครูดำเนินการดังต่อไปนี้
- 2.1 เริ่มจากศึกษาเอกสารหลักสูตร คู่มือครู
- 2.2 วิเคราะห์หลักสูตร
- 2.3 วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา เพื่อแยกเนื้อหา จุดประสงค์และกิจกรรมให้
- เด่นชัด
- 2.4 จัดทำกำหนดการสอน
- 2.5 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้
- 2.6 ผลิตสื่อ จัดหาแหล่งการเรียนรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น
- 2.7 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้
- 2.7.1 แจงจุดประสงค์ เนื้อหาของหลักสูตรให้นักเรียนทราบ
- 2.7.2 กระตุ้นความสนใจของนักเรียน
- 2.7.3 จัดกลุ่มนักเรียนตามความสนใจ
- 2.7.4 ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม
- การเรียนรู้ เช่น
- 1) ทำไมนักเรียนจึงสนใจอยากเรียนเรื่องนี้ (แนวคิด/แรงดลใจ)
- 2) นักเรียนสนใจเกี่ยวกับอะไรบ้าง (กำหนดเนื้อหา)
- 3) นักเรียนอยากเรียนรู้เรื่องนี้เพื่ออะไร (กำหนดจุดประสงค์)
- 4) นักเรียนจะทำอย่างไรจึงจะเรียนรู้ได้ในเรื่องนี้ (กำหนดวิธีการ
- ศึกษา)
- 5) นักเรียนจะใช้เครื่องมืออะไรบ้างในการศึกษาค้นคว้า (กำหนดสื่ออุปกรณ์)
- 6) นักเรียนจะไปศึกษาที่ใดบ้าง (กำหนดแหล่งความรู้ แหล่งข้อมูล)
- 7) นักเรียนจะทำอย่างไรจึงจะรู้ว่าผลงานของนักเรียนดีหรือไม่ดีอย่างไร จะให้ใครเป็นผู้ประเมิน (กำหนดการวัดและประเมินผล)
- 8) นักเรียนจะเผยแพร่ผลงานให้ผู้อื่นรู้ได้อย่างไร (นำเสนอผลงาน)

2.7.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาตามที่ตกลงกันไว้ (จากคำถามที่ครูซักถาม) ภายใต้อกรอบเวลาในแต่ละครั้ง ถ้ายังไม่สำเร็จให้ศึกษาต่อในคาบต่อไป

2.7.6 นักเรียนทุกคนต้องสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยการเรียนของนักเรียนและสามารถนำเสนอความรู้แก่เพื่อน ๆ และครูได้

2.7.7 นักเรียนเขียนรายงานวิจัยแบบง่าย ๆ และแสดงผลงานในรูปแบบแผนผังโครงงาน

2.8 ครูจัดแหล่งความรู้เพิ่มเติมให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.9 ครูเขียนบันทึกผลการเรียนรู้

วราภรณ์ ตระกูลสฤษดิ์ (2545) กล่าวถึงการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานว่าเป็นเสมือนสะพานเชื่อมระหว่างห้องเรียนกับโลกภายนอก ซึ่งเป็นชีวิตจริงของผู้เรียน ทั้งนี้เพราะว่าผู้เรียนต้องนำเอาความรู้ที่ได้จากชั้นเรียนมาบูรณาการเข้ากับกิจกรรมที่จะกระทำ เพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่ ๆ ด้วยการสร้างความหมาย การแก้ปัญหา และการค้นพบด้วยตนเอง ผู้เรียนต้องสร้างและกำหนดความรู้จากความคิดและแนวคิดที่มีอยู่เกี่ยวกับความคิดและแนวคิดที่เกิดขึ้นใหม่ ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนความรู้ให้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งใหม่ แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

1. โครงการหรือโครงงานเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับบริบทจริงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน
2. การให้ผู้เรียนทำโครงงาน เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เข้าสู่กระบวนการสืบสอบ (process of inquiry) ซึ่งเป็นการใช้กระบวนการคิดขั้นสูง
3. การจัดการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน ช่วยให้ผู้เรียนได้ผลิตงานที่เป็นรูปธรรมออกมา
4. การแสดงผลงานต่อสาธารณชน สามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้และการทำงานให้แก่ผู้เรียนได้
5. การให้ผู้เรียนทำโครงงานสามารถช่วยดึงศักยภาพต่าง ๆ ที่มีอยู่ในตัวของผู้เรียนออกมาใช้ประโยชน์
6. ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยความสนใจ
7. ผู้เรียนเรียนรู้ตามความถนัดและความสามารถของตนเอง
8. ใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการอื่น ๆ ที่เป็นระบบ
9. หาคำตอบภายใต้คำแนะนำของครูผู้สอนหรือผู้เชี่ยวชาญ
10. สอนได้ทุกชั้นเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มก็ได้ทั้งในเวลาหรือนอกเวลาเรียนก็ได้

ก็ได้

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจของนักเรียน เป็นการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนเลือกศึกษาโครงงานจากสิ่งที่สนใจอยากทำที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน ซึ่งอาจจะอยู่นอกเหนือจากสาระการเรียนรู้ในบทเรียนของหลักสูตร หรือเป็นการจัดกิจกรรมตามสาระการเรียนรู้ โดยยึดเนื้อหาสาระตามที่หลักสูตรกำหนด นักเรียนเลือกทำโครงงานตามสาระการเรียนรู้จากหน่วยเนื้อหาที่เรียนในชั้นเรียนนำมาเป็นหัวข้อโครงงาน ซึ่งนักเรียนต้องศึกษาตามที่ได้วางเค้าโครงไว้และต้องสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยการเรียนของนักเรียนและสามารถนำเสนอความรู้แก่เพื่อน ๆ ได้

4. ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

ลัดดา ศีลาน้อย และอังคณา ตุงคะสมิต (2553) ได้กล่าวถึงคุณค่าของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ไว้ดังนี้

1. การเรียนรู้มีได้เกิดจากการสอนของครูอย่างเดียว แต่เกิดจากตัวของนักเรียนเอง
2. นักเรียนได้เรียนรู้จากการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ใหม่
3. การเรียนอย่างต่อเนื่องจากการทำโครงงาน ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากรูปธรรมเป็นนามธรรมได้
4. การเรียนรู้เกิดจากการลงมือปฏิบัติของนักเรียนเอง โดยผ่านขั้นตอนการทำงานที่เป็นกระบวนการ ซึ่งจะช่วยสร้างความเชื่อมั่นให้กับตนเอง
5. เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ เพราะการทำงานของนักเรียนต้องมีการดิ้นรน วิพากษ์วิจารณ์ และให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุงแก้ไขที่ดีขึ้น
6. ความคาดหวังของนักเรียนที่มีต่อผลงาน เพราะในกระบวนการของการทำโครงงาน นักเรียนจะต้องมีการวางแผนอย่างเป็นระบบ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์
7. นักเรียนได้พัฒนาความสามารถที่มองสะท้อนตัวเองได้ (Self-reflection) โดยฝึกการติดตามความคิด ตรวจสอบความคิด ติดตามงานและฝึกแก้ปัญหาจากผลของการติดตามงานนั้น ๆ

ประสาธ เนืองเฉลิม (2557) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานนักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าตามหัวข้อที่ตนสนใจ ฝึกกระบวนการทำงานอย่างมีขั้นตอน รู้จักการวางแผนทำงานอย่างเป็นระบบ ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ตามความถนัด ความสนใจ และความสามารถของนักเรียนเองภายใต้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือผลงานที่มีความสมบูรณ์ ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้ที่หลากหลาย

พิภุ ผ่องสุวรรณ (2560) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะชีวิตของนักเรียนที่ใช้ในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ในการออกแบบสำรวจ การแก้ไขปัญหา

การคิดสร้างสรรค์ ค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง มีความสุขกับการเรียน และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี และการจัดการกับเวลาได้สูงกว่าทักษะด้านวิชาการ ซึ่งทักษะชีวิตที่ได้ทำให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในตนเองที่จะเข้าเป็นส่วนหนึ่งของสังคม

ทศนา แคมมณี (2561) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เข้าสู่กระบวนการสืบค้นหาความจริงจนสามารถผลิตผลงานออกมาจากความคิดของนักเรียน และยังสามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียนได้ ซึ่งแรงจูงใจจะมีผลต่อความใส่ใจ ความกระตือรือร้น และความความอดทนในการแสวงหาความรู้

อัญชลี ทองเอม (2561) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานนั้นทำให้นักเรียนมีการพัฒนาการด้านทักษะการเรียนรู้ได้หลายด้านสำหรับการเรียนรู้ เช่น ความฉลาดทางด้านสติปัญญา สังคม คุณธรรม การคิดสร้างสรรค์ และทักษะด้านการสื่อสาร ทักษะด้านการเรียนที่ใช้ในการดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับผู้อื่น หรือการนำเสนองานที่สร้างความเข้มแข็งต่อนักเรียนอย่างต่อเนื่อง และยั่งยืน

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติศึกษาค้นคว้าตามหัวข้อที่ตนสนใจ ฝึกกระบวนการทำงานอย่างมีขั้นตอน รู้จักการวางแผนทำงานอย่างเป็นระบบ ทำให้นักเรียนมีการพัฒนาการด้านทักษะการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ เกิดความมั่นใจและสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

5. การประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์

การประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นการประเมินตามสภาพจริง เน้นการประเมินการปฏิบัติ (performance assessment) กล่าวคือ เป็นการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานของนักเรียนภายใต้สภาพการณ์ และเงื่อนไขที่สอดคล้องกับสภาพจริง (ศิริชัย กาญจนาวสี, 2550) สสวท. (2540) ได้กำหนดหัวข้อและเกณฑ์การประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำ

การประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำควรคำนึงถึงระดับชั้นและอายุของนักเรียน ซึ่งครูสามารถพิจารณาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ เข้าใจหลักการสำคัญของเรื่องที่ทำมาน้อยเพียงใด ค้นหาเอกสารอ้างอิงได้เหมาะสม และมีความเข้าใจในเรื่องที่อ้างอิงมาน้อยเพียงใด ใช้ศัพท์เทคนิคได้ถูกต้องและมีความเข้าใจในศัพท์เทคนิคที่ใช้เพียงใด ได้ความรู้เพิ่มเติมจากการทำโครงงานวิทยาศาสตร์นอกเหนือจากที่เรียนตามหลักสูตรปกติเพียงใด

2. การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์หรือเทคนิคที่ใช้ในการประดิษฐ์คิดค้น

ถ้าโครงงานวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนทำเป็นโครงงานประเภททดลองหรือสำรวจข้อมูล ครูควรพิจารณาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ปัญหาหรือสมมติฐานได้แสดงไว้ชัดเจนเพียงใด

การออกแบบการทดลอง หรือการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลทำได้ออกแบบเพียงใด การวัดและการควบคุมตัวแปรทำได้ดีเพียงใด การจัดการกระทำและการนำเสนอข้อมูลทำที่เหมาะสมเพียงใด การแปลผลเหมาะสมและตั้งอยู่บนรากฐานข้อมูลที่รวบรวมมาได้เพียงใด การบันทึกประจำวันเกี่ยวกับการทำโครงการทำได้เรียบร้อยและเหมาะสมเพียงใด

ในกรณีที่นักเรียนทำเป็นโครงการประเภทสิ่งประดิษฐ์ ครูควรพิจารณาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสมเพียงใด การออกแบบมีความเหมาะสมกับงานที่จะใช้เพียงใด เช่น ขนาด รูปร่าง ตำแหน่งปุ่มควบคุมต่าง ๆ สิ่งประดิษฐ์ที่นักเรียนสร้างขึ้นมีความคงทนถาวรเพียงใด มีความปลอดภัยในการใช้งานหรือไม่ การออกแบบคำนึงถึงการซ่อมบำรุงรักษามากน้อยเพียงใด เช่น ส่วนที่จะต้องถอดออกบ่อย ๆ หรือต้องซ่อมบำรุงบ่อย ๆ อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมเพียงใด มีความประณีต เรียบร้อย สวยงามจูงใจผู้ใช้เพียงใด เทคนิค วิธีการที่ใช้ มีความเหมาะสมกับเทคโนโลยีในปัจจุบันเพียงใด

สำหรับโครงการประเภททฤษฎี ครูควรพิจารณาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ แนวความคิด มีความต่อเนื่องเพียงใด แนวความคิดมีเหตุผลและมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด กติกาหรือข้อตกลงเบื้องต้นที่ใช้มีความเหมาะสมเพียงใด การอธิบายหรือการสรุปแนวความคิดตั้งอยู่บนกติกาหรือข้อตกลงเบื้องต้นที่ตั้งไว้หรือไม่ เพียงใด

3. การเขียนรายงาน

การจัดแสดงโครงงานวิทยาศาสตร์ และการอธิบายด้วยปากเปล่า ครูสามารถประเมินการเขียนรายงาน การจัดแสดงโครงงานวิทยาศาสตร์ และการอธิบายด้วยปากเปล่าในด้านต่าง ๆ เช่น รายงานของนักเรียนมีความเหมาะสมเพียงใด ซึ่งจะพิจารณาจากความถูกต้อง ความชัดเจนและความครอบคลุมของบทคัดย่อ ความถูกต้องของศัพท์ที่ใช้ ความเหมาะสมของตาราง กราฟ และรูปภาพที่ใช้ประกอบ ด้านการจัดแสดงโครงงานวิทยาศาสตร์ ครูพิจารณาจากคำอธิบายที่เขียนในแผงโครงงานที่มีความชัดเจน ช่วยให้เข้าใจโครงงานวิทยาศาสตร์ที่ทำได้เพียงใด ออกแบบและติดตั้งได้สวยงามน่าชมเพียงใด วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาแสดงจัดได้เหมาะสมเพียงใด ดึงดูดความสนใจและช่วยให้เข้าใจโครงงานวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้นเพียงใด การอธิบายปากเปล่า อธิบายได้ชัดเจน กระชับ ใช้ภาษาได้เหมาะสมเพียงใด ตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และคล่องแคล่วเพียงใด

4. ความคิดสร้างสรรค์

ผู้ประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ต้องคำนึงถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์หรือความแปลกใหม่ในระดับของโครงงาน ผู้ประเมินโครงงานสามารถพิจารณาจากหัวข้อต่าง ๆ ได้แก่ ปัญหาหรือเรื่องที่มีความสำคัญ และมีความแปลกใหม่เพียงใด ได้มีการดัดแปลง เปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมแนวคิดใหม่ลงไปในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด มีการคิดและใช้วิธีการที่แปลกใหม่ในการควบคุมหรือวัดตัวแปร หรือเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ มากน้อยเพียงใด

มีการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องมือที่แปลกใหม่ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์มาน้อยเพียงใด มีการออกแบบ ประดิษฐ์ ดัดแปลงหรือใช้วัสดุอุปกรณ์ที่แปลกใหม่ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์มาน้อยเพียงใด ช่วงเวลาในการประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ ช่วงเวลาที่ครูสามารถประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงเริ่มต้น ระหว่าง และเมื่อเสร็จสิ้นการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ (สาขาพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและส่งเสริมการผลิตครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สาขา พสวท.และ สควค.) สสวท., 2558) โดยการประเมินแต่ละช่วงมีรายละเอียดดังนี้

1. ประเมินเมื่อเริ่มต้นโครงงาน

การประเมินในช่วงนี้เป็นการประเมินเกี่ยวกับเค้าโครงของโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้ที่นักเรียนจะดำเนินการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ตามที่เสนอมา

2. ประเมินระหว่างการทำงานโครงงาน

การประเมินในช่วงนี้เน้นการประเมินกระบวนการทำงานของนักเรียนในด้านความร่วมมือ ความมุ่งมั่น ตลอดจนความถูกต้องและความครอบคลุมในการเก็บรวบรวมข้อมูล การประเมินในช่วงนี้ยังมีลักษณะเป็นการประเมินเพื่อการพัฒนา โดยครูบันทึกข้อสังเกตต่าง ๆ และผลการประเมินไว้ เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนางานของนักเรียนต่อไป

3. ประเมินเมื่อเสร็จสิ้นโครงงาน

เมื่อนักเรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์เสร็จสิ้นครูสามารถประเมิน การทำโครงงานได้จากรายงานและการนำเสนอโครงงานด้วยการจัดนิทรรศการ โดยพิจารณาจากขั้นตอนต่าง ๆ ที่นักเรียนทำตลอดการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

วิธีการประเมินผล

1. การสังเกต เป็นวิธีประเมินพฤติกรรมที่สามารถทำได้ตลอดเวลาและสถานการณ์ทั้งแบบมีและไม่มีเครื่องมือในการสังเกต

2. การสัมภาษณ์ การสอบถามอาจมีลักษณะเป็นทางการหรือสัมภาษณ์สอบถามขณะปฏิบัติโครงงานได้

3. วัดความรู้ ความสามารถ (Authentic Test) ควรเป็นแบบสอบถามแบบปลายเปิดเพื่อดูความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ความเข้าใจเดิมกับสิ่งที่ได้เพิ่มเติมจากประสบการณ์ในการปฏิบัติโครงงาน

4. การรายงาน จะเป็นการเขียน รายงาน หรือเล่าขั้นตอนหรือประสบการณ์ในการทำโครงงานก็ได้ เพื่อให้นักเรียนได้ประเมินตนเองจากการที่ได้พูดหรือเขียนบรรยายสะท้อน

ความรู้ ความเข้าใจ ความรู้สึกคิดตามแนวทางการเรียนรู้ที่ผ่านประสบการณ์ขณะปฏิบัติกิจกรรมตามโครงการงาน

5. แฟ้มผลงาน เป็นการเก็บรวบรวมผลงานที่มีความโดดเด่นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่เลือกรวบรวมไว้อย่างเป็นระบบเพื่อแสดงถึงความรู้ ความเข้าใจ ความสนใจ ความถนัดทักษะความสามารถอันแสดงออกถึงพัฒนาการความก้าวหน้า ความสำเร็จในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือในหลาย ๆ เรื่อง หรือจะเป็นการเก็บผลการประเมินการปฏิบัติโครงการงาน ในวิธีที่ 1 - 4 ด้วยก็ได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการติดตามพัฒนาการการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างต่อเนื่อง

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การประเมินการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการในการตัดสินคุณภาพของงานดำเนินงานของนักเรียนตามสภาพจริง จากบุคคลที่เกี่ยวข้องทั้งครูและเพื่อนทั้งนี้ครูสามารถสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการประเมินโครงการงานวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่จะประเมิน นอกจากนี้แบบประเมินโครงการงานวิทยาศาสตร์มีหลากหลายรูปแบบ ครูสามารถประยุกต์ใช้แบบประเมินได้ตามความเหมาะสม เพื่อนำมาสู่การพัฒนาการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

สะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering และคณิตศาสตร์ (Mathematics) (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) มีจุดเด่นที่การนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาผนวกเข้ากับการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่อยู่ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของไทย กิจกรรมสะเต็มศึกษาเน้นการนำประเด็นหรือสถานการณ์ที่อยู่ใกล้ตัวผู้เรียน อาจเป็นลักษณะของปัญหา เหตุการณ์ หรืออาชีพที่พบเห็นได้ในชุมชนหรือสังคมในชีวิตประจำวัน เชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เป็นการสร้างโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้ภายในชั้นเรียนและความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหาวิธีการหรือพัฒนาชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนนำเสนอ การจัดการเรียนรู้ลักษณะเช่นนี้มีส่วนช่วยให้ผู้เรียนได้เล็งเห็นประโยชน์ของความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ได้ภายในชั้นเรียน อีกทั้งเป็นการฝึกฝนความสามารถในการแก้ปัญหาที่สลับซับซ้อนได้ อย่างไรก็ตาม เนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดต้องสอดคล้องกับตัวชีวิตในระดับชั้นเรียนที่ผู้เรียนกำลังศึกษาอยู่ และต้องคำนึงถึงวิธีการเรียนรู้และความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนในแต่ละช่วงวัย (เสกสรร สรรสรพิสุทธิ์, 2558) ซึ่งการผลักดันหรือหนุนเสริมให้สะเต็มศึกษาเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมแบบองค์รวมในโรงเรียนได้นั้น ผู้บริหารสถานศึกษาต้องเอา

จริงเอาใจและเล็งเห็นประโยชน์ที่ได้รับกับผู้เรียน ตลอดจนส่งเสริมให้ผู้สอนทุกคนที่เกี่ยวข้องต้องมีความตระหนักถึงความสำคัญ และมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาอย่างถ่องแท้ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่เชื่อมโยงกับการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ตามสถานการณ์ในปัจจุบัน ได้อย่างทันที่ (สสวท, 2558)

1. ความหมายของสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภทราชัย (2556) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า STEM Education คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

ธัญญารัตน์ รัตนศิริ (2562) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ การบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าร่วมด้วย โดยมีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้มาบูรณาการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ผู้เรียนจะสามารถสร้างสรรค์ผลงานใหม่ ๆ ที่เกิดจากความคิดสร้างสรรค์ของตนเอง ทำให้ผู้เรียนมีทักษะสำคัญในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่นอันเป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21

ตรีประเสริฐ แสงศรีเรือง (2563) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า STEM Education หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยเน้นการนำความรู้มาประยุกต์แก้ไขปัญหาสถานการณ์หรือพัฒนาทักษะในการแก้ไขปัญหา โดยการบูรณาการ (Integration) 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์และการออกแบบทางวิศวกรรม กระทำไปอย่างเป็นธรรมชาติและสร้างสรรค์ควบคู่ไปกับกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มที่ทุกคนมีส่วนร่วม โดยแต่ละคนมีหน้าที่เป็นของตนเองตามศักยภาพและความสามารถของผู้เรียน เพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสาร กระบวนการทำงานแบบกลุ่ม และเป็นการเตรียมความพร้อม เพื่อการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในชีวิต รวมถึงการประกอบอาชีพ หรือพัฒนาต่อยอดนวัตกรรม รวมทั้งการสร้างนวัตกรรมต่าง ๆ

พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม (2561) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการนำเอาศาสตร์วิชาทั้ง 4 ศาสตร์ มาบูรณาการเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยอาจจะจัดเป็นกิจกรรมหรือให้นักเรียนได้ทำโครงการหรือศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเอง โดยอาศัยองค์ความรู้จากจุดเด่นของศาสตร์วิชาต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ออกแบบและพัฒนาชิ้นงานของตนเองได้จากกระบวนการทางวิศวกรรม รวมทั้งยังเป็นการพัฒนาทักษะความรู้จากประสบการณ์ที่

ได้มา เพื่อนำใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพเพื่อหารายได้ และการพัฒนาประเทศในด้านของเศรษฐกิจ สังคม ต่อไปในอนาคต

ธารทิพย์ ช้วนา และขวัญชัย ช้วนา (2562) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ไว้ว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาขาวิชา ทั้ง 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติในแต่ละวิชา ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละวิชามารวมกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียน นำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การสืบเสาะค้นหาค้นคว้า การสร้างองค์ความรู้ การสื่อสาร และการสร้างสรรค์พัฒนาสิ่งต่าง ๆ ให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกันทำงานเป็นที่อย่างสร้างสรรค์ เพราะในการทำงานหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงาน เพื่อทำให้งานประสบความสำเร็จ หากแยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ จะทำให้ไม่สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ได้เต็มตามศักยภาพ เพราะไม่เกิดการเชื่อมโยงการเรียนรู้

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การบูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยอาจจะจัดเป็นกิจกรรมหรือให้นักเรียนได้ทำโครงงานหรือศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเอง โดยอาศัยองค์ความรู้จากจุดเด่นของศาสตร์วิชาต่าง ๆ ซึ่งเน้นการพัฒนาทักษะที่เกิดจากการปฏิบัติจริง เพื่อชีวิตในโลกยุคใหม่ เพราะกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา รวมถึงการทำงานร่วมกับผู้อื่น

2. องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

เทคโนโลยี (Technology) เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงานที่มีการประยุกต์ศาสตร์สาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการ หรือความจำเป็นของมนุษย์

วิศวกรรม (Engineering) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือสร้างสิ่งต่าง ๆ เพื่อมาอำนวยความสะดวกของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้สร้างสรรค์ชิ้นงานนั้น ๆ

คณิตศาสตร์ (Mathematics) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาเกี่ยวกับการคำนวณหรือวิชาที่เกี่ยวกับการคำนวณ เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาและต่อยอดทางวิศวกรรมศาสตร์

สะเต็มศึกษาประเทศไทย (STEM EDUCATION THAILAND) (Hanover Research, 2011 : 5) ได้กล่าวไว้ว่า คำว่า “สะเต็ม” หรือ “STEM” เป็นคำย่อจากภาษาอังกฤษของ

ศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) หมายถึง องค์ความรู้วิชาการของศาสตร์ทั้งสี่ที่มีความเชื่อมโยงกันในโลกของความเป็นจริงที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน คำว่า STEM ถูกใช้ครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (the National Science Foundation: NSF) ซึ่งใช้คำนี้เพื่ออ้างถึงโครงการหรือโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม สถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาไม่ได้ให้นิยามที่ชัดเจนของคำว่า STEM มีผลให้มีการใช้และให้ความหมายของคำนี้แตกต่างกันไป เช่น มีการใช้คำว่า STEM ในการอ้างอิงถึงกลุ่มอาชีพที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

สมชาย อุ่นแก้ว (2558) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้ STEM Education คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M)

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาหรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนา สิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมีได้หมายถึงคอมพิวเตอร์ หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษา โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่ไม่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มีได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรก คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking)

ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การ จัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สอง คือ ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการสุดท้าย คือ การส่งเสริมการคิด คณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2555) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ไว้ว่า

1. Science เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) โดยวิทยาศาสตร์ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่ทำให้มนุษย์เราเข้าใจธรรมชาติมากยิ่งขึ้น และในปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกา มีการปรับปรุง Science K-12 Framework ใหม่ในเดือนพฤษภาคม 2555 และได้เผยแพร่ เพื่อทำประชาพิจารณ์ออนไลน์ โดยมีการรวมแนวความคิดของ Technology และ Engineering เข้าไปด้วย และได้ยกระดับความสำคัญของ Engineering Design ให้เท่าเทียมกับ Scientific Inquiry

2. Technology เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงานเพื่อแก้ปัญหา ปรับปรุง แก้ไขหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือความจำเป็นของมนุษย์ โดยกระบวนการแก้ปัญหาหรือการทำงานทางเทคโนโลยีนั้นจะเรียกว่า Engineering Design Process ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน คล้ายกับ Scientific Inquiry นั่นเอง และการจัดการเรียนรู้ จะอยู่บนพื้นฐานของ Problem-based หรือ Project-based Learning อย่างไรก็ตามคนทั่วไปมักเข้าใจผิดว่าเทคโนโลยี หมายถึง คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ ICT ต่าง ๆ เท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้ว จะหมายถึงกระบวนการแก้ปัญหาหรือทำงานหรือสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราด้วย โดยประเทศสหรัฐอเมริกามีสมาคมนักการศึกษาเทคโนโลยีและวิศวกรรม (International Technology and Engineering Educators Association : ITEEA) กำหนดมาตรฐาน วิชาเทคโนโลยีให้ผู้สอนได้ใช้สอนไปในทิศทางเดียวกัน

3. Engineering เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือสร้างสิ่งต่าง ๆ เพื่อมาอำนวยความสะดวกของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีช่วยสร้างสรรค์ชิ้นงานนั้น ๆ อย่างไรก็ตาม ในสหรัฐอเมริกาเองพบว่า วิชาวิศวกรรมนั้นยังไม่ได้ปรากฏเป็นที่ชัดเจนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่จะถูกแฝงเข้าไปในวิชาเทคโนโลยีมากกว่า

4. Mathematics เป็นวิชาที่มีความสำคัญและมีความชัดเจนในตัวอยู่แล้ว ด้วยธรรมชาติของคณิตศาสตร์ที่มีทฤษฎีชัดเจน ซึ่งวิชาคณิตศาสตร์จะเป็นตัวเชื่อมทั้งสามสาขาวิชาเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ (Science) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) เทคโนโลยี (Technology) เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงานเพื่อแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือความจำเป็นของมนุษย์ วิศวกรรม (Engineering) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือสร้างสิ่งต่าง ๆ เพื่อมาอำนวยความสะดวกของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางเทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เป็นวิชาเกี่ยวกับกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking)

3. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

จำรัส อินทลาภาพร และคณะ (2558) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่

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

2. จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกตและกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน โดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็นและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่ แล้วเขียนรายงานและนำเสนอต่อสาธารณชน นำผลงานและประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน จุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มคือ การผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้ให้ความหมายของการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาว่า เป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ผสมกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความเข้าใจและฝึกทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีที่เป็นผลผลิตจากการออกแบบเชิงวิศวกรรม การออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการซึ่งมีได้หลายรูปแบบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) คือ การรวบรวมข้อมูลหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสม เพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีที่เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ผู้แก้ไขต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินงานให้ชัดเจน รวมถึงออกแบบและพัฒนาต้นแบบของผลผลิต เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบ เพื่อแก้ไขปัญหาโดยผลที่ได้ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) ภายหลังจากการพัฒนาแล้วจึงทำการปรับปรุงและทดสอบ รวมทั้งประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหามustนำเสนอผลลัพธ์ โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลให้เข้าใจง่ายและน่าสนใจ แต่อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอาจมีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานแตกต่างไปจากนี้ โดยอาจมีการสลับขั้นตอนหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ โดยทั่วไปการแก้ปัญหาหรือการสร้างสรรค์ชิ้นงาน มักจะมีการทำซ้ำต่อเนื่องจนเกิดการแก้ปัญหาได้

กมลฉัตร กล่อมอิม (2562) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่

1. การจัดการเรียนรู้โดยมีกิจกรรมเป็นฐาน (Activity-based Learning) การจัดการเรียนรู้โดยมีกิจกรรมเป็นฐาน (Activity-based Learning) เป็นการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง ผ่านกิจกรรมและมีบทบาทในการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยเน้นให้

ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ และเรียนรู้จากกิจกรรมที่ได้กระทำจริงและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้การสร้างปฏิสัมพันธ์และการร่วมมือกัน

กระทรวงศึกษาธิการ (2550) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สรุปได้ดังนี้คือ มีสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและเริ่มต้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยการใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย

1. ใช้ปัญหาที่พบเห็นได้ในชีวิตจริงของผู้เรียนหรือมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้จริง
2. ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการนำตนเอง (Self-directed Learning) แสวงหาด้วยตนเอง ดังนั้น ผู้เรียนจึงต้องวางแผน การเรียนด้วยตนเอง บริหารเวลาเอง คัดเลือกวิธีการเรียนรู้ และประสบการณ์การเรียนรู้ รวมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง
3. เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพื่อประโยชน์ในการค้นหาความรู้ ข้อมูลพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุและผล ฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น ความรู้ที่ได้มีความหลากหลาย โดยมาจากการวิเคราะห์ของผู้เรียน
4. มีการบูรณาการความรู้และบูรณาการทักษะกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้และคำตอบที่กระจ่างชัด
5. การประเมินผลจะเน้นการประเมินตามสภาพจริง โดยพิจารณาจากความก้าวหน้าในการปฏิบัติงานของผู้เรียน

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) เป็นการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในลักษณะของการศึกษา สืบค้น ค้นคว้า ทดลอง ประดิษฐ์คิดค้น โดยมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ คือ ผู้สอนกำหนดขอบเขตของโครงงานอย่างกว้าง ๆ ให้สอดคล้องกับรายวิชา สภาพปัญหาหรือความถนัดของผู้เรียนและให้ผู้เรียนออกแบบโครงงานร่วมกัน เพื่อนำไปสู่การเขียนเค้าโครงและลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ในเค้าโครง ผู้เรียนสรุปผ่านการเขียนรายงานและมีการประเมินโครงงาน

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การจัดการกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความเข้าใจและฝึกทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

นภสร ยลสุรียัน (2563) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดแบบ STEM EDUCATION สามารถกำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างบรรยากาศและความสนใจในชั้นเรียน เป็นการให้ความรู้ ความเข้าใจ และสร้างความสนใจในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดแบบ STEM EDUCATION

ขั้นที่ 2 กระตุ้นความสนใจและระบุปัญหา เป็นการสร้างความสนใจ เพื่อให้เกิดการอยากรู้อยากลอง และเป็นการทำความเข้าใจสถานการณ์ของปัญหาหรือความต้องการนั้น ๆ อย่างละเอียด โดยวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ เพื่อตัดสินใจเลือกปัญหาหรือความต้องการที่จะดำเนินการแก้ไข แล้วกำหนดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจน

ขั้นที่ 3 วางแผนและดำเนินการ เป็นการกำหนดขั้นตอนหรือกระบวนการในการดำเนินการ

ขั้นที่ 4 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง เป็นการดำเนินการจริง มีการทดลองตามขั้นตอน กระบวนการที่กำหนด สรุปผลการดำเนินงาน และปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 5 นำเสนอผลงาน เป็นการนำเสนอข้อมูลหรือผลที่ได้รับจากการดำเนินการตามขั้นตอนหรือกระบวนการที่กำหนดไว้

ดรรารัตน์ ชัยพิลา (2559) ได้สังเคราะห์การจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education ประกอบด้วยขั้นตอนการสอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ค้นพบปัญหาและชี้สาเหตุ คือ ขั้นตอนให้ผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ที่กำลังเป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน แล้วให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดเพื่อระบุปัญหาที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 2 วางแผนและออกแบบ คือ ขั้นตอนที่นักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา โดยสามารถนำเสนอวิธีการหลากหลายวิธีในการแก้ปัญหา แล้วเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุดมา 1 วิธี ทำการออกแบบ ชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ที่เหมาะสม

ขั้นที่ 3 สร้างชิ้นงานและลงมือปฏิบัติ คือ ขั้นตอนการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือทดลองตามวิธีการที่ได้วางแผนไว้แล้ว และได้นำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 4 สรุปและประเมินผลชิ้นงาน คือ สรุปผลการนำชิ้นงาน หรือวิธีการที่ค้นพบไปใช้ในการแก้ปัญหาและประเมินถึงผลที่ได้ทั้งทางบวกและทางลบและหาข้อเสนอแนะ

ขั้นที่ 5 เขียนรายงาน คือ เขียนรายงานโครงงานตามรูปแบบที่ถูกต้อง

ขั้นที่ 6 นำเสนอโครงงาน คือ นำเสนอโครงงานหน้าชั้นเรียนด้วยโปรแกรมเพาเวอร์พอยท์

ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม (2559) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การคิดหัวเรื่อง เป็นขั้นที่ครูจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา ทำให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็นและเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ และกำหนดขอบเขตของประเด็นปัญหาได้

ขั้นที่ 2 การวางแผนทำโครงงาน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องรวมกลุ่มกันศึกษา ทำความเข้าใจปัญหาและวางแผนการดำเนินงาน โดยครูต้องทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียนและช่วยเหลือในการวางแผนทำโครงงาน

ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงงาน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำตามแผนงานที่เตรียมไว้และบันทึกผลการดำเนินงาน โดยครูมีหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียนหากมีปัญหา คอยอำนวยความสะดวกแก่นักเรียน และติดตามการทำงานของนักเรียนทุกระยะ

ขั้นที่ 4 การสรุปผลการศึกษาและเขียนรายงาน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องเขียนรายงานเกี่ยวกับโครงงานที่ได้ลงมือปฏิบัติ สร้างข้อสรุปหรือตอบคำถามข้อสงสัยแล้วนำเสนอ โดยครูมีหน้าที่ตรวจสอบ ประเมินความเข้าใจ ให้ข้อเสนอแนะหรือคำแนะนำหากยังมีข้อบกพร่องและร่วมกับนักเรียนในการสรุปองค์ความรู้

ขั้นที่ 5 การแสดงผลงาน เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องพิจารณา ทบทวนงานของตนเอง และทำการปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะนำเสนอผลงานร่วมกันทั้งชั้นเรียน โดยครูมีหน้าที่จัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้แสดงผลงานและประเมินการดำเนินงาน และจัดกิจกรรมเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

กมลรัตน์ เทอร์เนอร์ (2561) ได้จัดการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็ม ซึ่งพัฒนามาจากแนวคิด STEM Education และ Project Based Learning ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริงหรือนวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Science + Math & Technology)

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Engineering)

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (Engineering)

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานของ ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม (2559) มาประยุกต์เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งมี 5 ขั้นตอน แล้วนำเนื้อหาความรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้ามาบูรณาการเข้าด้วยกัน

ในขั้นตอนการเรียนการสอน ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การคิดหัวเรื่อง เป็นขั้นที่ครูจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา ทำให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็นและเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ และกำหนดขอบเขตของประเด็นปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 การวางแผนทำโครงงาน (Science + Engineering + Mathematics) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องรวมกลุ่มกันศึกษา ทำความเข้าใจปัญหาและวางแผนการดำเนินงาน มีการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงงาน (Science + Technology + Engineering + Mathematics) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำตามแผนงานที่เตรียมไว้ เพื่อการออกแบบชิ้นงานและบันทึกผลการดำเนินงาน โดยใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 การสรุปผลการศึกษาและเขียนรายงาน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องเขียนรายงานเกี่ยวกับโครงงานที่ได้ลงมือปฏิบัติสร้างข้อสรุปหรือตอบคำถามข้อสงสัยแล้วนำเสนอ

ขั้นที่ 5 การแสดงผลงาน (Engineering) เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องพิจารณา ทบทวนชิ้นงานของตนเองและทำการปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะนำเสนอผลงานร่วมกันทั้งชั้นเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

มีนักการศึกษากล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

กู๊ด (Good, 1973) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ หมายถึง การทำให้สำเร็จ (Accomplishment) หรือประสิทธิภาพของการปฏิบัติในลักษณะที่กำหนดให้หรือด้านความรู้

พิมพันธ์-เดชะคุปต์ และเพยาว์ ยินดีสุข (2548) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน

ปราณี กองจินดา (2549) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถหรือผลสำเร็จที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์เรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย และยังได้จำแนกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ตามลักษณะของวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2549) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลจากการเรียนรู้ ที่แต่ละคนได้ศึกษาเรียนรู้มาแล้วในอดีตหรือในปัจจุบัน โดยเป็นผลจากการประเมินความรู้ทางด้านเนื้อหาวิชาการเป็นหลัก เน้นความตรงเชิงเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาเป็นสำคัญ

อุทุมพร จามรมาน (2549) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องชี้ความสำเร็จในการจัดการศึกษาของหลักสูตรนั้น ๆ ซึ่งการจัดการศึกษาตามหลักสูตรต่าง ๆ มีความเกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร เนื้อหาสาระ การจัดการเรียนรู้และการวัดผลประเมินผล ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นตัวชี้ความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายและเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้อง

จากความหมายดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ความสำเร็จในการเรียนรู้โดยใช้ความสามารถทางสติปัญญาที่แต่ละคนได้ศึกษาเรียนรู้มาแล้วในอดีตหรือในปัจจุบัน โดยเป็นผลจากการประเมินความรู้ทางด้านเนื้อหาวิชาการเป็นหลัก เน้นความตรงเชิงเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาเป็นสำคัญ ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นตัวชี้ความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายและเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้

2. การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักวิชาการได้กล่าวถึงการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

ชวลิต ชุกก่าแพง (2551) สรุปการวัดผลไว้ว่า การวัดผล (Measurement) เป็นการกำหนดตัวเลขหรือปริมาณให้กับสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างมีกฎเกณฑ์โดยใช้เครื่องมือ เช่น การใช้แบบทดสอบของครูเพื่อวัดความสามารถทางสมองของเด็ก ใช้ตลับเมตรวัดความยาวของต้นไม้ เป็นต้น การวัดผลต้องอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1. จุดมุ่งหมายของการวัด ว่าต้องการวัดอะไร ในสถานการณ์เช่นไรและวัดไปทำไม

2. เครื่องมือที่ใช้วัด เช่น แบบทดสอบ แบบสอบถาม การสังเกต สัมภาษณ์

3. การแปลผลและการนำผลไปใช้ เช่น คะแนนสอบ ความสูง ความยาว

การประเมินผล (Evaluation) เป็นกระบวนการตัดสินใจหรือตีค่าที่ได้จากการวัดผล โดยอาศัยเกณฑ์ เช่น วัดความสูงของคนได้ 190 เซนติเมตร ประเมินผลว่าเป็นคนสูงโดยใช้เกณฑ์ที่เป็นบรรทัดฐานคนไทย การประเมินผลมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1. ประเมินในสิ่งที่ผู้เรียนเรียนรู้และสามารถทำได้

2. เน้นวัตถุประสงค์ความหมายโดยตรงมากกว่าโดยอ้อม

3. ลักษณะหรือกิจกรรมมีลักษณะความเป็นจริงเป็นส่วนหนึ่งของชีวิต

ชนิษฐา อินนวล (2554) ได้กล่าวถึง การวัดผล คือ กระบวนการหรือเทคนิค วิธีการอย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะของบุคคล เพื่อให้ได้ข้อมูลจากนามธรรมให้ออกมาเป็นรูปธรรม ความหมายของการประเมินพัฒนาการ

สรุปได้ว่า การวัดผล หมายถึง กระบวนการกำหนดตัวเลขหรือสัญลักษณ์แทนปริมาณ หรือคุณภาพของคุณลักษณะของสิ่งของที่ต้องการวัด โดยสิ่งที่ต้องการวัดนั้นเป็นผลมาจากการกระทำ หรือกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างร่วมกัน เช่น การวัดผลการเรียนรู้สิ่งที่ต้องการวัดคือ ผลที่เกิดจากการเรียนรู้ของผู้เรียน

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักวิชาการกล่าวถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

อรนุช ศรีสะอาด และคณะ (2550) ให้ความหมายว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพทางสมองด้านต่าง ๆ ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้มาแล้ว

สมนึก ภัททิยธนี (2553) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประเภทที่ครูสร้างมีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) ลักษณะทั่วไปเป็นเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายความรู้และข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบ กากุก - ผิด (True - false Test) ลักษณะทั่วไปถือได้ว่าข้อสอบแบบกา กุก - ผิด คือ ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น กากุก - ผิด ใช่ ไม่ใช่ จริง ไม่จริง เหมือนกัน – ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ แล้วให้ผู้ตอบเติมคำหรือประโยคหรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) ลักษณะทั่วไปของข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนประโยคคำถามที่สมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคหรือข้อความที่ไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนคำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัด ได้ใจความสมบูรณ์ ไม่ใช่บรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำตอบหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละ

ข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยื่น) จะคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างไรอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) ลักษณะทั่วไป คำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นคำตอบลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณาแล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน ดูเผิน ๆ จะเห็นว่าตัวเลือกถูกหมดแต่จริง ๆ มีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

บุญชม ศรีสะอาด (2556) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระและตามจุดประสงค์ของวิชาหรือเนื้อหาที่สอน โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาต่าง ๆ อาจจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์ สำหรับใช้ตัดสินว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm – Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดีเป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานภาพความสามารถของบุคคลนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาต่าง ๆ ที่เรียนตามโรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัยหรือสถาบันการศึกษาต่าง ๆ และให้หลักการเกี่ยวสร้างแบบทดสอบชนิดเลือกตอบไว้

สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพทางสมองอันเป็นผลมาจากการเรียนรู้ทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด ซึ่งแบบทดสอบที่ใช้ในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีจุดมุ่งหมายในการทดสอบแตกต่างกัน ดังนั้นในการนำแบบทดสอบไปใช้ต้องระมัดระวังว่าเลือกใช้แบบทดสอบได้ถูกต้องเหมาะสมกับสิ่งที่เราต้องการหรือไม่ การจำแนกประเภทของแบบทดสอบจึงช่วยให้สามารถเข้าใจและเลือกใช้แบบทดสอบได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นข้อปรนัย 30 ข้อ

4. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2548) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร การสร้างแบบทดสอบควรเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตาราง วิเคราะห์ หลักสูตร เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด ตารางวิเคราะห์หลักสูตรจะใช้เป็นกรอบในการออกข้อสอบ โดยระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดไว้

2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นพฤติกรรมที่เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวังจะเกิดขึ้นกับผู้เรียน ซึ่งผู้สอนจะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าสำหรับเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3. กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง โดยการศึกษตารางวิเคราะห์หลักสูตร และจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาและตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของข้อสอบที่จะใช้วัดว่าจะเป็นแบบใด โดยต้องเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน แล้วศึกษาวิธีเขียนข้อสอบชนิดนั้นให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักและวิธีการเขียนข้อสอบ

4. เขียนข้อสอบ ผู้ออกข้อสอบลงมือเขียนข้อสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตรและให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยอาศัยหลักและวิธีการเขียนข้อสอบที่ได้ศึกษามาแล้ว

5. ตรวจสอบข้อสอบ เพื่อให้ข้อสอบที่เขียนไว้แล้วในขั้นที่ 4 มีความถูกต้องตามหลักวิชา มีความสมบูรณ์ ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาทบทวนตรวจสอบอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์และนำไปใช้ต่อไป

6. จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง เมื่อตรวจสอบข้อสอบเสร็จแล้วให้พิมพ์ข้อสอบทั้งหมดจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับทดลอง โดยมีคำชี้แจงหรือคำอธิบายวิธีตอบแบบทดสอบ (Direction) และจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

7. ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ การทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง โดยนำแบบทดสอบไปทดลองสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องการสอบจริง แล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ

8. จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง จากผลการวิเคราะห์ข้อสอบหากพบว่าข้อสอบข้อใดไม่มีคุณภาพหรือมีคุณภาพไม่ดีพอ อาจจะต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงแก้ไขข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้น แล้วจึงจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับจริงที่จะนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

อรนุช ศรีสะอาด และคณะ (2550) ได้เสนอถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบให้ชัดเจนว่า จะสอบใคร อยู่ระดับชั้นใด เพื่ออะไร

2. วิเคราะห์หลักสูตรและทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร

3. กำหนดชนิดของแบบทดสอบและศึกษาวิธีเขียน

4. เขียนข้อสอบตามชนิดของแบบทดสอบ โดยให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและตารางวิเคราะห์หลักสูตร

5. ตรวจสอบข้อสอบโดยพิจารณาถึงความถูกต้องตามหลักวิชา มุ่งวัดเนื้อหาและพฤติกรรม ตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือไม่ ภาษาที่ใช้ชัดเจนถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งอาจตรวจสอบข้อสอบ โดยผู้ออกข้อสอบเองกรณีนี้ผู้ออกข้อสอบควรจะได้พักสมองระยะหนึ่ง เพื่อไม่ให้หมกมุ่นหรือให้มีจิตใจและสมองปลอดโปร่ง และการตรวจสอบข้อสอบอีกกรณีหนึ่ง ๆ จะเชี่ยวชาญตรวจสอบแก้ไข

6. ทดลองใช้และวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อพัฒนาข้อสอบให้มีคุณภาพ

7. พิมพ์แบบทดสอบ ควรเรียงข้อสอบจากง่ายไปหายากหรือเรียงตามเนื้อหาสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ครูสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบที่มีความสำคัญ มีคุณค่าต่อการวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากจะต้องอาศัยหลักการสร้างที่มีประสิทธิภาพ และขั้นตอนการสร้างที่ดีแล้ว จะต้องมีการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบที่สร้างขึ้นก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนี้ คือ ควรเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ไว้ล่วงหน้าสำหรับเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง ผู้ออกข้อสอบลงมือเขียนข้อสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร และให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาทบทวนตรวจสอบอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์และนำไปใช้ต่อไป ทำการจัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลองและทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ

5. ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี

สมนึก ภัททิยธนี (2551) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยเฉพาะแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นนับเป็นเครื่องมือวัดผลที่มีคุณค่าและสำคัญที่สุด แต่ทั้งนี้แบบทดสอบที่จะนำไปใช้ต้องมีคุณภาพ นั่นคือแบบทดสอบต้องมีลักษณะที่สำคัญ ดังนี้

1. ความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง คุณภาพของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการหรือวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

2. ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบทั้งฉบับที่สามารถวัดได้คงที่คงวา ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะทำการสอบใหม่กี่ครั้งก็ตาม

3. ความยุติธรรม (Fair) หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบที่ไม่เปิดโอกาสให้มีการได้เปรียบเสียเปรียบในกลุ่มผู้เข้าสอบด้วยกัน นักเรียนที่ขี้เกียจหรือไม่สนใจในการเรียนให้นักเรียนทำข้อสอบโดยการเดา ไม่ให้นักเรียนที่ขี้เกียจหรือไม่สนใจในการเรียนทำข้อสอบได้ดี ผู้ที่ทำข้อสอบได้ควรจะเป็นนักเรียนที่เรียนเก่งและขยันเท่านั้น

4. ความลึกของคำถาม (Searching) หมายถึง ข้อสอบแต่ละข้อนั้นจะไม่ถามอย่างผิวเผิน หรือถามประเภทความรู้ความจำ แต่ต้องถามให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจไปคิดดัดแปลงแก้ปัญหาแล้วจึงตอบได้

5. ความยั่วยุ (Exemplary) หมายถึง แบบทดสอบที่นักเรียนทำด้วยความสนุกเพลิดเพลิน ไม่ควรใช้คำถามซ้ำซาก ซึ่งน่าเบื่อหน่ายวิธีการที่จะทำให้แบบทดสอบมีความยั่วยุอยากตอบก็โดยเรียงจากข้อง่ายไปหาข้อยาก ใช้ข้อสอบรูปภาพบ้าง ถามข้อละปัญหาบ้าง รูปแบบของข้อสอบน่าสนใจ ถ้าเป็นข้อสอบแบบอัตนัยก็ให้บรรยายมีความยาวพอเหมาะและไม่ถามหลายประเด็นในข้อเดียวกัน

6. ความจำเพาะเจาะจง (Definition) หมายถึง ข้อสอบที่มีแนวทางหรือทิศทาง การถาม การตอบชัดเจนไม่คลุมเครือ ไม่แฝงกลเม็ดให้นักเรียนงง

7. ความเป็นปรนัย (Objective) หมายถึง ข้อสอบที่มีลักษณะ 3 ประการ คือ

7.1 ตั้งคำถามให้ชัดเจนทำให้ผู้เข้าสอบทุกคนเข้าใจความหมายตรงกัน

7.2 ตรวจสอบให้คะแนนได้ตรงกันแม้ว่าจะตรวจหลายครั้งหรือหลายคนก็ตาม

7.3 แปลความหมายของคะแนนได้เหมือนกัน

8. ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง แบบทดสอบที่มีจำนวนข้อมากพอประมาณ ใช้เวลาสอบพอเหมาะ ประหยัดค่าใช้จ่าย จัดทำแบบทดสอบด้วยความประณีต ตรวจสอบให้คะแนนได้รวดเร็ว รวมถึงสถานการณ์ในการสอบที่ดี ได้แก่ สภาพห้องสอบเรียบร้อย ไม่มีสิ่งรบกวนผู้เข้าสอบ กรรมการคุมสอบรัดกุม เป็นต้น

9. อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกผู้เข้าสอบที่มีคุณลักษณะหรือความสามารถแตกต่างกันออกจากกันได้ ข้อสอบที่ดีต้องมีอำนาจจำแนกสูง ตามทฤษฎีการวัดผลแบบอิงกลุ่ม อำนาจจำแนกของข้อสอบ หมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เข้าสอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อน ถ้าข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง แสดงว่ากลุ่มเก่งทำข้อสอบข้อนั้นถูกแต่กลุ่มอ่อนทำไม่ถูกส่วนทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ หมายถึง ความสามารถของข้อสอบนั้นในการจำแนกผู้สอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มรอบรู้

กับกลุ่ม ไม่รอบรู้ ถ้าข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง แสดงว่าคนกลุ่มรอบรู้ทำข้อสอบนั้นถูกแต่คนกลุ่ม ไม่รอบรู้ทำไม่ถูก

10. ความยาก (Difficulty) หมายถึง จำนวนคนตอบข้อสอบได้ถูกมากน้อยเพียงใด หรืออัตราส่วนของจำนวนคนตอบถูกกับจำนวนคนทั้งหมดที่เข้าสอบตามทฤษฎีการวัดผลแบบอิงกลุ่ม ข้อสอบที่ดีคือข้อสอบที่ไม่ยากหรือง่ายเกินไป เรียกว่ามีความยากพอเหมาะ สามารถจำแนกผู้เข้าสอบ ได้ว่าใครเก่งใครอ่อน ส่วนทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ถือว่าข้อสอบที่ดีคือสามารถวัดว่า ผู้เรียนได้ บรรลุจุดประสงค์หรือไม่ การที่ทุกคนทำข้อสอบได้ถูกแสดงว่าเขาบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

สรุปได้ว่า ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีนั้นมีดังนี้ คือ คุณภาพ ของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง แม่นยำและมีลักษณะที่ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำข้อสอบโดยการเดา เป็นแบบทดสอบที่นักเรียนทำ ด้วยความสนุก เพลิดเพลิน ไม่ควรใช้คำถามซ้ำซากและเป็นข้อสอบที่มีแนวทางหรือทิศทาง การถาม การตอบชัดเจนไม่คลุมเครือเป็นข้อสอบที่ไม่ยากหรือง่ายเกินไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

นัฐยา ทองจันทร์ (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการจัดการเรียนรู้แบบระดมสมอง ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบระดมสมอง มีค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่มและความคิด ละเอียดลอบ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้แบบระดมสมอง มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม (2559) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัย พบว่า 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และ 2 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 94.93/44.55 และ 98.14/80.00 ตามลำดับ 2) ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่เรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 3) การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่เรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ โครงงานเป็นฐานในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และในวงรอบ

ปฏิบัติการที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 4) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยกิจกรรมจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีพัฒนาการที่ดีขึ้นตามลำดับ 5) นักเรียนมีเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 อยู่ในระดับมากและวงรอบปฏิบัติการที่ 2 อยู่ในระดับมากที่สุด

พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม (2561) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดพรหมสาคร จังหวัดสิงห์บุรี ผลการวิจัยพบว่า (1) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้า สูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งสี่ด้านหลังเรียนของนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องไฟฟ้า สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

นภสร ยลสุริยัน (2563) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดแบบ STEM EDUCATION เพื่อส่งเสริมความเป็นนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาตรและความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดแบบ STEM EDUCATION มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 2) ความเป็นนวัตกรรมของนักเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดแบบ STEM EDUCATION โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี 3) ผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดแบบ STEM EDUCATION โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีและ 4) ความคิดเห็นของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดแบบ STEM EDUCATION โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

ชยพัทธ์ นาคกุลบุตร (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1) การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 3) ความคิดสร้างสรรค์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ สะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ปีพามา จงลือชา (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิดสตีม (STEAM EDUCATION) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม มีคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 74.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 2) นักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบ (6E) ตามแนวคิดสตีม มีคะแนน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานโดยรวมอยู่ในระดับดี

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Yaki (2022) ได้ศึกษา การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธุกรรม เพื่อเพิ่มทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในรายวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา เป็นการ วิจัยแบบกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียน 112 คน โดยการสุ่มเลือกโรงเรียน 2 แห่ง ให้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองประกอบด้วยนักเรียน 58 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 54 คน กลุ่มทดลองได้จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา โดยใช้แบบทดสอบทักษะ การคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า ผลการทดสอบก่อนเรียนทักษะ การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในการอนุมาน การรับรู้สมมติฐาน การอนุมานแบบนิรนัย การตีความ และการประเมินข้อโต้แย้ง มีผลการทดสอบ (Wilks' = 0.93, $F(5, 94) = 1.370$, $p = (0.24) > 0.05$) ซึ่งบ่งชี้ว่า ทั้งสองกลุ่มมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเท่ากัน และผลจากการ ทดสอบหลังเรียนกลุ่มทดลองมีความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ ($d^2 = 1.56$) และกลุ่มควบคุมมีความ แตกต่างที่มีนัยสำคัญ ($d^2 = 0.01$) การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยใช้ MANOVA แสดงให้เห็น ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในการอนุมาน การรับรู้สมมติฐาน การอนุมานแบบนิรนัย การตีความ และการประเมินข้อโต้แย้ง (Wilks' = .31, $F(5, 106) = .68$, $p = (0.00) < 0.05$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ สะเต็มศึกษาช่วยเสริมสร้างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

Koc และ Buyuk (2021) ได้ศึกษา ผลจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีหุ่นยนต์ในการ สอนหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ที่มีผลต่อระดับความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 จำนวน 40 คน ($N = 40$) โรงเรียนมัธยมศึกษาใน Kayseri ประเทศตุรกี แบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยเทคนิค Mann Whitney U-Test และ Wilcoxon Signed Ranks Test ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองใช้เทคโนโลยีหุ่นยนต์มีผลการทดสอบด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างในกลุ่มควบคุม สรุปได้ว่า การใช้หุ่นยนต์ในการสอนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และระดับทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งส่งผลในเชิงบวก ดังนั้นจึงควรนำหุ่นยนต์มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อเพื่อประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

Faria Ruhana และคณะ (2024) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมผ่านการเรียนรู้แบบโครงงานในหลักสูตร STEM ระดับมัธยมศึกษา พบว่า ในยุคที่การศึกษาเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว หลักสูตร STEM ในระดับมัธยมศึกษาจำเป็นต้องผสมผสานความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเข้าไปมากขึ้น การศึกษาครั้งนี้พบว่า การเรียนรู้แบบโครงงาน (PBL) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในนักเรียน STEM ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า PBL ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ PBL ยังส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้แบบร่วมมือ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การนำ PBL ไปใช้ในชั้นเรียนยังมีอุปสรรคบางประการ เช่น การขาดทรัพยากร และการขาดความพร้อมของครู ดังนั้น การพัฒนาการศึกษา STEM โดยใช้ PBL จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนทั้งในด้านนโยบายและทรัพยากร เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21

Iskandar และคณะ (2020) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ผ่านการเรียนรู้แบบ STEM ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษาพบว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ที่นักเรียนจำเป็นต้องมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในนักเรียนเป็นเรื่องท้าทาย เนื่องจากครูในโรงเรียนยังไม่ได้บูรณาการระหว่างเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกันในการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ผ่านการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM) การวิจัยนี้ดำเนินการที่โรงเรียนมัธยมศึกษาสาธิต กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียน 90 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง 1 (EC1) เรียนรู้แบบ STEM กลุ่มทดลอง 2 (EC 2) เรียนรู้แบบวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ (SEM) และกลุ่มควบคุม (CC) เรียนรู้แบบเดิม วิธีการวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลองควบคุมก่อนและหลังการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 12 ข้อ ซึ่งได้รับการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญ 7 ท่าน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แบบผสม (Mixed ANOVA) ผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้แบบ STEM ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ได้เพิ่มขึ้น 0.663 หรือ 66.3% อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบ STEM มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน นอกจากนี้ การเรียนรู้แบบ STEM ยังให้ นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้

Khalil และคณะ (2023) ได้ศึกษาผลกระทบของหลักสูตร STEM ต่อการพัฒนา ความคิดสร้างสรรค์ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษา การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผล กระทบของหลักสูตรที่เน้น STEM ต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ที่เรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้การวิจัยแบบกึ่งทดลอง รวบรวมข้อมูลจากนักเรียนระดับมัธยมศึกษา 94 คน ทั้งชายและหญิง โดยใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (TTCT) การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร (MANOVA) เพื่อตอบคำถามการวิจัยผลการวิจัยพบว่า หลักสูตร STEM ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ในด้านความคล่องแคล่ว ความยืดหยุ่น และ ความแปลกใหม่ได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับนักเรียนที่เรียนตามหลักสูตรปกติ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาในด้านความละเอียดยังคงไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ ระดับชั้นของนักเรียนก็มีผลต่อ การพัฒนาทักษะบางอย่างเช่นกัน ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า หลักสูตร STEM มีศักยภาพในการส่งเสริม ความคิดสร้างสรรค์ในนักเรียนได้เป็นอย่างดี

Sidek และคณะ (2020) ได้ศึกษาการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้าน การจัดการเรียนและการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยทำการทบทวนวรรณกรรมส่งเสริม ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ศึกษาเกี่ยวกับทักษะงานในอนาคต ความคิดสร้างสรรค์คือรากฐาน แนวคิดความรู้เฉพาะสาขาวิชา ส่วนประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เจาะจงไปที่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ บทความนี้พยายามเพิ่มความเข้าใจ และระบุปัจจัยแนวทางการสอนที่มี อิทธิพล และส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากรูปแบบการเรียนการสอนแบบต่าง ๆ ในโรงเรียนเกิดคำถามขึ้นว่า อะไรคือแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และปัจจัยในการส่งเสริม ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในชั้นเรียน จากการทบทวนวรรณกรรม 30 ผลงาน พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ แนวทางและกลยุทธ์ในการ จัดการเรียนการสอน เช่น การสอนโดยเทคนิคด้านการคิดปัญหาเป็นฐาน โครงการเป็นฐาน รูปแบบ เป็นฐาน ICT เป็นฐาน การบูรณาการเพิ่มเติมเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบร่วมมือพบว่า มีการพัฒนา และการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งในขณะเดียวกันปัจจัยด้านครู และปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมก็สามารถชี้ให้เห็นได้ว่า ปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งช่วยให้การเรียนการสอน ทางด้านวิทยาศาสตร์ประสบความสำเร็จ จากการวิจัยได้เสนอว่าบทบาทของครูเป็นสิ่งสำคัญในการ ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน ดังนั้นในอนาคตควรมี

การศึกษาและระบุข้อจำกัดโดยเน้นปัจจัยที่อาจขัดขวางการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากการสอนของครูในชั้นเรียน

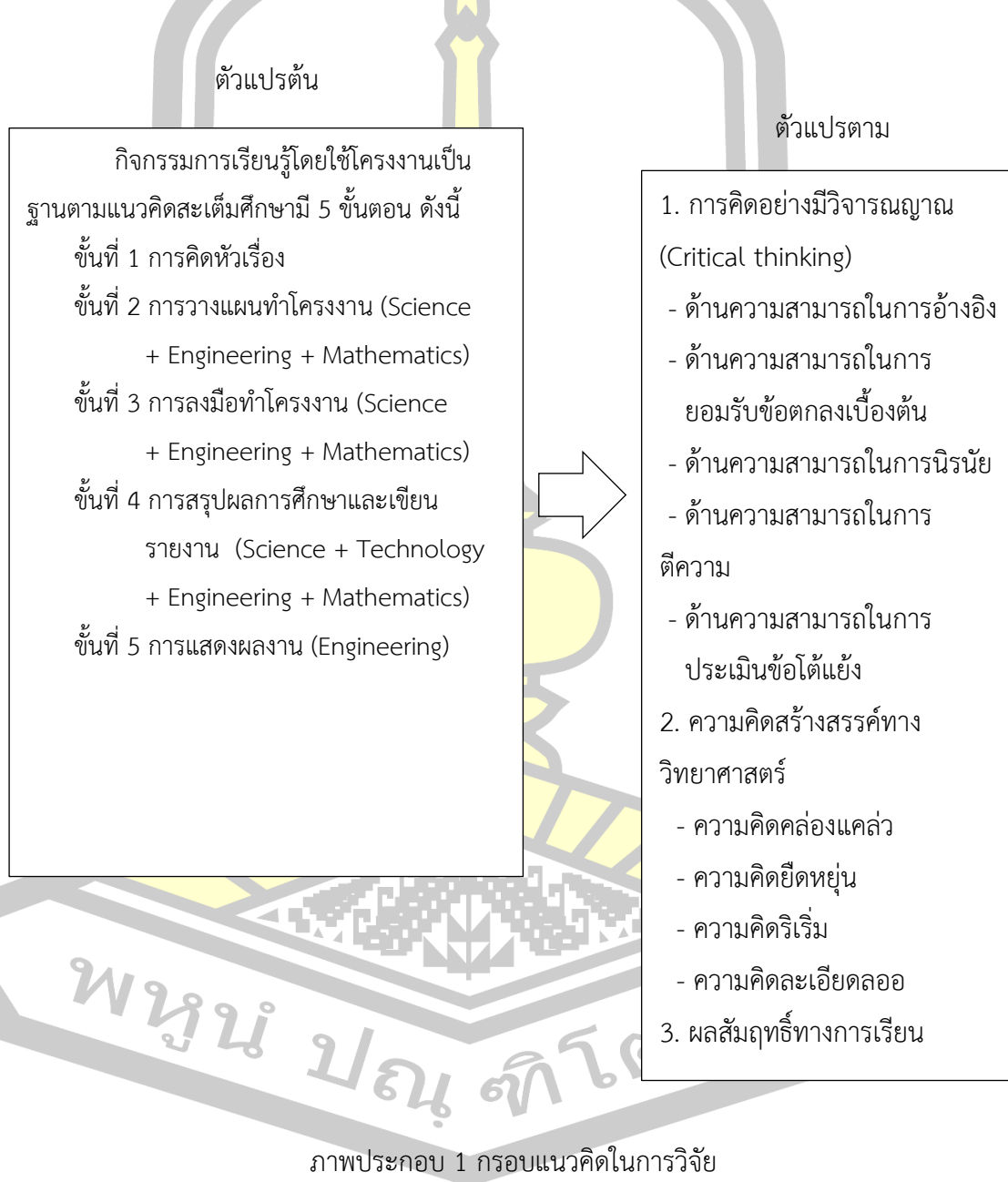
Hanif และคณะ (2019) ได้ศึกษา ด้านการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐาน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐานต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เรื่อง แสงและทัศนศาสตร์ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพร่วมกับการออกแบบการเล่าเรื่อง เทคนิคการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้คือ การสังเกต ประชากรเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 8 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่ตั้งอยู่ในเมืองบันดุง ประเทศอินโดนีเซีย กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย นักเรียนจำนวน 25 คน โดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีมิติความคิดสร้างสรรค์อยู่ 3 มิติ คือ ความละเอียด การลงรายละเอียดและมิติความแปลกใหม่ ผลการวิจัยพบว่าความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนสูงขึ้นถึง 76% ซึ่งจัดอยู่ในประเภทดี ดังนั้นการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐานส่งผลดีต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน สามารถใช้เป็นทางเลือกในการสอนได้

Genek และ Gülhan (2020) ได้ศึกษาด้านการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาที่เรียนด้วยโปรแกรมสะเต็มศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 3 และ 4 จากนักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรม STEM ตลอดปีการศึกษา โดยกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนในระดับประถมศึกษา จำนวน 85 คน จากโรงเรียนใน Antalya และตุรกี เครื่องมือในการวิจัยใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบสอบถาม จากการศึกษาพบว่าระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับชั้นของนักเรียน และจากการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ (เพศ, จำนวนพี่น้อง, อาชีพของผู้ปกครอง, ความชื่นชอบ, ความสำเร็จ, และอาชีพในอนาคต) พบว่า ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการเปรียบเทียบหลักสูตรพบว่า การสอนด้วยหลักสูตร STEM ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศแสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและแนวคิดการใช้โครงงานเป็นฐาน สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือทำด้วยตนเองและได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยมีครูทำหน้าที่แนะนำในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงเชื่อมั่นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดดังกล่าวสามารถนำมาช่วยพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนและนักเรียนในอนาคต

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีกรอบแนวคิด ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัย เรื่อง การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. แบบแผนการวิจัย
2. กลุ่มที่ศึกษา
3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การจัดการกระทำกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบแผนการทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental Designs) ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัย One Group Pretest-Posttest Design (วรรรณี แกมเกตุ, 2555)



O₁ หมายถึง การจัดการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์)

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

O₂ หมายถึง การจัดการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์)

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1/2567 โรงเรียนชุมชนบ้านสีสุกห้วยโงง อำเภอส่องดาว จังหวัดสกลนคร จำนวน 30 คน เป็นห้องเรียนตามสภาพจริง (Intact group) ซึ่งได้มาโดยเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นห้องที่ผู้วิจัยได้เห็นถึงปัญหาในการเรียนของนักเรียนซึ่งพบว่า ผลการทดสอบโดยใช้แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีคะแนนอยู่ในระดับต่ำ และจากการให้นักเรียนตอบคำถามในห้องเรียน นักเรียนตอบคำถามโดยการคาดเดาคำตอบและขาดการอ้างอิงหลักฐานทางวิทยาศาสตร์หรือนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์แต่ยังขาดการเชื่อมโยงแนวคิดกับหลักการวิทยาศาสตร์ นักเรียนไม่สามารถคิดนอกกรอบได้ ทั้งนี้นักเรียนในกลุ่มที่ศึกษายังสามารถใช้กระบวนการคิดและการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญต่อการศึกษาระดับสูงต่อไปได้

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 แผน 20 ชั่วโมง ดังนี้

| | |
|---|----------------|
| แผนที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ | เวลา 3 ชั่วโมง |
| แผนที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน | เวลา 5 ชั่วโมง |
| แผนที่ 3 เรื่อง วงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น | เวลา 4 ชั่วโมง |
| แผนที่ 4 เรื่อง พลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และการคำนวณค่าไฟฟ้า | เวลา 3 ชั่วโมง |
| แผนที่ 5 เรื่อง วงจรไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน | เวลา 2 ชั่วโมง |
| แผนที่ 6 เรื่อง การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย | เวลา 3 ชั่วโมง |
2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ โดยปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของกิลฟอร์ด ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ
3. แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีลักษณะเป็นแบบวัดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ สร้างโดยอิงตามแนวความคิดของวัตสันและเกลเซอร์ โดยวัดทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความและด้านการประเมินข้อโต้แย้ง

การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีรายละเอียดในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 แผน 20 ชั่วโมง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น แนวคิด เอกสาร ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนบ้านสีสุกห้วยโมง สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระแกนกลางการเรียนรู้ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ขั้นที่ 2 การสร้างแผนการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการสอนบูรณาการแบบข้ามวิชา โดยมีสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นหลักเนื้อหาหลักและนำเนื้อหาบางส่วนที่มีความเชื่อมโยงของเทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าไปบูรณาการเข้ากับวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และการบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา ปราบกฏดังตาราง 3

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตาราง 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และการบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา

| แผนการจัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) | การบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา |
|--|--|---|---|---|----------------|---|
| 1 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ ความต่างศักย์ | ว 2.3 ม.3/1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กระแสไฟฟ้า และความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับปริมาณที่เกี่ยวกับขงโดยใช้สมการ $V = IR$ จากหลักฐานเชิงประจักษ์ ว 2.3 ม.3/2 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า ว 2.3 ม.3/3 ใช้โวลต์มิเตอร์แอมมิเตอร์ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้า | •เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าครบวงจรจะมีกระแสไฟฟ้าออกจากขั้วบวกผ่านวงจรไฟฟ้าไปยังขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งวัดค่าได้จากแอมมิเตอร์ •ค่าที่บอกความแตกต่างของพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยพื้นที่เกิดกระแสไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าจะไหลจากจุดที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าไปยังจุดที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า และจะหยุดไหลเมื่อศักย์ไฟฟ้าของทั้งสองจุดเท่ากัน สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้า | กระแสไฟฟ้า เป็นปริมาณประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่หรือถ่ายเทจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เป็นความแตกต่างของพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยประจุระหว่างจุด 2 จุด ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าจะไหลจากจุดที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าไปยังจุดที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า และจะหยุดไหลเมื่อศักย์ไฟฟ้าของทั้งสองจุดเท่ากัน สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้า | 1. อธิบายความหมายของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ (K) 2. คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับความสัมพัทธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต่างศักย์ (P) 3. นักเรียนสามารถทำการทดลองและมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ออกแบบชิ้นงานได้ (P) | 3 ชั่วโมง | - วิทยาศาสตร์: วงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า - เทคโนโลยี: กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกวัสดุที่เหมาะสมในการต่อวงจรไฟฟ้า - วิศวกรรมศาสตร์: การประยุกต์ใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อกำหนดปัญหา วางแผนการแก้ปัญหาและใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างเป็นผลงาน |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ จัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการ เรียนรู้ / ตัวชี้วัด | สาระการ เรียนรู้ | สาระสำคัญ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) | การบูรณาการ แนวคิดสะเต็มศึกษา |
|--------------------------|--|--|--|---|-------------------|----------------------------------|
| | <p>•ขนาดของกระแสไฟฟ้ามีค่าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำ โดยอัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า มีค่าคงที่ เรียกค่าคงที่นี้ว่า ความต้านทาน</p> | <p>ได้โดยใช้แอมมิเตอร์ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ เป็นไปตามกฎของโอห์ม มีใจความสำคัญว่า เมื่ออุณหภูมิคงที่ กระแสไฟฟ้าในตัวนำโลหะจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้ง 2 ข้าง ของตัวนำนั้น</p> | <p>4. นักเรียนมีทักษะกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านความสามารถในการอ้างอิงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ได้ (P)</p> | <p>- วิทยาศาสตร์: วงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า - เทคโนโลยี: กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในการต่อวงจรไฟฟ้า - วิศวกรรมศาสตร์: การประยุกต์ใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อกำหนดปัญหา วางแผนการแก้ปัญหาและใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างเป็นผลงาน - คณิตศาสตร์ : การคำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทาน</p> | | |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ จัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการ เรียนรู้ / ตัวชี้วัด | สาระการ เรียนรู้ | สาระสำคัญ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) | การบูรณาการ แนวคิดสะเต็มศึกษา |
|--------------------------|---|--|---|--|-------------------|--|
| 2 ตัวด้านทาน | ว 2.3 ม.3/4 วิเคราะห์ความ ต่างศักย์ไฟฟ้าและ กระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อ ต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบ อนุกรมและแบบขนานจาก หลักฐานเชิงประจักษ์ ว 2.3 ม.3/5 เขียนแผนภาพ วงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัว ต้านทานแบบอนุกรมและ ขนาน | <ul style="list-style-type: none"> • ในวงจรไฟฟ้าประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ ไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ ละชิ้นมีความต้านทาน ใน การต่อตัวต้านทานหลายตัว มีทั้งต่อแบบอนุกรมและ แบบขนาน • การต่อตัวต้านทานหลาย ตัวแบบอนุกรมใน วงจรไฟฟ้า ความต่างศักย์ ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละ ตัวมีค่าเท่ากับผลรวมของ ความต่างศักย์ที่คร่อมตัว | <p>การอ่านค่าความต้านทานที่ แสดงไว้บนตัวต้านทานอ่านได้ หลายแบบ เช่น ตัวต้านทาน ค่าคงที่ มักมีแถบสีปรากฏอยู่ บนตัวต้านทานแตกต่างกันไป ตามค่าความต้านทาน โดยจะ มีทั้งแบบ 4 แถบสี และ 5 แถบสี ซึ่งการอ่านค่าความ ต้านทานจะต้องนำตัว ต้านทานไปเทียบกับตาราง แสดงรหัสสีของแถบสีบนตัว ต้านทานแล้วแปลงออกมา เป็นค่าความต้านทาน และ อุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า แต่ละชิ้น</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. อธิบายชนิดตัวต้านทาน ค่าคงที่จากแถบสีบนตัว ต้านทานได้ (K) 2. คำนวณหาค่าปริมาณที่ เกี่ยวข้องกับตัวต้านทาน ค่าคงที่จากแถบสีบนตัว ต้านทานได้ (P) 3. นักเรียนสามารถทำการ ทดลองและมีความคิด สร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ออกแบบ วิทยาศาสตร์ออกแบบ ชิ้นงานได้ (P) | 5 ชั่วโมง | <p>วิทยาศาสตร์: การอ่านค่าความ ต้านทาน การต่อวงจรไฟฟ้า - เทคโนโลยี: กระบวนการทาง เทคโนโลยีในการเลือกใช้วัสดุที่ เหมาะสมในการต่อวงจรไฟฟ้า - วิศวกรรมศาสตร์: การประยุกต์ใช้การออกแบบเชิง วิศวกรรมเพื่อกำหนดปัญหา วาง แผนการแก้ปัญหาและใช้องค์ ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้าง เป็นผลงาน - คณิตศาสตร์ : การคำนวณหา ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับตัวต้านทาน ค่าคงที่จากแถบสีบนตัวต้านทาน</p> |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ จัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการ เรียนรู้ / ตัวชี้วัด | สาระการ เรียนรู้ | สาระสำคัญ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) | การบูรณาการ แนวคิดสะเต็มศึกษา |
|--------------------------|------------------------------------|---|--|--|-------------------|----------------------------------|
| | | <p>ด้านทันแต่ละตัว โดยกระแสไฟฟ้าที่ผ่าน ตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่า เท่ากัน</p> <ul style="list-style-type: none"> การต่อตัวต้านทาน หลายตัวแบบขนานใน วงจรไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า <p>ที่ผ่านวงจรมีค่าเท่ากับ ผลรวมของกระแสไฟฟ้า ที่ผ่านตัวต้านทาน แต่ละตัว โดยความต่าง ศักย์ที่คร่อมตัวต้านทาน แต่ละตัวมีค่าเท่ากัน</p> | <p>มักจะมีความต้านทาน เมื่อนำมาต่อเข้ากันเป็น วงจรส่วนใหญ่จะเป็นการ ต่อแบบอนุกรมและแบบ ขนานขึ้นอยู่กับการใช้งาน โดยความต่างศักย์ที่ตก คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว กับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ในวงจรจะมีค่าแตกต่างกัน ไปตามรูปแบบการต่อ วงจร</p> | <p>4. นักเรียนมีทักษะ กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณด้าน ความสามารถในการระบุ ข้อตกลงเบื้องต้น (P)</p> | | |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการเรียน | มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) | การบูรณาการ |
|----------------------------------|--|--|---|---|----------------|---|
| 3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น | ว 2.3 ม.3/6 บรรยายการทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรจากข้อมูลที่รวบรวมได้ ว 2.3 ม.3/7 เขียนแผนภาพและต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรไฟฟ้า | <ul style="list-style-type: none"> การต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบขนานในวงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว โดยความต่างศักย์ที่คร่อม | <p>ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งในวงจรไฟฟ้า โดยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แต่ละอย่างจะมีหน้าที่แตกต่างกันไป เช่น ตัวต้านทานทำหน้าที่ควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้า</p> | <p>1. อธิบายหลักการการทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายได้ (K)</p> <p>2. นักเรียนสามารถทำการทดลองและมีความคิดเห็นสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดยืดหยุ่น ออกแบบชิ้นงานได้ (P)</p> | 4 ชั่วโมง | <p>การบูรณาการ</p> <p>แนวคิดสะเต็มศึกษา</p> <p>- วิทยาศาสตร์: หลักการทำงานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่าย</p> <p>- เทคโนโลยี: กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในการต่อวงจรไฟฟ้า</p> |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ จัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการ เรียนรู้ / ตัวชี้วัด | สาระการ เรียนรู้ | สาระสำคัญ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) | การบูรณาการ แนวคิดสะเต็มศึกษา |
|--------------------------|---|--|--|-----------------------|-------------------|---|
| | <p>ตัวด้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน</p> <ul style="list-style-type: none"> •ซึ่งส่วนอิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด เช่น ตัวด้านทาน ไดโอด ทρανซิสเตอร์ ตัวเก็บประจุ โดยชิ้นส่วนแต่ละชนิดทำหน้าที่แตกต่างกันเพื่อให้งานทำงานได้ตามต้องการ •ตัวด้านทานทำหน้าที่ควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าได้โดยทำหน้าที่ให้กระแสไฟฟ้าผ่านทางเดียว | <p>ในวงจรไฟฟ้า ไดโอด ทำหน้าที่ให้กระแสไฟฟ้าผ่านทางเดียว ทรนซิสเตอร์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิดหรือเปิด วงจรไฟฟ้าและควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่เก็บและคายประจุไฟฟ้า การต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เข้าในวงจรไฟฟ้าจะต้องทำการต่อให้ถูกต้องและถูกหลักการ ทางไฟฟ้า จึงจะทำให้วงจรไฟฟ้านี้ทำงานได้ตามที่ต้องการและมีประสิทธิภาพ</p> | <p>3. นักเรียนมีทักษะกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านนิรนัย (การหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากข้ออ้างโดยใช้หลักการศาสตร์) (P)</p> | | | <p>การบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา</p> <p>- วิศวกรรมศาสตร์: การประยุกต์ใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อกำหนดปัญหา วางแผนการแก้ปัญหาและใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างเป็นผลงาน</p> <p>- คณิตศาสตร์ : การคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทาน</p> |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการจัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้ | สาระสำคัญ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) | การบูรณาการ แนวคิดสะเต็มศึกษา |
|----------------------|--------------------------------|---|-----------|-----------------------|----------------|----------------------------------|
| | | <p>การเรียนรู้</p> <p>ทราบขั้นตอนการทำงานที่เป็นสวิตช์ ปิดหรือเปิดวงจรไฟฟ้าและ</p> <p>ควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้า</p> <p>ตัวเก็บประจุทำหน้าที่เก็บและคายประจุไฟฟ้า</p> <ul style="list-style-type: none"> • เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างง่าย ประกอบด้วยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์หลายชนิดที่ทำงานร่วมกัน การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลือกใช้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสมตามหน้าที่ของชิ้นส่วนนั้น ๆ จะสามารถทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้ตามต้องการ | | | | |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ จัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการ เรียนรู้ / ตัวชี้วัด | สาระการ เรียนรู้ | สาระสำคัญ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) | การบูรณาการ แนวคิดสะเต็มศึกษา |
|--|---|--|---|--|-------------------|--|
| 4 พลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และการ คำนวณค่า ไฟฟ้า | ว 2.3 ม.3/8 อธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้าโดยใช้สมการ $W = Pt$ รวมทั้งคำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน | <p>• เครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีค่ากำลังไฟฟ้าและความต่างศักย์ก็กับไว้ กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ ความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์ ค่าไฟฟ้าส่วนใหญ่คิดจากพลังงานไฟฟ้าที่เข้าทั้งหมดซึ่งหาได้จากผลคูณของกำลังไฟฟ้า ในหน่วยกิโลวัตต์ กับเวลาในหน่วยชั่วโมง พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ชั่วโมงหรือหน่วย</p> | <p>พลังงานไฟฟ้าเป็นงานหรือพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่หรือการถ่ายเทพลังงานไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ หรือจูลต่อวินาที กล่าวได้ว่ากำลังไฟฟ้า คือ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า เครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าเข้าสู่บ้านเรือนเรียกว่า มาตรไฟฟ้า</p> | <p>1. อธิบายความหมายของพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าได้ (K) 2. คำนวณหปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านได้ (P) 3. นักเรียนสามารถทำการทดลองและมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ออกแบบชิ้นงานได้ (P) 4. นักเรียนมีทักษะกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านปริติความเพื่อลงความเห็นและอธิบายความเป็นไปได้ของข้อสรุป (P)</p> | 3 ชั่วโมง | <p>- วิทยาศาสตร์: อธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้าโดยใช้สมการ $W = Pt$ รวมทั้งคำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน - เทคโนโลยี: กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมที่จะใช้แบบจำลองคำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน - วิศวกรรมศาสตร์: การประยุกต์ใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อกำหนดปัญหา วางแผนการแก้ปัญหาและใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างเป็นผลงาน</p> |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ จัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการ เรียนรู้ / ตัวชี้วัด | สาระการ เรียนรู้ | สาระสำคัญ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) | การบูรณาการ แนวคิดสะเต็มศึกษา |
|--|--|---|---|--|-------------------|--|
| 5 วงจรไฟฟ้า และ เครื่องใช้ไฟฟ้า ในบ้าน | ว 2.3 ม.3/9 ตระหนักใน คุณค่าของการเลือกใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยนำเสนอ วิธีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า อย่างประหยัดและปลอดภัย | • วงจรไฟฟ้าในบ้านมีการ ต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบ ขนานเพื่อให้ความต่าง ศักย์เท่ากัน การใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าใน | ไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านเรือน โดยทั่วไปเป็นไฟฟ้า กระแสสลับมีความต่างศักย์ 220 โวลต์ การส่งพลังงาน ไฟฟ้าเข้าบ้านจะใช้ | 1. อธิบายและยกตัวอย่าง การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ สำหรับวงจรไฟฟ้าในบ้าน ได้ (K) 2. นักเรียนสามารถทำการ ทดลองและมีความคิด สร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ด้านความคิด ริเริ่ม ออกแบบชิ้นงานได้ (P) | 2 ชั่วโมง | - คณิตศาสตร์ : คำนวณหา ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ พลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และค่า ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน - วิทยาศาสตร์: หลักการการจ่าย กระแสไฟฟ้าจากโรงผลิตไฟฟ้าสู่ บ้านเรือน การเลือกใช้อุปกรณ์ อุปกรณ์ สำหรับวงจรไฟฟ้าในบ้าน |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ จัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการ เรียนรู้ / ตัวชี้วัด | สาระการ เรียนรู้ | สาระสำคัญ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) | การบูรณาการ แนวคิดสะเต็มศึกษา |
|--------------------------|------------------------------------|---|---|--|-------------------|---|
| | | <p>ชีวิตประจำวันต้องเลือกใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความ ต่างศักย์และกำลังไฟฟ้าให้ เหมาะสมกับการใช้งาน และ การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและ อุปกรณ์ไฟฟ้าต้องใช้อย่าง ถูกต้อง ปลอดภัย และ ประหยัด</p> | <p>สายไฟฟ้า 2 สาย คือ สายมี ศักย์ เป็นสายที่มีพลังงาน ศักย์ไฟฟ้า อาจเรียกว่าสาย L และสายกลาง มี ศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์เมื่อเทียบกับ กับดิน อาจเรียกว่า สาย N วงจรไฟฟ้าในบ้านมีการต่อ เครื่องใช้ไฟฟ้าแบบขนาน เพื่อให้ความต่างศักย์เท่ากัน เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านเมื่อ แบ่งตามลักษณะพลังงานที่ ได้รับจากเครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยน</p> | <p>3. นักเรียนมีทักษะ กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณด้านการ ประเมินข้อโต้แย้ง (P)</p> | | <p>- เทคโนโลยี: กระบวนการทาง เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า และ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน - วิศวกรรมศาสตร์: การประยุกต์ใช้ออกแบบเชิง วิศวกรรมเพื่อกำหนดปัญหา วางแผนการแก้ปัญหาและใช้องค์ ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้าง เป็นผลงาน - คณิตศาสตร์ : คำนวณหา ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ พลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และค่า ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน นำไปประยุกต์ใช้งาน</p> |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ จัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการ เรียนรู้ / ตัวชี้วัด | สาระการ เรียนรู้ | สาระสำคัญ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) | การบูรณาการ แนวคิดสะเต็มศึกษา |
|--|--|--|--|--|-------------------|--|
| 6 การใช้ไฟฟ้า อย่างประหยัด และปลอดภัย | ว 2.3 ม.3/9 ตระหนักใน คุณค่าของการเลือกใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยนำเสนอ วิธีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า อย่างประหยัดและปลอดภัย | <ul style="list-style-type: none"> • วงจรไฟฟ้าในบ้านมีการ ต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบ ขนานเพื่อให้ความต่าง ศักย์เท่ากัน การใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าใน ชีวิตประจำวันต้องเลือกใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความ ต่างศักย์และกำลังไฟฟ้าให้ | <p>พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงาน แสงสว่าง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็น พลังงานความร้อน และ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยน พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล</p> <p>การใช้พลังงานไฟฟ้ามักจะ ทำให้เสียค่าไฟฟ้าต่อหน่วย มากขึ้นด้วย เพื่อความ ประหยัดควรเลือกใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสม กับความต้องการในการใช้ งานเท่าที่จำเป็น เพื่อความ ปลอดภัยของผู้ใช้ไฟฟ้า</p> | <p>1. อธิบายการเลือกใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าใน ชีวิตประจำวันอย่างถูกต้อง และปลอดภัยได้ (K)</p> <p>2. นักเรียนสามารถทำการ ทดลอง และมีความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดละเอียดลออ ออกแบบชิ้นงานได้ (P)</p> | 3 ชั่วโมง | <p>- วิทยาศาสตร์: การเลือกใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน อย่างถูกต้องและปลอดภัย</p> <p>- เทคโนโลยี: กระบวนการทาง เทคโนโลยีในการสร้างแบบจำลอง วงจรไฟฟ้าในบ้าน</p> |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ จัดการเรียนรู้ | มาตรฐานการ เรียนรู้ / ตัวชี้วัด | สาระการ เรียนรู้ | สาระสำคัญ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) | การบูรณาการ แนวคิดสะเต็มศึกษา |
|--------------------------|---|--|-----------|-----------------------|--|----------------------------------|
| | <p>เหมาะกับการใช้งานและการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องใช้อย่างถูกต้องปลอดภัยและประหยัด</p> | <p>ควรใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างระมัดระวัง รวมทั้งตรวจสอบสภาพการใช้กันอย่างสม่ำเสมอ</p> | | | <p>- วิศวกรรมศาสตร์: การประยุกต์ใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อกำหนดปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา และใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างเป็นผลงาน</p> <p>- คณิตศาสตร์ : การคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน</p> | |

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 แผน โดยมีเนื้อหาครอบคลุม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ ตัวต้านทาน วงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และการคำนวณค่าไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย รวมทั้งหมดเป็น 20 ชั่วโมง

2.2 จัดทำแผนการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 แผน ใช้ระยะเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งมีขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การคิดหัวเรื่อง ขั้นที่ 2 การวางแผนทำโครงงาน ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงงาน ขั้นที่ 4 การสรุปผลการศึกษาและเขียนรายงาน ขั้นที่ 5 การแสดงผลงาน

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพ

3.1 นำแผนการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และขอคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ยังบกพร่อง

3.2 นำแผนการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อทำการตรวจสอบเกี่ยวกับความเหมาะสมของเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการการจัดกิจกรรม ข้อเสนอแนะและประเมินผลการเรียนรู้ของแผนการเรียนรู้ โดยที่มีผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญประเมินแผนการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามเกณฑ์การประเมินค่า 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

3.3 นำคะแนนจากการประเมินแผนการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทั้ง 5 ชุดของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมิน ซึ่งผลประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน

มีคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญโดยรวมมีค่าเฉลี่ย 4.75 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.24 เมื่อเทียบกับเกณฑ์พบว่า มีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับเหมาะสมมากและมีคุณภาพระดับดี จากนั้นได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เช่น ปรับปรุงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ให้ชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาที่สอนมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงจัดลำดับเนื้อหาใหม่ เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องและช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ระหว่างเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น และควรเพิ่มสื่อการเรียนการสอนที่ทันสมัย เช่น สื่อดิจิทัล หรือวิดีโอ เพื่อสร้างความน่าสนใจและช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น

3.4 นำแผนการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านภูตะคาม จำนวน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

3.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปใช้สอนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสีสุกห้วยโงง จำนวน 30 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เอกสาร ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเทคนิคการสร้างข้อสอบ

1.2 ศึกษาเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากหนังสือเรียน คู่มือครู และหนังสือเพิ่มเติมอื่น ๆ เพื่อสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 4 ตารางวิเคราะห์หลักสูตร หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| มาตรฐาน | ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้แกนกลาง |
|---------|---|---|
| ว 2.3 | <p>ม.3/1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้อง โดยใช้สมการ $V = IR$ จากหลักฐานเชิงประจักษ์</p> <p>ม.3/2 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า</p> <p>ม.3/3 ใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้า</p> | <ul style="list-style-type: none"> เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าครบวงจรจะมีกระแสไฟฟ้าออกจากขั้วบวกผ่านวงจรไฟฟ้าไปยังขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งวัดค่าได้จากแอมมิเตอร์ ค่าที่บอกความแตกต่างของพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยประจุระหว่างจุด 2 จุด เรียกว่า ความต่างศักย์ซึ่งวัดค่าได้จากโวลต์มิเตอร์ ขนาดของกระแสไฟฟ้ามามีค่าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำ โดยอัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่ เรียกค่าคงที่นี้ว่า ความต้านทาน |
| | <p>ม.3/4 วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทานหลายตัว</p> <p>ม.3/5 เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและขนาน</p> | <ul style="list-style-type: none"> ในวงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชิ้นมีความต้านทาน ในการต่อตัวต้านทานหลายตัวมีทั้งต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน การต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมในวงจรไฟฟ้า ความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากับผลรวมของความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว โดยกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน |

ตาราง 4 (ต่อ)

| มาตรฐาน | ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้แกนกลาง |
|---------|---|---|
| | ม.3/6 บรรยายการทำงาน ของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อย่างง่ายในวงจรจาก ข้อมูลที่รวบรวมได้ | <ul style="list-style-type: none"> • การต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบขนานในวงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว โดยความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน |
| | ม.3/7 เขียนแผนภาพและ ต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อย่างง่ายในวงจรไฟฟ้า | <ul style="list-style-type: none"> • ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีหลายชนิด เช่น ตัวต้านทาน ไดโอด ทรานซิสเตอร์ ตัวเก็บประจุ โดยชิ้นส่วนแต่ละชนิดทำหน้าที่แตกต่างกันเพื่อให้วงจรทำงานได้ตามต้องการ • ตัวต้านทานทำหน้าที่ควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า ไดโอดทำหน้าที่ให้กระแสไฟฟ้าผ่านทางเดียว ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิดหรือเปิดวงจรไฟฟ้าและควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้า ตัวเก็บประจุทำหน้าที่เก็บและคายประจุไฟฟ้า • เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์หลายชนิดที่ทำงานร่วมกัน การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลือกใช้ชิ้นส่วนนั้น ๆ จะสามารถทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้ตามต้องการ |
| | ม.3/8 อธิบายและคำนวณ พลังงานไฟฟ้าโดยใช้ สมการ $W = Pt$ รวมทั้ง คำนวณค่าไฟฟ้าของ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน | <ul style="list-style-type: none"> • เครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีค่ากำลังไฟฟ้าและความต่างศักย์กำกับไว้ กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ ความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์ ค่าไฟฟ้าส่วนใหญ่คิดจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด ซึ่งหาได้จากผลคูณของกำลังไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์ กับเวลาในหน่วยชั่วโมง พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ชั่วโมง หรือหน่วย |

ตาราง 4 (ต่อ)

| มาตรฐาน | ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้แกนกลาง |
|---------|--|--|
| | ม.3/9 ตระหนักในคุณค่าของการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยนำเสนอวิธีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย | <ul style="list-style-type: none"> • วงจรไฟฟ้าในบ้านมีการต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบขนานเพื่อให้ความต่างศักย์เท่ากัน การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวันต้องเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์และกำลังไฟฟ้าให้เหมาะกับการใช้งาน และการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องใช้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และประหยัด |

ชั้นที่ 2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดย แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิด เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ต้องการใช้จริง 30 ข้อ ดังตาราง 5



ขั้นที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความครอบคลุมเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยที่อาจารย์ที่ปรึกษาให้ปรับแก้ในด้านความชัดเจนของการเขียนข้อคำถามและตัวเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3.2 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อพิจารณาประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยที่มีผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

3.2.1 นายคณันท์ ศรีผุย กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านบะทองนาหัวช้าง ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

3.2.2 นางสาวภักดีวีดี รักษาบุญ ค.ม.(วิจัยและประเมินผล) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสว่างแดนดิน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร

3.2.3 นายธนปกรณ์ ป้องศรี กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนพังโคนวิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

3.2.4 นางศรีสุวรรณ ศรีสร้อย ค.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนพังโคนวิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

3.2.5 นายศุภวุฒิ สุภชาติ วท.บ. (ฟิสิกส์) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านตะกุดโนนระเวียง ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

โดยกำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญ ประเมินแบบวัด โดยถือเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2558)

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

3.3 หลังจากที่ยุติผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องแล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้สูตรการหาค่า IOC (Index of Item Objective Congruence) แล้วเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงในการวัด ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง พบว่า ข้อสอบมีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.6 ถึง 1.0 เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

3.5 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ปรับปรุงคำถามเพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากขึ้น การแก้ไขให้คำถามมีความชัดเจน เข้าใจง่าย หรือมีความยากง่ายที่เหมาะสมกับระดับ

การเรียนรู้ของผู้เรียน จากนั้นนำไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนบ้านภูตะคาม ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา

3.6 หากคุณภาพของข้อสอบ โดยนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาความยาก (P) และ ค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งผลปรากฏว่า ข้อสอบมีค่าความยากในช่วง 0.57 - 0.77 หมายความว่า ข้อสอบค่อนข้างง่าย โดยค่าความยากของข้อสอบที่เหมาะสมและยอมรับได้ มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 - 0.80 มีค่าอำนาจจำแนกในช่วง 0.01 - 0.53 หมายความว่า ข้อสอบสามารถจำแนกผู้ตอบตามระดับความสามารถได้ในระดับต่ำจนถึงค่อนข้างสูง โดยค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมและยอมรับได้ มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 - 1.00

3.7 นำข้อสอบที่คัดเลือกที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ จำนวน 30 ข้อ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้วิธีของโลเวท (Lovett Method) (คณาจารย์ ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา, 2558) ซึ่งผลปรากฏว่า ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87

3.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านคุณภาพแล้วไปใช้ในการ ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนบ้านสีสุกห้วยโงง จำนวน 30 คน

3. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือ โดยปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตาม แนวคิดของกิลฟอร์ด ซึ่งประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิด ยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เอกสาร และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง เครื่องมือโดยปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของกิลฟอร์ด ซึ่งประกอบด้วย ความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิด ละเอียดลออ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

2.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ และเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

2.2 สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ให้สอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ในการวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และมีเนื้อหาที่เชื่อมโยงกับวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ในการสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้กำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ ซึ่งแบบทดสอบจะออกแบบให้เป็นชนิดแบบเขียนตอบ (แบบอัตนัย) จำนวน 7 ข้อ (ใช้จริง 4 ข้อ) โดยข้อคำถามมีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยออกข้อสอบให้เหมาะสมตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการความคิดสร้างสรรค์ ตามแนวคิดทฤษฎีในการสร้างของกิลฟอร์ด (Guilford) จำนวน 4 ด้านดังนี้ ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration)

ตาราง 6 แสดงการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบรายองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

| องค์ประกอบ | คำอธิบาย | จำนวนข้อสอบที่ออก | จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง |
|--------------------------------|--|-------------------|-----------------------|
| 1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) | <p>เป็นความสามารถในการตอบเพื่อให้ได้คำตอบมากที่สุด ในเวลาที่กำหนดและคำตอบมีความชัดเจนถูกต้อง</p> <p>1.1 ให้นักเรียนระบุชื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้หลักการของไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ให้ได้มากที่สุดภายในเวลา 10 นาที (แนวคำตอบ โทรทัศน์, ตู้เย็น, ไมโครเวฟ, คอมพิวเตอร์, โทรศัพท์มือถือ, เครื่องซักผ้า ฯลฯ)</p> <p>1.2 ให้นักเรียนระบุชื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายให้ได้มากที่สุดภายในเวลา 10 นาที (แนวคำตอบ แบตเตอรี่, สวิตช์, หลอดไฟ, ตัวต้านทาน (Resistor), ตัวเก็บประจุ (Capacitor), ไดโอด (Diode), ทรานซิสเตอร์ (Transistor), ฟิวส์, ขดลวด (Inductor) ฯลฯ)</p> | 2 | 1 |

ตาราง 6 (ต่อ)

| องค์ประกอบ | คำอธิบาย | จำนวน ข้อสอบ ที่ออก | จำนวน ข้อสอบ ที่ใช้จริง |
|---|--|---------------------------|-------------------------------|
| 2. ความคิด ยืดหยุ่น (Flexibility) | <p>มีลักษณะคำตอบมีการจัดหมวดหมู่ มีหลักเกณฑ์ สามารถบอกหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ใช้ในการต่อวงจรไฟฟ้าได้ในชีวิตประจำวันโดยไม่ซ้ำหน้าที่กัน ซึ่งถ้าหากในแต่ละคำตอบของแต่ละความคิดไม่มีทิศทางที่ซ้ำกัน แสดงว่านักเรียนเป็น ผู้มีความคิดยืดหยุ่น</p> <p>2.1 ให้นักเรียนบอกหน้าที่ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการต่อวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน มาว่ามีหน้าที่อะไรบ้าง</p> <p>(แนวคำตอบ แบตเตอรี่: ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้า โดยปล่อยกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ไปยังวงจรสวิตช์: ใช้ในการเปิด-ปิดการทำงานของวงจรไฟฟ้า โดยการเชื่อมต่อหรือหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้า</p> <p>หลอดไฟ: ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงสว่าง</p> <p>ตัวต้านทาน (Resistor): ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าในวงจรเพื่อป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าเกินและทำความเสียหายกับอุปกรณ์อื่น ๆ ฯลฯ)</p> <p>2.2 ให้นักเรียนบอกหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย มาว่ามีหน้าที่อะไรบ้าง</p> <p>(แนวคำตอบ แบตเตอรี่: ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้า โดยปล่อยกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ไปยังวงจรสวิตช์: ใช้ในการเปิด-ปิดการทำงานของวงจรไฟฟ้า โดยการเชื่อมต่อหรือหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้า</p> <p>หลอดไฟ: ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงสว่าง ฯลฯ)</p> | 2 | 1 |

ตาราง 6 (ต่อ)

| องค์ประกอบ | คำอธิบาย | จำนวน ข้อสอบ ที่ออก | จำนวน ข้อสอบ ที่ใช้จริง |
|---|---|---------------------------|-------------------------------|
| 3. ความคิดริเริ่ม (Originality) | <p>เป็นความคิดที่มีความแปลกใหม่ ต่างจากความคิดเดิมที่เคยมีอยู่มีการนำความรู้ที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้ และสร้างสิ่งมีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันและสังคมได้ และคำตอบไม่ซ้ำใคร</p> <p>3.1 หากนักเรียนเป็นผู้ประดิษฐ์เครื่องมือ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้ชาวสวนทุเรียน โดยใช้หลักความรู้จากการเรียนเรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ นักเรียนจะประดิษฐ์เครื่องมืออะไร และอำนวยความสะดวกในด้านใด (แนวคำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน)</p> <p>3.2 หากนักเรียนอยู่หมู่บ้านที่ห่างไกล ไม่มีไฟฟ้าใช้ไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวก นักเรียนจะใช้หลักความรู้จากการเรียนเรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ นักเรียนจะประดิษฐ์เครื่องมืออะไร และอำนวยความสะดวกในด้านใด (แนวคำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน)</p> | 2 | 1 |
| 4. ความคิด ละเอียดลออ (Elaboration) | <p>เป็นความคิดที่สามารถบอกถึงรายละเอียด ในสิ่งที่ผู้อื่นมองไม่เห็น สามารถประยุกต์ใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม ตรงตามต้องการ และ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยในการตอบคำถามจะต้องดูรายละเอียดของการตอบคำถามที่มีความ ต่างกันในคำตอบของนักเรียนแต่ละคนตามวิธีคิดที่ต่างกัน จากเงื่อนไขที่กำหนดให้</p> <p>4.1 จากข้อคำถามด้านบน นักเรียนประดิษฐ์เครื่องมือ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวก เครื่องมือที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นมีคุณสมบัติเฉพาะตัวอย่างไรบ้าง (แนวคำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน)</p> | 1 | 1 |
| | รวม | 7 | 4 |

2.3 ลักษณะของแบบทดสอบเป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 4 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบข้อละ 10 นาที รวมทั้งสิ้น 40 นาที

2.4 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกใช้ตามวิธีการให้คะแนนของ พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม (2561 : 49-53) ตามแนวคิดทฤษฎีในการสร้างของกิลฟอร์ด (Guilford) จำนวน 4 ด้านดังนี้ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric Score ตามด้านของความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน ดังตาราง 7

ตาราง 7 เกณฑ์การประเมินคุณภาพ (Rubric) ในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

| ประเด็น การ ประเมิน | ระดับคะแนน | | | | |
|---------------------------|---|---|---|---|---|
| | ดีเยี่ยม (4) | ดีมาก (3) | ดี (2) | พอใช้ (1) | ปรับปรุง (0) |
| ความคิด คล่องแคล่ว | 1. คำตอบมีความเป็นไปได้ 7 คำตอบขึ้นไป 2. เสร็จทันตาม เวลาที่กำหนดไว้ | 1. คำตอบมีความเป็นไปได้ 5-6 คำตอบ 2. เสร็จทันตาม เวลาที่กำหนดไว้ | 1. คำตอบมีความเป็นไปได้ 3-4 คำตอบ 2. เสร็จทันตาม เวลาที่กำหนดไว้ | 1. คำตอบมีความเป็นไปได้ 1-2 คำตอบ 2. เสร็จทันตาม เวลาที่กำหนดไว้ | 1. คำตอบไม่ได้หรือไม่มี คำตอบ 2. ไม่เสร็จทัน ตามเวลาที่ กำหนดไว้ |
| ด้านคิด ยืดหยุ่น | 1. สามารถบอก หน้าที่ของ อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ใน การต่อวงจร ไฟฟ้าได้ในชีวิต ประจำวันโดย ไม่ซ้ำหน้าที่กัน | 1. สามารถบอก หน้าที่ของ อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ใน การต่อวงจร ไฟฟ้าได้ในชีวิต ประจำวันโดย ไม่ซ้ำหน้าที่กัน | 1. สามารถบอก หน้าที่ของ อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ใน การต่อวงจร ไฟฟ้าได้ในชีวิต ประจำวันโดย ไม่ซ้ำหน้าที่กัน | 1. สามารถบอก หน้าที่ของ อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ใน การต่อวงจร ไฟฟ้าได้ในชีวิต ประจำวันโดย ไม่ซ้ำหน้าที่กัน | 1. ไม่สามารถ บอกหน้าที่ ของอุปกรณ์ ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการต่อ วงจรไฟฟ้าได้ ในชีวิตประจำวัน |

ตาราง 7 (ต่อ)

| ประเด็น การ ประเมิน | ระดับคะแนน | | | | |
|-----------------------------------|--|--|---|--|--|
| | ดีเยี่ยม (4) | ดีมาก (3) | ดี (2) | พอใช้ (1) | ปรับปรุง (0) |
| | 2. คำตอบมีความเป็นไปได้ 4 หน้าที่คำตอบ ขึ้นไป | 2. คำตอบมีความเป็นไปได้ 3 หน้าที่คำตอบ ขึ้นไป | 2. คำตอบมีความเป็นไปได้ 2 หน้าที่คำตอบ ขึ้นไป | 2. คำตอบมีความเป็นไปได้ 1 หน้าที่คำตอบ ขึ้นไป | 2. คำตอบไม่มี ความเป็นไปได้ หรือไม่ตอบ คำถาม |
| ด้าน ความคิด ริเริ่ม | 1. คิดริเริ่มสิ่ง แปลกใหม่ที่ แตกต่างจาก ผู้อื่น มีการนำ ความรู้ที่มีอยู่มา ประยุกต์ใช้ และสร้างสิ่ง มีประโยชน์ต่อ ชีวิตประจำวัน และสังคมได้ และคำตอบไม่ ซ้ำใคร | 1. คิดซ้ำผู้อื่น ตั้งแต่ 1-2 คน ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 10 คน แต่มีการ นำความรู้ที่มีอยู่มาประ ยุกต์ใช้ และ สามารถสร้างสิ่ง ที่มีประโยชน์ต่อ ชีวิตประจำวัน และสังคมได้ | 1. คิดซ้ำผู้อื่น ตั้งแต่ 3-4 คน ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 15 คน แต่มีการ นำความรู้ที่มีอยู่ มาประยุกต์ใช้ และสามารถ สร้างสิ่งที่มี ประโยชน์ต่อ ชีวิตประจำวัน และสังคมได้ | 1. คิดซ้ำผู้อื่น ตั้งแต่ 5-6 คน ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 20 คน แต่มีการ นำความรู้ที่มีอยู่ มาประยุกต์ใช้ แต่ไม่สามารถ สร้างสิ่งที่มี ประโยชน์ ต่อชีวิต ประจำวัน และสังคมได้ | 1. คิดซ้ำกับ ผู้อื่นตั้งแต่ 7 คนขึ้นไป ไม่มีการนำ ความรู้ ที่มีอยู่มา ประยุกต์ใช้ และไม่สามารถ สร้างสิ่งที่มี ประโยชน์ต่อ ชีวิตประจำ วันและสังคม ได้ |
| ด้าน ความคิด ละเอียด ลออ | 1. สามารถบอก รายละเอียดของ สิ่งที่คิดได้ และ สามารถขยาย ความคิดหลักให้ สมบูรณ์ขึ้นได้ | 1. สามารถบอก รายละเอียดของ สิ่งที่คิดได้ และ สามารถขยาย ความคิดหลักให้ สมบูรณ์ขึ้นได้ | 1. สามารถบอก รายละเอียดของ สิ่งที่คิดได้ และ สามารถขยาย ความคิดหลักให้ สมบูรณ์ขึ้นได้ | 1. สามารถบอก รายละเอียดของ สิ่งที่คิดได้ และ สามารถขยาย ความคิดหลักให้ สมบูรณ์ขึ้นได้ | 1. ไม่สามารถ บอกรายละเอียดของ สิ่งที่ คิดได้และไม่ สามารถขยาย ความคิดหลักให้ สมบูรณ์ขึ้นได้ |

ตาราง 7 (ต่อ)

| ประเด็น การ ประเมิน | ระดับคะแนน | | | | |
|--|---|--|--|---|---|
| | ดีเยี่ยม (4) | ดีมาก (3) | ดี (2) | พอใช้ (1) | ปรับปรุง (0) |
| 2. คำตอบหรือ รายละเอียดที่ คิดมีความ เป็นไปได้ 7 คำตอบขึ้นไป | 2. คำตอบหรือ รายละเอียดที่ คิดมีความเป็นไป ได้ 5-6 คำตอบ ขึ้นไป | 2. คำตอบหรือ รายละเอียดที่ คิดมีความ เป็นไปได้ 3-4 คำตอบ ขึ้นไป | 2. คำตอบหรือ รายละเอียดที่ คิดมีความ เป็นไปได้ 1-2 คำตอบ ขึ้นไป | 2. คำตอบหรือ รายละเอียดที่ คิดมีความ เป็นไปได้ | 2. คำตอบหรือ รายละเอียดที่ คิดไม่มีความ เป็นไปได้หรือ ไม่ตอบคำตอบ |

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน ระดับคุณภาพ

13 - 16 ดีมาก

9 - 12 ดี

5 - 8 พอใช้

0 - 4 ปรับปรุง

หมายเหตุ การให้คะแนนตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) จะมีการให้คะแนน คือ หากเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ให้คำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่ หากเป็นคำตอบที่ผิด จะได้ 0 คะแนน และตอบคำถามให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในเวลาที่กำหนด

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) จะมีการให้คะแนนตามหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการต่อวงจรไฟฟ้าได้ในชีวิตประจำวัน โดยไม่ซ้ำหน้าที่กัน หากซ้ำหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการต่อวงจรไฟฟ้าได้ในชีวิตประจำวัน ให้นับรวมเป็น 1 หน้าที่ (หน้าที่ละ 1 คะแนน) ไม่ว่าคำตอบนั้น จะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่

3. ด้านความคิดริเริ่ม จะมีการให้คะแนน ตามการตอบของนักเรียนที่ซ้ำกันน้อย ๆ เป็นรายชื่อ ดังนี้

| | | |
|--------------------|--------------------|-------------|
| คำตอบซ้ำกับผู้อื่น | ได้ 13 คำตอบขึ้นไป | ได้ 0 คะแนน |
| คำตอบซ้ำกับผู้อื่น | ได้ 9 - 12 คำตอบ | ได้ 1 คะแนน |
| คำตอบซ้ำกับผู้อื่น | ได้ 5 - 8 คำตอบ | ได้ 2 คะแนน |
| คำตอบซ้ำกับผู้อื่น | ได้ 1 - 4 คำตอบ | ได้ 3 คะแนน |
| คำตอบไม่ซ้ำใคร | | ได้ 4 คะแนน |

4. ความคิดละเอียดลออ จะมีการให้คะแนนตามรายละเอียดของสิ่งที่คิดได้ และสามารถขยายความคิดหลักให้สมบูรณ์ขึ้นได้ รวมทั้งบอกรายละเอียดความเป็นไปได้จากคำตอบของนักเรียนแต่ละคน ดังนี้

| | |
|--|-------------|
| คำตอบหรือรายละเอียดที่คิดไม่มีความเป็นไปได้หรือไม่ตอบคำตอบ | ได้ 0 คะแนน |
| คำตอบหรือรายละเอียดที่คิดมีความเป็นไปได้ 1 - 2 คำตอบ | ได้ 1 คะแนน |
| คำตอบหรือรายละเอียดที่คิดมีความเป็นไปได้ 3 - 4 คำตอบ | ได้ 2 คะแนน |
| คำตอบหรือรายละเอียดที่คิดมีความเป็นไปได้ 5 - 6 คำตอบ | ได้ 3 คะแนน |
| คำตอบหรือรายละเอียดที่คิดมีความเป็นไปได้ 7 คำตอบขึ้นไป | ได้ 4 คะแนน |

โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้จากผลบวกของ

คะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออในแต่ละข้อ

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3.1 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนเสนอแก่อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง การใช้ภาษาและความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ในการวัด และนำข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3.2 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมกับระดับของนักเรียนและความเหมาะสมของเกณฑ์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมของแบบวัด โดยมีผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

3.2.1 นายคณันท์ ศรีมุข กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านบะทองนาหัวช้าง ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

3.2.2 นางสาวภักดิ์วีดี รักษาบุญ ค.ม. (วิจัยและประเมินผล) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสว่างแดนดิน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร

3.2.3 นายธนปกรณ์ บ้องศรี กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนพังโคนวิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

3.2.4 นางศรีสุวรรณ ศรีสร้อย ค.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนพังโคนวิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

3.2.5 นายศุภวุฒิ สุภชาติ วท.บ. (ฟิสิกส์) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านตะกุดโนนระเวียง ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

โดยถือเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 หมายถึง ข้อคำถามมีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจในความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน

ให้คะแนน -1 หมายถึง ไม่แน่ใจในความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน

โดยผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะให้ปรับข้อคำถามมีความเปิดกว้าง ให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดสร้างสรรค์ใช้สถานการณ์หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสนใจ และในด้านความคิดริเริ่มควรออกแบบข้อคำถามให้นักเรียนมีการสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่และไม่ซ้ำกับแนวคิดทั่วไป เช่น คำถาม: “จงออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดใหม่ที่สามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานในโรงเรียนของคุณ พร้อมอธิบายวิธีการทำงานและคุณสมบัติพิเศษของอุปกรณ์นั้น” ซึ่งผู้วิจัยได้ได้ปรับปรุง แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

นำผลที่ได้รับจากการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่า IOC เลือกแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่า แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงในการวัดผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.8-1.0 เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

3.3 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการประเมินไปทดลองใช้ (try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มศึกษาซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านภูตะคาม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ผู้วิจัยนำข้อบกพร่องที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้มีสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3.4 หากคุณภาพของข้อสอบ โดยนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งผลปรากฏว่า ข้อสอบมีค่าความยากในช่วง 0.625 - 0.813 หมายความว่า ข้อสอบมีตั้งแต่ระดับความค่อนข้างง่ายจนถึงระดับง่าย โดยค่าความยากของข้อสอบที่เหมาะสมและยอมรับได้ มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 - 0.80 มีค่าอำนาจจำแนกในช่วง 0 - 0.75 หมายความว่า ข้อสอบสามารถจำแนกผู้ตอบตามระดับความสามารถได้ในระดับไม่มีค่าอำนาจจำแนกจนถึงค่อนข้างสูง โดยค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมและยอมรับได้ มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 - 1.00 และมีข้อสอบผ่านเกณฑ์จำนวน 4 ข้อ ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 3 ข้อ

3.5 นำข้อสอบที่คัดเลือกที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์จำนวน 4 ข้อ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) (คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา, 2558) ซึ่งผลปรากฏว่า ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.518

3.6 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านคุณภาพแล้ว ไปใช้ในการทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนบ้านสีสุกห้วยโงง จำนวน 30 คน

4. แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีลักษณะ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก สร้างจำนวน 25 ข้อ สร้างโดยอิงตามแนวความคิดของวัตสัน และเกลเซอร์ โดยวัดทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ และด้านการประเมินข้อโต้แย้ง มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ขั้นที่ 2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

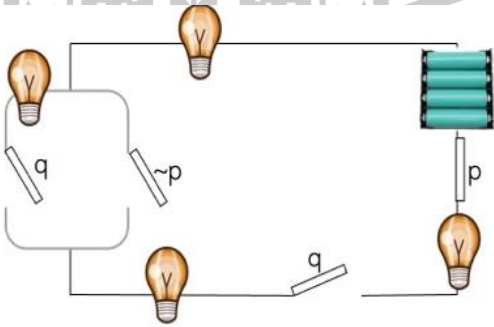
ในการสร้างแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยได้กำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบซึ่งแบบทดสอบจะออกแบบให้เป็นชนิดปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ โดยข้อคำถามเป็นข้อความที่มีลักษณะเป็นประเด็นปัญหา ข้อโต้แย้งข้อมูลบทความ รายงานต่าง ๆ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ในเชิงวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ตัวเลือกของคำตอบเป็นคำตอบที่เป็นข้อสรุป เพื่อให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกจากสถานการณ์ การตรวจให้คะแนนแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีเกณฑ์ดังนี้ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 8 แสดงการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบรายองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

| องค์ประกอบ | คำอธิบาย | จำนวน ข้อสอบ ที่ออก | จำนวน ข้อสอบที่ ใช้จริง |
|---|---|---------------------------|-------------------------------|
| 1. ด้าน ความสามารถ ในการอ้างอิง (Inferences) | <p>เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจ จำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่าข้อสรุปใดเป็นจริงเป็นเท็จ ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้ ผู้ตอบต้องพิจารณา ตัดสินว่าข้อสรุปแต่ละข้อเป็นเช่นไร</p> <p>ตัวอย่างสถานการณ์ที่ 1</p> <p>เมื่อความยาวของลวดตัวนำมากขึ้น ความต้านทานจะมีค่ามากขึ้น เนื่องจากความยาวแปรผันตรงกับลวดตัวนำ และมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าลดลง เมื่อความต่างศักย์คงที่ ตามกฎของโอห์ม $V = IR$</p> <p>1.1 “โอ้ใช้ลวดตัวนำที่มีความยาว 20 เซนติเมตร ต่อในวงจรแทนลวดตัวนำ 30 เซนติเมตร ความต้านทานในวงจรจะเปลี่ยนแปลง”</p> <p>จงพิจารณาข้อความข้างต้น</p> <p>ก. น่าจะเป็นจริง ข. เป็นจริง ค. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ ง. เป็นเท็จ</p> | 5 | 5 |

ตาราง 8 (ต่อ)

| องค์ประกอบ | คำอธิบาย | จำนวน ข้อสอบ ที่ออก | จำนวน ข้อสอบที่ ใช้จริง |
|---|---|---------------------------|-------------------------------|
| 2. ด้านความสามารถ ในการยอมรับ ข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumptions) | <p>เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ข้อความใดไม่เป็น ข้อตกลงเบื้องต้น ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้ ผู้ตอบต้องพิจารณา ตัดสินว่า ข้อความในแต่ละข้อ ข้อใดเป็น ไม่เป็น ข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์นั้น</p> <p>2.1 “ความยาวของหลอดตัวนำลดลง ความต้านทานจะลดลง” (ใช้ตัวอย่างสถานการณ์ที่ 1)</p> <p>ก. เป็นข้อตกลงเบื้องต้น ข. ไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น ค. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ ง. เป็นเท็จ</p> | 5 | 5 |
| 3. ด้านความสามารถในการ นิรนัย (Deduction) | <p>เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากข้ออ้าง โดยใช้หลักการวิทยาศาสตร์ ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดข้ออ้างไว้แล้ว ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่า ข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไป ได้หรือเป็นไปไม่ได้ตามข้ออ้างนั้น</p> <p>ตัวอย่างสถานการณ์ที่ 2</p>  | 5 | 5 |

ตาราง 8 (ต่อ)

| องค์ประกอบ | คำอธิบาย | จำนวน ข้อสอบ ที่ออก | จำนวน ข้อสอบที่ ใช้จริง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| 3. ด้านความสามารถในการ นิรนัย (Deduction) | <p style="text-align: center;">ตารางแสดงค่าความจริงของประพจน์ $(p \wedge q) \wedge (\sim p \vee q)$</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>p</th> <th>q</th> <th>$\sim p$</th> <th>$p \wedge q$</th> <th>$\sim p \vee q$</th> <th>$(p \wedge q) \wedge (\sim p \vee q)$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T</td> <td>T</td> <td>F</td> <td>T</td> <td>T</td> <td>T</td> </tr> <tr> <td>T</td> <td>F</td> <td>F</td> <td>F</td> <td>F</td> <td>F</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>T</td> <td>T</td> <td>F</td> <td>T</td> <td>F</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>F</td> <td>T</td> <td>F</td> <td>T</td> <td>F</td> </tr> </tbody> </table> <p>3.1 ตัวอย่างจรรยาบรรณแบบอนุกรม และทำการเปิดสวิตซ์ทั้งสองตัวพร้อมกันหลอดไฟจะสว่างหรือไม่</p> <p>ก. มีค่าความจริงเป็นจริง</p> <p>ข. มีค่าความจริงเป็นเท็จ</p> <p>ค. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ</p> <p>ง. น่าจะเป็นเท็จ</p> | p | q | $\sim p$ | $p \wedge q$ | $\sim p \vee q$ | $(p \wedge q) \wedge (\sim p \vee q)$ | T | T | F | T | T | T | T | F | F | F | F | F | F | T | T | F | T | F | F | F | T | F | T | F | | |
| p | q | $\sim p$ | $p \wedge q$ | $\sim p \vee q$ | $(p \wedge q) \wedge (\sim p \vee q)$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T | T | F | T | T | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T | F | F | F | F | F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | T | T | F | T | F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | F | T | F | T | F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. ด้าน ความสามารถใน การตีความ (Interpretation) | <p>เป็นการวัดความสามารถใน การลงความเห็นและอธิบายความเป็นไปได้ของข้อสรุป ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนด สถานการณ์มาให้ ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปในแต่ละข้อ ใช้ หรือไม่ใช้ ข้อสรุปที่จำเป็นของสถานการณ์นั้น</p> <p>4.1 สารสำคัญของสถานการณ์คือ ข้อใด (ใช้ตัวอย่างสถานการณ์ที่ 1)</p> <p>ก. ขนาดพื้นที่หน้าตัด</p> <p>ข. กระแสไฟฟ้าคงที่</p> <p>ค. ความต้านทานคงที่</p> <p>ง. ขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำแปรผกผันกับความต้านทาน</p> | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ตาราง 8 (ต่อ)

| องค์ประกอบ | คำอธิบาย | จำนวน ข้อสอบ ที่ออก | จำนวน ข้อสอบที่ ใช้จริง |
|---|---|---------------------------|-------------------------------|
| 5. ด้านความสามารถในการ ประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) | <p>เป็นการวัดความสามารถในการตอบคำถามและอ้างเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้ ซึ่งแต่ละคำถามจะมีคำตอบพร้อมเหตุผล ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าคำตอบใดมีความสำคัญเกี่ยวข้องกันโดยตรงกับคำถาม</p> <p>4.1 นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับข้อความที่ว่า “พื้นที่หน้าตัดยิ่งกว้าง ความต้านทานไฟฟ้าจะลดน้อยลง” (ใช้ตัวอย่างสถานการณ์ที่ 1)</p> <p>ก. เห็นด้วย เพราะขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำแปรผกผันกับความต้านทาน</p> <p>ข. ไม่เห็นด้วย เพราะขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำแปรผันตรงกับความต้านทาน</p> <p>ค. เห็นด้วย เพราะการเพิ่มขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำให้ใหญ่ขึ้น ความต้านทานภายในของลวดตัวนำจะเพิ่มขึ้น</p> <p>ง. ไม่เห็นด้วย เพราะไม่เป็นไปตามกฎของโอห์ม</p> | 5 | 5 |
| | รวม | 25 | 25 |

ขั้นที่ 3 นำแบบวัดที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจความถูกต้องเหมาะสม ความชัดเจนและความสอดคล้องกับพฤติกรรมชีวิตด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของวัตสันและเกลเซอร์ โดยที่อาจารย์ที่ปรึกษาให้ปรับแก้สถานการณ์ของข้อคำถามให้มีความชัดเจนและเหมาะสม รวมไปถึงแก้ไขข้อคำถามที่ยังไม่ชัดเจนให้สอดคล้องกับองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ขั้นที่ 4 นำแบบวัดที่สร้างขึ้นมาเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมกับระดับของนักเรียนและความเหมาะสมของเกณฑ์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมของแบบวัด โดยที่มีผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. นายคณินท์ ศรีผูก กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านบะทองนาหัวช้าง ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
2. นางสาวภักดีวีดี รักษาบุญ ค.ม.(วิจัยและประเมินผล) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสว่างแดนดิน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร
3. นายธนปกรณ์ บ้องศรี กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนพังโคนวิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
4. นางศรีสุวรรณ ศรีสร้อย ค.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนพังโคนวิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์
5. นายศุภวุฒิ สุภชาติ วท.บ. (ฟิสิกส์) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านตะกุดโนนระเวียง ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบวัดกับพฤติกรรมชีวิตด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของวัตสันและเกลเซอร์ โดยใช้ค่าความสอดคล้องของคำถามกับนิยาม (IOC : Index of Consistency) เป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าข้อสอบนั้นตรงตามพฤติกรรมชีวิต

ให้คะแนน 0 เมื่อผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นตรงตามพฤติกรรมชีวิต

ให้คะแนน -1 เมื่อผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดไม่ตรงตามพฤติกรรมชีวิต

โดยที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะให้ปรับแก้ข้อคำถามให้มีความชัดเจนและง่ายต่อการเข้าใจ รวมทั้งปรับปรุงถ้อยคำให้เหมาะสมกับระดับความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และลดความซับซ้อนของคำถามที่อาจทำให้นักเรียนเข้าใจผิด เช่น คำถามเดิม: “จากสถานการณ์ดังกล่าว ท่านคิดว่าการสรุปเช่นนี้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่?” คำถามใหม่: “จากสถานการณ์ที่ให้มาการสรุปนี้ถูกต้องหรือไม่?” และมีการปรับสถานการณ์ให้เชื่อมโยงกับประสบการณ์ของนักเรียน เช่น เหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับพฤติกรรมชีวิต นำผลที่ได้รับจากการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่า IOC เลือกแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่า แบบวัดการคิดอย่างมี วิจารณญาณที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงในการวัด ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินค่า ความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 - 1.0 เป็นข้อสอบ ที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรง ตามเนื้อหา พบว่า ข้อสอบที่เข้าเกณฑ์ จำนวน 25 ข้อ

ขั้นที่ 6 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผ่านการประเมินไปทดลองใช้ (try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านภูตะคาม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ผู้วิจัยนำข้อบกพร่องที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงแบบวัดการคิด อย่างมีวิจารณญาณให้มีสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6.1 หากคุณภาพของข้อสอบ โดยนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งผลปรากฏว่า ข้อสอบมีค่าความยากในช่วง 0.38 - 0.88 หมายความว่า ข้อสอบมีตั้งแต่ระดับความค่อนข้างยาก จนถึงระดับง่าย โดยค่าความยากของข้อสอบที่เหมาะสมและ ยอมรับได้ มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 - 0.80 มีค่าอำนาจจำแนกในช่วง 0.27 - 0.90 หมายความว่า ข้อสอบ สามารถจำแนกผู้ตอบตามระดับความสามารถได้ในระดับปานกลางจนถึงสูง โดยค่าอำนาจจำแนกที่ เหมาะสมและยอมรับได้มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 - 1.00

6.2 นำข้อสอบที่คัดเลือกที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ จำนวน 25 ข้อ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้วิธีของโลเวท (Lovett Method) (คณาจารย์ ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา, 2558) ซึ่งผลปรากฏว่า ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.729

6.3 นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ ที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ไปใช้จริงกับกลุ่มที่ศึกษาต่อไป

ขั้นที่ 7 จัดพิมพ์แบบวัดทั้งหมด จำนวนทั้งหมด 25 ข้อ เพื่อนำไปใช้กับนักเรียน ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านสีสุกห้วยโงง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

วิธีการรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 20 ชั่วโมง โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ผู้วิจัยแนะนำและชี้แจงขั้นตอนการจัดกิจกรรมให้นักเรียนในกลุ่มเป้าหมายทราบถึง บทบาทของนักเรียนและผู้วิจัยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบวัดการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณ จำนวน 25 ข้อ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ

3. ดำเนินการสอนด้วยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา วิชา วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 แผน ใช้เวลาสอน 20 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตัวเองพร้อมเก็บคะแนนระหว่างเรียน ได้แก่ พฤติกรรมการเรียนรู้ผลงานจากใบงาน การสร้างสรรค์ชิ้นงานและการทดสอบย่อย เก็บคะแนนไว้ทุกแผนจากแผนที่ 1 - 6 ใช้เวลาสอนเป็นเวลา 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 20 ชั่วโมง

4. เมื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วทำการทดสอบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Post-test) กับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบวัดการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณ จำนวน 25 ข้อ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ

5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจสอบแบบวัดการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การจัดกระทำกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้สถิติ T - test dependent

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้สถิติ T - test dependent

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และใช้สถิติ One sample t-test

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลแยกเป็นประเด็นดังต่อไปนี้

1. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1.1 หาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence) โดยใช้สูตรดังนี้ (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2551)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

R แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 การหาค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณ โดยใช้สูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543)

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

เมื่อ P แทน ความยากง่ายของแบบทดสอบ

B แทน จำนวนผู้สอบที่ทำข้อสอบถูก

N แทน จำนวนคนที่ทำข้อสอบทั้งหมด

1.3 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณ โดยการหาค่าดัชนี (B – Index หรือ Brennan Index) (คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา, 2558) โดยใช้สูตรดังนี้

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

- เมื่อ B แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอิงเกณฑ์
 N_1 แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์)
 N_2 แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)
 U แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์) ตอบถูก
 L แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์) ตอบถูก

1.4 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้สูตรของโลเวท (Lovett Method) (คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา, 2558) ดังนี้

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

- เมื่อ r_{cc} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
 k แทน จำนวนข้อสอบทั้งหมด
 x_i แทน คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน
 c แทน คะแนนเกณฑ์ (จุดตัด)

1.5 การหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรดังนี้ (เอมอร์ จังศิริพรภรณ์, 2550)

$$\text{สูตร } P = \frac{\sum X_H + \sum X_L}{I(N_H + N_L)}$$

$$r = \frac{\sum X_H + \sum X_L}{I(N_H \text{ or } N_L)}$$

- เมื่อ $\sum X_H$ คือ ผลรวมของคะแนนรายข้อแต่ละคนในกลุ่มสูง
 $\sum X_L$ คือ ผลรวมของคะแนนรายข้อแต่ละคนในกลุ่มต่ำ
 N_H และ N_L คือ จำนวนคนในกลุ่มสูงและต่ำ ตามลำดับ
 I คือ คะแนนเต็มของข้อนั้น ๆ

1.6 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
วิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient)
โดยใช้สูตรดังนี้ (คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา, 2558)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามหรือแบบวัด
 $\sum S_i^2$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนรายข้อ
 S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม
 K แทน จำนวนข้อ

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ X แทน ค่าเฉลี่ย
 \bar{X} แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
 n แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

2.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สูตร ดังนี้
(บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 X แทน คะแนนแต่ละตัว
 n แทน จำนวนของข้อมูล

2.3 ร้อยละ (Percentage) ใช้สูตรดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

$$\text{ร้อยละ} = \frac{\text{ตัวเลขที่ต้องการเปรียบเทียบ} \times 100}{\text{จำนวนเต็มของสิ่งนั้น}}$$

3. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

3.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการทดสอบแบบวัดการคิดอย่างมีวิจรรณญาณและแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สูตร T - test dependent (ไพศาล วรคำ, 2559) ดังนี้

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณาใน t - distribution

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

N แทน จำนวนคู่ของคะแนนและจำนวนนักเรียน

$\sum D$ แทน ผลรวมทั้งหมดของผลต่างของคะแนนก่อนและหลังการทดลอง

$\sum D^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของผลต่างของคะแนนก่อนและหลังการทดลอง

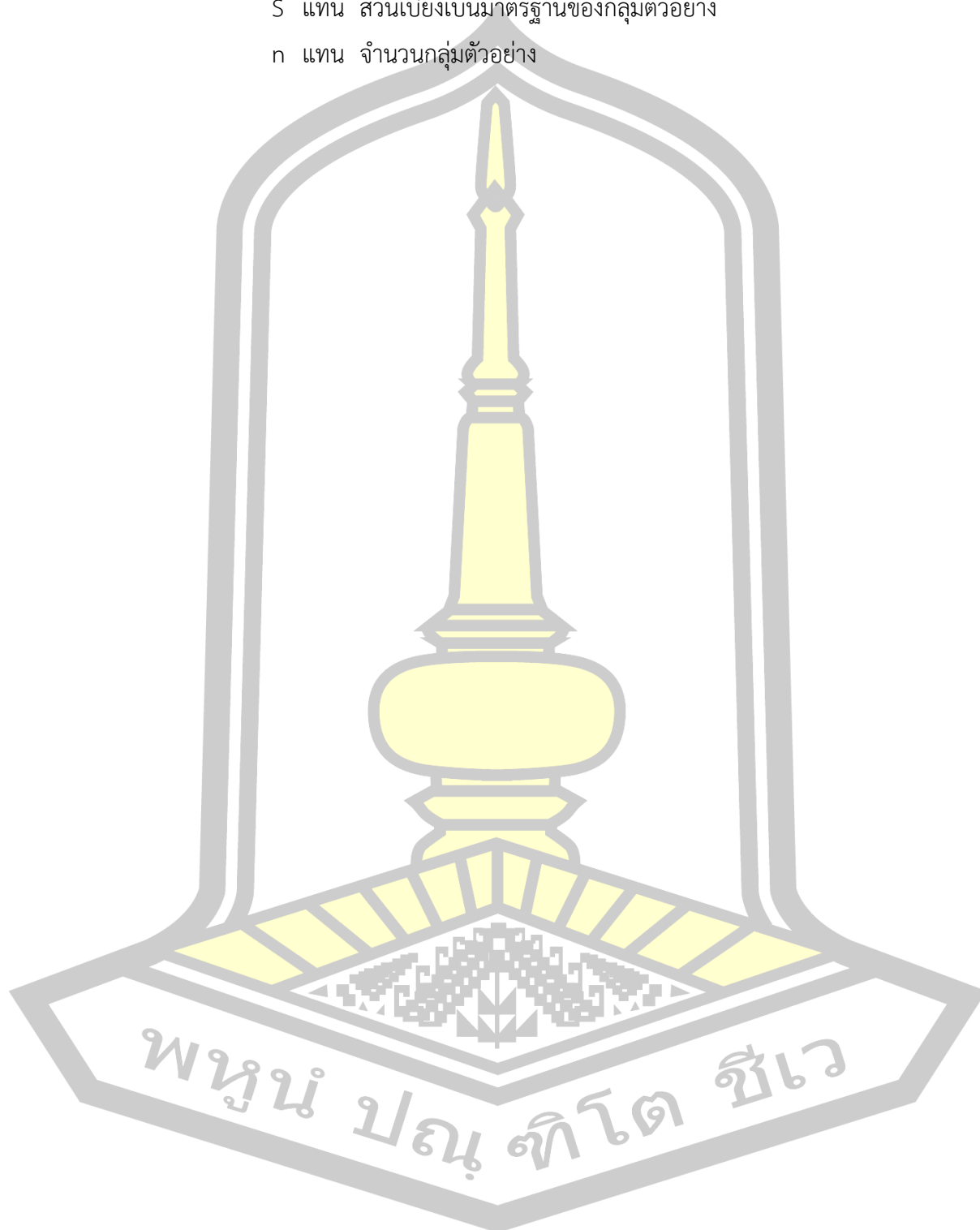
3.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการทดสอบแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สูตร One sample t-test (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2550)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}; df = n - 1$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t - Distribution

\bar{X} แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

- μ_0 แทน ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์
S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง



ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย เรื่อง การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

| | | |
|-----------|-----|-----------------------|
| \bar{X} | แทน | ค่าเฉลี่ย (Mean) |
| n | แทน | จำนวนของข้อมูล |
| SD | แทน | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| t | แทน | ค่าสถิติทดสอบที |
| df | แทน | ขั้นของความอิสระ |
| p | แทน | ระดับนัยสำคัญทางสถิติ |

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 25 ข้อ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 25 คะแนน วัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความสามารถในการอ้างอิง 2) ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น 3) ด้านความสามารถในการนิรนัย 4) ด้านความสามารถในการตีความ 5) ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง ดังนี้



ตาราง 9 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยพิจารณาตามองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

| กลุ่ม ตัวอย่าง | คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามองค์ประกอบ | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|---|-------------------------------|-------------------------------|--|---------------|--------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--|---------------|
| | ก่อนเรียน | | | | | | หลังเรียน | | | | | |
| | ด้านความสามารถในการอ้างอิง (5) | ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น (5) | ด้านความสามารถในการนิรนัย (5) | ด้านความสามารถในการตีความ (5) | ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (5) | รวมคะแนน (25) | ด้านความสามารถในการอ้างอิง (5) | ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น (5) | ด้านความสามารถในการนิรนัย (5) | ด้านความสามารถในการตีความ (5) | ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (5) | รวมคะแนน (25) |
| 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 8 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 | 19 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 6 | 4 | 1 | 2 | 2 | 5 | 14 |
| 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 7 | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 19 |
| 4 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 21 |
| 5 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 7 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 21 |
| 6 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 8 | 2 | 3 | 1 | 3 | 5 | 14 |
| 7 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 21 |
| 8 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 8 | 5 | 2 | 5 | 5 | 3 | 20 |
| 9 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 9 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 20 |
| 10 | 3 | 2 | 0 | 3 | 1 | 9 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 18 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 4 | 12 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 7 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 8 |
| 13 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 6 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 18 |
| 14 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 0 | 3 | 2 | 11 |
| 15 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 5 | 4 | 17 |
| 16 | 1 | 1 | 0 | 2 | 3 | 7 | 4 | 1 | 0 | 3 | 2 | 10 |

ตาราง 9 (ต่อ)

| กลุ่ม ตัวอย่าง | คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามองค์ประกอบ | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|--|-------------------------------|-------------------------------|--|---------------|--------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|--|---------------|
| | ก่อนเรียน | | | | | | หลังเรียน | | | | | |
| | ด้านความสามารถในการอ้างอิง (5) | ด้านความสามารถในการยอมรับข้อถกเถียงเบื้องต้น (5) | ด้านความสามารถในการนิรนัย (5) | ด้านความสามารถในการตีความ (5) | ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (5) | รวมคะแนน (25) | ด้านความสามารถในการอ้างอิง (5) | ด้านความสามารถในการยอมรับข้อถกเถียงเบื้องต้น (5) | ด้านความสามารถในการนิรนัย (5) | ด้านความสามารถในการตีความ (5) | ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (5) | รวมคะแนน (25) |
| 17 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 6 | 4 | 2 | 3 | 3 | 5 | 17 |
| 18 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 8 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 22 |
| 19 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 | 6 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 14 |
| 20 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 13 |
| 21 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 5 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 8 |
| 22 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 6 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 10 |
| 23 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 8 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 16 |
| 24 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 7 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 22 |
| 25 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 19 |
| 26 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 4 | 2 | 3 | 2 | 5 | 16 |
| 27 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 7 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 15 |
| 28 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 15 |
| 29 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 9 |
| 30 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 8 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 13 |
| \bar{X} | 1.47 | 1.23 | 0.47 | 1.53 | 1.50 | 6.20 | 3.50 | 2.73 | 2.47 | 3.40 | 3.63 | 15.73 |
| S.D. | 0.68 | 0.68 | 0.51 | 0.73 | 0.57 | 1.71 | 1.11 | 1.26 | 1.38 | 0.93 | 1.25 | 4.30 |
| ร้อยละ | 29.33 | 24.67 | 9.33 | 30.67 | 30.00 | 25.07 | 70.00 | 54.67 | 49.33 | 68.00 | 72.67 | 62.93 |

จากตาราง 9 พบว่า คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ย 6.20 คะแนน จากคะแนนเต็ม

25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 25.07 ในส่วนของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ย 15.73 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 62.93

เมื่อพิจารณาคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยแยกตามองค์ประกอบการคิดอย่างมี วิจารณญาณ ได้แก่ 1) ด้านความสามารถในการอ้างอิง 2) ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลง เบื้องต้น 3) ด้านความสามารถในการนิรนัย 4) ด้านความสามารถในการตีความ และ 5) ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง พบว่า มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนน ด้านความสามารถในการตีความมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 1.53 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 30.67 รองลงมา คือ ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 30.00 ด้านความสามารถในการอ้างอิง มีคะแนนเฉลี่ย 1.47 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 29.33 ด้านความสามารถ ในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ย 1.23 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็น ร้อยละ 24.67 และด้านความสามารถในการนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ย 0.47 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 9.33 ตามลำดับ ในส่วนของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนด้าน ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้งมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 3.63 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.67 รองลงมา คือ ด้านความสามารถในการอ้างอิง มีคะแนนเฉลี่ย 3.50 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.00 ด้านความสามารถในการตีความมีคะแนน เฉลี่ย 3.40 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 68.00 ด้านความสามารถในการ ยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น มีคะแนนเฉลี่ย 2.73 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 54.67 และด้านความสามารถในการนิรนัย มีคะแนนเฉลี่ย 2.47 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 49.33 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ผลการทดสอบแจกแจงปกติ (Normality test) ของคะแนนการคิดอย่างมี วิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตาม แนวคิดสะเต็มศึกษาจากการทดสอบการแจกแจงปกติของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ก่อนเรียน พบว่า ค่าสถิติ skewness (ความเบ้) มีค่า -.245 และค่าสถิติ kurtosis (ความโด่ง) มีค่า -0.856 และคะแนนหลังเรียน พบว่า ค่าสถิติ skewness (ความเบ้) มีค่า -.281 และค่าสถิติ kurtosis (ความโด่ง) มีค่า -.1.019 ซึ่งมีค่าด้าน +/- มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบ ปกติ นอกจากนี้ เมื่อทดสอบการแจกแจงปกติของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยวิธี Shapiro-Wilk มีค่า sig เท่ากับ .118 และมีค่า sig เท่ากับ .153 ตามลำดับ ดังนั้น จากการทดสอบข้างต้น

แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ สามารถใช้สถิติแบบ parametric ได้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติทดสอบที (T - test dependent) เนื่องจากประชากร 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน

ตาราง 10 การเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ T - test dependent

| คะแนนการคิดอย่างมี วิจารณญาณ | \bar{X} | SD | t | df | p-value (1-tailed) |
|---------------------------------|-----------|------|--------|----|-----------------------|
| ก่อนเรียน (Pre-test) | 6.20 | 1.71 | 12.48* | 29 | .000 |
| หลังเรียน (Post-test) | 15.73 | 4.23 | | | |

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 10 พบว่า คะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งคะแนนก่อนเรียนมีค่า ($\bar{X} = 6.20$, $SD = 1.71$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 15.73$, $SD = 4.23$) และเมื่อทดสอบด้วยสถิติ T - test dependent พบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 11 การเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยพิจารณาตามองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้แก่ 1) ด้านความสามารถในการอ้างอิง 2) ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น 3) ด้านความสามารถในการนิรนัย 4) ด้านความสามารถในการตีความ และ 5) ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง โดยใช้สถิติ T - test dependent

| คะแนนการคิดอย่างมี วิจารณญาณ | \bar{X} | SD | t | df | p-value (1-tailed) |
|--|-----------|------|---------|----|-----------------------|
| ด้านความสามารถในการอ้างอิง | | | | | |
| ก่อนเรียน (Pre-test) | 1.47 | 0.68 | 11.549* | 29 | .000 |
| หลังเรียน (Post-test) | 3.50 | 1.12 | | | |
| ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น | | | | | |
| ก่อนเรียน (Pre-test) | 1.23 | 0.68 | 7.426* | 29 | .000 |
| หลังเรียน (Post-test) | 2.73 | 1.26 | | | |
| ด้านความสามารถในการนิรนัย | | | | | |
| ก่อนเรียน (Pre-test) | 0.47 | 0.51 | 7.746* | 29 | .000 |
| หลังเรียน (Post-test) | 2.47 | 1.38 | | | |
| ด้านความสามารถในการตีความ | | | | | |
| ก่อนเรียน (Pre-test) | 1.53 | 0.73 | 7.992* | 29 | .000 |
| หลังเรียน (Post-test) | 3.40 | 0.93 | | | |
| ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง | | | | | |
| ก่อนเรียน (Pre-test) | 1.50 | 0.57 | 7.899* | 29 | .000 |
| หลังเรียน (Post-test) | 3.63 | 1.25 | | | |

จากตาราง 11 พบว่า คะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้แก่ 1) ด้านความสามารถในการอ้างอิง พบว่า คะแนนก่อนเรียน มีค่า ($\bar{X} = 1.47$, $SD = 0.68$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 3.50$, $SD = 1.12$) 2) ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น

คะแนนก่อนเรียน มีค่า ($\bar{X} = 1.23$, $SD = 0.68$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 2.73$, $SD = 1.26$) และ 3) ด้านความสามารถในการนิรนัย คะแนนก่อนเรียน มีค่า ($\bar{X} = 0.47$, $SD = 0.51$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 2.47$, $SD = 1.38$) 4) ด้านความสามารถในการตีความ คะแนนก่อนเรียน มีค่า ($\bar{X} = 1.53$, $SD = 0.73$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 3.40$, $SD = 0.93$) และ 5) ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง คะแนนก่อนเรียน มีค่า ($\bar{X} = 1.50$, $SD = 0.57$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 3.63$, $SD = 1.25$) และเมื่อทดสอบด้วยสถิติ T - test dependent พบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละองค์ประกอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง 12 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยพิจารณาตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

| กลุ่มตัวอย่าง | คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ | | | | | | | | | |
|---------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|---------------|
| | ก่อนเรียน | | | | | หลังเรียน | | | | |
| | ด้านความคิดคล่องแคล่ว (4) | ด้านความคิดยืดหยุ่น (4) | ด้านความคิดริเริ่ม (4) | ด้านความคิดละเอียดลออ (4) | รวมคะแนน (16) | ด้านความคิดคล่องแคล่ว (4) | ด้านความคิดยืดหยุ่น (4) | ด้านความคิดริเริ่ม (4) | ด้านความคิดละเอียดลออ (4) | รวมคะแนน (16) |
| 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 14 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 10 |
| 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 | 12 |
| 4 | 2 | 0 | 2 | 1 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 11 |

ตาราง 12 (ต่อ)

| กลุ่มตัวอย่าง | คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ | | | | | | | | | |
|---------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|---------------|
| | ก่อนเรียน | | | | | หลังเรียน | | | | |
| | ด้านความคิดคล่องแคล่ว (4) | ด้านความคิดยืดหยุ่น (4) | ด้านความคิดริเริ่ม (4) | ด้านความคิดละเอียดลออ (4) | รวมคะแนน (16) | ด้านความคิดคล่องแคล่ว (4) | ด้านความคิดยืดหยุ่น (4) | ด้านความคิดริเริ่ม (4) | ด้านความคิดละเอียดลออ (4) | รวมคะแนน (16) |
| 5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 8 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 10 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 10 |
| 8 | 1 | 0 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 11 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 13 |
| 10 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| 11 | 2 | 0 | 2 | 0 | 4 | 3 | 4 | 2 | 2 | 11 |
| 12 | 2 | 1 | 2 | 1 | 6 | 4 | 3 | 2 | 2 | 11 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 13 |
| 14 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 13 |
| 15 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | 2 | 3 | 3 | 2 | 10 |
| 16 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 11 |
| 17 | 2 | 1 | 2 | 1 | 6 | 4 | 4 | 3 | 1 | 12 |
| 18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 3 | 3 | 1 | 9 |
| 19 | 2 | 0 | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 11 |
| 20 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 10 |
| 21 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 | 12 |
| 22 | 2 | 2 | 2 | 1 | 7 | 4 | 4 | 3 | 2 | 13 |

ตาราง 12 (ต่อ)

| กลุ่มตัวอย่าง | คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ | | | | | | | | | |
|---------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|---------------|
| | ก่อนเรียน | | | | | หลังเรียน | | | | |
| | ด้านความคิดคล่องแคล่ว (4) | ด้านความคิดยืดหยุ่น (4) | ด้านความคิดริเริ่ม (4) | ด้านความคิดละเอียดลออ (4) | รวมคะแนน (16) | ด้านความคิดคล่องแคล่ว (4) | ด้านความคิดยืดหยุ่น (4) | ด้านความคิดริเริ่ม (4) | ด้านความคิดละเอียดลออ (4) | รวมคะแนน (16) |
| 23 | 2 | 1 | 1 | 0 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 12 |
| 24 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 13 |
| 25 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 | 12 |
| 26 | 0 | 1 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 11 |
| 27 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 14 |
| 28 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 14 |
| 29 | 2 | 1 | 2 | 1 | 6 | 4 | 3 | 3 | 3 | 13 |
| 30 | 2 | 1 | 2 | 1 | 6 | 4 | 2 | 3 | 3 | 12 |
| \bar{X} | 1.37 | 0.97 | 1.30 | 0.87 | 4.50 | 3.47 | 2.90 | 2.80 | 2.43 | 11.60 |
| S.D. | 0.61 | 0.49 | 0.65 | 0.35 | 1.11 | 0.68 | 0.71 | 0.41 | 0.77 | 1.50 |
| ร้อยละ | 34.17 | 24.17 | 32.50 | 21.67 | 28.13 | 86.67 | 72.50 | 70.00 | 60.83 | 72.50 |

จากตาราง 12 พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ย 4.50 คะแนน จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 28.13 ในส่วนของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ย 11.60 คะแนน จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.50

เมื่อพิจารณาคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยแยกตามองค์ประกอบ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) ด้านความคิดคล่องแคล่ว 2) ด้านความคิดยืดหยุ่น 3) ด้านความคิดริเริ่ม และ 4) ด้านความคิดละเอียดลออ พบว่า มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทาง

วิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิด สะเต็มศึกษา มีคะแนนด้านด้านความคิดคล่องแคล่วมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 1.37 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 34.17 รองลงมา คือ ด้านความคิดริเริ่ม มีคะแนนเฉลี่ยคือ 1.30 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 32.50 ด้านความคิดยืดหยุ่น มีคะแนนเฉลี่ย 0.97 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 24.17 และด้านความคิดละเอียดลออ มีคะแนนเฉลี่ย 0.87 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 21.67 ตามลำดับ ในส่วน ของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนด้านความคิดคล่องแคล่วมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 3.47 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.67 รองลงมา คือ ด้านความคิดยืดหยุ่น มีคะแนนเฉลี่ย 2.90 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.50 ด้านความคิดริเริ่ม มีคะแนนเฉลี่ย 2.80 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.00 และด้านความคิด ละเอียดลออ มีคะแนนเฉลี่ย 2.43 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 60.83 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ผลการทดสอบแจกแจงปกติ (Normality test) ของคะแนนความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงาน เป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจากการทดสอบการแจกแจงปกติของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ก่อนเรียน พบว่า ค่าสถิติ skewness (ความเบ้) มีค่า .000 และค่าสถิติ kurtosis (ความโด่ง) มีค่า 0.056 และคะแนนหลังเรียน พบว่า ค่าสถิติ skewness (ความเบ้) มีค่า -.305 และ ค่าสถิติ kurtosis (ความโด่ง) มีค่า -.231 ซึ่งมีค่าด้าน +/- มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าข้อมูลมีการแจก แจกแบบปกติ นอกจากนี้ เมื่อทดสอบการแจกแจงปกติของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยวิธี Shapiro-Wilk มีค่า sig เท่ากับ .074 และมีค่า sig เท่ากับ .165 ตามลำดับ ดังนั้น จากการทดสอบ ข้างต้น แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ สามารถใช้สถิติแบบ parametric ได้ ซึ่งในการวิจัย ครั้งนี้ใช้สถิติทดสอบที่ T - test dependent เนื่องจากประชากร 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตาราง 13 การเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ T - test dependent

| คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ | \bar{X} | SD | t | df | p-value (1-tailed) |
|--------------------------------------|-----------|------|---------|----|--------------------|
| ก่อนเรียน (Pre-test) | 4.50 | 1.11 | 25.266* | 29 | .000 |
| หลังเรียน (Post-test) | 11.60 | 1.50 | | | |

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 13 พบว่า คะแนนเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งคะแนนก่อนเรียน มีค่า ($\bar{X} = 4.50$, $SD = 1.11$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 11.60$, $SD = 1.50$) และเมื่อทดสอบด้วยสถิติ T - test dependent พบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตาราง 14 การเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยพิจารณาตามองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) ด้านความคิดคล่องแคล่ว 2) ด้านความคิดยืดหยุ่น 3) ด้านความคิดริเริ่ม และ 4) ด้านความคิดละเอียดลออ โดยใช้สถิติ T - test dependent

| คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ | \bar{X} | SD | t | df | p-value (1-tailed) |
|--------------------------------------|-----------|------|---------|----|--------------------|
| ด้านความคิดคล่องแคล่ว | | | | | |
| ก่อนเรียน (Pre-test) | 1.37 | 0.61 | 17.381* | 29 | .000 |
| หลังเรียน (Post-test) | 3.47 | 0.68 | | | |

ตาราง 14 (ต่อ)

| คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ | \bar{X} | SD | t | df | p-value (1-tailed) |
|--|-----------|------|---------|----|-----------------------|
| ด้านความคิดยืดหยุ่น | | | | | |
| ก่อนเรียน (Pre-test) | 0.97 | 0.49 | 12.794* | 29 | .000 |
| หลังเรียน (Post-test) | 2.90 | 0.71 | | | |
| ด้านความคิดริเริ่ม | | | | | |
| ก่อนเรียน (Pre-test) | 1.30 | 0.65 | 9.542* | 29 | .000 |
| หลังเรียน (Post-test) | 2.80 | 0.41 | | | |
| ด้านความคิดละเอียดลออ | | | | | |
| ก่อนเรียน (Pre-test) | 0.87 | 0.35 | 11.089* | 29 | .000 |
| หลังเรียน (Post-test) | 2.43 | 0.77 | | | |

จากตาราง 14 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) ด้านความคิดคล่องแคล่ว พบว่า คะแนนก่อนเรียน มีค่า ($\bar{X} = 1.37$, $SD = 0.61$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 3.47$, $SD = 0.68$) 2) ด้านความคิดยืดหยุ่น คะแนนก่อนเรียน มีค่า ($\bar{X} = 0.97$, $SD = 0.49$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 2.90$, $SD = 0.71$) และ 3) ด้านความคิดริเริ่ม คะแนนก่อนเรียน มีค่า ($\bar{X} = 1.30$, $SD = 0.65$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 2.80$, $SD = 0.41$) และ 4) ด้านความคิดละเอียดลออ คะแนนก่อนเรียน มีค่า ($\bar{X} = 0.87$, $SD = 0.35$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 2.43$, $SD = 0.77$) และเมื่อทดสอบด้วยสถิติ T - test dependent พบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ จากนักเรียนจำนวน 30 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย และร้อยละ ได้ผลดังตาราง 15

ตาราง 15 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70

| คนที่ | คะแนนหลังเรียน | คิดเป็นร้อยละ | การแปลผลเมื่อเทียบกับเกณฑ์ |
|-------|----------------|---------------|----------------------------|
| 1 | 25 | 83.33 | ผ่านเกณฑ์ |
| 2 | 19 | 63.33 | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 3 | 24 | 80.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 4 | 15 | 50.00 | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 5 | 23 | 76.67 | ผ่านเกณฑ์ |
| 6 | 22 | 73.33 | ผ่านเกณฑ์ |
| 7 | 17 | 56.67 | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 8 | 27 | 90.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 9 | 21 | 70.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 10 | 15 | 50.00 | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 11 | 12 | 40.00 | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 12 | 29 | 96.67 | ผ่านเกณฑ์ |
| 13 | 17 | 56.67 | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 14 | 21 | 70.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 15 | 23 | 76.67 | ผ่านเกณฑ์ |
| 16 | 27 | 90.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 17 | 28 | 93.33 | ผ่านเกณฑ์ |
| 18 | 25 | 83.33 | ผ่านเกณฑ์ |
| 19 | 16 | 53.33 | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 20 | 23 | 76.67 | ผ่านเกณฑ์ |
| 21 | 23 | 76.67 | ผ่านเกณฑ์ |
| 22 | 28 | 93.33 | ผ่านเกณฑ์ |
| 23 | 17 | 56.67 | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 24 | 24 | 80.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 25 | 20 | 66.67 | ไม่ผ่านเกณฑ์ |

ตาราง 15 (ต่อ)

| คนที่ | คะแนนหลังเรียน | คิดเป็นร้อยละ | การแปลผลเมื่อเทียบกับเกณฑ์ |
|-----------|----------------|---------------|----------------------------|
| 26 | 13 | 43.33 | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 27 | 26 | 86.67 | ผ่านเกณฑ์ |
| 28 | 24 | 80.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 29 | 26 | 86.67 | ผ่านเกณฑ์ |
| 30 | 20 | 66.67 | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| \bar{X} | 21.67 | 72.22 | ผ่านเกณฑ์ |

จากตาราง 15 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีนักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์ จำนวน 21 คน และไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 9 คน มีคะแนนเฉลี่ย 21.67 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.44 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ One sample t-test

| คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน | n | k | \bar{X} | S | $\mu_0(70\%)$ | t | p-value (1-tailed) |
|----------------------------|----|----|-----------|------|---------------|-------|--------------------|
| หลังเรียน (Post-test) | 30 | 30 | 21.67 | 4.71 | 21 | .776* | .222 |

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 16 พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 21.67 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.44 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการและสรุปผล อภิปรายผล ตามลำดับ ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้สูงกว่าก่อนเรียน
2. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้สูงกว่าก่อนเรียน
3. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

สรุปผล

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผลการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยก่อนเรียนมีคะแนน การคิด

อย่างมีวิจารณญาณ มีค่า ($\bar{X} = 6.27$, $SD = 1.74$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 16.13$, $SD = 2.03$) เมื่อพิจารณารายด้านของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณพบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้งมากที่สุด ด้านความสามารถในการตีความ ด้านความสามารถในการอ้างอิง ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น และด้านความสามารถในการนิรนัย ตามลำดับ โดยก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามรายด้าน ($\bar{X} = 1.50, 1.57, 1.50, 1.23, 0.47$) หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามรายด้าน ($\bar{X} = 4.27, 3.87, 3.60, 2.77, 1.63$) ตามลำดับ

2. ผลการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยก่อนเรียนมีคะแนน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่า ($\bar{X} = 4.50$, $SD = 1.11$) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X} = 11.60$, $SD = 1.50$) เมื่อพิจารณารายด้านของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีคะแนน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ในด้านความคิดคล่องแคล่วมากที่สุด ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดละเอียดลออ ตามลำดับ โดยก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ตามรายด้าน ($\bar{X} = 1.37, 0.97, 1.30, 0.87$) หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ตามรายด้าน ($\bar{X} = 3.47, 2.90, 2.80, 2.43$) ตามลำดับ

3. ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 21.67 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.44

อภิปรายผล

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้นำผลมาอภิปรายได้ดังนี้

1. ผลการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นการยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 โดยมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง

มากที่สุด รองลงมาคือ ด้านความสามารถในการตีความ ด้านความสามารถในการอ้างอิง ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น และด้านความสามารถในการนิรนัย ตามลำดับ โดยนักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 6.27 คะแนน และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 16.13 คะแนน โดยนักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้งได้ดีที่สุด ตามด้วยความสามารถในการตีความ การอ้างอิง การยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น และสุดท้ายคือ การนิรนัย ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แต่ยังช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกทักษะการวิเคราะห์และการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนในสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง นอกจากนี้การเรียนรู้ในลักษณะนี้ยังส่งเสริมการพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกัน ช่วยให้ผู้เรียนสามารถตัดสินใจอย่างมีเหตุผลและมีหลักการ การคิดอย่างมีวิจารณญาณส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถประเมินข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างรอบคอบ และแยกแยะความถูกต้องของข้อเท็จจริงจากความคิดเห็นหรือข้อโต้แย้งที่อาจมีอคติ ช่วยให้การตัดสินใจมีความแม่นยำและเป็นกลาง อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดที่ยืดหยุ่นและเปิดกว้างต่อความคิดใหม่ ๆ ที่อาจช่วยแก้ไขปัญหหรือปรับปรุงสถานการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า คะแนนในด้านการนิรนัยยังต่ำที่สุด ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงความจำเป็นในการเสริมกิจกรรมที่มุ่งเน้นการฝึกการคิดเชิงนิรนัยให้มากขึ้น เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปผลและเชื่อมโยงข้อเท็จจริงอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบมากขึ้น อีกทั้งควรมีการประเมินผลกระบวนการเรียนรู้ในด้านอื่น ๆ เช่น ทักษะการทำงานเป็นทีมและความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้สามารถเห็นภาพรวมของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในทุกด้านอย่างครบถ้วนและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการที่เน้นวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เข้ากับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นคว้าและปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัดและความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจบริบทของการทำโครงงานด้วยความรู้ ประสบการณ์ และการสื่อสารกันระหว่างนักเรียน ประเมศวร์ วงศ์ชาชม (2559) อีกทั้งการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานนั้นสามารถช่วยให้ผู้เรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สูงขึ้น ผ่านการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงและการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนจะได้ฝึกการคิดและประยุกต์ใช้สื่อ เทคโนโลยี และวิธีการที่เหมาะสมในการสร้างผลงานที่เป็นรูปธรรม ซึ่งความรู้ที่สร้างขึ้นจะมีความคงทนและเข้าใจได้ง่าย นอกจากนี้ ความรู้พื้นฐานที่ได้รับยังเป็นฐานสำคัญในการต่อยอดสร้างความรู้ใหม่ในอนาคต และช่วยให้ผู้เรียนสามารถถ่ายทอดความคิดและความรู้ไปยังผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ทิตนา แคมมณี, 2545)

สอดคล้องกับสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม (activity based) หรือการทำโครงการ (project based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาดังกล่าวนี้อาจช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (มชสช สหิทธิสมบุรณ์, 2563) ส่งผลให้ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นมีคะแนนเฉลี่ย 16.13 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.53 และพบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สอดคล้องกับงานวิจัยของปรเมศวร์ วงศ์ชาวม (2559) ได้ทำการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่เรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ อรอนงค์ เมืองคง (2566) ได้ทำการศึกษา การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ ความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนา ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจากระดับปรับปรุงและพอใช้ เป็นระดับดี จำนวน 11 คน และสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาจากระดับปรับปรุงและพอใช้ เป็นระดับดี จำนวน 8 คน โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับคุณภาพเพิ่มขึ้นในทุกวงจรปฏิบัติการตลอดการจัดการเรียนรู้ และ ยังสอดคล้องกับ Hacıoglu และ Gülhan (2021) ได้ทำการศึกษา ผลของการศึกษา STEM ต่อทักษะ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการรับรู้ STEM โดยออกแบบกิจกรรม STEM หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การสะท้อนของแสงในกระจกและการดูดซับแสง ให้นักเรียนมีกระบวนการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ สร้างแนวคิด สืบสอบ สรุปและอภิปรายผล พบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ทักษะการคิดอย่างมี วิจารณญาณของนักเรียนดีขึ้นเนื่องจากกิจกรรม STEM

2. ผลการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นการ ยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 โดยมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้านความคิด คล่องแคล่วมากที่สุด ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดละเอียดลออ ตามลำดับ โดยนักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ

4.50 คะแนน และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 11.60 คะแนน ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ซึ่งเป็นด้านที่มีคะแนนสูงสุด รองลงมาคือ ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และสุดท้ายคือ ความคิดละเอียดลออ จากการจัดการเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนได้ทดลองคิดและปฏิบัติจริงในบริบทต่าง ๆ ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ โดยเฉพาะการพัฒนาแนวคิดใหม่ ๆ ที่สามารถนำไปสู่การคิดค้นหรือพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดนอกกรอบและสร้างแนวทางใหม่ ๆ ในการแก้ไขปัญหาหรือการพัฒนาเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ยังช่วยเสริมทักษะในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน รวมถึงการพัฒนานวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้ในสังคมได้จริง การเรียนรู้ในลักษณะนี้ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเปิดกว้างต่อความคิดใหม่ ๆ และมองปัญหาในหลากหลายมุมมอง ซึ่งสอดคล้องกับความคิดสร้างสรรค์จะช่วยให้เราสร้างสรรค์ความคิดใหม่ ๆ ได้อย่างไม่จำกัด และช่วยให้เราค้นพบสิ่งแปลกใหม่ ซึ่งเมื่อนำมาใช้ประกอบกับการคิดเชิงวิเคราะห์ และการคิดในมิติอื่น ๆ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2553) และนักเรียนที่ทำโครงงานวิทยาศาสตร์จะได้ฝึกทักษะการคิดผ่านสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมจริง Blumenfeld และคณะ (1991 อ้างอิงใน ศศิเทพ ปติพรเทพิน, 2558) ส่งผลให้ผลการทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นมีคะแนนเฉลี่ย 11.60 คะแนน จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.50 และพบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของปรเมศวร์ วงศ์ชาชม (2559) ได้ทำการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยกิจกรรมจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีพัฒนาการที่ดีขึ้นตามลำดับ

สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม (2561) ได้ศึกษา ผลการจัดการจัดการเรียนรู้อบรมแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนได้รับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้า สูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งสี่ด้านหลังเรียนของนักเรียน ได้รับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้า สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และ พะเยาว์ทองแก้ว (2566) ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะความคิดสร้างสรรค์ในรายวิชางานช่างของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ผู้เรียนมี

ทักษะความคิดสร้างสรรค์ตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย ความคิด คล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ซึ่งเป็นผลจากการจัดกิจกรรม การเรียนรู้โดยใช้ โครงงานเป็นฐานในรายวิชาการช่างประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ชั้นให้ความรู้ พื้นฐาน 2) ชั้นกระตุ้นความสนใจ 3) ชั้นจัดกลุ่มร่วมมือ 4) ชั้นแสวงหาความรู้ 5) ชั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้ และ 6) ชั้นนำเสนอผลงาน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูล กำหนดประเด็น ปัญหา วางแผน และออกแบบการคิดแก้ปัญหาในการทำงานร่วมกันในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ซึ่งสามารถพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ โดยผลการ ทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .00 ($p < .05$)

สอดคล้องกับ จตุรภัทร มาศโสภา (2563) ได้ทำการศึกษา การพัฒนาความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน หลังจบวงจร ปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เหลือ จำนวน 2 คน สอดคล้องกับ รวีวรรณ สุขสาร และไพบุลย์ สุทธิ (2563) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และกระบวนการ จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่อง งานและพลังงานของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมี นัยสำคัญที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและ พลังงาน มีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.48$)

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหา 6 เรื่อง ได้แก่ 1) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ ความต่างศักย์ 2) ตัวต้านทาน 3) วงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 4) พลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และการคำนวณค่าไฟฟ้า 5) วงจรไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน และ 6) การใช้ไฟฟ้าอย่าง ประหยัดและปลอดภัย โดยภาพรวมมีนักเรียนที่มีคะแนน หลังการจัดการเรียนรู้ผ่านเกณฑ์ จำนวน 25 คน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมี

นัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 21.67 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.44 ซึ่งยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไม่เพียงแต่ช่วยพัฒนาทักษะต่าง ๆ ของนักเรียน แต่ยังสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากกระบวนการเรียนรู้ในลักษณะนี้ช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น การเรียนรู้จากการลงมือทำจริงและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงงานช่วยเพิ่มความเข้าใจลึกซึ้งและทำให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับการปฏิบัติจริง ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การคิดหัวเรื่อง
2. การวางแผนทำโครงงาน (Science + Engineering + Mathematics)
3. การลงมือทำโครงงาน (Science + Technology + Engineering + Mathematics)
4. การสรุปผลการศึกษาและเขียนรายงาน และ 5. การแสดงผลงาน (Engineering)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิด การทำงานร่วมกัน และการคิดสร้างสรรค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2564) กับเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะที่สำคัญผ่านการลงมือปฏิบัติผ่านการทำโครงงาน โดยมีการบูรณาการองค์ความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรง ได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ได้ออกแบบประดิษฐ์ชิ้นงานทำการทดลอง รู้จักวางแผนการทำงาน ตลอดจนได้พัฒนากระบวนการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง ซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและยั่งยืน สอดคล้องกับ ชัยชนะ วิวัฒน์รัตนบุตร (2563) การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐานที่ให้ความสำคัญกับทั้งการพัฒนาทักษะทางปัญญาร่วมกับทักษะทางสังคม เน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดแก้ปัญหา โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถนำความรู้จากศาสตร์แขนงต่าง ๆ มาบูรณาการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงผ่านการสร้างนวัตกรรม แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประเมศวร์ วงศ์ชาชม (2559) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตและเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็ก โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่เรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ในทำนองเดียวกันกับ พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม (2561) ได้ศึกษาผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

เรื่องไฟฟ้า พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้า สูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ นภสร ยลสุริยัน (2563) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดแบบ STEM EDUCATION เพื่อส่งเสริมความเป็นนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาตรและความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดแบบ STEM EDUCATION มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ครูผู้สอนควรกำหนดแนวทางและแนะนำสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลที่จำเป็นและเสริมสร้างความเข้าใจได้อย่างเต็มที่

1.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง แต่กิจกรรมมีความซับซ้อนและบางครั้งต้องใช้เวลา ครูผู้สอนควรปรับเวลาในการจัดการเรียนรู้ให้มีความยืดหยุ่น เพื่อรองรับการปฏิบัติงานที่มีระยะเวลาต่างกัน และทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงสุด

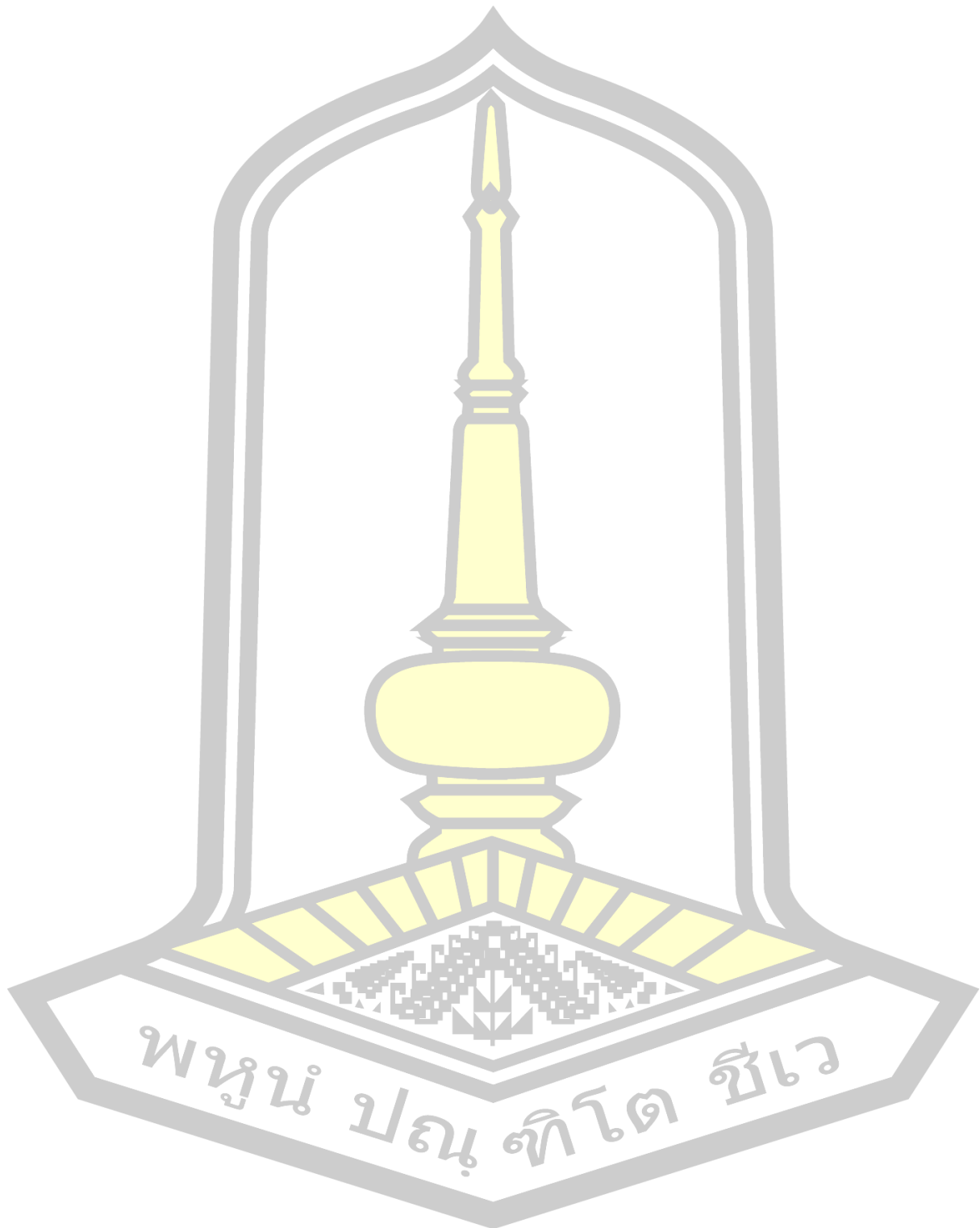
1.3 ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ครูผู้สอนควรอธิบายขั้นตอนการเรียนรู้และสร้างความเข้าใจกับผู้เรียนในเรื่องของกระบวนการ พร้อมทั้งวางแผนการแบ่งกลุ่มเพื่อให้การเรียนรู้ดำเนินไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

2.1 ในการวิจัยครั้งต่อไปสามารถใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับ แนวคิดสะเต็มศึกษานี้ เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดขั้นสูงอื่น ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้ เช่น การคิดเชิงระบบ (System Thinking) การคิดแก้ปัญหา (Problem Solving Thinking) เป็นต้น

2.2 ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นอกจากจะใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐานแล้ว ยังสามารถใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem based learning) และกิจกรรมการเรียนการสอนแบบใช้การออกแบบเป็นฐาน (design based learning) ได้

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กขพรรณ เกสัชชา. (2560). การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2562). การพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. พิษณุโลก : รัตนสุวรรณการพิมพ์ 3.
- กมลรัตน์ เทอร์เนอร์. (2561). การประเมินกระบวนการบูรณาการการจัดการเรียนการสอนการใช้ยาอย่างสมเหตุผล ในหลักสูตรพยาบาลศาสตรบัณฑิต ปีการศึกษา 2561. นนทบุรี : วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี.
- กรมวิชาการ. (2535). *ความคิดสร้างสรรค์: หลักการ ทฤษฎี การเรียนการสอน การวัดผลประเมินผล*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา.
- กรมวิชาการ. (2544). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- กรรริสา จันทร์สุวรรณ. (2563). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา. *วารสารสังคมศาสตร์วิจัย*, 11(1), 1-16.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2550). *หลักสูตรสถานศึกษาและการพัฒนาหลักสูตร*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *ระบบฐานข้อมูลนวัตกรรมการศึกษา กองส่งเสริมและพัฒนาการบริหารการศึกษาในภูมิภาค สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ*. กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2553). *ความคิดสร้างสรรค์*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : ชัคเชสมิเดีย.
- คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา. (2558). *การวิจัยและพัฒนาการศึกษา*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- จตุรภัทร มาศโสภณ. (2563). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเพื่อส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- จำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒผล, วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ*, 8(1), 62-74, มกราคม-เมษายน.

- จิรนนท์ ปุมพิมาย. (2562). *โครงการวิทยาศาสตร์และการประเมินอย่างเป็นรูปธรรม. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 25(1), 3-15.
- จุฑาทิพย์ชาติสุวรรณ. (2548). *การสร้างแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.*
- ชนิษฐา อินนวล. (2554). *แนวทางพัฒนาการบริหารงานวิชาการของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก สังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอชายแดน จังหวัดตาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.*
- ชมพู เนื่องจำนงค์, ภัทรยุทธ โสภอัครภรณ์ และอัจฉรา ธนีย์เพียร. (2563). *กรอบทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน. วารสารวิชาการสถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ*, 1(1), 623-640.
- ชยพัทธ์ นาคกุลบุตร. (2564). *การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.*
- ชลิตารัตน์ คิตฎุก. (2565). *การศึกษาการรับรู้ความสามารถตนเองและแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โครงงานเป็นฐาน. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 16(3), 236-245.
- ชวลิต ชูกำแพง. (2551). *การพัฒนาหลักสูตร. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.*
- ชัชฎา ทรรณลักษณ์. (2560). *การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานโดยใช้เทคนิคสแคมเพอร์ตด้วยคลาวด์เซอร์วิสเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*
- ชัยชนะ วิวัฒน์รัตนบุตร. (2563). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*
- ชินอรส กวางแก้ว. (2564). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานผสมผสานกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อพัฒนาสมรรถนะการรู้เท่าทันดิจิทัล รายวิชาเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาหลักสูตรและนวัตกรรมการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี). <http://www.repository.rmutt.ac.th/xmlui/handle/123456789/4116>.*

- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2550). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ดารารัตน์ ชัยพิลา. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิบัติเคมีของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัย นครสวรรค์*, 27(2), 98-109.
- ดารารัตน์ ชัยพิลา. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิบัติเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย นครสวรรค์*, 27(2), 98-109.
- ตรีประเสริฐ แสงศรีเรือง. (2563). *การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่อง หินและการเปลี่ยนแปลง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. (2551). *การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ*. กรุงเทพฯ : สถาบันการศึกษา.
- ทิตนา แคมมณี. (2545). *รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แคมมณี. (2559). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 20. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แคมมณี. (2561). *ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 22. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธัญญารัตน์ รัตน์ศิริ. (2562). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ธารทิพย์ ขั้วนา และขวัญชัย ขั้วนา. (2560). *สะเต็มศึกษาเพื่อการจัดการเรียนรู้สู่ทักษะการทำงานในศตวรรษที่ 21*. *วารสารบัณฑิตศึกษา*, 16(73), 1-12, เมษายน-มิถุนายน.
- จิตยา คำควร. (2558). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเพศที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ธีรพัฒน์ วงศ์คุ้มสิน และเฉลิมขวัญ สิงห์วี. (2563). การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง. *วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 46(1), 218-253.
- นภสร ยลสุริยัน. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดแบบ STEM EDUCATION เพื่อส่งเสริมความเป็นนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- นัญญา จะรา. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องบรรยากาศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนฉวางรัชดาภิเษก. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- นัญญา ทองจันทร์. (2559). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการจัดการเรียนรู้แบบประดมสมอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บรรจง อมรชีวิน. (2556). *การคิดอย่างมีวิจารณญาณ*. กรุงเทพฯ : สถาบันการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม. (2559). *การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). *การพัฒนาการคิด*. กรุงเทพฯ : เทคนิค พรินติ้ง.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2557). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. พิมพ์ครั้งที่ 22. มหาสารคาม : อภิชาติการพิมพ์.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2558). แนวการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต*, 9(1), 136-154.
- ปราณี กองจินดา. (2549). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการคิดเลขในใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบชิปปาโดยใช้แบบฝึกหัดที่เน้นทักษะการคิดเลขในใจกับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือครู*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

- ปัทมา จงลือชา. (2565). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิดสตีม (STEAM EDUCATION). วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ปิยะมาศ เจริญชัย. (2558). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการคิดนอกรอบ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบนิเวศสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารนักบริหาร, 2(2), 49-56.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). การจัดการเรียนรู้. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พะเยาว์ ทองแก้ว. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะความคิดสร้างสรรค์ในรายวิชางานช่างของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารการวิจัยเพื่อปฏิรูปการศึกษา, 6(2), 32-46, กรกฎาคม - ธันวาคม.
- พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์. (2533). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2548). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : แฮสออฟเคอร์มีส์.
- พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม. (2561). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดพรหมสาคร จังหวัดสิงห์บุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- พิภู ผ่องสุวรรณ. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เรื่องการต่อเซลล์ไฟฟ้าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนผ่องสุวรรณวิทยา สายไหม. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 13(2), 1-15.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และพะเยาว์ ยินดีสุข. (2548). การสอนคิดด้วยโครงงาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2559). สอนเด็กทำโครงงาน สอนอาจารย์ทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ไพลิน แก้วดอก. (2561). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ไพศาล วรคำ. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 8. มหาสารคาม : ตักสิลาการพิมพ์.
- มนสิข สิริสมบุญ. (2563). *การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาจุฬาลงกรณ์.
- เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2549). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รวีวรรณ สุขसार และไพบูลย์ สุทธิ. (2563). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารการบริหารการศึกษาและภาวะผู้นำ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*, 9(33), 111-120, ตุลาคม-ธันวาคม.
- ลัดดา ศิลาน้อย และอังคณา ตุงคะสมิต. (2553). *เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการพัฒนาการเรียนการสอนด้วยโครงงาน*. ขอนแก่น : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วนิช สุรารัตน์. (2543). *ความคิดและความคิดสร้างสรรค์*. พระนครศรีอยุธยา : คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
- วรรณภา การเฉื่อยเฉิน. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการคิดแววมวก 6 ใบเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 25(3), 200-210.
- วรรณณี แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วราภรณ์ ตระกูลสถุขดี. (2545). *การนำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานเพื่อเป็นการเรียนรู้เป็นทีมของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิโรจน์ ไหววานิชกิจ. (2566). *การคิดอย่างมีวิจารณญาณ*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2558). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมแห่งศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ : บอัสส์การพิมพ์.

- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2550). *ทฤษฎีการประเมิน*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริพร เครือทอง และณัฐกาญจน์ ลีสุขสาม. (2563). การศึกษาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารศาสตร์การศึกษาและการพัฒนามนุษย์*, 4(1), 62-77.
- ศิริพร เครือทอง และสุพัตรา ฝ่ายจันทร์. (2564). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่ายผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ (JSTEL)*, 12(1), 38-50.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *ผลการประเมิน PISA 2022-PISA THAILAND -สสวท.* [ออนไลน์]. ได้จาก : <https://pisathailand.ipst.ac.th/news-21/>. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 16 พฤษภาคม 2567].
- สมชาย อุ่นแก้ว. (2558). *วิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education)*. [ออนไลน์]. ได้จาก : http://www.kids.ru.ac.th/document/KM/STEM_by_T.Somchai-unkeaw.pdf. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 16 พฤษภาคม 2567].
- สมชาย อุ่นแก้ว. (2558). *วิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education)*. [ออนไลน์]. ได้จาก : http://www.kids.ru.ac.th/document/KM/STEM_by_T.Somchaiunkeaw.pdf. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 16 พฤษภาคม 2567].
- สมนึก ภัททิยธนี. (2551). *การวัดผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : ประสานการพิมพ์.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา*. มหาสารคาม : ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2558). *การวัดผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กทม. : ประสานการพิมพ์.
- สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2551). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมรัก อินทวิมลศรี. (2560). *ผลของการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *คู่มือการประเมินคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อการประกันคุณภาพภายในของสถานศึกษา*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.
- สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ. (2540). *ระบบการประเมินคุณภาพและมาตรฐานการศึกษาแห่งชาติ*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2564). *การพัฒนาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2559). *แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : หน่วยศึกษานิเทศก์.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน*. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กระทรวงศึกษาธิการ.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2555). *แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม ระดับมัธยมศึกษา ฉบับปรับปรุง*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สิทธิพล อัจฉินทร์. (2550). *รูปแบบการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับครูวิทยาศาสตร์ประถมศึกษา*. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *Journal of Education and Innovation*, 17(2), 201–207. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/33370.
- สุคนธ์ สิ้นพานนท์. (2552). *นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : 9119 เทคโนโลยีปริทัศน์.
- สุ่มทนา ดุณีย์. (2562). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อประสมเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2559). *กลยุทธ์การสอนคิดเชิงมโนทัศน์*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.
- เสกสรร สรรสพิสุทธิ์. (2558). *เสวนาวิชาการสะเต็มศึกษา: เรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาพัฒนานวัตกรรมนำสู่อาชีพ*. [ออนไลน์]. ได้จาก : <http://www.stemedthailand.org>. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 16 พฤษภาคม 2567].

อภิสิทธิ์ ังไชย สสวท. (2555). *สรุปการบรรยายพิเศษเรื่อง Science, Technology, Engineering and Mathematics Education: Preparing students for the 21st Century*. [ออนไลน์]. ได้จาก : <http://designtecology.ipst.ac.th/uploads/STEMEducation.pdf>.

[สืบค้นเมื่อ วันที่ 16 พฤษภาคม 2567].

อรนุช ศรีสะอาด และคณะ. (2550). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กภาพสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

อรอนงค์ เมืองคง. (2566). การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารการศึกษา*, 8(3), 32-48, มีนาคม.

อัญชญา สุขสมจิตร. (2556). *การพัฒนาแบบแผนการเรียนการสอนด้วยหลักการเรียนรู้โดยการรับใช้สังคมโดยการใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้ร่วมกันในการทำโครงการเพื่อสร้างจิตสำนึกสาธารณะของนักเรียนปริญญาตรีมหาวิทยาลัยราชภัฏ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัญชลี ทองเอม. (2561). การเรียนรู้โดยใช้โครงการเพื่อพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์*, 8(3), 185-189.

อับดุลยามีน หะยีชาเดร. (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. <http://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2016/11788>.

อุทุมพร จามรมาน. (2549). *การพัฒนากระบวนการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับนิสิตนักศึกษาครูในสังคมเทคโนโลยีสารสนเทศ*. กรุงเทพฯ : ครูศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Craft, A. (2002). *Creativity and early years education: A life wide foundation Continuum Studies in Lifelong Learning*. London : Continuum.

Dressel, P.L. and Mayhew, L.B. (1957). *General education: Explorations in evaluation*. 2nd ed. Washington, D.C. : American Council on Education.

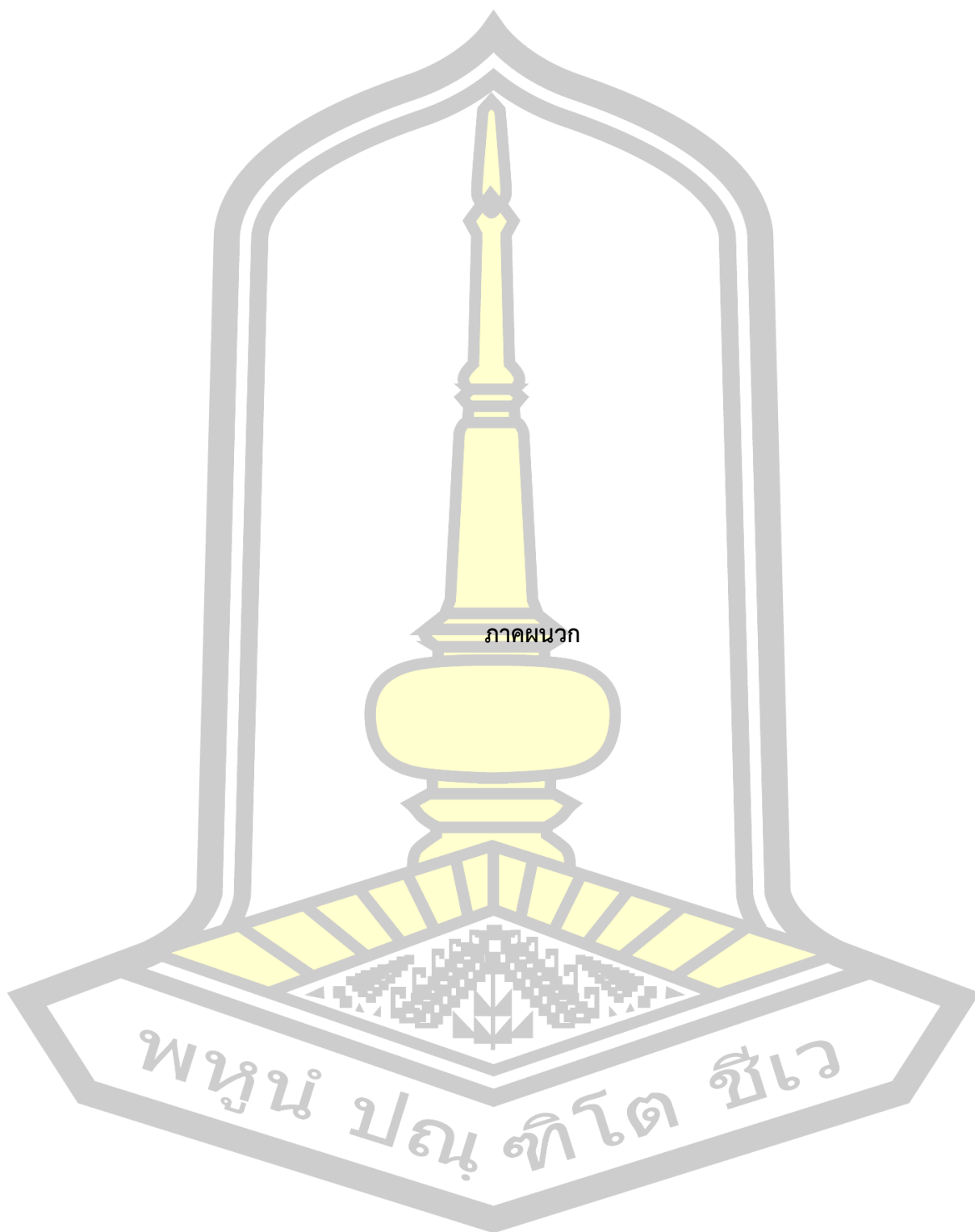
Ennis, R.H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Journal of Educational Leadership*, 43(2), 45-48.

- Eroglu, S. and Bektas, O. (2022). The effect of stem applications on the scientific creativity of 9th-grade students. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 8(1), 17-36. <https://doi.org/10.21891/jeseh.1059124>.
- Faria Ruhana, Elfi Yuliani Rochmah, Amir Pada, Yunita Suryani and Agam Muhammad Rizki. (2024). Developing Creativity and Innovation In STEM Curriculum: Project-Based Approach In Secondary Education. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(5), 7188–7195. <https://doi.org/10.53555/kuey.v30i5.4123>.
- Feist, G.J. and Gorman, M.E. (1998). The psychology of science: Review and integration of a nascent discipline. *Review of General Psychology*, 2(1), 1-45.
- Genek, S.E. and Küçük, Z.D. (2020). Investigation of scientific creativity levels of elementary school students who enrolled in a STEM program. *İlköğretim Online*, 19(3), 1715–1728. <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2020.734849>.
- Good, C.V. (1973). *Dictionary of education*. New York : McGraw-Hill.
- Hacioğlu, Y. and Gülhan, F. (2021). The effects of STEM education on the 7th grade students' critical thinking skills and STEM perceptions. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 7(2), 139-155. <https://doi.org/10.21891/jeseh.771331>.
- Hanif, S., Wijaya, A.F.C. and Winarno, N. (2019). Enhancing students' creativity through STEM project-based learning. *Journal of Science Learning*, 2(2), 50-57.
- Hanover Research. (2011). *K-12 STEM education*. [online]. available from : <https://www.yumpu.com/en/>. [accessed 16 June 2024].
- Hilgard, E.R. (1976). *Introduction to psychology*. New York : Harcourt Brace and World Inc.
- Hu, W. and Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403.
- Iskandar, I., Sastradika, D., Jumadi, J., Pujianto, P. and Defrianti, D. (2020). Development of creative thinking skills through STEM-based instruction in senior high school student. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567, 042043. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/4/042043>.

- Khalil, R.Y., Tairab, H., Qablan, A., Alarabi, K. and Mansour, Y. (2023). STEM-Based Curriculum and Creative Thinking in High School Students. *Education Sciences*, 13(12), 1195. <https://doi.org/10.3390/educsci13121195>.
- Koç, A. and Büyük, U. (2021). Effect of robotics technology in science education on scientific creativity and attitude development. *Journal of Turkish Science Education*, 18(1), 54-72.
- Moravcsik, M.J. (1981). Creativity in science education. *Science Education*, 65(2), 221–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730650212>.
- Newell, A. and Simon, H.A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- Newton, L.D. (2010). Creativity in science and science education: A response to Ghassib. *Gifted and Talented International*, 25(1), 105–108. <https://doi.org/10.1080/15332276.2010.11673560>
- Piltz, P.K.D., Schnitzler, H.U. and Menne, D. (1987). Acoustic startle threshold of the albino rat (*Rattus norvegicus*). *Journal of Comparative Psychology*, 101, 67-72.
- Sak, U. and Ayas, M.B. (2013). Creative Scientific Ability Test (C-SAT): A new measure of scientific creativity. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 55(3), 316–329.
- Sidek, S., Azhar, A. and Rahman, S.A. (2020). Fostering scientific creativity in teaching and learning science in schools. *Journal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 6(1), 13-35.
- Torrance, E. (1988). The nature of creativity as manifest in its testing. In R. Sternberg (Ed.), *The nature of creativity* (pp. 43-73). New York : Cambridge University Press.
- Torrance, E.P., Ball, O.E. and Safter, H.T. (1992). *Torrance tests of creative thinking: Streamlined scoring guide. Figural A and B*. Bensenville, IL : Scholastic Testing Service.
- Usta, E. and Akkanat, Ç. (2015). Investigating scientific creativity level of seventh grade students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 191, 1408–1415. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.643>.

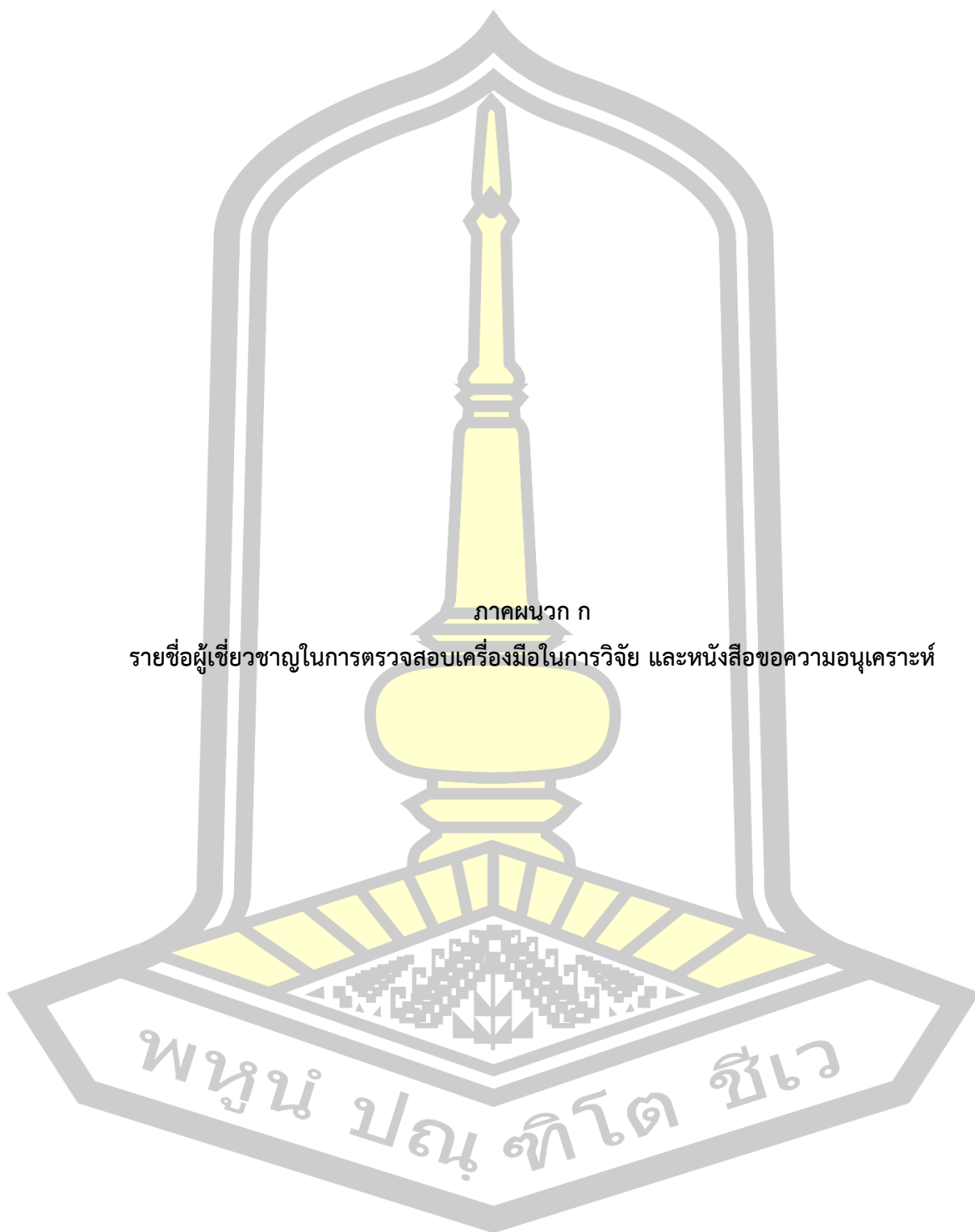
- Yaki, A.A. (2022). Fostering critical thinking skills using integrated STEM approach among secondary school biology students. *European Journal of STEM Education*, 7(1), 06. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/12481>.
- Yang, K., Hong, Z., Lee, L. and Lin, H. (2019). Exploring the significant predictors of convergent and divergent scientific creativities. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 252–261. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2019.01.002>.





ภาคผนวก

พหุมนุ ปณ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย และหนังสือขอความอนุเคราะห์

พูน ปณ ทิโต ชีเว

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ

1. นายคณันท์ ศรีผุย กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านปะทองนาหัวช้าง ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
2. นางสาวภักดิ์ดีดี รักษาบุญ ค.ม.(วิจัยและประเมินผล) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสว่างแดนดิน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร
3. นายธนปกรณ์ ป้องศรี กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนพังโคนวิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
4. นางศรีสุวรรณ ศรีสร้อย ค.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนพังโคนวิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์
5. นายศุภวุฒิ สุภษาชาติ วท.บ. (ฟิสิกส์) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านตะกุดโนนระเวียง ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์





ที่ อว 0605.5(2)/ว.2432

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

2 กันยายน 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน นางสาวกัทวีดี รักษาบุญ

ด้วย นางสาวธิดารัตน์ ศรีมีชัย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิจัย เรื่อง “การพัฒนาการคิดอย่างมี วิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตร และการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอรารวรรณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้ง นี้ เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่อง นี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะ นำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังอย่างยิ่งว่าคงได้รับความ อนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4375-4322-40 ต่อ 6216
โทรสาร 0-4371-9852



ที่ อว 0605.5(2)/ว 2370

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

26 สิงหาคม 2567

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นายธนปกรณ์ ป้องศรี

ด้วย นางสาวธิดารัตน์ ศรีมีชัย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดอย่างมี วิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะสมเต็มศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอรารวรรณ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์

โทรศัพท์ 0-4375-4322-40 ต่อ 6216

โทรสาร 0-4371-3147



ที่ อว 0605.5(2)/ ว 2370

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

26 สิงหาคม 2567

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นางศรีสุวรรณ ศรีสร้อย

ด้วย นางสาวธิดารัตน์ ศรีมีชัย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะสมเต็มศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอราวรรณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิตินจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์

โทรศัพท์ 0-4375-4322-40 ต่อ 6216

โทรสาร 0-4371-3147



ที่ อว 0605.5(2)/ว2597

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

16 กันยายน 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นายคณันท์ ศรีมุข

ด้วย นางสาวธิดารัตน์ ศรีมีชัย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอรารวรรณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุสี่ออน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์

โทรศัพท์ 0-4375-4322-40 ต่อ 6216

โทรสาร 0-4371-3147



ที่ อว 0605.5(2)/ว1940

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

13 กรกฎาคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นายศุภวุฒิ สุภชาติ

ด้วย นางสาวธิดารัตน์ ศรีมีชัย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอรารวรรณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

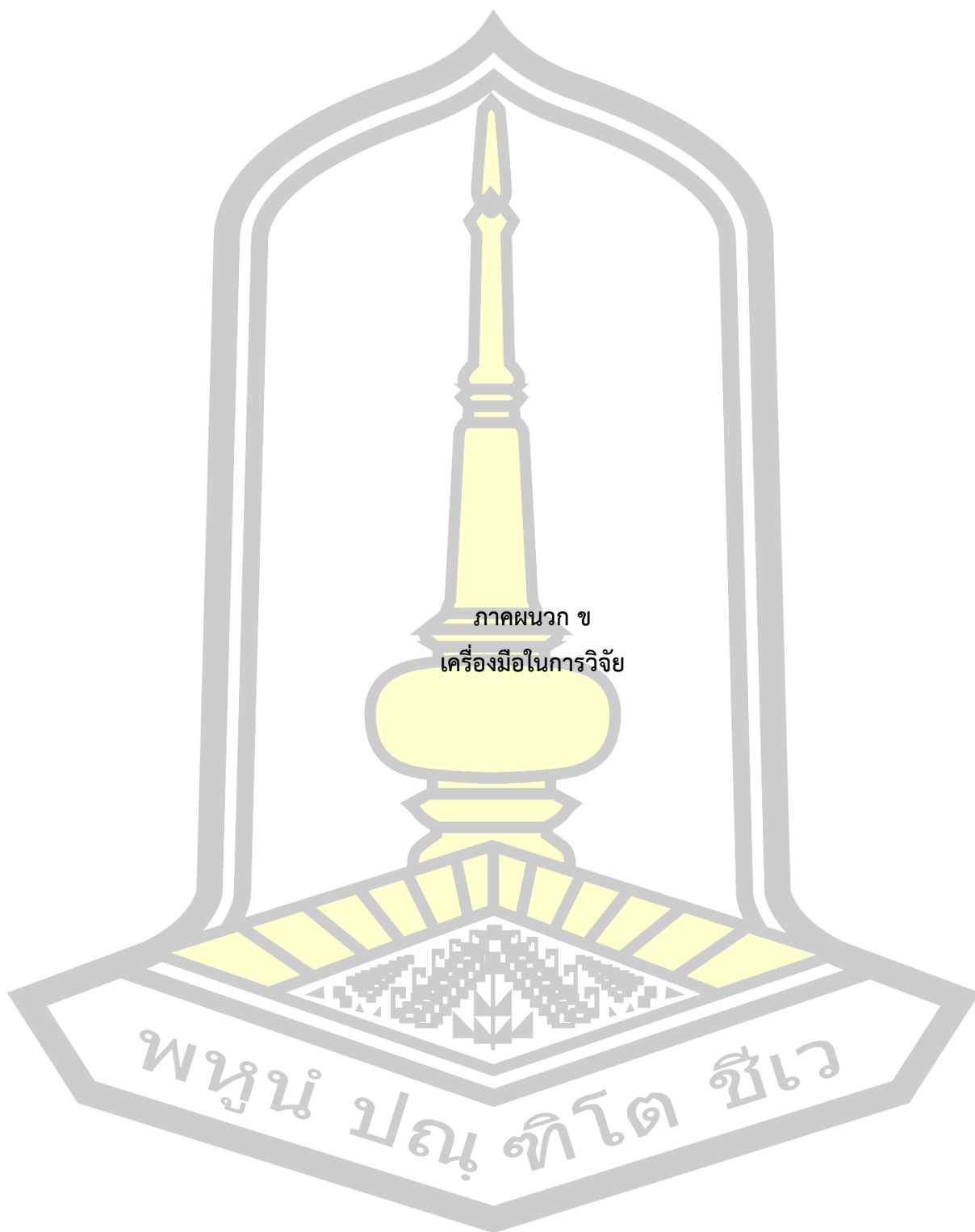
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์

โทรศัพท์ 0-4375-4322-40 ต่อ 6216

โทรสาร 0-4371-3147



ภาคผนวก ข
เครื่องมือในการวิจัย

พหุบัณฑิต โสวัต ชีวะ



ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์

รวม 3 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ครูผู้สอน นางสาวธิดารัตน์ ศรีมิชัย

สอนวันที่ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2567

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรัชญาการณที่ เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ม.3/1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องโดยใช้สมการ $V = IR$ จากหลักฐานเชิงประจักษ์

ม.3/2 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า

ม.3/3 ใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้า

2. สาระสำคัญ

กระแสไฟฟ้า เป็นปริมาณประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่หรือถ่ายเทจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เป็นความแตกต่างของพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยประจุระหว่างจุด 2 จุด ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าจะไหลจากจุดที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าไปยังจุดที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า และจะหยุดไหลเมื่อศักย์ไฟฟ้าของทั้งสองจุดเท่ากัน สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้โดยใช้แอมมิเตอร์ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ เป็นไปตามกฎของโอห์ม มีใจความสำคัญว่า เมื่ออุณหภูมิคงที่ กระแสไฟฟ้าในตัวนำโลหะจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้ง 2 ข้าง ของตัวนำนั้น

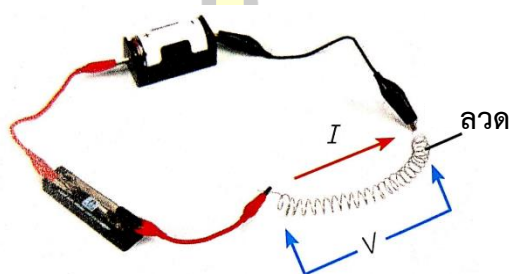
3. จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายความหมายของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ได้ (K)
- คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทานได้ (P)
- นักเรียนสามารถทำการทดลองและมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ออกแบบ ชิ้นงานได้ (P)

4. นักเรียนมีทักษะกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านความสามารถในการอ้างอิงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ได้ (P)

4. สารการเรียนรู้

เมื่อต่อตัวนำไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นลวดตัวนำเส้นหนึ่ง ได้แก่ ลวดนิโครม ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่างนิกเกิลกับโครเมียมเข้ากับสายไฟฟ้าและแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ทำให้มีความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายลวดตัวนำทั้งสองด้านและมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำนั้น ดังภาพนั้น มีความสัมพันธ์กัน



ภาพแสดง วงจรไฟฟ้าที่ต่อกับลวดตัวนำ

อ้างอิงจาก: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สสวท. กระทรวงศึกษาธิการ หน้า 74

เมื่อต่อลวดตัวนำเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ปลายทั้งสองของลวดตัวนำจะมีความต่างศักย์ไฟฟ้า ทำให้มีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำนั้น ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าของปลายทั้งสองของลวดตัวนำเปลี่ยนไป กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำนั้นจะมีค่าเปลี่ยนไปด้วย โดยเมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า จะได้กราฟเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด ดังภาพ



ภาพแสดง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของลวดตัวนำ

กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) และความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) เป็นกราฟเส้นตรง แสดงว่า ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่ม กระแสไฟฟ้าก็จะเพิ่มตาม โดยที่อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่

$$\frac{V}{I} = \text{ค่าคงที่}$$

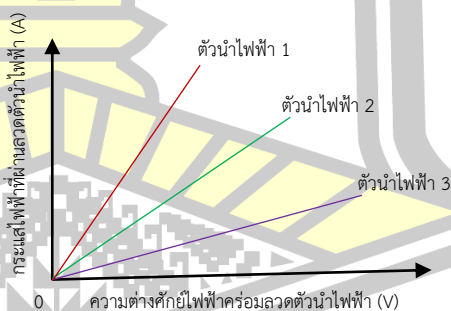
เรียกค่าคงที่นี้ว่า **ความต้านทานไฟฟ้า (resistance)** มีสัญลักษณ์เป็น R มีหน่วยเป็นโวลต์ ต่อแอมแปร์หรือโอห์ม (ohm : Ω) จากความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ใหม่ในรูปสมการได้ว่า

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

หรือ

$$V = IR$$

ถ้าเปลี่ยนตัวนำไฟฟ้าที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่าง ๆ กัน จะพบว่าอัตราส่วนระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าก็จะต่างกันด้วย ดังภาพ



ภาพแสดง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้าที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่างกัน

จากความสัมพันธ์ของสมการ $V = IR$ สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้าได้

ตัวอย่างการคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้า

เมื่อต่อแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์เข้ากับวงจรไฟฟ้า ค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์ทั้งสองเป็นดังภาพ ลวดตัวนำนี้มีความต้านทานไฟฟ้าเท่าใด

แนวคิด: จากภาพ จะได้ว่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของลวดตัวนำ $V = 4.5 \text{ V}$ และกระแสไฟฟ้า $I = 300 \text{ mA}$ หรือ 0.3 A

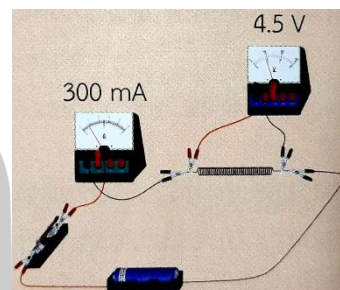
จากความสัมพันธ์ $V = IR$ สามารถหาความต้านทานไฟฟ้าได้เป็น

$$4.5 \text{ V} = (0.3 \text{ A}) R$$

$$\frac{4.5 \text{ V}}{0.3 \text{ A}} = R$$

$$R = 15 \Omega$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานไฟฟ้าของลวดตัวนำเท่ากับ 15 โอห์ม



จากกฎของโอห์ม

จอร์จ ไฮมอน โอห์ม (George Simon Ohm) นักฟิสิกส์ ชาวเยอรมันได้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไฟฟ้าทั้ง 3 ตัว คือ ระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) แรงดันไฟฟ้า (E) และตัวต้านทาน (R) และได้สรุปค่าความสัมพันธ์ ดังกล่าวไว้ว่า “กระแสไฟฟ้านั้นวงจรไฟฟ้านั้น จะแปรผันตรงกับ แรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแต่จะแปรผกผันกับค่า ความต้านทานในวงจรไฟฟ้า” ดังสมการ

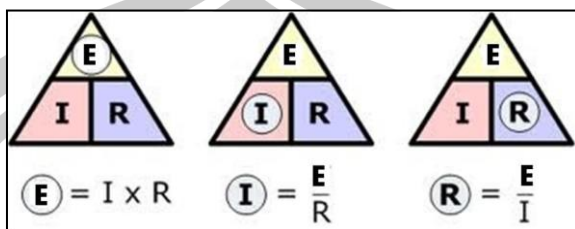
$$I = \frac{E}{R}$$

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมป์แปร์ (A)

E = แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

R = ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

กฎของโอห์มอธิบายได้ว่ากระแสไฟฟ้าในวงจรจะมีค่าเพิ่มขึ้นถ้าแรงดันที่แหล่งจ่าย มีค่าเพิ่มขึ้น และในทางกลับกันถ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีค่าคงที่ กระแสไฟฟ้าจะมีค่าลดลง เมื่อค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้ามี ค่ามากขึ้น ความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์มอาจเขียน ในรูปสามเหลี่ยม ดังรูป



ภาพแสดง สามเหลี่ยมหาค่าความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์ม

จากกฎของโอห์ม สามารถนำมาคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนานได้ ดังนี้

1) การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

จากกฎของ โอห์ม จะได้ว่า $IR = I_1R_1 + I_2R_2$

แต่ $I = I_1 = I_2$

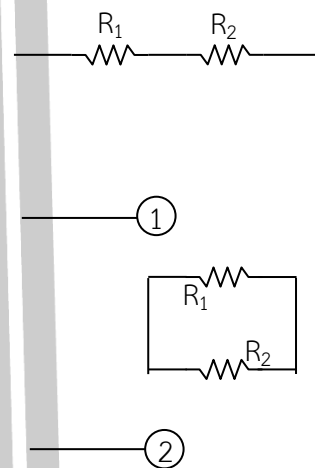
$\therefore R = R_1 + R_2$

2) การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

จากกฎของ โอห์ม จะได้ว่า $\frac{V}{R} + \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}$

แต่ $V = V_1 = V_2$

$\therefore \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$



การบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

S (Science) – วิทยาศาสตร์ : กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า

T (Technology) – เทคโนโลยี : กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในการต่อวงจรไฟฟ้า

E (Engineering) – วิศวกรรมศาสตร์ : การประยุกต์ใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อกำหนดปัญหาวางแผนการแก้ปัญหาและใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างเป็นผลงาน

M (Mathematics) - คณิตศาสตร์ : การคำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทาน

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การคิดหัวเรื่อง (30 นาที)

- นักเรียนแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 3 - 5 คน แบบคณะกรรมการเพื่อทำโครงงาน
- ครูให้นักเรียนร่วมกันศึกษาวิดีโอเกี่ยวกับไฟฟ้าเบื้องต้น ไฟฟ้าคืออะไร ไฟฟ้าทำงานอย่างไร เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน
 - <https://youtu.be/D3nVECGPMcg?feature=shared>
- ครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาเหตุการณ์ และตอบคำถามเพื่อตัดสินใจแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่าข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ ของสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้นักเรียนจะต้องพิจารณาว่าข้อสรุปแต่ละข้อเป็นเช่นไร โดยเลือกจากตัวเลือก 5 ตัวเลือก ได้แก่ เป็นจริง (True) น่าจะเป็นจริง (Probably True) ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ (Insufficient Data) น่าจะเป็นเท็จ (Probably False) และเป็นเท็จ (False) ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านความสามารถในการอ้างอิง

| เหตุการณ์ | คำอธิบาย |
|--|--|
| 1. โอ้ใช้หลอดตัวนำที่มีความยาว 20 เซนติเมตร ต่อในวงจรแทนหลอดตัวนำ 30 เซนติเมตร | <p>เมื่อความยาวของหลอดตัวนำมากขึ้น... ความต้านทานจะมีความมากขึ้น... เนื่องจากความยาวแปรผันตรงกับหลอดตัวนำ... และมีผลทำให้กระแสไฟฟาลดลง... เมื่อความต่างศักย์คงที่... ตามกฎของโอห์ม $V=IR$</p> <p>จงพิจารณาข้อความข้างต้น</p> <p><input type="checkbox"/> เป็นจริง</p> <p><input type="checkbox"/> น่าจะเป็นจริง</p> <p><input type="checkbox"/> ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ</p> <p><input type="checkbox"/> น่าจะเป็นเท็จ</p> <p><input type="checkbox"/> เป็นเท็จ</p> |

4. ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยถามคำถามเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยใช้คำถามว่า ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำและความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมลวดตัวนำนั้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร (นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง)

5. แล้วครูให้นักเรียนสำรวจแนวคิดของตนเองและเพื่อนร่วมกลุ่มว่า กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

6. นักเรียนเสนอแนวคิด เลือก และกำหนดหัวข้อโครงงาน และเสนอต่อครู

7. ครูให้คำแนะนำแก่นักเรียนในการคิดหาหัวเรื่อง โดยพยายามให้อยู่ในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า

8. ครูให้นักเรียนนำปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการศึกษาเขียนลงในใบกิจกรรมที่ 1

ขั้นที่ 2 การวางแผนทำโครงงาน (Science + Engineering + Mathematics)

(30 นาที)

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเก็บรวบรวมข้อมูลหรือสืบค้นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า เพื่อวางแผนและออกแบบการทำโครงงาน จากแหล่งค้นคว้า ได้แก่ หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ใบความรู้เรื่องที่ 1 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า ใบกิจกรรมที่ 1 ห้องสมุด ห้องคอมพิวเตอร์ และเครื่องมือ สื่ออุปกรณ์ทางเทคโนโลยีต่าง ๆ เป็นต้น

2. ครูคอยให้คำปรึกษาในการดำเนินงานของผู้เรียนทุกขั้นตอนและคอยแสดงความคิดเห็นเสนอแนะเพื่อให้นักเรียนได้ข้อความที่เป็นวัตถุประสงค์ของโครงงานเรื่องนั้น ๆ อย่างชัดเจนและปฏิบัติได้

3. ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบโครงงานทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยเลือกใช้วัสดุที่กำหนดมาให้แล้วออกแบบผลงานร่วมกันลงในใบกิจกรรมที่ 1

4. นักเรียนปรึกษาหารือกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มเดียวกัน เพื่อคาดคะเนคำตอบจากการทดลองไว้ล่วงหน้า คิดหาวิธีการว่าจะศึกษาเรื่องนี้ได้อย่างไรบ้างรวมถึงกำหนดขั้นตอนต่าง ๆ ให้ชัดเจนและจากนั้นจึงเขียนเค้าโครงของโครงงานจากข้อมูลทั้งหมด

ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงการงาน (Science + Technology + Engineering + Mathematics) (1 ชั่วโมง)

1. ครูแจกอุปกรณ์ตามที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้

| ลำดับ | รายการ | จำนวน |
|-------|-------------------------------|-----------|
| 1. | ถ่านไฟฉายขนาด 1.5 V | 4 ก้อน |
| 2. | กระเบถ่านแบบ 4 ก้อน | 1 อัน |
| 3. | สายไฟฟ้า | 6 เส้น |
| 4. | ลวดนิโครมเบอร์ 26 ความยาว 1 m | 1 เส้น |
| 5. | สวิตช์แบบโยก | 1 อัน |
| 6. | แอมมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 7. | โวลต์มิเตอร์ | 1 เครื่อง |

2. นักเรียนลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดและเขียนรายละเอียดต่าง ๆ ในการทำโครงการลงในใบกิจกรรมที่ 1

3. ครูคอยติดตามสอบถามความก้าวหน้า ดูแลการทำโครงการของผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับวิธีการทดลองหรือวิธีดำเนินการที่เหมาะสมกับเรื่องที่นักเรียนศึกษา

4. ครูให้นักเรียนนำผลที่ได้จากการศึกษาเขียนลงในใบกิจกรรมที่ 1

5. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดคำถามชวนคิดที่ 1

ขั้นที่ 4 การสรุปผลการศึกษาและเขียนรายงาน (30 นาที)

1. นักเรียนนำข้อมูลที่รวบรวมทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ตามแผนที่วางไว้ สรุปผลการศึกษาในประเด็นที่นักเรียนต้องการที่จะหาคำตอบหรือประเด็นที่นักเรียนสงสัย แล้วจัดทำรายงานโครงการเป็นรูปเล่ม

2. นักเรียนเขียนรายงานโครงการที่ได้ลงมือปฏิบัติ สร้างข้อสรุปหรือตอบคำถามข้อสงสัยแล้วนำเสนอ

3. ครูตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะหรือคำแนะนำหากยังมีข้อบกพร่อง ครูและนักเรียนร่วมกับนักเรียนในการสรุปองค์ความรู้ และประเมินผลงานการสรุปของนักเรียนว่าถูกต้องครอบคลุมหรือไม่ หรือต้องค้นหาข้อมูลอะไรมาเพิ่มเติมหรือไม่ เพื่อให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขในกรณีที่ข้อสรุปของนักเรียนไม่ครอบคลุม

ขั้นที่ 5 การแสดงผลงาน (Engineering) (30 นาที)

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลที่ได้จากการทำโครงงานหน้าชั้นเรียน
2. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนเพื่อกระตุ้นความคิด ดังนี้
 - 2.1 เมื่อเพิ่มจำนวนถ่านไฟฉายในวงจรไฟฟ้า ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองขั้วของลวดนิโครมเป็นอย่างไร
 - 2.2 เมื่อเพิ่มจำนวนถ่านไฟฉายในวงจรไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดนิโครมเป็นอย่างไร
 - 2.3 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดนิโครมและความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมลวดนิโครมมีความสัมพันธ์กันอย่างไรทราบได้อย่างไร
 - 2.4 อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่วัดได้แต่ละครั้งมีค่าเป็นอย่างไร
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายข้อค้นพบ (ตามข้อเท็จจริง) ซึ่งนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน เพื่อตัดสินใจนำความน่าจะเป็นของข้อสรุป

| เหตุการณ์ | คำอธิบาย |
|--|---|
| 1. โอ้ใช้ลวดตัวนำที่มีความยาว 20 เซนติเมตร ต่อในวงจรแทนลวดตัวนำ 30 เซนติเมตร | <p>เมื่อความยาวของลวดตัวนำมากขึ้น... ความต้านทานจะมีค่ามากขึ้น เนื่องจากความยาวแปรผันตรงกับลวดตัวนำ และมีผลทำให้กระแสไฟฟาลดลง... เมื่อความต่างศักย์คงที่... ตามกฎของโอห์ม $V=IR$</p> <p>จงพิจารณาข้อความข้างต้น</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> เป็นจริง</p> <p><input type="checkbox"/> น่าจะเป็นจริง</p> <p><input type="checkbox"/> ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ</p> <p><input type="checkbox"/> น่าจะเป็นเท็จ</p> <p><input type="checkbox"/> เป็นเท็จ</p> |

4. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน เพื่อให้ได้ข้อสรุปจากกิจกรรมว่า ค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ผ่านลวดนิโครมมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น โดยเมื่อค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่ม

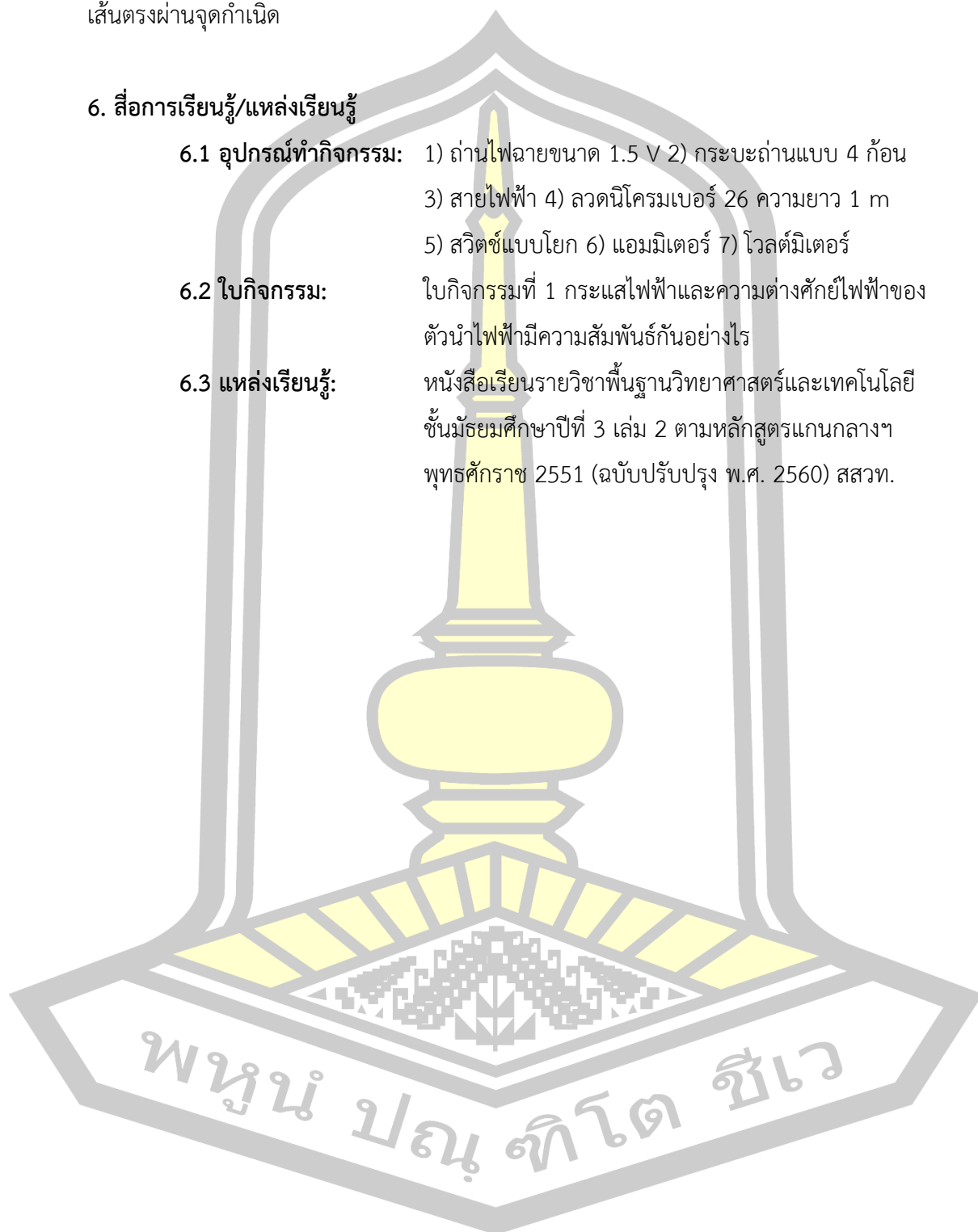
ค่ากระแสไฟฟ้าจะเพิ่มตาม เมื่อเขียนกราฟระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจะได้กราฟเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด

6. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

6.1 อุปกรณ์ทำกิจกรรม: 1) ถ่านไฟฉายขนาด 1.5 V 2) กระจกเงาแบบ 4 ก้อน
3) สายไฟฟ้า 4) สวดนิโครมเบอร์ 26 ความยาว 1 m
5) สวิตช์แบบโยก 6) แอมมิเตอร์ 7) โวลต์มิเตอร์

6.2 ใบกิจกรรม: ใบกิจกรรมที่ 1 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของ
ตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

6.3 แหล่งเรียนรู้: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางฯ
พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สสวท.



7. การวัดและการประเมิน

| ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ | วิธีการวัด | เครื่องมือวัด | เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน |
|--|---|---|---|
| 1. ด้านความรู้: (K) อธิบายความหมายของ กระแสไฟฟ้าและความต่าง ศักย์ได้ | - ตรวจการ บันทึกกิจกรรม ที่ 1 | - ใบบันทึกกิจกรรม ที่ 1 | - ได้ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน ระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่าน การประเมินด้านความรู้ |
| 2. ด้านกระบวนการ: (P) - คำนวณหาปริมาณที่ เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และ ความต้านทานได้ - นักเรียนสามารถทำการ ทดลองและมีความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ออกแบบชิ้นงานได้ | - ตรวจการตอบ คำถามชวน คิด (ตอนที่ 1) - ตรวจ ประเมินผลงาน/ ชิ้นงาน - ตรวจการตอบ คำถามชวนคิด (ตอนที่ 2) | - คำถามชวนคิด (ตอนที่ 1) จำนวน 3 ข้อ - แบบประเมินผล งาน/ชิ้นงาน - คำถามชวนคิด (ตอนที่ 2) จำนวน 2 ข้อ | - ได้ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน ระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่าน การประเมินด้านการคำนวณ - ได้ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน ระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่าน การประเมินด้านความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ - ได้ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน ระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่าน การประเมินด้านความ สามารถในการอ้างอิง |
| 4. นักเรียนมีทักษะ กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณ์ด้าน ความสามารถในการอ้างอิง เกี่ยวกับความสัมพันธ์ ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ ความต่างศักย์ได้ | - ตรวจการตอบ คำถามชวนคิด (ตอนที่ 2) | - คำถามชวนคิด (ตอนที่ 2) จำนวน 2 ข้อ | - ได้ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน ระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่าน การประเมินด้านความ สามารถในการอ้างอิง |

7.1 เกณฑ์การประเมินผลนักเรียน เกณฑ์การประเมิน (Rubrics Score)

| ประเด็นการประเมิน | ค่าน้ำหนักคะแนน | แนวทางการให้คะแนน |
|--|-----------------|--|
| การให้คะแนนการบันทึกกิจกรรมที่ 1 | 3 | บันทึกผลการทำกิจกรรม มีการออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง และแสดงกราฟความสัมพันธ์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ครบทุกประเด็น สอดคล้องกับเนื้อหาในกิจกรรม |
| | 2 | บันทึกผลการทำกิจกรรม มีการออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง และแสดงกราฟความสัมพันธ์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าได้ถูกต้อง แต่มีข้อผิดพลาดบางส่วน ที่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาในกิจกรรม |
| | 1 | บันทึกผลการทำกิจกรรม มีการออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง และแสดงกราฟความสัมพันธ์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าได้ไม่ถูกต้อง มีข้อผิดพลาด ที่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาในกิจกรรม |
| การให้คะแนนตอบคำถามชวนคิดท้ายกิจกรรมที่ 1 (ตอนที่ 1) | 3 | ตอบคำถามชวนคิดท้ายกิจกรรมที่ 1 ถูกต้อง จำนวน 3 ข้อ |
| | 2 | ตอบคำถามชวนคิดท้ายกิจกรรมที่ 1 ถูกต้อง จำนวน 2 ข้อ |
| | 1 | ตอบคำถามชวนคิดท้ายกิจกรรมที่ 1 ถูกต้อง จำนวน 1 ข้อ หรือไม่ถูกต้อง |
| การให้คะแนนตอบคำถามชวนคิดท้ายกิจกรรมที่ 1 (ตอนที่ 2) | 3 | ตอบคำถามชวนคิดท้ายกิจกรรมที่ 1 อ้างอิงและลงข้อสรุปโดยใช้ข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่ เพื่อพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากสถานการณ์ได้ถูกต้องทั้งหมด |
| | 2 | ตอบคำถามชวนคิดท้ายกิจกรรมที่ 1 ถูกต้อง อ้างอิงและลงข้อสรุปโดยใช้ข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่ เพื่อพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากสถานการณ์ได้ถูกต้องจำนวน 2 ข้อ |
| | 1 | ตอบคำถามชวนคิดท้ายกิจกรรมที่ 1 อ้างอิงและลงข้อสรุปโดยใช้ข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่ เพื่อพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากสถานการณ์ได้ถูกต้องจำนวน 1 ข้อ หรือไม่ถูกต้องเลย |

| ประเด็นการประเมิน | ค่าน้ำหนักคะแนน | แนวทางการให้คะแนน |
|-----------------------------------|-----------------|--|
| การให้คะแนนประเมินผลชิ้นงาน/ผลงาน | 3 | ชิ้นงานมีความถูกต้องที่ออกแบบไว้ มีขนาดเหมาะสม รูปแบบน่าสนใจ แปลกตา และสร้างสรรค์ดี เลือกใช้วัสดุมาสร้างชิ้นงานตามที่กำหนดได้ถูกต้อง และวัสดุมีความเหมาะสมกับการสร้างชิ้นงานดีมาก ชิ้นงานมีความแข็งแรง ทนทาน สามารถนำไปใช้งานได้จริงและใช้ได้ดีมาก ตกแต่งชิ้นงานได้สวยงามดีมาก |
| | 2 | ชิ้นงานมีความถูกต้องที่ออกแบบไว้ มีขนาดเหมาะสม รูปแบบน่าสนใจ และสร้างสรรค์ เลือกใช้วัสดุมาสร้างชิ้นงานตามที่กำหนดได้ถูกต้อง และวัสดุมีความเหมาะสมกับการสร้างชิ้นงานดี ชิ้นงานมีความแข็งแรง ทนทาน สามารถนำไปใช้งานได้จริงและใช้ได้ดี ตกแต่งชิ้นงานได้สวยงามดี |
| | 1 | ชิ้นงานมีความถูกต้องที่ออกแบบไว้ มีขนาดเหมาะสม รูปแบบน่าสนใจ เลือกใช้วัสดุมาสร้างชิ้นงานตามที่กำหนด แต่วัสดุมีความเหมาะสมกับการสร้างชิ้นงานที่ออกแบบไว้ ชิ้นงานไม่มีความแข็งแรง แต่สามารถนำไปใช้งานได้บ้าง ตกแต่งชิ้นงานได้สวยงามน้อย |

7.2 ระดับคุณภาพ

คะแนนรวมเฉลี่ย 3.00 หมายถึง ดีมาก

คะแนนรวมเฉลี่ย 2.00 - 2.99 หมายถึง ดี

คะแนนรวมเฉลี่ย 0.01 - 1.99 หมายถึง พอใช้

ดังนั้น นักเรียนต้องได้คะแนนเฉลี่ยทุกประเด็นการประเมิน ไม่ต่ำกว่า 2.00 แสดงระดับคุณภาพ ดี ถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินในแผนการจัดการเรียนที่ 1

พูน ปณ ทิโต ชีเว

บันทึกหลังการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ไฟฟ้า

แผนการสอนเรื่อง 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

1. สรุปผลการเรียนการสอน

1. นักเรียนจำนวน.....คน ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน คิดเป็นร้อยละ.....
 ไม่ผ่านจุดประสงค์.....คน คิดเป็นร้อยละ.....
 ได้แก่.....

2. สรุปผลตามรายจุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ (K)

.....

2.2 นักเรียนมีความรู้เกิดกระบวนการ (P)

.....

3. ข้อเสนอแนะหลังการจัดการเรียนการสอน

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

()

ตำแหน่ง.....

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

พูน ปรุ ทิโต ชีเว

| เลข ที่ | ชื่อ-นามสกุล | ประเด็นการประเมิน | | | | | | | | | | | คะแนนรวม | ระดับคุณภาพ | | |
|------------|--------------|-------------------|---|---|------------------|---|---|---|---|---|------------------------------------|---|----------|-------------|---|--|
| | | ด้านความรู้ | | | ด้านการ คำนวณ | | | ด้านความคิด สร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ | | | ด้านความ สามารถใน การอ้างอิง | | | | | |
| | | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | | | 1 | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | |

เกณฑ์การพิจารณาคุณภาพ

คะแนนรวมเฉลี่ย 3.00 หมายถึง ดีมาก

คะแนนรวมเฉลี่ย 2.00 - 2.99 หมายถึง ดี

คะแนนรวมเฉลี่ย 0.01 - 1.99 หมายถึง พอใช้

ต้องได้คะแนนเฉลี่ยทุกประเด็นการประเมิน ไม่ต่ำกว่า 2.00 แสดงระดับคุณภาพ ดีขึ้นไปเท่านั้น ถึงจะผ่านการเรียนรู้ตามตัวชี้วัด

ผลการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน

ผู้เรียนที่ ผ่าน ตัวชี้วัด

มีจำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

ผู้เรียนที่ ไม่ผ่าน ตัวชี้วัด

มีจำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

1).....สาเหตุ.....

2).....สาเหตุ.....

ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

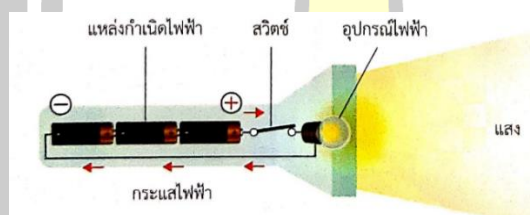
วิชา วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

ครูผู้สอน นางสาวธิดารัตน์ ศรีมีชัย

กระแสไฟฟ้า (electric current)

วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน ต้องต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งมีความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ จากนั้นเมื่อกดสวิตช์จะมีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น โดยกระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่จากขั้วบวกซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้า แล้วกลับเข้ามายังขั้วลบซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าจนครบวงจร ขณะที่กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่พลังงานจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าจะส่งผ่านสายไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานได้ โดยเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอื่น เช่น พลังงานแสง ดังภาพ นอกจากนี้พลังงานไฟฟ้ายังเปลี่ยนเป็นพลังงานเสียง พลังงานความร้อน พลังงานกลได้อีกด้วย



ภาพแสดง การทำงานของวงจรไฟฟ้าในไฟฉาย

อ้างอิงจาก: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สสวท. กระทรวงศึกษาธิการ หน้า 65

กระแสไฟฟ้า (electric current) คือ ปริมาณประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของตัวนำไฟฟ้าในหนึ่งหน่วยเวลา โดยเคลื่อนที่จากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ กระแสไฟฟ้าแทนด้วยสัญลักษณ์ I มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (ampere : A)

การวัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่าแอมมิเตอร์ (ammeter) การนำแอมมิเตอร์ไปใช้ได้ โดยต่อแอมมิเตอร์แทรกเข้าไปในวงจรแบบเรียงกันไป ณ จุดที่ต้องการวัดค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งต้องต่อขั้วบวกและขั้วลบของแอมมิเตอร์ให้ถูกต้อง โดยต่อขั้วบวกของแอมมิเตอร์เข้าทางขั้วบวกของถ่านไฟฉาย ซึ่งเป็นจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง และต่อขั้วลบของแอมมิเตอร์เข้าทางขั้วลบของ



ภาพแสดง แอมมิเตอร์

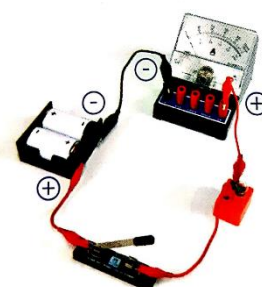
ถ่านไฟฉาย ซึ่งเป็นจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ ขั้วบวกของแอมมิเตอร์มี หลายขั้ว ซึ่งแต่ละขั้วจะรองรับ กระแสไฟฟ้สูงสุดที่ต่างกัน เช่น 2 100 500 มิลลิแอมแปร์ และ 5 แอมแปร์ ต้องเลือกขั้วบวกให้ เหมาะสม เพื่อให้อ่านค่าได้ ถูกต้องแม่นยำ และไม่เกิดความเสียหายแก่แอมมิเตอร์

ถ้าต้องการทราบค่าของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้โดยต่อ แอมมิเตอร์แทรกเข้าไปในวงจร ณ ตำแหน่งที่ต้องการวัด การต่อแอมมิเตอร์ต้องพิจารณาขั้วให้ ถูกต้อง โดยต่อขั้วบวกของแอมมิเตอร์เข้าทางขั้วบวกของถ่านไฟฉาย ซึ่งเป็นจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง และ ต่อขั้วลบของแอมมิเตอร์เข้าทางขั้วลบของถ่านไฟฉายซึ่งเป็นจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ

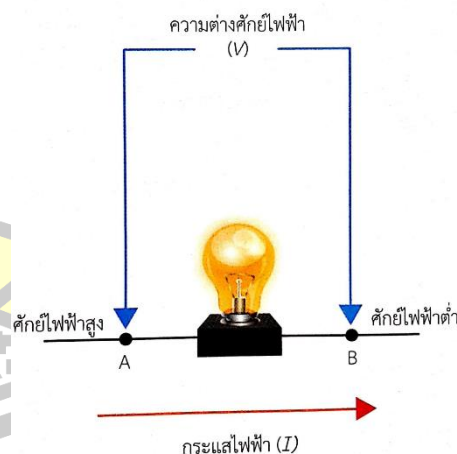
ถ้าต่อสลับขั้วกันเข็มของแอมมิเตอร์จะเบนไปในทิศทาง ตรงกันข้าม ซึ่งอาจทำให้แอมมิเตอร์เสียหายได้ นอกจากนี้ในการ เริ่มต้นวัดแต่ละครั้งต้องเลือกใช้ขั้วบวกที่รองรับกระแสไฟฟ้าสูงสุด ก่อน เนื่องจากเราไม่ทราบว่า ค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าเป็นเท่าใด ถ้าเริ่มต้นวัดโดยใช้ขั้วบวกที่รองรับกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่มีขนาดน้อย กว่าค่ากระแสไฟฟ้าในวงจร อาจทำให้แอมมิเตอร์เสียหายได้ แต่ถ้า วัดแล้วพบว่าเข็มไม่เบนหรือเบนเพียงเล็กน้อย ให้เปลี่ยนขั้วบวกให้มี ค่าน้อยลงทีละระดับจนสามารถอ่านค่าได้ละเอียดขึ้น ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีหน่วยเป็นแอมแปร์

ความต่างศักย์ไฟฟ้า (voltage)

ศักย์ไฟฟ้าเป็นค่าของพลังงานที่มีอยู่ในประจุ ไฟฟ้า ซึ่งจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า เมื่อ ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า 2 จุดที่มีศักย์ไฟฟ้าแตกต่างกัน จะทำ ให้เกิดกระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่จากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงผ่าน อุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า โดยเปลี่ยน พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอื่น เช่น พลังงานแสง เรียก ความแตกต่างระหว่าง 2 จุดว่า **ความต่างศักย์ไฟฟ้า (voltage)** โดยความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นความแตกต่าง ของพลังงานระหว่างจุด 2 จุดต่อหน่วยประจุ แทนด้วย สัญลักษณ์ V มีหน่วยเป็นโวลต์ (volt : V) ดังภาพ



ภาพแสดง การต่อแอมมิเตอร์ เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้า



ภาพแสดง ความต่างศักย์ไฟฟ้า ระหว่างจุด A และจุด B

อ้างอิงจาก: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 2 ตาม

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

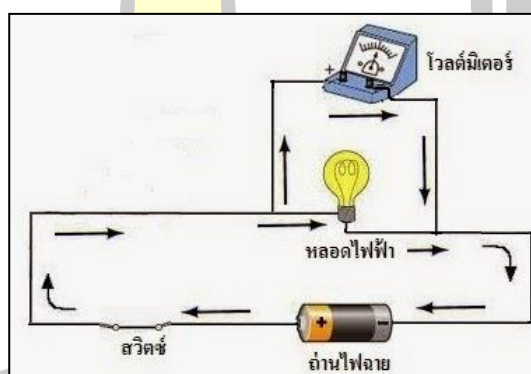
กระทรวงศึกษาธิการ หน้า 69

การวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะใช้**โวลต์มิเตอร์** (voltmeter) การต่อโวลต์มิเตอร์ต้องต่อคร่อมระหว่างจุดสองจุดที่ต้องการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ซึ่งต้องต่อขั้วบวกและขั้วลบให้ถูกต้อง โดยต่อขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์เข้าทางขั้วบวกของถ่านไฟฉาย ซึ่งเป็นจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง และต่อขั้วลบของโวลต์มิเตอร์เข้าทางขั้วลบของถ่านไฟฉาย ซึ่งเป็นจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ ขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์มีหลายขั้ว ซึ่งแต่ละขั้วจะรองรับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุดที่ต่างกัน เช่น 3 15 30 300 โวลต์ เราจะต้องเลือกขั้วบวกให้เหมาะสม เพื่อให้อ่านค่าได้ถูกต้องแม่นยำและไม่เกิดความเสียหายแก่โวลต์มิเตอร์



ภาพแสดง โวลต์มิเตอร์

โดยการศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า และวิธีต่อเครื่องมือวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจรจากการทำกิจกรรม การวัดค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยมีขั้นตอนการต่อวงจรดังนี้



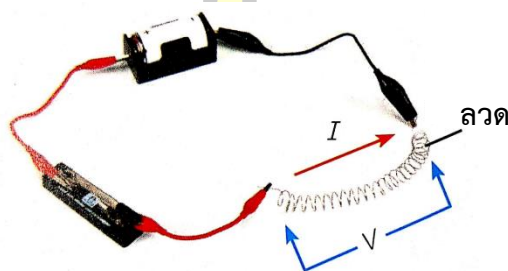
ภาพแสดง การวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยใช้โวลต์มิเตอร์

(ที่มา: <https://coggle.it/diagram/WKQYsvHuhQABTP8/t.>)

การวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าทำได้โดยต่อโวลต์มิเตอร์คร่อมระหว่างจุดสองจุดที่ต้องการวัด การต่อโวลต์มิเตอร์ต้องพิจารณาขั้วให้ถูกต้อง โดยต่อขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์เข้าทางด้านขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเป็นจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง และต่อขั้วลบของโวลต์มิเตอร์เข้าทางด้านขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเป็นจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ ถ้าต่อสลับขั้วกัน เข็มของโวลต์มิเตอร์จะเบนไปในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งอาจทำให้โวลต์มิเตอร์เสียหายได้ การเลือกใช้ขั้วบวกที่เหมาะสมในการวัดต้องใช้ขั้วบวกที่มีค่าสูงกว่าและใกล้เคียงกับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า โดยทั่วไปเรามักจะทราบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ทำให้เราสามารถเลือกขั้วบวกที่เหมาะสม

ได้ แต่ในกรณีที่ไม่ว่างให้เลือกใช้ขั้วบวกที่รองรับความต่างศักย์ไฟฟ้าที่มีค่าสูงสุด เพราะถ้าเริ่มต้นวัดโดยใช้ขั้วบวกที่มีค่าน้อยกว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจร อาจทำให้โวลต์มิเตอร์เสียหายได้ แต่ถ้าวัดแล้วพบว่าเข็มเบนเพียงเล็กน้อย ให้ลดขั้วบวกลงจนสามารถอ่านค่าได้

เมื่อต่อตัวนำไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นลวดตัวนำเส้นหนึ่ง ได้แก่ ลวดนิโครม ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่างนิกเกิลกับโครเมียมเข้ากับสายไฟฟ้าและแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ทำให้มีความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายลวดตัวนำทั้งสองด้านและมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำนั้น ดังภาพนั้น มีความสัมพันธ์กัน



ภาพแสดง วงจรไฟฟ้าที่ต่อกับลวดตัวนำ

อ้างอิงจาก: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สสวท. กระทรวงศึกษาธิการ หน้า 74

เมื่อต่อลวดตัวนำเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ปลายทั้งสองของลวดตัวนำจะมีความต่างศักย์ไฟฟ้า ทำให้มีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำนั้น ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าของปลายทั้งสองของลวดตัวนำเปลี่ยนไป กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำนั้นจะมีค่าเปลี่ยนไปด้วย โดยเมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า จะได้กราฟเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด ดังภาพ



ภาพแสดง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของลวดตัวนำ

กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) และความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) เป็นกราฟเส้นตรง แสดงว่าถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่ม กระแสไฟฟ้าก็จะเพิ่มตาม โดยที่อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่

$$\frac{V}{I} = \text{ค่าคงที่}$$

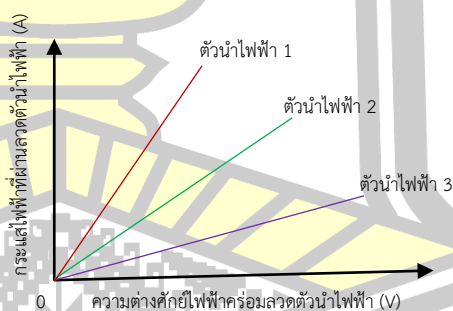
เรียกค่าคงที่นี้ว่า ความต้านทานไฟฟ้า (resistance) มีสัญลักษณ์เป็น R มีหน่วยเป็นโวลต์ต่อแอมแปร์หรือโอห์ม (ohm : Ω) จากความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ใหม่ในรูปสมการได้ว่า

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

หรือ

$$V = IR$$

ถ้าเปลี่ยนตัวนำไฟฟ้าที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่าง ๆ กัน จะพบว่าอัตราส่วนระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าก็จะต่างกันด้วย ดังภาพ



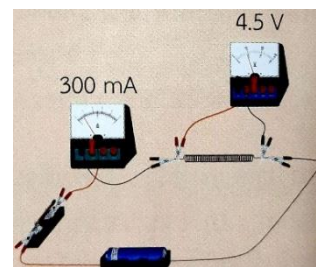
ภาพแสดง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้าที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่างกัน

จากความสัมพันธ์ของสมการ $V = IR$ สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้าได้

ตัวอย่างการคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้า

เมื่อต่อแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์เข้ากับวงจรไฟฟ้า ค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์ทั้งสองเป็นดังภาพ ลวดตัวนำนี้มีความต้านทานไฟฟ้าเท่าใด

แนวคิด: จากภาพ จะได้ว่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของลวดตัวนำ $V = 4.5 \text{ V}$ และกระแสไฟฟ้า $I = 300 \text{ mA}$ หรือ 0.3 A



จากความสัมพันธ์ $V = IR$ สามารถหาความต้านทานไฟฟ้าได้เป็น

$$4.5 \text{ V} = (0.3 \text{ A}) R$$

$$\frac{4.5 \text{ V}}{0.3 \text{ A}} = R$$

$$R = 15 \Omega$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานไฟฟ้าของลวดตัวนำเท่ากับ 15 โอห์ม

จากกฎของโอห์ม

จอร์จ ซีมอน โอห์ม (George Simon Ohm) นักฟิสิกส์ ชาวเยอรมันได้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไฟฟ้าทั้ง 3 ตัว คือ ระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) แรงดันไฟฟ้า (E) และตัวต้านทาน (R) และได้สรุปค่าความสัมพันธ์ ดังกล่าวไว้ว่า “กระแสไฟฟ้านั้นวงจรไฟฟ้านั้น จะแปรผันตรงกับ แรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแต่จะแปรผกผันกับค่า ความต้านทานในวงจรไฟฟ้า” ดังสมการ

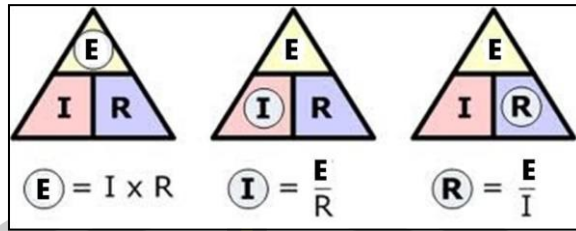
$$I = \frac{E}{R}$$

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมป์แปร์ (A)

E = แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

R = ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

กฎของโอห์มอธิบายได้ว่ากระแสไฟฟ้าในวงจรจะมีค่าเพิ่มขึ้นถ้าแรงดันที่แหล่งจ่าย มีค่าเพิ่มขึ้น และในทางกลับกันถ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีค่าคงที่ กระแสไฟฟ้าจะมีค่าลดลง เมื่อค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้ามีค่ามากขึ้น ความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์มอาจเขียน ในรูปสามเหลี่ยม ดังรูป



ภาพแสดง สามเหลี่ยมหาค่าความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์ม

ดังนี้

จากกฎของโอห์ม สามารถนำมาคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนานได้

1) การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

จากกฎของ โอห์ม จะได้ว่า $IR = I_1R_1 + I_2R_2$

แต่ $I = I_1 = I_2$

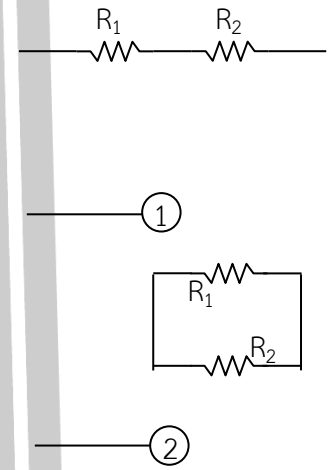
$\therefore R = R_1 + R_2$

2) การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

จากกฎของ โอห์ม จะได้ว่า $\frac{V}{R} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}$

แต่ $V = V_1 = V_2$

$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$



พูนุ ปณ ทิโต ชีเว

ใบกิจกรรมที่ 1

รายวิชา ว 23101 วิทยาศาสตร์พื้นฐาน

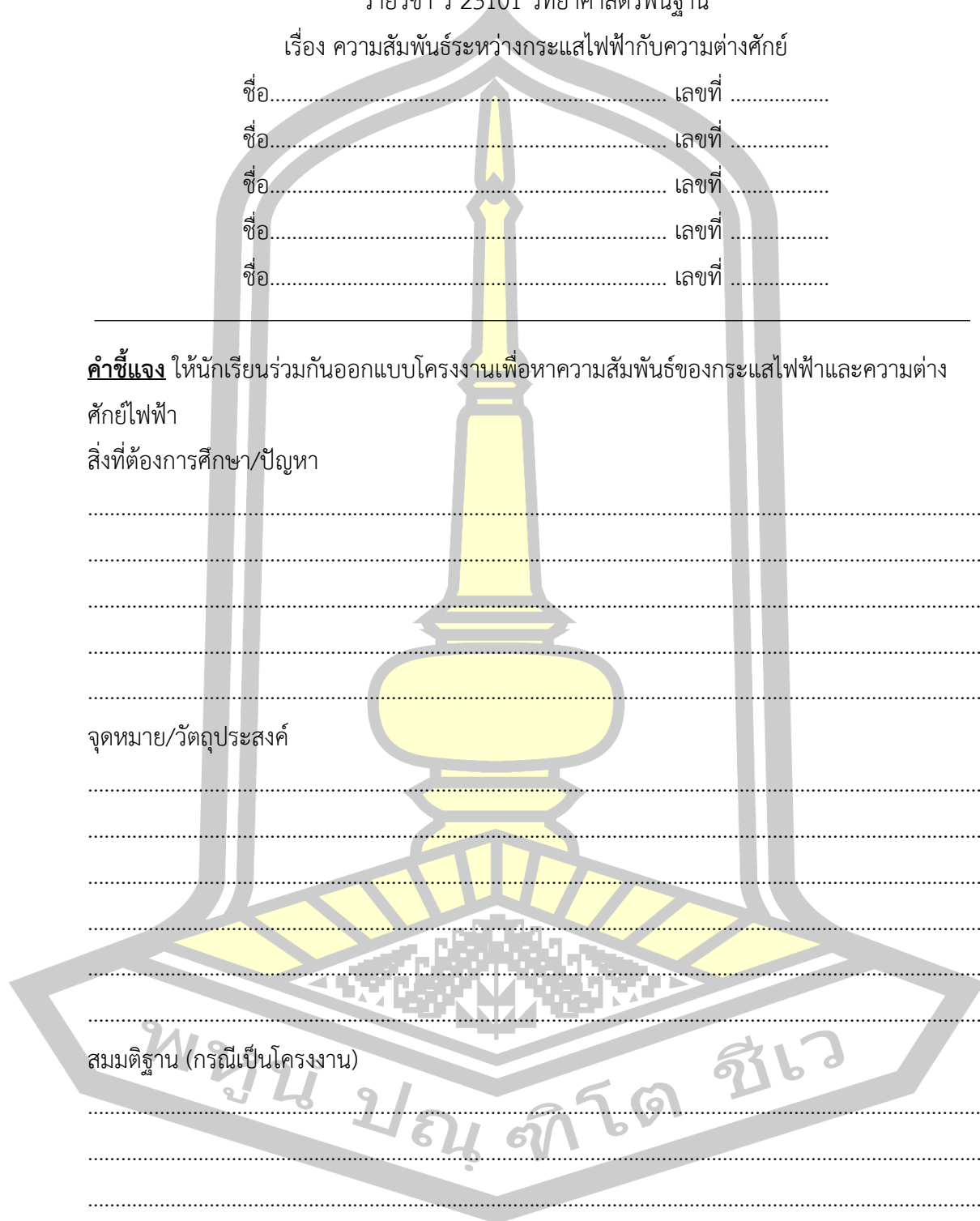
เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์

ชื่อ..... เลขที่.....
 ชื่อ..... เลขที่.....
 ชื่อ..... เลขที่.....
 ชื่อ..... เลขที่.....
 ชื่อ..... เลขที่.....

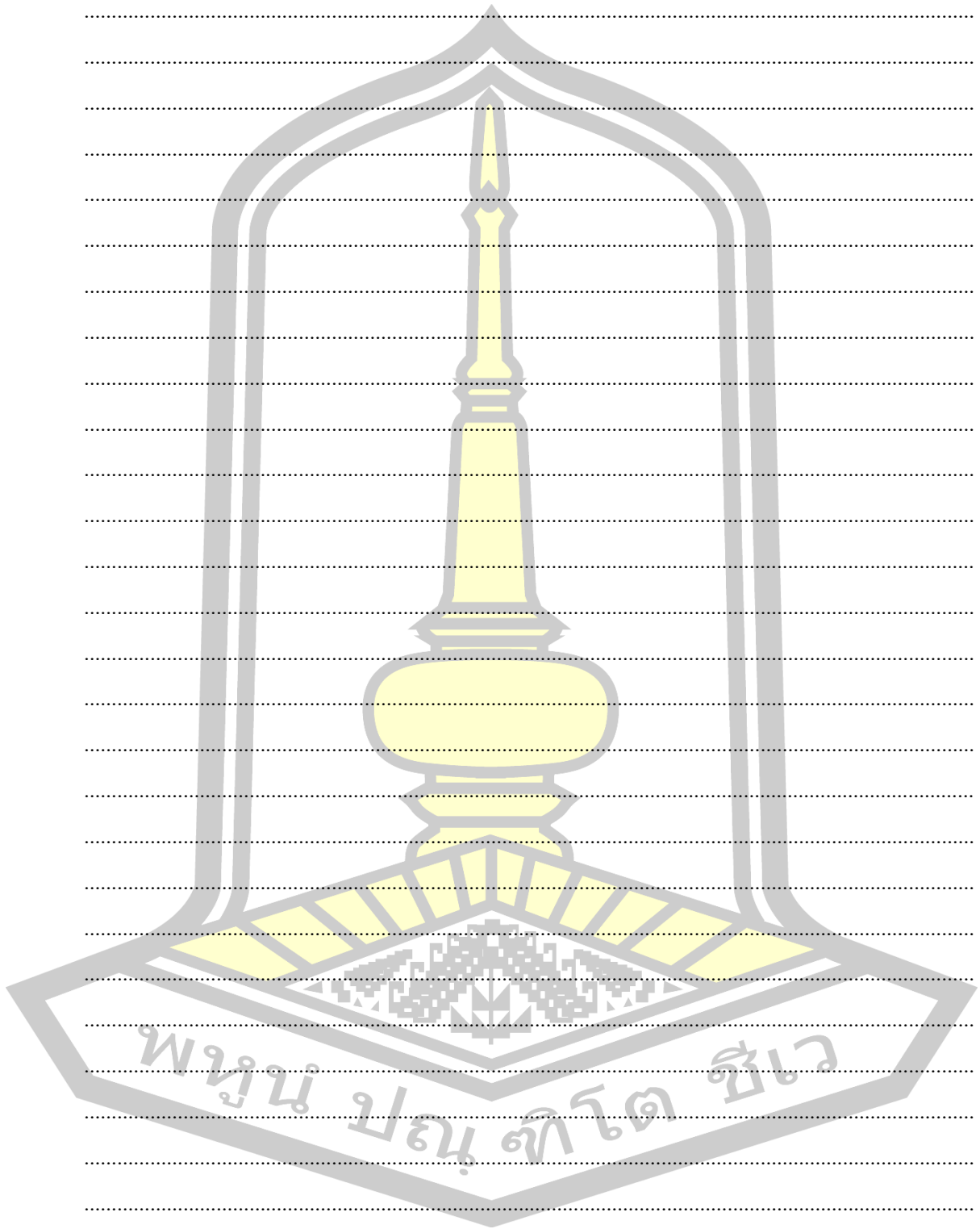
คำชี้แจง ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบโครงงานเพื่อหาความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า
 สิ่งที่ต้องการศึกษา/ปัญหา

จุดหมาย/วัตถุประสงค์

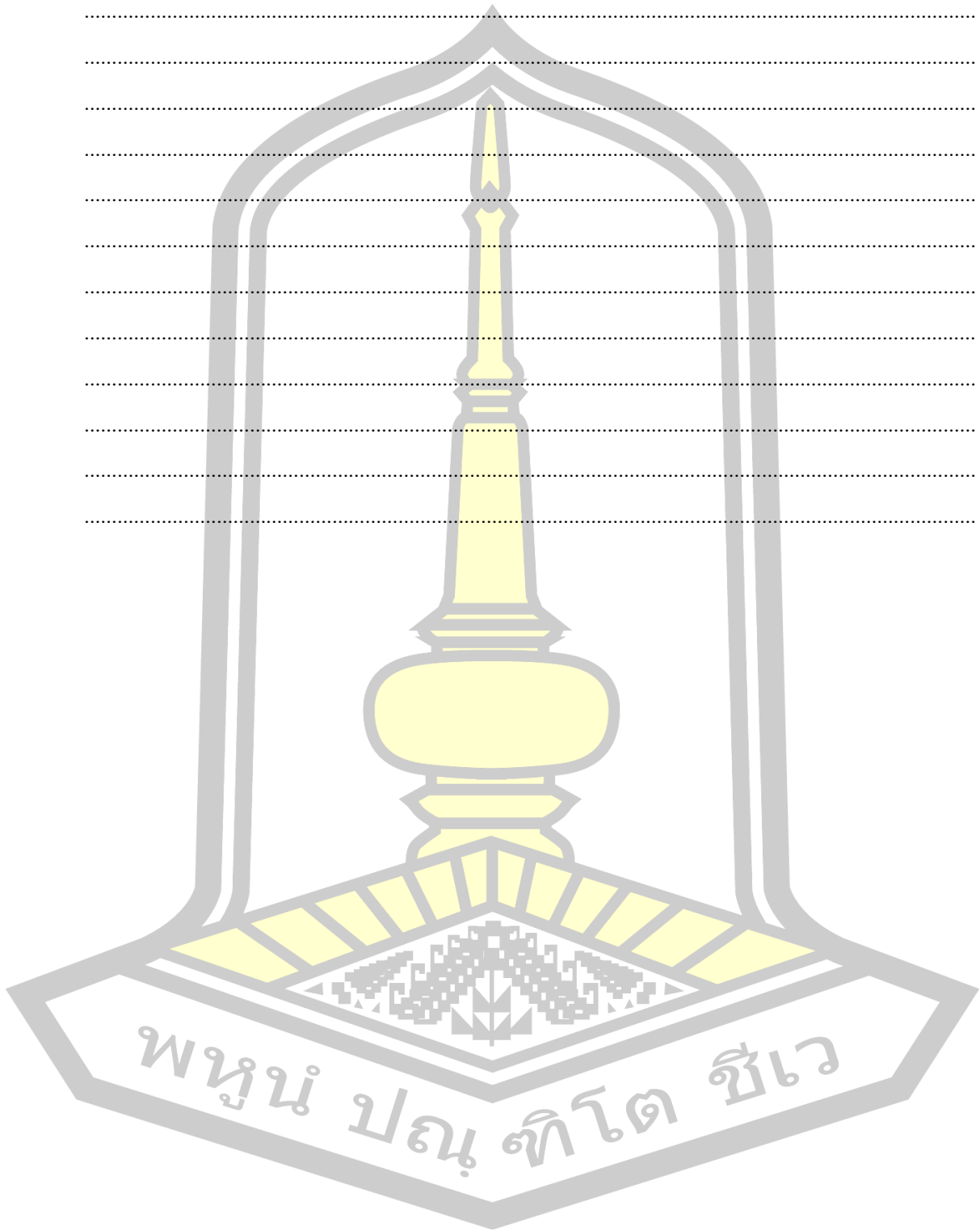
สมมติฐาน (กรณีเป็นโครงงาน)



ขั้นตอนการดำเนินงาน



สรุปผลการทดลอง



คำถามชวนคิด

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง พร้อมแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. ถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าหนึ่งมีความต้านทานไฟฟ้า 100 โอห์ม และกระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นเท่ากับ 0.05 แอมแปร์ ความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้ามีค่าเท่าใด

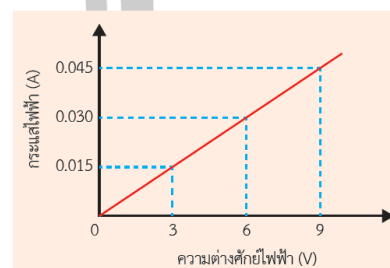
.....

.....

.....

.....

2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานไฟฟ้านั้นเป็นดังภาพ ตัวต้านทานไฟฟ้านี้มีค่าความต้านทานไฟฟ้าเป็นเท่าใด



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

พูนุ ปณุ ทิโต ชีเว

3. วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแบตเตอรี่ สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้าให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น 12 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะเท่ากับ 10 มิลลิแอมแปร์ ถ้าเปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่อุปกรณ์นั้นเป็น 18 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะเป็นกี่มิลลิแอมแปร์

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนพิจารณาเหตุการณ์ และตอบคำถามเพื่อตัดสินจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่าข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ

| เหตุการณ์ | คำอธิบาย |
|--|---|
| 1. โอห์มใช้ลวดตัวนำที่มีความยาว 10 เซนติเมตร ต่อในวงจรแทนลวดตัวนำ 30 เซนติเมตร ส่งผลให้ค่าของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง | <p>เมื่อความยาวของลวดตัวนำมากขึ้น ความต้านทานจะมีค่ามากขึ้น เนื่องจากความยาวแปรผันตรงกับลวดตัวนำ และมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าลดลง เมื่อความต่างศักย์คงที่ ตามกฎของโอห์ม $V=IR$</p> <p>จงพิจารณาข้อความข้างต้น</p> <p><input type="checkbox"/> เป็นจริง</p> <p><input type="checkbox"/> น่าจะเป็นจริง</p> <p><input type="checkbox"/> ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ</p> <p><input type="checkbox"/> น่าจะเป็นเท็จ</p> <p><input type="checkbox"/> เป็นเท็จ</p> |

| | |
|---|--|
| <p>2. อ้อยใช้ลวดตัวนำที่มีความยาว 40 เซนติเมตร ต่อในวงจรแทนลวดตัวนำ 20 เซนติเมตร <u>ส่งผลให้ค่าของความต่างศักย์เปลี่ยนแปลง</u></p> | <p><input type="checkbox"/> เป็นจริง <input type="checkbox"/> น่าจะเป็นจริง <input type="checkbox"/> ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ <input type="checkbox"/> น่าจะเป็นเท็จ <input type="checkbox"/> เป็นเท็จ</p> |
| <p>3. จี้นำลวดตัวนำชนิดเดิมที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดใหญ่กว่าเดิม 2 เท่า แต่มีความยาวเท่าเดิมมาต่อในวงจร <u>ส่งผลให้ค่าของความต้านทานเปลี่ยนแปลง</u></p> | <p>การเพิ่มขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำให้ใหญ่ขึ้น ความต้านทานภายในลวดตัวนำจะลดลง เนื่องจากขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำแปรผกผันกับความต้านทาน เมื่อความต้านทานเปลี่ยนแปลง กระแสไฟฟ้าย่อมมีการเปลี่ยนแปลงตามกฎของโอห์ม</p> <p>จงพิจารณาข้อความข้างต้น</p> <p><input type="checkbox"/> เป็นจริง <input type="checkbox"/> น่าจะเป็นจริง <input type="checkbox"/> ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ <input type="checkbox"/> น่าจะเป็นเท็จ <input type="checkbox"/> เป็นเท็จ</p> |



เฉลยคำถามชวนคิด

1. ถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าหนึ่งมีความต้านทานไฟฟ้า 100 โอห์ม และกระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นเท่ากับ 0.05 แอมแปร์ ความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้ามีค่าเท่าใด

แนวคำตอบ

จากโจทย์ กระแสไฟฟ้า $I = 0.05 \text{ A}$ และความต้านทานไฟฟ้า $R = 100 \ \Omega$

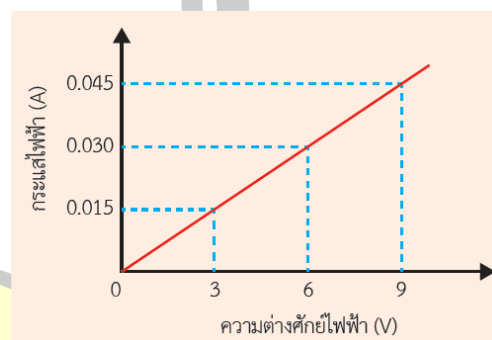
จากความสัมพันธ์ $V = IR$ จะได้ว่า

$$V = 0.05 \text{ A} \times 100 \ \Omega$$

$$V = 5 \text{ V}$$

ดังนั้น ความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าเท่ากับ 5 โวลต์

2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานไฟฟ้านั้นเป็นดังภาพ ตัวต้านทานไฟฟ้านี้มีค่าความต้านทานไฟฟ้าเป็นเท่าใด



แนวคำตอบ

จากความสัมพันธ์ $V = IR$ ความต้านทานไฟฟ้า R คืออัตราส่วนระหว่าง V/I

จากกราฟ จะได้ว่า

ถ้าใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 9 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.045 แอมแปร์

$$R = (9 \text{ V}) / (0.045 \text{ A})$$

$$R = 200 \ \Omega$$

หรือ ถ้าใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 6 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.030 แอมแปร์

$$R = (6 \text{ V}) / (0.030 \text{ A})$$

$$R = 200 \ \Omega$$

หรือ ถ้าใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 3 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.015 แอมแปร์

$$R = (3 \text{ V}) / (0.015 \text{ A})$$

$$R = 200 \ \Omega$$

ดังนั้น ความต้านทานไฟฟ้าของตัวต้านทานไฟฟ้านี้เท่ากับ 200 โอห์ม

3. วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแบตเตอรี่ สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้าให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น 12 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะเท่ากับ 10 มิลลิแอมแปร์ ถ้าเปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่อุปกรณ์นั้นเป็น 18 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะเป็นกี่มิลลิแอมแปร์

แนวคำตอบ จากโจทย์ ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็น $V = 12 \text{ V}$

กระแสไฟฟ้าจะเท่ากับ $I = 10 \text{ mA} = 0.010 \text{ A}$

จากความสัมพันธ์ $V = IR$ จะได้ว่าความต้านทานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็น

$$R = V/I$$

$$R = (12 \text{ V})/(0.010 \text{ A})$$

$$R = 1,200 \ \Omega$$

และเมื่อเปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น $V = 18 \text{ V}$

จากความสัมพันธ์ $V = IR$ จะได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นเป็น

$$I = V/R$$

$$I = (18 \text{ V})/(1,200 \ \Omega)$$

$$I = 0.015 \text{ A} \text{ หรือ } 15 \text{ mA}$$

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะเป็น 15 มิลลิแอมแปร์



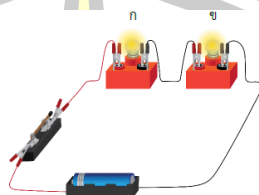
ตอนที่ 2 ให้นักเรียนพิจารณาเหตุการณ์ และตอบคำถามเพื่อตัดสินจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่าข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ

| เหตุการณ์ | คำอธิบาย |
|---|---|
| <p>1. โอ้ใช้ลวดตัวนำที่มีความยาว 10 เซนติเมตร ต่อในวงจรแทนลวดตัวนำ 30 เซนติเมตร <u>ส่งผลให้ค่าของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง</u></p> | <p>เมื่อความยาวของลวดตัวนำมากขึ้น ความต้านทานจะมีความมากขึ้น เนื่องจากความยาวแปรผันตรงกับลวดตัวนำ และมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าลดลง เมื่อความต่างศักย์คงที่ ตามกฎของโอห์ม $V=IR$</p> <p>จงพิจารณาข้อความข้างต้น</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> เป็นจริง</p> <p><input type="checkbox"/> น่าจะเป็นจริง</p> <p><input type="checkbox"/> ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ</p> <p><input type="checkbox"/> น่าจะเป็นเท็จ</p> <p><input type="checkbox"/> เป็นเท็จ</p> |
| <p>2. อ้อยใช้ลวดตัวนำที่มีความยาว 40 เซนติเมตร ต่อในวงจรแทนลวดตัวนำ 20 เซนติเมตร <u>ส่งผลให้ค่าของความต่างศักย์เปลี่ยนแปลง</u></p> | <p><input type="checkbox"/> เป็นจริง</p> <p><input type="checkbox"/> น่าจะเป็นจริง</p> <p><input type="checkbox"/> ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ</p> <p><input type="checkbox"/> น่าจะเป็นเท็จ</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> เป็นเท็จ</p> |
| <p>3. จี๋นำลวดตัวนำชนิดเดิมที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดใหญ่กว่าเดิม 2 เท่า แต่มีความยาวเท่าเดิมมาต่อในวงจร <u>ส่งผลให้ค่าของความต้านทานเปลี่ยนแปลง</u></p> | <p>การเพิ่มขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำให้ใหญ่ขึ้น ความต้านทานภายในลวดตัวนำจะลดลง เนื่องจากขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำแปรผกผันกับความต้านทาน เมื่อความต้านทานเปลี่ยนแปลง กระแสไฟฟ้าย่อมมีการเปลี่ยนแปลงตามกฎของโอห์ม</p> <p>จงพิจารณาข้อความข้างต้น</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> เป็นจริง</p> <p><input type="checkbox"/> น่าจะเป็นจริง</p> <p><input type="checkbox"/> ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ</p> <p><input type="checkbox"/> น่าจะเป็นเท็จ</p> <p><input type="checkbox"/> เป็นเท็จ</p> |

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567
 คะแนนเต็ม 30 คะแนน เวลา 50 นาที ข้อสอบมี 30 ข้อ

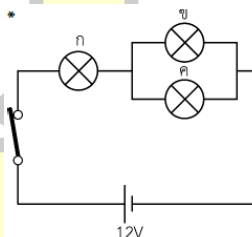
-
- คำชี้แจง** 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยจำนวน 30 ข้อ 4 ตัวเลือก
 2. ให้นักเรียนใช้ปากกา ทำเครื่องหมายกากบาท **X** ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้
1. ค่าความต้านไฟฟ้าของเส้นลวดเส้นหนึ่งจะขึ้นอยู่กับข้อใด
- แปรผันตรงกับความยาวของเส้นลวด
 - แปรผันตรงกับพื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นลวด
 - แปรผกผันกับความยาว แต่แปรผันตรงกับพื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นลวด
 - แปรผันตรงกับความยาว แต่แปรผกผันกับพื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นลวด
2. พิจารณาข้อความต่อไปนี้
- กระแสไฟฟ้าไหลจากบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำไปหาบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง
 - ประจุไฟฟ้าภายในเส้นลวดตัวนำเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีประจุไฟฟ้าลบไปยังบริเวณที่มีประจุไฟฟ้าบวก
 - ความต่างศักย์เกิดจากความแตกต่างของพลังงานศักย์ไฟฟ้าสองบริเวณ ทำให้เกิดการไหลของประจุไฟฟ้าจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ
 - การวัดค่าความต่างศักย์โดยการต่อเครื่องโวลต์มิเตอร์เข้าไปในวงจร ต้องต่อขั้วบวกของเครื่องเข้ากับขั้วลบของวงจร และอีกด้านหนึ่งต้องต่อขั้วลบของเครื่องเข้ากับขั้วบวกของวงจร
- ข้อใดถูกต้อง
- A และ C
 - B และ C
 - A และ D
 - B และ D
3. เมื่อนำถ่านไฟฉายขนาด 1.5 โวลต์ มาต่ออนุกรม 4 ก้อนแล้วนำไปต่อขนานกับหลอดไฟที่มีความต้านทาน 3 โอห์ม จำนวน 3 หลอด กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านทั้งวงจรมีค่าเท่าใด
- 4 แอมแปร์
 - 5 แอมแปร์
 - 6 แอมแปร์
 - 7 แอมแปร์

4. หลอดไฟฟ้า 2 หลอดต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า 9 โวลต์ ดังภาพ ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมหลอดไฟฟ้า ก เป็น 6 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเป็น 0.2 แอมแปร์ ค่าความต้านทานไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า ข เป็นเท่าใด



- ก. 15 โอห์ม
ข. 30 โอห์ม
ค. 45 โอห์ม
ง. 75 โอห์ม

5. หลอดไฟฟ้า 3 หลอดเหมือนกันทุกประการต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ดังภาพ ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า ก เป็น 8 โวลต์ ความต่างศักย์ไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า ค จะเป็นเท่าใด

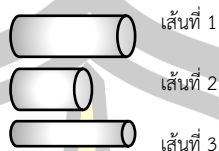


- ก. 2 โวลต์
ข. 4 โวลต์
ค. 8 โวลต์
ง. 12 โวลต์

6. ถ้านำตัวเก็บประจุที่สามารถใช้กับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 25 โวลต์ มาต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า 3 โวลต์ แล้วนำไปต่อกับไดโอดเปล่งแสง จากนั้นนำตัวเก็บประจุนั้นมาต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า 6 โวลต์ ความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวเก็บประจุนี้จะมีเท่าใด

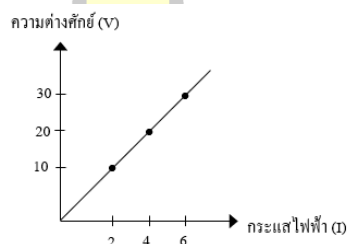
- ก. 3 โวลต์ เท่ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าขนาด 3 โวลต์
ข. 6 โวลต์ เท่ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าขนาด 6 โวลต์
ค. 9 โวลต์ เท่ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าทั้งสองแหล่งรวมกัน
ง. 25 โวลต์ เท่ากับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุดที่กำหนดไว้บนตัวเก็บประจุ

7. พิจารณาลวดที่ทำด้วยโลหะชนิดเดียวกันทั้งสามเส้นดังภาพ ข้อใดกล่าวถูกต้อง



- ก. เส้นที่ 1 มีความต้านทานมากกว่าเส้นที่ 3
 ข. เส้นที่ 1 มีความต้านทานน้อยกว่าเส้นที่ 2
 ค. เส้นที่ 2 มีความต้านทานมากกว่าเส้นที่ 3
 ง. เส้นที่ 2 มีความต้านทานน้อยกว่าเส้นที่ 3

พิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้า แล้วตอบคำถาม ข้อ 8.



8. จากกราฟ ความต้านทานของตัวต้านทานที่ใช้ในวงจรไฟฟ้านี้เป็นเท่าไร

- ก. 4 โอห์ม
 ข. 5 โอห์ม
 ค. 6 โอห์ม
 ง. 7 โอห์ม

9. เมื่อต่อโวลต์มิเตอร์ระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้ขั้วบวกที่รองรับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุดของโวลต์มิเตอร์เป็น 300 โวลต์ เข็มของโวลต์มิเตอร์ชี้ดังภาพ ค่าที่อ่านได้เป็นเท่าใด



- ก. 2.2 โวลต์
 ข. 11 โวลต์
 ค. 22 โวลต์
 ง. 220 โวลต์

10. กระแสไฟฟ้าไหลจากบริเวณศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังบริเวณศักย์ไฟฟ้าต่ำ หมายความว่าอย่างไร

- ก. กระแสไฟฟ้าจากที่สูงไปยังที่ต่ำ
- ข. กระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ
- ค. กระแสไฟฟ้าไหลจากความต้านทานมากไปยังความต้านทานน้อย
- ง. กระแสไฟฟ้าไหลจากความต้านทานน้อยไปยังความต้านทานมาก

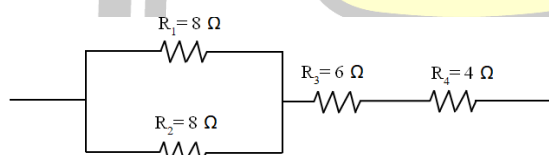
11. การเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าจะต้องตรวจสอบค่าสิ่งใดเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการ

- ก. จำนวนวัตต์และค่ากระแสไฟฟ้า
- ข. จำนวนวัตต์และค่าความต้านทาน
- ค. จำนวนวัตต์และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า
- ง. ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและค่าความต้านทานไฟฟ้า

12. การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมมีข้อเสียอย่างไร

- ก. ไม่ปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน
- ข. ต้องใช้อุปกรณ์ในการต่อมาก
- ค. กระแสไฟฟ้าในวงจรเดินไม่สะดวก
- ง. ถ้าสายไฟขาดจะทำให้วงจรเปิดทั้งวงจร

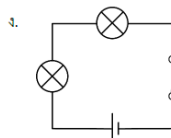
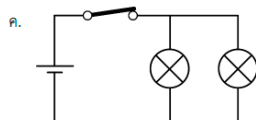
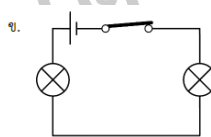
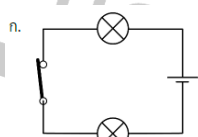
13.



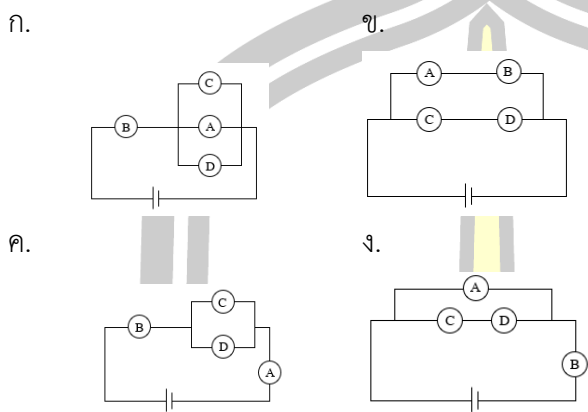
จากแผนภาพ จงหาความต้านทานรวมเป็นเท่าใด

- ก. 14 โอห์ม
- ข. 26 โอห์ม
- ค. 18 โอห์ม
- ง. 44 โอห์ม

14. แผนภาพวงจรไฟฟ้าใด ที่เมื่อหลอดไฟฟ้าหลอดใดหลอดหนึ่งขาด หลอดที่เหลือยังคงสว่าง



15. เมื่อต่อหลอดไฟฟ้า 4 หลอด ได้แก่ A B C และ D พบว่า เมื่อหลอดไฟฟ้า A ดับ หลอดไฟฟ้า B จะดับ หลอดไฟฟ้าดวงอื่นยังคงใช้งานได้ และหากหลอดไฟฟ้า C ดับ หลอดไฟฟ้า D จะดับตาม หลอดไฟฟ้าดวงอื่นยังทำงานปกติ ข้อใดเป็นวงจรไฟฟ้าที่กำหนด



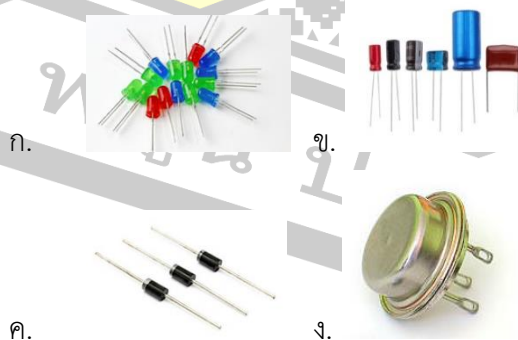
16. ข้อใดเป็นสมบัติของฟิวส์

- ก. มีความนำไฟฟ้าสูง
- ข. มีจุดหลอมเหลวสูง
- ค. มีจุดหลอมเหลวต่ำ
- ง. มีความต้านทานไฟฟ้ามาก

17. ข้อใดเป็นหน้าที่ของทรานซิสเตอร์

- ก. เก็บประจุไฟฟ้าไว้ใช้
- ข. เป็นสวิตช์ปิดและเปิดวงจร
- ค. เป็นตัวต้านทานที่มีค่าเปลี่ยนแปลงตามแสงที่ตกกระทบ
- ง. เป็นตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้โดยการหมุนหรือเลื่อนปุ่มปรับค่า

18. ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ใด ทำหน้าที่เก็บและคายประจุไฟฟ้า



19. เพราะเหตุใดสายส่งไฟฟ้าแรงสูงจึงต้องเป็นสายเปลือย

- ก. ระบายความร้อนได้ดี ข. เพื่อให้มีน้ำหนักเบา
ค. ลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น ง. เปลือกหุ้มจะทำให้ความต้านทานไฟฟ้าสูงขึ้น

20. นิชาต่อวงจรไฟฟ้าโดยต่อแบตเตอรี่เข้ากับไดโอด แล้วต่อเข้ากับหลอดไฟ หากนิชาต่อไดโอดสลับขั้วจะเกิดอะไรขึ้น

- ก. หลอดไฟดับ ข. หลอดไฟจะติด ๆ ดับ ๆ
ค. ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ง. หลอดไฟจะสว่างมากขึ้น

21. อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าคือข้อใด

- ก. กำลังไฟฟ้า ข. ความจุไฟฟ้า
ค. ความต่างศักย์ ง. พลังงานไฟฟ้า

22. เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหนึ่งมีตัวเลขกำกับว่า 1,100 W 110 V AC ข้อความใดถูกต้อง

- ก. เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนี้จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 100 แอมแปร์
ข. หากใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนี้ต้องใช้หม้อแปลงชนิดแปลงขึ้น
ค. นำไปใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ 110 โวลต์ หรือ 220 โวลต์ ก็เกิดความร้อนเท่ากัน
ง. เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนี้ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ ความต่างศักย์ 110 โวลต์ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าวินาทีละ 1,100 จูล

23. โลหะในข้อใดมีความต้านทานไฟฟ้าน้อยที่สุด

- ก. อะลูมิเนียม ข. ทองแดง
ค. เงิน ง. นิกโครม

24. ห้องเช่าห้องหนึ่งติดเครื่องปรับอากาศขนาด 1,000 วัตต์ จำนวน 1 เครื่อง เปิดใช้งานวันละ 10 ชั่วโมง จะต้องเสียค่าไฟฟ้าเดือนเมษายนเท่าใด ถ้าค่าไฟฟ้าตามห้องเช่าคิดหน่วยละ 7 บาท

- ก. 1,800 บาท ข. 2,100 บาท
ค. 2,900 บาท ง. 3,200 บาท

29. การกระทำของนักเรียนคนใดถูกต้องและเหมาะสมที่สุด

- ก. สมศรีชอบเล่นว่าวใกล้สายไฟฟ้า
- ข. สมชายใช้ลวดทองแดงต่อแทนฟิวส์
- ค. ธันวาทอดปลั๊กทุกครั้งหลังจากเลิกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า
- ง. กาญจนชาติติดปลั๊กไฟฟ้าไว้ในระดับต่ำเพื่อไม่ให้เกะกะ

30. สายดินป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วได้อย่างไร

- ก. ทำให้ความต่างศักย์ลดลงครึ่งหนึ่ง
- ข. ถ้ากระแสไฟฟ้ารั่วสวิตช์อัตโนมัติจะตัดเอง
- ค. ถ้ากระแสไฟฟ้ารั่วความต้านทานจะสูงขึ้นมาก
- ง. ถ้ากระแสไฟฟ้ารั่วกระแสไฟฟ้าจะไหลไปทางสายดิน



ตัวอย่างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำชี้แจง แบบทดสอบเป็นแบบ 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 25 ข้อ เวลาในการทำข้อสอบ 40 นาที ให้นักเรียน เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

สถานการณ์ที่ 1

เมื่อความยาวของลวดตัวนำมากขึ้น ความต้านทานจะมีค่ามากขึ้น เนื่องจากความยาวแปรผันตรงกับลวดตัวนำ และมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าลดลง เมื่อความต่างศักย์คงที่ ตามกฎของโอห์ม $V=IR$

- “ไอ้ใช้ลวดตัวนำที่มีความยาว 20 เซนติเมตร ต่อในวงจรแทนลวดตัวนำ 30 เซนติเมตร ความต้านทานในวงจรจะเปลี่ยนแปลง” (ด้านความสามารถในการอ้างอิง)

จงพิจารณาข้อความข้างต้น

 - น่าจะเป็นจริง
 - เป็นจริง
 - ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ
 - เป็นเท็จ
- “ความยาวของลวดตัวนำลดลง ความต้านทานจะลดลง” (ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น)
 - เป็นข้อตกลงเบื้องต้น
 - ไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น
 - ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ
 - เป็นเท็จ
- สาระสำคัญของสถานการณ์คือ ข้อใด (ด้านความสามารถในการตีความ)
 - ความยาวของลวดตัวนำ
 - ความต้านทานของลวดตัวนำ
 - ลวดตัวนำ
 - กฎของโอห์ม
- นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับข้อความที่ว่า “ตัวนำไฟฟ้าชนิดเดียวกันจะนำไฟฟ้าได้ดีต่างกัน ขึ้นอยู่กับความยาวของลวดตัวนำด้วย” (ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง)
 - เห็นด้วย เพราะตัวนำไฟฟ้าต่างชนิดกัน ความต้านทานมีค่าเท่ากัน
 - ไม่เห็นด้วย เพราะความยาวของลวดตัวนำไม่มีผลกับความต้านทาน
 - เห็นด้วย เพราะยิ่งความยาวมากความต้านทานยิ่งเพิ่มมากขึ้นด้วย
 - ไม่เห็นด้วย เพราะกระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่

สถานการณ์ที่ 2

การเพิ่มขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำให้ใหญ่ขึ้น ความต้านทานภายในของลวดตัวนำจะลดลง เนื่องจากขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำแปรผกผันกับความต้านทาน เมื่อความต้านทานเปลี่ยนแปลง กระแสไฟฟ้าย่อมมีความเปลี่ยนแปลงตามกฎของโอห์ม

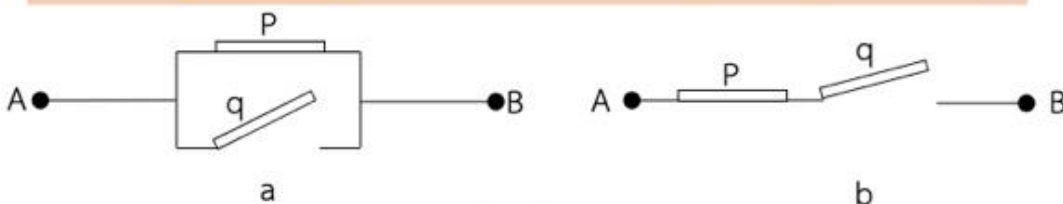
5. “ดัดนำลวดตัวนำชนิดเดิมที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดใหญ่กว่าเดิม 3 เท่า แต่มีความยาวเท่าเดิมมาต่อในวงจร ความต้านทานในวงจรจะคงที่” (ด้านความสามารถในการอ้างอิง)
 - ก. น่าจะเป็นจริง
 - ข. เป็นจริง
 - ค. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ
 - ง. เป็นเท็จ
6. “ดัดนำลวดตัวนำชนิดเดิมที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดใหญ่กว่าเดิม 2 เท่า แต่มีความยาวเท่าเดิมมาต่อในวงจร ความต้านทานในวงจรจะเปลี่ยนแปลง” (ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น)
 - ก. เป็นข้อตกลงเบื้องต้น
 - ข. ไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น
 - ค. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ
 - ง. เป็นเท็จ
7. สารสำคัญของสถานการณ์คือ ข้อใด (ด้านความสามารถในการตีความ)
 - ก. ขนาดพื้นที่หน้าตัด
 - ข. กระแสไฟฟ้าคงที่
 - ค. ความต้านทานคงที่
 - ง. ขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำแปรผกผันกับความต้านทาน
8. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับข้อความที่ว่า “พื้นที่หน้าตัดยิ่งกว้าง ความต้านทานไฟฟ้าจะลดน้อยลง” (ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง)
 - ก. เห็นด้วย เพราะขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำแปรผกผันกับความต้านทาน
 - ข. ไม่เห็นด้วย เพราะขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำแปรผันตรงกับความต้านทาน
 - ค. เห็นด้วย เพราะการเพิ่มขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำให้ใหญ่ขึ้น ความต้านทานภายในของลวดตัวนำจะเพิ่มขึ้น
 - ง. ไม่เห็นด้วย เพราะไม่เป็นไปตามกฎของโอห์ม

สถานการณ์ที่ 3



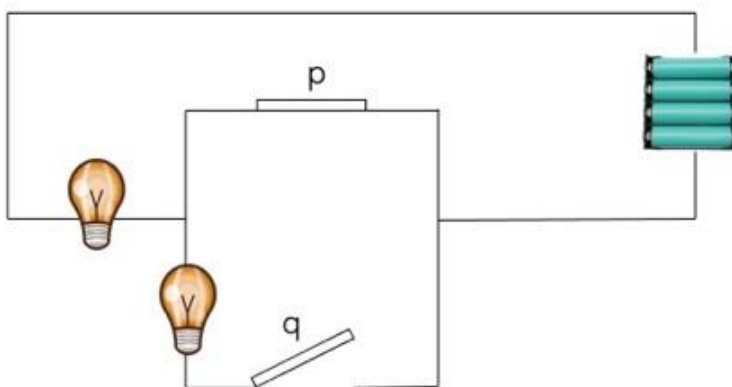
ภาพ 1

รูปภาพที่ 1 a แสดงสวิตช์ p เปิด กระแสไฟฟ้าไหลจาก A ไปยัง B ได้
 b แสดงสวิตช์ p ปิด กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลจาก A ไปยัง B ได้



ภาพ 2

รูปภาพที่ 2 a แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน
 b แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

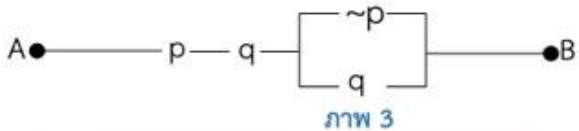


รูปภาพที่ 2a แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน แทนวงจรนี้ด้วย p V q เพราะการไหลของกระแสไฟฟ้า A ไปยัง B ตรงกับตารางค่าความจริงของประพจน์ p V q กล่าวคือกระแสไฟฟ้าจะไม่สามารถไหลจาก A ไปยัง B ได้ ในกรณีเดียวเท่านั้น คือ ถ้าสวิตช์ p และ q ปิดพร้อม ๆ กัน

อนุภาพ ๒

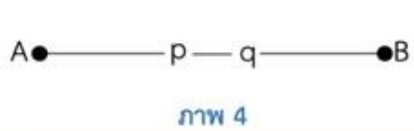


รูปภาพที่ 2b แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แทนวงจรมีด้วย $p \wedge q$ เพราะการไหลของกระแสไฟฟ้า A ไปยัง B ตรงกับตารางค่าความจริงของประพจน์ $p \wedge q$ กล่าวคือ กระแสไฟฟ้าจะสามารถไหลจาก A ไปยัง B ได้ ในกรณีเดียวเท่านั้น คือ ถ้าสวิตช์ p และ q เปิดพร้อม ๆ กัน



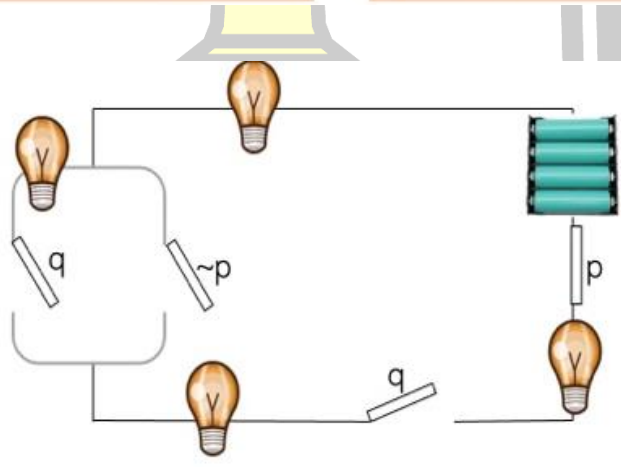
ภาพ 3

รูปภาพที่ 3 แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน



ภาพ 4

รูปภาพที่ 4 แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม



ตารางแสดงค่าความจริงของประพจน์ $(p \wedge q) \wedge (\sim p \vee q)$

| p | q | $\sim p$ | $p \wedge q$ | $\sim p \vee q$ | $(p \wedge q) \wedge (\sim p \vee q)$ |
|---|---|----------|--------------|-----------------|---------------------------------------|
| T | T | F | T | T | T |
| T | F | F | F | F | F |
| F | T | T | F | T | F |
| F | F | T | F | T | F |

9. ต่อดวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และทำการเปิดสวิตช์ทั้งสองตัวพร้อมกันหลอดไฟจะสว่างหรือไม่ (ด้านความสามารถในการนิรนัย)

- ก. มีค่าความจริงเป็นจริง
- ข. มีค่าความจริงเป็นเท็จ
- ค. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ
- ง. น่าจะเป็นเท็จ

10. ต่อดวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และทำการเปิดสวิตช์ 1 ตัว ปิดสวิตช์ 1 ตัว พร้อมกันหลอดไฟจะดับทั้งวงจรหรือไม่ (ด้านความสามารถในการนิรนัย)

- ก. มีค่าความจริงเป็นจริง
- ข. มีค่าความจริงเป็นเท็จ
- ค. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ
- ง. น่าจะเป็นเท็จ

11. ต่อดวงจรไฟฟ้าแบบขนาน และทำการเปิดสวิตช์ 1 ตัว ปิดสวิตช์ 1 ตัว พร้อมกันหลอดไฟจะดับทั้งวงจรหรือไม่ (ด้านความสามารถในการนิรนัย)

- ก. มีค่าความจริงเป็นจริง
- ข. มีค่าความจริงเป็นเท็จ
- ค. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ
- ง. น่าจะเป็นเท็จ

12. ต่อดวงจรไฟฟ้าแบบขนาน และทำการปิดสวิตช์ทั้งสองตัวพร้อมกันหลอดไฟจะดับหรือไม่ (ด้านความสามารถในการนิรนัย)

- ก. มีค่าความจริงเป็นจริง
- ข. มีค่าความจริงเป็นเท็จ
- ค. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ
- ง. น่าจะเป็นเท็จ

13. ต่อดวงจรไฟฟ้าแบบผสม ทำการเปิดสวิตช์ 2 ตัว ในวงจรขนาน และปิดสวิตช์ 1 ตัว เปิดสวิตช์ 1 ตัว ในวงจรอนุกรม ไฟฟ้าจะดับทั้งวงจรหรือไม่ (ด้านความสามารถในการนิรนัย)

- ก. มีค่าความจริงเป็นจริง
- ข. มีค่าความจริงเป็นเท็จ
- ค. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ
- ง. น่าจะเป็นเท็จ

สถานการณ์ที่ 4

ประหยัดพลังงาน ประหยัดเงิน เริ่มง่าย ๆ ได้ที่ตัวเรา

การประหยัดพลังงานจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ทั่วโลกยึดถือปฏิบัติในยามที่เกิดวิกฤตพลังงาน พลังงานธรรมชาติประเภทสร้างทดแทนใหม่ไม่ได้ เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ อยู่ในภาวะกำลังจะขาดแคลน ส่งผลให้มีราคาแพง และเกิดความหวาดวิตก ว่าพลังงานจะหมดโลก จึงเกิดเป็นวิกฤตพลังงานที่ต้องเร่งแก้ไข จัดการ และป้องกัน เพราะเป็นวิธีง่าย ๆ ที่ทุกคนในประเทศสามารถปฏิบัติได้ อาทิ

- ปรับเปลี่ยนนิสัยที่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน เช่น ปิดสวิตช์และถอดปลั๊กเครื่องใช้ไฟฟ้าทันทีเมื่อเลิกใช้งาน ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงขึ้นหรือไม่ต่ำกว่า 26 องศาเซลเซียส ล้างเครื่องปรับอากาศเป็นประจำทุก 6 เดือน ซักผ้าหรือรีดผ้าครั้งละมาก ๆ ลดการเปิด-ปิดประตู ตู้เย็นทิ้งไว้นานเกินความจำเป็นและไม่ใส่ของแน่นตู้จนเกินไป
- เลือกเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงประหยัดไฟ โดยสังเกตจากฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ตีตรา และดูแลอุปกรณ์ไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งานอยู่เสมอ
- บ้านประหยัดพลังงาน โดยออกแบบที่อยู่อาศัยให้มีระบบถ่ายเทอากาศได้ดี เลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่ช่วยประหยัดพลังงาน

ทั้งนี้ ผลการศึกษาของฝ่ายบริหารด้านการใช้ไฟฟ้าและกิจการสังคม กฟผ. พบว่า หากเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ตีตรา แทนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่มีฉลากประหยัดไฟฟ้าในบ้านและทำตามวิธีประหยัดไฟฟ้าจะสามารถช่วยประหยัดเงินค่าไฟฟ้าได้กว่า 9,776.27 บาทต่อปี

14. ข้อสรุปใดเป็นจริงมากที่สุด (ด้านความสามารถในการอ้างอิง)
 - ก. หากใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประหยัดไฟเบอร์ 5 จะประหยัดไฟได้
 - ข. หากใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประหยัดไฟเบอร์ 5 และทำตามวิธีประหยัดไฟฟ้าจะช่วยประหยัดไฟได้
 - ค. หากอยากประหยัดไฟฟ้าต้องไม่เปิดไฟ
 - ง. ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประหยัดไฟเบอร์ 5 เท่านั้น ถึงจะประหยัดไฟ
15. จากบทความข้างต้น สรุปได้ว่า การประหยัดพลังงานทำได้อย่างไร (ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น)
 - ก. ออกแบบที่อยู่อาศัยให้มีระบบถ่ายเทอากาศได้ดี
 - ข. เลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่ช่วยประหยัดพลังงาน
 - ค. ถอดปลั๊กเครื่องใช้ไฟฟ้าทันทีเมื่อเลิกใช้งาน เลือกเครื่องใช้ไฟฟ้าประหยัดไฟเบอร์ 5
 - ง. ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประหยัดไฟเบอร์ 5 และทำตามวิธีประหยัดไฟฟ้า

16. สาระสำคัญของสถานการณ์ คือข้อใด (ด้านความสามารถในการตีความ)

- ก. ควรใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประหยัดไฟเบอร์ 5
- ข. การปรับเปลี่ยนนิสัยที่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน
- ค. การประหยัดไฟฟ้าอย่างถูกวิธีเริ่มต้นได้ด้วยตัวเรา
- ง. ประหยัดไฟฟ้าช่วยชาติ

17. ข้อใดให้เหตุผลสนับสนุนได้เหมาะสมที่สุด (ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง)

- ก. เห็นด้วย เพราะหากเราทุกคนช่วยกันประหยัดพลังงานค่าไฟฟ้าจะลดลง
- ข. เห็นด้วย เพราะหากเราทุกคนช่วยกันประหยัดพลังงานจะมีพลังงานใช้อีกนาน
- ค. ไม่เห็นด้วย เพราะเราสามารถผลิตพลังงานทดแทนได้
- ง. ไม่เห็นด้วย เพราะอีกไม่นานพลังงานที่ไม่สามารถสร้างใหม่ทดแทนได้ก็หมดอยู่ดี

สถานการณ์ที่ 5

ไฟบ้านดับหลังเดียวเกิดจากอะไร

ฝนตกฟ้าผ่าที่ไรหลายบ้านต้องเจอสถานการณ์ไฟดับบ่อยครั้ง ยิ่งในช่วงหน้าร้อนแต่ละบ้านเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศกันก็เป็นเหตุให้เกิดไฟบ้านดับหลังเดียวได้ ถ้าไฟดับในตอนกลางคืนยิ่งสร้างลำบากในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เครื่องใช้ไฟฟ้าก็ไม่สามารถใช้งานได้อีก สำหรับบ้านใครที่เกิดไฟบ้านดับหลังเดียวบ่อย ๆ สาเหตุอาจมาจากไฟรั่วสามารถเกิดขึ้นได้หลากหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นการติดตั้งสายไฟที่ไม่ได้มาตรฐาน การไม่ดูแลบำรุงรักษาหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านเริ่มเสื่อมสภาพ นอกจากนี้หากฉนวนที่ใช้หุ้มสายไฟเกิดชำรุดเสียหายก็สามารถเกิดไฟรั่วได้เช่นกัน หรืออาจเป็นเพราะการใช้ไฟเกินขนาด โดยสาเหตุมาจากการเปิดใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าพร้อม ๆ กันในบ้าน การใช้กำลังไฟมาก ๆ ระบบของมิเตอร์จะทำการตัดไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ เพื่อความปลอดภัย วิธีการหลีกเลี่ยงปัญหาไฟเกิน คือไม่ควรนำเอาอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ มาต่อรวมกันในเต้ารับจุดเดียวกัน

18. ข้อสรุปใดเป็นจริงมากที่สุด (ด้านความสามารถในการอ้างอิง)

- ก. ฝนตกฟ้าผ่าทำให้ไฟดับ
- ข. บ้านที่ไฟดับบ่อยเกิดจากหลายสาเหตุ
- ค. ฝนตกทำให้ไฟรั่ว
- ง. สายไฟภายในบ้านเสื่อมสภาพ

19. จากบทความข้างต้น สรุปได้ว่า วิธีหลีกเลี่ยงปัญหาไฟดับทำได้อย่างไร (ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น)

- ก. ดูแลบำรุงรักษาเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในสภาพดีเสมอ
- ข. ไม่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตอนฝนตก
- ค. ใช้สายไฟฟ้าที่ไม่ได้มาตรฐาน
- ง. ไม่ซื้อบ้านที่เก่าสายไฟฟ้าชำรุด

20. สาระสำคัญของสถานการณ์ คือข้อใด (ด้านความสามารถในการตีความ)

- ก. เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายเครื่องพร้อมกัน
- ข. ฝนตกบ่อย
- ค. สายไฟฟ้าเก่าชำรุด
- ง. ไฟบ้านดับหลังเดียวเกิดได้จากหลายสาเหตุ

21. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับข้อความที่ว่า “หากคุณไม่ยอมประสบปัญหาไฟบ้านดับหลังเดียวบ่อย ๆ คุณควรตรวจสอบระบบไฟฟ้าภายในบ้านเป็นประจำ” (ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง)

- ก. เห็นด้วย เพราะไฟดับจะทำให้ร้อนและเสียเวลา
- ข. เห็นด้วย เพราะไฟดับ เป็นอุปสรรคในการทำกิจกรรมต่าง ๆ
- ค. ไม่เห็นด้วย เพราะเป็นหน้าที่ของช่างไฟ
- ง. ไม่เห็นด้วย เพราะไฟดับไม่ได้เกิดขึ้นบ่อยครั้ง

สถานการณ์ที่ 6

“เจ้าหน้าที่ได้รับแจ้งบริเวณจุดกลับรถใต้สะพานมอเตอร์เวย์ ฝั่งท่าสะพาน ถนนเลียบริมมอเตอร์เวย์ หมู่ที่ 5 ตำบลท่าสะพาน อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ว่า มีไฟฟ้ารั่วและถูกแช่อยู่ในน้ำ สร้างความหวาดกลัวให้กับชาวบ้านที่สัญจรไปมา และชาวบ้านที่อยู่ในพื้นที่ ทิมข่าวจึงได้ประสานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาบางปะกง ให้เข้ามาตรวจสอบและดำเนินการ

เมื่อไปถึงในที่เกิดเหตุ พบว่า มีเสียงดังคล้ายคนจุดประทัดอยู่ตลอดเวลา เมื่อส่องไฟไปบริเวณที่มาของเสียง ก็พบว่า สายไฟอยู่ในสภาพที่ชำรุด และถูกแช่อยู่ในน้ำ ทำให้เจ้าหน้าที่ต้องใช้อุปกรณ์ดึงสายไฟฟ้าที่ชำรุดขึ้นให้พ้นน้ำ และนำสายไฟฟ้างดงกล่าวไปทิ้งในที่ปลอดภัย ด้านเจ้าหน้าที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้เตือนว่า กรณีที่สายไฟชำรุดและมีการรั่วไหล หากสายไฟอยู่ในน้ำ ให้สังเกตควันและฟองอากาศที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ ถ้าหากพบว่า สายไฟฟ้านั้นมีการชำรุด ให้รีบหนีห่างจากตรงนั้นประมาณ 3-4 เมตร เพราะหากเข้าไปใกล้ อาจถูกไฟฟ้าช็อตจนถึงขั้นเสียชีวิต

เบื้องต้น คาดว่า สายไฟฟ้าเส้นดังกล่าว น่าจะถูกน้ำเค็มกัดเซาะจนชำรุด ทำให้เกิดไฟฟ้ารั่ว เพราะจุดนี้เป็นจุดที่มีน้ำทะเลหนุนสูงอยู่ตลอดเวลา”

22. จากบทความ เงื่อนไขสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาคือข้อใด (ด้านความสามารถในการอ้างอิง)

- ก. สายไฟฟ้าอยู่ในบริเวณที่น้ำทะเลหนุนสูง
- ข. การป้องกันเหตุไฟฟ้ารั่วของเจ้าหน้าที่ช่างเกินไป
- ค. ชาวบ้านหวาดกลัวเกิดอันตรายจากเหตุไฟฟ้ารั่ว
- ง. น้ำทะเลกัดเซาะสายไฟฟ้าจนชำรุด

23. จากสถานการณ์นักเรียนคิดว่า ข้อใดที่ไม่เกี่ยวข้องกับบทความ (ด้านความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น)

- ก. สายไฟชำรุดเพราะแช่น้ำเป็นเวลานาน
- ข. บ้านถูกน้ำท่วม ให้ปิดสวิตซ์ไฟฟ้าทุกตัว
- ค. ไฟช็อตเกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านจากสายไฟเส้นหนึ่งไปยังเส้นอื่น ๆ โดยที่ไม่ได้ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้า
- ง. หากสายไฟฟ้านั้นมีการชำรุดให้รีบหนีห่างจากบริเวณนั้น

24. จากปัญหาไฟฟ้ารั่วจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งใดมากที่สุด (ด้านความสามารถในการตีความ)

- ก. ปลาที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำตาย
- ข. คนในชุมชนได้รับอันตรายจากเหตุไฟฟ้ารั่ว
- ค. นกที่เกาะอยู่บนสายไฟลดจำนวนลง
- ง. น้ำในแหล่งน้ำเน่าเสีย

25. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับข้อความที่ว่า “ไฟรั่วไฟดูดจากน้ำท่วม ภัยเงียบที่คร่าชีวิต” (ด้านความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง)

- ก. เห็นด้วย เพราะประเทศไทยเกิดน้ำท่วมบ่อย
- ข. เห็นด้วย เพราะไฟรั่วอาจทำให้ไฟฟ้าลัดวงจรได้
- ค. ไม่เห็นด้วย เพราะไฟรั่วไฟดูดจากน้ำท่วมไม่ได้เกิดขึ้นบ่อย
- ง. ไม่เห็นด้วย เพราะสามารถหลีกเลี่ยงได้หากมีความรู้และเพิ่มความระมัดระวัง

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....

เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

คะแนนเต็ม 16 คะแนน เวลา 40 นาที ข้อสอบมี 4 ข้อ

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัยจำนวน 4 ข้อ

2. ให้นักเรียนตอบคำถามให้สมบูรณ์และถูกต้องตามความคิดของนักเรียน โดยข้อสอบจะใช้เวลา 40 นาที โดยกำหนดเวลาให้ทำข้อละ 10 นาที เมื่อหมดเวลาครูผู้คุมสอบให้นักเรียนวางปากกาแล้วจึงให้สอบต่อ ในข้อต่อไป จนครบเวลา 40 นาที ทำลงในกระดาษคำตอบตามที่กำหนดให้

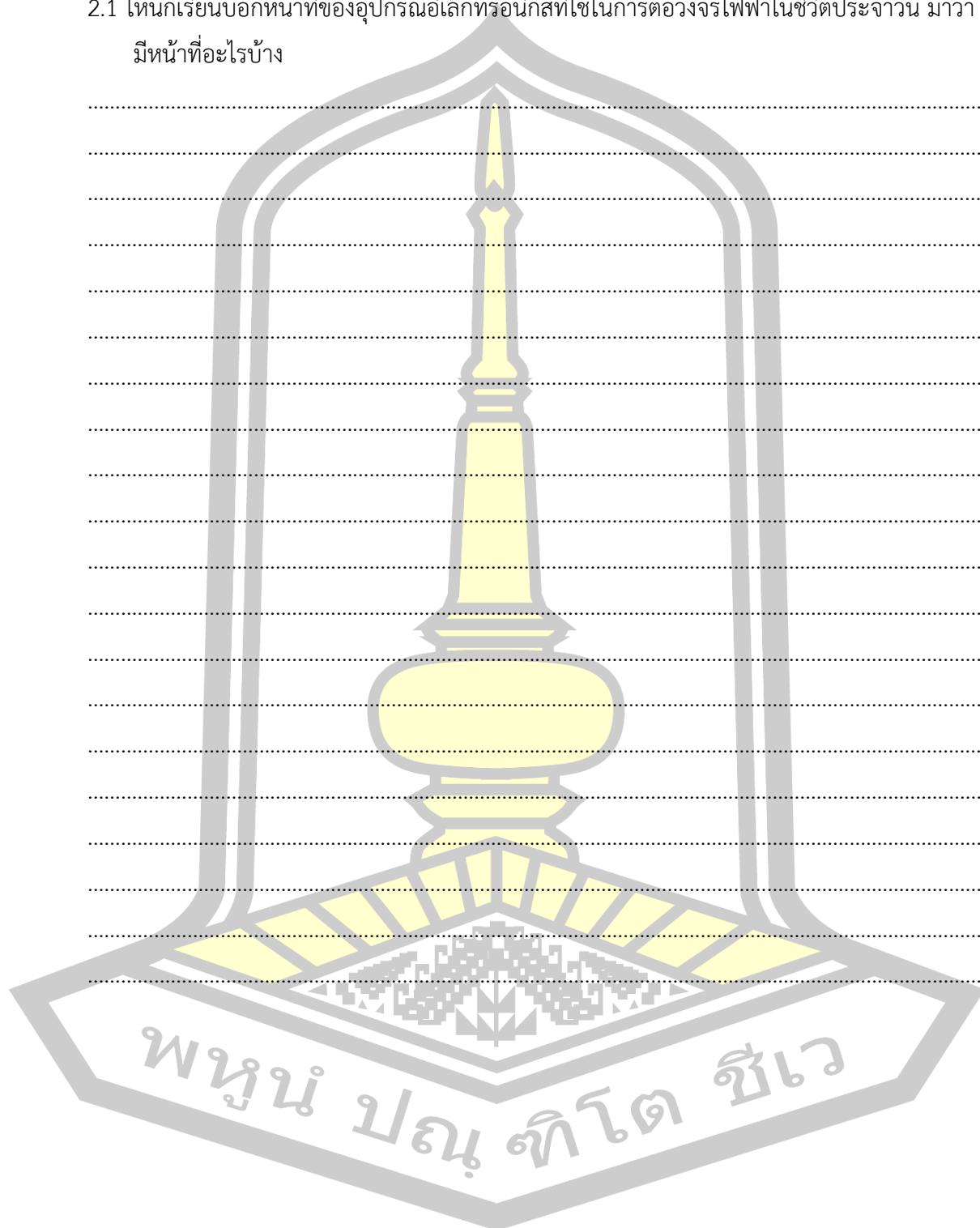
1. ด้านความคิดคล่องแคล่ว

1.1 ให้นักเรียนระบุชื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้หลักการของไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ให้ได้มากที่สุดภายในเวลา 10 นาที

พจนานุกรมศัพท์โต สิว

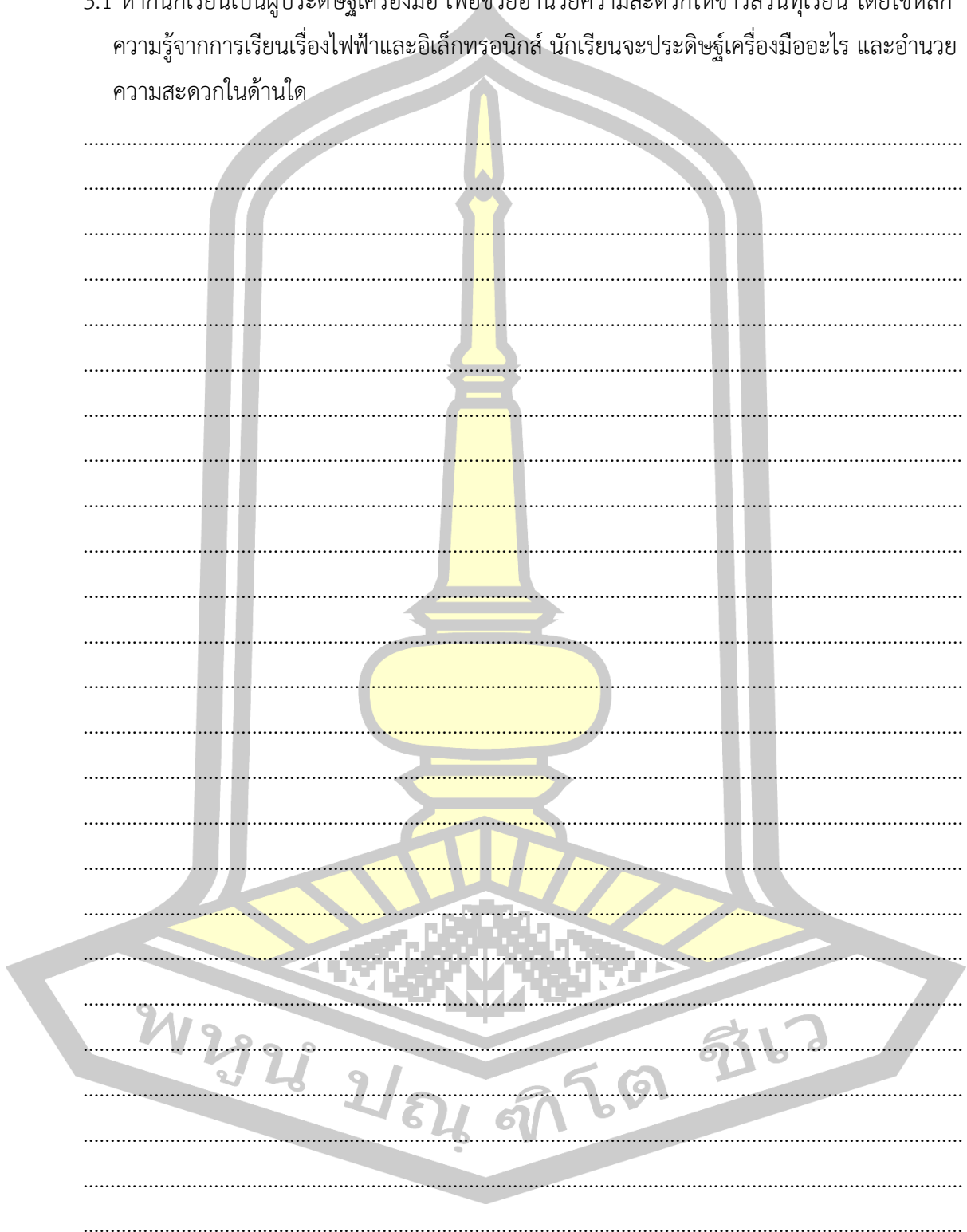
2. ด้านความคิดยืดหยุ่น

2.1 ให้นักเรียนบอกหน้าที่ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการต่อวงจรไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน มาว่ามีหน้าที่อะไรบ้าง



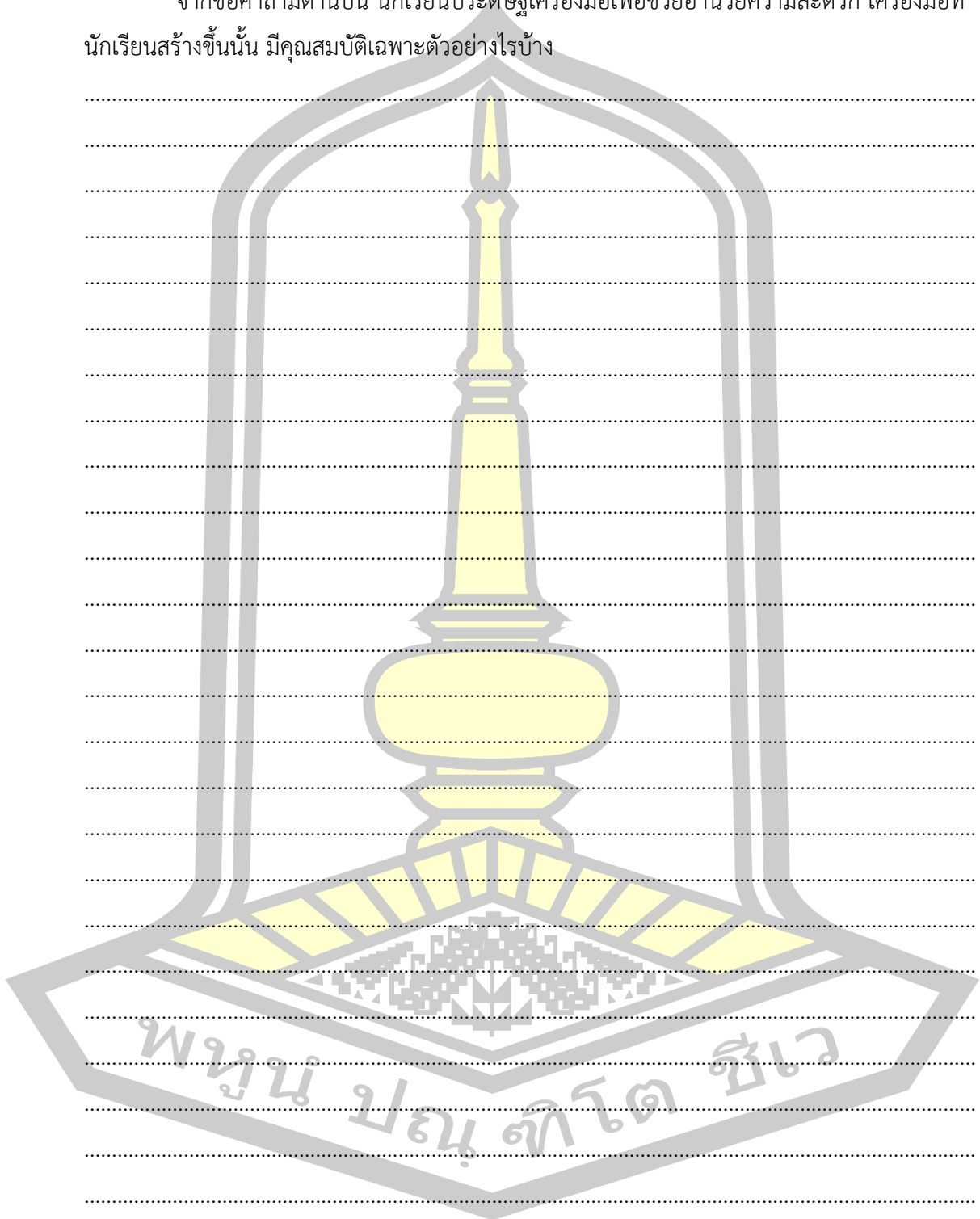
3. ด้านความคิดริเริ่ม

3.1 หากนักเรียนเป็นผู้ประดิษฐ์เครื่องมือ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้ชาวสวนทุเรียน โดยใช้หลักความรู้จากการเรียนเรื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ นักเรียนจะประดิษฐ์เครื่องมืออะไร และอำนวยความสะดวกในด้านใด



4. ด้านความคิดละเอียดลออ

จากข้อความด้านบน นักเรียนประดิษฐ์เครื่องมือเพื่อช่วยอำนวยความสะดวก เครื่องมือที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้น มีคุณสมบัติเฉพาะตัวอย่างไรบ้าง

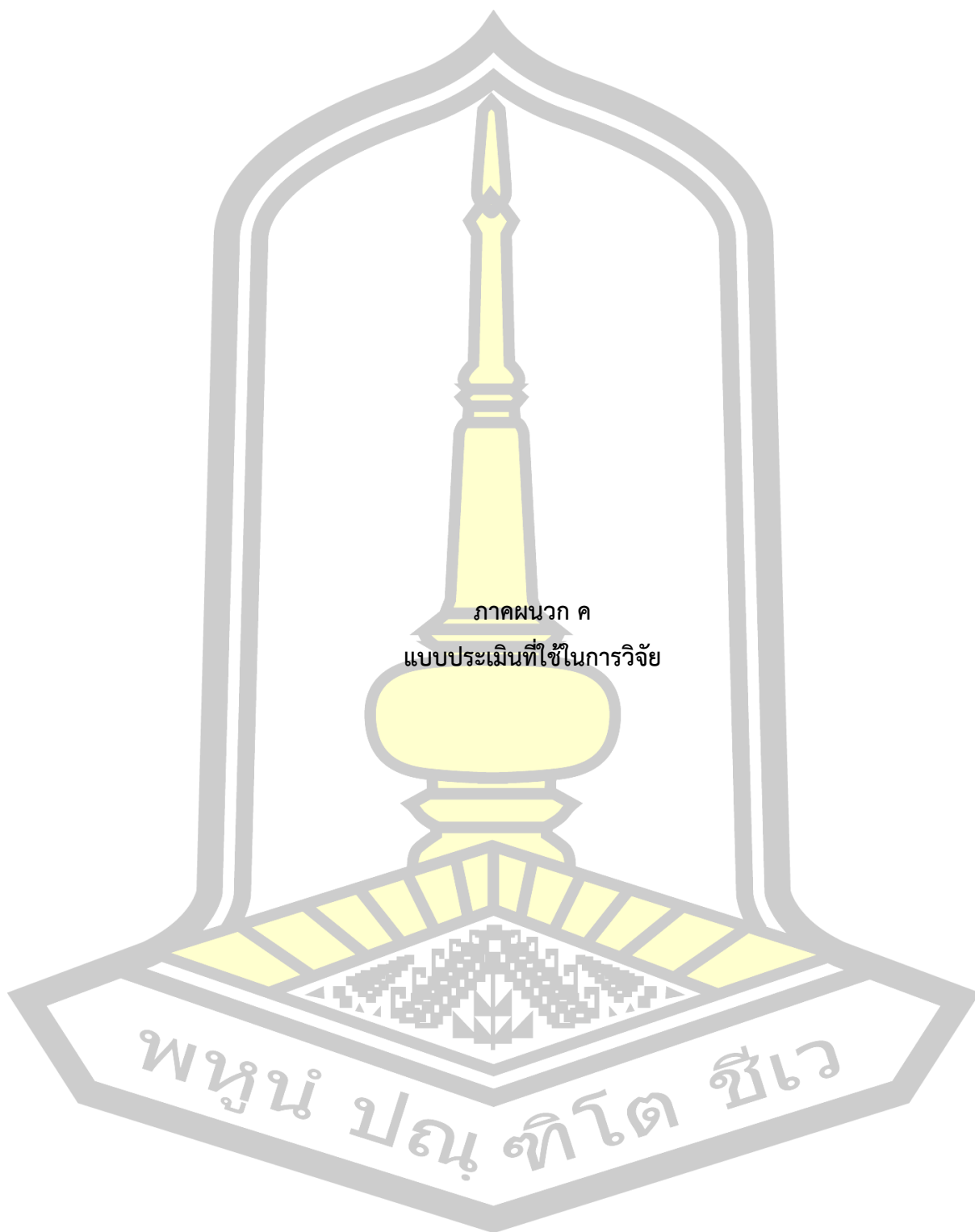


เกณฑ์การประเมินคุณภาพ (Rubric) ในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

| ประเด็น การ ประเมิน | ระดับคะแนน | | | | |
|---------------------------|---|---|---|---|--|
| | ดีเยี่ยม (4) | ดีมาก (3) | ดี (2) | พอใช้ (1) | ปรับปรุง (0) |
| ความคิด คล่อง แคล่ว | 1. คำตอบมี ความเป็นไปได้ 7 คำตอบ ขึ้นไป 2. เสร็จทันตาม เวลาที่กำหนดไว้ | 1. คำตอบมี ความเป็นไปได้ 5- 6 คำตอบ 2. เสร็จทันตาม เวลาที่กำหนดไว้ | 1. คำตอบมี ความเป็นไปได้ 3-4 คำตอบ 2. เสร็จทันตาม เวลาที่กำหนดไว้ | 1. คำตอบมี ความเป็นไปได้ 1-2 คำตอบ 2. เสร็จทันตาม เวลาที่กำหนดไว้ | 1. คำตอบไม่มี ความเป็นไป ได้หรือไม่ ตอบคำถาม 2. ไม่เสร็จทัน ตามเวลาที่ กำหนดไว้ |
| ด้านคิด ยืดหยุ่น | 1. สามารถบอก หน้าที่ของ อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์- ทรอนิกส์ที่ใช้ใน การต่อวงจร ไฟฟ้าได้ในชีวิต ประจำวันโดย ไม่ซ้ำหน้าที่กัน 2. คำตอบมี ความเป็นไปได้ 4 หน้าที่คำตอบ ขึ้นไป | 1. สามารถบอก หน้าที่ของ อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์- ทรอนิกส์ที่ใช้ใน การต่อวงจร ไฟฟ้าได้ในชีวิต ประจำวันโดย ไม่ซ้ำหน้าที่กัน 2. คำตอบมี ความเป็นไปได้ 3 หน้าที่คำตอบ ขึ้นไป | 1. สามารถบอก หน้าที่ของ อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์- ทรอนิกส์ที่ใช้ใน การต่อวงจร ไฟฟ้าได้ในชีวิต ประจำวันโดย ไม่ซ้ำหน้าที่กัน 2. คำตอบมี ความเป็นไปได้ 2 หน้าที่คำตอบ ขึ้นไป | 1. สามารถบอก หน้าที่ของ อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์- ทรอนิกส์ที่ใช้ใน การต่อวงจร ไฟฟ้าได้ในชีวิต ประจำวันโดย ไม่ซ้ำหน้าที่กัน 2. คำตอบมี ความเป็นไปได้ 1 หน้าที่คำตอบ ขึ้นไป | 1. ไม่สามารถ บอกหน้าที่ ของอุปกรณ์ ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการต่อ วงจรไฟฟ้าได้ ในชีวิต ประจำวัน 2. คำตอบไม่มี ความเป็นไป ได้หรือไม่ตอบ คำถาม |

เกณฑ์การประเมินคุณภาพ (Rubric) ในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

| ประเด็น การ ประเมิน | ระดับคะแนน | | | | |
|-----------------------------------|---|--|---|--|---|
| | ดีเยี่ยม (4) | ดีมาก (3) | ดี (2) | พอใช้ (1) | ปรับปรุง (0) |
| ด้าน ความคิด ริเริ่ม | 1. คิดริเริ่มสิ่ง แปลกใหม่ ที่ แตกต่างจาก ผู้อื่น มีการนำ ความรู้ที่มีอยู่มา ประยุกต์ใช้ และสร้างสิ่ง มีประโยชน์ต่อ ชีวิตประจำวัน และสังคมได้ และคำตอบไม่ ซ้ำใคร | 1. คิดซ้ำผู้อื่น ตั้งแต่ 1-2 คน ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 10 คน แต่มีการ นำความ รู้ที่มีอยู่มาประ ยุกต์ใช้ และ สามารถสร้างสิ่ง ที่มีประโยชน์ต่อ ชีวิตประจำวัน และสังคมได้ | 1. คิดซ้ำผู้อื่น ตั้งแต่ 3-4 คน ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 15 คน แต่มีการ นำความรู้ที่มีอยู่ มาประยุกต์ใช้ และสามารถ สร้างสิ่งที่มี ประโยชน์ต่อ ชีวิตประจำวัน และสังคมได้ | 1. คิดซ้ำผู้อื่น ตั้งแต่ 5-6 คน ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 20 คน แต่มีการ นำความรู้ที่มีอยู่ มาประยุกต์ใช้ แต่ไม่สามารถ สร้างสิ่งที่มี ประโยชน์ ต่อชีวิต ประจำวัน และสังคมได้ | 1. คิดซ้ำกับ ผู้อื่นตั้งแต่ 7 คนขึ้นไปไม่มี การนำความรู้ ที่มีอยู่มา ประยุกต์ใช้ และไม่สามารถ สร้างสิ่งที่มี ประโยชน์ต่อ ชีวิตประจำ วันและสังคม ได้ |
| ด้าน ความคิด ละเอียด ลออ | 1. สามารถบอก รายละเอียดของ สิ่งที่คิดได้ และ สามารถขยาย ความคิดหลักให้ สมบูรณ์ขึ้นได้ 2. คำตอบหรือ รายละเอียดที่ คิดมีความ เป็นไปได้ 7 คำตอบขึ้นไป | 1. สามารถบอก รายละเอียดของ สิ่งที่คิดได้ และ สามารถขยาย ความคิดหลักให้ สมบูรณ์ขึ้นได้ 2. คำตอบหรือ รายละเอียดที่ คิดมีความ เป็นไปได้ 5-6 คำตอบขึ้นไป | 1. สามารถบอก รายละเอียดของ สิ่งที่คิดได้ และ สามารถขยาย ความคิดหลักให้ สมบูรณ์ขึ้นได้ 2. คำตอบหรือ รายละเอียดที่ คิดมีความ เป็นไปได้ 3-4 คำตอบขึ้นไป | 1. สามารถบอก รายละเอียดของ สิ่งที่คิดได้ และ สามารถขยาย ความคิดหลักให้ สมบูรณ์ขึ้นได้ 2. คำตอบหรือ รายละเอียดที่ คิดมีความ เป็นไปได้ 1-2 คำตอบขึ้นไป | 1. ไม่สามารถ บอกรายละ- เอียดของสิ่งที่ คิดได้และไม่ สามารถขยาย ความคิดหลักให้ สมบูรณ์ขึ้นได้ 2. คำตอบหรือ รายละเอียดที่ คิดไม่มีความ เป็นไปได้หรือไม่ ตอบคำตอบ |



ภาคผนวก ค
แบบประเมินที่ใช้ในการวิจัย

พหุจน์ ปณฺ ทิโต ชีเว

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างตามความคิดเห็นของท่าน และแสดงความคิดเห็นลงในส่วนที่เป็นข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

ระดับความคิดเห็นมี 5 ระดับ ดังนี้

- 5 หมายถึง ความเหมาะสมมากที่สุด
- 4 หมายถึง ความเหมาะสมมาก
- 3 หมายถึง ความเหมาะสมปานกลาง
- 2 หมายถึง ความเหมาะสมน้อย
- 1 หมายถึง ความเหมาะสมน้อยที่สุด

| รายการประเมิน | ระดับความเหมาะสม | | | | |
|--|------------------|-------|---------|-------|------------|
| | มากที่สุด | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
| 1. ด้านสาระสำคัญ | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร | | | | | |
| 1.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ | | | | | |
| 1.3 มีความเข้าใจง่าย | | | | | |
| 2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | |
| 2.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ | | | | | |
| 2.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย | | | | | |
| 2.3 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดอย่างชัดเจน | | | | | |
| 3. ด้านสาระการเรียนรู้ | | | | | |
| 3.1 เหมาะสมกับเวลา | | | | | |
| 3.2 มีความยากง่ายพอเหมาะ | | | | | |
| 3.3 น่าสนใจและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน | | | | | |
| 3.4 ความถูกต้องตามหลักสูตร | | | | | |

| รายการประเมิน | ระดับความเหมาะสม | | | | |
|--|------------------|-------|---------|-------|------------|
| | มากที่สุด | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
| 4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | | | |
| 4.1 กระตุ้นความสนใจของนักเรียน | | | | | |
| 4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร | | | | | |
| 4.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ | | | | | |
| 4.4 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอน | | | | | |
| 5. ด้านสื่อการเรียนรู้ | | | | | |
| 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรม | | | | | |
| 5.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | | | | | |
| 5.3 มีความน่าสนใจ | | | | | |
| 6. ด้านการวัดและประเมินผล | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | |
| 6.2 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน | | | | | |
| 6.3 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้ | | | | | |
| รวม | | | | | |
| เฉลี่ย | | | | | |

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

.....

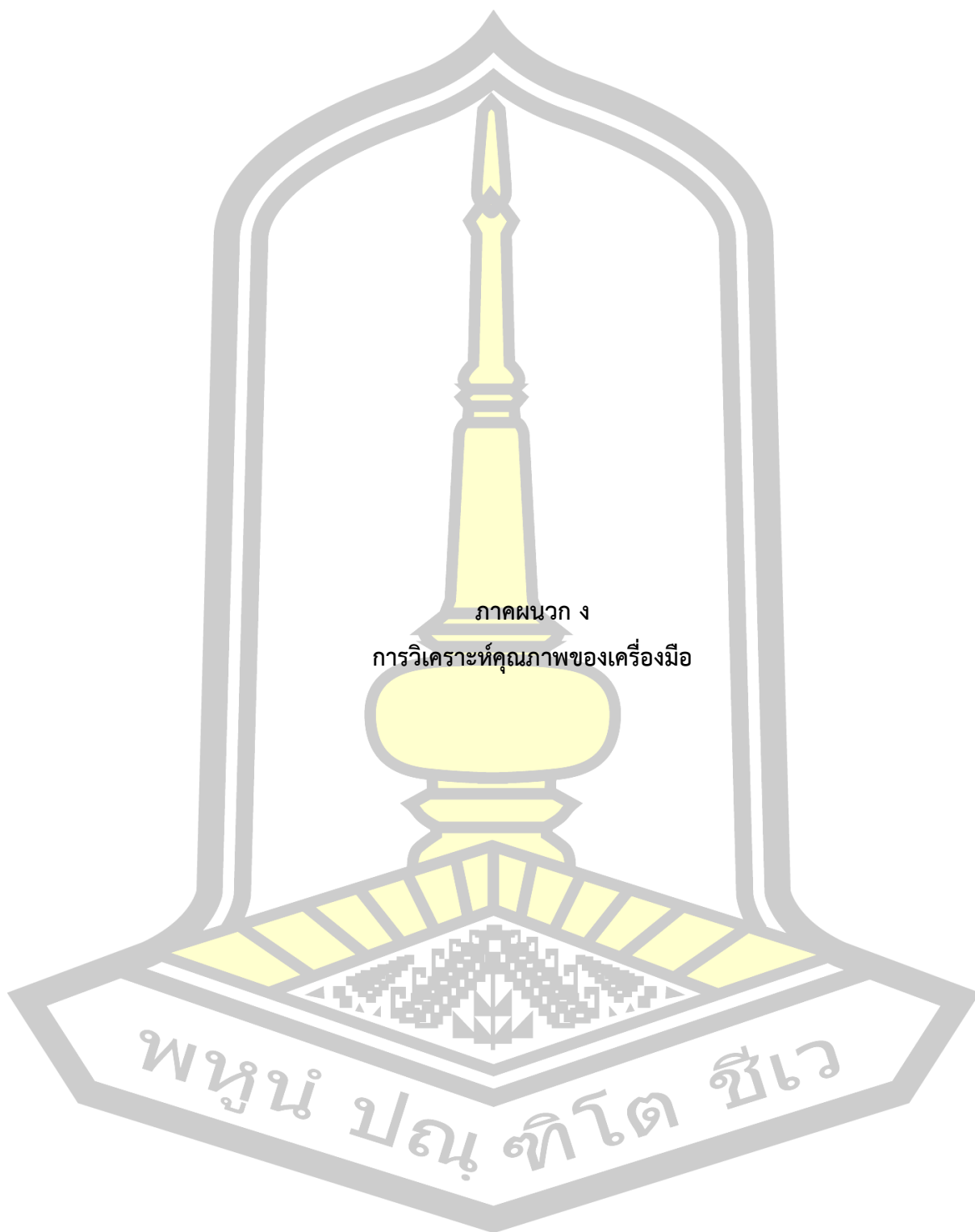
.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้เชี่ยวชาญ
(.....)

ตำแหน่ง



ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือ

พหุบัน ปณุ ทิโต ชีเว

ตาราง 17 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่าง
กระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปผล |
|--|---|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1. ด้านสาระสำคัญ | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ในหลักสูตร | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 1.2 สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 1.3 มีความเข้าใจง่าย | 4.00 | 5.00 | 4.50 | 4.00 | 5.00 | 4.50 | มาก |
| 2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | | | |
| 2.1 สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 2.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย | 4.50 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.50 | 4.20 | มาก |
| 2.3 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัด อย่างชัดเจน | 5.00 | 5.00 | 4.50 | 4.00 | 4.00 | 4.50 | มาก |
| 3. ด้านสาระการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 3.1 เหมาะสมกับเวลา | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 3.2 มีความยากง่ายพอเหมาะ | 4.00 | 4.50 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.10 | มาก |
| 3.3 น่าสนใจและเป็นประโยชน์ ต่อผู้เรียน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 3.4 ความถูกต้องตามหลักสูตร | 4.00 | 4.00 | 4.50 | 4.50 | 4.00 | 4.20 | มาก |
| 4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 4.1 กระตุ้นความสนใจของ นักเรียน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ในหลักสูตร | 4.50 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 4.50 | 4.6 | มาก |

ตาราง 17 (ต่อ)

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปผล |
|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | คนที่ | คนที่ | คนที่ | คนที่ | คนที่ | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 4.3 สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้ | 4.00 | 5.00 | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 4.40 | มาก |
| 4.4 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไป ตามขั้นตอน | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.60 | มาก |
| 5. ด้านสื่อการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหาและ กิจกรรม | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 5.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | 4.50 | 4.00 | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 4.60 | มาก |
| 5.3 มีความน่าสนใจ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 6. ด้านการวัดและประเมินผล | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 4.80 | มาก |
| 6.2 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน | 4.00 | 4.50 | 4.50 | 4.00 | 5.00 | 4.40 | มาก |
| 6.3 วัดได้ครอบคลุมสาระ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 4.80 | มาก |
| ค่าเฉลี่ย | 4.63 | 4.70 | 4.75 | 4.60 | 4.75 | 4.69 | มาก |
| | S.D. | | | | | | 0.32 |

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 18 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ตัวด้านทาน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปผล |
|--|---|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1. ด้านสาระสำคัญ | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ในหลักสูตร | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 1.2 สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้ | 5.00 | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 4.60 | มาก |
| 1.3 มีความเข้าใจง่าย | 5.00 | 4.50 | 4.50 | 4.00 | 4.50 | 4.50 | มาก |
| 2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | | | |
| 2.1 สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 2.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย | 5.00 | 4.50 | 4.50 | 4.50 | 4.50 | 4.60 | มาก |
| 2.3 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัด อย่างชัดเจน | 5.00 | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 4.00 | 4.70 | มาก |
| 3. ด้านสาระการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 3.1 เหมาะสมกับเวลา | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 3.2 มีความยากง่ายพอเหมาะ | 4.50 | 4.50 | 4.00 | 4.50 | 4.00 | 4.30 | มาก |
| 3.3 น่าสนใจและเป็นประโยชน์ ต่อผู้เรียน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 3.4 ความถูกต้องตามหลักสูตร | 5.00 | 5.00 | 4.50 | 4.50 | 4.50 | 4.70 | มาก |
| 4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 4.1 กระตุ้นความสนใจของ นักเรียน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ในหลักสูตร | 4.00 | 4.50 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 4.50 | มาก |

ตาราง 18 (ต่อ)

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปผล |
|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| | 4.3 สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้ | 4.00 | 5.00 | 4.00 | 4.00 | | |
| 4.4 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไป ตามขั้นตอน | 4.50 | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 4.50 | 4.70 | มาก |
| 5. ด้านสื่อการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหาและ กิจกรรม | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 5.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | 5.00 | 4.00 | 4.00 | 4.50 | 5.00 | 4.50 | มาก |
| 5.3 มีความน่าสนใจ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 6. ด้านการวัดและประเมินผล | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 4.80 | มาก |
| 6.2 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน | 4.50 | 4.50 | 4.50 | 4.50 | 5.00 | 4.60 | มาก |
| 6.3 วัดได้ครอบคลุมสาระ การเรียนรู้ | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.80 | มาก |
| ค่าเฉลี่ย | 4.83 | 4.70 | 4.63 | 4.78 | 4.75 | 4.74 | มาก |
| | S.D. | | | | | | 0.23 |

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 19 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง วงจรอิเล็กทรอนิกส์
เบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปผล |
|--|----------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| | ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | | |
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| 1. ด้านสาระสำคัญ | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 1.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ | 4.00 | 4.50 | 4.50 | 4.00 | 5.00 | 4.40 | มาก |
| 1.3 มีความเข้าใจง่าย | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 4.00 | 4.50 | 4.50 | มาก |
| 2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | | | |
| 2.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 2.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 4.50 | 4.50 | 4.60 | มาก |
| 2.3 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดอย่างชัดเจน | 4.50 | 4.50 | 4.50 | 5.00 | 4.00 | 4.50 | มาก |
| 3. ด้านสาระการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 3.1 เหมาะสมกับเวลา | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 3.2 มีความยากง่ายพอเหมาะ | 4.50 | 4.50 | 4.00 | 4.50 | 4.50 | 4.40 | มาก |
| 3.3 น่าสนใจและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 3.4 ความถูกต้องตามหลักสูตร | 4.50 | 4.00 | 5.00 | 4.50 | 4.50 | 4.50 | มาก |
| 4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 4.1 กระตุ้นความสนใจของนักเรียน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร | 4.00 | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 4.00 | 4.50 | มาก |

ตาราง 19 (ต่อ)

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปผล |
|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| | 4.3 สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้ | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 4.00 | | |
| 4.4 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไป ตามขั้นตอน | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 4.50 | 4.50 | มาก |
| 5. ด้านสื่อการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหาและ กิจกรรม | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 5.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | 4.50 | 4.50 | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 4.70 | มาก |
| 5.3 มีความน่าสนใจ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 6. ด้านการวัดและประเมินผล | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 6.2 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน | 4.50 | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 4.80 | มาก |
| 6.3 วัดได้ครอบคลุมสาระ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย | 4.65 | 4.80 | 4.85 | 4.70 | 4.73 | 4.75 | มาก |
| | S.D. | | | | | | 0.25 |

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 20 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง พลังงานไฟฟ้า
กำลังไฟฟ้า และการคำนวณค่าไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปผล |
|--|---|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1. ด้านสาระสำคัญ | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ในหลักสูตร | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 1.2 สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 4.50 | 5.00 | 4.70 | มาก |
| 1.3 มีความเข้าใจง่าย | 4.00 | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 4.50 | 4.60 | มาก |
| 2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | | | |
| 2.1 สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 2.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย | 5.00 | 4.00 | 4.00 | 4.50 | 5.00 | 4.50 | มาก |
| 2.3 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัด อย่างชัดเจน | 5.00 | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 4.00 | 4.40 | มาก |
| 3. ด้านสาระการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 3.1 เหมาะสมกับเวลา | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 3.2 มีความยากง่ายพอเหมาะ | 4.00 | 4.50 | 4.50 | 5.00 | 4.50 | 4.50 | มาก |
| 3.3 น่าสนใจและเป็นประโยชน์ ต่อผู้เรียน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 3.4 ความถูกต้องตามหลักสูตร | 4.50 | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 4.00 | 4.50 | มาก |
| 4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 4.1 กระตุ้นความสนใจของ นักเรียน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ในหลักสูตร | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 4.80 | มาก |

ตาราง 20 (ต่อ)

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปผล |
|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| | 4.3 สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้ | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 4.50 | | |
| 4.4 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไป ตามขั้นตอน | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 4.60 | มาก |
| 5. ด้านสื่อการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหาและ กิจกรรม | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 5.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 4.50 | 4.00 | 4.30 | มาก |
| 5.3 มีความน่าสนใจ | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 4.80 | มาก |
| 6. ด้านการวัดและประเมินผล | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 6.2 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน | 5.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 4.40 | มาก |
| 6.3 วัดได้ครอบคลุมสาระ การเรียนรู้ | 4.00 | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 4.70 | มาก |
| ค่าเฉลี่ย | 4.75 | 4.75 | 4.60 | 4.75 | 4.75 | 4.72 | มาก |
| | S.D. | | | | | | 0.24 |

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 21 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง วงจรไฟฟ้า และ
เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปผล |
|--|----------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | | |
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| 1. ด้านสาระสำคัญ | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ในหลักสูตร | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 1.2 สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 4.50 | 5.00 | 4.70 | มาก |
| 1.3 มีความเข้าใจง่าย | 4.00 | 4.50 | 5.00 | 4.50 | 4.50 | 4.50 | มาก |
| 2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | | | |
| 2.1 สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 2.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 4.50 | 4.50 | 4.70 | มาก |
| 2.3 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัด อย่างชัดเจน | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 4.50 | 4.50 | มาก |
| 3. ด้านสาระการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 3.1 เหมาะสมกับเวลา | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 3.2 มีความยากง่ายพอเหมาะ | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 4.50 | 4.50 | 4.60 | มาก |
| 3.3 น่าสนใจและเป็นประโยชน์ ต่อผู้เรียน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 3.4 ความถูกต้องตามหลักสูตร | 4.50 | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.80 | มาก |
| 4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 4.1 กระตุ้นความสนใจของ นักเรียน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ในหลักสูตร | 4.50 | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 4.80 | มาก |

ตาราง 21 (ต่อ)

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปผล |
|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| | 4.3 สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้ | 5.00 | 4.00 | 4.50 | 5.00 | | |
| 4.4 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไป ตามขั้นตอน | 4.50 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 4.50 | 4.60 | มาก |
| 5. ด้านสื่อการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหาและ กิจกรรม | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 5.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 4.50 | มาก |
| 5.3 มีความน่าสนใจ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 6. ด้านการวัดและประเมินผล | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 6.2 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 4.80 | มาก |
| 6.3 วัดได้ครอบคลุมสาระการ เรียนรู้ | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.90 | มาก |
| ค่าเฉลี่ย | 4.70 | 4.78 | 4.90 | 4.78 | 4.88 | 4.81 | มาก |
| | S.D. | | | | | | 0.91 |

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 22 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การใช้ไฟฟ้าอย่าง
ประหยัดและปลอดภัย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปผล |
|--|---|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1. ด้านสาระสำคัญ | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ในหลักสูตร | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 1.2 สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 4.80 | มาก |
| 1.3 มีความเข้าใจง่าย | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 4.50 | 4.00 | 4.50 | มาก |
| 2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | | | |
| 2.1 สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 2.2 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย | 4.00 | 5.00 | 4.00 | 4.50 | 4.50 | 4.40 | มาก |
| 2.3 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัด อย่างชัดเจน | 4.50 | 4.50 | 5.00 | 4.50 | 4.50 | 4.60 | มาก |
| 3. ด้านสาระการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 3.1 เหมาะสมกับเวลา | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 3.2 มีความยากง่ายพอเหมาะ | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 4.50 | 4.70 | มาก |
| 3.3 น่าสนใจและเป็นประโยชน์ ต่อผู้เรียน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 3.4 ความถูกต้องตามหลักสูตร | 4.00 | 4.50 | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 4.50 | มาก |
| 4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 4.1 กระตุ้นความสนใจของ นักเรียน | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ในหลักสูตร | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.90 | มาก |

ตาราง 22 (ต่อ)

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปผล |
|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 4.3 สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้ | 4.00 | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 4.70 | มาก |
| 4.4 กิจกรรมการเรียนรู้ เป็นไปตามขั้นตอน | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 4.50 | 4.70 | มาก |
| 5. ด้านสื่อการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหาและ กิจกรรม | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 5.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 4.60 | มาก |
| 5.3 มีความน่าสนใจ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 6. ด้านการวัดและประเมินผล | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | มากที่สุด |
| 6.2 มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจน | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.90 | มาก |
| 6.3 วัดได้ครอบคลุมสาระ การเรียนรู้ | 4.00 | 4.50 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 4.50 | มาก |
| ค่าเฉลี่ย | 4.75 | 4.80 | 4.78 | 4.83 | 4.80 | 4.79 | มาก |
| | S.D. | | | | | | 0.21 |

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 23 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| รายการประเมิน | คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | | | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
|---------------------------|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 | 4.63 | 4.70 | 4.75 | 4.60 | 4.75 | 4.69 | 0.32 |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 | 4.83 | 4.70 | 4.63 | 4.78 | 4.75 | 4.74 | 0.23 |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 | 4.65 | 4.80 | 4.85 | 4.70 | 4.73 | 4.75 | 0.25 |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 | 4.75 | 4.75 | 4.60 | 4.75 | 4.75 | 4.72 | 0.24 |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 | 4.70 | 4.78 | 4.90 | 4.78 | 4.88 | 4.81 | 0.19 |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 | 4.75 | 4.80 | 4.78 | 4.83 | 4.80 | 4.79 | 0.21 |
| รวม | 28.31 | 28.53 | 28.51 | 28.44 | 28.66 | 28.5 | 1.44 |
| ค่าเฉลี่ย | 4.72 | 4.76 | 4.75 | 4.74 | 4.78 | 4.75 | 0.24 |
| S.D. | 0.07 | 0.05 | 0.12 | 0.08 | 0.06 | 0.04 | |

ตาราง 24 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยจำแนกรายด้าน

| รายการประเมิน | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | | | | | | ค่าเฉลี่ย | S.D. |
|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|-----------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| ด้านสาระสำคัญ | 4.83 | 4.70 | 4.63 | 4.77 | 4.73 | 4.77 | 4.74 | 0.07 |
| ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ | 4.57 | 4.77 | 4.70 | 4.63 | 4.73 | 4.67 | 4.68 | 0.07 |
| ด้านสาระการเรียนรู้ | 4.58 | 4.75 | 4.73 | 4.75 | 4.85 | 4.80 | 4.74 | 0.09 |
| ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | 4.65 | 4.65 | 4.63 | 4.75 | 4.78 | 4.83 | 4.72 | 0.08 |
| ด้านสื่อการเรียนรู้ | 4.87 | 4.83 | 4.90 | 4.70 | 4.83 | 4.87 | 4.83 | 0.07 |
| ด้านการวัดและประเมินผล | 4.67 | 4.73 | 4.93 | 4.70 | 4.90 | 4.80 | 4.79 | 0.11 |

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| ข้อสอบข้อที่ | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่ | | | | | เฉลี่ย | สรุปผล |
|--------------|---------------------------------|----|----|----|----|--------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 6 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 7 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 8 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 9 | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0.80 | สอดคล้อง |
| 10 | +1 | 0 | +1 | +1 | +1 | 0.80 | สอดคล้อง |
| 11 | +1 | +1 | 0 | 0 | +1 | 0.60 | ไม่สอดคล้อง |
| 12 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 13 | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0.80 | สอดคล้อง |
| 14 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 15 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 16 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 17 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 18 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 19 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 20 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 21 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 22 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 23 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 24 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |

ตาราง 25 (ต่อ)

| ข้อสอบข้อที่ | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่ | | | | | เฉลี่ย | สรุปผล |
|--------------|---------------------------------|----|----|----|----|--------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 25 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 26 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 27 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 28 | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0.80 | สอดคล้อง |
| 29 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 30 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 31 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 32 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 33 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 34 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 35 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 36 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 37 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 38 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 39 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 40 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |

จากตาราง 25 พบว่า ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6-1.0

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (B) และค่าความเชื่อมั่น (R) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| ข้อ | ค่าความยาก (p) | ค่าอำนาจจำแนก (B) | การแปลความหมาย | ผ่านเกณฑ์คุณภาพ |
|-----|----------------|-------------------|---------------------------------------|-----------------|
| 1 | 0.70 | 0.15 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ | ไม่ผ่าน |
| 2 | 0.60 | 0.28 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 3 | 0.70 | 0.15 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ | ไม่ผ่าน |
| 4 | 0.70 | 0.01 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกต่ำ | ไม่ผ่าน |
| 5 | 0.77 | 0.11 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ | ไม่ผ่าน |
| 6 | 0.73 | 0.49 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง | ผ่าน |
| 7 | 0.73 | 0.06 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกต่ำ | ไม่ผ่าน |
| 8 | 0.63 | 0.19 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกต่ำ | ไม่ผ่าน |
| 9 | 0.73 | 0.49 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง | ผ่าน |
| 10 | 0.73 | 0.15 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ | ไม่ผ่าน |
| 11 | 0.77 | 0.4 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |

ตาราง 26 (ต่อ)

| ข้อ | ค่าความยาก (p) | ค่าอำนาจจำแนก (B) | การแปลความหมาย | ผ่านเกณฑ์ คุณภาพ |
|-----|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------|
| 12 | 0.73 | 0.35 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 13 | 0.63 | 0.33 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 14 | 0.70 | 0.13 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกต่ำ | ไม่ผ่าน |
| 15 | 0.77 | 0.26 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 16 | 0.63 | 0.33 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 17 | 0.63 | 0.33 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 18 | 0.67 | 0.53 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง | ผ่าน |
| 19 | 0.70 | 0.30 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 20 | 0.57 | 0.37 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 21 | 0.67 | 0.33 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 22 | 0.67 | 0.37 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 23 | 0.60 | 0.40 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง | ผ่าน |

ตาราง 26 (ต่อ)

| ข้อ | ค่าความยาก (p) | ค่าอำนาจจำแนก (B) | การแปลความหมาย | ผ่านเกณฑ์ คุณภาพ |
|-----|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------|
| 24 | 0.77 | 0.33 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 25 | 0.67 | 0.33 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 26 | 0.73 | 0.40 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง | ผ่าน |
| 27 | 0.63 | 0.53 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง | ผ่าน |
| 28 | 0.73 | 0.33 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 29 | 0.77 | 0.35 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 30 | 0.63 | 0.33 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 31 | 0.67 | 0.24 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 32 | 0.67 | 0.53 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง | ผ่าน |
| 33 | 0.60 | 0.28 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 34 | 0.74 | 0.40 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง | ผ่าน |
| 35 | 0.67 | 0.24 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |

ตาราง 26 (ต่อ)

| ข้อ | ค่าความยาก (p) | ค่าอำนาจจำแนก (B) | การแปลความหมาย | ผ่านเกณฑ์ คุณภาพ |
|---------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------|
| 36 | 0.73 | 0.35 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 37 | 0.60 | 0.28 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 38 | 0.63 | 0.33 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 39 | 0.73 | 0.06 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกต่ำ | ไม่ผ่าน |
| 40 | 0.77 | 0.11 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ | ไม่ผ่าน |
| ค่าความเชื่อมั่น (R) 0.87 | | | | |

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าความยากในช่วง 0.57 - 0.77 หมายความว่า ข้อสอบค่อนข้างง่ายจนถึง
ระดับง่าย โดยค่าความยากของข้อสอบที่เหมาะสมและยอมรับได้ มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 - 0.80

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าอำนาจจำแนกในช่วง 0.01 - 0.53 หมายความว่า ข้อสอบสามารถจำแนก
ผู้ตอบตาม ระดับความสามารถได้ในระดับต่ำจนถึงค่อนข้างสูง โดยค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมและ
ยอมรับได้ มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 - 1.00

นอกจากนี้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 40 ข้อ ซึ่งมีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์
จำนวน 30 ข้อ และไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 10 ข้อ ข้อสอบปรนัยฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธี
ของโลเวท (Lovett Method) เท่ากับ 0.87

ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| ข้อสอบข้อที่ | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่ | | | | | เฉลี่ย | สรุปผล |
|--------------|---------------------------------|----|----|----|----|--------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 6 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 7 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 8 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 9 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 10 | +1 | +1 | 0 | 0 | +1 | 0.6 | สอดคล้อง |
| 11 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ไม่สอดคล้อง |
| 12 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 13 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 14 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 15 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 16 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 0.8 | สอดคล้อง |
| 17 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 18 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 19 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 20 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 21 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 22 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 23 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 24 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 25 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |

จากตาราง 27 พบว่า ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6-1.0

ตาราง 28 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (B) และค่าความเชื่อมั่น (R) ของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| ข้อ | ค่าความยาก (p) | ค่าอำนาจจำแนก (B) | การแปลความหมาย | ผ่านเกณฑ์คุณภาพ |
|-----|----------------|-------------------|----------------------------------|-----------------|
| 1 | 0.69 | 0.70 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 2 | 0.56 | 0.60 | ปานกลาง อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 3 | 0.56 | 0.70 | ปานกลาง อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 4 | 0.81 | 0.83 | ง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 5 | 0.75 | 0.73 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 6 | 0.56 | 0.60 | ปานกลาง อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 7 | 0.88 | 0.80 | ง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 8 | 0.69 | 0.83 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 9 | 0.50 | 0.30 | ปานกลาง อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 10 | 0.50 | 0.37 | ปานกลาง อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 11 | 0.44 | 0.40 | ปานกลาง อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง | ผ่าน |

ตาราง 28 (ต่อ)

| ข้อ | ค่าความยาก (p) | ค่าอำนาจจำแนก (B) | การแปลความหมาย | ผ่านเกณฑ์ คุณภาพ |
|-----|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------|
| 12 | 0.38 | 0.33 | ค่อนข้างยาก อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 13 | 0.50 | 0.27 | ปานกลาง อำนาจจำแนกปานกลาง | ผ่าน |
| 14 | 0.63 | 0.70 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 15 | 0.56 | 0.53 | ปานกลาง อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง | ผ่าน |
| 16 | 0.69 | 0.77 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 17 | 0.63 | 0.87 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 18 | 0.63 | 0.67 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 19 | 0.63 | 0.57 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง | ผ่าน |
| 20 | 0.81 | 0.80 | ง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 21 | 0.63 | 0.83 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 22 | 0.69 | 0.77 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 23 | 0.44 | 0.50 | ปานกลาง อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง | ผ่าน |

ตาราง 28 (ต่อ)

| ข้อ | ค่าความยาก (p) | ค่าอำนาจจำแนก (B) | การแปลความหมาย | ผ่านเกณฑ์ คุณภาพ |
|-----------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------|
| 24 | 0.44 | 0.80 | ปานกลาง อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| 25 | 0.69 | 0.90 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | ผ่าน |
| ค่าความเชื่อมั่น (R) 0.729 | | | | |

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าความยากในช่วง 0.38 - 0.88 หมายความว่า ข้อสอบมีตั้งแต่ระดับ
ความค่อนข้างยาก จนถึงระดับง่าย โดยค่าความยากของข้อสอบที่เหมาะสมและยอมรับได้
มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 - 0.80

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าอำนาจจำแนกในช่วง 0.27 - 0.90 หมายความว่า ข้อสอบสามารถจำแนก
ผู้ตอบตาม ระดับความสามารถได้ในระดับปานกลางจนถึงสูง โดยค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมและ
ยอมรับได้ มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 - 1.00

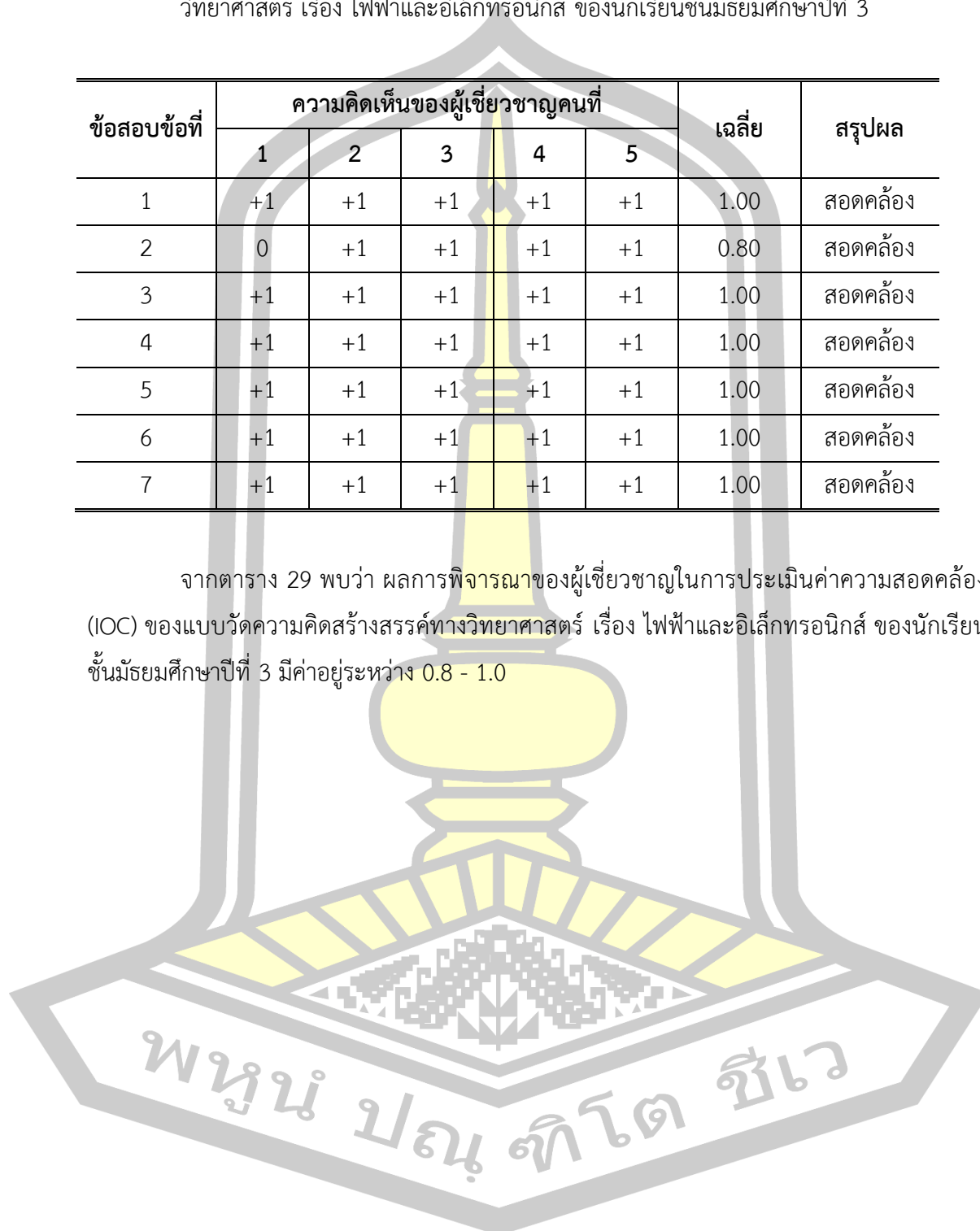
นอกจากนี้ แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 25 ข้อ ซึ่งข้อสอบผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 25 ข้อ
ข้อสอบปรนัยฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่น โดยใช้วิธีของโลเวท (Lovett Method) เท่ากับ 0.729

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 29 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง
วิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| ข้อสอบข้อที่ | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่ | | | | | เฉลี่ย | สรุปผล |
|--------------|---------------------------------|----|----|----|----|--------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | 0 | +1 | +1 | +1 | +1 | 0.80 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 6 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 7 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | สอดคล้อง |

จากตาราง 29 พบว่า ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.8 - 1.0

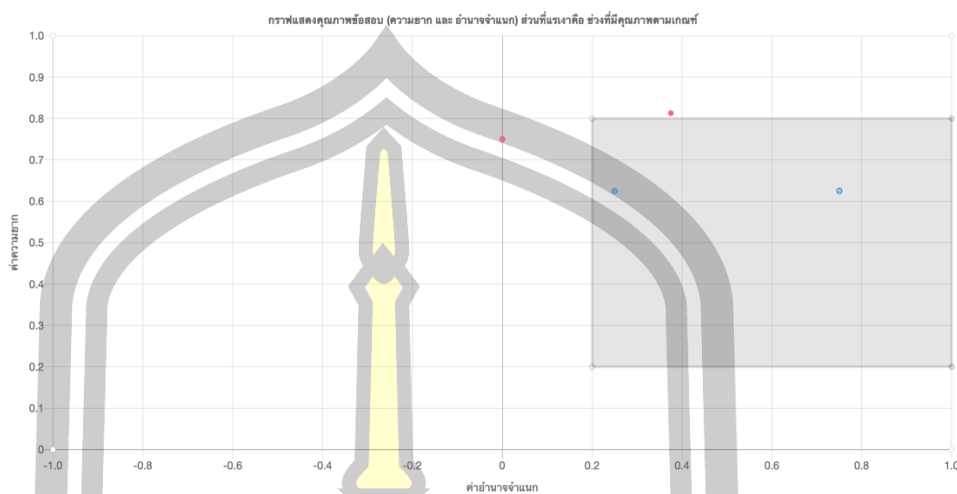


ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง
วิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| ข้อ | ค่าความยาก | ค่าอำนาจจำแนก | การแปลความหมาย | ผ่านเกณฑ์ คุณภาพ |
|-----|------------|---------------|------------------------------------|---------------------|
| 1 | 0.813 | 0.375 | ง่าย อำนาจจำแนกปาน กลาง | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 2 | 0.625 | 0.25 | ค่อนข้างง่าย อำนาจ จำแนกปานกลาง | ผ่านเกณฑ์ |
| 3 | 0.75 | 0 | ค่อนข้างง่าย ไม่มีอำนาจ จำแนก | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 4 | 0.625 | 0.75 | ค่อนข้างง่าย อำนาจ จำแนกสูง | ผ่านเกณฑ์ |
| 5 | 0.625 | 0.25 | ค่อนข้างง่าย อำนาจ จำแนกปานกลาง | ผ่านเกณฑ์ |
| 6 | 0.75 | 0 | ค่อนข้างง่าย ไม่มีอำนาจ จำแนก | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 7 | 0.625 | 0.75 | ค่อนข้างง่าย อำนาจ จำแนกสูง | ผ่านเกณฑ์ |

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าความยากในช่วง 0.625 - 0.813 หมายความว่า ข้อสอบมีตั้งแต่ระดับ
ความค่อนข้างง่ายจนถึงระดับง่าย โดยค่าความยากของข้อสอบที่เหมาะสมและยอมรับได้
มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 - 0.80

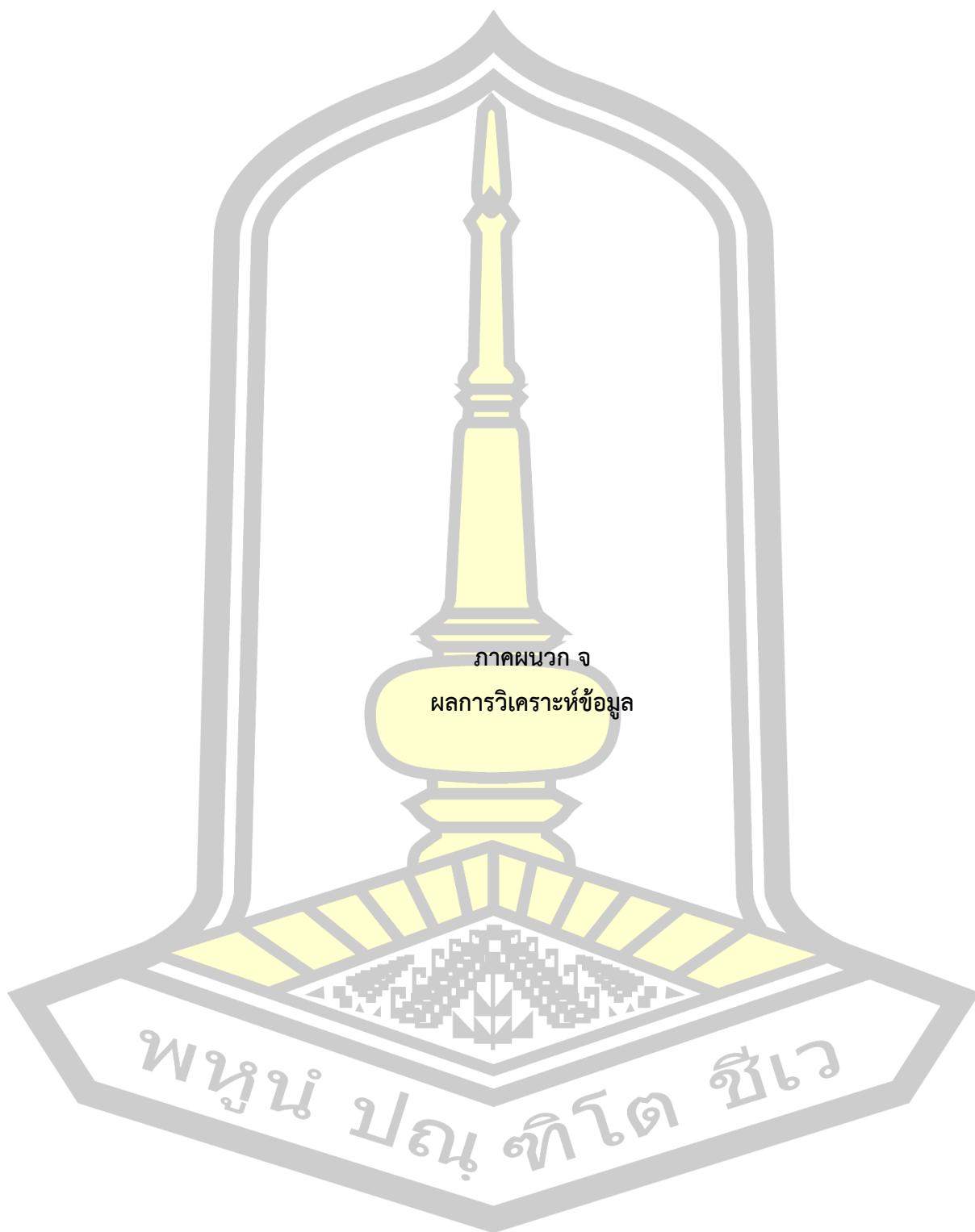
แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าอำนาจจำแนกในช่วง 0-0.75 หมายความว่า ข้อสอบสามารถจำแนกผู้ตอบ
ตาม ระดับความสามารถได้ในระดับไม่มีค่าอำนาจจำแนกจนถึงสูง โดยค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสม
และยอมรับได้มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 - 1.00 และมีข้อที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 4 ข้อ ไม่ผ่านเกณฑ์
จำนวน 3 ข้อ



ตาราง 31 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's alpha coefficient) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| ข้อ | ค่าความยาก | ค่าอำนาจจำแนก | การแปลความหมาย | ค่าความเชื่อมั่น |
|-----|------------|---------------|--------------------------------|------------------|
| 2 | 0.625 | 0.25 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | 0.518 |
| 4 | 0.625 | 0.75 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | |
| 5 | 0.625 | 0.25 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกปานกลาง | |
| 7 | 0.625 | 0.75 | ค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนกสูง | |

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่คัดเลือกจำนวน 4 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.518



คะแนนผลการทดสอบความเป็น normality ของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
ของนักเรียน ก่อน เรียนและหลังเรียน

Descriptives

| | | Statistic | Std. Error |
|-------------------|----------------------------------|-------------|------------|
| Pretest | Mean | 6.2000 | .31220 |
| Critical Thinking | 95% Confidence Interval for Mean | Lower Bound | 5.5615 |
| | | Upper Bound | 6.8385 |
| | 5% Trimmed Mean | 6.2222 | |
| | Median | 6.0000 | |
| | Variance | 2.924 | |
| | Std. Deviation | 1.71001 | |
| | Minimum | 3.00 | |
| | Maximum | 9.00 | |
| | Range | 6.00 | |
| | Interquartile Range | 3.00 | |
| | Skewness | -.245 | .427 |
| | Kurtosis | -.856 | .833 |
| Posttest | Mean | 15.7333 | .78482 |
| Critical Thinking | 95% Confidence Interval for Mean | Lower Bound | 14.1282 |
| | | Upper Bound | 17.3385 |
| | 5% Trimmed Mean | 15.8148 | |
| | Median | 16.0000 | |
| | Variance | 18.478 | |
| | Std. Deviation | 4.29862 | |
| | Minimum | 8.00 | |
| | Maximum | 22.00 | |
| | Range | 14.00 | |
| | Interquartile Range | 6.50 | |
| | Skewness | -.281 | .427 |
| | Kurtosis | -1.019 | .833 |

จากการทดสอบการแจกแจงปกติของคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน พบว่า ค่าสถิติ skewness (ความเบ้) มีค่า $-.245$ และ $-.281$ ตามลำดับ และค่าสถิติ kurtosis (ความโด่ง) มีค่า $-.856$ และ -1.019 ตามลำดับ ด้าน $+/-$ มีค่า น้อยกว่า 1 ดังนั้นข้อมูลมีการแจกแจงปกติ สามารถใช้สถิติแบบ parametric ได้

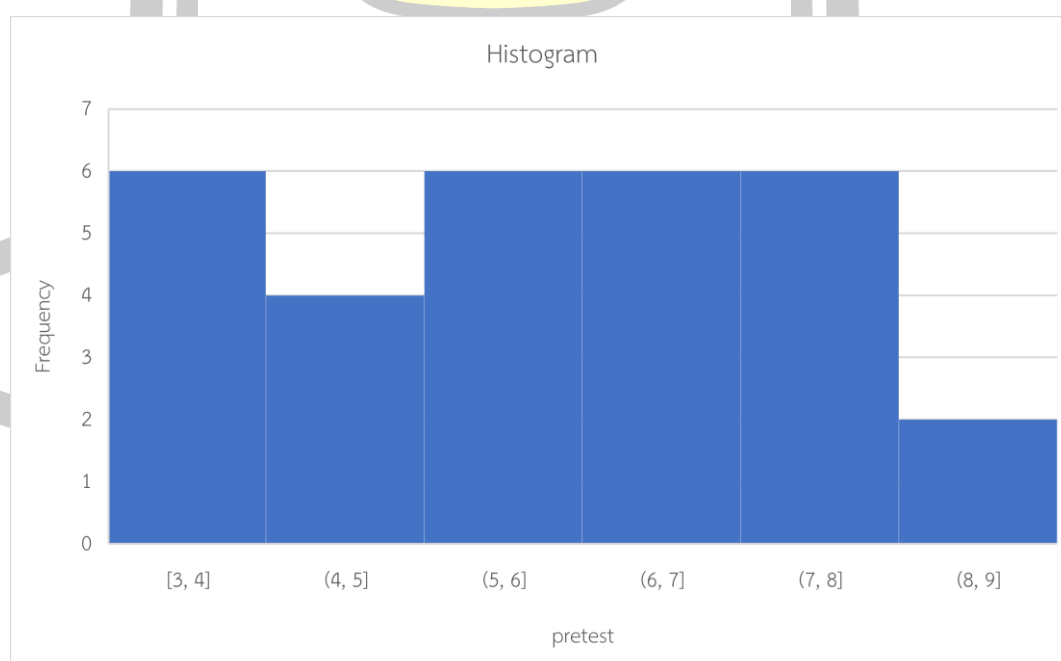
Tests of Normality

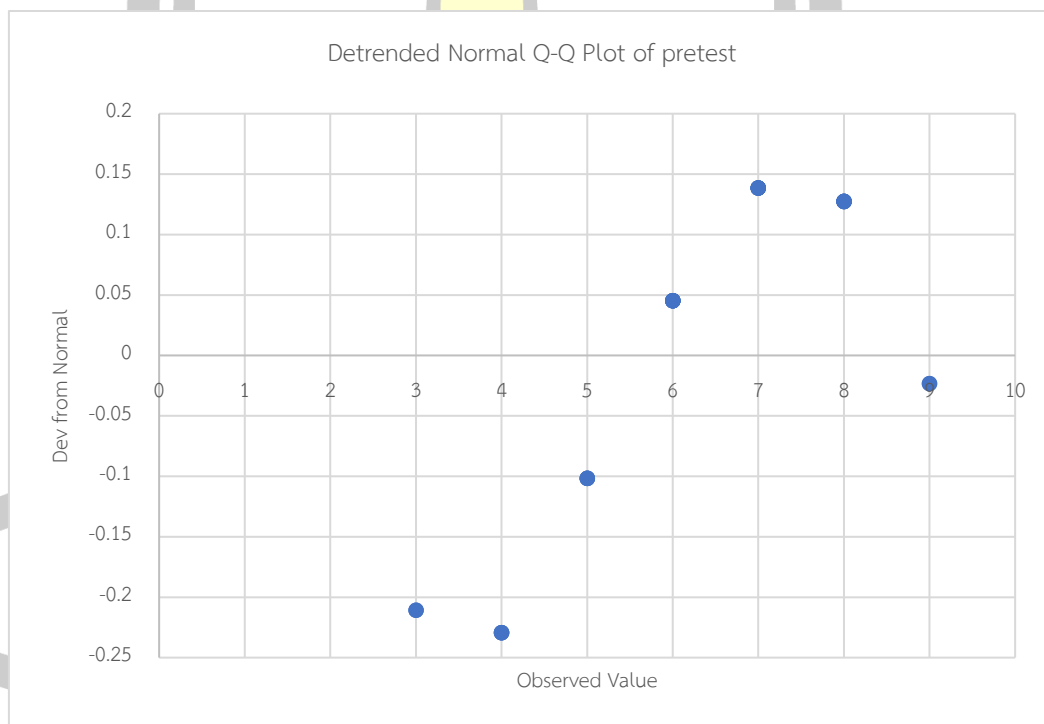
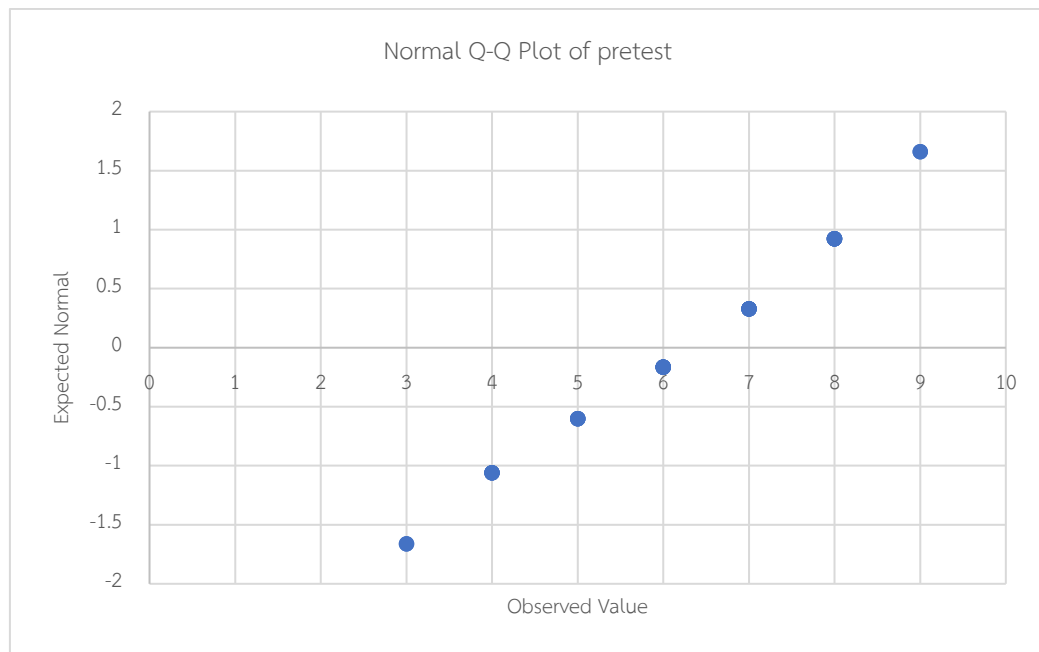
| Critical Thinking | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. |
| Pretest | .147 | 30 | .098 | .944 | 30 | .118 |
| Posttest | .110 | 30 | .200* | .948 | 30 | .153 |

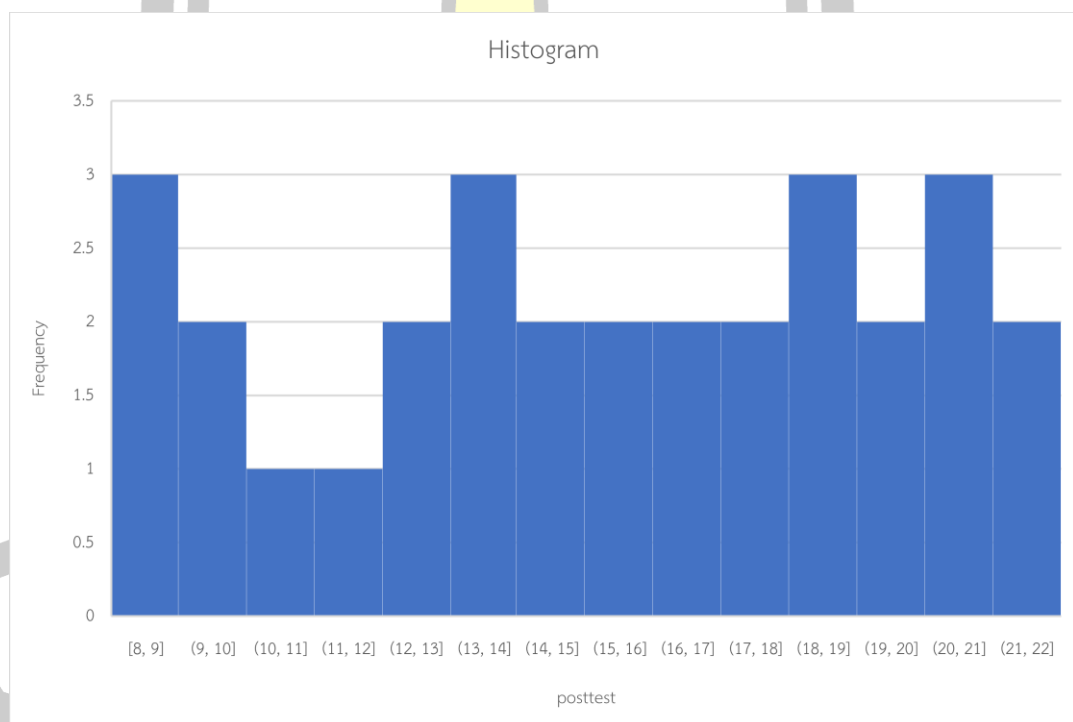
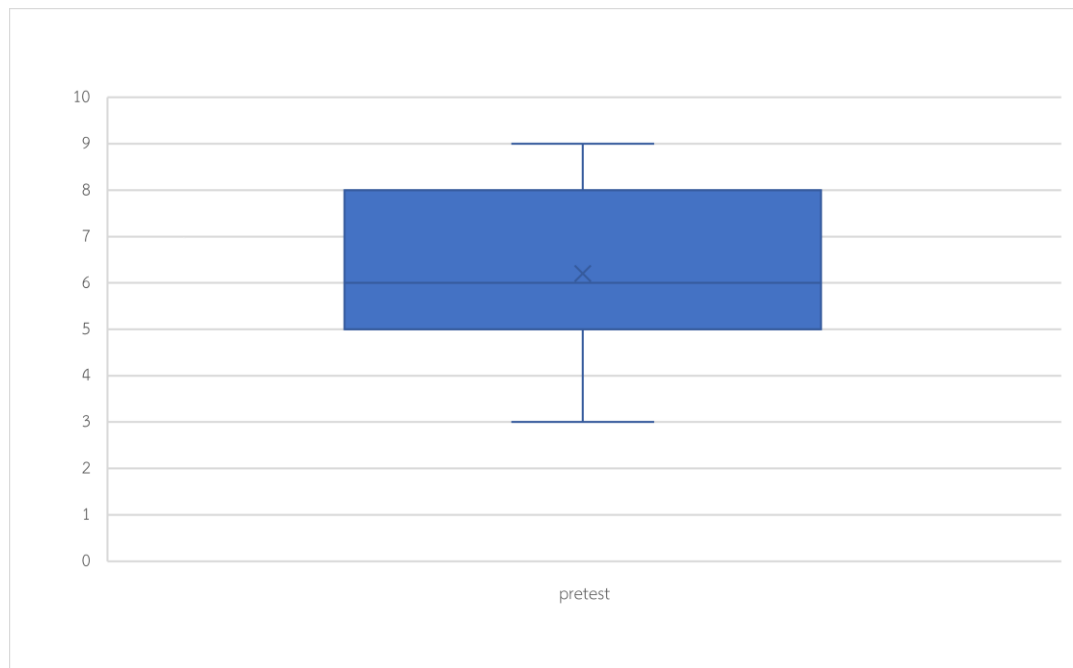
*. This is a lower bound of the true significance.

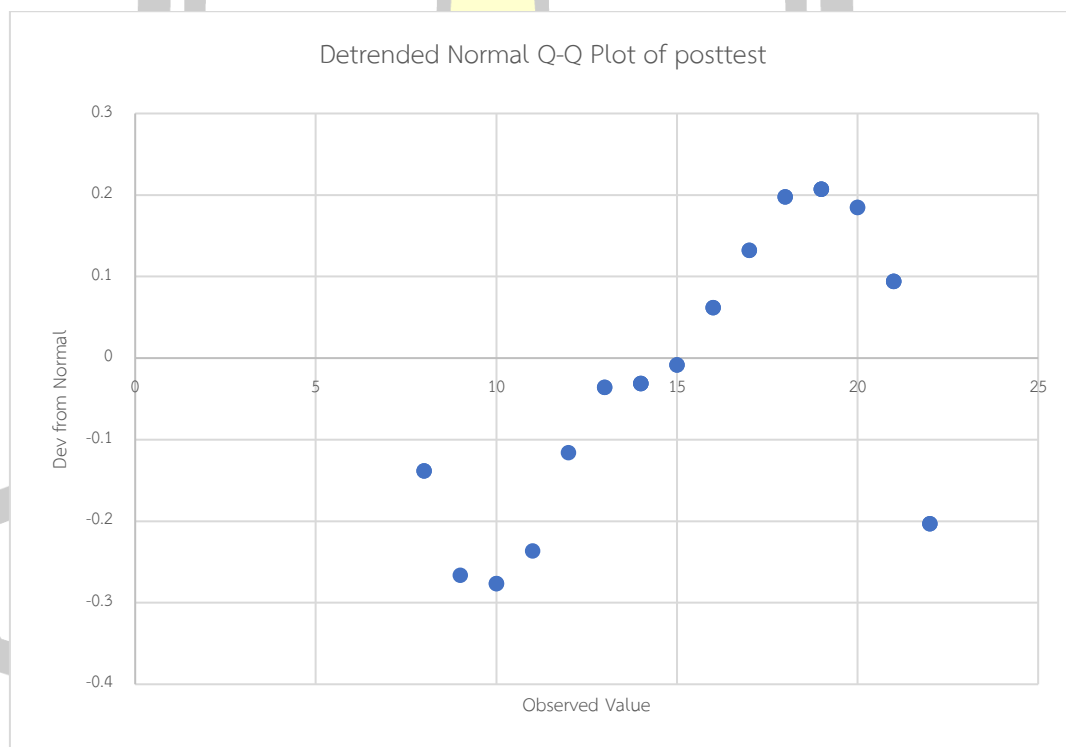
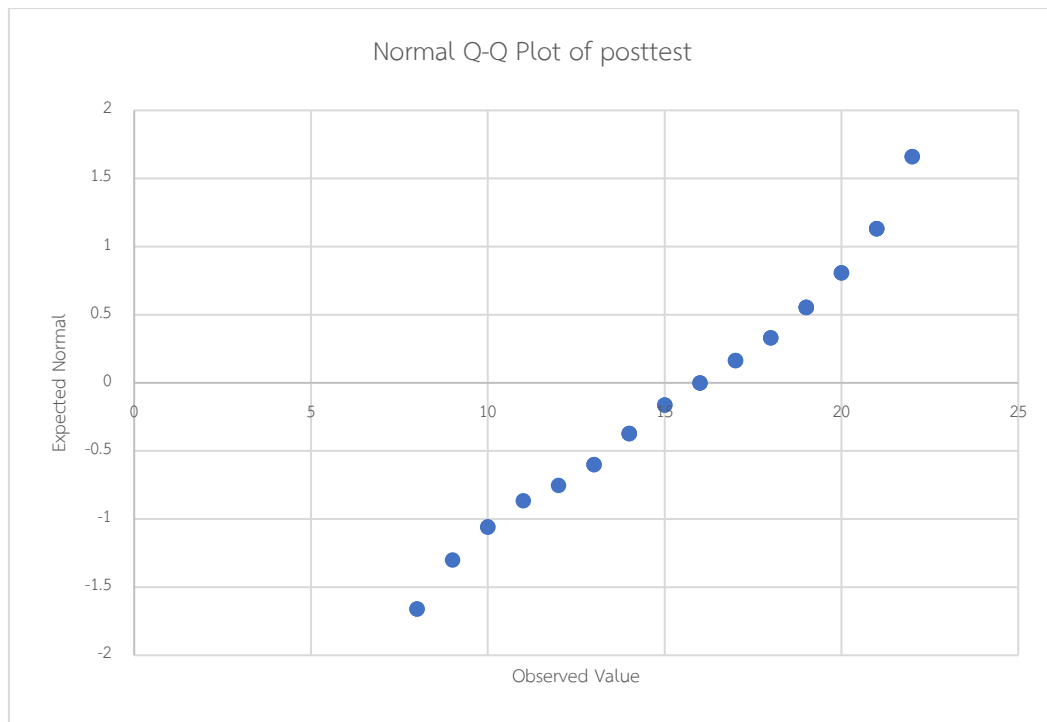
a. Lilliefors Significance Correction

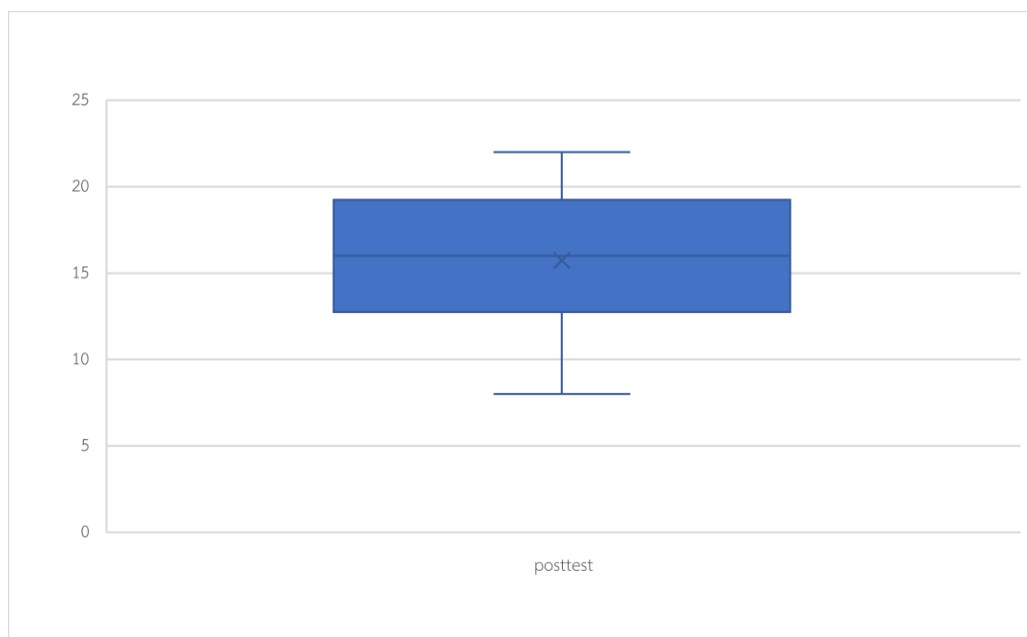
จากการทดสอบการแจกแจงปกติของคะแนนก่อนเรียนมีค่า sig เท่ากับ $.118$ และหลังเรียน มีค่า sig เท่ากับ $.153$ พบว่า ค่า sig ของ Shapiro-Wilk มีค่า $>.05$ ดังนั้นข้อมูลมีการแจกแจงปกติ สามารถใช้สถิติ แบบ parametric ได้











คะแนนผลการทดสอบความเป็น normality ของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน

Descriptives

| | | Statistic | Std. Error |
|---------------------|----------------------------------|-------------|------------|
| pretest | Mean | 4.5000 | .20200 |
| Creative in Science | 95% Confidence Interval for Mean | Lower Bound | 4.0869 |
| | | Upper Bound | 4.9131 |
| | 5% Trimmed Mean | 4.5000 | |
| | Median | 4.5000 | |
| | Variance | 1.224 | |
| | Std. Deviation | 1.10641 | |
| | Minimum | 2.00 | |
| | Maximum | 7.00 | |
| | Range | 5.00 | |
| | Interquartile Range | 1.00 | |
| | Skewness | .000 | .427 |
| | Kurtosis | .056 | .833 |
| posttest | Mean | 11.6000 | .27376 |
| Creative in Science | 95% Confidence Interval for Mean | Lower Bound | 11.0401 |
| | | Upper Bound | 12.1599 |
| | 5% Trimmed Mean | 11.6481 | |
| | Median | 12.0000 | |
| | Variance | 2.248 | |
| | Std. Deviation | 1.49943 | |
| | Minimum | 8.00 | |
| | Maximum | 14.00 | |
| | Range | 6.00 | |
| | Interquartile Range | 2.25 | |
| | Skewness | -.305 | .427 |
| | Kurtosis | -.231 | .833 |

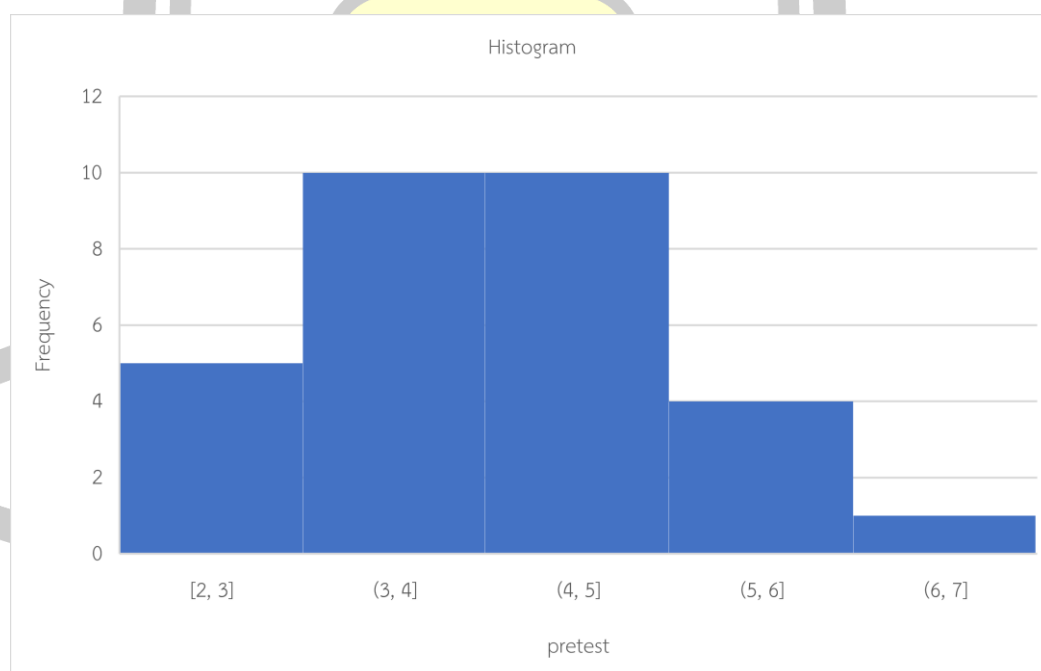
จากการทดสอบการแจกแจงปกติของคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน พบว่า ค่าสถิติ skewness (ความเบ้) มีค่า .000 และ -.305 ตามลำดับ และค่าสถิติ kurtosis (ความโด่ง) มีค่า .056 และ -.231 ตามลำดับ ด้าน +/- มีค่า น้อยกว่า 1 ดังนั้นข้อมูลมีการแจกแจงปกติ สามารถใช้สถิติแบบ parametric ได้

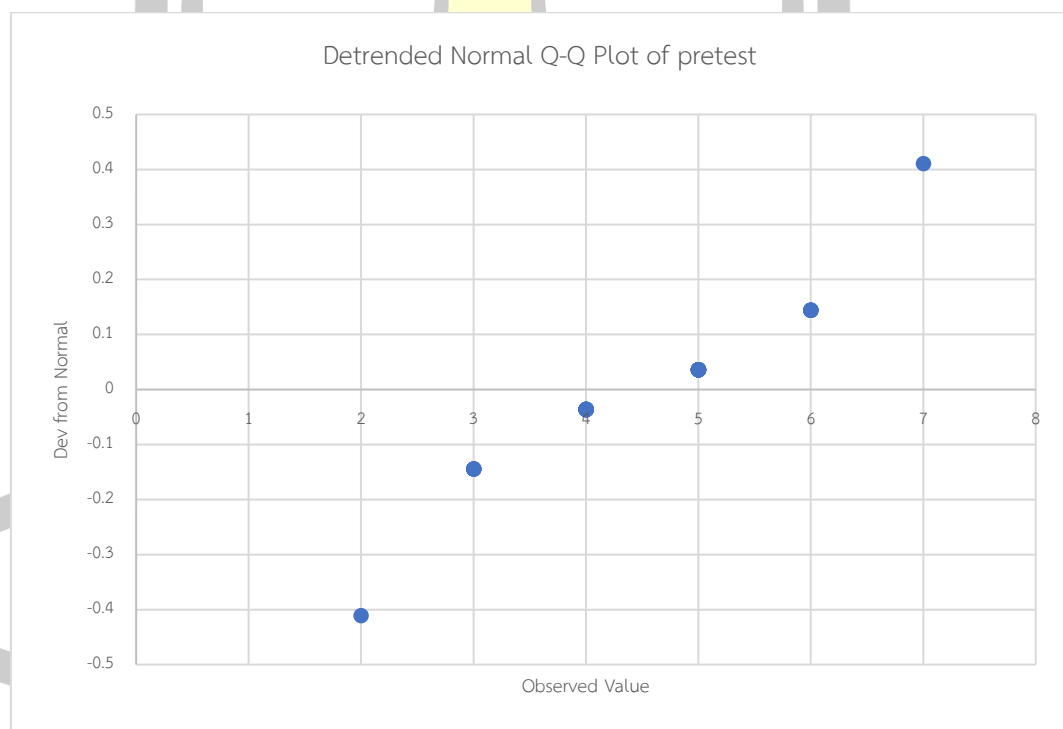
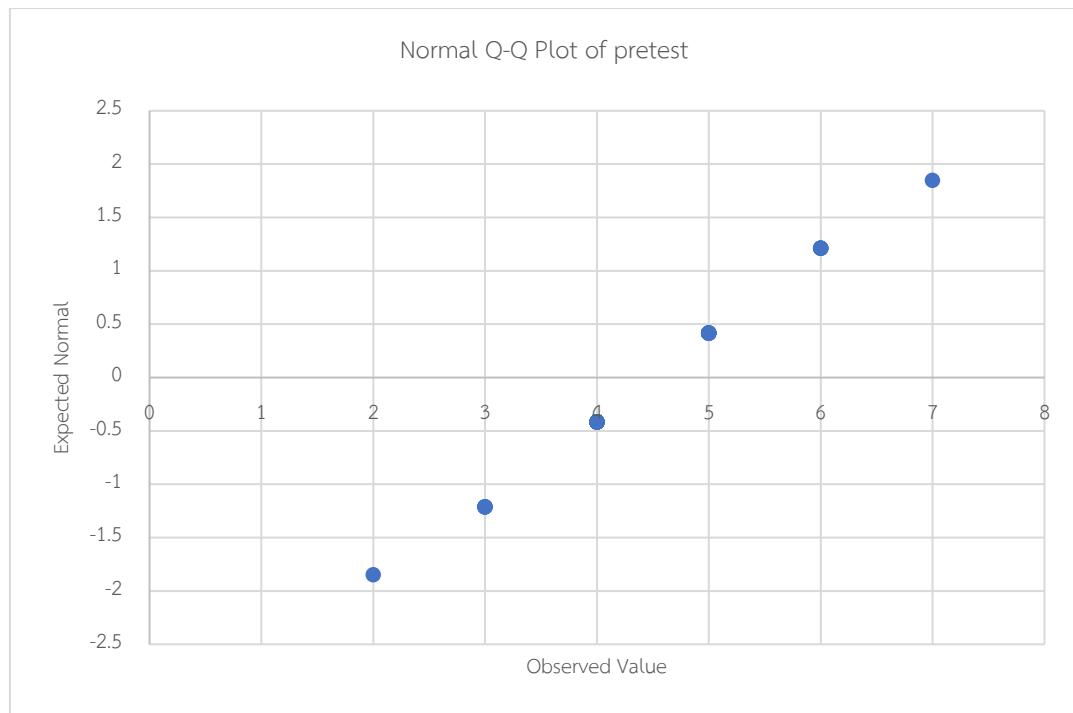
Tests of Normality

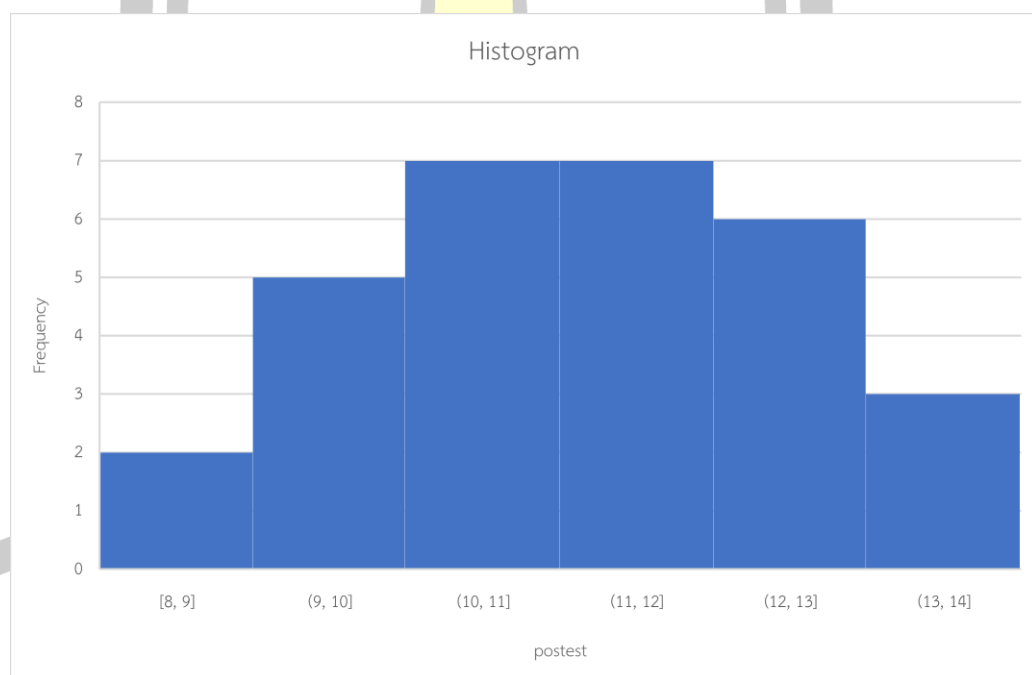
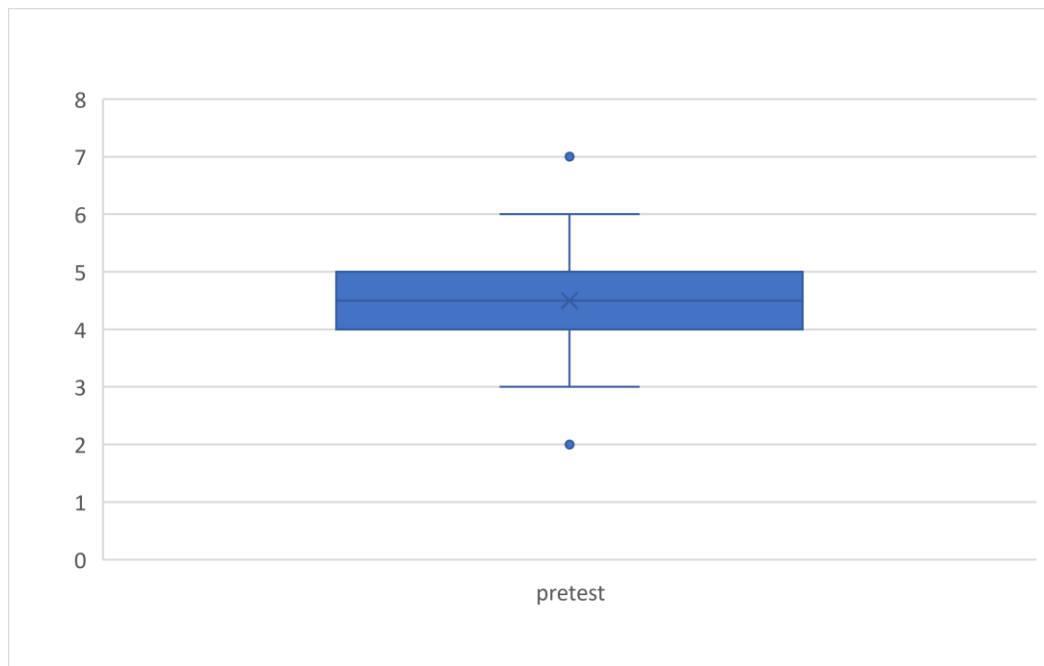
| Creative in Science | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|---------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. |
| pretest | .174 | 30 | .021 | .937 | 30 | .074 |
| posttest | .139 | 30 | .147 | .950 | 30 | .165 |

a. Lilliefors Significance Correction

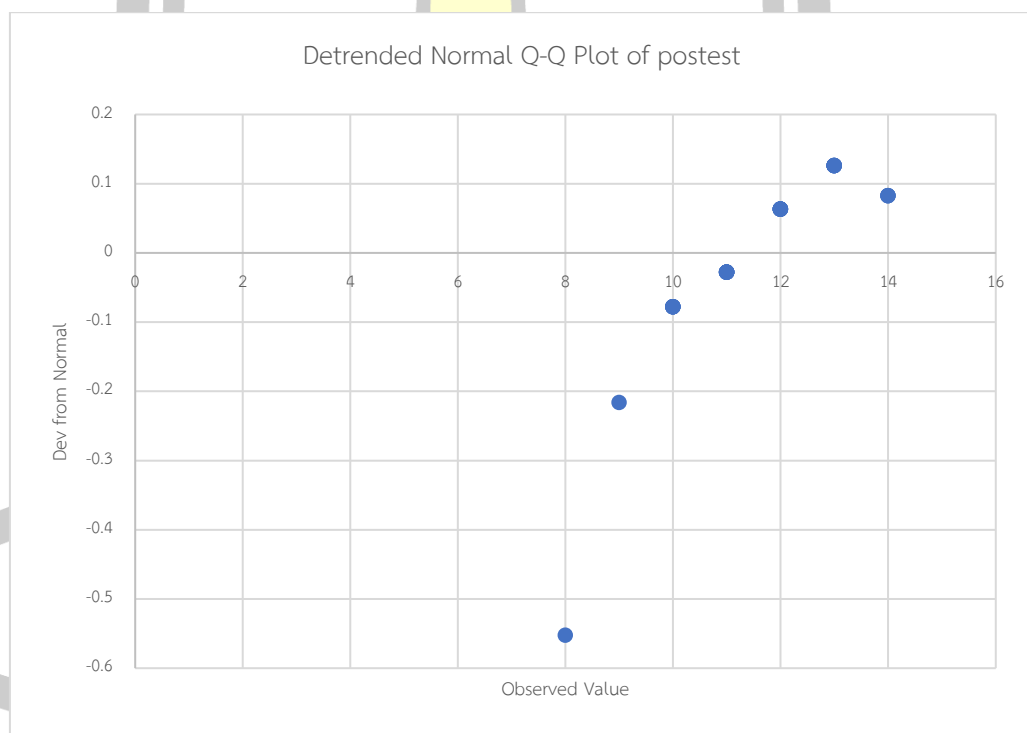
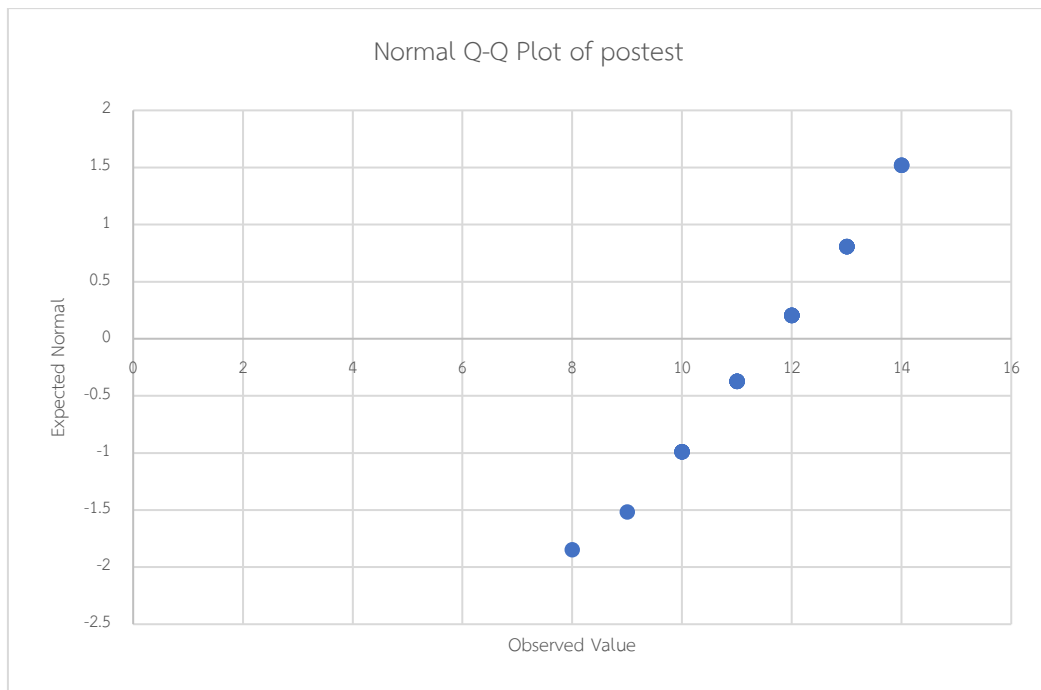
จากการทดสอบการแจกแจงปกติของคะแนนก่อนเรียนมีค่า sig เท่ากับ .074 และหลังเรียน มีค่า sig เท่ากับ .165 พบว่า ค่า sig ของ Shapiro-Wilk มีค่า $>.05$ ดังนั้นข้อมูลมีการแจกแจงปกติ สามารถใช้สถิติ แบบ parametric ได้

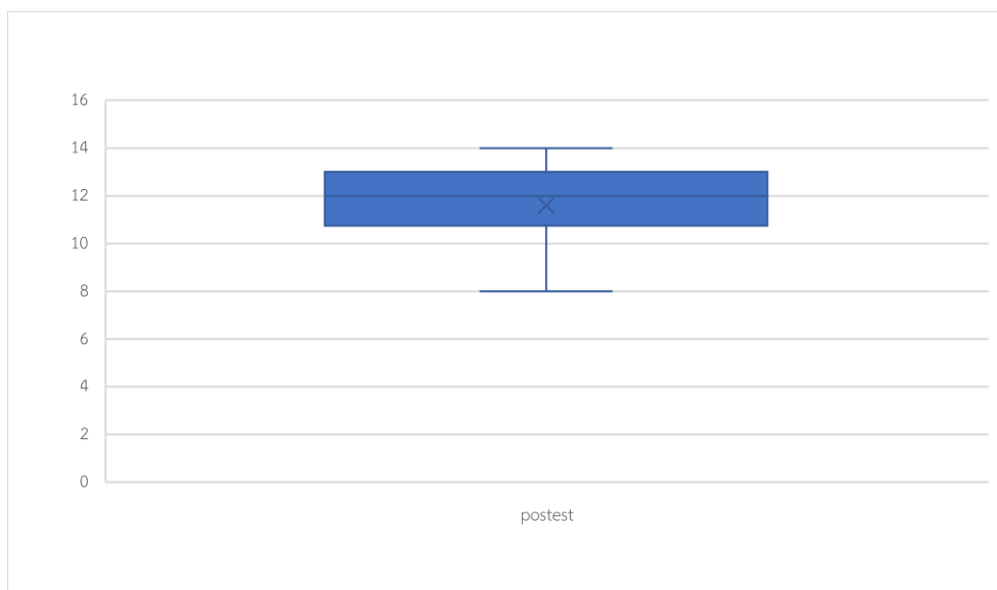






ศูนย์ ประถมศึกษา





คะแนนผลการทดสอบ One Sample T-Test ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนหลังเรียน กับเกณฑ์ร้อยละ 70

One-Sample Statistics

| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|-----------|----|---------|----------------|-----------------|
| Post-test | 30 | 21.6667 | 4.70754 | .85948 |

One-Sample Test

Test Value = 21

| | t | df | Significance | | Mean Differenc e | 95% Confidence Interval of the Difference | |
|-----------|------|----|-----------------|-----------------|------------------------|---|--------|
| | | | One- Sided p | Two- Sided p | | Lower | Upper |
| Post-test | .776 | 29 | .222 | .444 | .66667 | -1.0912 | 2.4245 |

One-Sample Effect Sizes

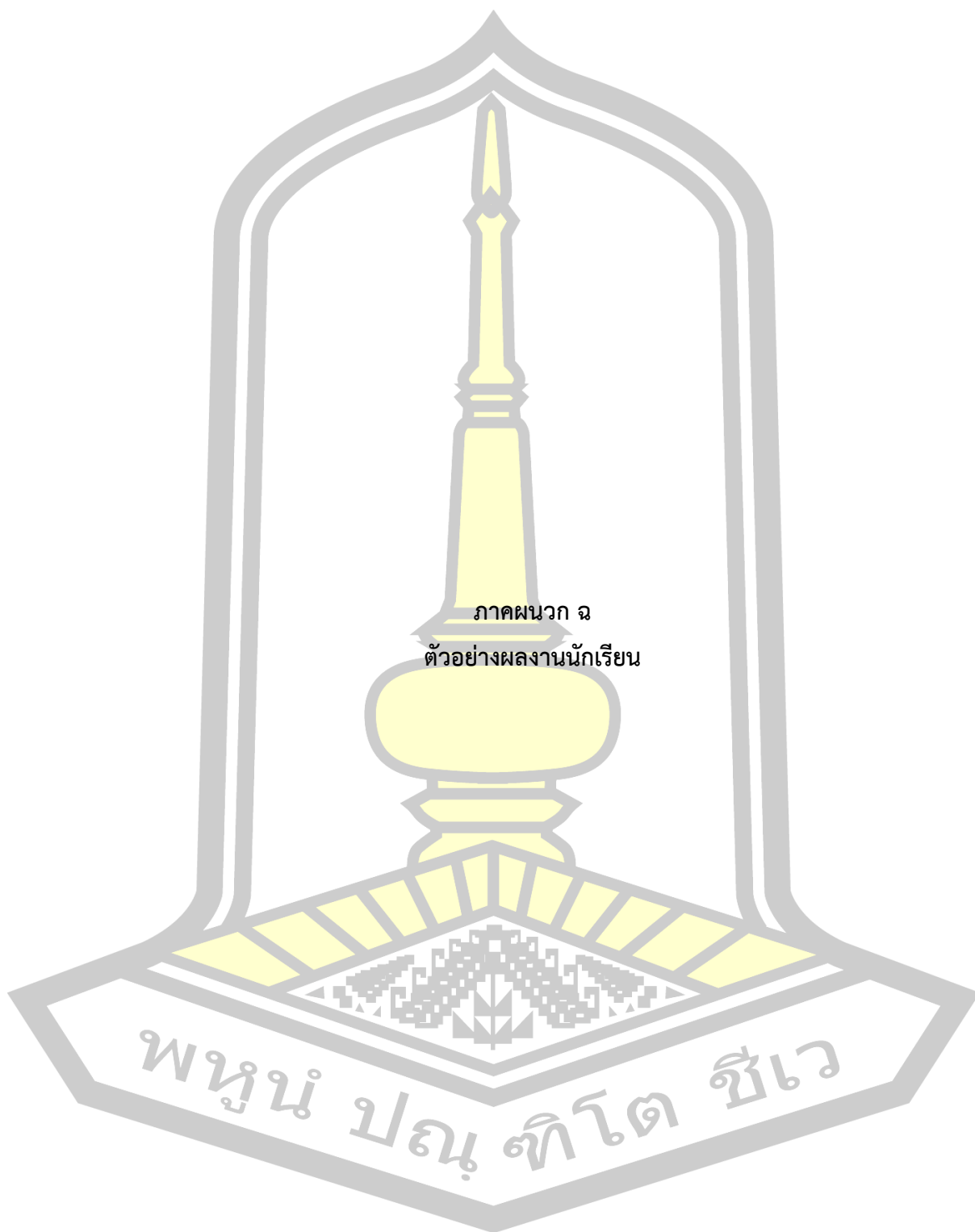
| | Standardizer ^a | Point Estimate | 95% Confidence Interval | | |
|-----------|---------------------------|-------------------|----------------------------|-------|------|
| | | | Lower | Upper | |
| Post-test | Cohen's d | 4.70754 | .142 | -.219 | .500 |
| | Hedges' correction | 4.83382 | .138 | -.214 | .487 |

a. The denominator used in estimating the effect sizes.

Cohen's d uses the sample standard deviation.

Hedges' correction uses the sample standard deviation, plus a correction factor.

จากการทดสอบ One Sample T-Test ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
หลังเรียน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 มีค่า sig เท่ากับ .222 พบว่า ค่า sig มีค่า $>.05$ ซึ่งเป็นไปตาม
สมมติฐาน จึงทำให้ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 70 ที่ระดับ
นัยสำคัญ .05



ภาคผนวก ฉ
ตัวอย่างผลงานนักเรียน

พหุ ประยูท วิทยา

ตัวอย่าง การทำใบกิจกรรม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์

ใบกิจกรรมที่ 1

รายวิชา ว 23101 วิทยาศาสตร์พื้นฐาน

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์

| | |
|------------|--------------|
| ชื่อ | เลขที่ |
| ชื่อ | เลขที่ |
| ชื่อ | เลขที่ |
| ชื่อ | เลขที่ |
| ชื่อ | เลขที่ |

คำชี้แจง ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบโครงงานเพื่อหาความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า
สิ่งที่ต้องการศึกษา/ปัญหา

กระแสไฟฟ้าและ ความต่างศักย์ ในไฟลัดวงจรหนึ่งกับหลอด

จุดหมาย/วัตถุประสงค์

วิเคราะห์และอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสไฟฟ้ากับ ความต่างศักย์ ในไฟฟ้า
กระแสลัดวงจรโดยนิทาน

สมมติฐาน (กรณีเป็นโครงงาน)

ความสัมพันธ์ที่ไฟฟ้าที่ไหลในวงจรที่กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยกระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่าต่างศักย์
กระแสไฟฟ้า

ขั้นตอนการดำเนินงาน

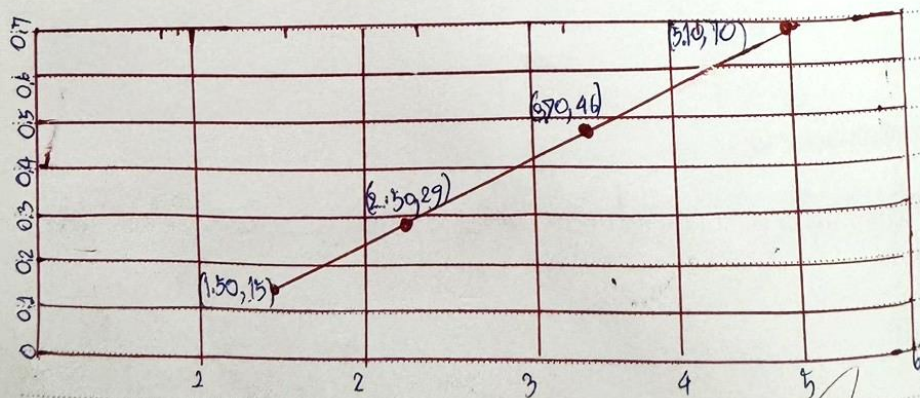
1. ต่อวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยหลอดไฟ 4 ดวง
2. ปิดสวิทช์ โดยที่หลอดไฟทั้ง 4 ดวงจะติดสว่าง
3. วัดแรงดันตกคร่อมที่หลอดไฟแต่ละดวง โดยที่แรงดันตกคร่อมจะใกล้เคียงกัน
4. วัดกระแสที่ไหลผ่านหลอดไฟแต่ละดวง โดยที่กระแสที่ไหลผ่านจะใกล้เคียงกัน

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางแสดง ค่าความต่างศักย์ แรงดันตกคร่อมหลอดไฟ และค่ากระแสที่ไหลผ่านหลอดไฟ

| จำนวนหลอดไฟรวม 1.5 โวลต์ (กิโลม) | ความต่างศักย์ แรงดันตกคร่อม หลอดไฟ (V) | กระแสไฟฟ้าที่ผ่าน หลอดไฟ (A) |
|-------------------------------------|---|---------------------------------|
| 1 | 1.50 | 0.15 |
| 2 | 2.50 | 0.29 |
| 3 | 3.70 | 0.46 |
| 4 | 5.10 | 0.70 |

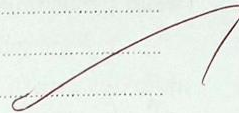
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ แรงดันตกคร่อมหลอดไฟ และค่ากระแสที่ไหลผ่านหลอดไฟ



กระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดไฟ (แอมป์)

สรุปผลการทดลอง

ค่ากระแสไฟฟ้าที่ และ ค่าแรงต้านที่ไฟฟ้าที่ผ่านหลอดไฟโดยความถี่กระแสไฟฟ้า 60 Hz ได้ขึ้น โดยเมื่อค่าความถี่กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ค่ากระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น เพื่อเตรียมการประกอบวงจรการศึกษาค่ากระแสไฟฟ้า และค่าแรงต้านที่หลอดไฟที่ผลิต



* ตรวจสอบแล้ว *



คำถามชวนคิด

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง พร้อมแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. ถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าหนึ่งมีความต้านทานไฟฟ้า 100 โอห์ม และกระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นเท่ากับ 0.05 แอมแปร์ ความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้ามีค่าเท่าใด

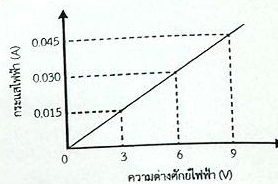
จากโจทย์ ความต้านทานไฟฟ้า $R = 100 \Omega$ และกระแสไฟฟ้า $I = 0.05 \text{ A}$
 จากความสัมพันธ์ $V = IR$

$$V = 0.05 \text{ A} \times 100 \Omega$$

$$V = 5 \text{ V}$$

∴ ความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์มีค่า 5 โวลต์

2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานไฟฟ้านั้นเป็นดังภาพ ตัวต้านทานไฟฟ้านี้มีค่าความต้านทานไฟฟ้าเป็นเท่าใด



จากความสัมพันธ์ $V = IR$

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

ถ้า $V = 3$ และ $I = 0.015$

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

$$= \frac{3}{0.015} \times \frac{1000}{1000} = \frac{3000}{15} = 200$$

$$= 200 \Omega$$

ถ้า $V = 6$, $I = 0.030$

$$R = \frac{6}{0.030} = 200 \Omega$$

ถ้า $V = 9$, $I = 0.045$

$$R = \frac{9}{0.045} = 200$$

∴ ความต้านทานของตัวต้านทานมีค่า 200 Ω

3. วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแบตเตอรี่ สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้าให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น 12 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะเท่ากับ 10 มิลลิแอมแปร์ ถ้าเปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่อุปกรณ์นั้นเป็น 18 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะเป็นกี่มิลลิแอมแปร์

จากโจทย์ ความต่างศักย์ไฟฟ้า $V = 12 \text{ V}$ และกระแสไฟฟ้า $I = 10 \text{ mA}$

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

$$= \frac{12}{0.01} = 1200 \Omega$$

ความต่างศักย์ไฟฟ้า $V = 18 \text{ V}$ และ ความต้านทาน $R = 1200 \Omega$

$$\text{จะห้กระแสไฟฟ้า } I = \frac{V}{R} = \frac{18 \text{ V}}{1200 \Omega} = 0.015 \text{ A}$$



ตอนที่ 2 ให้นักเรียนพิจารณาเหตุการณ์ และตอบคำถามเพื่อตัดสินจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ

| เหตุการณ์ | คำอธิบาย |
|--|--|
| 1. โยใช้ลวดตัวนำที่มีความยาว 10 เซนติเมตร ต่อใน วงจรแทนลวดตัวนำ 30 เซนติเมตร <u>ส่งผลให้ค่าของ กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง</u> | เมื่อความยาวของลวดตัวนำมากขึ้น... ความต้านทาน จะมีค่ามากขึ้น... เนื่องจากความยาวแปรผันตรงกับ ลวดตัวนำ... และมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าลดลง... เมื่อ ความต่างศักย์คงที่... ตามกฎของโอห์ม $V=IR$ จงพิจารณาข้อความข้างต้น <input checked="" type="checkbox"/> เป็นจริง <input type="checkbox"/> น่าจะเป็นจริง <input type="checkbox"/> ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ <input type="checkbox"/> น่าจะเป็นเท็จ <input type="checkbox"/> เป็นเท็จ |
| 2. อัยใช้ลวดตัวนำที่มีความยาว 40 เซนติเมตร ต่อ ในวงจรแทนลวดตัวนำ 20 เซนติเมตร <u>ส่งผลให้ค่า ของความต่างศักย์เปลี่ยนแปลง</u> | <input type="checkbox"/> เป็นจริง <input type="checkbox"/> น่าจะเป็นจริง <input type="checkbox"/> ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ <input type="checkbox"/> น่าจะเป็นเท็จ <input checked="" type="checkbox"/> เป็นเท็จ |
| 3. จี้นำลวดตัวนำชนิดเดิมที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัด ใหญ่กว่าเดิม 2 เท่า แต่มีความยาวเท่าเดิมมาต่อใน วงจร <u>ส่งผลให้ค่าของความต้านทานเปลี่ยนแปลง</u> | การเพิ่มขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำให้ใหญ่ขึ้น ความต้านทานภายในลวดตัวนำจะลดลง... เนื่องจาก ขนาดพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำแปรผกผันกับความ ต้านทาน... เมื่อความต้านทานเปลี่ยนแปลง |

กระแสไฟฟ้าย่อมมีการเปลี่ยนแปลงตามกฎของ
โอห์ม

จงพิจารณาข้อความข้างต้น

- เป็นจริง
- น่าจะเป็นจริง
- ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ
- น่าจะเป็นเท็จ
- เป็นเท็จ

* ตรวจสอบแล้ว *

10 ๑๑ ๒๕๖๓

ตัวอย่างผลงานเด็กนักเรียนออกแบบการนำเสนอผลงานโดยใช้โปรแกรม Canva

ใบงานที่ 1

รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน
เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ
ความต่างศักย์

คำชี้แจง

ให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลจาก
งานเพื่อหาความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า
และความต่างศักย์ไฟฟ้า

1. สิ่งที่ต้องการศึกษา/ปัญหา
กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้ามี
ความสัมพันธ์กันอย่างไร
2. จุดหมาย/วัตถุประสงค์
วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระแส
ไฟฟ้าที่ลวดนิโครมและความต่างศักย์ไฟฟ้า ครอบคลุม
นิโครม โดยใช้กราฟ
3. สมมติฐาน(กรณีเป็นโครงการ)
ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่เพิ่ม
ขึ้นโดยกระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์กระแส
ไฟฟ้า

4) ขั้นตอนการการดำเนินงาน

ตอบ 1) ต่อวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยถ่านไฟฉาย
1.1 ก่อน สวิตช์ สายไฟฟ้า ลวดนิโครมยาว 1 เมตร ที่ขดเป็นเกลียว
และแอมมิเตอร์มาเรียงกันแล้วต่อโวลต์มิเตอร์คร่อมปลายทั้งสองของ
ลวดนิโครม

2) กดสวิตช์ลงเพื่อให้วงจรปิดอ่านค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์
ไฟฟ้าบันทึกผล แล้วยกสวิตช์ขึ้นทำซ้ำข้อ 1-2 โดยเพิ่มถ่านไฟฉายทีละ
ก้อนโดยต่อเรียงกันไปแบบอนุกรมจนครบ 4 ก้อน

3) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านนิโครม
และความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมลวดนิโครมโดยให้ความต่างศักย์ไฟฟ้า
เป็นแกนนอนและกระแสไฟฟ้าเป็นแกนตั้ง

4) ร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและ
ความต่างศักย์ไฟฟ้าของลวดนิโครม นำเสนอ

ตารางบันทึกผลการทำการทดลอง
ตารางแสดง ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมลวดนิโครมและค่ากระแส
ไฟฟ้าที่ผ่านลวดนิโครม

| จำนวนถ่านไฟฉาย 1.5 โวลต์ (ก้อน) | ความต่างศักย์ ไฟฟ้าคร่อมลวด นิโครม (v) | กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดนิโครม (a) |
|---------------------------------|--|--------------------------------|
| 1 | -1.50 | 0.15 |
| 2 | 2.50 | 0.29 |
| 3 | 3.70 | 0.46 |
| 4 | 5.10 | 0.70 |

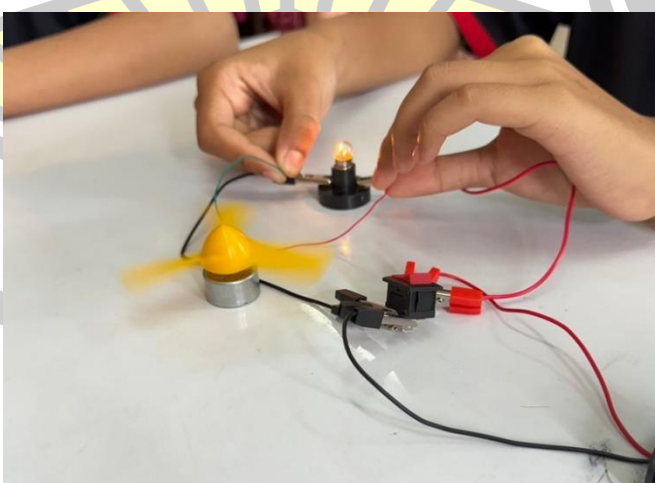
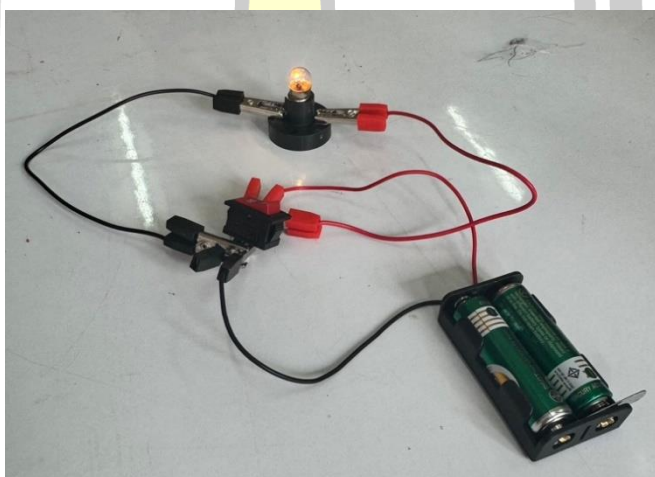
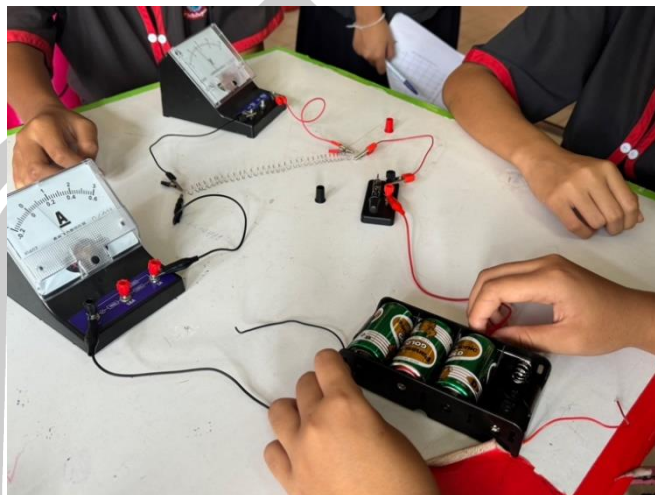
5) สรุปผลการทดลอง

ค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ผ่านลวด
นิโครมความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นโดยเมื่อค่าความ
ต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มค่ากระแสไฟฟ้าจะเพิ่มตาม เมื่อ
เขียนกราฟระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแส
ไฟฟ้า เส้นตรงผ่านจุดกำเนิด

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมลวดนิโครมและค่า
กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดนิโครม

| ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) | กระแสไฟฟ้า (A) |
|------------------------|----------------|
| 1.50 | 0.15 |
| 2.50 | 0.29 |
| 3.70 | 0.46 |
| 5.10 | 0.70 |

นักเรียนลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนการทำโครงการตามที่นักเรียนออกแบบไว้



ประวัติผู้เขียน

| | |
|----------------------|---|
| ชื่อ | นางสาวธิดารัตน์ ศรีมีชัย |
| วันเกิด | วันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2535 |
| สถานที่เกิด | อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | บ้านเลขที่ 310 หมู่ที่ 8 ตำบลคำบ่อ อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร รหัสไปรษณีย์ 47150 |
| ตำแหน่งหน้าที่การงาน | ข้าราชการครู |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน | โรงเรียนบ้านภูตะคาม อำเภอส่องดาว จังหวัดสกลนคร รหัสไปรษณีย์ 47190 |
| ประวัติการศึกษา | พ.ศ. 2550 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” จังหวัดชลบุรี พ.ศ. 2553 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนธรรมบวรวิทยา จังหวัดสกลนคร พ.ศ. 2558 ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี พ.ศ. 2568 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |

พูนุ ปณุกิตโต ชีวะ